



GOUVERNEMENT

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Rapport au Parlement

Sur la pollution des eaux et des sols par les substances perfluoroalkyles et polyfluoroalkyles (PFAS) et sur les solutions applicables pour la dépollution des eaux et des sols contaminés par les PFAS.

Février 2023

NOR : TREP2302671X

Résumé

Les substances per- ou polyfluoroalkyles (PFAS) sont une large famille de plus de 4000 composés chimiques. Elles présentent de nombreuses propriétés (antiadhésives, imperméabilisantes, résistantes aux fortes chaleurs) qui ont encouragé leur fabrication puis leur utilisation par de multiples secteurs industriels depuis les années 1950. Les PFAS sont des molécules très persistantes, largement répandues dans l'environnement et représentent un enjeu de santé publique.

Ce rapport au Parlement présente l'état de la pollution des sols et des eaux par les PFAS, tel qu'il est connu à ce stade, ainsi que les solutions applicables pour la dépollution des compartiments environnementaux contaminés.

Concernant l'état de la pollution de l'eau, les analyses de PFAS dans les eaux de surface et souterraines des réseaux faites par les agences de l'eau sont stockées respectivement dans les banques de données NAIADES et ADES. Malgré un recul limité à 2017, ces bases permettent deux premiers constats : une contamination générale faible des eaux mais avec quelques « points noirs » et une contamination des nappes touchant principalement les nappes alluviales illustrant une origine essentiellement ponctuelle des PFAS via des rejets en rivières. Ces analyses ont également permis d'identifier les PFAS les plus fréquemment détectés (PFOS, PFOA, PFHxA, PFHxS, PFHpA, PFPeA, 6:2 FTS, ...).

Quant à la pollution d'autres matrices, les données sont plus rares : le PFOS et des fluorotélomères ont été détectés dans les sédiments, notamment au voisinage des aéroports ou de sites de lutte contre l'incendie. Des premières investigations ont montré la contamination au PFOS de poissons et de gammares dans les eaux françaises, même si des analyses complémentaires sont nécessaires pour consolider ces résultats. Des chiffres ont également montré que le sol est un milieu de rétention significatif de PFAS.

Face à ce constat, plusieurs solutions applicables pour la dépollution peuvent être évoquées. Malgré l'absence actuelle de normes de potabilisation de l'eau portant sur les PFAS, quelques unités de traitement existent déjà, mobilisant des techniques éprouvées mais leur efficacité se borne à piéger les PFAS dans une autre matrice, sans les détruire. D'autres techniques font actuellement l'objet de recherches. L'élimination des PFAS avant rejet dans le milieu aquatique apparaît très peu maîtrisée aujourd'hui. Les PFAS résistent aux traitements épuratoires classiques et les stations d'épuration dédiées aux PFAS sont très rares. Cette élimination relève de traitements tertiaires de même nature que ceux évoqués pour l'eau potable, avec les mêmes limites : il s'agit seulement d'un « piégeage » de PFAS en charbon actif ou concentrât et non d'une destruction.

La réhabilitation des sols pollués aux PFAS relève de la politique classique des sites et sols pollués, avec des techniques connues (isolement-couverture, confinement hydraulique, excavation et élimination, ...) et d'autres restant au stade de la recherche.

La seule méthode de destruction fiable des PFAS consiste en un traitement thermique. Les températures d'incinération nécessaires pour les détruire sont encore en débat entre scientifiques. Il convient donc de mener des études afin de vérifier que les incinérateurs d'ordures ménagères atteignent une température suffisante pour éviter d'être une source de contamination par voie atmosphérique.

Dans ce contexte, le ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires a mené en 2022 des travaux pour renforcer la protection des Français et de l'environnement contre les risques liés aux PFAS. Ces travaux ont abouti à la rédaction d'un plan d'actions ministériel sur les PFAS publié le 17 janvier 2023. Ce plan s'appuie sur six axes d'actions, ayant notamment pour objectifs la définition de normes réglementaires pour guider l'action publique, la réduction des émissions des industriels,

l'amélioration des connaissances sur ces substances et le soutien à leur restriction sur le marché européen.

Table des matières

Liste des abréviations	5
Introduction.....	6
1. La pollution des eaux et des sols par les substances per- et/ou polyfluoroalkylées	7
1.1. Rejets des stations d'épuration urbaines.....	8
1.2. Eaux souterraines	9
1.3. Eaux superficielles	14
1.4. Autres matrices : sédiments, sols, air.....	15
2. Solutions applicables pour la dépollution des eaux et des sols contaminés	17
2.1. Dépollution des eaux usées.....	17
2.2. Dépollution des sols	19
2.3. Élimination des PFAS	20
Conclusion	23

Liste des abréviations

ARS : Agence régionale de santé

BRGM : Bureau de recherches géologiques et minières

FQ : Fréquence de quantification

FD : Fréquence de détection

HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques

ICPE : Installations classées pour la protection de l'environnement

IGEDD : Inspection générale de l'environnement et du développement durable

LQ : Limite de quantification

MTECT : Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires

NQE : Norme de qualité environnementale

OFB : Office national de la biodiversité

PFAS : Substances per- et polyfluoroalkylées

STEU : Stations de traitement des eaux usées urbaines

Introduction

Les PFAS ou substances per- et/ou polyfluoroalkylées sont des molécules de synthèse caractérisées par une chaîne carbonée dont au moins un carbone est complètement substitué par des atomes de fluor. Ces substances sont fabriquées et utilisées pour leurs propriétés uniques recherchées : anti adhésion, imperméabilité et résistance à la chaleur.

La famille des PFAS compte plusieurs milliers de substances différentes, dont environ 800 sont exploitées depuis les années 1950 pour de multiples usages. Parmi les principaux secteurs industriels qui utilisent les PFAS, on peut citer le secteur aérospatial et la défense, l'automobile, l'aviation, le textile et l'habillement, la construction, les produits ménagers, l'électronique, la lutte contre les incendies, l'agroalimentaire et les articles médicaux.

Même s'il existe peu de données accessibles concernant les PFAS dans les bases de données d'environnement industriel, les émissions de ces polluants par certains sites industriels ont été identifiées, comme la plateforme industrielle de Pierre-Bénite.

La stabilité chimique des PFAS en fait des substances non dégradées dans l'environnement, persistantes, mobiles et bioaccumulables, parfois qualifiées de « polluants éternels ».

Leur toxicité est encore méconnue, mais des effets nocifs et toxiques sur le métabolisme humain ont été observés pour plusieurs PFAS et leur caractère cancérigène est suspecté. Plusieurs PFAS agissent, de plus, comme des perturbateurs endocriniens, augmentant le risque de troubles du développement neuronal et de problèmes d'obésité. Ils altèrent également la production de cytokines et l'activation des cellules immunitaires humaines. La principale voie de contamination humaine et animale est la consommation d'eau, puis d'aliments, ainsi que l'inhalation d'air et de poussières.

D'un point de vue réglementaire, la production, la mise sur le marché et l'utilisation du PFOS, du PFOA et du PFHxS sont interdits, sauf dérogation, ou restreints sous conditions par le règlement sur les Polluants organiques persistants, dit règlement « POP ». Au-delà, l'ECHA, agence européenne des produits chimiques, a proposé une restriction d'utilisation de l'ensemble des PFAS pour la production de mousses anti-incendie. Un projet de restriction REACH portant sur l'ensemble de la famille des PFAS visant un large domaine d'utilisation préparé conjointement par l'Allemagne, le Danemark, les Pays-Bas, la Suède et la Norvège, avec le soutien de la France, a été déposé auprès de l'Agence européenne des produits chimiques le 13 janvier 2023 et rendu public le 7 février 2023.

Le règlement « POP » limite également la présence des familles de substances PFOS, PFOA et PFHxS dans les déchets en fixant des seuils de contamination à partir desquels ces déchets doivent être éliminés de manière à ce que le PFOA, PFHxS et/ou PFOS qu'ils contiennent soient détruites ou irréversiblement transformées.

Par ailleurs, la directive européenne du 16 décembre 2020 relative aux eaux destinées à la consommation humaine (dite directive EDCH) fixe des teneurs maximales à respecter d'ici janvier 2026 pour les eaux potables pour le total des PFAS (0,50 µg/L) ou pour la somme de 20 PFAS retenus comme « substances préoccupantes » (0,10 µg/L). La transposition de cette directive au niveau français a été réalisée fin 2022 et prévoit notamment de :

- Rendre leur recherche obligatoire à partir de janvier 2026 dans les EDCH, en lien avec les capacités analytiques existantes ;
- Faciliter le suivi anticipé dans les EDCH de ces paramètres (dans le cas où un contexte local le nécessiterait) en faisant entrer en application à partir de janvier 2023 la nouvelle limite de qualité « somme des PFAS ».

En raison de la grande quantité de substances concernées, de la multiplicité des usages et du manque de connaissances concernant leur toxicité, les PFAS sont aujourd’hui un sujet de préoccupation pour la communauté scientifique et les pouvoirs publics.

Conformément à l’article 46 de la loi *2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets*, le présent rapport a pour objet de faire un état des lieux sur la pollution des eaux et des sols par les substances per- et/ou polyfluoroalkylées ainsi que sur des propositions de solutions pour la dépollution des eaux et des sols contaminés. Il se fonde principalement sur les travaux d’analyse des risques liés à la présence des PFAS menés par l’Inspection générale de l’environnement du développement durable (IGEDD) en fin d’année 2022.

1. La pollution des eaux et des sols par les substances per- et/ou polyfluoroalkylées

Les agences de l’eau ont mis en place des réseaux de mesure des PFAS dans les eaux de surface comme dans les eaux souterraines, dès 2017 ou 2018, par anticipation ou sur la base de l’arrêté « surveillance » du 17 octobre 2018¹, mais en l’étendant à un nombre plus important de substances suivies dans les eaux souterraines, par anticipation de la révision de l’arrêté « surveillance » le 26 avril 2022 : selon les bassins et les stations, les teneurs en une dizaine ou une quinzaine de PFAS ont été suivies.

L’historique de suivi est d’à peine quatre années depuis 2018 et il est à noter que les limites de quantification (LQ) de ces substances ont été modifiées pour être fixées réglementairement à 2 ng/L en août 2021 (LQ antérieure de 10 ng/L pour le PFOS), ce qui modifie leurs fréquences de quantification (FQ). Or ce paramètre est souvent utilisé pour caractériser un niveau général de contamination, de préférence à des valeurs de concentrations.

Diverses mesures sont également réalisées sur les eaux brutes destinées à l’alimentation humaine.

Les données sont plus rares sur d’autres matrices : le PFOS et des fluorotélomères ont été détectés dans les sédiments, notamment au voisinage des aéroports ou de sites de lutte contre l’incendie.

On distingue deux approches différentes pour caractériser la présence des PFAS : l’une consiste en des analyses ciblées portant sur une substance donnée, appelées « méthodes spécifiques », l’autre consiste à évaluer un ensemble cumulé de substances PFAS et sont appelées « méthodes globales ».

Aussi, la base GIDAF (Gestion Informatisée des Données d’Auto-surveillance Fréquente) collecte les résultats d’auto-surveillance des rejets faits par les Installations classées pour la protection de l’environnement (ICPE). Elle ne porte que sur le PFOS et le PFOA. Elle permet d’identifier quelques établissements à l’origine de rejets importants en PFOS dans les eaux superficielles : à Vouvray (37) avec des pics de concentrations mesurés dans les rejets à 25 µg/L de PFOS et 51 ng/L de PFOA, à Paimboeuf (44) avec des pics de concentrations de 42 µg/L de PFOS et 14 ng/L de PFOA, à Marolles-les-Braults (72) avec des pics de concentrations de 9,3 µg/L de PFOS. Ce sont des établissements de traitement et élimination des déchets dangereux qui sont à l’origine des concentrations les plus élevées.

¹ Surveillance de 6 PFAS pour les eaux souterraines et 4 PFAS pour les eaux de surface.

1.1. Rejets des stations d'épuration urbaines

Dans le cadre de l'action de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses dans les eaux (RSDE) mise en œuvre avec les agences de l'eau, l'INERIS apporte son appui à la réalisation de campagnes de prélèvement et d'analyse de rejets des stations de traitement des eaux usées urbaines (STEU) ou d'ICPE. Lors de la première campagne (en 2016 avec des données antérieures à 2014), seules les eaux traitées des stations de traitement des eaux usées urbaines (STEU) de plus de 100 000 Equivalent-Habitant (EH) avaient été suivies. La seconde, en 2021 avec des données de 2017 à 2020, a porté sur les eaux brutes et traitées des STEU de plus de 10 000 EH². Pour ces deux suivis, le PFOS a été le seul PFAS pris en compte, car les campagnes RSDE portent exclusivement sur les substances prioritaires listées par la directive cadre sur l'eau, ainsi que les polluants spécifiques de l'état écologique. L'ensemble des deux comporte 90 polluants (métaux lourds, pesticides, Hydrocarbures aromatiques polycycliques –HAP-, etc.) mais un seul PFAS, à savoir le PFOS.

Les résultats de suivi présentés dans les rapports INERIS, exprimés en fréquence de quantification (FQ), montrent que le PFOS fait partie des substances dangereuses déclenchant le plus de significativité³ (pour plus de 20 % des STEU) et dont les niveaux sont les plus préoccupants :

- Lors du premier suivi, la FQ était de 36 % en sortie de STEU, variant de 17 % pour le bassin Loire-Bretagne, à 42 % pour le bassin Rhône-Méditerranée et 50% pour le bassin Rhin-Meuse.
- Lors du second suivi, la FQ était de 22 % en sortie de STEU, et 17 % des STEU (de plus de 10 000 EH) présentaient un flux moyen journalier de plus de 100 g/an.

La concentration moyenne pondérée par les débits journaliers dans les eaux traitées en percentile 95 était de 69 ng/L⁴. Une STEU de plus de 10 000 EH sur 20 a donc un rejet supérieur à 40 kg/an en moyenne.

Le niveau de quantification du PFOS dans les eaux de sortie de STEU est du même niveau que celui mesuré en entrée, confirmant que les STEU (principalement de filière biologique) n'ont guère d'efficacité épuratoire pour le PFOS).

² Soit la totalité des STEU soumises à autorisation au titre de la législation sur l'eau.

³ Selon les critères de la Note technique RSDE du 12 août 2016 se rapportant à des seuils de concentration moyenne, de concentration maximale ou de flux : correspond à des rejets « significatifs ».

⁴ Valeur telle que 95 % des valeurs mesurées sont en dessous et 5 % sont au-dessus.

1.2. Eaux souterraines

Nom	Nombre de points avec mesures	Nombre total de mesures non quantifiées	Nombre total de mesures quantifiées	Concentration maximale mesurée (µg/L)	Fréquence de quantification %
Acide perfluorooctanesulfonique (PFOS)	3040	15108	2444	1,41	13,9
Acide perfluoro-n-hexanoïque (PFHxA)	2828	19908	2121	2,85	9,6
Acide perfluoro-octanoïque (PFOA)	2953	20599	2151	10,2	9,5
Acide perfluorohexanesulfonique (PFHxS)	2831	20277	1927	0,859	8,7
Acide perfluorobutane sulfonique (PFBS)	551	3463	204	0,069	5,6
Acide perfluoro-n-heptanoïque (PFHpA)	2853	20992	1174	1,24	5,3
Acide perfluoropentanoïque (PFPeA)	1289	6012	223	5,89	3,6
Acide perfluoroheptane sulfonique (PFHpS)	994	4662	101	0,026	2,1
Acide perfluorobutanoïque (PFBA)	767	4197	86	0,028	2,0
Acide perfluorononanoïque (PFNA)	2137	13354	115	0,155	0,9
Acide perfluorodécanoïque (PFDA)	2039	12382	51	0,088	0,4
Acide perfluorodécane sulfonique (PFDS)	2817	21666	51	0,08	0,2
Acide perfluorododécanoïque (PFDoDA)	1982	10913	18	0,029	0,2
Acide perfluoroundécanoïque (PFUnDA)	2019	10995	14	0,015	0,1
Acide perfluorotridecanoïque (PFTrDA)	925	4573	0	0	0,0
Acide perfluoropentane sulfonique (PFPeS)	8	8	0	0	0,0
Acide perfluorononane sulfonique (PFNS)	8	8	0	0	0,0
Acide perfluoroundécane sulfonique	8	8	0	0	0,0
Acide perfluorodécane sulfonique	8	8	0	0	0,0
Acide perfluorotridecane sulfonique	8	8	0	0	0,0

Tableau 1 : concentrations en PFAS dans les eaux souterraines en France (source : banque ADES – BRGM : Laurence Gourcy)

Le tableau 1 permet de constater que, sur les 20 PFAS de la directive EDCH :

- Le nombre total de mesures pour les PFAS les mieux suivis atteint ou dépasse le chiffre de 20000, ce qui apporte une couverture correcte ;
- 6 PFAS sont quantifiés à des fréquences supérieures à 5 %, parmi lesquels on retrouve les substances interdites par le règlement POP (PFOS, PFOA, PFHxA) ;
- 6 ne sont jamais quantifiés, dont un sur un nombre de mesures statistiquement significatif ;

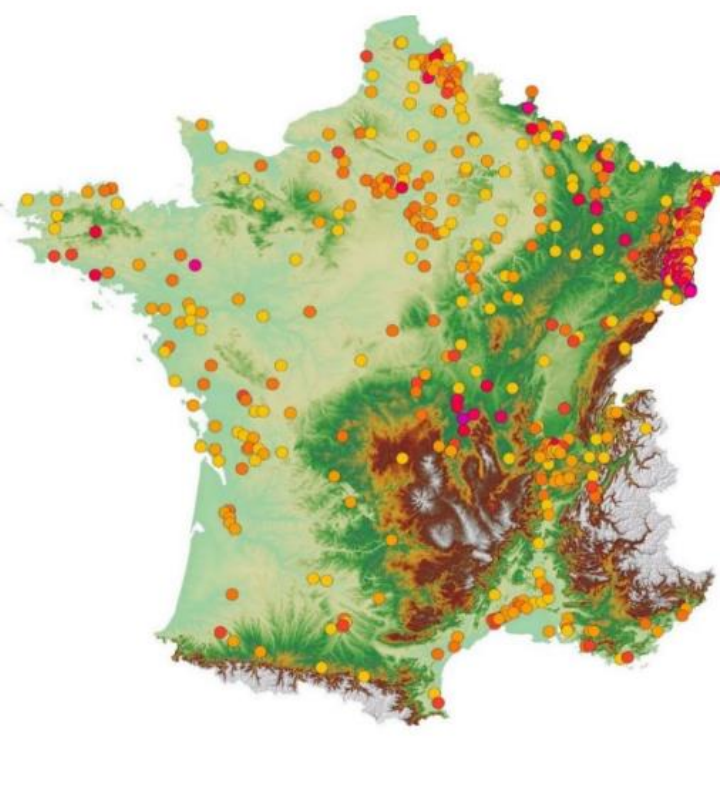
- Les fréquences de quantification des autres PFAS restent modérées (entre 0,1 et 4 %) ;
- Les concentrations maximales peuvent atteindre des valeurs élevées (10 µg/L pour le PFOA).

Ces données montrent une contamination générale modérée des eaux souterraines françaises, en comparaison de situations qui ont pu être caractérisées aux USA, en Allemagne ou en Italie. Les contaminations restent ponctuelles et non généralisées, avec des teneurs parfois élevées de certaines substances PFAS, notamment le PFOA et le PFPeA. Ce constat doit être pondéré en considérant que seuls quelques PFAS sont suivis, les fluorotélomères en étant par exemple exclus.

Un essai d'expression cartographique de ces données a été réalisé par le BRGM.

En termes de fréquences de quantification, la carte 1 montre une répartition géographique correspondant nettement à une contamination d'origine ponctuelle et non à une pollution diffuse.

Elle montre également des contaminations plus marquées des nappes de la Limagne et d'Alsace, puis des nappes de la région rhodanienne, du Nord, de la vallée de la Seine, de la Meuse et de la Moselle et de leurs affluents, de Bretagne et de la côte méditerranéenne.

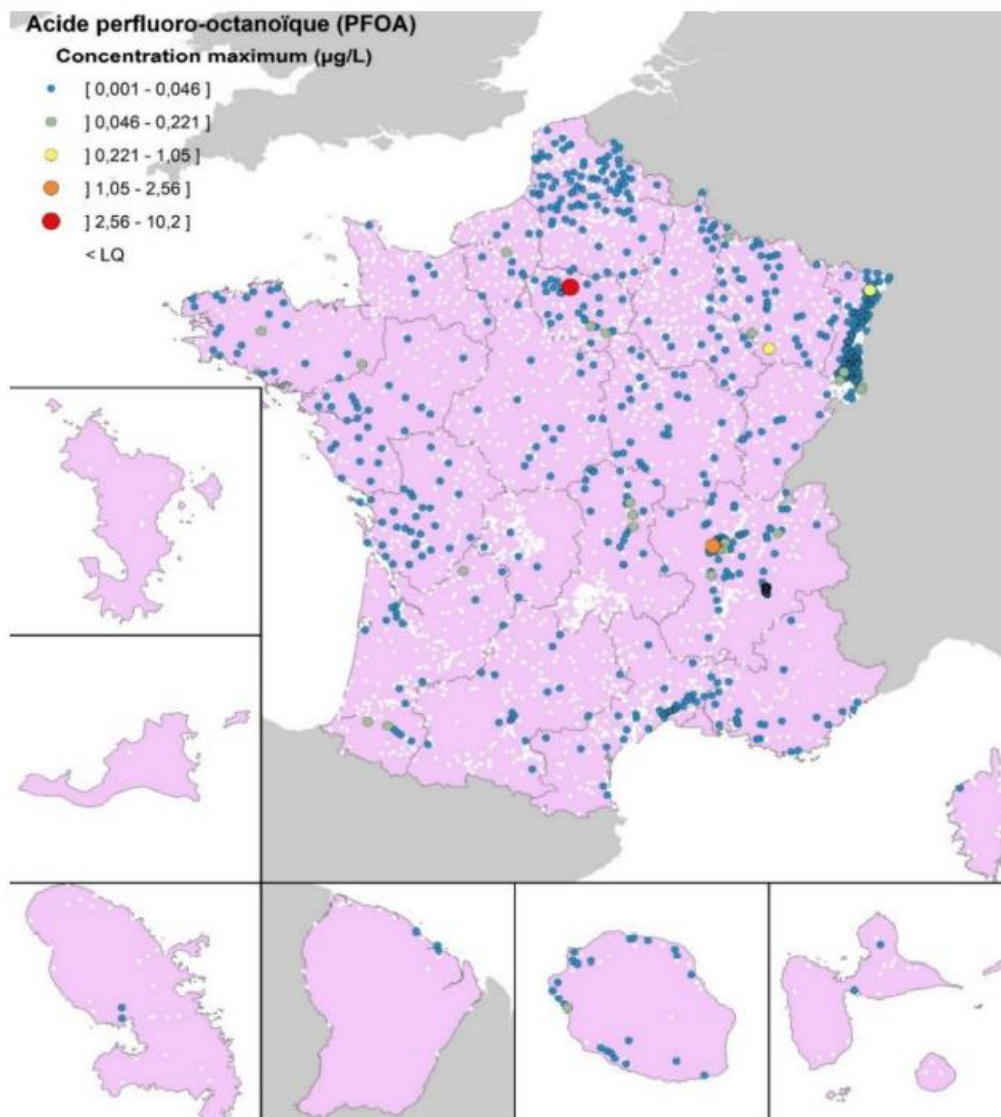


Nombre de PFAS quantifié (> LQ) par point d'eau
Sélection : au moins 3 PFAS > LQ



Carte 1 : Nombre de PFAS quantifiés par point d'eau (source BRGM : Laurence Gourcy)

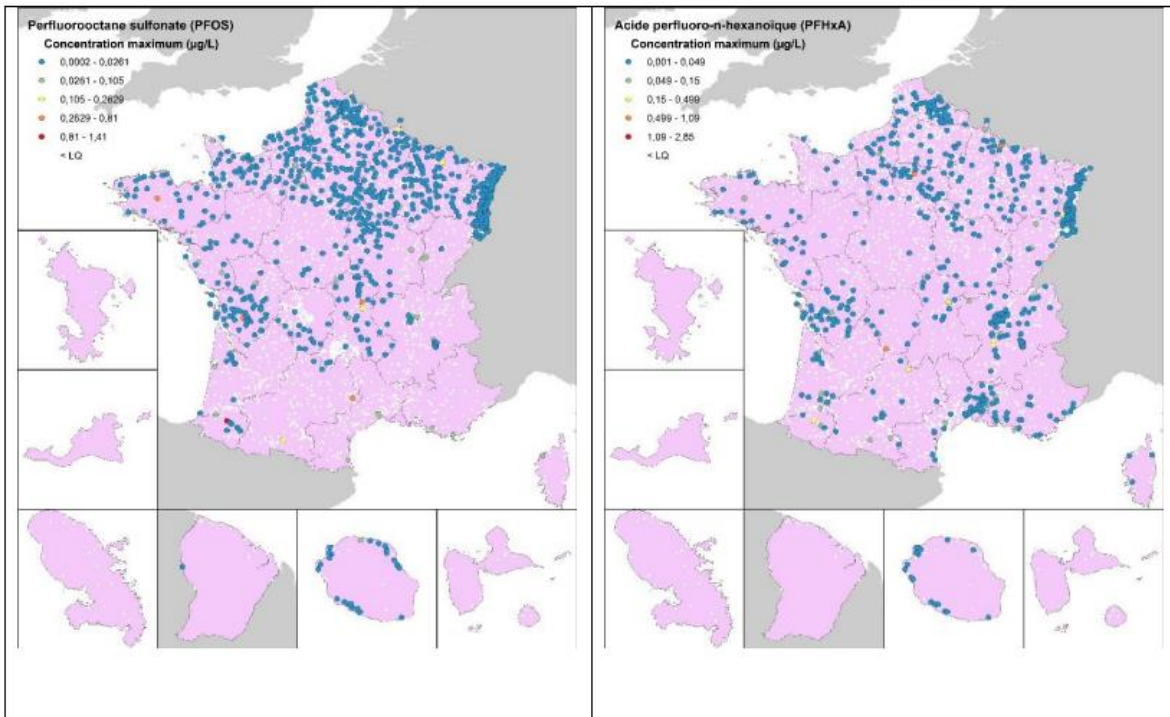
La carte 2 présente la contamination des nappes françaises au PFOA, en termes de concentrations maximales.



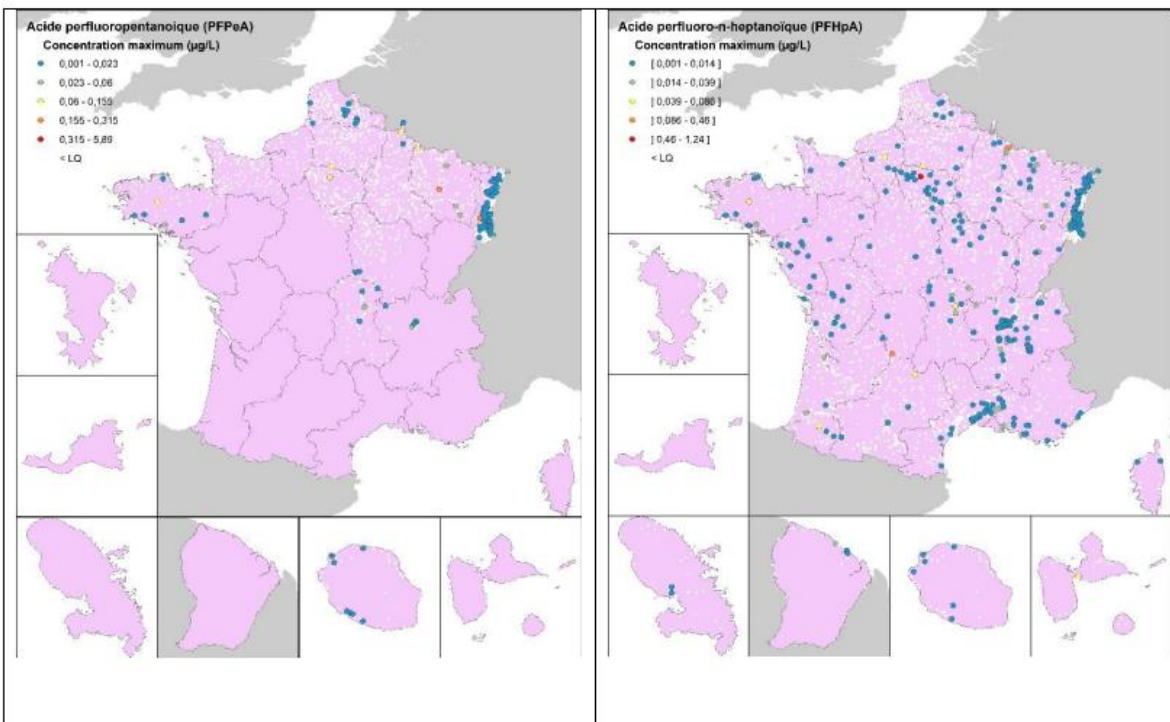
Carte 2 : concentrations maximales des PFOA observées dans les nappes (source BRGM : Laurence Gourcy)

Pour le PFOA :

- Secteur de Paris (concentration maximale proche de 10 µg/L) ;
- Secteur de Lyon (concentration maximale proche de 2 µg/L) ;
- La plaine des Vosges et le nord-est du Bas-Rhin (concentrations maximales proches ou inférieures à 1 µg/L) ;
- 22 secteurs avec des concentrations maximales comprises entre 0,200 et 0,050 µg/L)



Cartes 3 et 4 : cartes de concentrations maximales des eaux souterraines françaises en PFOS et PFHxA (sources : BGRM)



Cartes 5 et 6 : cartes de concentrations maximales des eaux souterraines françaises en PFPeA et PFHpA (sources BGRM)

Les cartes 2 à 6 inclus illustrent la situation d'une contamination générale faible dans le territoire français (pour les substances suivies), mais aussi l'existence de plusieurs sites marqués, au moins de manière ponctuelle, par des concentrations élevées en nappes.

1.2.1. Eaux souterraines, zoom sur quelques bassins versants

a. Bassins Rhône-Méditerranée et Corse

La surveillance mise en œuvre par l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse a été exploitée entre 2018 et 2020 pour les 14 PFAS suivis sur 381 points. Elle montre de faibles concentrations de PFAS dans les eaux souterraines des deux bassins. Lorsque les PFAS sont quantifiés, les concentrations moyennes sont de l'ordre de 0,010 à 0,015 µg/L. Seuls 5 PFAS présentent une fréquence de quantification significative : PFHxA, PFHeS, PFHpA, PFOS et PFHpS.

Si le niveau de contamination général reste faible, on peut toutefois noter que les PFAS peuvent être quantifiés sur 37 % des points de suivi (42 % en région Auvergne Rhône Alpes). Ces points se trouvent en majorité (66 %) dans des aquifères alluviaux et pour 17 % en aquifères karstiques. Les nappes concernées par une présence de PFAS sont donc le plus souvent liées aux eaux superficielles ou intrinsèquement vulnérables, ce qui signifierait que les sources de pollution actuelles sont essentiellement les rejets dans les eaux superficielles.

b. Bassin Seine Normandie

La surveillance mise en œuvre par l'Agence de l'eau Seine-Normandie de 2017 à 2020 portait sur 11 PFAS. Seuls 4 PFAS présentent une fréquence de quantification significative : PFOS, PFHxA, PFOA et PFHxS avec une fréquence de quantification élevée pour le PFOS (36 % en 2020). Lorsque les PFAS sont quantifiés, les concentrations moyennes sont de l'ordre de 0,010 à 0,015 µg/L. L'Agence Seine-Normandie a établi, sur les mesures de son réseau de surveillance, que seulement 7 stations sur 560 surveillées sont en dépassement de la norme européenne de 0,1 µg/L (pour la somme des 20 PFAS de la Directive EDCH). Ces 7 stations sont réparties sur le bassin, sans logique géographique. L'Agence ne fait pas état de lien avec d'éventuelles sources de PFAS. La surveillance a détecté des pics élevés de concentrations : jusqu'à 5 µg/L pour le PFOS et jusqu'à 10 µg/L pour le PFOA. Aucun lien avec des pointes de rejets d'industries ou d'autres sources n'a pu être établi.

1.2.2. Eaux de surface, zoom sur quelques bassins versants

a. Bassins Rhône-Méditerranée et Corse

L'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse a relevé une contamination des cours d'eau en PFAS non négligeable dans le bassin Rhône Méditerranée :

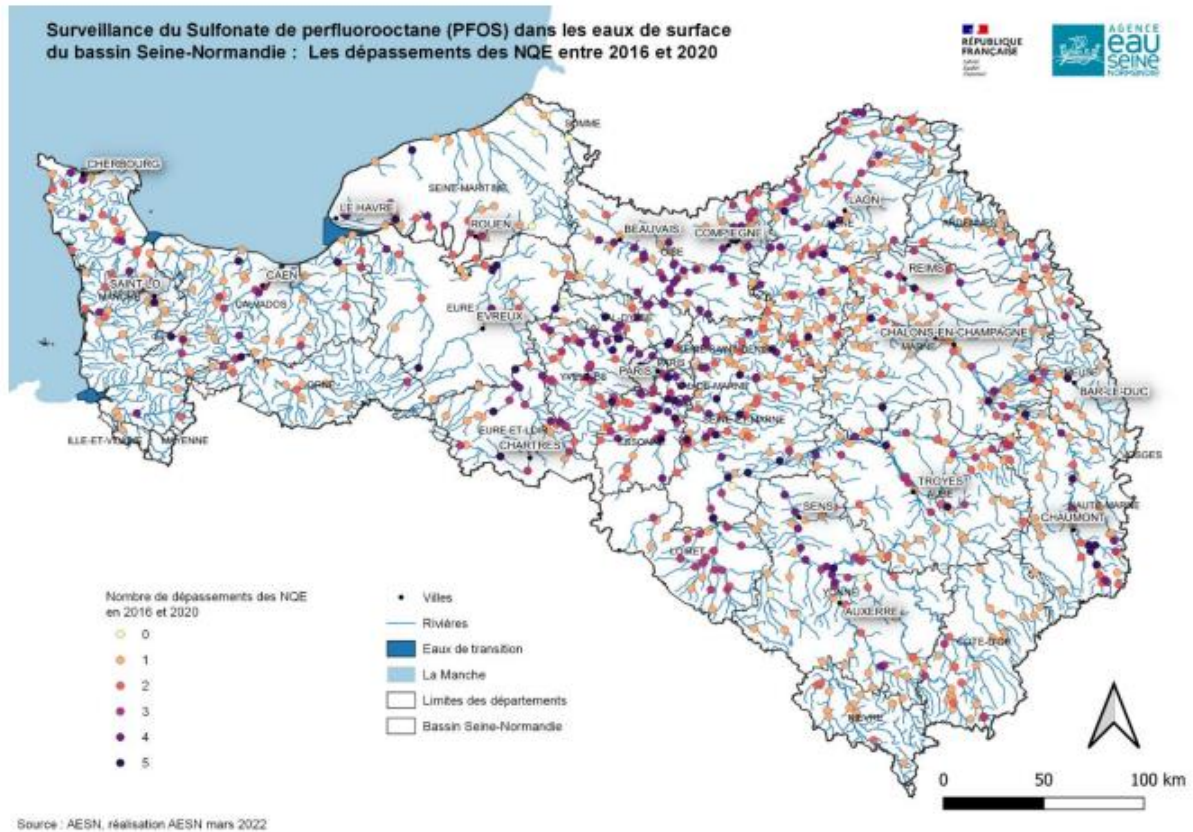
- Près de 90 % des stations du contrôle opérationnel et plus de 50 % des stations du contrôle de surveillance sont contaminées (concentrations quantifiées) ;
- Plus de 50 % des prélèvements d'eau pour le contrôle opérationnel et plus de 30 % des prélèvements d'eau pour le contrôle de surveillance sont contaminés ;
- Des composés perfluorés sont quantifiés dans près de 10 % des analyses d'eau réalisées pour le contrôle opérationnel et 5 % des analyses d'eau réalisées pour le contrôle de surveillance ;
- Près des 2/3 des paramètres analysés (recherchés) sont quantifiés au moins une fois sur le bassin, tant pour le contrôle opérationnel que pour le contrôle de surveillance.

Dans un contexte général de niveaux de contamination faibles, l'Agence relève toutefois que 9 % des stations du réseau de surveillance présentent des niveaux de contamination élevés. Cette contamination est même très élevée pour toutes les stations du Rhône à l'aval de Lyon.

b. Bassin Seine Normandie

L'exploitation de données faite par l'Agence de l'eau Seine Normandie conduit à retrouver en général les mêmes composés qu'en eaux souterraines ; elle confirme une FQ pour le PFOS de 36 %. La carte 7

fournit le nombre de dépassements de la norme de qualité environnementale (NQE) relevés en PFOS entre 2016 et 2020 dans le cadre du réseau de surveillance des eaux superficielles. Le bassin dans son intégralité est contaminé : outre la Seine, on note une contamination de l’Oise, de l’Orge, de l’Aisne, de la Marne dès son amont et de l’Yonne. Les concentrations restent toutefois modérées pour tous les composés : pour le PFOS, avec en moyenne 3 à 6 ng/L, elles sont néanmoins du même ordre de grandeur que la NQE et peuvent même atteindre des pics de plus de 17 µg/L (la Marsange, sous-affluent de la Seine situé dans le département de Seine et Marne).



Carte 7 : nombre de dépassements de la NQE en PFOS dans le bassin Seine-Normandie (source : Agence de l’Eau Seine-Normandie)

1.3. Eaux superficielles

L’Office national de la biodiversité (OFB) n’a pas réalisé d’exploitation des données d’analyse des PFAS bancarisés dans NAIADES. L’exploitation faite en septembre 2018 par le BRGM dans le cadre du rapport BRGM/RP-69594-FR de décembre 2020 s’est appuyée sur les valeurs de FQ. Or l’évolution des limites de quantification intervenue après 2018 peut créer un biais dans l’interprétation des FQ (cf. supra). De plus, les dispositifs d’analyse des PFAS par les agences venaient de se mettre en place et n’étaient pas encore éprouvés. Il a donc été privilégié l’exploitation d’autres références⁵ scientifiques fondées sur des méthodes analytiques de pointe pour 22 molécules PFAS et la référence à des fréquences de détection (avec des limites de détection très basses) plutôt que de quantification. Sur les 315

⁵ G Munoz et al. Spatial distribution and partitioning of selected PFAS in freshwater ecosystems: a French nationwide survey – STE – 2015; G Munoz - Thèse de doctorat Université de Bordeaux - 2015 ; P Labadie et al. Biogeochemical dynamics of PFAS acids and sulfonates in the River Seine under contrasting hydrological conditions – EP – 2011.

échantillons d'eau provenant de toute la France (133 points), les fréquences de détection (FD) dans la phase dissoute apparaissent élevées :

PFAS	PFOA	PFOS	PFHxS	PFHxA	6 :2 FTS A
FD	84 %	85 %	81 %	72 %	52 %

Tableau 2 : fréquence de détection observée sur 315 échantillons d'eau issus de 133 prélèvements d'eau en rivière.

Des disparités apparaissent avec l'exploitation BRGM 2018 susvisée (en particulier, FQ de 100% pour le PFOS selon le BRGM). Sur la Seine, en aval de Triel-sur-Seine, c'est le 6:2 FTS qui domine, en représentant 35% du total des PFAS. Sa présence est également importante dans l'Oise (aval de Villers-St-Paul) avec celle du 6:2 FTA.

La concentration moyenne en phase dissoute pour la somme des PFAS était de 28 ng/l. Cette moyenne recouvre toutefois une forte variabilité : un maximum de 725 ng/l a été mesuré dans une station du Ru d'Ancoeur près de Melun. Les concentrations moyennes étaient mesurées entre 2,5 et 5 ng/l pour PFOS, PFOA, PFHxA et PFHxS.

Les sources scientifiques convergent pour constater une corrélation négative entre les concentrations de PFAS en phase dissoute et le débit de la Seine et à l'interpréter comme un effet de dilution indiquant la prédominance de sources ponctuelles pour ce fleuve.

En phase particulière, étaient le plus souvent détectés le PFOS (FD = 74%), le PFOSA (FD = 67%) et les carboxylates en C10-C12 (FD = 45%).

Bien que la comparaison soit difficile compte-tenu des différences méthodologiques, la contamination en PFAS des eaux superficielles françaises est plus générale que celle des eaux souterraines. Ceci serait cohérent avec une origine principalement liée aux rejets dans les cours d'eau, qui se propagent vers l'aval, ainsi qu'avec le constat selon lequel ce sont les nappes alluviales qui sont les plus contaminées aux PFAS.

1.4. Autres matrices : sédiments, sols, air

1.4.1. Sédiments

Une douzaine de sédiments ont été prélevés en France métropolitaine et analysés dans le cadre de la campagne prospective de 2012. Le PFOS a été systématiquement détecté (concentrations de 0,1 à 23 ng/g de poids sec) et domine largement le profil moléculaire des acides perfluoroalkylés (PFAA). Des fluorotélomères sulfonamidoamines (FTA) et des fluorotélomères sulfonamidobétaïnes (FTAB) ont été détectés dans ces échantillons à des concentrations élevées (jusqu'à 7,6 ng/g de poids sec), en particulier dans les cours d'eau situés au voisinage des aéroports ou des activités de lutte contre le feu impliquant l'utilisation périodique de mousses extinctrices de type AFFF.

Le PFOA peut également être trouvé à des concentrations élevées (un cas dans le bassin Seine Normandie en 2015).

1.4.2. Biote

Des premières investigations ont été lancées sur la contamination de poissons et de gammarès (crustacés) dans les eaux françaises : des déclassements significatifs apparaissent par contamination au PFOS sur le poisson mais aussi sur gammaré. Ces premiers résultats nécessitent d'être consolidés par des analyses complémentaires.

1.4.3. Autres : air, sol...

Peu d'informations existent sur les pollutions de l'air ambiant par les PFAS et leurs rejets dans l'atmosphère, du fait de l'absence de méthodes standardisées d'analyses de l'air. Des données sont cependant disponibles sur les retombées de PFAS autour de quelques sites de rejets et la modélisation de ces retombées (Etats-Unis). Une étude de l'université de Stockholm et de l'École polytechnique de Zurich⁶ a montré que les eaux de pluies étaient par ailleurs contaminées par les PFAS à des niveaux supérieurs aux lignes directrices de l'EPA pour l'eau potable à peu près partout dans le monde.

L'EPA a prévu d'importants efforts de recherche et développement dans le domaine de l'air ambiant dans le cadre de sa feuille de route.

En ce qui concerne la contamination des sols, la bibliographie, la base de données ActiviPoll et l'outil de pré-identification d'Antéa retiennent sensiblement les mêmes sites comme principales sources possibles de PFAS. Cette identification permet d'établir l'inventaire des activités passées ou actuelles susceptibles de produire, générer, utiliser ou émettre des PFAS dans l'environnement. Elle comprend l'inventaire des feux d'hydrocarbures postérieurs à la Seconde Guerre Mondiale.

La contamination des sols par les PFAS a fait récemment l'objet d'un article scientifique⁷ dressant la synthèse de plusieurs dizaines d'études publiées pour la plupart entre 2010 et 2020. Plus de 30 000 analyses réalisées sur 2 500 sites dans le monde entier y sont rassemblées (plusieurs sites en Europe, mais non en France) :

- Dans les sites éloignés de sources potentielles de PFAS, des concentrations faibles mais mesurables ont été détectées pour tous les sites, même en régions désertiques, principalement en PFOS et PFOA ;
- Dans les sites identifiés comme « sources primaires » par l'article (usines de fabrication de PFAS, zones d'entraînement aux incendies, aéroports militaires, ...), le PFOS était prédominant : les concentrations maximales mesurées allaient jusqu'à plusieurs centaines de mg/kg de sol, la moyenne inter-sites des concentrations maximales en PFOS s'établissant à la valeur élevée de 8,7 mg/kg. Pour le PFOA, cette valeur s'établit à 0,08 mg/kg ;
- Dans les sites identifiés comme « sources secondaires » (sites voisins des précédents, sites d'application de boues d'épuration, d'irrigation par des eaux contaminées, ...), la concentration maximale en PFOS mesurée était de 5,5 mg/kg (épandage de rejets d'origine industrielle), avec une moyenne inter-sites des concentrations maximales de 0,68 mg/kg. Pour le PFOA, cette valeur s'établit à 0,038 mg/kg. Dans des sols agricoles avec épandage de boues

⁶ Outside the Safe Operating Space of a New Planetary Boundary for Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) Ian T. Cousins, Jana H. Johansson, Matthew E. Salter, Bo Sha, and Martin Scheringer - Environmental Science & Technology 2022 56 (16), 11172-11179.

⁷ PFAS concentrations in soils: Background levels versus contaminated sites ; Mark L. Brusseau, R. Hunter Anderson, Bo Guo ; Science of Total Environment, june 2020

de stations d'épuration urbaines, les contaminations étaient variables, mais pouvaient aller jusqu'à 0,48 mg/kg de PFOS.

Les chiffres fournis par cette synthèse indiquent que le sol est un milieu de rétention significative de PFAS, notamment dans la zone insaturée, sur des périodes décennales, avec un potentiel de lessivage à long terme vers les eaux souterraines et de migration atmosphérique.

2. Solutions applicables pour la dépollution des eaux et des sols contaminés

Sous le terme de dépollution sont entendus :

- Le traitement de l'eau potable, des eaux usées, de l'air... qui visent à retirer le polluant d'un flux ou d'un produit ; le polluant n'est pas nécessairement détruit, mais transféré ou concentré pour être éliminé par la suite ;
- L'élimination du polluant ou du déchet qui vise leur destruction ou leur stockage dans des conditions permettant d'éviter toute contamination du milieu extérieur. Cette distinction est importante dans le cas des PFAS, dont la destruction physico-chimique ou par biodégradation est difficile, et où les traitements ne détruisent en général pas le polluant.

Les actions de correction à court ou moyen termes des pollutions par les PFAS passent par une identification hiérarchisée des sites potentiellement émetteurs de PFAS, anciens ou actuels.

2.1. Dépollution des eaux usées

2.1.1. *Epuration des PFAS dans les eaux usées par les stations d'épuration urbaines*

Une voie de migration courante des contaminants vers l'environnement se fait par les eaux usées, car la plupart des stations d'épuration d'eaux usées urbaines ou industrielles, notamment biologiques, ne sont pas capables d'éliminer les PFAS. Les stations d'épuration biologiques (boues activées, lits bactériens) disposent de traitements primaires et secondaires qui éliminent les matières en suspension et les pollutions en solution par adsorption, absorption et biodégradation partielle sur et dans les floccs bactériens. Les polyfluorés et précurseurs sont en partie dégradés en perfluorés alors que ces derniers eux-mêmes ne le sont pas. Finalement, une grande partie des PFAS se retrouve dans les rejets d'eaux usées traitées. Le rendement est faible, avec transfert d'une partie des PFAS dans les boues d'épuration (plus ou moins faible selon les PFAS et leurs comportements physico-chimiques).

Un traitement spécifique des PFAS serait donc nécessaire, du même type que ceux utilisés pour l'eau potable.

Technique	Performances	Remarques
Adsorption sur charbon actif (CA)	Concentrations en sortie pouvant atteindre le ng/L avec des rendements de 90 à 99 %. Efficacité plus faible sur les PFAS à chaîne courte qu'à chaîne longue, peu évaluée sur les fluorotélomères. Performance décroît quand le carbone organique total (COT) augmente et croît avec les filtres en série. Saturation rapide du charbon actif.	Technologie usitée et éprouvée dans le traitement des pesticides et micropolluants organiques. Performance plus élevée pour le charbon actif en poudre que le charbon actif en grain. Filières de régénération ou élimination du CA chargé en PFAS nécessitant un suivi spécifique.
Adsorption sur résine échangeuse anionique ou non ionique	Plus efficace que charbon actif pour les PFAS à chaîne courte. Efficacité peu évaluée sur fluorotélomères. Saturation rapide des résines échangeuses.	Technologie usitée et éprouvée dans le traitement des micropolluants et l'adoucissement d'eau. Génération de déchets liquides chargés en PFAS (régénération des résines échangeuses). Pas de déchets liquides pour les résines à usage unique.
Nanofiltration et osmose inverse	Efficaces quel que soit le PFAS et pour les fluorotélomères	Technologie mature et largement utilisée en dessalement. Production de concentrats très chargés qu'il faut traiter.
Précipitation-coagulation-floculation	Performance réduite pouvant nécessiter un traitement complémentaire.	Production de boues qui doivent être traitées

Tableau 3 : principaux traitements de finition pouvant éliminer les PFAS

L'ajout de ces traitements en stations de traitement des eaux usées urbaines nécessiterait une épuration préalable de très haut niveau (traitement tertiaire) des principaux éléments polluants contenus dans les effluents, car ils peuvent interdire la mise en œuvre de traitement des PFAS. La chaîne de traitement des PFAS serait alors particulièrement onéreuse, ce qui peut expliquer l'absence de connaissance quant au traitement spécifiques des PFAS en station d'épuration urbaine.

Ce constat interroge sur le devenir actuel des eaux d'extinction d'incendies lorsque des mousses contenant des PFAS ont été utilisées. A ce jour, elles seraient traitées en incinérateur mais aussi rejetées dans les réseaux d'assainissement urbain et donc traitées par des stations d'épuration transparentes pour les PFAS.

2.1.2. Traitements spécifiques des PFAS par les industries

Le traitement des PFAS peut *a contrario* être envisagé dans le domaine industriel, dès lors qu'il se fait à la source, en sortie du processus générant ces polluants : les effluents représentent généralement des volumes limités et de qualité stable, ce qui pourrait limiter les prétraitements et éviterait des dimensionnements trop importants. Une entreprise a ainsi mis en place une chaîne de traitement des PFAS (essentiellement PFHxA) comprenant une station physico-chimique suivie de deux traitements de finition en parallèle : une installation d'osmose inverse pouvant être substituée par un traitement en série de deux filtres à charbon actif. Le rendement global de l'installation est compris entre 99,95 et 99,995 % (les flux de PFAS en sortie de station sont 2 000 à 20 000 fois inférieurs aux flux d'entrée).

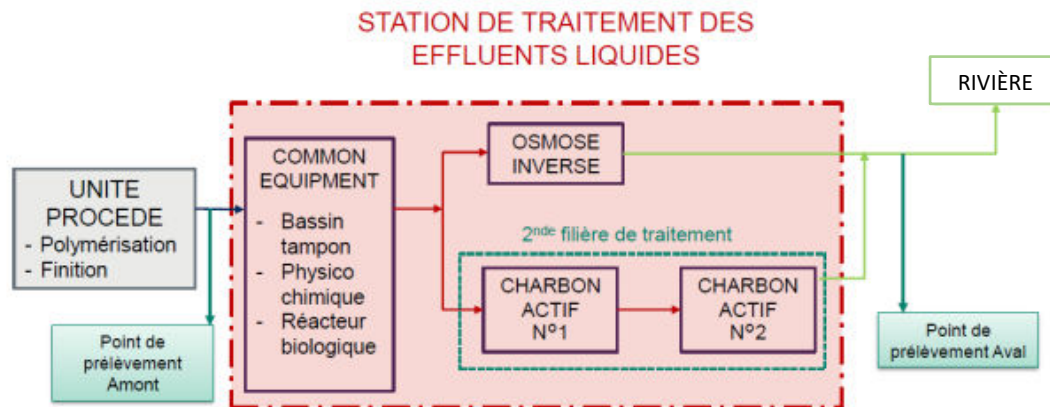


Figure 1 : schéma de principe de la station de traitement des effluents liquides

2.1.3. Traiter à la source les PFAS

Les traitements en aval sont donc coûteux, encore peu efficaces, voire favorisent la dispersion des PFAS dans l'environnement, par le rejet dans la rivière mais également les épandages de boues ou de leur compost ou digestat. Le rejet des eaux polluées dans les réseaux d'assainissement ne constitue donc pas une solution fiable et durable de traitement.

Le traitement des PFAS dans les eaux usées s'inscrit dans une démarche intégrée, avec suppression ou réduction des PFAS dans le process et traitement adapté au plus près de leur émission. La démarche RSDE engagée depuis plusieurs années a permis l'identification des stations d'épuration qui rejettent du PFOS. Cette recherche peut être étendue aux autres PFAS, mais surtout permettre de remonter à la source des PFAS et d'imposer la suppression ou une réduction de ces rejets. Cette démarche est d'ailleurs rendue obligatoire par le statut de substances dangereuses prioritaires du PFOS au titre de la Directive cadre sur l'eau, qui oblige à mettre en œuvre les meilleures techniques disponibles pour rechercher la réduction des rejets de PFOS puis à terme leurs suppression.

2.2. Dépollution des sols

Aucune raison qui justifierait d'adopter une démarche autre que celle développée dans la politique des sites et sols pollués pour traiter les sites pollués aux PFAS n'a été identifiée. Cette problématique n'est encore qu'émergente du fait de l'absence de recherches des pollutions aux PFAS lors des remises en état de sites industriels ou de conversions d'anciens sites d'activité. La recherche d'une valorisation des sites pollués aux PFAS nécessite cependant d'adapter certaines solutions techniques aux caractéristiques des PFAS. Les PFAS étant des molécules très persistantes, la majorité des technologies de remédiation des sols relèvent des méthodes d'isolement ou de séparation.

2.2.1. Méthodes éprouvées en réhabilitation des sols

Le tableau suivant liste des dispositifs aujourd'hui éprouvés en traitement des sols et qui ont été ou pourraient être utilisées sans difficultés pour le traitement des sols pollués aux PFAS.

Méthode de réhabilitation	Description	Remarques	Viabilité, efficacité
Couverture et isolement	Couverture des terres polluées par un matériau imperméable empêchant le contact avec les sols pollués, l'infiltration des eaux et la migration des PFAS vers les nappes.	Encore peu voire non utilisé pour les sites contaminés aux PFAS. Non applicables lorsque les sols pollués peuvent être atteints par la nappe ou les battements de nappe.	Technique mature, efficace et économiquement acceptable.
Confinement hydraulique du site	Isolement des terres par une imperméabilisation latérale et supérieure et/ou création d'un cône de dépression hydrodynamique par pompage. Traitement des eaux pompées.	Nécessaire lorsque la nappe peut atteindre la zone polluée. Pose les problèmes du devenir des résidus de traitement des eaux et de la durabilité du dispositif dès lors que les PFAS ne sont pas détruits.	Technique mature, efficace. Coût élevé (impermeabilisation par paroi de bentonite, pompage, traitement des eaux).
Excavation et élimination	Extraction des sols avant stockage en décharge ou incinération. Stockage possible en « sarcophage » dédié.	Pose le problème du classement des sols extraits (déchets dangereux ou non) et celui des émissions lors de l'incinération.	Technique mature, efficace. Coût élevé.
Excavation et désorption thermique in situ	Extraction des sols puis vaporisation des PFAS par la chaleur et traitement des gaz obtenus.	Technique qui détruit les sols. L'efficacité du traitement des gaz pour les PFAS reste à confirmer.	Technique mature, en pleine expansion. Risque de transfert de la pollution vers l'air. Coût élevé.
Sorption et stabilisation	Amendement du sol avec des produits stabilisants ou adsorbants (charbons actifs le plus souvent, parfois en poudre micrométrique) pour éviter la migration des polluants vers les eaux souterraines.	Efficacité variable selon le PFAS et réduite si présence d'autres contaminants organiques ou de fort taux de matière organique. Question de la durabilité du dispositif en l'absence de destruction des PFAS.	Technique en développement, dont l'efficacité reste à confirmer pour les PFAS.

Tableau 4 : méthodes éprouvées de traitement des sols qui peuvent ou pourraient être appliquées aux PFAS

2.2.2. Autres technologies

Les autres technologies en sont encore au stade de l'expérimentation, qu'il s'agisse du lavage intensif des sols *in situ* avec récupération du lixiviat, de l'oxydation électrochimique et du traitement mécano-chimique, ou le sol est traité par broyage par billes d'acier en présence d'un réactif de co-broyage tel que l'hydroxyde de potassium. Oxydation électrochimique et traitement mécano-chimique donnent des résultats prometteurs, en particulier pour le second avec les familles du PFOS et du PFOA.

2.3. Élimination des PFAS

Les traitements évoqués dans les paragraphes précédents consistent, pour la plupart, en la séparation des PFAS de la matrice, mais ne portent pas sur la destruction des molécules de PFAS ou leur

confinement total (à l'exception de l'excavation des sols suivie de leur élimination). Seuls leur destruction ou leur confinement sont susceptibles, moyennant les précautions nécessaires, d'éviter le transfert des PFAS extraits lors du traitement des eaux et de l'air et de la remédiation des sols vers un autre milieu : air, sol ou eau.

2.3.1. Restreindre la valorisation des déchets contaminés

Le recyclage de déchets contenant des PFAS (déchets ménagers et assimilés, déchets d'activité, sols pollués excavés, résidus de certains traitements des eaux) peut ainsi générer des rejets de PFAS dans l'environnement (eau, air) par les usines assurant cette fonction (cartonneries...). De même, l'épandage de boues contaminées (y compris après compostage ou digestion) peut conduire à la pollution des sols. Il en va de même de l'utilisation de certains composts considérés aujourd'hui comme fertilisants commercialisables mais qui peuvent être pollués aux PFAS. L'ensemble de ces matières premières, sous-produits ou déchets devraient dès lors être dirigées vers des filières d'élimination. Des solutions d'élimination existent, dont il convient de vérifier qu'elles ne conduisent pas au transfert des PFAS vers d'autres milieux.

2.3.2. Enfouissement en centre de stockage de déchets dangereux ou non dangereux

Les solutions d'enfouissement en centre de stockage de déchets dangereux ou non dangereux offrent des garanties au regard de la protection de l'environnement, dès lors que leurs rejets de PFAS dans les eaux et l'air sont maîtrisés. Les centres de stockage de déchets devront faire l'objet de campagnes de mesures de PFAS dans les rejets aqueux. En fonction des résultats, les exploitants devront proposer des mesures de réduction des rejets adaptées aux concentrations concernées.

2.3.3. Traitements thermiques

Les traitements thermiques sont actuellement les seules solutions couramment utilisées pour la destruction des PFAS, par ailleurs souvent traités avec d'autres polluants. Il peut s'agir d'incinérateurs non dédiés, à des températures de 850 à 1000 °C, de pyrolyse à des températures comprises entre 300 et 900 °C voire plus, avec possibilité d'incinération des gaz émis pour les pyrolyses à faibles températures. Les technologies de régénération des charbons actifs utilisés pour adsorber les PFAS dans les eaux peuvent être assimilées à la pyrolyse à haute température (900 °C).

Les résultats obtenus sur la pyrolyse des sols et des charbons actifs saturés montrent une bonne élimination des PFAS au sein de ces médias, mais ne fournissent aucune donnée sur les rejets de PFAS dans les fumées. Une pollution de l'air est possible. L'efficacité de ces traitements en terme de rejets atmosphériques et les conditions de cette efficacité restent à confirmer : certains résultats indiquent qu'une température de 900 °C serait suffisante pour détruire les molécules de PFAS mais d'autres sources font état de la nécessité d'une température nettement supérieure (1300 – 1400 °C) et rarement atteinte dans les incinérateurs, si ce n'est en cimenterie. Les durées d'exposition à ces températures ne sont pas précisées. Des retombées ont été constatées sur des sols voisins d'incinérateur.

Ces résultats interrogent quant à l'utilisation possible de pyrolyse à faible température (300-600 °C) sans incinération à très haute température des gaz émis. Les PFAS pourraient n'être qu'évaporés et donc rejetés dans l'atmosphère.

Les autres dispositifs de destruction des PFAS sont en phase expérimentale exclusivement : aucune de ces solutions n'est aujourd'hui opérationnelle. Les voies les plus prometteuses visent l'oxydation des PFAS par génération *in situ* d'oxydants puissants tels que les radicaux hydroxyle (-OH), par photocatalyse, traitement sono-chimique ou oxydation électrochimique.

Tous ces points constituent une priorité de recherche pour apporter des réponses claires et opérationnelles à ces questions.

2.3.4. *Des résidus liquides encore souvent rejetés dans le milieu*

Les résidus liquides correspondent aux effluents de régénération des colonnes échangeuses et les concentrats d'osmose inverse ou de nanofiltration. Beaucoup sont rejetés dans le milieu ou dans les réseaux d'assainissement d'eaux usées, y compris quand l'eau brute contient des PFAS. Il s'agit donc d'un simple transfert des PFAS de la ressource en eau utilisée vers les eaux superficielles, directement ou via le réseau d'assainissement. Dans ce dernier cas, il y a également possibilité de transfert via les boues vers les sols et les nappes.

Les volumes ainsi produits sont importants, d'un ordre de grandeur de 10 % des volumes d'eau ainsi traités⁸, valeur dont il conviendrait d'étudier la faisabilité de la réduction. Il n'est pas envisageable de transporter des volumes d'eau pollués aussi importants et le traitement ne peut être envisagé que sur site, sauf à imaginer la concentration des effluents résiduels, dont l'acceptabilité économique reste à démontrer (cycle supplémentaire d'osmose inverse ou de nanofiltration). Les seules pistes de traitement seraient alors :

- La filtration des concentrats sur charbons actifs, ces derniers une fois saturés suivant les voies habituelles d'élimination ou de régénération⁹ ;
- La valorisation des effluents concentrés dans l'humidification ou la réhumidification des déchets pour leur mise en place et compactage dans des installations de stockage de déchets dangereux ou non dangereux, dès lors que les lixiviats suivent un traitement satisfaisant.

Pour des volumes faibles et de faibles concentrations, comme ceux obtenus en traitement à la source en milieu industriel l'incinération peut être envisagée.

⁸ Selon les producteurs d'eau, ce rendement est obtenu après trois concentrations des concentrats d'osmose inverse ou de nanofiltration, ce qui peut sembler élevé, en particulier pour de l'osmose inverse sur eau douce.

⁹ La question devra alors être posée de l'intérêt économique d'une chaîne de traitement par nanofiltration ou osmose inverse, suivie du traitement des concentrats sur charbon actif plutôt qu'un traitement direct de l'eau par charbon actif.

Conclusion

Les substances per- et polyfluoroalkyles, également connues sous le nom de PFAS, sont des substances très persistantes et utilisées dans de multiples secteurs industriels et objets de la vie courante pour leurs propriétés antiadhésives, imperméables et de résistance à la chaleur. Leur capacité de décomposition très lente et leur large diffusion dans l'environnement suscitent des préoccupations quant à leur impact potentiel sur la santé humaine et les écosystèmes : leur toxicité est encore méconnue, mais des effets nocifs et toxiques sur le métabolisme humain ont été observés pour plusieurs PFAS et leur caractère cancérigène est suspecté.

Dans ce contexte, le ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires a mené en 2022 des travaux pour renforcer la protection des Français et de l'environnement contre les risques liés aux PFAS. Ces travaux ont abouti à la rédaction d'un plan d'actions ministériel sur les PFAS publié le 17 janvier 2023¹⁰.

En réponse aux constats dressés dans ce présent rapport, ce plan a pour ambition, entre autres, d'améliorer la connaissance des rejets ainsi que l'imprégnation des milieux pour réduire l'exposition des populations.

Comme la seconde partie du rapport le souligne, le traitement des PFAS en aval des rejets industriels et domestiques est onéreux et techniquement complexe. Par ailleurs, l'exposition des populations aux PFAS est en partie liée à l'usage des produits de consommation. Ainsi, l'une des priorités de ce plan est l'aboutissement du projet de restriction européenne concernant la mise sur le marché et l'utilisation de PFAS dans plusieurs secteurs, préparé par un consortium de 5 pays (Norvège, Pays-Bas, Allemagne, Danemark et Suède) et soutenu par la France. Ce projet a été déposé le 13 janvier 2023 auprès de l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA) dans le cadre du règlement européen REACH et a été prépublié le 7 février 2023.

Par ailleurs, pour accompagner la réduction des émissions de PFAS des industriels concernés de façon significative au niveau national, le MTECT souhaite mettre en œuvre une surveillance des effluents industriels fortement susceptibles de contenir des PFAS. Afin d'encadrer cette surveillance, un projet d'arrêté ministériel est proposé, prévoyant la mesure des concentrations en PFAS dans les effluents de certaines installations classées pour la protection de l'environnement. En fonction des résultats obtenus à l'issue de cette campagne de recherche et d'analyse, une surveillance pérenne des PFAS présents dans les rejets aqueux des installations fortement émettrices sera mise en place. Lorsque des rejets importants seront identifiés, une démarche de réduction sera mise en place localement. L'objectif de cette action est de caractériser la présence de PFAS en sortie de ces installations, afin d'identifier les substances prédominantes au sein des rejets et les secteurs d'activités fortement émetteurs qui y sont associés.

Concernant la dépollution des eaux et des sols contaminés et conformément aux éléments développés dans le présent rapport, le plan d'actions prévoit de travailler en priorité à la réduction à la source des émissions de PFAS. Aussi, pour les sites émetteurs de PFAS, des études seront notamment réalisées quant à l'opportunité de sortir les déchets réputés contaminés par les PFAS des filières de recyclage et à la limitation de l'acceptation de ces déchets aux seules installations adaptées.

Un troisième axe majeur du plan d'action du MTECT vise à améliorer les connaissances quant à la présence des PFAS dans l'environnement. Concernant les activités ayant émis des PFAS par le passé, il

¹⁰ Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires. [Plan d'actions ministériel sur les PFAS](#). Janvier 2023.

est prévu de poursuivre l'inventaire sur les grands incendies d'hydrocarbures ayant eu lieu depuis les années 1950 ainsi que sur les sites d'entraînements civils et militaires qui ont utilisés des mousses anti-incendie. Par ailleurs, l'imprégnation des sols en PFAS sera désormais investiguée lors des cessations d'activités industrielles pour les secteurs qui s'y prêtent. Enfin, la mise en place d'une meilleure articulation dans le partage de données sur les PFAS dans l'environnement entre acteurs sera un objectif poursuivi à travers ce plan d'actions.

Enfin, dans le but d'augmenter la surveillance de l'imprégnation de l'environnement par les PFAS, il est prévu que de nouveaux PFAS (en plus des 4 PFAS suivis dans les eaux superficielles et les 20 suivis dans les eaux souterraines) soient inclus dans les campagnes sur les émergents nationaux (EMNAT) menées par les Agences de l'eau et l'OFB. Les Agences régionales de santé (ARS) pourront également, dès à présent, compléter leur contrôle sanitaire, notamment dans les secteurs identifiés comme problématiques vis-à-vis des PFAS.

Table des illustrations

Tableau 1 : concentrations en PFAS dans les eaux souterraines en France (source : banque ADES – BRGM : Laurence Gourcy)	9
Carte 1 : Nombre de PFAS quantifiés par point d'eau (source BRGM : Laurence Gourcy).....	10
Carte 2 : concentrations maximales des PFOA observées dans les nappes (source BRGM : Laurence Gourcy)	11
Cartes 3 et 4 : cartes de concentrations maximales des eaux souterraines françaises en PFOS et PFHxA (sources : BRGM).....	12
Cartes 5 et 6 : cartes de concentrations maximales des eaux souterraines françaises en PFPeA et PFHpA (sources BRGM)	12
Carte 7 : nombre de dépassements de la NQE en PFOS dans le bassin Seine-Normandie (source : Agence de l'Eau Seine-Normandie).....	14
Tableau 2 : fréquence de détection observée sur 315 échantillons d'eau issus de 133 prélèvements d'eau en rivière.....	15
Tableau 3 : principaux traitements de finition pouvant éliminer les PFAS	18
Figure 1 : schéma de principe de la station de traitement des effluents liquides	19
Tableau 4 : méthodes éprouvées de traitement des sols qui peuvent ou pourraient être appliquées aux PFAS	20

Sources

G. Munoz *et al.* Spatial distribution and partitioning of selected PFAS in freshwater ecosystems: a French nationwide survey – STE – 2015; G Munoz - Thèse de doctorat Université de Bordeaux - 2015 ; P Labadie et al. Biogeochemical dynamics of PFAS acids and sulfonates in the River Seine under contrasting hydrological conditions – EP – 2011.

Ian T. Cousins *et al.* Outside the Safe Operating Space of a New Planetary Boundary for Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) - Environmental Science & Technology 2022 56 (16), 11172-11179.

Mark L. Brusseau *et al.*, PFAS concentrations in soils: Background levels versus contaminated sites - Science of Total Environment, june 2020

Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires. Plan d'actions ministériel sur les PFAS. Janvier 2023.