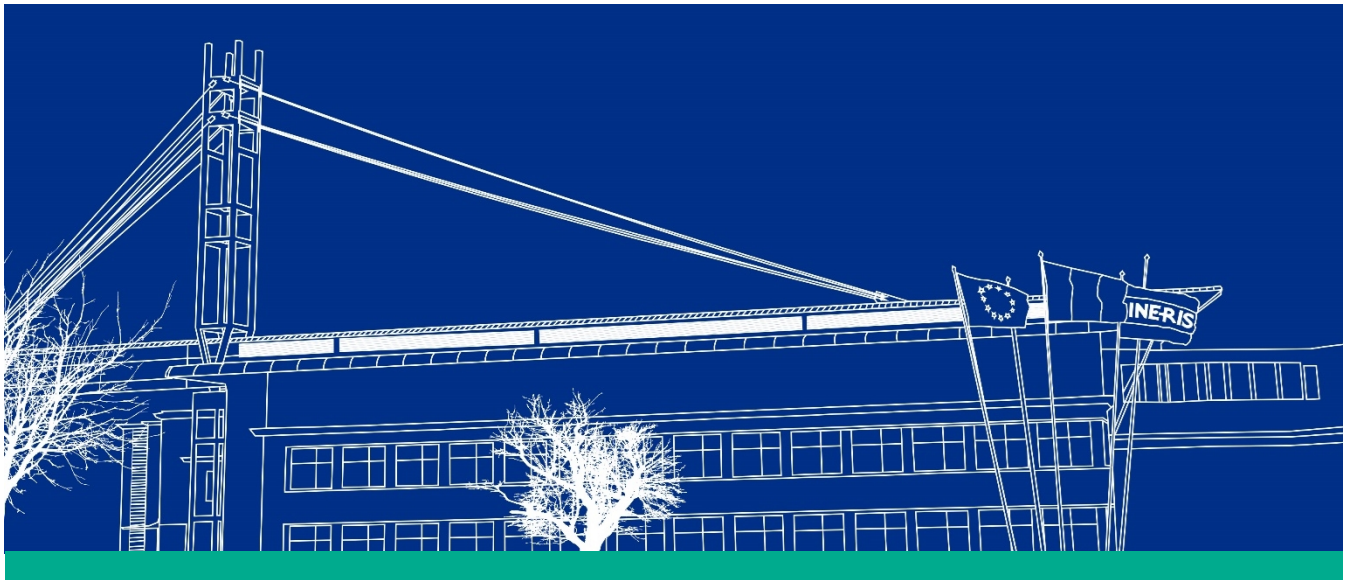
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

INERIS
maîtriser le risque pour un développement durable



(ID Modèle = 454913)

Ineris - 227182 - 2821510 - v2.0

Parangonnage en matière de contrôle des PFAS dans les rejets industriels

14/03/2025

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 : DURLIN Claire

Vérification : PARTAIX HELENE; ANDRES SANDRINE; DUPUIS CELINE; BRIGNON JEAN MARC; BIAUDET HUGUES; FRABOULET ISALINE

Approbation : DUPLANTIER STEPHANE - le 14/03/2025

Liste des personnes ayant participé à l'étude : RAVENTOS CECILE ; HUYNH TINH NGHI NINA ; BOUCARD PIERRE

Table des matières

1 Introduction et méthodologie 6
2 Cadre réglementaire de la surveillance des PFAS (air et eau) 8
2.1 Droit international : Convention de Stockholm 8
2.2 Droit européen 8
2.3 Droit national en dehors de l'UE 18
3 Prélèvements et analyses 21
3.1 Eau 21
3.2 Air 26
3.3 Points clés pour la mise en œuvre et l'efficacité des méthodes de mesure 30
4 Campagnes de mesure 34
4.1 Belgique (Flandres) 34
4.2 Italie 34
4.3 France 34
4.4 Suède 35
4.5 Suisse 35
4.6 Canada 35
4.7 Japon 36
5 Recensement de VLE / NQE applicables aux PFAS 37
5.1 Présentation du tableau 37
5.2 Valeurs recensées dans l'eau 37
5.3 Valeurs recensées dans l'air 40
6 Substitution 41
6.1 Convention de Stockholm 41
6.2 Règlement REACH 41
6.3 Autres démarches 42
6.4 Synthèse 42
7 Conclusion 44
8 Liste des abréviations 46
9 Références 50
10 Annexes 52

Résumé

Ce rapport est le fruit d'un travail mené conjointement dans le cadre des missions d'appui de l'Ineris au Ministère de la Transition écologique[1] et de l'European Topic Center, Human health and the environnement (ETC HE) pour l'Agence Européenne de l'Environnement. Les résultats de ce rapport sont basés sur une recherche bibliographique, sur l'expertise des ingénieurs de l'Ineris et sur une analyse comparative des valeurs réglementaires existantes concernant les substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) au sein des rejets industriels atmosphériques et aqueux et les eaux de surface.

L'analyse comparative des Valeurs Limites d'Emission (VLE) et des Normes de Qualité Environnementale (NQE) existantes pour les PFAS utilisés dans l'industrie, réalisée pour ce rapport, est basée sur les réponses de six pays de l'Union Européenne (Belgique (Flandres), Espagne, France, Italie, Pays-Bas, Suède) et de cinq pays en dehors de l'Union Européenne (Canada, Corée du Sud, Etats-Unis d'Amérique, Japon, Suisse) à l'envoi d'un questionnaire, ainsi que sur le suivi de plusieurs projets européens en cours (PARC, PROMISCES, ZeroPM, Norman) relatifs aux PFAS.

Il en ressort que les VLE dans les eaux usées sont principalement fixées au cas par cas dans les permis et non au niveau national ou régional. Certains pays ont des VLE indicatives (Flandres) ou des VLE nationales en préparation (Italie).

Pour l'Union Européenne, seules des NQE pour le PFOS sont actuellement définies pour les eaux de surface. Certains pays vont un peu plus loin en proposant des NQE pour d'autres PFAS. Le résultat des discussions actuelles sur la proposition de la Commission européenne de révision des directives concernant les eaux de surface, les eaux souterraines et l'eau potable et qui visent un nombre plus important de PFAS est très attendu. Ces discussions, qu'il s'agisse de fixer des seuils pour les composés (liste de composés individuels, « somme des PFAS » ou « PFAS totaux »), des normes de mesure ou des campagnes de mesure, sont liées pour toutes les matrices.

La fixation de VLE pour les émissions atmosphériques est moins avancée que pour les émissions dans l'eau. Seuls les Pays-Bas ont mentionné avoir des VLE dans l'air pour certains PFAS.

En ce qui concerne la surveillance, de nombreux projets et développements sont en cours. L'état de l'art issu du retour d'expérience des experts montre que, pour les rejets aqueux, il existe des normes pour certains composés individuels. Le développement de méthodes indiciaires est actuellement à l'étude et pourrait permettre une approche différente (surveillance non ciblée). Pour les rejets atmosphériques, les méthodes normalisées de mesurage en sont aux premiers stades de développement et le retour d'information est attendu.

En matière de substitution, les initiatives réglementaires en cours conduisent à un inventaire de plus en plus large de possibilités. Ces travaux suggèrent que la substitution risque d'être compliquée dans certains secteurs, et nécessitera d'importants efforts de R&D (secteur médical, transition énergétique), tandis que des alternatives existent pour un grand nombre applications.

Abstract

This report is the outcome of work carried out jointly as part of the support program for the French Ministry of Ecological Transition[1], and for the European Topic Center, Human health and the environment (ETC HE) at the European Environment Agency. Results of this study are based on literature review, on expertise from Ineris engineers and on a benchmark regarding per- and polyfluoroalkylated substances (PFAS) in industrial discharges (wastewater and waste gas) and surface waters.

The benchmark of existing ELVs/EQSs for PFAS used in industry undertaken for this report is based on feedback from six EU countries (Belgium, France, Italy, Netherlands, Spain, Sweden) and five non-EU countries (Canada, Japan, Korea, USA, Switzerland) to a questionnaire, and on monitoring of current European projects (PARC, PROMISCES, ZeroPM, Norman) regarding PFAS.

It shows that ELVs in wastewater are mainly set on a case-by-case basis in permits and not at national or regional level. Some countries have indicative ELVs (Flanders) or national ELVs in preparation (Italy).

For the European Union, only EQSs for PFOS are currently in force for surface waters. Some countries are going a little further by including other substances, but the outcome of current discussions at European level regarding surface water, groundwater and drinking water is eagerly awaited. These discussions, whether it is a question of setting threshold of compounds (list of individual compounds, "sum of PFAS" or "total PFAS"), measurement standards or monitoring are linked for all matrices.

[1] Programme d'appui MIV15 - Connaissance, maîtrise et surveillance des rejets industriels vers les eaux

The setting of ELVs for air emissions is less advanced than for water emissions. Only the Netherlands mentioned having ELVs for certain PFAS.
Regarding monitoring, numerous projects and developments are on-going. State-of-the-art from expert feedback shows that, in water matrix, standards exist for some individual compounds. Development of index methods is currently under study and may enable a different approach to regulation (non-target monitoring). In air matrix, standards are in the early stages of development, and feedback is awaited.
As regards substitution, the regulatory initiatives currently underway are leading to an ever-increasing inventory of substitution possibilities. And this work suggests that substitution is likely to be complicated in certain sectors and will require major R&D efforts (medical sector, energy transition), while alternative substances exist for most applications.

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

Institut national de l'environnement industriel et des risques, Parangonnage en matière de contrôle des PFAS dans les rejets industriels, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 227182 -2821510 - v2.0, 14/03/2025.

Mots-clés :

PFAS, Norme de Qualité Environnementale (NQE), Valeur Limite d'Emission (VLE), émission dans l'eau, émission dans l'air, industries, surveillance, substitution

1 Introduction et méthodologie

Les substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) sont une famille de substances chimiques organofluorées synthétiques très persistantes et qui peuvent poser des problèmes de santé et d'environnement. Selon la définition de l'OCDE, les PFAS sont des molécules formées d'une chaîne d'atomes de carbone plus ou moins longue, linéaire, ramifiée ou cyclique, et contenant au moins un groupement fluoré, soit méthyl ou méthylène, saturé et complètement fluoré (sans atome H/Cl/Br/I[2] attaché), c'est-à-dire qu'à quelques exceptions près, toute substance chimique contenant au moins un groupe méthyle perfluoré ($-CF_3$) ou un groupe méthylène perfluoré ($-CF_2-$) est un PFAS. Les exceptions notées se réfèrent à un atome de carbone auquel est attaché un atome H/Cl/Br/I.

Les PFAS ne sont pas spécifiquement visés dans la plupart des conclusions sur les meilleures techniques disponibles (MTD) élaborées dans les documents de référence sur les meilleures techniques disponibles (BREF) dans le cadre de la directive relative aux émissions industrielles (IED). Seules deux activités industrielles (industries textiles et traitement des déchets) disposent de conclusions sur les MTD qui prévoient la surveillance des PFAS.

Cependant, plusieurs autres activités industrielles sont connues ou suspectées pour la potentielle émission de PFAS au cours de leurs processus de fabrication[3], par exemple, de façon non exhaustive, les industries chimiques ou de traitement de surface des métaux.

L'objectif de ce rapport est de rassembler, au niveau international, des informations sur le contrôle des émissions de PFAS dans l'air et dans l'eau des industries, afin de suggérer des modalités pour les réglementer. Pour ce faire, et compte tenu du grand nombre de composés concernés, il est nécessaire d'évaluer les paramètres pertinents pour la surveillance, la faisabilité en termes de métrologie et les niveaux de mesures atteignables. L'étude comprend donc l'analyse des valeurs limites d'émission (VLE) et/ou des normes de qualité environnementale (NQE) (ou valeur équivalente) existantes à l'échelle mondiale pour les PFAS mais aussi un état des lieux des méthodes de mesure et des possibilités de substitution.

Ce rapport est le fruit d'un travail mené conjointement dans le cadre des missions d'appui de l'Ineris au Ministère de la Transition écologique[4] et de l'European Topic Center, Human health and the environnement (ETC HE) pour l'Agence Européenne de l'Environnement. La version originelle du rapport en anglais[5] est disponible sur le site de l'ETC HE[6].

Il est basé sur une analyse bibliographique (qui n'est pas exhaustive compte tenu de l'évolution actuelle importante et permanente de ces sujets), l'expertise des ingénieurs de l'Ineris et une étude comparative. Cette dernière couvre les réglementations actuelles, et principalement les VLE/NQE existantes relatives aux PFAS utilisés dans l'industrie. Les approches suivies par les pays pour fixer des valeurs seuils pour les PFAS individuels, pour leur somme ou pour les PFAS totaux sont évaluées. L'étude bibliographique concerne les meilleures pratiques en matière de surveillance des PFAS, ainsi que les méthodes de mesures (analyse et échantillonnage) ainsi que des campagnes de mesure menées dans différents pays et leur exploitation.

Les contacts pour l'étude comparative ont été proposés par l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE) et l'Ineris ; ils se réfèrent soit aux instances gouvernementales, soit aux agences environnementales, soit aux instituts techniques. La liste détaillée des instances contactées est fournie à l'Annexe 1. Les États membres européens ont été sélectionnés lors d'échanges entre l'AEE et l'Ineris : Belgique (Flandres), Italie, Pays-Bas, Espagne, Suède et France ont été contactés dans le cadre de cette étude comparative. Plusieurs autres pays, hors union européenne (UE), ont également été contactés : Canada, Japon, Corée, États-Unis et Suisse.

---

[2] Hydrogène/Chlore/Brome/Iode

[3] An overview of the uses of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS), Environmental Science : Processes & Impacts 22(12):2345-237, 2020

[4] Programme d'appui MIV15 - Connaissance, maîtrise et surveillance des rejets industriels vers les eaux

[5] Durlin, C., Huynh, N., Raventos, C., Boucard, P., Andrès, S. (2024). *Experiences with control of PFAS in industries of the world: threshold settings, emission monitoring methods and campaigns* (Eionet Report – ETC HE 2024/14). ISBN 978-82-93970-57-6. European Topic Centre on Human Health and the Environment.

[6] https://www.eionet.europa.eu/etcs/all-etc-reports

L'évaluation comparative a été réalisée en envoyant un questionnaire (cf. Annexe 2) aux parties prenantes dans les pays sélectionnés. Des entretiens complémentaires ont été menés avec des contacts en Belgique et au Japon.

Le questionnaire est divisé en six sections : VLE, NQE, surveillance, campagnes de mesure, rapportage et statut réglementaire des composés (pour les pays hors UE).

En premier lieu, dans le chapitre 2 de ce rapport, les éléments règlementaires recueillis grâce aux questionnaires et les éléments bibliographiques ont été synthétisés pour décrire les cadres réglementaires applicables à la surveillance des PFAS en UE et hors UE. L'un des objectifs du rapport était de déterminer si les NQE et les VLE étaient définies pour les PFAS totaux, les PFAS individuels ou la somme des PFAS. À cette fin, les évaluations menées par le Centre commun de recherche (CCR) dans le cadre de la directive-cadre sur l'eau (DCE) et par l'Agence européenne de sécurité alimentaire (EFSA) pour la directive sur l'eau potable ont été prises en compte. De plus, des données issues de la réglementation sur les polluants organiques persistants (POP), qui interdit ou restreint déjà plusieurs PFAS, peuvent être exploitées. Enfin, le dossier en cours sur la restriction des PFAS[7], soumis par cinq États membres, est une source précieuse d'informations, à la fois en termes d'identification des utilisations des PFAS et de gestion des risques.

La fixation des VLE/NQE est étroitement liée aux méthodes de surveillance des émissions aqueuses et atmosphériques des PFAS, qui font donc l'objet du chapitre 3. Leur niveau de développement (déjà appliquées ou en cours de développement), leur domaine d'application (émissions aqueuses/atmosphériques, caractérisation des PFAS individuels ou indice pour les PFAS totaux), le cas échéant leur performance, si des données sont disponibles, (limites de quantification, évaluation des incertitudes dans le cadre d'une comparaison inter-laboratoire, etc.) sont détaillés.

Afin d'obtenir une vue d'ensemble de la situation des rejets de PFAS sur leur territoire, plusieurs pays ont mené ou mènent des campagnes de surveillance. Ainsi, le chapitre 4 décrit les campagnes de surveillance menées dans sept des pays contactés. Certaines de ces campagnes sont axées sur les eaux usées industrielles, ce qui permet de mieux appréhender la contamination en PFAS dues aux industries.

Les résultats de l'étude comparative concernant les VLE et les NQE sont rassemblés dans un tableau Excel fourni avec le rapport. Le chapitre 5 récapitule les principaux résultats, avec les valeurs associées pour les émissions dans l'air et dans l'eau.

D'autre part, en ce qui concerne les secteurs industriels où des alternatives aux PFAS ont déjà été identifiées ou prescrites, la substitution sera privilégiée dans le but de réduire les émissions à zéro, plutôt que de fixer une VLE. Le chapitre 6 donne un aperçu aussi complet que possible des rapports disponibles sur les solutions de remplacement des PFAS dans divers secteurs industriels (textiles, contenants alimentaires, électronique, etc.).

Enfin, plusieurs projets européens en cours tels que PARC, PROMISCES, ZeroPM et le réseau NORMAN, traitant de la gestion et de l'évaluation des produits chimiques, s'intéressent aux PFAS. Certains travaux ou tâches sont présentés à l'Annexe 3, notamment pour discuter et suggérer des approches croisées pour les PFAS qui ne sont pas déjà couverts par la législation en matière de surveillance.

[7] Registry of restriction intentions until outcome, ECHA

2 Cadre réglementaire de la surveillance des PFAS (air et eau)

2.1 Droit international : Convention de Stockholm

La Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (POP) est un accord environnemental international visant à protéger la santé humaine et l'environnement contre les produits chimiques qui restent dans l'environnement pendant de longues périodes et sont transportés loin de leur site de production dans des zones vierges. Dans l'Union européenne, le règlement n°850/2004 sur les POP met en œuvre la convention de Stockholm[8] en ce qui concerne leur utilisation, leur réduction, leur élimination et les actions connexes.

Les PFAS n'y sont pas traités pour l'ensemble de la famille chimique, mais plusieurs composés sont règlementés.

Ainsi, depuis 2009, l'acide perfluorooctane sulfonique et ses dérivés (PFOS) sont inclus dans la Convention de Stockholm sur les POP afin d'éliminer leur utilisation ; certaines utilisations sont encore acceptables[9] et il existe des dérogations spécifiques conformément à la partie III de l'annexe B[10].

La Convention de Stockholm réglemente également l'élimination mondiale de l'acide perfluorooctanoïque (PFOA), de ses sels et des composés apparentés. Le PFOA[11] est interdit et inscrit à l'annexe A depuis le 4 juillet 2020. Une liste indicative actualisée des substances couvertes par l'inscription de le PFOA, de ses sels et des composés apparentés à le PFOA a été révisée en octobre 2024[12].

En juin 2022, les parties prenantes à la Convention de Stockholm ont décidé d'inclure l'acide perfluorohexane sulfonique (PFHxS), ses sels et les composés apparentés au PFHxS dans le traité. La Commission a ajouté le groupe de substances dans le règlement POP de l'UE à l'annexe A en mai 2023 et le règlement est entré en vigueur le 28 août 2023. Une liste indicative actualisée des substances couvertes par l'inscription du PFHxS, de ses sels et des composés apparentés au PFHxS a été révisée en octobre 2024[13].

Il est envisagé d'inclure les acides perfluorocarboxyliques à longue chaîne (PFAS en C9-21) dans la convention de Stockholm. Lors de sa 20ème réunion en octobre 2024, le comité d'étude des POP a pris la décision de recommander à la conférence des parties (COP) d'inscrire les acides perfluorocarboxyliques à longue chaîne (PFAC) et les composés apparentés à l'annexe A (élimination) de la Convention, avec des dérogations spécifiques. Une liste indicative des acides perfluorocarboxyliques à longue chaîne, de leurs sels et des composés apparentés a été publiée[14].

2.2 Droit européen

2.2.1 Législation européenne

Cette section présente une vue d'ensemble de la législation de l'UE concernant les PFAS.

[8] Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, Vue d'ensemble (pops.int)
[9] Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, PFOS (pops.int)
[10] Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, produits chimiques inscrits à l'annexe B (pops.int)
[11] Décision SC-9/12 de la convention de Stockholm pour le PFOA
[12] Liste indicative actualisée des substances couvertes par l'inscription de l'acide perfluorooctanoïque (PFOA), de ses sels et des composés apparentés à l'APFO, UNEP/POPs/POPRC.20/INF/12
[13] Liste indicative actualisée des substances couvertes par l'inscription de l'acide perfluorohexane sulfonique (PFHxS), de ses sels et des composés apparentés au PFHxS, UNEP/POPS/POPRC.20/INF/13
[14] Proposition d'inscription des acides perfluorocarboxyliques à longue chaîne, UNEP/POPS/POPRC.20/INF/17

Directive-cadre sur l'eau (DCE, 2000/60/CE) et directive sur les eaux souterraines (GWD, 2006/118/CE)

La directive-cadre sur l'eau[15] (DCE, directive 2000/60/CE) est le socle règlementaire pour les questions liées à l'eau dans l'UE. Elle est complétée par deux directives dites "filles" sur la qualité des eaux de surface et sur la qualité et la quantité des eaux souterraines.

La DCE établit dans son annexe X la liste des substances prioritaires pour lesquelles un bon état chimique des eaux de surface doit être atteint conformément à son article 4 et à l'annexe V, point 1.4.3. Les normes à respecter pour atteindre un bon état chimique sont fixées dans la directive relative aux normes de qualité environnementale (DNQE, directive 2008/105/CE). La DCE impose également aux États membres de fixer et de respecter des normes de qualité environnementale (NQE) pour les substances d'intérêt national, c'est-à-dire les polluants dont la surveillance contribue à l'évaluation de l'état écologique. La liste des substances prioritaires et des substances préoccupantes au niveau national est régulièrement réexaminée et mise à jour, si nécessaire, tous les 6 ans. La dernière mise à jour (directive 2013/39/UE) a introduit de nouvelles substances prioritaires et ajusté les normes pour certaines substances existantes.

De même, la liste des polluants et des normes d'intérêt communautaire figurant à l'annexe I de la directive sur les eaux souterraines[16] (GWD, directive 2006/118/CE) doit également être révisée tous les six ans. Cette liste contribue à l'évaluation de l'état chimique des eaux souterraines. La directive sur les eaux souterraines complète également la DCE en imposant des exigences concernant l'évolution des polluants et l'état quantitatif.

Parmi les substances prioritaires énumérées à l'annexe X[17] de la DCE (dont les émissions doivent être réduites progressivement), un sous-ensemble dit des substances dangereuses prioritaires correspond aux substances dangereuses dont les émissions doivent être totalement supprimées. Pour ces substances, des NQE sont fixées en moyenne annuelle (NQE-MA) et/ou en concentration maximale admissible (NQE-CMA) en µg/L pour les eaux intérieures et les autres eaux de surface et en µg/kg de poids humide pour les biotes (poissons). L'acide perfluorooctane sulfonique et ses dérivés (PFOS) est le seul PFAS actuellement inscrit à l'annexe X (il a été introduit en 2013 dans la DCE). Une NQE pour le PFOS est également établie pour le biote sur la base du risque pour la santé humaine lié à la consommation de produits de la pêche.

En octobre 2022, la Commission a adopté une proposition[18] visant à réviser les listes de polluants présents dans les eaux de surface et les eaux souterraines, en y intégrant les PFAS. L'une des options consiste à ajouter une somme de 24 PFAS individuels[19] à la liste des substances prioritaires en tant que groupe avec une NQE fixée pour la "somme de" pour les eaux de surface et les eaux souterraines. La NQE pour ces PFAS est exprimée en équivalent PFOA sur la base de la toxicité relative des substances par rapport au PFOA. Cette approche par facteur de réponse relative (FRR) considère la contribution de chacun des 24 PFAS au risque total, en tenant compte de sa toxicité relative par rapport au PFOA, en multipliant la concentration de chaque PFAS par son FRR. Les PFAS ayant une réponse toxique plus faible que le PFOA ont un FRR inférieur à 1 ; sinon le FRR est supérieur à 1. Le FRR de chaque substance est défini dans la proposition. Une valeur de NQE de 4,4 ng éq PFOA/l est actuellement envisagée. Si la proposition est approuvée par le Conseil et le Parlement européen, les États membres seront tenus de mettre en œuvre des mesures visant à respecter les normes de qualité pour les polluants supplémentaires.

Directive sur l'eau potable (DWD, 2020/2184)

La surveillance des PFAS dans l'eau potable a été introduite par la directive européenne (UE) 2020/2184[20] du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

---

[15] Directive cadre sur l'eau - 2000/60/CE, EUR-Lex

[16] Directive sur les eaux souterraines - 2006/118/CE, EUR-Lex

[17] Directive-cadre sur l'eau 2000-60, annexe X, substances prioritaires, ECHA

[18] Proposal for a Directive amending the Water Framework Directive, the Groundwater Directive and the Environmental Quality Standards Directive, Commission européenne

[19] Il s'agit des composés suivants : PFOA, PFOS, PFHxS, PFNA, PFBS, PFHxA, PFBA, PFPeA, PFPeS, PFDA, PFDoDA ou PFDoA, PFUnDA ou PFUnA, PFHpA, PFTrDA, PFHpS, PFDS, PFTeDA, PFHxDA, PFODA, HFPO-DA ou GenX, ADONA, 6:2 FTOH, 8:2 FTOH, C6O4

[20] Directive européenne sur l'eau potable, 2020/2184, EUR-Lex

À ce jour, une valeur paramétrique (indiquée dans la partie B de l'annexe I de la directive) de 0,10 µg/L a été fixée pour la somme des concentrations de 20 PFAS[21] dans l'eau potable. En outre, un autre paramètre appelé "PFAS total" a été introduit avec une valeur seuil de 0,50 µg/L, destinée à inclure tous les PFAS mesurables dans l'eau.

Les États membres peuvent décider d'utiliser l'un ou l'autre des paramètres "PFAS Total" ou "Somme des PFAS", ou les deux. Ils doivent se conformer à leurs valeurs limites d'ici le 12 janvier 2026.

Les directives techniques concernant les méthodes d'analyse pour la surveillance des PFAS dans l'eau destinée à la consommation humaine (C/2024/4910)[22] ont été publiées en août 2024. Le paramètre "PFAS Total" y est défini comme la totalité des substances per- et polyfluoroalkyles ; afin de fournir une estimation de ce paramètre, les lignes directrices recommandent trois méthodes : le dosage des précurseurs oxydables totaux (dosage TOP), la chromatographie ionique à combustion après extraction du fluor (EOF-CIC) et la spectrométrie de masse à haute résolution par chromatographie liquide (LC-HRMS pour les analyses suspectes et non ciblées). Ces méthodes ne sont ni normalisées, ni harmonisées ; de plus, elles ne peuvent pas donner les mêmes résultats car elles ne mesurent pas la même chose et présentent différentes limites décrites au chapitre 3.

Il est à noter que la liste des 20 PFAS[21] énumérés dans cette directive a servi de base à plusieurs textes règlementaires ultérieurs.

Divergences entre la directive sur l'eau potable et la directive-cadre sur l'eau (et ses directives filles : directive sur les eaux souterraines et directive sur les normes de qualité environnementale)

Ayant constaté des divergences en ce qui concerne les dispositions relatives aux seuils applicables aux PFAS, le Parlement européen a adopté le 12 septembre 2023 un amendement[23] visant à aligner la réglementation dans le but de garantir une approche cohérente entre les normes et les méthodes de surveillance dans l'ensemble de l'UE, en particulier en ce qui concerne les PFAS totaux. Le texte a été amendé avec la formulation suivante : "*6a. Au plus tard le 12 janvier 2025, la Commission établit des lignes directrices techniques concernant les méthodes d'analyse pour la surveillance des substances per- et polyfluoroalkyles dans le cadre des paramètres "PFAS totaux". La Commission est habilitée à adopter des actes délégués en conformité avec l'article 8 bis modifiant la présente directive en établissant une norme de qualité pour les "PFAS totaux" et en modifiant l'annexe I en conséquence. La Commission adopte ces actes délégués au plus tard le 12 janvier 2026*."

À ce jour, cette recommandation fait toujours l'objet d'un débat dans le cadre de la mise à jour de la directive-cadre sur l'eau et de ses directives filles.

REACH

Le règlement (CE) n°1907/2006[24] concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH) comprend, dans son article 57, des dispositions relatives à l'identification des substances extrêmement préoccupantes (SVHC), qui correspondent à des substances chimiques pouvant causer des effets néfastes sur les organismes/environnements en raison d'une ou plusieurs des propriétés suivantes : cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR), persistantes, bioaccumulables et toxiques (PBT) ou très persistantes et très bioaccumulables (vPvB). Ces SVHC sont placées sur la liste des substances candidates à l'autorisation (Annexe XIV). Par ailleurs, des restrictions de mise sur le marché ou d'utilisation concernent les substances inscrites à l'annexe XVII du règlement.

Le 4 juillet 2020, des restrictions sur l'utilisation, l'importation et la production du PFOA, de ses sels et de ses dérivés sont entrées en vigueur avec des seuils spécifiques à leurs applications (N° 2019/1021, N° 2020/784).

---

[21] Il s'agit des 20 composés suivants : PFBA, PFPA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, PFBS, PFPS, PFHxS, PFHpS, PFOS, PFNS, PFDS, acide perfluoroundécane sulfonique, acide perfluorododécane sulfonique et acide perfluorotridécane sulfonique.

[22] Lignes directrices techniques concernant les méthodes d'analyse pour le contrôle des PFAS dans l'eau destinée à la consommation humaine, C/2024/4910, EUR-Lex

[23] Amendements adoptés par le Parlement européen le 12 septembre 2023, EUR-Lex

[24] Règlement REACH, N°1907/2006, EUR-Lex

Les acides perfluorocarboxyliques (PFAC C9-14), leurs sels et les substances apparentées font l'objet de restrictions dans l'UE depuis février 2023, à la suite d'une décision de la Commission européenne.

L'acide undécafluorohexanoïque, tel que nommé par la Commission (ou acide perfluorohexanoïque PFHxA), ses sels et les substances apparentées, feront l'objet de restrictions dans l'UE à partir d'avril 2026. Cette décision[25] de la Commission européenne, prise en septembre 2024, est basée sur une proposition des autorités allemandes (2019), les comités scientifiques de l'ECHA ayant adopté leur avis à ce sujet en 2021.

En juin 2019, janvier 2020 et janvier 2023, trois groupes de PFAS ont été identifiés comme des SVHC. Ces groupes sont les suivants :

- L'acide 2,3,3,3-tétrafluoro-2-(heptafluoropropoxy)propionique, ses sels et ses halogénures d'acyle (HFPO-DA), un PFAS à chaîne courte qui remplace le PFOA dans la production de polymères fluorés. Son sel d'ammonium est communément appelé GenX ;
- L'acide perfluorobutane sulfonique (PFBS) et ses sels, qui remplace le PFOS ;
- L'acide perfluoroheptanoïque (PFHpA) et ses sels.

L'approche de la réglementation des autorisations/restrictions a évolué et est désormais abordée par groupe de substances plutôt que par PFAS individuel.

Les autorités nationales de l'Allemagne, du Danemark, des Pays-Bas, de la Norvège et de la Suède proposent pour l'ensemble des PFAS une restriction couvrant un large éventail d'utilisations - à l'appui des déclarations faites lors du Conseil "Environnement" de décembre 2019. Elles ont soumis leur proposition à l'ECHA en janvier 2023, et les comités scientifiques de l'ECHA sont en train de l'évaluer.[26]

Documents de référence sur les meilleures techniques disponibles (BREF) - Directive sur les émissions industrielles (IED)

Les BREF sont élaborés pour des activités industrielles spécifiques relevant du champ d'application de la directive 2010/75/UE (directive sur les émissions industrielles, IED[27]) par le biais d'un échange d'informations entre les États membres de l'UE, les industries concernées, les organisations non gouvernementales et la Commission, conformément à l'article 13, paragraphe 1, de l'IED sur les émissions industrielles (désormais modifiée par la directive 2024/1785 de l'UE[28]).

Pour chaque secteur spécifique, le BREF décrit les techniques appliquées, les niveaux actuels d'émission et de consommation, les techniques à prendre en compte pour déterminer les meilleures techniques disponibles (MTD) et les niveaux d'émission contraignants associés. La partie des BREF correspondant aux MTD fait l'objet d'un document autonome appelé « conclusions sur les MTD » ; ces conclusions doivent être utilisées comme référence par les autorités compétentes pour la détermination des MTD sur lesquelles fonder les conditions d'autorisation imposées par les arrêtés préfectoraux

Pour l'instant, les conclusions sur les MTD contenant des MTD couvrant les PFAS sont celles relatives au traitement de surface des métaux (STM), l'industrie textile (TXT) et le traitement des déchets (WT).

Le BREF STM [29]de 2006 prévoit des MTD génériques concernant l'emploi du PFOS.

Dans les conclusions sur les MTD TXT[30], la MTD 8 définit les exigences en matière de surveillance des PFAS dans les eaux usées. Dans cette MTD 8, les émissions de PFAS dans les eaux doivent être contrôlées au moins une fois tous les trois mois et conformément aux normes du CEN (qui n'existent pas encore). En l'absence de normes du CEN, la MTD consiste à appliquer les règles de l'ISO ou les règles nationales ou internationales qui garantissent l'obtention de données de même qualité. Il est indiqué : "La surveillance ne s'applique que lorsque la ou les substances/paramètres (y compris les groupes de substances ou les substances individuelles dans un groupe de substances) concernés sont

---

[25] La Commission restreint l'utilisation d'un sous-groupe de substances chimiques PFAS, Communiqué de presse, septembre 2024, Commission européenne

[26] Next steps for PFAS restriction proposal, mars 2024, ECHA

[27] Directive IED - 2010/75/UE, EUR-Lex

[28] Directive IED - 2024/1785/IED, EUR-Lex

[29] BREF pour le traitement de surface des métaux et des matières plastiques, Août 2006

[30] DÉCISION D'EXÉCUTION (UE) 2022/2508 DE LA COMMISSION du 9 décembre 2022 établissant les conclusions sur les meilleures techniques disponibles (MTD), au titre de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil relative aux émissions industrielles, pour l'industrie textile

identifiés comme pertinents dans le flux d'eaux usées, sur la base de l'inventaire des intrants et des sorties mentionnés dans la MTD 2."

Le BREF TXT actuel[31], section 3.4.14, inclut deux normes ISO :

- "ISO 21675 - Qualité de l'eau - Détermination des substances perfluoroalkyles et polyfluoroalkyles (PFAS) dans l'eau - Méthode utilisant l'extraction en phase solide et la chromatographie liquide avec spectrométrie de masse en tandem (LC-MS/MS)"
- "ISO 25101 - Qualité de l'eau - Détermination du perfluorooctanesulfonate (PFOS) et du perfluorooctanoate (PFOA) - Méthode pour les échantillons non filtrés utilisant l'extraction en phase solide et la chromatographie liquide/spectrométrie de masse".

Le tableau 3.6 "Émissions de perfluorocarbones dans l'eau" du BREF TXT mentionne également des techniques de mesure telles que :

- DIN 38407-42 en Allemagne pour le PFOS, le PFOA et le PFHxA,
- CEN/TS15968 en Italie (Détermination du perfluorooctanesulfonate (PFOS) extractible dans les articles solides enduits et imprégnés, les liquides et les mousses anti-incendie, annulée en novembre 2023),
- WAC/IV/A/025 en Belgique pour les PFOS, PFOA, PFHxA, PFHpA.

Dans les conclusions sur les MTD de WT[32] , la MTD 7 porte sur la surveillance des émissions dans l'eau. Dans cette MTD 7, les émissions de PFOS et de PFOA dans l'eau doivent être contrôlées au moins une fois tous les six mois et conformément aux normes CEN. Il est précisé que "La surveillance ne s'applique que lorsque la substance concernée est identifiée comme pertinente dans l'inventaire des eaux usées mentionné dans la MTD 3". Comme pour les MTD TXT, si les normes EN ne sont pas disponibles, les MTD doivent utiliser les normes ISO, nationales ou internationales qui garantissent la fourniture de données d'une qualité scientifique équivalente.

Il n'existe, à ce jour, aucune MTD en lien avec la présence des PFAS dans les émissions atmosphériques.

Déclaration au titre du règlement sur le portail des émissions industrielles

Le règlement sur le portail des émissions industrielles (règlement 2024/1244[33]), qui remplace le règlement E-PRTR (166/2006) et entrera en vigueur en 2028, est un règlement en vertu duquel les activités industrielles, qui relèvent pour la plupart du champ d'application de l'IED, sont tenues de déclarer leurs émissions, leurs déchets et leurs transferts de polluants, ainsi que d'autres informations. L'annexe I comprend la liste des activités entrant dans le champ d'application du règlement et l'annexe II contient la liste des polluants et des seuils au-delà desquels les émissions doivent être déclarées en charge annuelle (normalement en kg par an).

[31] BREF pour l'industrie textile, décembre 2022, Commission européenne
[32] DÉCISION D'EXÉCUTION (UE) 2018/1147 DE LA COMMISSION du 10 août 2018 établissant les conclusions sur les meilleures techniques disponibles (MTD) pour le traitement des déchets, en vertu de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil
[33] Règlement sur le portail des émissions industrielles, 2024/1244, EUR-Lex

Ce règlement contient trois nouveaux polluants à l'annexe II, dont deux sont des PFAS :

- Acide perfluorooctanoïque (PFOA) et ses sels, avec un seuil de 1 kg par an pour les émissions dans l'air, l'eau et le sol.
- Acide perfluorohexane-1-sulfonique (PFHxS) et ses sels avec le même seuil que le PFOA ci-dessus.

L'article 13, point a), du règlement prévoit également que la Commission, assistée par l'AEE et en consultation avec les États membres, élabore et actualise périodiquement des orientations destinées à faciliter la mise en œuvre du présent règlement, portant notamment sur les points suivants :

> Procédures de notification, avec une attention particulière pour les dispositions qui ne faisaient pas partie du règlement (CE) n° 166/2006 et les secteurs qui n'étaient pas couverts par ce règlement, y compris les lignes directrices techniques concernant les **méthodes facilitant l'analyse pour la surveillance des PFAS, telles que les limites de détection, les valeurs paramétriques et la fréquence d'échantillonnage**.

Le nouveau règlement prévoit la possibilité de mettre à jour l'annexe II et ses seuils par le biais d'actes délégués. Cela signifie que d'autres PFAS pourraient être ajoutés au champ d'application à l'avenir.

2.2.2 Droit national au sein des états membres de l'UE

Ces informations ont été recueillies par le biais d'entretiens et de questionnaires et couvrent la manière dont les PFAS sont réglementés dans les eaux de surface et les rejets industriels.

Lorsque des seuils existent, ils sont indiqués au paragraphe 5 et dans le tableau récapitulatif joint au rapport.

Belgique (Flandres)

La réglementation flamande sur l'autorisation environnementale appelée VLAREM (en particulier la partie 4. Conditions environnementales générales pour les établissements classés) décrit les règles applicables à l'autorisation des installations industrielles. En général, les permis sont accordés par les autorités locales compétentes, sauf pour l'incinération pour laquelle les permis sont décidés par les autorités nationales. Les organismes consultatifs compétents apportent un appui aux autorités locales. Dans les permis, les VLE sont associées à des délais et à des objectifs.

En ce qui concerne les émissions atmosphériques, l'administration flamande travaille à l'élaboration de VLE pour les PFAS à utiliser dans les permis. Il n'existe pas encore de règles générales contraignantes.

Pour l'air ambiant, les Flandres s'appuient sur la directive (UE) 2024/2881 relative à la qualité de l'air[34], et aucune valeur limite pour les PFAS n'est actuellement fixée.

En ce qui concerne les émissions dans l'eau, les VLE pour les PFAS sont fixées dans les permis. En effet, en application du VLAREM, partie 4, section 4.2.3, les rejets d'eaux usées industrielles et d'eaux de refroidissement contenant une ou plusieurs substances dangereuses[35] doivent faire l'objet d'un permis fixant des VLE dès lors que les substances sont émises au-delà de la limite de quantification (LQ) de la méthodologie de mesure associée. Dans le cas des PFAS, bien que tous les PFAS ne soient pas dangereux au regard de la classification CLP et suite à des discussions avec les industries, ils sont désormais tous considérés au même titre que s'ils l'étaient. Les limites de quantification à prendre en considération sont définies à l'article 4, annexe 4.2.5.4, titre II de le VLAREM[36].

L'objectif à long terme est d'éliminer les PFAS. Ainsi, les VLE des PFAS pour les émissions dans l'eau sont établies pour une durée maximale limitée (par exemple 2 ans). Cette durée limitée est une période de transition pour les installations. Dans ce délai, l'exploitant doit réaliser une étude technico-économique pour étudier les sources et en particulier réduire/substituer les PFAS. Le cas échéant, à l'issue de ce délai, il peut demander un nouveau permis en justifiant la raison pour laquelle les PFAS sont toujours présents dans les eaux usées industrielles. Quelques exemples de permis étudiés

[34] Directive - UE - 2024/2881 - EN - EUR-Lex
[35] VLAREM, Rejet d'eaux usées industrielles contenant une ou plusieurs substances dangereuses
[36] VLAREM, annexe 4.2.5.2, titre II

montrent des VLE spécifiques différentes pour chaque installation. L'objectif à terme est que les émissions soient inférieures à la limite de quantification de la méthode de mesure.

Les VLE ne sont actuellement fixées que pour les composés individuels, et non pour les PFAS totaux et les composés individuels visés sont les PFAS qui peuvent être mesurés à l'aide de la méthode de mesure flamande, décrite dans le chapitre 3 ci-après.

En ce qui concerne les NQE pour les eaux de surface et de transition (eaux de surface situées à proximité des embouchures de rivières ou de fleuves), les NQE pour le PFOS de la directive-cadre sur l'eau sont reprises dans l'annexe 2.3.1 de VLAREM II[37] et aucun autre PFAS n'est ajouté.

Italie

En Italie, les PFAS ne sont pas encore réglementés au niveau national pour les rejets industriels.

Le Parlement italien discute de l'introduction de limites sur les rejets d'eaux usées (projet de loi n°2392[38] "Mesures urgentes pour la réduction de la pollution par les PFAS et pour l'amélioration de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine"). À l'heure actuelle, cette loi n'a pas encore été adoptée.

Dans l'attente de la réglementation nationale, la région du Piémont a approuvé une loi régionale LR 25/2021[39] qui, dans son article 74, réglemente les rejets de PFAS et, dans l'annexe A, définit des VLE pour le rejet de PFAS dans les eaux de surface (µg/L). Dans cette loi, la région a décidé, en application du principe de précaution, de retenir comme VLE dans les eaux usées pour le PFOS la NQE-MA pour les eaux de surface intérieures de la directive 2008/105/CE du Parlement européen. Pour mettre en œuvre cette loi régionale, le décret n°60-5220 du 14 juin 2022 a fourni des instructions opérationnelles sur l'application de ces VLE applicables aux PFAS dans les eaux de surface.

Selon notre compréhension, le guide n°305/2019 du Système national de protection de l'environnement (SNPA) italien indique deux autres textes règlementaires concernant les PFAS[40] :

- Décret législatif n°172 du 13 octobre 2015 (Mise en œuvre de la directive 2013/39/UE modifiant la directive 2000/60/CE en ce qui concerne les substances prioritaires dans le domaine de la politique de l'eau) :
  Dans le tableau 1/B, les NQE-MA applicables dans les eaux de surface intérieures et les autres eaux de surface sont spécifiées pour le PFBA, le PFPeA, le PFHxA, le PFBS et le PFOA en plus du PFOS.
- Décret 6 juillet 2016 (Transposition de la directive 2014/80/UE de la Commission du 20 juin 2014 modifiant l'annexe II de la directive 2006/118/CE du Parlement européen et du Conseil sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration) :
  Dans le tableau "Tabella 3 - Valori soglia da considerare per la valutazione dello stato chimico delle acque sotterranee", les NQE applicables dans les eaux souterraines sont spécifiées pour PFPeA, PFHxA, PFBS, PFOA, PFOS et les NQE applicables dans les eaux de surface sont spécifiées pour le PFOA et le PFOS.

Pays-Bas

La politique néerlandaise relative aux substances[41] prévoit une approche spécifique pour les substances très préoccupantes (en néerlandais : Zeer Zorgwekkende Stoffen, abrégé en ZZS). Il convient de noter que la liste ZZS est plus large que la liste des substances extrêmement préoccupantes (SVHC) inscrite à l'annexe XV de REACH[42]. En effet, la politique néerlandaise sur les substances s'appuie sur plusieurs critères pour étendre sa liste à d'autres substances de préoccupation équivalente (voir article 5.22.a du décret listant : article 57 de REACH, annexe VI du règlement CLP, etc.). Il existe une liste nationale des ZZS.

Pour les ZZS, les industries doivent étudier les options de réduction à la source, par exemple par la substitution ou l'optimisation/adaptation des procédés. Toutes les émissions résiduelles doivent être

[37] VLAREM, Normes de qualité environnementale de base pour les eaux de surface
[38] Projet de loi n° 2392, Italie
[39] Loi régionale 25/2021, Région Piémont, Italie
[40] Selon notre compréhension du guide. Une confirmation a été demandée aux contacts italiens, sans réponse à la date de publication.
[41] Décret sur les activités liées au cadre de vie, Pays-Bas
[42] Règlement REACH, 1907/2006, EUR-Lex

réduites au minimum selon les meilleures techniques disponibles, et les autorités ont la possibilité de demander des mesures supplémentaires (MTD+).

Les autorités évaluent les immissions qui en résultent[43] par rapport aux limites d'immissions environnementales.

Pour les ZZS dans l'air[44], une VLE et une surveillance correspondante par classe de substances s'appliquent ; il existe 3 classes de substances. La classification des substances est disponible dans l'annexe III de la Besluit activiteiten leefomgeving[45]. L'appartenance à une classe dépend des dangers du produit chimique et de ses caractéristiques physico-chimiques. Des VLE strictes sont fixées pour les ZZS, et donc aussi pour certains PFAS (PFOS, PFOA et HFPO-DA). Depuis novembre 2024, l'ensemble du groupe des PFAS a été déclaré ZZS[46], suite à la décision d'OSPAR[47] d'inclure les PFAS tels que définis par l'OCDE[48] dans la liste des produits chimiques devant faire l'objet de mesures prioritaires (LCPA). Étant donné que les produits chimiques de la LCPA sont ZZS par définition[49], ces PFAS sont inclus dans la liste ZZS sur le site internet du RIVM[50] (Institut national de la santé publique et de l'environnement) et l'annexe III devrait être mise à jour.

Pour ce qui concerne les concentrations en air ambiant qui doivent respecter des limites d'immission, il n'existe pas encore de limites pour les PFAS.

Pour les émissions dans l'eau, comme dans l'air, les produits chimiques sont classés dans quatre catégories différentes en fonction de leurs mentions de danger. Chaque catégorie reflète le niveau d'effort de réduction requis dans les rejets pour assurer la protection de la santé humaine et de l'environnement, en fonction des propriétés des substances. Les ZZS appartiennent à la catégorie Z pour laquelle les efforts de réduction les plus importants sont requis, ce qui signifie que des investissements financiers plus importants peuvent être demandés à l'industrie.

Les rejets résiduels après réduction sont évalués par rapport aux normes de qualité de l'eau en prenant en compte les zones de mélange telles que définies à l'article 4 de l'article 4 de la DNQE, directive 2008/105/CE [51].

Actuellement, les NQE officiellement fixées dans les eaux de surface pour les PFAS se limitent au PFOS[52], au PFOA[53] et au HFPO-DA[54] (également appelé GenX).

De nouvelles valeurs seuils ont été proposées par le RIVM pour ces trois PFAS (RIVM-briefrapport 2022-0074[55]) ; elles représentent la concentration maximale dans les eaux de surface pour protéger la santé humaine vis-à-vis de la consommation de produits de la pêche (poissons), sur la base de la valeur seuil visant la protection de la santé humaine proposée par l'Autorité européenne de sécurité des aliments[56] (EFSA) en 2020 ; mais elles ne sont pas mises en œuvre. RIVM a également proposé une méthode de calcul qui permet une évaluation combinée des risques pour plusieurs autres PFAS. Les valeurs proposées par le RIVM se réfèrent aux PFAS totaux en utilisant l'approche du facteur de réponse relative (FRR, selon la proposition dans le cadre de la DCE, voir paragraphe 2.2.1). Lorsque

---

[43] L'émission est la quantité de polluant émise par la source, tandis que l'immission est la quantité de polluant dans l'environnement, résultant de l'émission.
[44] Substances extrêmement préoccupantes dans l'air, Point d'information, Pays-Bas
[45] Décret sur les activités du cadre de vie, annexe III Classes de poussières, Pays-Bas
[46] Problematiek rondom stikstof en PFAS | Tweede Kamer der Staten-Generaal
[47] La Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est ou Convention OSPAR (OSPAR pour « Oslo-Paris ») définit les modalités de la coopération internationale pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du nord-est.
[48] Reconciling Terminology of the Universe of PFAS: Recommendations and Practical Guidance, OCDE, juillet 2021
[49] Identification des substances extrêmement préoccupantes, RIVM
[50] Liste totale des substances extrêmement préoccupantes, RIVM
[51] Les concentrations des substances peuvent dépasser les NQE applicables à l'intérieur des zones de mélange si la conformité à ces normes du reste de la masse d'eau de surface ne s'en trouve pas compromise
[52] Décret sur la qualité du cadre de vie, annexe III (valeurs environnementales pour le bon état chimique des masses d'eau de surface), Pays-Bas
[53] Informations sur le PFOA, RIVM
[54] Informations HFPO-DA, RIVM
[55] Limites de risque pour les PFAS dans les eaux de surface. Traduction de la valeur limite de l'EFSA basée sur la santé en concentrations dans l'eau, RIVM, 2022
[56] PFAS dans les aliments : L'EFSA évalue les risques et définit un apport tolérable, EFSA

les NQE à l'échelle européenne seront fixées par la directive-cadre sur l'eau, comme le propose la Commission, elles entreront en vigueur aux Pays-Bas.

Outre les NQE à l'échelle européenne, des NQE supplémentaires peuvent être fixées au niveau national lorsque cela s'avère nécessaire, par exemple pour l'octroi de permis de rejet. Si aucune NQE n'est disponible, l'autorité locale peut s'adresser au RIVM pour obtenir des conseils sur les valeurs seuil et décider de les utiliser pour l'octroi de permis, même si elles ne sont pas formellement définies comme NQE.

Espagne

L'Espagne a indiqué que seuls (ou principalement) des distributeurs de PFAS sont présents sur son territoire, et non les producteurs.

Il n'existe pas de réglementation supplémentaire par rapport à celle de l'UE.

France

Un plan d'action interministériel sur les PFAS[57], publié en avril 2024, intègre et remplace le plan d'actions 2023-2027 du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, publié en janvier 2023, sur le même sujet.

Ce plan s'articule autour de cinq grandes lignes d'action :

- Développer des méthodes pour mesurer les émissions, la contamination de l'environnement et l'imprégnation de l'homme et d'autres organismes vivants ;
- Élaborer des scénarios robustes d'évaluation de l'exposition des organismes (humains et autres organismes vivants), en tenant compte des multiples voies (ingestion, inhalation, contact avec la peau) et sources d'exposition aux polluants omniprésents que sont les PFAS ;
- Renforcer les systèmes de surveillance des émissions ;
- Réduire les risques liés à l'exposition aux PFAS ; innover en impliquant les acteurs économiques et en soutenant la recherche ;
- Améliorer l'information du public pour qu'il puisse mieux agir.

Aucune NQE ou VLE spécifique n'est actuellement définie au niveau national. Des VLE sont spécifiées au cas par cas dans les arrêtés préfectoraux d'autorisation pour les activités concernées (par exemple pour les producteurs de PFAS). L'exploitation des résultats de la campagne de surveillance en cours dans les eaux usées industrielles (voir le chapitre 4.3) permettront d'évaluer la possibilité de définir des VLE et des exigences en matière de surveillance.

Suède

La pollution par les PFAS affecte de nombreux acteurs de la société suédoise et, par conséquent, plusieurs autorités différentes sont impliquées dans le traitement des diverses questions liées aux PFAS, en fonction du contexte. En 2014, un réseau informel a été créé, qui comprend aujourd'hui 14 autorités différentes, partageant des informations sur les PFAS. Le rôle de trois de ces autorités en ce qui concerne les PFAS est brièvement décrit ci-dessous.

L'Agence suédoise pour la protection de l'environnement (EPA) est responsable des questions environnementales concernant, par exemple, les émissions des industries, les sols et les eaux souterraines contaminés, la législation relative à l'utilisation professionnelle des produits chimiques. Une vue d'ensemble du travail sur les PFAS est fournie sur le site web de l'Agence suédoise pour la protection de l'environnement[58].

L'Agence suédoise des produits chimiques (KEMI Kemikalieinspektionen) est responsable des règles relatives aux PFAS qui s'appliquent à la manière dont les substances sont utilisées et à leur introduction

[57] Plan interministériel sur les PFAS : le gouvernement se mobilise pour répondre aux enjeux sanitaires et environnementaux | Ministères Aménagement du territoire Transition écologique
[58] Informations sur les PFAS, Agence suédoise pour la protection de l'environnement

sur le marché. Son site web[59] fournit des informations sur les secteurs et les activités qui utilisent (ou ont utilisé) des PFAS.

L'Agence suédoise de l'alimentation évalue les risques liés aux PFAS dans l'eau potable et les aliments et définit des valeurs limites et des exigences pour les produits chimiques que les producteurs d'eau potable sont tenus de respecter. L'Agence suédoise de l'alimentation fournit également des recommandations sur la manière de gérer les risques. Ces recommandations s'adressent aux producteurs d'eau potable, aux autorités locales chargées de l'application de la loi et aux petits producteurs d'eau potable à usage privé. Son site web[60] fournit, entre autres, des recommandations et des informations aux consommateurs sur l'eau potable et les denrées alimentaires.

En Suède, il n'existe pas de réglementation générale sur les émissions de PFAS pour des secteurs spécifiques et il n'y a que quelques exemples d'installations disposant de permis qui réglementent les PFAS par le biais de VLE et/ou d'une surveillance. En général, toutes les activités sont tenues de respecter les NQE indicatives telles qu'elles sont mises en œuvre dans la loi-cadre suédoise, le code de l'environnement.

En ce qui concerne l'eau, il existe des normes de qualité dans le cadre de la mise en œuvre des directives de l'UE sur l'eau potable et les eaux souterraines.

Un tableau[61] établi par les autorités suédoises en février 2024 résume les valeurs limites pour différentes matrices. Afin de fournir un guide général et facile à comprendre pour présenter la question des PFAS aux non-spécialistes, le KEMI a publié un aperçu des connaissances sur les PFAS[62] en 2022.

Les secteurs les plus émetteurs de PFAS identifiés par les autorités suédoises en Suède sont les sites d'entraînement à la lutte contre les incendies, les aéroports/terrains d'aviation et les installations de stockage de déchets. Dans ces secteurs, il existe quelques exemples d'exigences spécifiques en matière de surveillance des émissions dans les permis délivrés au niveau des installations. En outre, peu d'installations de stockage de déchets disposent de VLE, même provisoires pour les PFAS. C'est le cas de certaines installations rejetant leurs effluents dans une station d'épuration certifiée REVAQ (acteur privé) et qui ont des VLE pour les PFAS dans l'eau. En 2022, l'EPA, en collaboration avec les autorités régionales suédoises, a publié des orientations sur les PFAS dans les installations de stockage de déchets[63]. Certaines municipalités utilisent les NQE suédoises pour les eaux de surface (basées sur la protection de la santé humaine vis-à-vis de la consommation d'eau potable) comme VLE lorsqu'elles rejettent, par exemple, de l'eau contaminée collectée lors d'opérations de lutte contre les incendies.

Les installations de combustion et/ou d'incinération constituent un autre secteur pertinent. Un rapport sur les émissions de PFAS au cours de l'incinération[64], portant principalement sur les PFAS dans les cendres et le condensat après le condenseur de gaz de combustion, a été publié en 2021 par l'Institut suédois de recherche sur l'environnement (IVL). Les recherches sur l'incinération des déchets municipaux mixtes à l'université d'Umeå se poursuivent ; leur dernière publication porte sur la question de l'émission de PFAS par une usine de valorisation énergétique des déchets[65]: leurs résultats démontrent que certains PFAS ne sont pas entièrement dégradés par les températures élevées lors de la valorisation et peuvent être émis par l'usine via les cendres, le gypse, l'eau de traitement et les gaz de combustion. De plus amples informations sur cette question seront disponibles dans un avenir proche.

La production et le recyclage des batteries lithium-ion est un secteur récemment ajouté à la liste des secteurs émetteurs de PFAS en Suède (section 1.1 du rapport annuel 2023 des conseils toxicologiques[66]). Les installations de production et de recyclage des batteries lithium-ion et les

---

[59] Informations sur les PFAS, Agence suédoise des produits chimiques
[60] PFAS et autres toxines environnementales dans l'eau potable et les aliments - contrôle, Agence suédoise de l'alimentation
[61] Valeurs limites et valeurs guides pour les PFAS, février 2024, Suède
[62] PM-3-22-Overview-of-knowledge-on-PFAS, Agence suédoise des produits chimiques
[63] PFAS dans les décharges, soutien aux agents axé sur les PFAS dans les lixiviats, 2022, Suède
[64] PFAS dans les déchets résiduels des usines d'incinération suédoises, 2021, IVL Institut suédois de recherche sur l'environnement
[65] Emission de PFAS par une usine de valorisation énergétique des déchets—Occurrence dans les cendres, l'eau de traitement et première observation dans les gaz de combustion, 2023, Département de chimie, Université d'Umea
[66] Rapport annuel 2023, Conseil toxicologique, Suède

installations qui traitent ce type de déchets en aval auront très probablement des VLE sur les PFAS dans leurs permis.

2.3 Droit national en dehors de l'UE

Ces informations ont été recueillies par le biais d'entretiens avec les pays et de questionnaires.

Suisse

La législation sur les produits chimiques liés aux PFAS[67] en Suisse est largement harmonisée avec celle de l'UE, en particulier l'ordonnance sur la réduction des risques liés à l'utilisation de certaines substances, préparations et objets particulièrement dangereux[68].

La Suisse examine actuellement si les nouvelles normes de qualité proposées pour les eaux de surface et les eaux souterraines dans le cadre de la DCE, de la DNQE et de la Directive sur les eaux souterraines, qui devraient entrer en vigueur en 2025, devraient être intégrées dans l'ordonnance suisse sur la protection des eaux.

La Suisse travaille sur l'état de l'art en matière d'élimination des PFAS dans les lixiviats collectés au sein des décharges et les eaux souterraines pompées des sites d'assainissement. Elle travaille également à l'établissement d'une procédure de calcul des VLE au cas par cas pour ces types d'eaux usées industrielles. Les VLE générales ne sont pas abordées.

Canada

Le ministère canadien de l'Environnement et du Changement climatique (ECCC) élabore des lignes directrices sur la qualité de l'environnement par le biais de deux mécanismes différents. L'un d'entre eux est interne au ECCC, sous la forme de recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement[69] (RFQE), tandis que l'autre s'inscrit dans le cadre du Conseil Canadien des Ministres de l'Environnement[70] (CCME), où l'ECCC peut diriger ou contribuer à l'élaboration de recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement (RCQE) avec d'autres juridictions canadiennes (c'est-à-dire les provinces et les territoires). Les recommandations sur la qualité de l'environnement sont élaborées pour plusieurs milieux, notamment les eaux de surface, les eaux souterraines, le sol, les sédiments, l'alimentation des animaux sauvages, les tissus de poissons et les œufs d'oiseaux.

Ces recommandations fournissent des valeurs seuils dont l'utilisation est volontaire, sauf si elles sont prescrites par des permis ou d'autres outils réglementaires. Il s'agit soit de recommandations préventives (eau, sédiments, tissus de poissons, œufs d'oiseaux, régime alimentaire des animaux sauvages) dans lesquelles les valeurs seuils représentent une concentration environnementale en dessous de laquelle la probabilité d'effets néfastes directs sur le biote est faible, soit de recommandations correctives (sol et eaux souterraines) dans lesquelles les valeurs seuils représentent une concentration permettant de maintenir des fonctions écologiques importantes qui soutiennent les activités associées à l'utilisation identifiée des terres. Les recommandations pour les eaux de surface sont destinées à être appliquées au milieu ambiant et non à être appliquées directement aux rejets ou aux lixiviats, bien qu'elles puissent être prises en considération lors de l'élaboration de mesures réglementaires.

L'ECCC (seul ou par l'intermédiaire du CCME) a élaboré des recommandations de qualité environnementale pour le PFOS[71] et élabore actuellement des recommandations pour le PFOA[72], qui ont été jugées conformes à la définition de substance toxique au sens de la loi canadienne sur la protection de l'environnement (CEPA) par le gouvernement du Canada. Pour le PFOS, des RFQE[73] ont

---

[67] Substances per- et polyfluoroalkyles (PFAS), Confédération suisse
[68] RS 814.81 - Ordonnance du 18 mai 2005 sur la réduction des risques, Confédération suisse
[69] Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement (RFQE), Gouvernement du Canada
[70] Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement (RCQE), Conseil canadien des ministres de l'environnement (ccme.ca)
[71] Sulfonate de perfluorooctane (PFOS), fiche d'information, Gouvernement du Canada
[72] Acide perfluorooctanoïque (PFOA), ses sels et ses précurseurs - fiche d'information, Gouvernement du Canada
[73] Loi canadienne sur la protection de l'environnement 1999, Recommandations fédérales de qualité environnementale Sulfonate de perfluorooctane (PFOS), Gouvernement du Canada

été élaborées pour les eaux de surface, les tissus de poisson, l'alimentation des animaux sauvages et les œufs d'oiseaux, et des RCQE[74] pour le sol et les eaux souterraines. Actuellement, des RCQE pour les eaux de surface, le sol et les eaux souterraines sont en cours d'élaboration pour le PFOA par l'intermédiaire du CCME, tandis que des RFQE pour d'autres milieux (alimentation des animaux sauvages, œufs d'oiseaux) sont à l'étude.

À l'avenir, des recommandations pourraient être élaborées pour d'autres PFAS identifiés comme répondant à la définition de toxique au sens de la loi CEPA.

Japon

Bien qu'il n'y ait pas de NQE pour l'eau, en tant qu'"éléments nécessitant une surveillance de la qualité de l'eau", la surveillance des substances dans les masses d'eau publiques et les eaux souterraines est effectuée en coopération avec les autorités locales. Une valeur seuil provisoire (50 ng/l) a été fixée pour la somme des PFOS et du PFOA en tant qu' « éléments nécessitant une surveillance de la qualité de l'eau » et les experts discutent actuellement de la manière de les traiter.

Aucune norme relative aux effluents n'a été fixée.

Au Japon, la loi sur la réglementation de la fabrication et de l'évaluation des substances chimiques (CSCL) a interdit en principe la fabrication et l'importation de PFOS en 2010 et de PFOA en 2021. La fabrication et l'importation de PFHxS ont également été interdites en principe en février 2024 ; l'importation de produits contenant cette substance a été interdite en juin 2024.

Corée

Les niveaux d'émission admissibles pour certaines substances et par types d'installations sont définis par la loi sur la conservation de l'air pur et la loi sur la conservation de l'environnement aquatique. Les composés fluorés sont concernés, mais pas les PFAS.

Etats-Unis d'Amérique

À l'heure actuelle, l'US EPA n'a pas établi de VLE nationales pour les PFAS. Dans sa feuille de route stratégique sur les PFAS[75], l'US EPA a défini une approche pour l'établissement de valeurs limites d'émission pour certains PFAS. Il s'agit notamment des règlements promulgués pour établir des normes d'eau potable pour certains PFAS, des travaux en cours d'élaboration pour proposer des limites de rejet de PFAS provenant de certaines sources industrielles, et d'autres recherches visant à dériver des valeurs de toxicité à partir des évaluations de la santé humaine et environnementale.

La protection de la qualité des eaux de surface contre les effets des rejets des stations d'épuration publiques (POTW) et des stations d'épuration industrielles repose sur l'établissement de VLE pour les polluants présents dans les rejets de ces installations. Les VLE sont prescrites au moyen de permis du système national d'élimination des rejets de polluants (NPDES). Ces VLE sont élaborées en utilisant des valeurs seuils basées sur la technologie (Technology-based Effluents Limitations en anglais, TBEL) et des valeurs seuils prenant en compte la qualité de l'eau (Water quality-based Effluents Limitation en anglais, WQBEL) pour un polluant spécifique et en retenant la valeur la plus restrictive des deux pour la VLE dans le permis.

Les VLE s'appuient également sur les recommandations (Effluent Limit Guidelines en anglais, ELG), qui sont des normes nationales de rejet des eaux usées élaborées par l'EPA sur une base sectorielle. Il s'agit de réglementations basées sur les meilleures techniques disponibles, avec un coût économique acceptable, pour un secteur industriel.

Actuellement, seule la Caroline du Nord dispose d'un permis NPDES avec des TBEL pour les PFAS. Ces TBEL ont été établis sur la base du meilleur jugement professionnel (Best Professional Judgment), le processus utilisé lorsque les ELG ne sont pas disponibles. Le Minnesota a adopté un système de permis NPDES[76] avec des WQBEL pour le PFOS.

---

[74] Recommandations canadiennes pour la qualité des sols et des eaux souterraines : protection de la santé humaine et de l'environnement : Sulfonate de perfluorooctane (PFOS), CCME
[75] PFAS Strategic Roadmap: EPA's Commitments to Action 2021-2024, US EPA
[76] Permit for Brainerd Wastewater Treatment Facility, Updated May 2024, Minnesota Pollution Control Agency

En complément, l'Office de l'eau a lancé un plan d'actions visant notamment à établir des valeurs seuils pour neuf catégories d'activités industrielles et qui sont intégrées dans la proposition de loi sur les PFAS (PFAS Action Act) de 2021. L'agence a publié son plan de programme de lignes directrices sur les effluents (Effluent Guidelines Program Plan 15[77]) en 2023.

[77] Current Effluent Guidelines Program Plan, US EPA

3 Prélèvements et analyses

Les méthodes de surveillance des émissions aqueuses et atmosphériques de PFAS sont présentées ci-dessous. Leur niveau de développement (déjà appliquées pour la surveillance ou en cours de développement), leur domaine d'application (émissions aqueuses/atmosphériques, caractérisation des PFAS individuels ou indice d'une somme de PFAS), le cas échéant leurs performances (limites de quantification, évaluation des incertitudes dans le cadre d'une comparaison interlaboratoires, etc.), leurs points forts et leurs limites ont été précisés.

Le développement de méthodes analytiques fait l'objet de nombreuses initiatives nationales et gouvernementales, ainsi que de projets de normalisation (à différents niveaux : national/UE/ISO) et de recherche tels que les projets PARC ou NORMAN, décrits à l'Annexe 3.

La surveillance des PFAS soulève plusieurs questions liées à la mise en œuvre et à la performance des méthodes de mesure, que ce soit dans l'eau ou dans l'air, qui sont également décrites dans cette section.

3.1 Eau

Les méthodes normalisées existantes pour l'analyse des PFAS, applicables à l'eau, sont résumées dans le Tableau 1. La première méthode a été rapportée au début des années 2010 avec seulement deux composés dans son champ d'application : PFOA et PFOS. Avec l'intérêt croissant pour cette famille de milliers de composés individuels, le nombre de méthodes disponibles à l'échelle internationale a augmenté rapidement au cours de la dernière décennie. Avec le nombre croissant de méthodes, le nombre de composés ciblés par chacune d'entre elles a également augmenté, avec jusqu'à 40 composés individuels dans les méthodes récentes, et la plupart d'entre elles sont désormais applicables à un large éventail de types d'eau, y compris les eaux usées.

Les méthodes normalisées font état de deux types de méthodes de préparation des échantillons :

1) **Dilution de l'échantillon d'eau par du méthanol**. Cette méthode est presque considérée comme une injection directe de l'échantillon, sans traitement préalable. Cette méthode a l'avantage d'être rapide et d'éviter des étapes supplémentaires d'extraction, de purification ou de concentration, avec les risques inhérents de contamination et de pertes. Elle ne nécessite également qu'un faible volume d'échantillon, mais requiert un équipement analytique plus sensible et de dernière génération pour pouvoir atteindre la limite de quantification ou de détection imposée par les dernières réglementations. Un inconvénient majeur de cette méthode est qu'il y a peu ou pas d'informations concernant la phase particulaire sur laquelle certains PFAS (en particulier ceux avec les chaînes les plus longues) pourraient être adsorbés. En outre, l'absence d'étape de purification peut rapidement entraîner une détérioration des performances analytiques en raison de l'encrassement de la source, en particulier pour les échantillons d'eaux usées.

2) **Extraction en phase solide (SPE) de l'échantillon d'eau**. Cette méthode fait souvent état de l'utilisation d'une phase solide échangeuse d'anions faible (type WAX) sans étape de préfiltration. On suppose donc que les PFAS adsorbés sur la phase particulaire sont extraits par le solvant utilisé pour éluer la cartouche, qui est, dans la plupart des cas, du méthanol alcalin. L'inconvénient de cette méthode est qu'elle nécessite un plus grand nombre d'étapes de préparation des échantillons qui prennent du temps, requièrent davantage de volume d'échantillon et de solvants et peuvent également être des sources de contamination et de perte de PFAS par adsorption au cours des différentes étapes de traitement. En particulier, afin de réduire le coût opérationnel et d'améliorer la reproductibilité, la SPE est souvent réalisée sur des dispositifs automatiques. Les dispositifs non conçus pour l'analyse des PFAS ne sont pas recommandés car les composants de l'automate (tubes, joints...) sont souvent en PTFE, ce qui constitue une source de contamination. Des automates SPE conçus pour être exempts de PFAS sont désormais commercialisés mais nécessitent d'être préalablement testés sur les composés PFAS recherchés.

Les deux méthodes ne distinguent pas la phase dissoute de la phase particulaire. Dans de nombreux cas, on suppose qu'il n'est pas nécessaire de distinguer la phase particulaire qui est prise en compte tant que les matières en suspension totales (MES) sont en deçà d'un seuil décrit dans le champ

d'application des méthodes. En France, une méthode a été proposée comportant une étape spécifique pour l'extraction de la phase particulaire avant l'extraction de la phase dissoute[78]. Cette méthode est applicable aux eaux de surface, pour 7 PFAS, avec une limite de quantification (LQ) entre 1 et 2 ng/l.

Quelle que soit la méthode de préparation des échantillons appliquée par le laboratoire, l'analyse ultérieure est toujours réalisée par chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem (LC-MSMS) avec une séparation chromatographique effectuée sur une colonne apolaire. Cette méthode, mise en œuvre depuis longtemps, est robuste. Au fil des ans, de légères modifications ont été apportées simplement pour améliorer la séparation du nombre croissant de PFAS individuels ciblés et la séparation des PFAS contenus dans les échantillons par rapport aux interférences provenant des dispositifs d'analyse. L'un des problèmes persistants est la séparation et la quantification fiable des PFAS ramifiés par opposition à leur forme linéaire, comme le PFOS ramifié et linéaire ou le PFOA ramifié et linéaire. La plupart des méthodes répertoriées signalent l'absence de normes analytiques correspondantes pour les PFAS ramifiés et conseillent de ne signaler que la forme linéaire ou de quantifier le total (homologues ramifiés et linéaires) par rapport à la norme analytique linéaire.

[78] Fiche technique de la méthode d'analyse de l'eau brute, Aquaref

Tableau 1: Méthodes normalisées ou recommandées pour l'analyse des PFAS dans l'eau

Méthode disponible	Année de publication	Pays / organisme émetteur	Nombre de PFAS concernés	Champ d'application	Informations sur les performances
ISO 25101	2009	ISO	2	Eau non filtrée (potable, de surface ou souterraine)	LQ = 2-10 ng/l Un essai inter-laboratoire international réalisé en 2007.
ISO 21675	2019	ISO	30	Eau non filtrée (potable, de surface ou souterraine avec MES < 2 g/L)	LQ ≥ 0,2 ng/l Un essai inter-laboratoire réalisé en 2017.
DIN 38407-42	2011	DIN / Allemagne	10	Eaux potables, de surface, souterraines et usées	LQ = 10-25 ng/l Un essai inter-laboratoire réalisé en 2010
EPA 8327	2021	US EPA	24	Eaux de surface, eaux souterraines et eaux usées	N.A.
EPA 533	2019	US EPA	25	Eau potable	LQ = 1-16 ng/l
US EPA 537	2020	US EPA	18	Eau potable	LD = 0,5-3 ng/l LQ = 0,5-6 ng/l
ASTM D7979	2020	ASTM / USA	21	Eaux de surface, eaux souterraines et eaux usées	LD = 0,7-106,8 ng/l LQ = 5-100 ng/l
WAC/IV/A/025	2022	WAC / Belgique	30	Eaux potables, de surface, souterraines et usées	LQ = 10-50 ng/l
NF EN 17892	2024	AFNOR / France	30	Eau potable. Possible pour les eaux de surface, les eaux souterraines ou les eaux usées si la validation de la méthode est prouvée dans les mêmes conditions.	Un essai inter-laboratoire en 2023
EPA 1633	2024	US EPA	40	Échantillons aqueux, solides, biosolides et tissus du biote	LD = 0,3-9,5 ng/l LQ = 1-100 ng/l

Méthode disponible	Année de publication	Pays / organisme émetteur	Nombre de PFAS concernés	Champ d'application	Informations sur les performances
WAC/IV/A/026	2024	WAC / Belgique	7	Eaux potables, de surface, souterraines et usées	N.A.
ES 10363.1a	2021	Corée	27	Eaux de surface	LD = 5 ng/l

LD : Limite de détection de la méthode / LQ : Limite de quantification ou concentration la plus faible limite minimale de déclaration.

Note : Les LD et LQ dans les méthodes américaines sont calculées statistiquement alors qu'elles sont analysées dans les méthodes françaises. Aucun détail n'est donné dans les méthodes coréennes et belges.

Outre les méthodes normalisées pour l'analyse ciblée énumérées dans le Tableau 1, des méthodes indiciaires sont développées en parallèle, car l'analyse ciblée ne pourra jamais couvrir l'ensemble de la famille des PFAS. Une méthode indiciaire est une méthode chimique qui permet de caractériser de façon globale une pollution (par exemple l'AOF pour les composés organiques fluorés adsorbables) sans permettre une identification précise des substances qui en sont à l'origine (en l'occurrence les PFAS).

Parmi les méthodes indiciaires, la méthode reposant sur la quantification du fluor organique adsorbable (AOF) est la plus avancée en termes d'harmonisation. Dans cette méthode, les composés organiques contenant du fluor sont adsorbés sur une cartouche de charbon actif, puis brûlés. Le produit de cette combustion est ensuite introduit par barbotage dans de l'eau qui est analysée par chromatographie ionique pour déterminer la concentration en fluor. Cette méthode est déjà décrite dans une méthode normalisée allemande (DIN 38409-59), une procédure belge (WAC/IV/B/013), une méthode américaine (US EPA 1621) et est en cours d'examen au niveau européen (ISO/WD 18127:2022) et vise à être applicable aux eaux potables, de surface, souterraines et usées. Les principaux inconvénients de cette méthode sont qu'elle n'est pas totalement spécifique à la famille des PFAS, de sorte que d'autres composés organiques contenant du fluor sont également inclus, et que la limite de quantification est de l'ordre de 2 µg/L. En outre, certaines études[79][80][81] font état d'interférences potentielles provenant du fluor inorganique (lorsque le charbon actif n'est pas correctement lavé), de concentrations élevées de chlore qui peuvent interférer lors de la séparation par chromatographie ionique, ainsi que des matières en suspension (MES) ou du carbone organique total (COT) qui influencent l'adsorption des molécules organiques contenant du fluor sur la cartouche.

Il existe d'autres méthodes indiciaires, mais elles ne sont pas aussi avancées que celle de l'AOF en termes d'harmonisation. L'une d'entre elles est la méthode Total Oxidizable Precursor (TOP) Assay, qui repose sur une oxydation alcaline des PFAS de l'échantillon en PFCA et une quantification ultérieure des PFCA. En comparant la concentration des PFCA avant et après l'oxydation, il est possible d'estimer la présence de ce que l'on appelle les précurseurs des PFAS. Comme outil complémentaire, un criblage non ciblé (NTS) par spectrométrie de masse à haute résolution peut être effectué pour tenter d'identifier ces précurseurs et traduire la diversité des composés PFAS individuels dans les échantillons. Bien que la première méthode soit quantitative, elle ne permet pas d'identifier clairement le type de composés initialement présents dans l'échantillon. En revanche, la seconde méthode permet d'identifier les PFAS mais n'est que qualitative. Dans les deux cas, ces méthodes sont en cours de développement et utilisées principalement au stade de la recherche. Certains essais collaboratifs concernant la méthode TOP assay sont actuellement discutés au niveau européen, notamment dans le cadre du projet PARC. En ce qui concerne le NTS, un essai collaboratif pour le dépistage des PFAS en mode suspect (c'est-à-dire par rapport à une liste prédéfinie de PFAS) dans les échantillonneurs passifs a été organisé fin 2023 par NORMAN et, en fonction des résultats de ce premier essai, deux autres sont prévus dans les années à venir pour couvrir la partie préparation et l'ensemble de la stratégie NTS.

---

[79] Babatoundé I.T. Idjaton, Anne Togola, Jean Philippe Ghestem, Laura Kastler, Sébastien Bristeau, Mariska Ronteltap, Stéfan Colombano, Nicolas Devau, Julie Lions, Eric D. van Hullebusch, *Determination of organic fluorinated compounds content in complex samples through combustion ion chromatography methods: a way to define a "Total Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS)" parameter?*, Science of The Total Environment, Volume 932, 2024, 172589, ISSN 0048-9697, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172589.

[80] Yitong Pan, Damian E. Helbling, *Revealing the factors resulting in incomplete recovery of perfluoroalkyl acids (PFAAs) when implementing the adsorbable and extractable organic fluorine methods*, Water Research, Volume 244, 2023, ISSN 0043-1354, https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120497.

[81] US EPA, Office of water, janvier 2024, *Method 1621 Determination of Adsorbable Organic Fluorine (AOF) in Aqueous Matrices by Combustion Ion Chromatography (CIC)*, Method 1621

3.2 Air

3.2.1 Elaboration de normes pour le mesurage des PFAS dans les émissions atmosphériques

Etats-Unis

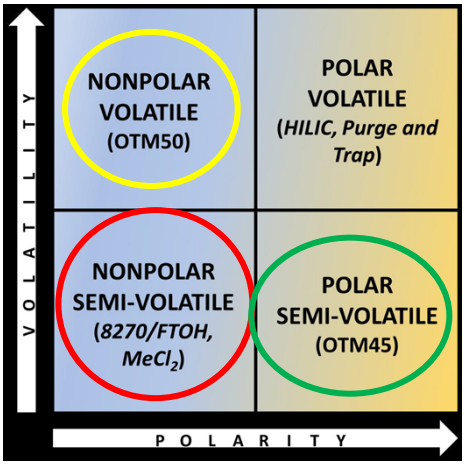
Le Centre de mesure des émissions atmosphériques (EMC - Emission Measurement Center) de l'US EPA publie des méthodes en tant qu'OTM ("Other Test Methods"). Le statut OTM signifie que la méthode n'est pas encore approuvée par l'EPA, mais qu'elle a été examinée par l'EMC et jugée pertinente pour la surveillance des émissions. Une méthode OTM peut être mise à jour sur la base des données de retours d'expérience.

La famille des PFAS couvre un nombre important de composés. Dans le cas des émissions atmosphériques, plusieurs méthodes de mesurage sont nécessaires pour adapter l'échantillonnage et l'analyse à leurs caractéristiques : les PFAS peuvent avoir des formes volatiles, semi-volatiles, non-volatiles, polaires et non-polaires, etc.

3 méthodes OTM sont envisagées pour couvrir des PFAS présentant différentes caractéristiques (voir Figure 1).

Aujourd'hui, deux de ces méthodes sont publiées : OTM-45 et OTM-50. La publication de ces méthodes par l'EMC vise à promouvoir une harmonisation des mesurages des PFAS, émis par des sources fixes, sur la base des meilleures pratiques disponibles au moment de leur publication sur le site web de l'US EPA. Les documents décrivant les méthodes OTM[82] peuvent être téléchargés à partir du site web de l'US EPA. Un document de questions fréquemment posées (FAQ) est également disponible et peut être intéressant à consulter pour obtenir des informations supplémentaires sur la mise en œuvre de ces méthodes.

La troisième méthode (OTM-55) est en cours de développement dans le cadre des travaux de l'Office de recherche et développement (ORD - Office of Research and Development) et de l'Office de la planification et des normes de qualité de l'air (OAQPS - Office of Air Quality Planning and Standards) de l'US EPA.

<table>
<tr>
<td>OTM-50
Méthode publiée au premier semestre 2024
Prélèvement sur site par canister + analyse en laboratoire
Composés en C1-C8</td>
<td rowspan="2">
</td>
<td rowspan="2"></td>
</tr>
<tr>
<td>OTM-55
Méthode en cours de développement
Approche basée sur un ensemble de 3 méthodes décrivant l'échantillonnage, l'extraction et l'analyse
Cible en particulier les alcools fluorotélomères (FTOH) et les produits de</td>
<td>OTM-45
Version 0 publiée en 2021
Version 1 publiée en janvier 2024
Prélèvement avec un dispositif comprenant plusieurs étages de piégeage + analyse en laboratoire
Composés ≥ C4</td>
</tr>
</table>

[82] EMC Other Test Methods, US EPA

combustion/destruction incomplète (ICP/PID)		

Figure 1: Méthodes américaines développées ou en cours de développement pour le mesurage des PFAS

Union Européenne

À ce jour, plusieurs pays européens ont commencé à travailler à l'élaboration de normes pour mesurer les PFAS dans les émissions atmosphériques basées sur les méthodes OTM. C'est notamment le cas de la Flandre (Belgique) et de la France.

Le VITO (Institut flamand de recherche technologique et laboratoire de référence) a publié en 2023 la première version d'une norme : LUC/VI/003, qui doit être ajoutée au recueil des méthodes à appliquer dans le cadre de certaines réglementations flamandes pour la mesure et l'analyse de l'air.

Au sein de l'AFNOR (Association française de normalisation), une norme française a été publiée en décembre 2024 : XP X 43-126.

L'Allemagne travaille également sur le sujet.

Le développement de normes européennes pour le mesurage des PFAS dans les émissions atmosphériques a été identifié comme un nouveau sujet prioritaire par le Comité technique 264 "Qualité de l'air" de la Commission européenne de normalisation (CEN). Dans un premier temps, un nouveau groupe de travail européen sera créé au sein du CEN/TC 264, afin d'examiner les méthodes de mesurage des PFAS dans l'air ambiant et dans les émissions à l'atmosphère issues de sources fixes. Ce groupe permettra de partager les travaux nationaux sur l'échantillonnage et l'analyse des PFAS dans ces matrices. Il constituera une base d'informations lorsque les autorités réglementaires européennes demanderont l'élaboration de normes.

3.2.2 Principe des méthodes de mesurage

OTM-45 "Mesure de certaines substances alkylées perfluorées et polyfluorées provenant de sources fixes"

La méthode OTM-45 est adaptée au mesurage des PFAS semi-volatils polaires (point d'ébullition > 100°C). Publiée en 2021 et révisée en janvier 2024, elle est la première référence publiée et donc la plus éprouvée, aux États-Unis mais aussi lorsque des mesures ont été mises en œuvre dans d'autres pays.

Le champ d'application couvre 49 composés.

Le principe de la méthode repose sur un échantillonnage représentatif de l'effluent gazeux à l'aide d'un dispositif de prélèvement. Ce dispositif de prélèvement comprend plusieurs supports de piégeage successifs qui piègent les PFAS sous forme particulaire et gazeuse : filtre, résine adsorbante, solutions d'absorption ; une résine supplémentaire en aval de ces supports est utilisée pour vérifier l'efficacité du piégeage (cf. *Figure 2*).

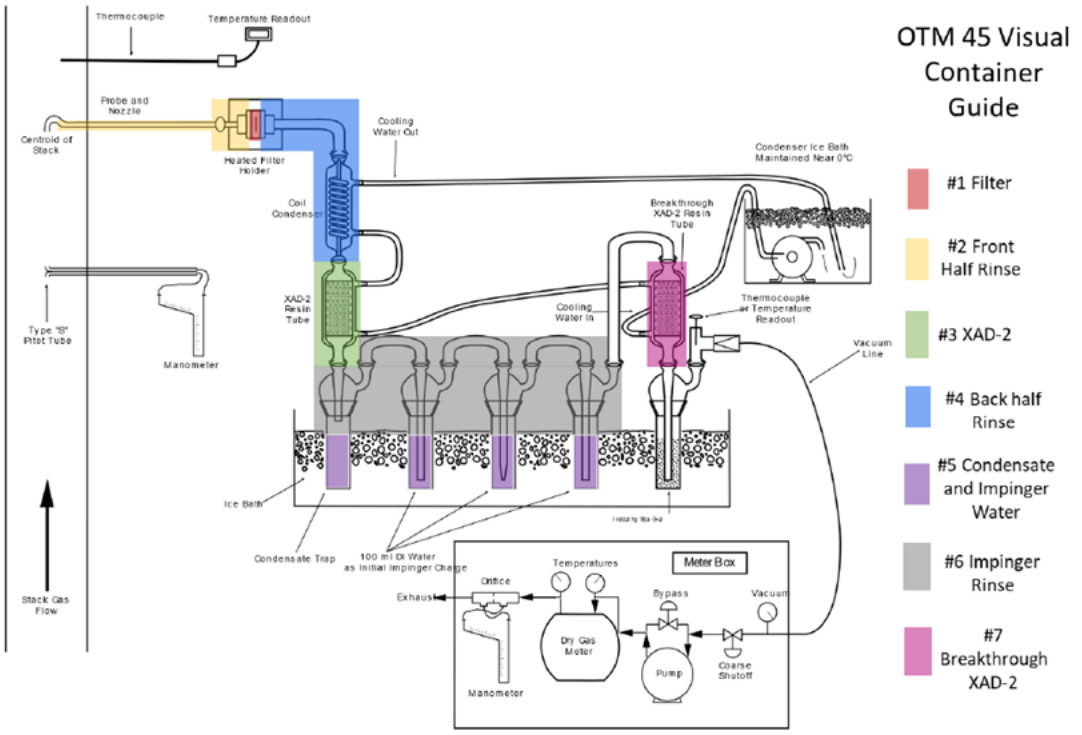


Figure 2: Train d'échantillonnage dans la méthode OTM-45

Un volume d'échantillonnage minimal de 3 m^3 est recommandé afin d'obtenir des limites de quantification (LQ) suffisamment basses au regard des concentrations potentielles. Il peut être nécessaire d'adapter le temps de prélèvement en fonction de la concentration dans l'effluent ou de la valeur limite à laquelle la mesure doit être comparée. Par exemple, il peut être nécessaire de réduire le volume échantillonné afin d'éviter la dilution de l'échantillon avant analyse dans le cas d'une concentration "élevée" ; à l'inverse, une augmentation de la durée et donc du volume échantillonné peut être nécessaire pour abaisser la LQ si la concentration est faible ou si la mesure est comparée à un seuil bas.

Le filtre, les résines absorbantes, les condensats, les solutions d'absorption et les solutions de rinçage sont récupérés à la fin de l'étape de prélèvement pour analyse, sous la forme de 7 échantillons. Après les extractions, certains échantillons sont combinés, ce qui conduit à 4 fractions analysées.

Les échantillons sont ensuite analysés par LC-MS/MS (chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem) et par détection MRM (détection de réactions multiples).

Les résultats fournissent :

- La concentration en masse de chaque PFAS individuel ciblé pour chaque fraction analysée,
- La concentration totale en masse de chaque PFAS cible,
- Si nécessaire, la concentration en masse de la somme des PFAS cibles.

OTM-50 "Échantillonnage et analyse des composés fluorés volatils provenant de sources stationnaires à l'aide de canisters en acier inoxydable passivé"

La méthode OTM-50, publiée début 2024, est dédiée à des PFAS et autres molécules fluoro carbonées volatiles (point d'ébullition ≤ 100°C). Plus récente, elle a été moins mise en œuvre que l'OTM-45.

Le champ d'application couvre 30 composés.

Le principe de la méthode repose également sur un échantillonnage représentatif de l'effluent gazeux à l'aide d'un dispositif de prélèvement et sur l'analyse des échantillons en laboratoire.

L'échantillon de gaz est prélevé dans un canister (récipient sous vide dans lequel le gaz à caractériser est aspiré) à un débit fixe et régulé (cf. Figure 3). Le débit de prélèvement recommandé dans l'OTM-50 permet de prélever l'échantillon sur une période d'une heure (pour un canister de 6 L). En amont du canister, un filtre chauffé retient les particules. Si l'effluent est humide ou acide, des absorbeurs sont également ajoutés pour éviter la condensation dans le canister et pour éliminer les composés susceptibles d'interférer avec l'analyse. En cas de concentration élevée en dehors de la plage d'analyse, un deuxième canister peut être ajouté ; un débit de prélèvement plus faible est appliqué pour ne remplir que partiellement le canister et permettre ainsi une dilution de l'échantillon.

Le gaz prélevé dans le canister est ensuite analysé par GC/MS (chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse).

Les résultats fournissent :

- La concentration totale en masse de chaque PFAS cible,
- Si nécessaire, la concentration en masse de la somme des PFAS cibles.

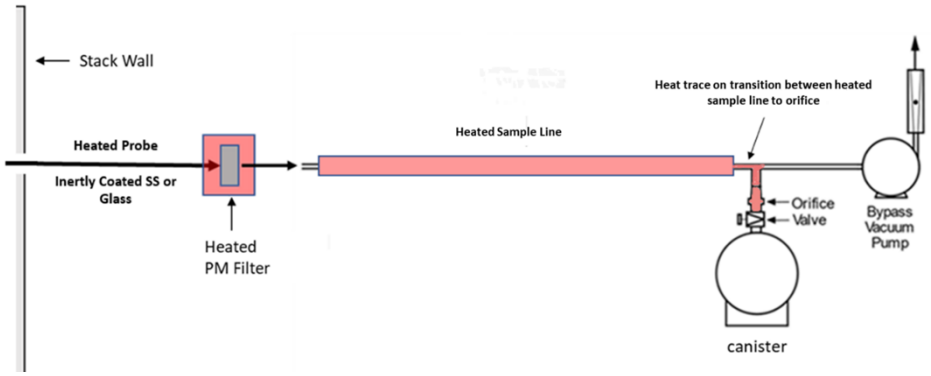


Figure 3: Système d'échantillonnage direct dans l'OTM-50

OTM-55 (en cours de développement)

La méthode OTM-55 cible les composés semi-volatils non polaires pour répondre aux besoins de mesure des alcools fluorotélomères et des composés de combustion/destruction incomplète.

Le dispositif d'échantillonnage devrait être identique à celui décrit dans l'OTM-45 pour les composés semi-volatils polaires. Mais des travaux sur l'étape d'extraction des composés piégés sur le support de piégeage sont nécessaires pour permettre l'utilisation d'un seul équipement pour prélever les composés semi-volatils polaires et non polaires.

Méthode flamande LUC/VI/003 et norme française XP X 43-126

Les deux normes développées en Flandre et en France sont basées sur l'OTM-45.

La méthode OTM-45 a été testée et mise en œuvre entre 2021 et 2023 par le VITO, dans le cadre d'une étude visant à caractériser les émissions de PFAS dans l'atmosphère provenant de différentes industries, commandée par le gouvernement flamand. Le retour d'expérience (REX) de ces campagnes de mesure a conduit le VITO à procéder à quelques adaptations.

La norme française s'est également appuyée sur le REX de laboratoires.

Dans les deux cas, des dispositions complémentaires ou légèrement différentes ont été introduites, notamment pour améliorer ou optimiser les contrôles de qualité, afin de réduire les coûts tout en assurant un niveau d'exigence répondant aux précautions requises contre les risques de contamination.

Par exemple, dans le document LUC/VI/003 : ajout d'un solvant supplémentaire pour le rinçage du dispositif de prélèvement après l'échantillonnage ; température plus élevée pour la calcination des éléments du dispositif de prélèvement.

Pour la France, des précisions sont apportées sur la méthode de détermination de la limite de quantification et des incertitudes de mesure, ainsi que sur le rapportage des résultats, afin d'harmoniser les pratiques et de permettre la comparaison des résultats entre les installations.

3.3 Points clés pour la mise en œuvre et l'efficacité des méthodes de mesure

3.3.1 Limitation des méthodes décrites

L'un des défis de l'analyse des PFAS dans l'eau et dans l'air est l'identification de composés qui peuvent encore être inconnus et qui peuvent être émis mais qui ne sont pas actuellement ciblés par les méthodes de prélèvement et d'analyse. Ces composés peuvent être issus par exemple d'une modification, par les procédés de fabrication/combustion, des composés initialement présents dans les produits d'entrée du procédé. Même avec plusieurs méthodes, la liste des composés individuels potentiellement mesurables reste très limitée par rapport au nombre de PFAS existants.

En outre, la quantification des composés dépend de l'existence d'étalons, dont le nombre est actuellement limité.

Contrairement au développement en cours de méthodes indiciaires pour l'eau, il n'y a actuellement aucun développement de méthodes indiciaires pour l'air, qui permettrait de prendre en compte une gamme plus large de composés.

Ces questions sont par exemple étudiées par Euramet via le Réseau européen de métrologie pour la surveillance de la pollution[83] (EMN POLMO), qui regroupe 31 instituts de 21 pays. L'objectif est de développer et de mettre à disposition les références nécessaires à l'harmonisation des analyses, notamment par l'organisation de comparaisons inter-laboratoires (CIL) ou le développement de méthodes indiciaires dans l'air, de développer des matériaux de référence et des étalons analytiques.

3.3.2 Evaluation des performances des laboratoires de prélèvement et d'analyse

Les risques de contamination à chaque étape de la mesure, tant pour l'échantillonnage que pour l'analyse, requièrent une attention particulière et ce, d'autant plus que les niveaux de concentration peuvent être très faibles, nécessitant une faible LQ.

Cela explique les nombreux contrôles qualité aux différents stades de la mise en œuvre du prélèvement et de l'analyse.

Il est important que les laboratoires testent leur capacité à mettre en œuvre le prélèvement et l'analyse et qu'ils vérifient qu'ils peuvent satisfaire aux critères de performance requis dans les méthodes normalisées (réalisation de blancs à plusieurs étapes du prélèvement et de l'analyse).

Les CIL constituent un moyen d'évaluer les performances des méthodes et des laboratoires. De tels exercices sont en cours de mise en place. Des CIL analytiques sont proposées pour l'eau sur une liste plus ou moins étendue de composés. La France, par exemple, a déjà réalisé une CIL sur 30 PFAS dans les eaux de surface et les eaux usées en novembre 2023 et pourra en proposer une pour les émissions dans l'atmosphère en 2025. En Flandres, des essais comparatifs avec plusieurs laboratoires ont été organisés en 2024 pour la mise en œuvre de la méthode globale (prélèvement et analyse) de mesurage des PFAS semi-volatils polaires dans l'air, sur banc d'essai.

3.3.3 Limite de quantification

La détermination des limites de quantification (LQ) est un paramètre clé pour l'évaluation de la performance d'une méthode de mesurage. Les critères de performance à atteindre par les laboratoires peuvent être exprimés en termes de LQ d'analyse et de LQ de mesure intégrant l'analyse + le prélèvement (par exemple pour les blancs).

Pour comparer les performances de deux laboratoires d'analyse, il est essentiel que les LQ analytiques soient calculées de la même manière. Et cela l'est d'autant plus dans le cas de composés tels que les PFAS où les concentrations résultent de l'analyse de plusieurs dizaines de composés, voire de plusieurs fractions analysées pour chaque composé (par exemple dans le cas de la méthode OTM-45 pour les rejets à l'atmosphère). Cependant, il existe de nombreuses définitions et façons de les déterminer dans l'analyse. En France, par exemple, les laboratoires d'analyse sont tenus d'appliquer la norme NF T 90-210 (Qualité de l'eau - Protocole d'évaluation initiale des performances d'une méthode en laboratoire) pour démontrer leur capacité à mettre en œuvre une méthode d'analyse. La norme définit la LQ sur la base d'un critère de performance à atteindre au niveau de concentration déclaré par le laboratoire comme correspondant à sa LQ.

Dans l'air, la LQ de mesure d'un composé est calculée à partir de la LQ d'analyse divisée par le volume d'air échantillonné. Pour réduire la LQ de mesure, il est donc possible de réduire la LQ d'analyse et/ou d'augmenter le volume de gaz échantillonné.

Indications spécifiques pour les mesures dans l'eau

Différentes LQ sont rapportées pour les méthodes normalisées présentées dans le Tableau 1. Elles vont du ng/l à des centaines de ng/l. Si l'on considère l'ensemble de la chaîne analytique (c'est-à-dire la préparation de l'échantillon, la matrice, l'analyse et le rapport) pour la détermination de la LQ, celle-ci est généralement influencée par trois facteurs principaux :

[83] Chemical pollutants, European Metrology Network for Pollution Monitoring

- Le composé considéré : selon la taille de la molécule et le sous-groupe chimique des PFAS, la LQ peut être très différente pour une méthode donnée. En effet, le facteur de réponse peut varier entre une chaîne courte et une chaîne longue d'une même famille de PFAS et encore plus entre différentes familles de PFAS.
- La méthode de préparation utilisée : la LQ de la méthode est très dépendante de l'étape de préparation (ajout de solvant ou extraction en phase solide) car la première méthode induit une étape équivalente à la dilution alors que la seconde implique une étape de concentration de l'échantillon.
- Le type de matrice considéré dans le domaine d'application de la méthode : d'une manière générale, les méthodes qui incluent les eaux usées dans leur domaine d'application rapportent souvent des LQ allant jusqu'à 100 ng/l, alors que pour l'eau potable, une valeur de 1 ng/l voire moins peut être atteinte. Cela s'explique par la complexité de la matrice qui peut provoquer des interférences et une augmentation du bruit de fond pour des types d'eau plus complexes, ce qui ne permet pas d'atteindre une LQ aussi basse que celle de l'eau "propre".

Par conséquent, il est difficile de déterminer une LQ unique pour tous les PFAS pour toutes les matrices d'eau.

Indications spécifiques pour les mesures dans l'air

La méthode OTM-45 définit une limite quantitative de déclaration (QRL - Quantitative Reporting Limit), qui correspond au niveau quantifié le plus bas pouvant être rapporté ; la QRL est basée sur la concentration la plus basse du composé PFAS cible utilisée lors de l'étalonnage. Elle définit la limite de détection de la méthode (LD) comme le signal minimal qualitativement détectable lors des analyses avec un niveau de confiance de 99%. Les QRL et LD sont fournies pour une trentaine de composés. Les QRL sont comprises entre 1,5 et 16 ng selon les composés (somme des QRL des fractions analysées). Les valeurs sont à diviser par le volume de gaz prélevé pour obtenir la LQ de mesure comme indiqué ci-dessus. Pour un volume minimal de gaz prélevé de 3 m^3 exigé par la méthode OTM-45, cela conduit à des valeurs de 0,5 à 5,3 ng/m^3.

La norme flamande LUC/VI/003 indique les valeurs de LQ obtenues pour 18 composés, comprises entre 0,2 et 0,6 ng pour la somme des LQ pour les fractions 1 à 3, ce qui correspond à 0,06 à 0,2 ng/m^3 pour 3 m^3 de gaz échantillonné. Il est précisé que pour une analyse quantitative, l'incertitude élargie[84] ne doit pas dépasser 50%.

Dans la norme française, une exigence de LQ d'analyse est fixée pour les 49 composés : la LQ d'analyse ne doit pas dépasser 15 ou 30 ng selon le composé (somme des LQ des fractions 1 à 3), soit 5 à 10 ng/m^3 pour 3 m^3 de gaz prélevé. La norme NF T 90-210 fixe à 60% au plus la valeur de l'EMA (Ecart maximal acceptable) au niveau de la LQ. Ces seuils de LQ d'analyse sont amenés à évoluer car ils ont été proposés alors que les laboratoires d'analyse commençaient seulement à valider la mise en œuvre de la méthode analytique. Dans le cas de la norme LUC/VI/003 et de la norme française, les conditions de performance à atteindre au niveau de la LQ sont comparables.

Pour l'OTM-45 et la LUC/VI/003, les LQ obtenues (pour certains composés) semblent être beaucoup plus basses que la LQ à atteindre dans la norme française.

Dans l'OTM-50, les QRL fournis pour les 30 composés sont comprises entre 0,08 et 0,81 µg/m^3. L'ordre de grandeur est donc beaucoup plus élevé que pour les composés semi-volatils mesurés selon l'OTM-45 (facteur≈ 150).

3.3.4 Incertitude de mesure

La détermination de l'incertitude de mesure est également un paramètre clé pour évaluer la performance d'une méthode de mesure.

Mais dans le cas de l'air, ni l'OTM-45 ni l'OTM-50 ne décrivent la méthode d'évaluation de l'incertitude de mesure, et aucune valeur obtenue ni aucun critère ne sont donnés.

---

[84] L'incertitude élargie s'obtient en multipliant une incertitude-type par un facteur d'élargissement (k=2), ce qui permet d'augmenter la certitude (niveau de confiance 95%) que la valeur vraie de la grandeur se trouve à l'intérieur de l'intervalle défini par l'incertitude élargie.

La méthode LUC/VI/003 indique des valeurs d'incertitude élargie obtenues pour 19 composés variant de 3 à 26% relatifs par rapport à la concentration mesurée.

La norme française XP X 43-12 n'exige aucun critère et ne spécifie aucune valeur d'incertitude pour l'analyse ou la mesure (échantillonnage + analyse). En revanche, elle exige que, pour l'analyse, l'incertitude soit déterminée selon la norme ISO 11352 (Qualité de l'eau - Estimation de l'incertitude de mesure sur la base des données de validation et de contrôle de qualité) et que l'incertitude élargie soit fournie à au moins 3 niveaux de concentration du domaine validé par le laboratoire d'analyse, y compris la LQ. Plus le niveau de concentration est faible, plus l'incertitude élargie relative est grande. Il est donc conseillé de connaître l'incertitude analytique en fonction du niveau de concentration de l'échantillon analysé. Il convient de noter que dans certaines normes européennes décrivant des méthodes de mesurage comprenant une étape d'échantillonnage et une étape d'analyse, comme dans le cas du mesurage des PFAS semi-volatils, seule une évaluation de la répétabilité de l'analyse est requise. Toutefois, il ne s'agit que d'une des contributions à l'incertitude associée à l'analyse. Enfin, la norme française indique que l'incertitude de mesure doit être calculée en combinant la contribution de l'échantillonnage et de l'analyse, et en appliquant la loi de propagation de l'incertitude définie dans le guide ISO/CEI 98-3 ou par propagation des lois de distribution en appliquant la méthode de Monte Carlo selon le guide ISO/CEI 98-3/S1. Un exemple de calcul par application de la loi de propagation de l'incertitude est fourni.

Concernant, l’analyse dans l’eau, en France, la bonne pratique consiste à appliquer également la norme ISO 11352 pour évaluer l’incertitude associée à l’analyse.

4 Campagnes de mesure

Comme première étape de l'élaboration d'une réglementation sur les PFAS, les pays mènent souvent des campagnes de surveillance exploratoires permettant de cibler les contributeurs et les composés pertinents et de fournir un cadre réglementaire cohérent. Ce chapitre présente le retour d'expérience de ces campagnes.

4.1 Belgique (Flandres)

L'Agence flamande de protection de l'environnement a mené une campagne de surveillance spécifique[85] sur la période 2021-2023 dans les eaux usées de plusieurs secteurs industriels (nettoyage de réservoirs/traitement des déchets, blanchisseries, industrie chimique, traitement de surface des métaux et des plastiques, stations d'épuration municipales, brasseries, textiles, raffineries, applications photographiques) ; ces secteurs ont été choisis suite à une étude bibliographique, des résultats de campagnes de dépistage antérieures et des principaux secteurs d'utilisation indiqués dans le dossier de restriction REACH relatif aux PFAS.

Les résultats de la campagne de mesure sur la distribution des PFAS en Flandres montrent que, bien que, dans la majorité des échantillons, la concentration soit inférieure à la limite de détection, au moins un composé PFAS a été détecté dans presque tous les sites de mesure. La présence de PFAS dans les rejets aqueux est donc largement répandue en Flandres. En termes de concentrations de PFAS, il y a cependant quelques zones sensibles prépondérantes. La sélection des substances PFAS à mesurer diffère entre les différentes matrices (eaux de rejets, eaux de surface, eaux souterraines, biote) d'une part et les différents secteurs industriels étudiés pour une même matrice d'autre part. Pour les eaux de rejets, il existe une empreinte PFAS claire par secteur avec des PFAS caractéristiques (à la fois en termes de présence et de concentration).

D'autre part, l'EPA flamande a effectué une surveillance des PFAS dans l'air ambiant et dans les dépôts atmosphériques, au cours de la période 2022-2023, sur des sites des sites côtiers, des sites urbains et des zones sensibles dans toute les Flandres. L'exploitation des résultats a montré des concentrations élevées et une grande variabilité de la composition des PFAS dans toute les Flandres, avec une prédominance des PFCA et des PFSA.

La publication des méthodes de mesure des PFAS dans l'air en Flandres permet la réalisation de mesures ciblées des émissions de PFAS par le service flamand de contrôle à partir de 2024. Les mesures des émissions atmosphériques de PFAS sont effectuées dans des installations situées à proximité des lieux où l'Agence flamande pour l'environnement (Vlaamse Milieumaatschappij - VMM) effectue des mesures d'immissions[43].

4.2 Italie

En raison de la découverte de la pollution par les PFAS dans les eaux souterraines, les eaux de surface et les eaux potables dans diverses régions italiennes depuis une dizaine d'années, le Système national de protection de l'environnement (SNPA) surveille les eaux souterraines et les eaux de surface, couvrant 185 stations au sein de 20 régions et provinces italiennes autonomes. Afin d'homogénéiser les pratiques, le SNPA a développé, en 2018, le guide n°305/2019[86]. Le guide SNPA n°305/2019 identifie également les codes Ateco des activités qui peuvent potentiellement être des sources d'émissions/de rejets de PFAS.

4.3 France

L'arrêté ministériel français[87] du 20 juin 2023 concerne l'analyse des PFAS dans les rejets d'eau des installations classées soumises au régime d'autorisation, dans différents domaines : raffinerie ; production de produits chimiques, y compris organiques, inorganiques, pesticides et produits

[85] Recherche exploratoire sur la distribution des PFAS en Flandre. Eaux usées, eaux de surface, fond de l'eau, biote et eaux souterraines, Vlaanderen, 2023
[86] Lignes directrices pour la conception de réseaux de surveillance des substances perfluoroalkyles (PFAS) dans les eaux de surface et souterraines, SNPA, 2018
[87] Arrêté relatif à l'analyse des substances per- et polyfluoroalkyles dans les rejets aqueux des installations classées pour la protection de l'environnement, juin 2023, France

pharmaceutiques ; traitement de surface ; traitement des métaux ; traitement, élimination ou stockage de déchets (dangereux ou non dangereux) ; textiles.

Afin d'apprécier dans quelle mesure les rejets industriels contribuent à l'émission de PFAS dans l'environnement, les industriels concernés devaient réaliser trois campagnes d'analyses PFAS de leurs rejets aqueux. Les 20 PFAS de la directive eau potable[88] devaient systématiquement être recherchés et l'estimation de la quantité total PFAS devait être réalisée par la méthode AOF. Tout autre composé PFAS mentionné dans la liste établie par l'exploitant d'une installation, y compris les substances PFAS utilisées, produites, traitées ou rejetées par son installation, ainsi que les substances PFAS produites par dégradation, doivent faire l'objet d'une surveillance supplémentaire. Une liste de 8 substances potentielles[89] est proposée pour le dépistage.

L'exploitation des résultats de cette campagne nationale permettra de définir les modalités d'une surveillance nationale des PFAS dans les rejets aqueux industriels.

L'arrêté ministériel français[90] d'octobre 2024 concerne l'analyse des PFAS dans les émissions atmosphériques des installations d'incinération, de co-incinération et d'autres traitements thermiques des déchets. La campagne de surveillance se déroulera de 2025 à 2028. Elle prévoit la caractérisation des rejets pour les composés semi-volatils listés dans la norme XPX 43-126.

4.4 Suède

Les PFAS sont contrôlés dans le cadre du programme national de surveillance suédois (non associé aux installations industrielles). Dans le cadre de la surveillance nationale (en cours) et des campagnes de dépistage ciblant des secteurs et/ou des matrices environnementales spécifiques, les PFAS spécifiques surveillés varient selon les matrices et les objectifs. L'analyse ciblée est aujourd'hui souvent réalisée en combinaison avec des analyses du fluor total, grâce à des méthodes indiciaires. Il est recommandé à l'industrie et aux autres acteurs commerciaux, aux agences chargées de l'application de la législation et aux hôtes des programmes de surveillance nationaux de faire appel à des laboratoires d'analyse accrédités qui utilisent des outils d'analyse de pointe et dont plusieurs sont des acteurs commerciaux.

4.5 Suisse

Une campagne de mesure dans les stations de traitement des eaux usées[91] est en cours (2023-2025) au niveau national suisse. Les flux entrants, les flux sortants et les boues digérées sont analysés pour une série de PFAS individuels et pour le fluor organique total.

En outre, des campagnes de mesure individuelles des émissions atmosphériques de PFAS ont été réalisées ou sont en cours, principalement dans les cimenteries et les usines d'incinération des déchets.

4.6 Canada

Le ministère canadien de l'Environnement et du Changement climatique (ECCC) effectue une surveillance à l'échelle nationale pour comprendre les tendances de la présence des PFAS dans l'environnement canadien. Cette surveillance n'est pas axée sur l'industrie et est résumée dans le rapport provisoire actualisé sur l'état des PFAS, accessible au public[92]. Elle concerne des sites contaminés fédéraux situés sur des terrains appartenant au gouvernement fédéral ou loués par lui, ou des terrains pour lesquels le gouvernement fédéral a accepté la responsabilité de la contamination. L'inventaire des sites contaminés fédéraux fait état de plus de 23 000 sites contaminés présumés, actifs et fermés, dont plus de 100 sites présentant une contamination confirmée ou présumée par des PFAS[93].

---

[88] Il s'agit des composés suivants : PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoA, PFBS, PFHxS, PFOS, PFNS, PFDS, PFHpS, PFPeS, PFTrA, PFTrDS, PFDoDS, PFUnDS.

[89] Il s'agit des composés suivants : PFTeA, PFHxDA, PFODA, HFPO-DA (Gen X), DONA, C6O4, 6:2 FTOH, 8:2 FTOH.

[90] Arrêté relatif à l'analyse des substances per- et polyfluoroalkylées dans les émissions atmosphériques des installations d'incinération, de co-incinération et d'autres traitements thermiques de déchets, octobre 2024, France

[91] Présence de PFAS dans les stations d'épuration suisses, Institut fédéral pour l'aménagement, l'épuration et la protection des eaux - Eawag

[92] Ebauche de rapport sur l'état des PFAS, Mai 2023, Gouvernement du Canada

[93] Inventaire des sites contaminés fédéraux, Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada

Les sources les plus courantes de PFAS sur les sites contaminés fédéraux sont associées à l'utilisation de mousses anti-incendie de type AFFF (aqueous film forming foam) et comprennent des activités telles que la formation à la lutte contre les incendies et l'entretien de l'équipement de lutte contre les incendies. Le gouvernement du Canada continue de prendre des mesures dans le cadre du plan d'action pour les sites contaminés fédéraux[94] (FCSAP) afin de réduire les risques pour l'environnement et la santé humaine liés à ces sites.

4.7 Japon

Des campagnes de surveillance du PFOS et du PFOA dans les plans d'eau publics et les eaux souterraines sont menées en coopération avec les autorités locales. En 2022, des relevés ont été menés sur un total de 1 258 sites dans tout le pays ; les rapports[95] d'exploitation des résultats sont disponibles pour le public. Dans les cas où la valeur seuil provisoire a été dépassée, des conseils sur la prévention de l'exposition à l'eau potable sont donnés sur la base des lignes directrices.

[94] Plan d'action pour les sites contaminés, Gouvernement du Canada
[95] Rapport sur l'étude et la surveillance environnementales des produits chimiques, Japon

5 Recensement de VLE / NQE applicables aux PFAS

Les résultats de l'analyse comparative concernant les VLE et les NQE sont rassemblés dans un tableau présenté ci-dessous et joint au rapport, qui fournit une vue d'ensemble des données fournies dans le questionnaire et lors des entretiens ; les principaux résultats sont synthétisés pour les émissions dans l'eau et dans l'air.

5.1 Présentation du tableau

Le résultat de l'étude comparative est un tableau, fourni en format Excel via le lien ci-dessous :



ParangonnagePFAS
_Tableau VLE NQE_2

Les intitulés des colonnes du tableau sont :

- Pays,
- Composé : abréviation de la substance, nom complet et numéro CAS,
- Règlement : référence du texte réglementaire, avec lien et année d'application,
- VLE ou NQE, et statut des VLE/NQE : en vigueur, prévu, valeur indicative ou composé visé pour la surveillance,
- Milieux : eaux de surface, eaux souterraines, eaux usées ou air,
- Valeur avec son unité, ainsi que la période de calcul de la moyenne lorsqu'elle est disponible,
- Méthode analytique/norme, avec limite de quantification si disponible,
- Le type de résultat visé : composé individuel, somme de PFAS ou total PFAS,
- Objectif du contrôle : dépistage à grande échelle, contrôle de conformité ou contrôle opérationnel,
- Niveau d'application : national ou régional (avec le nom de la région ou du site, le cas échéant),
- Secteur industriel,
- Statut réglementaire du composé (interdit, restreint, etc.).

Un résumé des données recueillies est présenté dans les paragraphes suivants pour l'eau (en particulier, pour les deux principaux composés réglementés, le PFOS et le PFOA) et pour l'air.

5.2 Valeurs recensées dans l'eau

5.2.1 PFOS

Eau de surface

Dans la réglementation de l'UE, le PFOS est le seul composé PFAS pour lequel des NQE sont en vigueur dans les eaux de surface ; elles sont décrites dans la directive sur les normes de qualité environnementale (2008/105/CE) :

- NQE-MA (moyenne annuelle) Eaux de surface intérieures = 0,65 ng/l
- NQE-MA (moyenne annuelle) Autres eaux de surface = 0,13 ng/l
- NQE-CMA (concentration maximum acceptable) Eaux de surface intérieures = 36 000 ng/l
- NQE-CMA (concentration maximum acceptable) Autres eaux de surface = 7 200 ng/l
- NQE Biote = 9,1 µg/kg de poids humide

Aux Pays-Bas, sur la base de la limite sanitaire pour les PFAS fixée par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA), le RIVM a proposé en 2022 d'abaisser la NQE-MA dans les eaux de surface à 0,007 ng/l.

En Suède, une NQE de 90 ng/l est définie pour la somme massique de 11 composés, incluant le PFOS[96].

[96] En Suède, il s'agit des composés suivants : PFOS, PFOA, PFBS, PFHxS, 6:2 FTS, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFNA et PFDA.

En dehors de l'Europe, le Japon a prévu de fixer une NQE de 50 ng/l pour la somme du PFOS et du PFOA.

Au Canada, une valeur indicative de 6 800 ng/l a été fixée dans les lignes directrices fédérales sur la qualité de l'environnement.

Eaux souterraines

En Italie, au niveau national, des NQE sont en vigueur pour le PFOS dans les eaux souterraines, avec une valeur de 30 ng/l (décret du 6 juillet 2016).

Au Japon, une NQE de 50 ng/l pour la somme du PFOS et du PFOA a été prévue dans le 5ème rapport sur l'examen des normes environnementales relatives à la protection de la santé humaine contre la pollution de l'eau.

Au Canada, une valeur indicative de 600 ng/l a été fixée dans les lignes directrices sur la qualité des eaux souterraines pour la protection de l'environnement et de la santé humaine.

Eaux résiduaires

En ce qui concerne les VLE pour les eaux usées industrielles, aucune valeur européenne n'est disponible.

Dans la région du Piémont en Italie, une VLE pour les rejets dans les eaux superficielles est en vigueur avec une concentration de 0,65 ng/l (Legge regionale 19 ottobre 2021, n. 25. Article 74).

En Italie également, une VLE de 500 ng/l a été prévue dans le projet de loi national n°2392, mais n'a pas encore été adoptée.

L'article 4 de l'annexe 4.2.5.2 du titre II du VLAREM, en Belgique (Flandres), spécifie des VLE indicatives de 20 ng/l pour le PFOS (linéaire) et de 50 ng/l pour le PFOS total (formes linéaires et ramifiées).

5.2.2 PFOA

Eau de surface

En Italie, le décret législatif n°172 fixe des NQE nationales pour le PFOA dans les eaux de surface :

- NQE-MA Eaux de surface intérieures = 100 ng/l
- NQE-MA Autres eaux de surface = 20 ng/l

Aux Pays-Bas, une NQE actuelle de 48 ng/l a été fixée comme norme officielle par le ministère néerlandais, mais sur la base de la limite sanitaire pour les PFAS de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA), le RIVM a proposé en 2022 de l'abaisser à 0,3 ng/l.

En Suède, une NQE de 90 ng/l est définie pour la somme massique de 11 composés, incluant le PFOA[96].

En dehors de l'Europe, le Japon a prévu de fixer une NQE de 50 ng/l pour la somme du PFOS et du PFOA.

Eaux souterraines

En Italie, au niveau national, une NQE est en vigueur pour le PFOA dans les eaux souterraines avec une valeur de 500 ng/l (décret du 6 juillet 2016).

Au Japon, une NQE de 50 ng/l pour la somme du PFOS et du PFOA a été prévue dans le 5ème rapport sur l'examen des normes environnementales relatives à la protection de la santé humaine contre la pollution de l'eau.

Eaux résiduaires

Une VLE pour les rejets dans les eaux superficielles de 100 ng/l est en vigueur en Italie, dans la région du Piémont (Legge regionale 19 ottobre 2021, n. 25. Article 74).

Une VLE de 500 ng/l a été prévue dans le projet national italien de loi n°2392, mais n'a pas encore été adoptée.

L'article 4 de l'annexe 4.2.5.2 du titre II du VLAREM, en Belgique (Flandres), précise les VLE indicatives de 20 ng/l pour le PFOA (linéaire) et de 50 ng/l pour le PFOA total (formes linéaire et ramifiée).

5.2.3 Autres PFAS avec VLE/NQE (en vigueur et prévues)

Eaux de surface

En Italie, outre le PFOA, le décret législatif n° 172 fixe également des NQE-MA pour quatre autres composés PFAS :

- PFBA :
  - Eaux de surface intérieures = 7 000 ng/l
  - Autres eaux de surface = 1 400 ng/l
- PFPeA :
  - Eaux de surface intérieures = 3 000 ng/l
  - Autres eaux de surface = 600 ng/l
- PFBS :
  - Eaux de surface intérieures = 3 000 ng/l
  - Autres eaux de surface = 600 ng/l
- PFHxA :
  - Eaux de surface intérieures = 1 000 ng/l
  - Autres eaux de surface = 200 ng/l

Aux Pays-Bas, une NQE de 118 ng/l a été fixée pour le HFPO-DA (également appelé Gen X) par le ministère néerlandais. Sur la base de la limite sanitaire pour les PFAS de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA), le RIVM a proposé en 2022 de l'abaisser à 10 ng/l.

En Suède, une NQE de 90 ng/l est définie pour la somme massique de 11 composés[96].

Eaux souterraines

En Italie, au niveau national, des NQE sont en vigueur dans les eaux souterraines pour le PFPeA (3 000 ng/l), le PFBS (3 000 ng/l) et le PFHxA (1 000 ng/l) (décret du 6 juillet 2016).

En Suède, 24 PFAS sont prévus dans la réglementation sur les eaux souterraines (SGU-FS 2023:1), avec une NQE de 4,4 ng équivalent PFOA/l pour la somme de ces 24 PFAS. Cette valeur est basée sur la proposition de la Commission européenne de révision de la directive sur les eaux souterraines de 2022. Si elle aboutit à une réglementation sur les PFAS différente de celle proposée, les réglementations suédoises pourront être mises en cohérence. Il convient de noter que ce sont les autorités compétentes[97] en matière d'eau qui décident des valeurs seuils pour les eaux souterraines. Les valeurs seuils de la règlementation SGU-FS 2023:1 sont disponibles pour aider les autorités chargées de l'eau dans leur travail, mais les NQE sont décidées à une fréquence spécifique, généralement à la fin de chaque cycle de gestion de l'eau. Le cycle actuel s'étend de 2022 à 2027, et d'ici là, jusqu'à ce que les autorités chargées de l'eau décident de nouvelles valeurs seuils, c'est la somme des 11 PFAS (identiques à ceux de la NQE des eaux de surface) et la valeur actuelle de 90 ng/l qui constituent la base de la NQE "bon état chimique des eaux souterraines". La valeur de 90 ng/l est mentionnée dans les règlements des autorités de l'eau depuis 2021 comme valeur cible.

[97] Les réglementations du Service géologique suédois sur la cartographie, l'évaluation des risques et la classification de l'état des eaux souterraines, SGU-FS 2023:1 (ISSN 1653-7300)

Eaux résiduaires

En Italie, des VLE sont en vigueur dans la région du Piémont (Legge regionale 19 ottobre 2021, n. 25. Article 74) pour 14 composés ou groupes de composés[98]. Les VLE sont comprises entre 500 et 7 000 ng/l.

Outre le PFOS et le PFOA, des VLE individuelles de 500 ng/l ont été prévues dans le projet de loi national n°2392 pour 22 composés individuels[99]. Des VLE ont été prévues pour deux paramètres intégrateurs : PFAS totaux : 5 000 ng/l et Somme des PFAS : 1 000 ng/l, mais elles n'ont pas encore été adoptées.

Ce projet de loi vise des secteurs industriels spécifiques, notamment :

- Installations de production, de formulation, d'approvisionnement et d'utilisation de PFAS et de polymères fluorés, ainsi que les installations qui leur sont techniquement reliées ;
- installations de traitement des lixiviats de décharge ;
- installations effectuant des opérations de gestion des déchets […] dans lesquelles les composés PFAS visés […] sont présents dans les flux de déchets entrants ;
- les stations d'épuration exploitées par un organisme public pour lesquelles l'exploitant identifie, parmi les utilisateurs raccordés, des contributions de PFAS visées […].

Outre le PFOS et le PFOA, l'article 4 de l'annexe 4.2.5.2 du titre II du VLAREM, en Belgique (Flandres), précise des VLE indicatives de 20 ou 50 ng/l pour 40 composés individuels supplémentaires, dont 4 sous forme linéaire et formes linéaire et ramifiée (appelées « total »)[100].

5.3 Valeurs recensées dans l'air

Seuls deux pays ont communiqué des données sur les émissions atmosphériques.

Aux Pays-Bas, des VLE sont en vigueur pour trois composés énumérés à l'annexe III de la Besluit activiteiten leefomgeving, et présentés ci-dessous :

- PFOS : 0,05 mg/Nm^3
- PFOA : 1 mg/Nm^3
- HFPO-DA (Gen X) : 1 mg/Nm^3

En novembre 2024, 289 PFAS supplémentaires ont été inclus dans la liste nationale de substances très préoccupantes, non encore mentionnées à l'annexe III ; leur classe a été choisie en fonction de l'estimation de leur tension de vapeur. Les VLE, correspondant à deux classes, sont égales soit à 0,05 soit à 1 mg/Nm^3.

[98] Italie Piémont, il s'agit des composés ou groupes suivants : PFBA, PFPeA, PFHxA, PFBS, PFHpA, PFHxS, PFNA, PFDeA, PFUnDA, PFDoA, C6O4, ADV, autres PFAS (molécules avec des chaînes de 3 à 6 atomes de carbone, y compris les PFAS de nouvelle génération), autres PFAS (molécules avec des chaînes de 7 atomes de carbone ou plus, y compris les PFAS de nouvelle génération).

[99] En Italie, il s'agit des composés suivants : PFOS, PFOA, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoA, PFTrDA, PFBS, PFPeS, PFHxS, PFHpS, PFNS, PFDS, PFUnDS, PFDoDS, PFTrDS, HFPO-DA (Gen X), ADONA, 6:2 FTSA et C6O4.

[100] Il s'agit des composés suivants : PFOS, PFOS total, PFOA, PFOA total, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTeDA, PFHxDA, PFBS, PFPeS, PFHxS, PFHpS, PFNS, PFDS, 4:2 FTS, 8:2 FTS, PFOSA, MePFOSA, EtPFOSA, MePFOSAA, EtPFOSAA, 8 :2 dans la PAP, HFPO-DA, ADONA, PFECHS, PFBSA, MePFBSA, MePFBSAA, PFHxSA, PFTrDA, PFODA, PFDoDS, PFUnDS, PFTrDS, 10:2 FTSA, 6:2 dans la PAP, 6:2/8:2 dans la PAP, 6:2 FTSA, PFOSA total, MePFOSA total, EtPFOSA total, PFHxS total.

6 Substitution

La substitution est une solution préventive visant à limiter les émissions dans l'environnement ou à limiter l'exposition du public à la source. Dans le cas des PFAS, plusieurs initiatives sont en cours pour étudier les possibilités de substitution, soit par substance, soit par type d'utilisation. Ces études peuvent être motivées par des réglementations, par exemple la Convention de Stockholm ou le règlement REACH. Elles peuvent également découler d'une demande de la société civile ou de grandes orientations stratégiques telles que la stratégie chimique pour la durabilité[101], qui demande la production et l'utilisation de produits chimiques "sûrs et durables dès leur conception" et vise à "supprimer progressivement l'utilisation des PFAS dans l'UE, à moins que leur utilisation ne soit essentielle".

6.1 Convention de Stockholm

Dans le cadre de la convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, le processus comprend, avant l'inscription d'une substance chimique, une évaluation de la gestion des risques (annexe E) qui passe en revue les solutions de remplacement possibles. Ces documents sont disponibles pour chacun des PFAS répertoriés dans la convention (PFOS, PFOA, PFHxS) ainsi que pour les PFCA à longue chaîne[102].

Dans le cas particulier du PFOS, les solutions de remplacement des exemptions énumérées sont examinées périodiquement et le rapport est publié sur le site web de l'UNEP[103].

6.2 Règlement REACH

Dans le cadre du règlement REACH, les PFAS sont soumis à plusieurs restrictions (PFCA C9-C14, PFHxA, PFAS dans les mousses anti-incendie, voir ci-dessus).

En outre, le Danemark, l'Allemagne, les Pays-Bas, la Norvège et la Suède ont préparé et soumis à l'ECHA, le 13 janvier 2023, un dossier de restriction portant sur la restriction de tous les PFAS[104]. À ce jour, les comités scientifiques de l'ECHA pour l'évaluation des risques (RAC) et pour l'analyse socio-économique (SEAC) évaluent la proposition. L'objectif de cette restriction est de limiter toutes les utilisations de tous les PFAS, y compris les polymères, après un délai variable, en fonction de la disponibilité de solutions de remplacement. La logique est la suivante :

- Si des alternatives sont connues et faciles à mettre en œuvre pour une utilisation spécifique, la restriction s'applique dès que possible : une période de transition de 18 mois est systématiquement prévue pour la mise en œuvre, mais aucune période de transition supplémentaire n'est proposée.
- S'il n'y a pas d'alternative techniquement ou économiquement réalisable, mais que des alternatives possibles ont été identifiées et sont en phase de développement, le consortium de pays ayant soumis la restriction a proposé une période de transition supplémentaire de 5 ans (+ 18 mois).
- En l'absence totale d'alternative techniquement ou économiquement réalisable et pour les utilisations nécessitant une autorisation ou une certification, le consortium a proposé une période de transition supplémentaire de 12 ans (+18 mois).
- Pour quelques utilisations, le consortium a proposé une dérogation de durée illimitée.

Par conséquent, le dossier de restriction[104] est l'étude la plus complète à ce jour décrivant les utilisations des PFAS et les alternatives à leur utilisation. 261 applications dans 15 secteurs et 563 alternatives (représentant 210/261 applications) sont identifiées.

Ces secteurs (+ les mousses anti-incendie) sont énumérés dans le chapitre 6.4 ci-dessous.

---

[101] Stratégie sur les produits chimiques, Commission européenne

[102] Sauf une période de transition de 18 mois pour toutes les utilisations à compter de la date de validation de la restriction

[103] Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants, PFOS (pops.int)

[104] https://echa.europa.eu/fr/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/0b0236e18663449b. Voir le tableau 8 du dossier et les annexes A et E pour les utilisations et les alternatives.

6.3 Autres démarches

Outre les travaux réalisés dans le cadre de la restriction REACH, d'autres initiatives documentent l'existence d'alternatives aux PFAS. L'objectif de cette section n'est pas de dresser un inventaire exhaustif de ces initiatives, mais de les illustrer.

L'OCDE travaille avec les pays et les parties prenantes pour partager les meilleures pratiques et les connaissances sur la substitution. Les PFAS sont particulièrement étudiés, et la plateforme de l'OCDE "Gestion et réduction des risques et chimie durable"[105] fournit plusieurs études sur les solutions de remplacement de ces substances.

Le projet ZeroPM[106] financé par l'UE (présenté en Annexe 3) a également constitué une base de données sur les solutions de remplacement des PFAS[107]. L'un des principaux avantages de cette base de données (construite notamment à partir du dossier de restriction) est qu'elle fournit également des informations utiles pour la recherche future de solutions de remplacement. En particulier, les noms des composés PFAS, leurs fonctions chimiques dans chaque application et chaque secteur d'utilisation, ainsi que les noms de certaines alternatives y sont répertoriés.

L'organisation non gouvernementale (ONG) suédoise ChemSec développe plusieurs approches pour sensibiliser aux alternatives aux PFAS. Son MarketPlace[108] est un site web sur lequel les producteurs de solutions de remplacement sont invités à annoncer leurs solutions et, inversement, les entreprises à la recherche de solutions de remplacement peuvent naviguer sur le site.

Leur série de webinaires[109] "Beyond PFAS : The Safer Alternatives" fournit des informations sur les alternatives potentielles aux PFAS dans des applications spécifiques telles que les textiles techniques, les gaz fluorés ou les panneaux solaires.

Enfin, certains pays mettent en place des plateformes d'information sur la substitution, notamment la France *via* son portail substitution[110] ou le portail substances[111] dans lequel des fiches technico-économiques incluant des informations sur la substitution sont fournies, et l'Allemagne avec son portail de soutien à la substitution SubSportPlus[112].

6.4 Synthèse

Sur la base des informations présentées dans cette section, le Tableau 2 ci-dessous fournit un résumé non exhaustif des secteurs d'utilisation des PFAS, de la disponibilité des alternatives et fournit quelques références utiles pour explorer les possibilités de substitution au-delà de ce qui est déjà présent dans le dossier de restriction actuellement en cours d'examen par les comités d'experts de l'ECHA. Un développement plus détaillé de ce travail est disponible présenté dans un rapport de l'Ineris (2024)[113].

[105] Gestion des risques, réduction des risques et chimie durable, OCDE
[106] https://zeropm.eu/
[107] https://zeropm.eu/alternative-assessment-database/
[108] https://marketplace.chemsec.org/
[109] https://chemsec.org/knowledge/beyond-pfas/
[110] Substitution des substances chimiques, Ineris
[111] Portail des substances chimiques, Ineris
[112] https://www.subsportplus.eu/subsportplus/EN/Home/Home_node
[113] Ineris, 2024, " Etat des lieux des usages des PFAS et alternatives documentées ", réf : 209433-2799431

Tableau 2: Secteurs d'utilisation, disponibilité des alternatives et références sur la substitution des PFAS

Secteurs d'utilisation	Nombre d'app.	Disponibilité d'alternatives (Nombre d'applications)						Références utiles au-delà du dossier de restriction REACH
Gaz fluorés	29	12	4	1		9	3	Chemsec
Biocides	4		4					
TULAC[114]	20	15	3			2		RISE DTSC Ministère danois de l'environnement Chemsec
Dispositifs médicaux	20	3	4		4	9		
Fabrication de fluoropolymères	28				3	25		
Matériaux et emballages en contact avec les aliments	4	1	2		1			Département de l'écologie de l'État de Washington OCDE Action en faveur de la production propre Chemsec
Transport	27	12	4	1	4	6		
Produits de construction	17	8	1	2	1	5		L'agence danoise de protection de l'environnement
Électronique et semi-conducteurs	29	5	2		8	14		Chemsec
Lubrifiants	40	39	1					L'agence danoise de protection de l'environnement
Pétrole et mines	10	2	2	3		2	1	Agence norvégienne de l'environnement
Secteur de l'énergie	19	6	2	2	4	3	2	Chemsec
Métallisation et fabrication de produits métalliques	4	1		1		2		UBA
Cosmétiques								OCDE
Mélanges pour consommateurs	15	4	3			8		OCDE
Mousses anti-incendie	5	5						CE / ECHA

Note : Les chiffres (nombre d'applications) sont basés sur le travail de l'Ineris (2024). Code couleur sur la disponibilité des alternatives, vert foncé : des alternatives aux PFAS sont disponibles ; vert clair : selon différentes sources, certaines alternatives sont disponibles ou au stade de la recherche et du développement ; jaune : il y a un désaccord entre différentes sources sur la disponibilité des alternatives pertinentes ; orange : la disponibilité d'une alternative est incertaine ou encore au stade de la recherche et du développement ; rouge : Pas d'alternatives aux PFAS ; gris : Pas d'information sur la disponibilité des alternatives.

[114] Textiles, tissus d'ameublement, cuir, vêtements, tapis

7 Conclusion

L’étude comparative des VLE/NQE existantes sur les PFAS utilisés dans l'industrie, menée pour ce rapport, est principalement basée sur le retour d'information de six pays de l’UE et de cinq pays hors UE. L'état de l'art a été complété grâce aux avis des experts et au suivi des projets en cours concernant les PFAS.

En ce qui concerne les émissions atmosphériques, un seul pays (les Pays-Bas) a communiqué des VLE pour trois PFAS ; en novembre 2024, 289 PFAS supplémentaires ont été ajoutés à la liste nationale de substances très préoccupantes, avec des VLE. En ce qui concerne la surveillance, des méthodes commencent à être développées, et nécessiteront d’être harmonisées.

La réglementation est plus avancée pour les PFAS dans l'eau, même si de nombreuses discussions sont en cours sur la meilleure façon de réglementer (en termes de composés/paramètres), en relation avec le développement de méthodes de surveillance. Les eaux de rejets sont, jusqu'à présent, moins étudiées que les eaux souterraines et de surface.

En ce qui concerne les eaux de rejets, la Belgique (Flandres) a communiqué des VLE indicatives pour 42 composés individuels ; il n'y a pas de VLE nationale en vigueur, mais les VLE doivent être fixées au cas par cas dans le permis de chaque site industriel, et être mises à jour régulièrement. En Italie, un projet de loi est en cours d'élaboration depuis 2021 afin de fixer des VLE pour 24 composés individuels, pour la somme de ces composés individuels et également pour un paramètre "PFAS total", mais la promulgation de la loi n'est pas encore effective. Aux Etats-Unis, l'US-EPA signale que la VLE peut être fixée dans le permis, avec un exemple du Minnesota. On peut noter que les VLE individuelles du projet de loi italien sont de 500 ng/l alors que les VLE indicatives flamandes sont de 20 ou 50 ng/l selon les composés.

En ce qui concerne les eaux souterraines, en dehors de l'Europe, le Canada a communiqué une NQE indicative pour le PFOS et le Japon prévoit des valeurs pour le PFOS et le PFOA.

En Italie, des NQE sont en vigueur pour 5 composés individuels. En Suède, des valeurs indicatives sont proposées aux autorités responsables de l'eau pour 11 composés individuels, mais une nouvelle approche est en cours, basée sur les discussions actuelles concernant les eaux souterraines au niveau européen, c'est-à-dire pour 24 composés individuels exprimés en équivalent PFOA.

En ce qui concerne les eaux de surface, certains pays européens vont plus loin que la réglementation européenne actuelle, qui ne concerne que le PFOS. En Italie, au niveau national, des NQE sont en vigueur pour 5 composés individuels ; parallèlement, au niveau de la région du Piémont, des NQE sont en vigueur pour 14 composés individuels (dont le PFOS) et 2 groupes (appelés "autres PFAS" - molécules avec des chaînes de 3 à 6 atomes de carbone ou de 7 atomes de carbone ou plus, y compris les PFAS de nouvelle génération). Aux Pays-Bas, des NQE sont en vigueur pour 2 composés individuels supplémentaires et la Suède dispose d’une NQE portant sur la somme de 11 composés. On constate que les composés complémentaires visés par les pays sont différents selon les cas. Par ailleurs, on peut noter que la NQE en somme suédoise et la NQE individuelle néerlandaise en vigueur ont un ordre de grandeur de 100 ng/l, alors que les NQE individuelles italiennes sont comprises entre 1 000 et 7 000 ng/l pour les eaux intérieures. Ces valeurs peuvent être mises en perspective avec la proposition débattue actuellement dans le cadre de la révision de la DCE, qui est de 4,4 ng éq PFOA/l pour la somme de 24 composés.

Le Canada a fixé une valeur indicative pour le PFOS, bien plus élevée que la valeur européenne actuelle. Le Japon prévoit de fixer des NQE pour le PFOS et le PFOA.

Pour améliorer la protection de la population et des écosystèmes, le nombre de composés individuels réglementés ou surveillés augmente, mais l'"approche par substances" peut être remise en question en raison du nombre élevé de composés, de sous-produits et de produits de dégradation ; d'autres

paramètres tels que la "somme des PFAS" ou le "total des PFAS" commencent à apparaître dans la réglementation.

La « somme de PFAS » est en vigueur en Suède pour la NQE des eaux de surface et la NQE indicative des eaux souterraines (11 PFAS). Elle est prévue au niveau de l'UE dans le cadre de la DCE pour les NQE des eaux de surface et des eaux souterraines et également en Suède pour les eaux souterraines (dans les deux cas, ciblant 24 PFAS et leur FRR relatif à la toxicité du PFOA). En Italie, une VLE pour les eaux résiduaires est prévue pour une somme de 24 PFAS. Au Japon, les NQE des eaux de surface et des eaux souterraines est prévue pour une somme de 2 PFAS. En ce qui concerne le paramètre « Total PFAS », seule l'Italie l'envisage pour la VLE des eaux résiduaires.

Chaque approche a ses propres limites :

- L'énumération des composés individuels et le calcul d'une somme ne sont pertinents que si les composés adéquats ont été pris en compte de façon exhaustive ; dans le cas contraire, les seuils ne sont pas utiles pour protéger l'homme et l'environnement. En outre, la toxicité relative de chaque composé doit être prise en compte au moyen de facteurs de risque appropriés ; c'est pourquoi des discussions sont en cours au niveau de l'UE pour calculer un facteur de réponse basé sur un seul composé (généralement le PFOA).
  Pour la "somme des PFAS", le rendu des résultats doit également être défini avec précision afin d'obtenir des résultats comparables d'un site à l'autre ou d'évaluer la conformité aux VLE. Il est nécessaire de définir la manière de rapporter les concentrations inférieures à la LQ pour toutes les fractions échantillonnées (dissoutes/particulaires dans l'eau, gazeuses/particulaires dans les émissions atmosphériques) et pour les différents composés. L'harmonisation de la détermination des LQ est également importante.
- La fixation d'un seuil pour les "PFAS totaux" ne nécessite pas l'identification de la liste des composés potentiels, mais implique de pouvoir mesurer et interpréter ce paramètre. C'est pourquoi de nombreuses études sont en cours pour développer des méthodes indiciaires, telles que l'AOF, l'EOF ou l'analyse TOP. Pour l'instant, la pertinence de ces méthodes n'est pas prouvée et elles ne sont ni harmonisées ni standardisées.

Au niveau de l'UE, les discussions actuelles sur les dispositions relatives aux seuils pour les PFAS dans la directive sur l'eau potable, la directive sur les eaux souterraines et la directive fixant les normes de qualité environnementale devraient garantir une approche cohérente entre les normes et la surveillance, principalement pour les PFAS totaux. De plus, les décisions qui seront prises au titre de la directive-cadre sur l'eau en vue d'établir des NQE seront fondamentales pour l'établissement harmonisé des VLE. Par ailleurs, dans le cadre du processus de Séville, les MTD relatives aux PFAS ont été introduites dans les BREF récemment révisés, mais sans aucun niveau d'émission associé (NEA-MTD). Il est possible que des NEA-MTD soient établis lors des futures révisions de BREF.

L'évolution constante des méthodes de surveillance des PFAS (en particulier celles mises au point dans le cadre de projets ou de partenariats tels que Promisces et Parc) et des campagnes de mesure des PFAS (comme cela a été fait ou est en cours dans plusieurs pays) permettra de mieux comprendre les niveaux des émissions et de fixer de nouveaux seuils ultérieurement.

Certains projets en cours suggèrent également d'approfondir l'évaluation des risques à partir de groupes de PFAS présentant le même profil de risque, en exploitant les informations sur l'exposition, le danger et l'utilisation de nouvelles méthodes de modélisation de l'évaluation des risques (Promisces et Parc).

En ce qui concerne la substitution, les initiatives réglementaires en cours conduisent à un inventaire de plus en plus important de possibilités de substitution. Et ce travail suggère que :

- la substitution risque d'être compliquée dans certains secteurs, et nécessitera d'importants efforts de R&D (secteur médical, transition énergétique),
- des possibilités de substitution existent pour un grand nombre d'applications.

8 Liste des abréviations

Abréviation	Nom	Référence
AEE	Agence européenne pour l'environnement	eea.europa.eu
AFNOR	Agence française de normalisation	
AOF	Fluor organique adsorbable	
ASTM	Société américaine pour les essais et les matériaux	astm.org
ARPAE	Agence régionale pour la prévention, l'environnement et l'énergie de l'Émilie-Romagne	
BREF	Document de référence sur les MTD (Best Available Techniques Reference Documents, en anglais)	eippcb.jrc.ec.europa.eu
CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement	
CCR	Centre Commun de Recherche (UE)	
CEPA	Loi canadienne sur la protection de l'environnement	
RCQE	Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement	
CEN	Comité européen de normalisation	
CIL	Comparaison inter-laboratoires	
CLP	Classification, étiquetage et emballage des produits chimiques	echa.europa.eu/legislation
CMR	Cancérogène, mutagène et toxique pour la reproduction	
COP	Conférence des parties	
COT	Carbone organique total	
DCE	Directive Cadre sur l'Eau (UE)	environment.ec.europa.eu/topics/water/water-framework-directive_fr
DIN	Institut allemand de normalisation (Deutsches Institut für Normung)	
DNQE	Directive sur les Normes de Qualité Environnementale (UE)	
DWD	Directive sur l'eau potable (Drinking Water Directive en anglais) (UE)	
ECCC	Ministère Canadien de l'Environnement et du Changement Climatique	canada.ca/fr/environnement-changement-climatique.html
ECHA	Agence européenne des produits chimiques	echa.europa.eu
EDC	Perturbateurs endocriniens	
EFSA	Autorité européenne de sécurité des aliments	efsa.europa.eu
ELGs	Lignes directrices relatives aux limites des effluents (Effluent Limit Guidelines en anglais) (Etats-Unis)	
EMC	Centre de mesure des émissions atmosphériques de l'US EPA	

EMN PolMo	Réseau européen de métrologie pour la surveillance de la pollution (European Metrology Network for Pollution Monitoring, en anglais)	euramet.org/european-metrology-networks/pollution-monitoring/
EPA	Agence pour la protection de l'environnement (Environmental Protection Agency en anglais)	
EQSD	Directive sur les normes de qualité environnementale (UE)	
EURAMET	Association européenne des instituts nationaux de métrologie	
FAQ	Foire aux questions	
FRR	Facteur de Réponse Relative	
GC/MS	Chromatographie en phase gazeuse / Spectrométrie de masse	
GWD	Directive sur les eaux souterraines (Groundwater directive en anglais) (UE)	environnement.ec.europa.eu/topics/water/groundwater
IED	Directive sur les émissions industrielles	
iPM(T)s	Produits chimiques industriels mobiles, persistants et potentiellement toxiques	
ISO	Organisation internationale de normalisation	
KEMI	Agence suédoise des produits chimiques (Kemikalieinspektionen)	
LC-MS/MS	Chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem	
LD	Limite de détection de la méthode	
LQ	Limite de quantification	
MES	Matières en suspension	
MRM	Suivi de réactions multiples	
MTD	Meilleure technique disponible	
NPDES	Système national d'élimination des rejets polluants (National Pollution Discharge Elimination System en anglais) (États-Unis)	
NQE	Norme de qualité environnementale	
NQE-CMA	Norme de qualité environnementale – Concentration moyenne admissible	
NQE-MA	Norme de qualité environnementale - Moyenne annuelle	
NTS	Criblage non ciblé (Non-target screening, en anglais)	
OAQPS	Bureau de la planification et des norms de qualité de l'air (Office of Air Quality Planning and Standards, en anglais) (US)	
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques	
ORD	Office de la recherche et du développement (Etats-Unis))	

OTM	Autres méthodes d'essai (Other Test Methods, en anglais) (Etats-Unis)	
PARC	Partenariat pour l'évaluation des risques liés aux produits chimiques	Eu-parc.eu
PBT	Persistant, bioaccumulable et toxique	
PFAA	Acides perfluoroalcylés	
PFAS	Substances per- et polyfluoroalkyles	
PFBA	Acide perfluorobutanoïque	CAS 375-22-4
PFBS	Acide perfluorobutane sulfonique	CAS 375-73-5
PFCA	Acides carboxyliques perfluoroalkyles	
PFDA	Acide perfluorodécanoïque	CAS 335-76-2
PFDS	Acide perfluorodécane sulfonique	CAS 335-77-3
PFDoA	Acide perfluorododécanoïque	CAS 307-55-1
PFDoDS	Acide perfluorododécanesulfonique	CAS 79780-39-5
PFHpA	Acide perfluoroheptanoïque	CAS 375-85-9
PFHpS	Acide perfluoroheptane sulfonique	CAS 375-92-8
PFHxA	Acide perfluorohexanoïque	CAS 307-24-4
PFHxS	Acide perfluorohexane sulfonique	CAS 355-46-4
PFNA	Acide perfluorononanoïque	CAS 375-95-1
PFNS	Acide perfluorononane sulfonique	CAS 68259-12-1
PFOA	Acide perfluorooctanoïque	CAS 335-67-1
PFOS	Acide perfluorooctane sulfonique	CAS 1763-23-1
PFPeA	Acide perfluoropentanoïque	CAS 2706-90-3
PFPeS	Acide sulfonique perfluoropentanoïque	CAS 2706-91-4
PFSA	Acides sulfoniques de perfluoroalcanes	
PFTrDA	Acide pentacosafluorotridécanoïque	CAS 72629-94-8
PFTrDS	Acide perfluorotridécanesulfonique	CAS 791563-89-8
PFUnDA	Acide perfluoroundécanoïque	CAS 2058-94-8
PFUnDS	Acide perfluoroundécane sulfonique	CAS 749786-16-1
PNUE	Programme des Nations unies pour l'environnement	unep.org
POP	Polluants organiques persistants	
PRTR	Registre des rejets et transferts de polluants	
PTFE	Polytétrafluoroéthylène	
QRL	Limite de déclaration quantitative	
RAC	Comité d'évaluation des risques (UE)	
RCQE	Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement	
REACH	Enregistrement, évaluation, autorisation et restriction des produits chimiques (UE)	echa.europa.eu/legislation

REX	Retour d'expérience	
RFQE	Recommandations fédérales sur la qualité de l'environnement (Canada)	
RIVM	Institut national néerlandais de la santé publique et de l'environnement (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu en néerlandais)	rivm.nl/
SEAC	Comité d'analyse socio-économique (UE)	
SNPA	Système national italien de protection de l'environnement	
SPE	Extraction en phase solide (Solid-phase extraction, en anglais)	
SVHC	Substances extrêmement préoccupantes (Substances of Very High Concern en anglais)	
TBELs	Limitations des effluents fondées sur la technologie (Technology-based Effluents Limitations en anglais) (États-Unis)	
TOP	Dosage des précurseurs oxydables totaux (Total Oxidizable Precursor assay, en anglais)	
TRI	Inventaire américain des rejets toxiques	
TULAC	Textiles, tissus d'ameublement, cuir, vêtements, tapis	
TXT	Textile	
UE	Union Européenne	
US EPA	Agence américaine pour la protection de l'environnement	
VITO	Institut flamand pour la recherche technologique (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek)	vito.be/fr
VLAREM	Règlement flamand sur le permis environnemental (Vlaams Reglement betreffende de Milieuvergunning)	
VLE	Valeur Limite d'Emission	
VMM	Agence flamande de l'environnement	fr.vmm.be
vPvB	Très persistant et très bioaccumulable (very persistent and very bioaccumulable en anglais)	
WQBELs	Limitation des effluents basée sur la qualité de l'eau (Water quality-based Effluents Limitation en anglais) (États-Unis)	
WT	Traitement des déchets (Waste Treatment en anglais)	
ZZS	Substances nationales très préoccupantes (en néerlandais : Zeer Zorgwekkende Stoffen)	

9 Références

Tous les textes réglementaires et les fiches d'information sont repris dans les notes de bas de page directement dans le rapport.

Les références ci-dessous ne concernent que des rapports ou des lignes directrices, et la norme OTM.

Durlin, C., Huynh, N., Raventos, C., Boucard, P., Andrès, S. (2024). *Experiences with control of PFAS in industries of the world: threshold settings, emission monitoring methods and campaigns* (Eionet Report – ETC HE 2024/14). ISBN 978-82-93970-57-6. European Topic Centre on Human Health and the Environment.

Commission européenne, août 2024, *Directives techniques concernant les méthodes d'analyse pour la surveillance des substances per- et polyfluoroalkyles (PFAS) dans les eaux destinées à la consommation humaine* (C/2024/4910), C/2024/5414, Union européenne

ARCHE Consulting, mars 2023, *Recherche exploratoire sur la distribution des PFAS en Flandre. Eaux usées, eaux de surface, fond de l'eau, biote et eaux souterraines*, D/2023/3241/110, Oriënterend onderzoek naar verspreiding van PFAS in Vlaanderen. Afvalwater, oppervlaktewater, waterbodem, biota & grondwater

ISPRA et SNPA, décembre 2018, *Lignes directrices pour la conception de réseaux de surveillance des PFAS dans les masses d'eau de surface et souterraines n 305/2019*, ISBN 978-88-448-0950-8, Indirizzi per la progettazione delle reti di monitoraggio delle sostanze perfluoroalchiliche nei corpi idrici superficiali e sotterranei.

RIVM, septembre 2022, *Limites de risque pour les PFAS dans les eaux de surface. Traduction de la valeur limite de l'EFSA basée sur la santé en concentrations dans l'eau*, DOI 10.21945/RIVM-2022-0074 Risicogrenzen voor PFAS in oppervlaktewater. Doorvertaling van de gezondheidskundige grenswaarde van EFSA naar concentraties in water.

Plan d'action interministériel français sur les PFAS, avril 2024 Plan interministériel sur les PFAS

KEMI, mars 2022, *Aperçu des connaissances sur les PFAS*, Numéro d'article : 511 440, PM-3-22-Overview-of-knowledge-on-PFAS

Miljösamverkan Sverige, janvier 2022, PFAS dans les décharges, PFAS in landfills, Administrator support with focus on PFAS in leachate

IVL Swedish Environmental Research Institute, septembre 2021, *PFAS dans les déchets résiduels des usines d'incinération suédoises,* ISBN 978-91-7883-299-6 PFAS in waste residuals from Swedish incineration plants, 2021, IVL Swedish Environmental Research Institute

Environmental Science & Technology, juin 2023, *Émission de substances per- et polyfluoroalkyles par une usine de valorisation énergétique des déchets - Occurrence dans les cendres, les eaux de traitement et première observation dans les gaz de combustion*, Vol57/Issue27/Article, Emission of Per- and Polyfluoroalkyl Substances from a Waste-to-Energy Plant—Occurrence in Ashes, Treated Process Water, and First Observation in Flue Gas.

Environnement et changement climatique Canada, mai 2023, *Ebauche de rapport sur l'état des substances perfluoroalkyles et polyfluoroalkyles (PFAS)*, Ebauche de rapport sur l'état des PFAS

US EPA, octobre 2021, *Feuille de route stratégique sur les PFAS : Les engagements de l'EPA pour l'action 2021-2024*, EPA-100-K-21-002, PFAS Strategic Roadmap: EPA's Commitments to Action 2021-2024

US EPA, janvier 2023, *Programme de lignes directrices sur les effluents Plan 15 en 2023*, EPA-HQ-OW-2021-0547 Current Effluent Guidelines Program Plan

US EPA, Air Emission Measurement Center, janvier 2024, *OTM-45 Mesure de certaines substances alkylées perfluorées et polyfluorées provenant de sources fixes*, OTM-45

US EPA, Air Emission Measurement Center, *OTM-50 Échantillonnage et analyse des composés fluorés volatils provenant de sources stationnaires à l'aide de bidons en acier inoxydable passivé,* OTM-50

US EPA, Office of water, janvier 2024, *Method 1621 Determination of Adsorbable Organic Fluorine (AOF) in Aqueous Matrices by Combustion Ion Chromatography (CIC)*, Method 1621

Babatoundé I.T. Idjaton, Anne Togola, Jean Philippe Ghestem, Laura Kastler, Sébastien Bristeau, Mariska Ronteltap, Stéfan Colombano, Nicolas Devau, Julie Lions, Eric D. van Hullebusch, *Determination of organic fluorinated compounds content in complex samples through combustion ion chromatography methods: a way to define a "Total Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS)" parameter?*, Science of The Total Environment, Volume 932, 2024, 172589, ISSN 0048-9697, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172589.

Yitong Pan, Damian E. Helbling, *Revealing the factors resulting in incomplete recovery of perfluoroalkyl acids (PFAAs) when implementing the adsorbable and extractable organic fluorine methods*, Water Research, Volume 244, 2023, ISSN 0043-1354, https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120497.

PARC, mars 2024, *Les incohérences de l'évaluation des risques réglementaires de l'UE concernant les PFAS appellent un réajustement*, Environment International 186 (2024) 108614, Inconsistencies in the EU regulatory risk assessment of PFAS call for readjustment.

10 Annexes

Liste des annexes :

- Annexe 1 : Contacts
- Annexe 2 : Questionnaire
- Annexe 3 : Autres projets

Annexe 1 Contacts

Pays	Organisation	Participants		Réponse
		Nom	Poste	
Belgique (Flandres)	Gouvernement flamand Département de l'environnement	Annelies Baert Tom Boonen	Conseillers en politique environnementale	Questionnaire rempli et renvoyé le 14/06/2024 Appel 08/07/2024
	Agence flamande pour la protection de l'environnement (VMM)	Lut Hoebeke		
	VITO	Sander Vander Aa Jelle Hofman	Chercheur Chercheur en R&D	
Canada	ECCC, Gouvernement du Canada	Anne Monette	Gestionnaire	Questionnaire rempli et renvoyé le 13/06/2024
France	INERIS	Hélène Partaix	Ingénieur R&D	En tant que soutien technique au ministère de l'environnement
Italie	Arpae Emilia-Romagna	Adele Lo Monaco	Chef du service de l'adressage technique et des rapports environnementaux	Email du 13/05/2024 et du 04/06/2024 Autres contacts potentiels : • ARPA Veneto : Directeur général : ing. Loris Tomiato • ARPA Piemonte : Directeur général : ing. Secondo Barbero • ISPRA : Directeur général : dr.ssa Maria Siclari Directeur du département de l'évaluation, des contrôles et de la durabilité environnementale : ing. Valeria Frittelloni • Ministère de l'environnement : Direzione generale uso sostenibile del suolo e delle risorse idriche (USSRI) Directeur général : Dott. Giuseppe Lo Presti
	Irsa (Institut de recherche sur l'eau)	Stefano Polesello Sara Valsecchi	Chercheur Chercheur	
	ARPA Piemonte (Agence régionale pour la protection de l'environnement du Piémont)	Francesca Vietti	Responsable des opérations de production	

Pays	Organisation	Participants		Réponse
		Nom	Poste	
Japon	Département de la santé environnementale, ministère de l'environnement	Wakana Matsunami Koki Takaki	Division de la sécurité chimique	Questionnaire rempli et renvoyé le 16/05/2024 Appel le 13/05/2024
Corée	Institut national de sécurité chimique (NICS)	Sun Kyung Park Ph. D.	Directeur adjoint Division de la prévention et de l'examen des accidents	Questionnaire rempli et renvoyé le 25/07/2024
Pays-Bas	RIVM (Institut national de la santé publique et de l'environnement)	Els Smit	Conseiller scientifique principal	Questionnaire rempli et renvoyé le 04/07/2024
Espagne	Ministère de la transition écologique et du défi démographique	Olga Fraile Paredes	Chef du secteur de la durabilité industrielle (SGALSI)	Courriel du 17/04/2024
Suède	Agence suédoise pour la protection de l'environnement Unité Déchets et produits chimiques	Markus Klar	Agent administratif des produits chimiques	Courriel du 11/09/2024
Suisse	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication Office fédéral de l'environnement Division de la lutte contre la pollution de l'air et des produits chimiques	Simon Liechti	Chef de division	Questionnaire rempli et renvoyé le 24/09/2024

Pays	Organisation	Participants		Réponse
		Nom	Poste	
États-Unis d’Amérique	Agence américaine pour la protection de l'environnement Bureau de la prévention de la pollution et des substances toxiques Direction de la réglementation et de la politique en matière d'IRT	Stephanie Griffin		Questionnaire rempli et renvoyé le 23/09/2024

Annexe 2 Questionnaire

Questions on PFAS ELVs/EQS

- Country:
- Organization:
- Participants:

Questions:

1/ ELVs

- Are there any discussions underway to set ELVs for industry? If so, same questions as for existing ELVs.

- Does it exist national provisions to set ELV's in atmospheric and/or water emissions?
  - If so, what are the industrial sectors concerned?
  - If so, in which national(s) text(s)?
  - Provide the link to access texts:
  - Are ELVs set (also) at local level/in permit? Can you share some examples?
  - For which compound(s) are/is ELVs set? What is the associated averaging period?
  - Could you provide an existing synthesis of ELVs at national level?
  - Are ELVs for sum or total PFAS set?
  - Does it exist ELV for integrative parameters such as AOF (Adsorbable Organic Fluorine) or EOF (Extractable Organic Fluorine)?
  - What is the purpose of monitoring?

2/ EQS

- Are there any discussions underway to set environmental quality standards (EQS)?

- Does it exist national provisions to set EQS in water emissions?
  - If so, in which national(s) text(s)?
  - Provide the link to access texts.
  - Are EQS set (also) at local level/in permit? Can you share some examples?
  - For which compound(s) are/is EQS set? Are there any EQS for sum or total PFAS? Could you provide an existing synthesis of EQS at national level?

3/ Monitoring

- What are the analytical method/standard used or required? Are the methods associated to individual compounds or is it an integrative method?
- What are the associated LoQ?
- What is the purpose of monitoring?
- What is the availability of laboratories capable of carrying out the measurements?

4/ Measurement campaigns

- Are there any measurement campaigns underway or planned? At national and/or site level?
- If so, for which industrial sectors? How were they chosen?
- What are the compounds targeted? Or the integrative parameters?
- What are the measurements methods applied?
- What are the expected outputs?
- Do you know what are the ranges of costs associated with the different monitoring technics?

5/ Reporting

- Are the measurement results reported at national level? If yes, is it public data and the link to the database can it be provided?
- For other PRTRs: How fast is it the addition of new compounds in the PRTR since they are proposed? Who proposes it? What is the process to add them to the list?

6/ Status of the compounds (Outside EU)

- What is the regulatory status of PFAS compounds that have ELVs/EQS (banned/restricted…)?

Annexe 3 Autres projets

Plusieurs projets et partenariats européens en cours traitent de la gestion et de l'évaluation des produits chimiques, en particulier des PFAS. Certains d'entre eux sont présentés ci-dessous, avec des objectifs globaux et des exemples d'actions. Pour plus d'informations, des données et des contacts sont disponibles sur les sites web indiqués.

Promisces

Promisces (https://promisces.eu/)

Le projet PROMISCES est financé par l'Union européenne dans le cadre du programme-cadre Horizon 2020 pour soutenir le Green Deal européen. Il se déroule de novembre 2021 à avril 2025.

PROMISCES signifie “Preventing Recalcitrant Organic Mobile Industrial chemicalS for Circular Economy in the Soil-sediment-water system”.

PROMISCES vise à accroître la circularité des ressources en surmontant les obstacles liés à la présence de substances per- et poly-fluoroalkyles (PFAS) et de produits chimiques industriels mobiles, persistants et potentiellement toxiques dans le système sol-sédiment-eau. Les principaux objectifs, ainsi que les progrès réalisés, sont présentés ci-dessous :

- Améliorer la capacité de détection et de surveillance des PFAS
  Dix méthodes ciblées pour une variété de matrices (eau potable, eau de surface et eau souterraine) ont été développées ; un ensemble final de 57 PFAS peut être analysé. Les travaux en cours comprennent le développement d'approches globales pour les PFAS, telles que les méthodes AOF et TOP Assay.
- Améliorer la prévisibilité de la persistance et de la mobilité des PFAS en développant des modèles in silico spécifiques aux propriétés uniques des PFAS.
- Fournir des solutions de gestion des risques :
  PROMISCES développe et démontre des technologies efficaces et durables pour remédier aux PFAS dans une variété de matrices (sols, sédiments et eau).
- Une base de données répertoriant 492 substances a été élaborée, afin de permettre l'établissement de groupes de composés PFAS présentant des propriétés similaires, ce qui facilitera leur réglementation.
  Une note d'information a été publiée sur les stratégies de prise de décision et de gestion concernant les PFAS.

ZeroPM

ZeroPM (https://zeropm.eu/)

ZeroPM est un projet de recherche financé par le programme de financement de la recherche et de l'innovation de l'UE, Horizon 2020. ZeroPM permettra de concrétiser l'ambition du Green Deal de l'UE de parvenir à une pollution zéro par les substances persistantes et mobiles.

La relation complexe entre la nécessité des approches de prévention, de hiérarchisation et d'élimination pour réduire la pollution par les substances persistantes et mobiles sera abordée par l'établissement d'un cadre multi-niveaux fondé sur des données probantes.

ZeroPM comporte 8 groupes de travail centraux, qui sont tous interconnectés. Le groupe de travail 1 surveillera et sera en contact avec tous ces groupes de travail, comme indiqué ci-dessous :

- WP1 Gestion du projet
-
- WP2 Évaluation des alternatives
- WP3 Politique
- WP4 Transition du marché
- WP5 Groupement de substances
- WP6 Évaluation des risques
- WP7 Solutions techniques
- WP8 Diffusion et communication

Des informations sont disponibles sur le site web dédié.

PARC

Partenariat pour l'évaluation des risques liés aux produits chimiques (eu-parc.eu)

Le Partenariat pour l'évaluation des risques liés aux produits chimiques (PARC) vise à développer une nouvelle génération d'évaluation des risques chimiques afin de protéger la santé humaine et l'environnement. Il soutient la stratégie de l'Union européenne sur les produits chimiques pour le développement durable et l'ambition "zéro pollution" du Green Deal européen grâce à de nouvelles données, connaissances, méthodes et outils, à l'expertise et aux réseaux.

Il y a quatre domaines thématiques :

- Évaluation des risques
- Outils et ressources
- Renforcer les capacités
- De la science à la politique

En ce qui concerne les PFAS, certaines actions sont ancrées dans le Work Package 4 "Surveillance de l'environnement et des sources multiples".

Deux actions sur les PFAS sont menées dans le cadre d'un projet pilote de trois ans qui a débuté en 2023 et se poursuivra jusqu'en 2025.

La première action vise à générer une base de référence pour les PFAS, qui peut être utilisée en relation avec :

- Évaluation des niveaux environnementaux causés par plusieurs décennies de production et d'utilisation de ces produits chimiques ;
- Suivi de l'évolution des concentrations de PFAS dans l'environnement à la suite de mesures politiques ;
- Identifier les zones sensibles, c'est-à-dire les endroits où les concentrations sont significativement plus élevées que les valeurs de référence.

Il a été décidé de fonder l'étude sur les données existantes provenant de campagnes de surveillance nationales ou régionales et de la littérature. De nouvelles campagnes d'échantillonnage ne sont pas incluses dans cette approche de base mais peuvent être envisagées pour des projets futurs si des lacunes importantes en matière de données sont identifiées.

La deuxième action consiste en 18 études de cas visant à mieux comprendre le devenir et les voies de passage des PFAS depuis les sources jusqu'aux receveurs en milieu aquatique. Ces études comblent une lacune importante concernant le rôle des précurseurs. Dans ce contexte, de nouveaux programmes de surveillance pour l'ensemble de la famille des PFAS sont appliqués, y compris des analyses non ciblées et des méthodes spécifiques (par exemple, les essais TOP) pour soutenir l'évaluation des risques conformément aux cadres réglementaires de l'UE tels que la directive-cadre sur l'eau, la directive sur l'eau potable et la proposition de restriction des PFAS de l'ECHA.

Plus de détails sur ces actions sont disponibles dans le livrable AD4.5 du programme PARC[115] "Spécifications techniques de l'étude : Conception du projet, hypothèses et questions de recherche ainsi que procédures analytiques, y compris l'AQ/CQ et les flux de données" (publié en novembre 2023).

Dans le Work Package 5, les actions se concentrent sur l'évaluation des risques et le développement de modèles. Les objectifs des WP 4 et 5 sont de fournir suffisamment de données pour l'évaluation des risques (Work Package 6).

[115] PARC, AD4.5, Spécifications techniques de l'étude

Toutes les publications scientifiques[116] ou les produits livrables sont disponibles sur le site web du PARC.

Un article scientifique à comité de lecture intitulé "Les incohérences de l'évaluation des risques réglementaires de l'UE concernant les PFAS appellent un réajustement"[117] a été publié par Reinikainen et al. en avril 2024 dans le cadre du projet PARC. Le résumé est reproduit ci-dessous :

"La reconnaissance des substances per- et polyfluoroalkyles (PFAS) en tant que polluants environnementaux largement répandus et en tant que risque pour la santé humaine a récemment amené l'Union européenne (UE) à adopter plusieurs mesures réglementaires pour leur gestion. La cohérence de ces mesures est mise à mal par la diversité et l'omniprésence des PFAS, ce qui complique également les efforts de l'UE pour promouvoir des approches justifiées, harmonisées et transparentes dans l'évaluation réglementaire des risques chimiques. Notre étude examine de manière critique l'approche européenne de l'évaluation des risques liés aux PFAS, en appliquant une analyse comparative des seuils réglementaires actuels et en cours de publication pour ces produits chimiques dans les masses d'eau, l'eau potable et certaines denrées alimentaires. Notre étude montre que le niveau de protection de la santé intégré dans les seuils étudiés peut différer de trois ordres de grandeur, même dans des conditions d'exposition similaires. Cela risque de brouiller la compréhension commune de la toxicité et des risques pour la santé des PFAS et de compromettre la prise de décisions raisonnables et le traitement équitable des différentes parties prenantes. Nous indiquons également qu'il n'existe actuellement aucun consensus sur le niveau approprié de protection de la santé requis en ce qui concerne les PFAS et que la valeur d'absorption tolérable récemment adoptée dans l'UE est trop prudente. Sur la base de notre analyse, nous proposons quelques solutions simples pour améliorer les réglementations étudiées et leurs seuils implicites pour les PFAS ou leur application. Nous concluons en outre qu'au lieu de fixer des seuils de PFAS à l'échelle de l'UE pour tous les compartiments environnementaux, le fait de donner aux États membres la possibilité de prendre en compte des facteurs spécifiques, tels que les concentrations de fond régionales ou les taux de consommation alimentaire, dans leurs procédures réglementaires nationales permettrait probablement une gestion plus durable des PFAS environnementaux sans compromettre le fondement scientifique de l'évaluation des risques, la légitimité du cadre politique de l'UE et la santé publique".

[116] Publications scientifiques | Parc (eu-parc.eu)

[117] Inconsistencies in the EU regulatory risk assessment of PFAS call for readjustment, Environment International, Avril 2024

Norman

norman-network.net

Norman est un réseau de laboratoires de référence, de centres de recherche et d'organisations connexes pour la surveillance des substances environnementales émergentes. Aujourd'hui, le réseau compte plus de 90 membres issus d'organisations de premier plan en Europe, en Amérique du Nord, en Asie et en Australie.

Le réseau NORMAN favorise l'échange d'informations sur les substances environnementales émergentes et encourage la validation et l'harmonisation de méthodes de mesure et d'outils de surveillance communs afin de mieux répondre aux exigences des évaluateurs et des gestionnaires de risques. Il cherche en particulier à promouvoir et à bénéficier des synergies entre les équipes de recherche de différents pays dans le domaine des substances émergentes.

NORMAN organise le développement et la maintenance de plusieurs bases de données en ligne pour la collecte et l'évaluation de données et d'informations sur les substances émergentes dans l'environnement. Les différents modules sont reliés par un identifiant unique et constituent le système de base de données NORMAN (https://www.norman-network.com/nds/).

La base de données principale est NORMAN SusDat[118], une "base de données vivante" compilant les informations fournies par les membres du réseau NORMAN et les contributeurs externes via l'initiative NORMAN-SLE (NORMAN Suspect List Exchange). NORMAN SusDat fusionne les nombreuses listes de produits chimiques du SLE dans un format commun et inclut toutes les données appropriées à des fins de criblage. Le site web NORMAN-SLE[119] comprend plus de 10 listes portant spécifiquement sur les PFAS, couvrant plus de 4 000 composés.

Le renforcement des capacités des laboratoires en Europe et dans le monde par l'organisation systématique et le lancement d'essais collaboratifs internationaux fait partie des activités régulières du réseau NORMAN. Plus de 20 essais collaboratifs ont été organisés par NORMAN depuis 2006 sur un large éventail de méthodes, y compris le dépistage non ciblé dans l'eau, les sédiments, les poussières intérieures et le biote, les essais biologiques in vitro et in vivo et l'échantillonnage passif.

Un essai d'aptitude concernant les PFAS conformément à la directive européenne sur l'eau potable (référence PT 7/22 TW S4) a été organisé en juillet 2022 par l'université de Stuttgart. Le rapport[120] est disponible.

Plusieurs échanges analytiques sur les PFAS ont été organisés. Par exemple, en 2021, un échange basé sur un questionnaire a été mené par l'Agence de l'environnement (Royaume-Uni) en collaboration avec d'autres agences et universités, afin d'identifier les PFAS sur lesquels les laboratoires se concentrent, les limites de détection actuelles dans diverses matrices, les techniques analytiques adoptées et les plans futurs pour mieux comprendre l'exposition environnementale aux PFAS. Une deuxième étude d'échange analytique a été organisée en 2022 sur la comparaison des méthodes d'essai TOP. Les résultats de ces études sont publiés sur le site web NORMAN https://www.norman-network.net/?q=interlab-studies ([121] publié en avril 2023 et[122] publié en février 2022).

Dans le groupe de travail sur l'échantillonnage passif, une étude d'intercomparaison sur l'échantillonnage passif et le dépistage non ciblé des PFAS a été lancée en 2024. La description est disponible dans le programme commun d'activités NORMAN 2024[123].

[118] Base de données NORMAN sur les substances (norman-network.com)
[119] Échange de listes de suspects NORMAN | NORMAN (norman-network.net)
[120] Norman, Rapport pour l'essai d'aptitude "PFAS selon la directive de l'UE sur l'eau potable".
[121] Norman, Rapport sur l'échange analytique des PFAS - Comparaison des méthodes d'analyse TOP, 2023
[122] Norman, Rapport sur l'échange analytique des PFAS, 2022
[123] Norman, Programme commun d'activités pour 2024

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