



L'usine du Syndicat des Eaux d'Ile-de-France (Sedif) à Méry-sur-Oise.

ARTICLE
INTERACTIF

Polluants « émergents » : adapter les filières de potabilisation

Patrick Philipon

Abstract

Whatever the name by which we designate them, new micropollutants are constantly being added to the list of parameters to be respected in water intended for human consumption. Faced with evolving regulations, drinking water producers must adapt.

Quel que soit le nom par lequel on les désigne, de nouveaux micropolluants viennent constamment s'ajouter à la liste des paramètres à respecter dans l'eau destinée à la consommation humaine. Face à une réglementation en évolution, les producteurs d'eau potable doivent s'adapter.

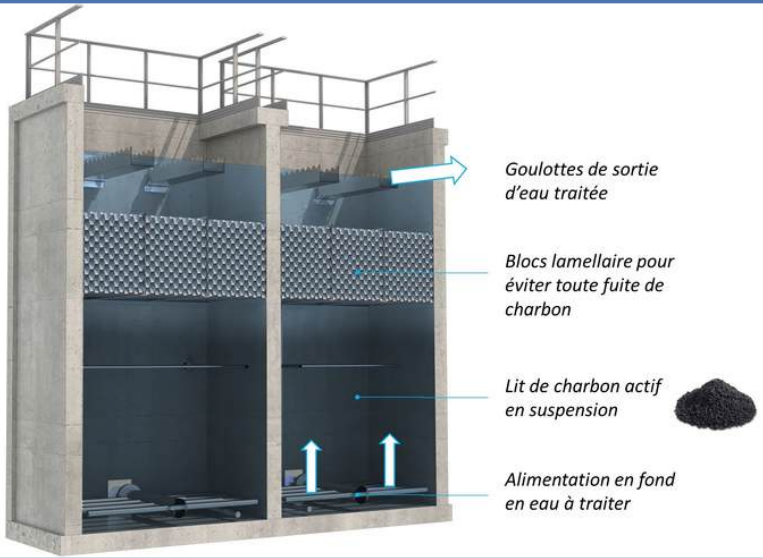
Il s'agit d'émergents que le nom. On appelle ces polluants ainsi non pas parce qu'ils seraient apparus récemment dans les masses d'eau souterraines ou de surface mais, tout simplement, parce qu'on ne sait les détecter et les mesurer que depuis peu. Outre les paramètres classiques (pollution micro-biologique, matières en suspension, matière organique, pesticides, nitrates, fluor, plomb...), les producteurs d'eau

potable sont de plus en plus tenus de se préoccuper de ces nouveaux venus. Mais de quoi parle-t-on? La liste est par définition sans fin mais quelques critères permettent de cerner le problème. Corinne Feliens, directrice de la Recherche Développement et Qualité de l'Eau chez Eau de Paris, qui tient à souligner la spectaculaire montée en compétence des laboratoires d'analyse du monde de l'eau, introduit une première

CARBOCYCLE®

TRAITEMENT EFFICACE CONTRE LES MICRO-POLLUANTS

CARBOCYCLE®, brevet exclusif Sources, permet l'élimination des pesticides, micropolluants, métabolites et PFAS dans un réacteur à lit fluidisé de charbon actif en micrograin.



UN PROCÉDÉ ROBUSTE ET ÉVOLUTIF



- ✓ Mise en œuvre de charbon actif micrograin, à la **capacité d'adsorption élevée en micropolluants**
- ✓ Pas de nécessité d'injection de réactifs chimiques
- ✓ Dose de charbon **ajustable** selon la pollution mesurée et **les évolutions futures de réglementation**
- ✓ Charbon actif micrograin régénérable, pouvant être réutilisé

UNE ÉLIMINATION EFFICACE



- ✓ Les molécules indésirables ne sont ni concentrées, ni transformées **mais définitivement retirées de l'eau**
- ✓ **Élimination d'un large spectre de micropolluants** : produits phytosanitaires (pesticides, désherbants...), résidus médicamenteux (anti-épileptique, hormones, anxiolytiques...), PFAS (polluants éternels).



caractéristique : « il s'agit essentiellement de polluants chimiques liés à l'activité humaine, qu'elle soit agricole, industrielle ou domestique ». Par ailleurs, comme le souligne Gilles Boulanger, directeur du Cirsee¹ chez Suez, « ce sont des molécules présentes à l'état de traces, de l'ordre du microgramme/l, dans les eaux brutes ». D'ailleurs, plutôt que de polluants « émergents », les opérateurs parlent plus volontiers de micropolluants. Autre aspect important, souligné par Pierre Pieronne, Référent Production / Qualité eau potable chez Suez Eau France : « ce sont des substances préoccupantes pour les autorités scientifiques et sanitaires. Depuis que l'on arrive à déceler ces substances dans la ressource, les autorités scientifiques et sanitaires les étudient pour en connaître les seuils de toxicité et leur occurrence dans le milieu naturel. »

« Dans les années 1980, les polluants « émergents » étaient les pesticides, comme l'atrazine par exemple. En fait, on peut estimer que tout paramètre qui n'est pas microbiologique ou physico-chimique est un polluant émergent » résume Christophe Mechouk, Président du groupe de travail Réglementation et traitement de l'eau à l'Astee². Il existe donc d'innombrables molécules répondant à ces critères, dont la plupart ne sont pas encore prises en compte par la réglementation. Perturbateurs endocriniens, résidus médicamenteux, pesticides et leurs métabolites, PFAS (substances per- et polyfluoroalkylées) ou microplastiques sont aujourd'hui les plus fréquemment cités.

Veolia a justement annoncé début septembre 2024 la fin de sa campagne d'analyse nationale pour établir un état des lieux de la présence des 20 PFAS réglementés dans l'eau potable en France, sur la base des seuils de qualité en vigueur, lancée en novembre 2023. Celle-ci avait notamment pour enjeu d'anticiper l'obligation des autorités sanitaires d'intégrer systématiquement ces paramètres dans leurs contrôles à partir de 2026.

Pour cette campagne, ce sont plus de 2 400 points de prélèvement d'eau potable gérés par Veolia, desservant plus de 20 millions d'habitants, qui ont été analysés.

Le groupe peut attester de la conformité de l'eau potable au regard des normes PFAS pour « plus de 99% de ses points de prélèvement ».

Face à cette problématique, Veolia a par ailleurs décidé d'investir dans un dispositif d'intervention mobile de 30 unités d'intervention dont 25 unités mobiles de traitement (UMT) et 6 laboratoires mobiles « Diabolo » permettant, dans le cas où c'est applicable, de définir le meilleur type de média de traitement sur les micropolluants détectés (comme le charbon actif), à déterminer sa quantité et la fréquence de renouvellement des filtres nécessaire, ainsi que le coût associé.

« Notre objectif est d'accompagner nos clients à relever le défi de la qualité de l'eau potable en mettant à leur disposition, grâce à la profondeur de notre portefeuille technologique et notre expertise, toute une palette de solutions adaptables à chaque situation, en tenant compte des spécificités locales et des contraintes économiques. Nous utilisons pour cela des procédés de pointe comme le charbon actif et la nanofiltration, ou encore l'osmose inverse basse pression, tout en continuant à innover pour développer de nouvelles méthodes de traitement pour anticiper les normes de qualité futures » ajoute Pierre Ribaute, directeur de la zone déléguée Eau France.

UNE RÉGLEMENTATION TOUFFUE

Etant donné l'ampleur du problème et l'avancée incessante des connaissances, la réglementation les concernant est elle-même complexe et mouvante. La directive européenne³ 2020/2184 du 16 décembre 2020, « relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine », transcrite en droit français entre décembre 2022 et janvier 2023, fixe (entre autres) une liste de plusieurs dizaines de paramètres à respecter pour qu'une eau soit déclarée conforme. Parmi eux figurent des micropolluants. La vaste famille des pesticides constitue un paramètre, de même que celle des PFAS, alors que chacune comprend des milliers de molécules différentes.

La Commission a adopté une définition assez inclusive des pesticides organiques⁴ puisqu'elle comprend les insecticides, les herbicides, les fongicides, les nématicides, les acaricides, les algicides, les rodenticides, les produits anti-moisissures, les produits apparentés (notamment les régulateurs de croissance) et leurs métabolites. Aucune de ces molécules ne doit être individuellement présente à plus de 0,10 µg/l (et même 0,030 µg/l pour l'aldrine, la dieldrine, l'heptachlore et l'heptachlore époxyde). En tout état de cause, la somme des pesticides présents dans une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas dépasser 0,50 µg/l. Si la présence des pesticides parmi les micropolluants réglementés n'est plus une nouveauté, la directive se préoccupe désormais également de leurs métabolites, soit les produits de la dégradation des molécules-mères dans le milieu naturel. Tous les métabolites d'un pesticide ne sont toutefois pas préoccupants, d'où l'introduction de la notion de pertinence. Pour la Commission, « un métabolite de pesticide est jugé pertinent pour les eaux destinées à la consommation humaine s'il y a lieu de considérer qu'il possède des propriétés intrinsèques comparables à celles de la substance mère en ce qui concerne son activité cible pesticide ou qu'il fait peser par lui-même ou par ses produits de transformation un risque sanitaire pour les consommateurs ». Les métabolites pertinents sont soumis au même seuil que leur molécule mère. En revanche, il revient à chaque État membre de fixer un seuil pour les métabolites non pertinents. Dans son avis⁵ du 30 janvier 2019, l'Anses a ainsi proposé pour ces derniers une valeur de 0,90 µg/l.

Pour ne rien simplifier, la liste positive des molécules mères réglementées est fixée au niveau européen mais chaque État dresse sa propre liste de métabolites pertinents. En France, c'est une instruction du ministère en charge de la santé qui précise que la caractérisation de pertinent (ou non) d'un métabolite de pesticide repose sur les expertises menées par l'Anses. « Le principe de précaution veut que l'on classe un

1. Centre International de Recherche Sur l'Eau et l'Environnement, le centre mondial de l'innovation chez Suez, situé en région parisienne

2. Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement, voir <https://www.astee.org/>

3. voir <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020L2184>

4. par opposition à des molécules minérales, non prises en compte ici

5. Voir <https://anses.fr/fr/system/files/EAUX2015SA0252.pdf>



contact@chemdocwater.com

Concepteur Fabricant

Unités clés en mains

jusqu'à 500m³/h

Vente - Location



Eau utilités et process



Eau osmosée Process, Utilités

Eau déminée

Chaufferie / refroidissement

Eau pour l'hydrogène vert

Eau ingrédient



Eau ingrédient

CE1935/2004

Eau purifiée

Pharmacie

Eau potable

ACS

Contaminants émergents

Recyclage REUT - ReUSE



Recyclage avancé pour utilités

Unités mobiles de recyclage

Essais pilotes

Tél : 07.83.50.30.79

reuse@chemdocwater.com

métabolite comme pertinent par défaut en attendant que l'Anses détermine son niveau de risque sanitaire sur la base des études existantes» souligne Jean Laurent, Directeur Expertise Process du Groupe Saur. À ce jour, l'Anses a analysé 24 métabolites et en a classé 8 comme pertinents.

Le fait que chaque État établisse sa propre liste peut mener à des situations surprenantes. Ainsi pour le métabolite R471811 du chlorothalonil (une molécule mère classée potentiellement cancérogène au niveau européen), qui a fait couler beaucoup d'encre récemment. Initialement classé comme pertinent par l'Anses, ce métabolite a été déclassé fin avril 2024, au vu de nouvelles études. En revanche, un autre métabolite du chlorothalonil, le R417888, est toujours considéré comme pertinent en France. « En Belgique, c'est l'inverse ! » souligne Sylvie Thibert ingénieure Gestion des risques sanitaires au Sedif. Dans le même ordre d'idée, le métolachlore ESA, un métabolite du S-métolachlore omniprésent dans les eaux françaises, et initialement considéré comme pertinent, a été déclassé en septembre 2022.

Les PFAS (voir à ce sujet notre dossier dans EIN 472) font leur apparition dans cette nouvelle version de la directive, avec 20 molécules considérées comme préoccupantes et dont la somme ne doit pas dépasser 0,10 µg/l. Il s'agit de PFAS à chaîne carbonée - courte à relativement longue, les seuls que l'on sache vraiment mesurer aujourd'hui. Autre paramètre possible: le total des PFAS détectés ne doit pas dépasser 0,50 µg/l. Les États membres peuvent choisir l'un ou l'autre de ces seuils et, pour la transposition⁶ de cette partie de la directive, la France a choisi de s'en tenir à la valeur de 0,10 µg/l pour les 20 PFAS de la liste plutôt qu'au « total PFAS ». Explication: « Les laboratoires intègrent constamment de nouveaux PFAS dans leur arsenal de molécules mesurables, aussi le total n'est-il pas stabilisé actuellement. L'Anses a d'ailleurs lancé une nouvelle étude exploratoire du territoire français, en 2024-2025, portant cette fois sur les PFAS à chaînes courtes, dont l'acide trifluoroacétique (TFA) qui a récemment fait parler de lui. Vers mi-2025, l'Anses devrait rendre un avis qui pourrait potentiellement conduire à intégrer de nouvelles



Plateforme MEMlab (performances des membranes d'ultrafiltration, nanofiltration et osmose inverse) du CIRSEE, à Croissy-sur-Seine.

molécules à surveiller. Le législateur pourra alors peut-être intégrer la notion de PFAS totaux» explique Jean Laurent (Saur).

Il faut noter que, si la directive est applicable depuis le 12 janvier 2023, quelques polluants « bénéficiant » d'une période transitoire jusqu'au 12 janvier 2026, laissant aux États membres le temps de prendre les mesures nécessaires pour s'assurer du respect des seuils. Il s'agit du bisphénol A, des chlorates, des chlorites, des acides haloacétiques, de la microcystine-LR (une toxine produite par les cyanobactéries), des PFAS et l'uranium. Chlorates, chlorites et acides haloacétiques étant des sous-produits de désinfection, la mesure n'est évidemment applicable que si les méthodes de désinfection correspondantes sont utilisées pour la potabilisation.

Les prescriptions de la directive ne se limitent pas à ces seuils réglementaires. L'autre grande nouveauté est l'introduction d'une « liste de vigilance » concernant des molécules préoccupantes mais pour lesquelles les données d'occurrence et de risque sanitaire manquent. Elle concerne les perturbateurs endocriniens, les produits pharmaceutiques et les microplastiques. « Nous devons les surveiller dans les ressources et dans l'eau produite mais ça ne joue pas sur la conformité de l'eau distribuée. Si des études nouvelles suggèrent leur dangerosité, elles rejoindront sans doute les molécules réglementées » estime Sylvie Thibert (Sedif). « L'objectif est d'améliorer

la connaissance et de développer des méthodes analytiques » confirme Pierre Pieronne (Suez). Parmi les perturbateurs endocriniens, la Commission vise en particulier le nonylphénol et le bêta-œstradiol, molécules signalées par l'OMS (au même titre d'ailleurs que le bisphénol A).

SEUILS RÉGLEMENTAIRES ET RISQUE SANITAIRE

Tous les opérateurs insistent sur ce fait, souvent mal compris des consommateurs: une eau non conforme car dépassant un ou plusieurs seuils réglementaires n'est pas *ipso facto* dangereuse pour la santé. « Il est important de bien faire la distinction entre les seuils réglementaires et les valeurs sanitaires, en dessous desquelles il n'y a aucun risque pour la santé. Or ces valeurs sont beaucoup plus élevées que les seuils de conformité » souligne ainsi Adrien Richet, ingénieur en charge des filières haute performance au Sedif. En France, c'est l'Anses qui fixe les valeurs sanitaires, ou Vmax dérogatoires, pour garantir la santé du consommateur même en situation de dépassement des seuils réglementaires. Elles permettent, si l'eau reste en deçà de la Vmax, de continuer à la distribuer de manière transitoire, le temps de mettre en place des mesures correctives. « En l'absence de Vmax déterminée par l'Anses, le législateur adopte les valeurs sanitaires transitoires fixées par l'agence allemande, l'UBA, à 3µg/l ou 1µg/l selon le type de

6. Voir arrêté 30 décembre 2022, <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGIARTI000046887471/2023-01-01/>

PFAS : prélèvements et analyses françaises

WESSLING
part of **ALS Limited**



Votre contact direct :

Frédéric JEAMPIERRE
 frederic.jeampierre@wessling.fr
 +33 4 74 99 96 20

Soyez en règle, confiez-nous :

- Analyses réglementaires ICPE et eau, dont les PFAS 20-28 molécules*, voire plus si besoin.
- Prélèvements fractionnés accrédités COFRAC* (eau).

Nous réalisons également :
 analyses de sols et de sédiments, audits SRR
 et contrôles inopinés DREAL.

WWW.WESSLING.FR | | | | |



*Accréditations
 n°1-1364 et n°1-6579
 Liste des sites et
 portées disponibles
 sur www.cofrac.fr



La gamme Jouplast® de plaques perméables



métabolites, et à 3µg/l pour les pesticides. Pour les PFAS, les modalités de gestion sanitaire en cas de dépassement sont harmonisées entre les ARS, selon le modèle de l'ARS Auvergne-Rhône-Alpes » explique Jean Laurent (Saur). Résumons : une eau non conforme réglementairement mais ayant une teneur en polluants inférieure aux limites sanitaires peut continuer à être distribuée pendant une période dérogatoire de six ans maximum, pendant laquelle l'opérateur doit prendre les mesures pour ramener l'eau à la conformité. En revanche, si les limites sanitaires sont dépassées, des restrictions d'usage sont édictées.

LES COLLECTIVITÉS DEVANT UN CHOIX

Il existe donc les polluants déjà réglementés, ceux qui le seront bientôt, ceux qui sont placés sous surveillance... et tous ceux que l'on ne connaît pas encore ou dont on ne s'occupe pas aujourd'hui mais qui peuvent se révéler préoccupants à tout moment. Face à cette incertitude, comment les collectivités responsables peuvent-elles se positionner ? Selon Gilles Boulanger (Suez), « quelques collectivités pionnières anticipent les évolutions à venir mais la plupart se réfèrent « uniquement » à la réglementation en vigueur ». Ce que confirme Jean-Yves Thévenet, directeur général de la construction chez Aqualter : « Les polluants émergents ne figurent pas encore dans les appels d'offre pour la construction ou la mise à jour des usines de potabilisation en France mais les clients commencent à analyser leurs ressources afin de se préparer, d'anticiper l'évolution des normes. Nous opérons

également en Suisse, un pays en avance sur le sujet où les MOA prennent d'ores et déjà en compte ces polluants. »

« Afin d'accompagner les collectivités et les entreprises dans cette transition, il est crucial d'élaborer un programme de gestion des risques sur mesure. Ce programme devrait inclure des outils de surveillance spécifiques aux micropolluants les plus critiques dans chaque région, avec des campagnes de suivi régulières et des formations dédiées aux opérateurs de traitement des eaux. Des audits annuels et des mises à jour basées sur les dernières données analytiques permettront d'adapter rapidement les stratégies de gestion des risques », ajoute Mickaël Nicolas, Directeur R&D au sein du groupe Carso. L'incertitude réglementaire pose en effet un problème : comment investir de manière pertinente dans des équipements qui fonctionneront pendant plusieurs décennies si la réglementation est susceptible de changer rapidement ? C'est sans doute pour cela que le cadre européen est remis à plat tous les dix ans - la directive stipule un réexamen « au plus tard neuf ans après la date limite de transcription » - avec des évolutions plus limitées (portant surtout sur la liste des molécules réglementées) tous les cinq ans. « Les maîtres d'ouvrage ont besoin d'une certaine visibilité sur l'évolution des directives, significativement tous les 20 ans, un pas de temps qui permet aux collectivités de s'engager sur des investissements qui doivent s'inscrire dans la durée » estime ainsi Gilles Boulanger (Suez). Autre dimension à prendre en compte : la liste des polluants réglementés est par nature extensive mais chaque collectivité fait

face à un « cocktail » local dans sa ressource. La réponse se doit donc d'être sur-mesure.

Quoi qu'il en soit, en cas de non-conformité de la ressource, une collectivité dispose de plusieurs options. Tout d'abord, si c'est possible, se débrouiller avec l'existant, autrement dit diluer l'eau contaminée si elle dispose de plusieurs ressources, ou faire appel à l'interconnexion avec des collectivités voisines. Il arrive aussi qu'un captage doive être abandonné. Jean Laurent, pour Saur, évoque ainsi une collectivité du sud de la France dont l'eau brute provenait à 15% de forages et 85% d'un cours d'eau. Pour se conformer au seuil de 0,10 µg/l sur un pesticide, il a fallu réduire la part du forage à 5%. « Le premier réflexe est la dilution mais, avec la raréfaction de l'eau dans certaines régions, il devient compliqué de se passer de certaines ressources, et en trouver de nouvelles n'est pas garanti » souligne toutefois Christophe Mechouk (Astee). Si ce n'est pas possible, il faut se résoudre à modifier l'usine de potabilisation en ajoutant ou renforçant une étape de traitement.

L'INDISPENSABLE ANALYSE

Avant même d'envisager d'éventuelles mesures correctives, il convient évidemment de caractériser les ressources locales puis d'exercer une surveillance ciblée en fonction des risques identifiés. Cela se fait par analyse d'échantillons au laboratoire car les méthodes capables de mesurer les micropolluants organiques - essentiellement la chromatographie en phase liquide ou gazeuse et couplée à la spectrométrie de masse - ne sont pas aujourd'hui automatisables en ligne. C'est donc l'affaire d'entités comme Carso, Eurofins, Inovalys, SGS, Terana ou Wessling, entre autres, et de laboratoires d'analyses des grandes régions comme celui d'eau de Paris.

Pour répondre à cette exigence et atteindre les limites de sensibilité attendues, il est nécessaire de concentrer certains échantillons et de simplifier leur matrice complexe en supprimant un maximum d'interférents, qui pourraient entraver leur analyse chromatographique. Afin d'optimiser cette étape cruciale de préparation des échantillons, Macherey-Nagel a développé une cartouche SPE : Chromabond® PFAS, une phase combinée à base de polymères



© Sources

Usine de production d'eau potable de Meaux sur les bords de Marne, traitant les micropolluants avec le procédé Carbocycle®.



Résines échangeuses d'ions
et adsorbantes pour préserver
votre qualité d'eau, réaliser un
traitement efficace et assurer la
conformité réglementaire.

- Traitements de nappes
- Effluents industriels
- Eaux usées
- Eaux potables
- Eaux industrielles

www.puoliteresins.com
france@puoliteresins.com
Tel. 01 42 56 45 63

qui contient une faible fonctionnalité d'échange d'anions faible. La combinaison de différentes phases SPE permet d'utiliser diverses interactions (dipôle-dipôle, ionique, hydrophobe, liaison H). Une des sources de pollution des eaux provient des composés organiques volatiles (COV) qui peuvent être introduits par des rejets liquides industriels ou transférés depuis une atmosphère gazeuse polluée. La société Chromatotec® développe ainsi des instruments dédiés à l'identification et à la quantification de ces polluants, tout particulièrement des composés organiques volatiles (COV) dans l'air et dans l'eau. La Méthode US EPA 502.2 est une méthode d'usage général pour l'identification et la mesure simultanée de composés organiques volatils purgeables dans l'eau de source brute, dans l'eau potable ou dans les eaux usées. Le procédé est applicable à une large gamme de composés organiques qui ont une volatilité suffisamment élevée et une faible solubilité dans l'eau pour être efficacement éliminés des échantillons d'eau avec des procédures de purge et de piégeage (60 composés chimiques).

Le Groupe Saur propose quant à elle à ses collectivités délégantes une offre basée sur l'inventaire complet en sortie d'usine et dans les eaux brutes de toutes les molécules qui vont entrer dans la réglementation applicable en janvier 2026: métabolites de pesticides, PFAS (les 20 de la liste réglementaire plus 27 autres à chaîne courte, dont le TFA, en prévision des avancées de l'Anses), sous-produits de désinfection, perturbateurs endocriniens, paramètres nouveaux ou dont le seuil de qualité a été révisé ou renforcé, etc. « Nous procédons par campagnes successives car il faut étaler les analyses sur l'année pour prendre en compte les variations saisonnières. Nous intégrons aussi le COT, un paramètre très important car la matière organique a un impact démontré sur la capacité des installations à éliminer les micropolluants » précise Jean Laurent (Saur).

« Le Cirsee a développé des méthodes analytiques visant, entre autres, une soixantaine de PFAS, y compris à chaîne courte, alors que les laboratoires commerciaux ne mesurent que les 20 PFAS réglementés. Cela permet d'établir un diagnostic initial précis et de vérifier les performances des traitements mais ne concerne pas la



L'usine d'Orly 2 (Eau de Paris).

surveillance de routine » explique de son côté Pierre Pieronne pour Suez.

« La filière PFAS a pris une telle importance dans notre système de production que nous sommes arrivés à la conclusion qu'il fallait créer un laboratoire dédié aux PFAS et doté de ses propres capacités de Recherche et Développement » ajoute Gabriel ZARDO, Président d'Eurofins Hydrologie Est.

Certains syndicats importants développent leur propre dispositif d'analyse. Eau de Paris réalise ainsi plusieurs centaines de milliers d'analyses par an, tant sur les ressources que dans les usines ou le réseau de distribution. « Nous disposons de notre propre laboratoire accrédité Cofrac, ce qui nous permet de répondre aux exigences d'autosurveillance et de mener des recherches sur les paramètres émergents, et constitue une importante source d'information sur les pollutions à bas bruit » affirme Corine Feliers. Le Sedif travaille pour sa part avec des laboratoires extérieurs (essentiellement Carso) et vise une liste extensive de polluants: plus de 500 pesticides, des résidus médicamenteux, les microplastiques, les PFAS, etc.

L'intérêt croissant pour la détection des contaminants émergents mentionnés précédemment, ainsi que les évolutions constantes de la réglementation de l'UE, exigent le développement de méthodes analytiques spécialisées telles que la chromatographie, la spectrométrie de masse, la mesure du carbone organique total (COT) et la spectroscopie. Comme le soulignent Laura Akbal et Manuel Moragues, ingénieurs d'applications chez Shimadzu France : Dans cette quête d'ajout permanent de

nouvelles molécules, les constructeurs d'équipements de chimie analytique, comme Shimadzu, travaillent perpétuellement sur le développement de méthodes et d'instruments analytiques plus sensibles, plus robustes, et plus rapides afin d'améliorer les seuils de détection et d'être le plus exhaustif possible en termes de polluants recherchés.

C'est une course sans fin puisque, pour chaque nouvelle molécule à analyser, il faut créer des standards, développer des protocoles et des normes. « Plusieurs équipes scientifiques - et nous-mêmes - travaillent sur les bioessais en laboratoire. Plutôt que de chercher sans fin la signature spectrale de nouvelles molécules, il s'agit d'évaluer globalement les effets toxiques (perturbateurs endocriniens, oxydants, cancérigènes...) d'une eau, grâce à la réaction d'organismes vivants. Ces technologies qui ont émergé il a une vingtaine d'années arrivent maintenant à maturité » explique Gilles Boulanger (Suez). Précisons qu'il s'agit là de techniques de laboratoire calibrées et non des dispositifs d'alerte placés dans la ressource et basés sur le comportement d'espèces macroscopique, déjà disponibles sur le marché, comme par exemple le Toxmate de Viewpoint. « Le ToxMate permet d'avoir une vue globale sur les micropolluants réglementés ou pas afin de mieux anticiper les évolutions futures, De nombreux sites utilisent maintenant le ToxMate pour déclencher des prélèvements au moment des pics de pollution pour une meilleure identification des micropolluants en cause » explique Didier Neuzeret, président de ViewPoint. « Ce sont des méthodes d'avenir, même si pas encore réglementées.



DOSATRON®

An Ingersoll Rand Business



WATER TREATMENT

Potabilisation • Traitement des eaux de process • Traitement des eaux usées

Dosatron conçoit, produit et commercialise des POMPES DOSEUSES HYDRAULIQUES NON ÉLECTRIQUES pour vos applications dans le domaine du traitement d'eau.

Installé sur le réseau d'eau, le DOSATRON utilise la pression d'eau comme seule force motrice. Ainsi actionné, il aspire le produit concentré, le dose au pourcentage désiré, puis le mélange avec l'eau motrice. La solution réalisée est alors envoyée en aval. La dose de produit injecté est toujours proportionnelle au volume d'eau qui traverse le DOSATRON, quelles que soient les variations de débit ou de pression du réseau.

D25WLIÉPO
+MIXER



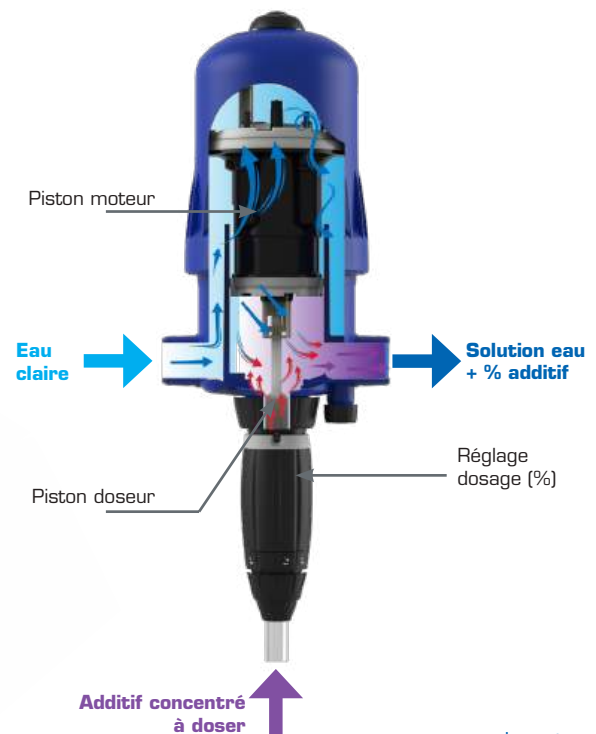
D3WL



D9WL



D30WL



DOSATRON APP
Votre assistant quotidien



www.dosatron.com





Unité Mobile de traitement des PFAS installée proposant une solution de filtres de charbon actif, sous forme de micro-grains.

Notre centre d'innovation, le Cirsee, travaille avec un fournisseur de bioessais sur les PFAS» précise Pierre Pieronne (Suez).

«Les bioessais sont particulièrement bien adaptés à la mesure de la qualité physiologique de l'Eau», ajoute quant à lui le Dr. Gregory Lemkine, directeur du Laboratoire Watchfrog, qui a déjà évalué la qualité des eaux potables à Paris et dans plusieurs communes en Île-de-France.

«La présence de contaminants est très rapidement révélée par les espèces aquatiques qui partagent le même système endocrinien que l'être humain. En quelques heures, l'action perturbatrice d'un mélange de contaminants tels que les PFAS, les résidus de médicaments ou de cosmétiques, se révélera sur l'équilibre hormonal d'un alevin ou d'un têtard. Cela ne préjuge pas des conséquences pour l'humain mais cela permet de chiffrer la qualité physiologique de l'Eau», poursuit-il.

TRAITEMENTS: LE CHARBON ACTIF... ET LE RESTE

«Les dispositifs de traitement existants reposent essentiellement sur le charbon actif. Les résines échangeuses d'ions ou les membranes supposent de passer un cap en termes de coûts d'investissement et d'opération, ainsi que de complexité d'exploitation» affirme d'emblée Jean-Yves Thevenet, d'Aqualter. Ce que confirment la plupart des intervenants. «Le charbon actif reste le principal traitement, ne serait-ce que parce que beaucoup de sites en sont déjà équipés. On peut assez facilement adapter les installations pour traiter de nouveaux micropolluants»

explique par exemple Pierre Pieronne (Suez).

Sources utilise son procédé breveté Carbocycle®, basé sur un lit fluidisé de charbon actif en micro-grains. «Le principe est bien connu, les brevets portent plutôt sur les périphériques: injection du charbon, entrée-sortie d'eau, etc. Nous l'avons proposé pour l'usine de Gourin, dans le Morbihan, actuellement en construction. Il vise dans ce cas le métolachlore ESA, le métolachlore OXA, le métazachlore ESA, l'alachlore ESA et le chlorothalonil R471811. Trois petits pilotes ont fonctionné pendant 6 mois sur le site pour comparer les qualités de charbon, adapter le dimensionnement et le fonctionnement aux polluants locaux. Nous préconisons systématiquement cette démarche car chaque situation est particulière» affirme Christophe Mechouk, Directeur du marché eau potable et expert en traitement de l'eau chez Sources. Cette société vient également d'emporter l'appel d'offres pour l'usine de Meaux, où sera installé un Carbocycle de 1500 m³/h de débit.

Saur se repose essentiellement sur ses procédés Carboplus, à base de charbon actif en grain ou en poudre, et propose également systématiquement des essais pilotes de six mois au minimum. La société a par exemple installé deux unités mobiles de charbon actif en grains (80 m³/h chacune) pour une collectivité de Haute-Savoie dont la ressource souterraine est polluée par des PFAS (en particulier du PFOA) bien au-delà du seuil réglementaire. «Le dispositif a été validé par l'ARS pendant deux mois et est aujourd'hui en fonctionnement de routine. Il n'y a plus de PFAS

détectable dans l'eau produite» affirme Jean Laurent. Le Groupe Saur a également installé un Carboplus (600 m³/h) à base de charbon en poudre pour traiter une eau de surface alimentant une collectivité de Meurthe et Moselle, là encore pour une pollution aux PFAS dont du PFTrDS (acide perfluorotridecane-sulfonique). Le Carboplus est également utilisé pour les métabolites de pesticides, par exemple pour un territoire du sud de la France confronté à une pollution très lourde - au-delà de la VST (Valeur Sanitaire transitoire de 3µg/l) - au chlorothalonil R471811. «L'eau produite est aujourd'hui largement en dessous du seuil réglementaire, d'autant que ce métabolite est désormais classé en non-pertinent, avec par conséquent une nouvelle Valeur Indicative de 0,9 µg/l. Nous obtenons en effet un taux résiduel de 0,06 à 0,08 µg/l. Il est inutile d'aller plus loin, ce qui coûterait beaucoup plus cher: nous cherchons toujours le meilleur ratio technico-économique» souligne Jean Laurent.

La société Donau Carbon propose quant à elle pour le traitement des eaux destinées à la consommation humaine contaminées aux PFAS deux types de charbon actif spécifiques: le charbon actif «Hydriffin CC 8x30 plus» pour les mélanges de PFAS à chaînes longues et courtes et le charbon actif «Hydriffin XC 30» pour les PFAS à chaînes longues. Pour des applications avec filtres à lit fluidisé, le charbon actif «Hydriffin XC 50» est bien adapté. Après utilisation, le charbon actif usagé pourra ensuite être repris pour réactivation sous réserve d'acceptation, avec notamment une attention particulière apportée aux



Le ToxMate est utilisé pour la détection de micropolluants sur les eaux brutes ou en station d'alerte.

substances listées dans le règlement POP (polluants organiques persistants). La société Desotec propose également des services mobiles de filtration sur charbon actif aux entreprises de divers secteurs, notamment celles qui rencontrent des PFAS dans les eaux usées ou les eaux souterraines. Pour assurer une conformité stricte avec les normes européennes en matière de PFAS, elle a mis au point une méthode de mesure précise du taux de PFAS adsorbé sur le charbon actif, afin d'identifier la meilleure méthode de traitement.

« Si la concentration en PFAS est inférieure aux limites réglementaires, nous pouvons traiter le charbon usagé de manière sûre et durable dans nos installations de réactivation, dans le respect total des réglementations relatives aux POP. Nos installations sont équipées pour détruire complètement les PFAS, en les faisant réagir et en les neutralisant. Les gaz et autres impuretés générés par ce processus sont neutralisés par nos unités de postcombustion et d'épuration, ce qui garantit qu'aucun PFAS n'est émis à des niveaux détectables. Grâce à ce processus strict, nous nous assurons que les PFAS sont entièrement détruits en dessous des niveaux détectables », précise Desotec.

Simple à mettre en place et à opérer, ne nécessitant pas de forts investissements, le charbon actif - proposé par exemple par des charbonniers comme Puragen ou Cabot - est donc la première option de traitement. Il trouve toutefois ses limites dans certaines circonstances, par exemple pour des eaux très chargées en polluants ou vis-à-vis de certains composés comme les PFAS à chaîne courte. « Les traitements fonctionnent mais les résiduels restent parfois assez proches de ce que pourraient devenir les seuils réglementaires dans l'avenir puisqu'ils vont vraisemblablement beaucoup baisser, au moins pour certains PFAS. La consommation de charbon deviendrait alors très importante et il faudrait envisager d'autres méthodes » ajoute Jean Laurent (Saur).

Les candidats le plus plausibles sont les résines et les membranes. Leurs atouts sont désormais bien connus... tout comme leurs inconvénients actuels. Ces méthodes sont à ce jour nettement plus coûteuses que le charbon actif, demandent un personnel



Test d'une eau potable au Laboratoire Watchfrog.

formé et génèrent des éluats (résines lorsque celles-ci sont régénérées) ou des volumes importants de concentrats (membranes) pollués dont il faut se débarrasser. « Résines ou membranes représentent de plus une difficulté réglementaire. Il faut en effet obtenir l'autorisation de l'Anses pour les utiliser. C'est coûteux et surtout très long. La FP2E⁷ a d'ailleurs présenté des propositions à la DGS pour accélérer le processus » ajoute Pierre Pieronne (Suez). « Il sera toujours possible de traiter les nouveaux polluants réglementés, à condition d'y mettre les moyens, en termes économiques mais aussi d'adaptation des ressources humaines car les technologies deviennent de plus en plus complexes » souligne pour sa part Christophe Mechouk, de l'Astee.

Chères, énergivores et consommatrices d'eau, les membranes, produites par exemple par Polymem, Toray ou Dupont, ont en revanche pour elles une efficacité garantie quelles que soient la charge de polluant et la nature des molécules à traiter. En clair, elles arrêtent tout ce qui « ne passe pas entre les mailles ». Elles s'imposent donc dans les situations où le charbon actif est à la peine. « La communauté de l'Auxerrois faisait face à une double problématique de pesticides et de nitrates. Nous avons proposé des membranes d'osmose inverse basse pression (OIBP), une solution pertinente qui traite les deux problèmes à la fois. Elle sera mise en service en 2026. Sinon il aurait fallu combiner plusieurs traitements puisque le charbon actif ne retient pas les nitrates » cite par exemple Gilles Boulanger (Suez).

Moins chères que les membranes, non énergivores, les résines échangeuses d'ions - produites par exemple par Purolite, Lanxess ou Chemra - nécessitent la manipulation de produits chimiques pour les phases d'élution, à moins qu'il ne s'agisse de résines à usage unique, non régénérables et donc considérées comme des déchets ultimes une fois saturées. Elles retiennent les molécules polaires, ce que sont beaucoup de micropolluants. Elles sont, par exemple, plus efficaces que le charbon actif sur les PFAS à chaîne courte (non réglementés actuellement), et n'ont besoin d'un temps de contact moindre que les charbons actifs, minimisant ainsi la taille des installations nécessaires tout en restant plus efficaces. « Les résines échangeuses d'ions ont une capacité opérationnelle plus élevée que les autres médias en particulier pour les PFAS à chaînes courtes comme le PFBA, le PFPeA ou le PFHxA », ajoute Eric Butin, de la société Chemra, spécialisée dans la fabrication de résines échangeuses d'ions pour les besoins de l'industrie, qu'il s'agisse du traitement des eaux usées, de la récupération de métaux précieux et de la production d'eau ultrapure pour les processus sensibles. Elles restent toutefois peu utilisées en France (contrairement aux États-Unis, par exemple) pour l'eau potable, ne serait-ce que parce qu'il faut obtenir un agrément de conformité sanitaire (ACS). « Nous avons mis en place une solution à base de résines pour un territoire du Benelux confronté à un problème de PFAS totaux. Bien qu'elle soit autorisée dans les autres pays européens, nous ne pouvons pas utiliser cette

7. Fédération professionnelle des entreprises de l'eau, voir <https://www.fp2e.org/>

technique en France qui ne reconnaît pas leurs autorisations sanitaires» rapporte ainsi Jean Laurent (Saur).

Le fait que les résines échangeuses d'ions ne soient pas encore très utilisées en France en potabilisation s'explique ainsi notamment car aucune d'entre-elles ne dispose pour l'heure de l'agrément ACS, indispensable pour traiter de l'eau potable. «LANXESS est en cours de certification de sa résine sélective Lewatit® TP 108 DW. Mise en place correctement, elle permet de descendre sous les seuils prévus par les prochaines dispositions européennes. Nous avons bon espoir de l'obtenir d'ici fin 2025, avant l'entrée en vigueur des nouvelles dispositions», indique Simon Libert (LANXESS), avant d'ajouter : «Concernant les PFAS, les résines sont un excellent complément au charbon actif, notamment sur les PFAS à chaînes courtes. La résine Lewatit® TP 108 DW a d'ailleurs récemment montré des résultats très intéressants sur le TFA».

La société Ecolab propose également différentes résines Purolite™ pour l'élimination des PFAS en fonction de la composition chimique de l'eau d'alimentation et des micropolluants cibles du traitement des PFAS. Les résines régénérables anioniques faibles (Af) et les résines anioniques fortes (AF) non régénérables peuvent être utilisées seules ou en combinaison. La résine anionique faible régénérable peut être utilisée pour l'élimination ciblée des PFAS à chaîne ultra-courte, courte et longue et peut être régénérée avec de la soude très diluée (0,5-1 %).

«En fonction du processus de conception, le régénérant usagé peut potentiellement être réutilisé au moins cinq fois avant d'être finalement traité pour l'élimination des PFAS, puis éliminé. Ces nouveaux concepts de processus peuvent aider à minimiser les coûts de traitement, en particulier lors du traitement de l'eau d'alimentation avec de fortes concentrations de PFAS. L'avantage de la résine par rapport au CAG est que la résine fonctionne en utilisant une combinaison de deux mécanismes : la liaison ionique entre les groupes fonctionnels et la tête de la molécule PFAS, et l'adsorption entre la queue hydrophobe de la molécule et les surfaces non ionisées de la résine. Ceci est particulièrement utile pour l'élimination des PFAS à chaîne longue et courte. Ecolab travaille actuellement à

l'obtention de l'autorisation de l'Anses à destination du marché de l'eau potable concernant sa résine anionique forte Purolite™ PFA694E sélective aux PFAS. Ecolab propose également l'utilisation de résines échangeuses d'ions et d'adsorbants synthétiques pour l'élimination des pesticides et autres micropolluants. Un avantage supplémentaire de la résine échangeuse d'ions est qu'elle peut éliminer la molécule ciblée, ainsi que d'autres micropolluants ioniques et non ioniques, qui peuvent être présents dans l'eau à traiter - un bon exemple est notre résine Purolite™ A520E sélective aux nitrates», explique Ecolab.

QUELQUES SYNDICATS « PIONNIERS »

Disposant de moyens importants, tant financiers qu'en termes de personnel formé, et faisant face à des enjeux de taille étant donné la population desservie, quelques gros syndicats adaptent d'ores et déjà leurs filières à ces nouveaux polluants, avec des stratégies variées.

Eau de Paris utilise pour une moitié des ressources souterraines - issues des régions de Provins (Seine-et-Marne), Moret-sur-Loing (Seine-et-Marne), Nemours (Seine-et-Marne), Sens (Yonne) et Dreux (Eure-et-Loir) - et pour l'autre moitié les eaux de la Seine (usine d'Orly) et de la Marne (usine de Joinville-le-Pont), et est donc confronté à des cocktails variés de micropolluants. «Nous avons des usines performantes qui traitent déjà, sur des filières à base de différentes formes de charbon actif, les pesticides et leurs métabolites, entre autres. Nous avons par exemple renforcé le traitement - augmenté la dose de charbon en poudre ou la fréquence de remplacement du charbon en grains - à la suite des alertes de l'an passé concernant les métabolites du chlorothalonil. Nous continuons à adapter nos usines mais en restons au charbon actif «renforcé», qui permet de faire face à l'émergence de nouveaux micropolluants et de respecter les exigences de qualité réglementaires. Nous visons en effet le juste traitement, qui est complété par une démarche ambitieuse de protection de la ressource en eau, en lien avec l'Agence de l'eau Seine-Normandie et les agriculteurs. En effet, sur le long terme, il convient de limiter au maximum la contamination des ressources en eau qui est la solution la plus

durable pour produire une eau exempte de micropolluants, sans avoir recours à des traitements toujours plus sophistiqués et coûteux en investissement et en exploitation» affirme ainsi Alban Robin, directeur de la ressource en eau et de la production chez Eau de Paris.

Le Sedif, qui potabilise essentiellement des eaux de surface (Seine, Marne et Oise), a adopté une autre démarche, plus maximaliste. «Nous avons fait le choix des membranes haute performance. Des études exploratoires nous ont montré que c'est la meilleure technologie disponible aujourd'hui pour arrêter tant ce qui est déjà réglementé que ce qui ne l'est pas encore, comme les résidus médicamenteux ou les PFAS» soutient Adrien Richet. Un choix déjà ancien puisque l'usine de Méry-sur-Oise est équipée de membranes de nanofiltration depuis 25 ans. «Nous commençons maintenant à équiper toutes nos usines de nouveaux systèmes membranaires comprenant une combinaison de nanofiltration et d'OIBP. Outre l'élimination des micropolluants, l'objectif est de laisser passer exactement la quantité de minéraux dont on a besoin, pour ne pas devoir reminéraliser tout en distribuant une eau beaucoup plus douce qu'aujourd'hui» détaille Adrien Richet. Outre l'adaptation de Méry-sur-Oise, le projet comprend l'installation de ces systèmes sur les deux très grosses usines de Choisy-le-Roi (sur la Seine) et de Neuilly-sur-Marne.

Selon le même paradigme, la technologie membranaire de nanofiltration sur fibres creuses (HFNF) développée par NX Filtration, lorsqu'elle est couplée à l'utilisation de charbon actif, offre une solution efficace pour traiter les micropolluants tout en limitant la consommation d'énergie, les pertes d'eau et le taux de renouvellement du charbon actif. «Cette combinaison attire particulièrement l'attention, car les membranes HFNF permettent déjà une excellente élimination des micropolluants et constituent un prétraitement idéal pour le charbon actif en éliminant les substances susceptibles d'entrer en compétition avec les micropolluants sur ce dernier», explique Rémi Duvillard, ingénieur commercial chez NX Filtration. Il est à espérer que les efforts pour concevoir des solutions plus performantes et durables progresseront au même rythme que l'évolution de la réglementation sur les micropolluants. ●