

Traitement efficace des PFAS

Fractionnement par moussage · Adsorption · Echange d'ions

Résumé

Le choix d'un procédé efficace pour le traitement de l'eau dépend en grande partie des teneurs en PFAS ou des flux en PFAS. Si les concentrations sont faibles, de l'ordre de 0,1 à 10 µg/L, l'adsorption sur charbon actif en tant que technologie principale constitue le procédé de traitement le plus efficace et le moins coûteux [1, 2]. Sur les sites pollués en PFAS, les eaux souterraines fortement concentrées ; les eaux d'infiltration ; les eaux d'extinction des incendies ainsi que les eaux de traitement peuvent contenir des teneurs élevées en PFAS de l'ordre de 50 à 500 µg/L, voire supérieures. Dans ces cas, l'adsorption sur charbon actif n'est pas rentable à cause d'importants coûts d'exploitation. C'est alors qu'une combinaison de procédés s'impose, comprenant le fractionnement par moussage comme étape principale d'épuration, accompagnée d'une épuration fine en aval via des filtres à charbon actif et/ou des échangeurs d'ions [1]. Depuis 2009, Züblin Umwelttechnik GmbH a construit environ 70 installations individuelles de traitement d'eau chargées en PFAS sur différents sites en Allemagne, en Suisse, en France et en Italie. Nos installations respectent en toute sécurité les valeurs cibles de tous les composés individuels de PFAS pertinents, conformément au guide d'évaluation des PFAS de l'État fédéral.

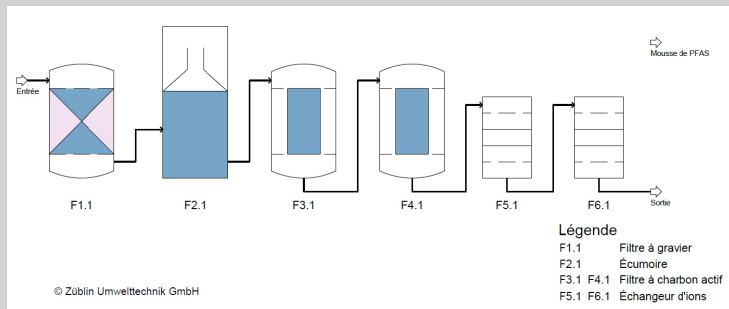


Fig. 1: Schéma des étapes du procédé de traitement d'eau à forte teneur en PFAS : Filtre à gravier → Fractionnement par moussage → Adsorption par le charbon actif → Echange d'ions [1]

Adsorption par le charbon actif

Pour les milieux aqueux présentant de faibles concentrations en PFAS, de l'ordre de 0,1 à 10 µg/L, la technologie de base de l'adsorption sur charbon actif constitue le procédé de nettoyage le plus efficace et le plus économique pour les milieux aqueux [1, 2], (Fig. 2). Il est prouvé que notre charbon actif en grains PFAS optima® permet d'obtenir des teneurs en PFAS < 1 ng/L (!) par substance individuelle, même pour les PFAS à chaîne courte. Le charbon actif chargé de PFAS peut être réactivé dans des fours spéciaux à haute température avec postcombustion des gaz d'échappement et lavage alcalin. La matière réactivée est réutilisée, ce qui évite de produire des déchets à éliminer. Le charbon actif réactivé est durable car il présente une empreinte carbone inférieure de 80% à celle du charbon neuf et de l'incinération du charbon actif chargé.

Echanges d'ions

Les échangeurs d'ions peuvent constituer une alternative ou un complément intéressant au charbon actif, en particulier pour l'élimination des PFAS à chaîne courte [1], Fig. 4. Ce procédé nécessite de faibles temps de contact de quelques minutes. Cependant, les résines échangeuses d'ions pour les PFAS sont coûteuses et ne peuvent pas être régénérées. Des teneurs élevées en sel réduisent la charge et peuvent donc être un critère d'exclusion.

Fractionnement par moussage

Le fractionnement par moussage (Fig. 3) est un procédé permettant de séparer les substances tensioactives des solutions aqueuses. Celles-ci sont aérées de manière intensive, les PFAS se fixant par adsorption à l'interface air-eau de la mousse obtenue. La mousse séparée contient des PFAS en fortes concentrations, qui doivent être éliminés. Le fractionnement de la mousse est surtout bien adapté aux PFAS à longue chaîne ; pour les PFAS à courte chaîne, l'ajout d'un agent tensioactif est nécessaire. Pour atteindre les faibles valeurs cibles d'épuration, une combinaison de procédés s'impose. Elle comprend le fractionnement par moussage comme étape d'épuration principale, accompagnée d'une épuration fine en aval par des filtres à charbon actif et/ou des échangeurs d'ions [1].

Essais en laboratoire, installations expérimentales mobiles

Pour les contaminations au PFAS accompagnées de substances perturbatrices telles que le fer, le manganèse, le COT/DOC ou d'autres polluants, il peut être utile de procéder à des analyses préliminaires en laboratoire ou sur le terrain. Si besoin, nous proposons la réalisation d'isothermes d'adsorption avec des échantillons témoin ou encore des installations expérimentales mobiles (Fig. 5) pour des tests de pompage ou des essais pilotes. Il est ainsi possible d'identifier en amont quel(s) procédé(s) et quels médias filtrants sont les mieux adaptés au traitement de l'eau, sur les plans technique et économique.

Littérature

- [1] ETARD N, LINKE M, EDEL H-G (2024) Nouveaux développements et progrès pour le traitement des sols et des eaux contaminées par des PFAS, PFAS 3^{ème} Congrès International, 4.-6. Juin 2024, Paris (conférence)
[2] LINKE M, EDEL H-G, ETARD N (2023) Procédés de nettoyage pour les fluides chargés en PFAS, Intersol 2023, 29. Mars 2023, Lille



Fig. 2: Installation de traitement des eaux souterraines PFAS, Qw = 125-150 m³/h, sécurité hydraulique en aval avec zone de captage de l'usine d'eau, Berlin

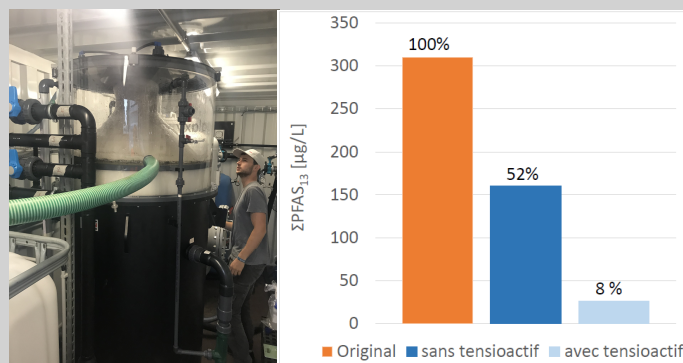


Fig. 3: Fractionnement par moussage des PFAS, Traitement des lixiviats en Bavière (à gauche, Allemagne), teneurs résiduelles ΣPFAS₁₃ après fractionnement par moussage sans/avec ajout de tensioactif (à droite)



Fig. 4: Combinaison de procédés d'adsorption sur charbon actif / échange d'ions. Installation de purification d'eau Qw = 7,2 m³/h, Site militaire américain, Allemagne



Fig. 5: Installation d'essai mobile avec six cartouches filtrantes pour tester différents médias filtrants, Qw = 150 - 300 l/h