



Sommaire

Les filières hautes performances : jusqu'où aller dans le traitement de l'eau ?

2 Interview
Philippe Bréant,
Centre de recherche sur l'eau de Veolia
Environnement.

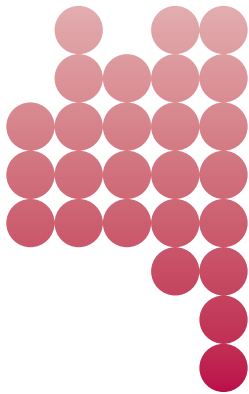
5 Technologies
Opaline : le couplage de technologies.
Nanofiltration ou osmose inverse basse
pression : la barrière radicale.

6 Programme de recherche
À Annet-sur-Marne, un concentré de filières
à haute performance.
L'AWWA s'intéresse au procédé Opaline.

7 3 questions à...
Abdelkader Gaïd,
Direction Technique Veolia Eau.

Veolia Environnement vient d'ouvrir à Annet-sur-Marne une halle d'essais avec des filières pilotes pour tester et optimiser des procédés membranaires de production d'eau potable développés en R&D.

Avec ce nouvel investissement, le Groupe accentue ses efforts pour développer des filières de traitement à haute performance. Abaisser la matière organique, réduire les inconvénients de la chloration, notamment quant au goût de l'eau et des sous produits indésirables mais aussi maîtriser les risques sanitaires émergents, tels sont les principaux objectifs visés. A l'heure du Grenelle de l'environnement, la recherche de performances technologiques se double de bilans énergétiques et environnementaux pour sélectionner les procédés les plus viables.



INTERVIEW

« Nous cherchons à aller plus loin que la réglementation. »

Vous cherchez à améliorer la qualité de l'eau du robinet. Qu'entendez-vous par qualité ?

« La qualité de l'eau s'évalue à la fois sur le plan sanitaire et sur le plan gustatif. En France, la qualité sanitaire de l'eau du robinet est satisfaisante. En revanche, les enquêtes de consommation menées par Veolia Environnement révèlent que près du quart de la population se plaint de son goût. Les Français attachent de plus en plus d'importance au goût de l'eau. Celui-ci est devenu leur premier critère d'appréciation du service de l'eau, avant même le prix. Nous avons donc encore des progrès à faire pour améliorer les caractéristiques organoleptiques de l'eau du robinet. »

Comment résoudre ce problème de goût ?

« Une des voies consiste à abaisser le taux de matière organique contenue dans l'eau. Dans les régions qui ne disposent pas ou peu de ressources souterraines, nous captons l'eau dans les rivières ou des réservoirs. Ces ressources superficielles contiennent de faibles quantités de matière organique issue de l'environnement (feuilles, algues, humus...). Extrêmement soluble, celle-ci est difficile à éliminer avec les procédés classiques de traitement. Or il est reconnu que moins l'eau à la sortie d'usine contient de matière organique, moins les micro-organismes qui s'en nourrissent se développent et plus la qualité bactériologique de l'eau est stable dans les réseaux de distribution. Il est ainsi possible d'ajouter moins de chlore pour maintenir cette qualité. La chloration des réseaux a pour avantage de supprimer les micro-organismes pathogènes mais elle est souvent à l'origine des problèmes de goût et d'odeur. Goût de chlore bien sûr, mais aussi goût de moisi, sa combinaison avec la matière organique générant par une suite de réactions chimiques et biologiques des sous-produits de désinfection odorants. » (NDLR : cf. Chronique n°9 sur le goût et l'odeur de l'eau)

Certains sous-produits de désinfection ne sont-ils pas toxiques à long terme ?

« Au vu principalement des études toxicologiques menées chez l'animal, l'Institut national de Veille Sanitaire (InVS) rapporte que certains sous-produits de chloration, tels les THM (trihalométhanes : chloroforme, bromoforme...)

peuvent être cancérigènes⁽¹⁾. Ces études font cependant l'objet de débats au sein de la communauté scientifique et, en l'état actuel des connaissances, il est difficile d'extrapoler à l'homme les résultats issus des expérimentations animales. On ne sait pas encore évaluer les risques sanitaires qu'ils pourraient présenter via la consommation de l'eau du robinet. Par application du principe de précaution, la concentration des THM dans l'eau est toutefois limitée par la réglementation à 100 µg/l en France. On observe une tendance internationale à la baisse de ce seuil. Aux Etats-Unis, il est de 80 µg/l, en Italie, de 30 µg/l. L'abattement de la matière organique dans l'eau potable répond aussi à cette problématique. Il permet de réduire la teneur en THM de l'eau potable. »

(1) Evaluation des risques sanitaires des sous-produits de chloration de l'eau potable - InVS - 2004.

Existe-t-il des normes réglementaires pour la teneur de l'eau en matière organique ?

« Actuellement, il n'existe pas de seuil réglementaire. En application de la directive européenne sur la qualité de l'eau de 1998, les autorités françaises ont fixé une référence de qualité pour le carbone organique total (COT) de 2 mg/litre. Il s'agit là d'un objectif, pas d'une obligation. Nous cherchons à aller plus loin que la réglementation en atteignant 2 mg/litre au minimum en sortie d'usine et à tendre vers 1 mg/litre. En Bretagne par exemple, le COT des eaux brutes qui se situe entre 5 et 15 mg/litre peut être abaissé à 3 mg/litre avec des traitements classiques. Nous voulons réduire ce taux d'un tiers. En Ile-de-France, le COT de la Seine, de l'Oise et de la Marne oscille entre 3 et 5 mg/litre. Nous voulons diminuer de 50 % le taux de 2 mg/litre que nous obtenons déjà après traitement. Plus précisément, nous nous attachons à réduire la fraction du COT qui influe de façon significative sur le développement bactérien dans les réseaux : le carbone organique dissous biodégradable (CODB). Notre objectif est de le maintenir au-dessous de 0,01 mg/litre. La communauté scientifique qui travaille sur la qualité de l'eau et en particulier sur la recroissance bactérienne dans les réseaux, estime que le respect de ce seuil permet de garantir la qualité d'eau tout au long des réseaux de distribution en limitant la croissance du biofilm dans les canalisations. »



Philippe Bréant,

Directeur du département eau potable et techniques membranaires, Centre de recherche sur l'eau de Veolia Environnement.

philippe.breant@veolia.com

« Les Français attachent de plus en plus d'importance au goût de l'eau. Celui-ci est devenu leur premier critère d'appréciation du service de l'eau, avant même le prix. »

Quels procédés mettez-vous en œuvre pour y parvenir ?

« Pour atteindre un taux infime de matière organique dans l'eau potable, nous recourons à des procédés membranaires qui agissent comme des filtres pour retenir les éléments microscopiques. On distingue deux familles. Il y a tout d'abord les procédés hybrides qui sont regroupés au sein de la filière Opaline : ils associent des membranes d'ultrafiltration (pores de 0,01 micron) à des adsorbants, type résine ou charbon actif. Nous les testons actuellement à l'échelle industrielle pour traiter des eaux fortement chargées en matière organique. Il y a aussi la nanofiltration. Dans cette filière, les pores des membranes sont 10 fois plus resserrés que dans la précédente. Déjà mise en œuvre par Veolia depuis une dizaine d'années, nous cherchons à l'optimiser, pour réduire sa consommation énergétique, éviter les phénomènes de colmatage et limiter l'impact des effluents. »

Quels sont leurs avantages respectifs ?

« C'est ce que nous allons mettre en évidence précisément sur notre plate-forme pilote d'Annet-sur-Marne ! Nous avons démarré en septembre un programme de recherche et de développement pluriannuel. Nous comparons ces deux filières à haute performance avec les procédés classiques de traitement (clarification, ozonation et charbon actif) en vérifiant l'impact du traitement jusqu'au réseau de distribution. Indépendamment de la problématique matière organique, les filières membranaires, qui opposent une barrière physique aux virus, aux bactéries et aux parasites, procurent une sécurité supplémentaire sur le plan microbiologique par rapport aux filières conventionnelles. Du fait de la « maille » très fine de ses membranes, la nanofiltration apporte également un plus par rapport aux polluants émergents tels que les perturbateurs endocriniens(1). Ces technologies s'inscrivent dans une optique d'anticipation des risques sanitaires de demain. »

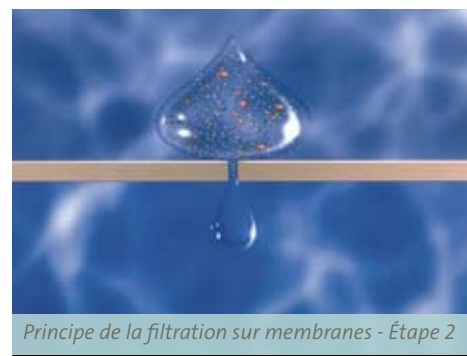
(1) substance ou mélange exogène modifiant les fonctions du système endocrinien et provoquant des effets nocifs sur l'organisme d'un être vivant, sur sa descendance ou sur des populations.

Suite de l'interview page 5...

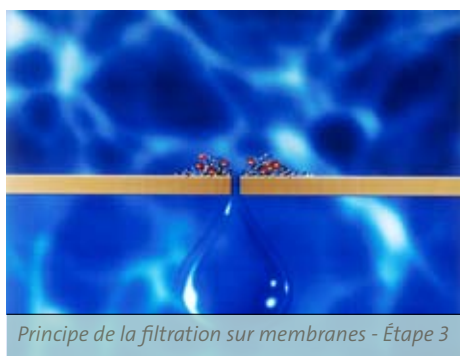
“Pour atteindre un taux infime de matière organique dans l'eau potable, nous recourons à des procédés membranaires.”



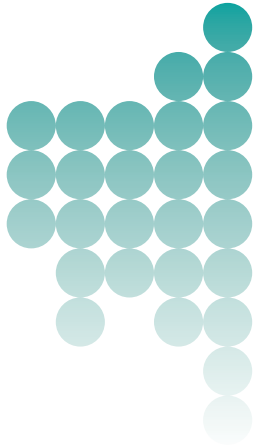
Principe de la filtration sur membranes - Étape 1



Principe de la filtration sur membranes - Étape 2



Principe de la filtration sur membranes - Étape 3



TECHNOLOGIES

Opaline : le couplage de technologies

Déposée par Veolia Environnement, la marque Opaline regroupe des procédés de traitement de l'eau de haute performance qui associent des membranes d'ultrafiltration avec un adsorbant – charbon actif ou résine échangeuses d'ions (polymère). Associant plusieurs systèmes de traitement, on les appelle procédés hybrides.



Pilote OPALINE à base de membranes d'ultrafiltration couplées à du charbon actif ou de la résine

De nouvelles offres d'affinage

Certaines d'entre elles viennent ou sont en passe d'être installées dans des usines de production d'eau potable en vue principalement de renforcer la désinfection ainsi que l'élimination des pesticides. D'autres, conçus pour traiter des eaux chargées en matière organique, sont en cours de développement sur la plate-forme d'essais pilotes d'Annet-sur-Marne (cf. page 6)

Un traitement en 2 temps

Première étape des procédés Opaline : le passage de l'eau dans un réacteur où elle est mélangée à du charbon actif en

poudre ou à de la résine. Ces réactifs servent à éliminer la matière organique. Les membranes sont utilisées dans un second temps pour retenir les particules

“Les membranes sont utilisées pour opposer une barrière physique aux micro-organismes.”

de charbons ou de résines mais aussi pour opposer une barrière physique aux micro-organismes. Elles agissent comme des passoirs très fines – elles ont des

« trous » de 0,01 micron⁽¹⁾ de diamètre – pour stopper virus, bactéries et parasites. Ce sont des fibres creuses en polymères, dans lesquelles on fait passer l'eau, soit de l'intérieur vers l'extérieur, soit de l'extérieur vers l'intérieur. Comparées à la chloration, elles apportent en particulier une protection efficace contre les parasites - comme cryptosporidium ou giardia par exemple -, elles ne génèrent pas de THM et n'affectent pas le goût de l'eau.

(1) 1 micron = 10⁻⁶ millimètre

TECHNOLOGIES

Nanofiltration ou osmose inverse basse pression : la barrière radicale

Le procédé de nanofiltration recourt à des membranes à la « maille » extrêmement fine (0,001 micron). Utilisé pour la production d'eau potable, il oppose une barrière physique quasi-infranchissable à tous les éléments indésirables : matière organique, virus, bactéries, parasites, sulfates, nitrates, pesticides, polluants émergents. C'est le plus performant des systèmes de traitement d'eau de surface, qui apporte sécurité sanitaire maximale et qualité gustative. Suivant les micropolluants organiques à éliminer, on peut être amené à utiliser des membranes de mailles encore plus fines que sont les membranes d'osmose inverse.



Le meilleur de la technologie

Constituées de matériaux composites, les membranes de nanofiltration ou d'osmose inverse basse pression se présentent sous la forme de grandes feuilles. Elles sont pliées en deux et enroulées en spirale dans des tubes dans lesquels l'eau est injectée à une pression d'une dizaine de bars.

Le procédé est appliqué depuis plusieurs années dans quelques usines : à Méry-sur-Oise en Ile-de-France, à Jarny dans l'Est, à Yffiniac en Bretagne, à Debden Road au

«le plus performant des systèmes de traitement de l'eau.»

Royaume-Uni... Les chercheurs de Veolia Environnement travaillent à la rendre plus compétitive tant sur le plan économique qu'environnemental (cf. page 6).

...Suite de l'interview page 3

Sur quels paramètres porte l'étude comparative d'Annet-sur-Marne ?

« Nous comparons la qualité de l'eau au regard de paramètres physico-chimiques, bactériologiques et organoleptiques. Une spécificité de ce programme est d'élargir la R&D au-delà des procédés de production, en l'étendant aux réseaux de distribution jusqu'au robinet du consommateur. C'est la première fois que les critères de goût et d'odeur sont intégrés à un projet de recherche global sur les filières de traitement. Autre première de ce projet d'envergure : le test de plusieurs filières sur un site unique, à partir de la même ressource. Les conditions du raisonnement « toutes choses égales par ailleurs » sont de fait rassemblées. »

Et les aspects coûts et éco-compatibilité ?

« Un bilan énergétique et environnemental des différentes filières va également être dressé. Nous disposerons ainsi de données globales pour établir des comparaisons en termes de coûts et d'avantages. Nous nous devons de pouvoir apporter à nos clients une large gamme de solutions technologiques qui répondent à leurs multiples problématiques – caractéristiques de la ressource, configuration du réseau de distribution, degré d'exigence des consommateurs ...tout en maîtrisant aux mieux les aspects économiques. Notre objectif de performance technologique doit aussi s'inscrire dans une perspective de développement durable. Quels avantages procure un abat-

tement du COT à 1 mg/litre par rapport à un abattement à 2 mg/litre et à quel coût économique et environnemental ? Cette étude nous conduit à nous poser ce type de questions et à y apporter des réponses. Les résultats que nous obtiendrons alimenteront d'autres réflexions qui dépassent le champ de la recherche. Le surcroît de performance génère-t-il un supplément de qualité qui justifie le différentiel de coût ? Autrement dit, jusqu'où aller dans la performance du traitement de l'eau ? Ces questions qui se posent en filigrane relèvent de la collectivité dans son ensemble. »

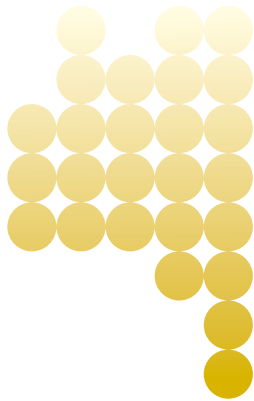
Ce qui garantit la qualité sanitaire de l'eau.

En Europe, l'eau du robinet doit respecter 67 paramètres microbiologiques et physico-chimiques. Ces critères ont été fixés de telle sorte qu'elle puisse être bue pendant une vie entière sans effet néfaste pour la santé.

Outre les analyses effectuées par les producteurs d'eau potable, l'administration procède à un contrôle sanitaire permanent (285 000 prélèvements à l'année environ en France).

Les produits et procédés de traitement ainsi que les matériaux en contact avec l'eau sont quant à eux soumis à agrément.

L'ensemble de ce dispositif garantit la sécurité sanitaire de l'eau. ■



PROGRAMME DE RECHERCHE

À Annet-sur-Marne, un concentré de filières à haute performance

En septembre 2007, Veolia Environnement a ouvert une halle d'essais de 1 000 m² à côté de l'usine d'eau potable d'Annet-sur-Marne. Consacrée aux études sur les filières hautes performances pour le traitement de l'eau potable, elle regroupe une vingtaine de pilotes qui servent à plusieurs projets de recherche.

L'ensemble des travaux menés sur la plate-forme d'essais vise en particulier à une meilleure élimination de la matière organique de l'eau potable afin qu'elle soit plus stable dans les réseaux et de qualité constante au robinet.

Optimisation de la nanofiltration ou de l'osmose inverse basse pression

La maîtrise des coûts d'exploitation et des impacts environnementaux de ces filières est l'un des axes de travail. Les chercheurs étudient les moyens de réduire ses consommations énergétiques, supérieures à celles d'une usine de production d'eau potable conventionnelle. Ils développent des procédés de pré-traitement pour prévenir le colmatage des membranes - la clarification à grande vitesse fait partie des voies explorées. Ils testent également des systèmes de traitement des concentrats (résidus de la nanofiltration) afin de réduire leur quantité et de les retraiter avant le retour au milieu naturel.



Pilote de nanofiltration



Halle d'essais d'Annet-sur-Marne

Développement des procédés Opaline

Un autre axe de travail concerne les filières hybrides à base de membranes d'ultrafiltration. Il s'agit de mettre au point à l'échelle industrielle les procédés qui ont été validés en laboratoire, en étudiant le choix des membranes du marché, les conditions d'application du charbon ou de la résine, ...

Des bilans comparatifs

Autre projet : le bilan comparatif des performances des procédés membranaires avec ceux de l'usine d'Annet-sur-Marne (clarification, ozonation et charbon actif) quant à la qualité de l'eau au robinet. Des pilotes de réseaux, neufs et anciens, ont été installés afin de simuler la circulation de l'eau traitée via ces trois filières.

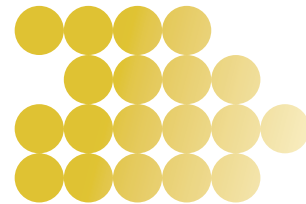
"Il s'agit de mettre au point à l'échelle industrielle les procédés qui ont été validés en laboratoire"

Les analyses portent sur le biofilm dans les canalisations et sur les caractéristiques bactériologiques et organoleptiques de l'eau en fin de circuit.

Enfin, à la suite des travaux faits avec l'EPFL (Ecole Polytechnique de Lausanne), les équipes développent un outil d'évaluation énergétique et environnementale des différentes filières de traitement d'eau potable (cf. Cahier des Chroniques n°11).

PROGRAMME DE RECHERCHE

L'AWWA s'intéresse au procédé Opaline



A Indianapolis, Veolia Water teste l'un des procédés Opaline pour l'adapter aux caractéristiques locales de l'eau ainsi qu'aux normes américaines de potabilité. Ce développement s'intègre dans un projet R&D de l'American Water Works Association qui regroupe les principaux acteurs de l'eau potable aux Etats-Unis.

L'usine d'Indianapolis est la plus importante usine de production d'eau potable gérée par Veolia Environnement aux Etats-Unis. Deux procédés brevetés par le Groupe y sont actuellement testés afin de vérifier que leurs performances correspondent aux besoins technico-économiques locaux et du marché américain : Actimem et Opaline B. L'un et l'autre mettent en œuvre du charbon actif en poudre comme adsorbant. Le premier lui adjoint un procédé de décantation avec une recirculation du charbon actif et le second, des membranes d'ultrafiltration. L'objectif est de développer de nouvelles filières de potabilisation permettant d'éliminer la matière organique et les micropolluants.

Des procédés différenciant

« Pour se développer sur le marché américain, la différenciation technologique est fondamentale et seules les références locales créent la confiance » explique Hervé Buisson, Vice-President Process Engineering de VWS-North and South America. La réglementation relative à l'eau potable a été renforcée il y a deux ans, pour améliorer la désinfection de l'eau (LT2) et pour limiter les sous-produits de désinfection (Stage 2). Le niveau de trihalométhanes (THM) autorisé est de 100 µg/l ; celui des acides haloacétiques (HAA), de 60 µg/l. Quant aux eaux superficielles d'Indianapolis, la teneur en micropolluants présente des spécificités liées à un environnement fortement agricole. Les tests menés sur les deux procédés visent donc à les adapter à la qualité de l'eau d'Indianapolis et aux exigences de la réglementation. Un bilan comparatif sera établi au printemps 2008.

Un label de qualité

Le pilote Opaline fait partie d'un projet financé par l'AWWA Research Fondation. Le soutien de cette association professionnelle, qui est créditée d'une image forte, apporte un plus notable

pour faire connaître l'offre membranaire du Groupe aux USA. Non seulement parce qu'il confère un label de qualité mais aussi parce que l'AWWA organise des conférences qui ont valeur de référence et donnent lieu à publication.

Il fournit également aux équipes l'opportunité de travailler avec des experts internationaux.

À l'intérieur du Groupe, cette expérimentation favorise le renforcement des liens entre équipes d'exploitation, techniques et de recherche ainsi que la cohésion entre Américains

et Français. Pilotée par un doctorant qui a soutenu sa thèse sur Opaline à Rennes, elle témoigne en outre des perspectives de carrière internationales que Veolia Environnement peut offrir aux chercheurs.

“Pour se développer sur le marché américain, la différenciation technologique est fondamentale et seules les références locales créent la confiance”



Le soutien de l'AWWA Research Fondation apporte un plus notable pour faire connaître l'offre membranaire aux USA



3 QUESTIONS À...

Abdelkader Gaïd



Abdelkader Gaïd,

Chef de Département,
Direction Technique
Veolia Eau.

abdelkader.gaid@veoliaeau.fr

“ La nanofiltration est reconnue par nos clients comme étant une technologie produisant une eau d'excellente qualité sanitaire et gustative.”

Quelles sont les exigences des clients de Veolia Environnement par rapport aux performances du traitement de l'eau ?

« Leur toute première priorité est que l'eau distribuée respecte les normes sanitaires édictées par la réglementation. En plus des normes sanitaires, on observe une exigence de plus en plus prononcée vis-à-vis de certains paramètres comme le fer, le manganèse ou la matière organique, et les clients souhaitent aller plus loin que les obligations réglementaires.

Pour la matière organique, certains requièrent la référence de qualité (arrêté du 11 janvier 2007 qui limite la valeur en

Carbone Organique Dissous à 2 mg/litre), alors que d'autres demandent de réduire le niveau de COD le plus bas possible afin d'une part de diminuer le développement bactérien dans les réseaux de distribution d'eau, et d'autre part de

limiter fortement la production de Trihalométhanes (THM)⁽¹⁾ lors de la désinfection finale au chlore.

La faible concentration en COD dans l'eau produite conduit à une diminution de la demande en chlore et par conséquent à une addition plus faible de chlore. Elle se traduit globalement par une eau de meilleur goût. Notre R&D développe donc des technologies pour répondre à cette demande. »

Qu'est-ce qui les intéresse dans la filière Opaline ?

« Les procédés Opaline les intéressent pour leur double étape de traitement : abatement de la matière organique d'une part et barrière microbiologique d'autre part. C'était la problématique à Clay Lane (Grande Bretagne) où le procédé Opaline fonctionne actuellement comme dans d'autres sites tels Maumont dans le Sud Ouest de la France. Plusieurs usines sont en cours de construction en France et devraient être opérationnelles entre 2008 – 2009. Ainsi, en Bretagne, où les eaux sont particulièrement chargées en matières organiques végétales (substances humiques), au moins trois usines seront équipées de procédés Opaline dans les deux années qui viennent.

Un essai pilote réalisé cet été dans une usine de Loire-Atlantique s'est montré extrêmement concluant pour améliorer la qualité de l'eau, tant du point de vue du

COD que de la teneur en THM. Il s'agissait d'une expérimentation avec une unité Opaline à charbon actif, dimensionnée pour approvisionner 3 600 habitants. Aux Etats-Unis, au Canada et en Australie, la question d'un abatement important de la matière organique commence aussi à se poser. »

Comment vos clients perçoivent-ils la nanofiltration ?

« La nanofiltration est reconnue par nos clients comme étant une technologie produisant une eau d'excellente qualité sanitaire et gustative. Ses performances sur l'abatement organique (on peut aller jusqu'à 0.2 mg/l de COD) sont particulièrement séduisantes. Elle nécessite peu d'ajout de chlore dans les réseaux. Elle est cependant plus onéreuse. Son coût se justifie pour la potabilisation d'eaux spécialement dégradées dont le traitement conventionnel aurait requis l'utilisation combinée de plusieurs technologies lourdes et consommatrices de réactifs chimiques. Un autre élément de choix de la nanofiltration par les clients est une exigence particulière vis-à-vis du goût de l'eau. La question du devenir des concentrats est posée. De nombreuses solutions techniques existent mais restent coûteuses. C'est pourquoi nos chercheurs travaillent sur ce sujet pour tendre vers le « zéro nuisance » et à moindre coût. Il est toutefois important de savoir que dans les quelques usines de nanofiltration existantes, nous menons des études d'impact écologique systématiques avant de procéder aux rejets en rivière. A ce jour, les concentrats n'ont pas altéré les écosystèmes.

Il est vrai que cette technologie consomme plus d'énergie que celle associée aux usines conventionnelles. Des études de réduction d'énergie sont en cours et c'est un défi que nous relevons au regard du développement durable. Cependant, pour raisonner de façon juste en ce domaine, il faudrait pouvoir chiffrer et mettre en parallèle le bénéfice apporté par cette technologie en termes de protection du consommateur. Mais cette composante, subjective, est beaucoup plus difficile à évaluer que les émissions de CO₂. »

(1) THM, sous-produits de désinfection, générés par une suite de réactions biochimiques dans les réseaux.

Ce cahier des chroniques scientifiques est un complément d'une vidéo réalisée sur le thème « L'eau du robinet : les filières hautes performances »

Il s'agit d'une vidéo de 4 minutes réalisée avec le concours de Marie-Odile Monchicourt (journaliste sur France Info)

Découvrez la vidéo et le cahier sur l'intranet et l'internet de Veolia Environnement (onglet R&D)

Remerciements à :

- Notre expert, Philippe Bréant, (Directeur du département eau potable et techniques membranaires au Centre de recherche sur l'eau de Veolia)
- Abdelkader Gaïd, (Chef de Département, Direction Technique Veolia Eau)

pour leur collaboration et leur disponibilité.

Directrice de la publication et de la rédaction :

Fanny Demulier

Responsable éditorial :

Anne Dequeker-Cormont

Rédaction : Monik Malissard

Conception : Dream On

Contact : Direction de la Recherche

19 rue La Pérouse

75016 Paris - France

Tél. : +33 (0)1 71 75 10 88

Fax : +33 (0)1 71 75 05 92

Mail : fanny.demulier@veolia.com