

LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU P. 3

- *Préserver le milieu naturel et les ressources en eau*
- *Développer l'utilisation de ressources alternatives*

LES FILIÈRES DE PRODUCTION D'EAU POTABLE À HAUTES PERFORMANCES P. 7

- *Abaisser la matière organique dans l'eau produite et réduire la chloration*
- *Maîtriser les risques sanitaires émergents*
- *Optimiser les coûts de traitement*

LE DESALEMENT DE L'EAU DE MER P. 9

- *Optimiser le prétraitement et l'exploitation des filières membranaires par osmose inverse*
- *Réduire la consommation électrique*
- *Diminuer l'impact des rejets*

LA GESTION PATRIMONIALE DES RÉSEAUX D'EAU POTABLE P. 13

- *Développer des outils de diagnostic des canalisations*
- *Optimiser les techniques de maintenance*

Une ressource sous haute protection



Fournir de l'eau potable implique de garantir au consommateur une eau sûre et de qualité avec un approvisionnement continu, à un prix abordable.

Veolia Environnement s'est en outre fixé pour objectif de parvenir à couvrir les besoins humains en eau de façon durable.

Améliorer la qualité de l'eau de la ressource au robinet, faire face à la raréfaction des ressources disponibles, optimiser le coût du traitement et de la distribution tout en réduisant leurs impacts environnementaux, tels sont les axes de travail de la R&D.

Les chercheurs étudient des procédés pour traiter les polluants émergents (résidus pharmaceutiques, perturbateurs endocriniens, micropolluants organiques), etc.

Ils développent des systèmes de mesure pour suivre la qualité sanitaire et gustative de l'eau dans des réseaux de distribution de plus en plus vastes... Ils imaginent des solutions pour protéger la qualité des eaux profondes et accélérer leur renouvellement (recharge de nappe), pour utiliser plus efficacement l'eau douce disponible – en améliorant le rendement des traitements, en évitant les fuites dans les réseaux, en recyclant les eaux usées...

Ils cherchent à optimiser les procédés de dessalement de l'eau de mer. Ils mettent au point des systèmes de dépollution de l'eau plus économes en énergie et en réactifs, et plus respectueux des écosystèmes.



Si l'eau occupe plus de 70 % de la surface de la Terre, l'eau douce liquide, inégalement répartie, n'en représente que 1 %. Sa rareté, en particulier dans les zones arides, autant que la pression démographique urbaine et le changement climatique imposent de préserver les ressources disponibles et d'exploiter des ressources alternatives.



À l'heure actuelle, produire de l'eau potable à partir d'eaux usées et à partir d'eau de mer réclame respectivement 3 fois et 9 fois plus environ d'énergie qu'à partir de ressources d'eau douce superficielles (1 kWh et 3 kWh versus 0,3 kWh). Veolia Environnement cherche à réduire en particulier l'empreinte carbone des procédés de dessalement et de recyclage des eaux usées.



L'empreinte hydrique (water foot print) est un indicateur qui mesure la consommation d'eau résultant de l'utilisation directe et indirecte de l'eau par un consommateur, un produit, un secteur d'activités ou un pays. Par exemple, produire 1 kg de viande de bœuf nécessite 16 000 litres d'eau. En Europe occidentale, produire 1 m³ d'eau potable réclame de prélever 1,10 m³ à 1,20 m³ d'eau. En distribuer 1 m³ au robinet exige d'en pomper 1,10 m³ à 2 m³. Veolia Environnement travaille à augmenter le rendement de ses usines d'eau potable et de ses réseaux pour réduire son empreinte hydrique.



PROBLÈMES POSÉS

MIEUX PRÉVENIR LES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX ET SANITAIRES

- Améliorer nos connaissances des systèmes aquatiques :
 - mieux comprendre les problématiques de la qualité chimique et écologique des eaux au regard de la directive cadre sur l'eau qui fixe comme objectif de restaurer une bonne qualité des eaux en Europe d'ici 2015 ;
 - mieux comprendre les phénomènes de prolifération d'algues dans les eaux superficielles, leur origine ainsi que l'évolution des algues et de leurs toxines.
- Fournir aux exploitants des ressources en eau et des outils prédictifs faciles à utiliser qui permettent de :
 - faire face à des pollutions accidentelles ;
 - mieux évaluer l'impact de rejets ;
 - mieux lutter contre les proliférations saisonnières de cyanobactéries.

DÉVELOPPER L'UTILISATION DE RESSOURCES ALTERNATIVES

- Améliorer nos connaissances sur les processus naturels d'épuration des eaux lors de leur passage dans le sol et dans le milieu géologique.
- Concevoir des solutions fiables, saines et économiques pour réutiliser les eaux usées.

En bref

LES PROGRAMMES DE R&D AUXQUELS NOUS PARTICIPONS VISENT À :

- améliorer nos connaissances sur les systèmes aquatiques et anticiper leurs dégradations quantitative et qualitatives ;
- fournir aux gestionnaires de l'eau des outils qui les aident à mieux maîtriser les risques sanitaires et environnementaux ;
- développer l'utilisation de ressources en eau alternatives ;
- apporter des services différenciants aux clients du Groupe.

PARMI NOS PRINCIPAUX TRAVAUX FIGURENT :

- la mise au point pour les exploitants des usines de production d'eau potable d'un outil de modélisation de la propagation des polluants dans l'eau des rivières afin de faire face à des situations de crise ;
- l'étude de la recharge de nappes par des eaux usées et le stockage souterrain des eaux pluviales ;
- l'étude de la prolifération saisonnière des algues sur les plans d'eau, notamment des cyanobactéries, et l'élaboration d'outils pour aider les exploitants à les détecter, les diagnostiquer et les endiguer ;
- la mise à disposition des exploitants d'un outil d'évaluation des risques de contamination parasitaire et chimique des ressources.

Planning

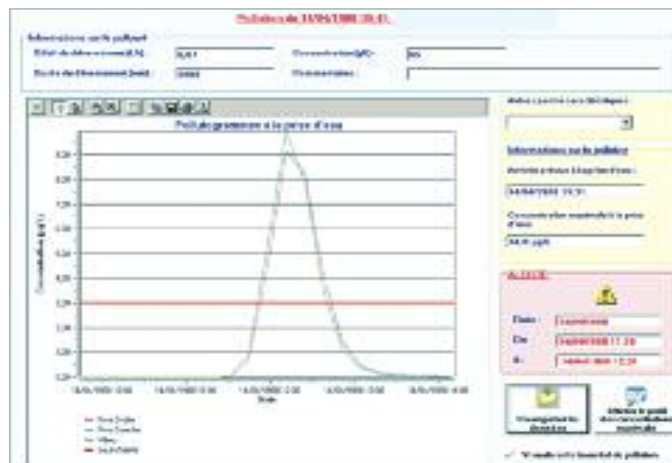
- Outil de gestion des pollutions accidentelles : 2005-2012
- Projet Aquifer Storage Transfer and Recovery : 2006-2010
- Eau potable et cyanobactéries : 2007- 2011
- Recharge artificielle et Gestion Active des nappes Littorales (REGAL) : 2007 - 2011

DÉTAIL DU PROJET

OUTIL DE GESTION DES POLLUTIONS ACCIDENTELLES DES RIVIÈRES

Développement d'un outil de modélisation bidimensionnel de la propagation des polluants dans les rivières fondé sur des logiciels de simulation numérique de l'hydraulique et de la qualité de l'eau et destiné aux exploitants des usines de production d'eau potable.

- Modélisation hydraulique en 2 dimensions d'une rivière pilote importante sur 90 km (débit moyen de 110 m³/s).
- Modélisation de la dispersion des polluants inertes (qui ne se dégradent pas dans le temps) et dissous.
- Développement d'un outil de gestion permettant à l'exploitant de prévoir aisément le transfert d'une pollution accidentelle vers une prise d'eau.



La modélisation bidimensionnelle simule le transfert d'une pollution d'amont en aval d'un cours d'eau, en prenant en compte la propagation de la pollution sur la largeur de la rivière, ainsi que l'effet des barrages, des îles, des piles de ponts, etc.

L'outil de gestion des pollutions accidentelles est un outil prédictif conçu pour aider l'exploitant d'une usine d'eau potable à prendre une décision quand il est confronté à une pollution accidentelle sur la rivière en amont de l'usine ainsi qu'à communiquer avec les autorités et les équipes d'intervention. La nappe de pollution va-t-elle arriver au niveau de la prise d'eau ? En combien de temps ? Quelle sera sa concentration ? L'opérateur a besoin d'éléments de réponse pour prendre le cas échéant des mesures conservatoires : constituer une réserve, faire appel à une usine voisine. Simple d'utilisation, cet outil repose sur un travail complexe de modélisation de la dispersion des polluants dans les rivières.



Modélisation de la dispersion des hydrocarbures

La moitié des pollutions accidentelles des rivières mettent en jeu des hydrocarbures – arrivés dans l'eau suite à des fuites de cuves de stockage, d'accidents routiers ou encore d'incidents lors de livraisons. Ces polluants sont complexes à modéliser : extrêmement variés (fioul, essences, bitumes, etc.), ils réagissent différemment au contact de l'eau (plus ou moins miscibles) ; leur dispersion est soumise à l'influence du vent ; ils peuvent s'échouer sur les berges. Pour les prendre en compte, la R&D de Veolia travaille avec des spécialistes de la chimie des hydrocarbures et des concepteurs de modèles en vue de faire évoluer son outil de modélisation du transfert des polluants inertes. Un outil d'aide à la décision sera ensuite développé à l'attention des exploitants.

RECHARGE DE NAPPES

- À PARTIR D'EAUX USÉES - PROJET REGAL

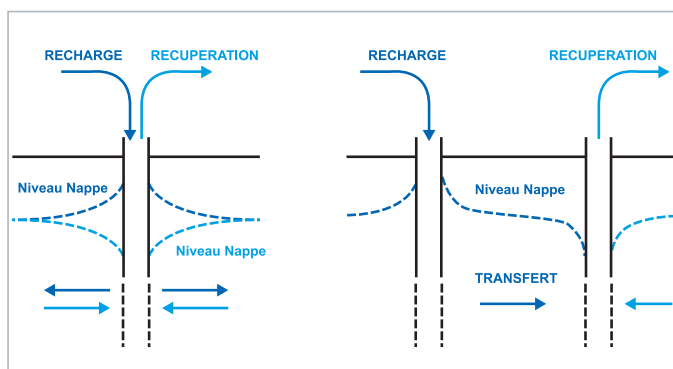
Conception d'un système de gestion active des nappes côtières pour éviter leur contamination par les intrusions d'eau de mer et assurer la continuité de la production d'eau potable indépendamment des conditions climatiques (sécheresse) par de la recharge artificielle et la mise en place d'une barrière hydraulique.

- Développement d'un outil de modélisation du biseau salé pour simuler et comprendre comment il progresse, en tenant compte des interactions chimiques entre le sel, l'eau et la roche.
- Étude sur un pilote de la faisabilité de la recharge de nappe côtière à partir d'eaux usées traitées. Modélisation de l'épuration qui s'effectue dans le sol.
- Développement d'un outil de gestion opérationnelle de la recharge artificielle et des prélèvements dans la nappe côtière, pour satisfaire les besoins en eau potable tout en évitant les intrusions d'eau de mer.

- À PARTIR D'EAUX PLUVIALES – PROJET ASTR

Pilotage du projet Aquifer Storage, Transfer and Recovery, mené en association avec le programme européen Reclaim Water, pour étudier l'épuration qui intervient lors du transfert de l'eau dans le milieu géologique entre les puits d'injection et de récupération.

- Étude de la faisabilité de la récupération d'eaux pluviales prétraitées à partir d'un puits différent de celui utilisé pour la recharge pour bénéficier de l'amélioration de la qualité de l'eau lors de son écoulement entre les 2 puits.
- Prétraitements d'eaux pluviales (bassins de décantation et zone humide) avant injection.
- Conception du dispositif d'« injection, transfert et récupération » (ASTR) adapté au site pilote de l'aquifère.
- Caractérisation de la qualité des eaux pluviales.
- Injection d'eaux pluviales prétraitées.
- Suivi analytique de la qualité de l'eau dans l'aquifère.
- Modélisation du système.
- Évaluation du risque sanitaire.



Recharge d'aquifère, transfert et récupération (projet ASTR)
L'eau de pluie réinjectée après traitement gagne en qualité lors de son stockage dans le milieu géologique.
Nous testons et modélisons un dispositif comprenant 4 puits, 2 pour l'injection, 2 pour la récupération.

Interview



Nicolas Rampoux,
responsable des projets
Gestion des Ressources en Eau

“ Nous intensifions nos efforts pour comprendre le phénomène d'épuration des sols.”

Pourquoi vous intéressez-vous aux nappes côtières ?

« Sur le littoral, la demande d'eau potable augmente en été du fait de l'afflux touristique - une saison où les nappes ne se rechargent pas beaucoup. En outre, l'augmentation de la population dans les zones côtières est une tendance lourde de l'évolution démographique - actuellement, un quart de la population mondiale vit à moins de 25 km d'une côte et, en France, 10 % de la population réside dans des communes littorales. Le niveau des nappes souterraines dépend de leur alimentation par la pluie, de leurs échanges positifs ou négatifs avec les rivières, et des prélèvements qui y sont effectués. Si l'on continue à prélever de l'eau alors que le niveau de la nappe côtière est bas, celle-ci risque d'être contaminée par du sel, du fait de l'irruption de l'eau de mer (biseau salé). Dans les zones côtières, la frontière entre l'aquifère et la mer n'est en effet pas étanche. »

En quoi consistent vos travaux ?

« Nous cherchons à concevoir un système de gestion active des nappes côtières pour maîtriser le biseau salé et permettre leur exploitation optimale. Il s'agit tout d'abord de se doter d'un outil de surveillance et de prévision, pour surveiller le biseau salé, programmer les pompages sans risque de contamination saline de la nappe et assurer sa réalimentation artificielle. Afin de pouvoir répondre à la demande d'eau potable indépendamment des variations climatiques saisonnières, nous étudions aussi s'il est possible de recharger ces nappes à partir d'eaux usées épurées, en utilisant la capacité naturelle d'épuration des sols. Nous observons ce phénomène sur un pilote. »

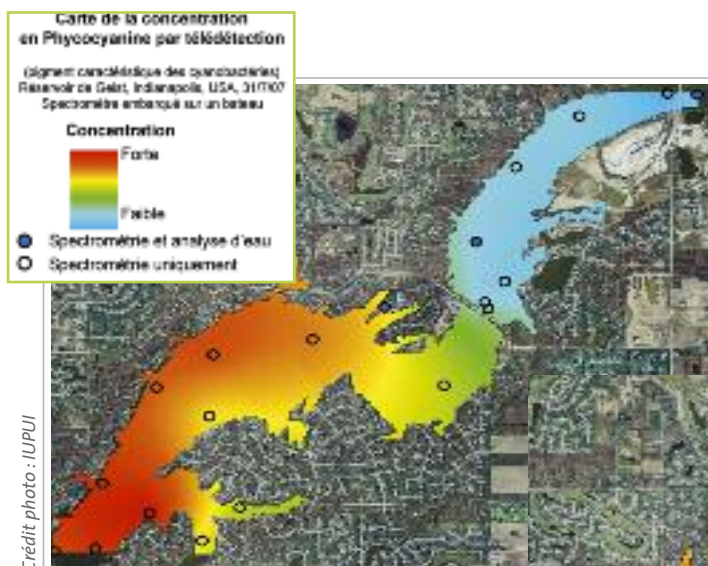
Envisagez-vous de réutiliser des eaux usées pour recharger d'autres types de nappes ?

« Oui, c'est pour cela que nous intensifions nos efforts pour comprendre le phénomène d'épuration des sols et parvenir à le modéliser. Notre objectif est d'identifier les caractéristiques d'un sol qui présente une capacité épuratoire optimale. Ensuite, il sera possible de déterminer les sites où la recharge de nappe avec des eaux usées traitées est praticable, ou encore d'améliorer la composition d'un sol (modification de la granulométrie, ajout de matériaux réactifs) pour que cela le soit. Il nous faut également étudier l'acceptabilité sociale de la réutilisation des eaux sortant des stations d'épuration. »

PRÉVENTION DES RISQUES DE CONTAMINATION DE L'EAU POTABLE PAR DES CYANOBACTÉRIES

Amélioration des connaissances et développement d'outils pour maîtriser les proliférations saisonnières d'algues sur les plans d'eau en vue d'éviter les problèmes qu'elles posent : colmatage des filières de traitement d'eau, goûts et odeurs indésirables dans l'eau potable, libération de toxines susceptibles de présenter un risque sanitaire par certaines algues, les cyanobactéries.

- Réalisation d'outils d'aide à la décision. Élaboration d'un guide de diagnostic pour permettre aux exploitants d'établir un diagnostic précis de la prolifération d'algues à laquelle ils sont confrontés (2009) et de choisir des moyens adaptés pour maîtriser ces efflorescences.
- Étude des conditions propices à la prolifération des algues : caractéristiques physiques, chimiques et hydrauliques des réservoirs (projets menés en Allemagne et aux Etats-Unis).
- État des lieux des cyanobactéries dans les eaux superficielles, en France, en Allemagne et en Australie (identification des variétés les plus répandues ou émergentes, caractérisation des toxines susceptibles d'être produites).



Une méthode de cartographie des cyanobactéries sur un plan d'eau a été développée à Indianapolis.

Réalisable en une journée à partir de la télédétection d'un de leurs pigments (phycocyanine), elle sert à surveiller leur éclosion en vue d'éviter leur prolifération.

Ce système est testé sur des ressources en Australie.

Évaluation des risques de contamination des ressources

Les nouvelles versions de deux outils d'analyse de la pollution potentielle du bassin versant des usines de production d'eau potable sont mises à la disposition des exploitants du Groupe, via Internet. Cryptogia™ sert à évaluer les sources éventuelles d'émission de 2 parasites pathogènes (Cryptosporidium et Giardia) tandis que Chimirix™ porte sur les éléments chimiques dont la présence dans l'eau potable est réglementée. Ils permettront d'agir en amont des captages pour prévenir des risques sanitaires, de mieux surveiller les ressources et de mieux ajuster les traitements à la qualité de l'eau.



PROBLÈMES POSÉS

RÉDUIRE LA TENEUR DE L'EAU POTABLE EN MATIÈRE ORGANIQUE

- Aller plus loin que la réglementation européenne en dépassant la référence de qualité fixée à 2 mg/litre pour le carbone organique total (COT) et tendre vers un seuil de 1 mg/litre.
- Maintenir au-dessous de 0,01 mg/litre le taux de carbone organique biodégradable de la fraction du COT qui influe de façon significative sur le développement bactérien dans les réseaux. La communauté scientifique 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.

AMÉLIORER LES CARACTÉRISTIQUES ORGANOLEPTIQUES DE L'EAU DU ROBINET

Identifier les facteurs favorisant la formation et l'évolution des goûts et odeurs, de la ressource au robinet, par le biais d'outils et de concepts développés au sein du Centre de Recherche sur l'Eau. Une fois ces facteurs identifiés, associer des traitements spécifiques visant à éliminer ces mauvais goûts ou la cause de leur apparition.

RÉDUIRE LA CONCENTRATION DE SOUS-PRODUITS DE DÉSINFECTION DANS L'EAU

Le chlore ajouté en fin de filière de production et éventuellement en différents points dans les réseaux génère, par une suite de réactions chimiques et biologiques, des sous-produits de désinfection odorants. Leur concentration dans l'eau est limitée par la réglementation à 100 µg/l en France. On observe une tendance internationale à la baisse de ce seuil. Aux États-Unis, il est de 80 µg/l, en Italie, de 30 µg/l. L'abattement de la matière organique dans l'eau potable permet de réduire la teneur en THM.

En bref

Nous cherchons à améliorer la qualité de l'eau potable, tant du point de vue gustatif que sanitaire, tout en diminuant les impacts environnementaux du traitement (empreinte carbone, empreinte hydrique, rejets dans le milieu aquatique).

Nous étudions des filières hautes performances à partir d'une vingtaine de pilotes regroupés dans une halle d'essais implantée sur le site de l'usine d'eau potable d'Annet-sur-Marne. Nos travaux concernent :

- l'optimisation des procédés de nanofiltration et d'osmose inverse basse pression ;
- le test à l'échelle industrielle des procédés membranaires hybrides ;
- le bilan comparatif des performances des procédés membranaires et des procédés classiques de production d'eau potable.

Les études portent aussi sur l'optimisation du rendement des filières de potabilisation (limiter ainsi les prélèvements sur la ressource) et sur la réduction de la consommation en énergie.

MAÎTRISER LES RISQUES SANITAIRES ÉMERGENTS

Dans une optique d'anticipation, il est nécessaire de mettre en œuvre des solutions pour prévenir les risques sanitaires apportés par des polluants émergents présents à des concentrations infimes dans l'eau, tels que les perturbateurs endocriniens ou de nouveaux virus.

Planning

- Premier programme d'essais : 2008-2011

DÉTAIL DU PROJET

DÉVELOPPEMENT DE PROCÉDÉS MEMBRANAIRES HYBRIDES

- Procédés de la marque Opaline™ déposée par Veolia Environnement associant un adsorbant – charbon actif ou autre – pour abattre la matière organique et des membranes d’ultrafiltration (pores de 0,01 micron de diamètre) qui agissent comme une barrière microbiologique.
- Mise au point à l’échelle industrielle de ces procédés qui ont été validés en laboratoire : tests des membranes du marché, études des conditions d’application du charbon, etc.

OPTIMISATION DES PROCÉDÉS DE NANOFILTRATION OU D’OSMOSE INVERSE BASSE PRESSION

- Les membranes de nanofiltration ont des pores 10 fois plus resserrés (0,001 micron de diamètre) que les membranes d’ultrafiltration. Elles opposent 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, les membranes d’osmose inverse basse pression, à la maille encore plus fine, peuvent être utilisées.

- Maîtrise des coûts d’exploitation et des impacts environnementaux de ces filières : réduction des consommations énergétiques, développement de procédés de prétraitement (clarification à grande vitesse notamment) pour prévenir le colmatage des membranes, tests de systèmes de traitement des concentrats (résidus de la nanofiltration) afin de réduire leur quantité et de les retraiter avant le retour au milieu naturel.

ÉTUDE COMPARATIVE DES PROCÉDÉS MEMBRANAIRES ET DES PROCÉDÉS CLASSIQUES DE TRAITEMENT

- Bilan comparatif des performances des procédés membranaires avec les procédés classiques de référence (clarification, ozonation et charbon actif) sur la qualité de l’eau au robinet.
- Développement d’un outil d’évaluation énergétique et environnemental des différentes filières de traitement.

Interview



Philippe Bréant,
directeur du programme
Eau potable

“Notre objectif de performance technologique doit aussi s’inscrire dans une perspective de développement durable.”

Quels travaux menez-vous sur la plate-forme pilote d’Annet-sur-Marne ?

« Notre objectif est d’atteindre un taux infime de matière organique dans l’eau potable. Pour cela, nous testons à l’échelle industrielle les procédés membranaires hybrides Opaline™. Nous cherchons aussi à optimiser la filière de nanofiltration, mise en oeuvre par Veolia Environnement depuis une dizaine d’années, pour réduire sa consommation énergétique et améliorer le taux de conversion déjà très élevé. »

Quels sont les avantages respectifs de ces deux filières ?

« C’est précisément ce que nous allons mettre en évidence ! Nous comparons ces deux filières à haute performance avec les procédés classiques de traitement (clarification, ozonation et charbon actif). 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 ou certains composés chimiques. Ces technologies s’inscrivent dans une optique d’anticipation des risques sanitaires de demain. »

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 process de production, en l’étendant à la problématique « goût et odeur ». 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 au mieux les aspects économiques. Notre objectif de performance technologique doit aussi s’inscrire dans une perspective de développement durable. Quels avantages procure un abattement 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. »



PROBLÈMES POSÉS

PRÉVENIR LE COLMATAGE DES MEMBRANES AVEC DES SOLUTIONS DE PRÉTRAITEMENT PERFORMANTES

L'optimisation du procédé membranaire repose principalement sur la maîtrise du colmatage : les membranes d'osmose inverse ont tendance à se colmater, parfois définitivement, à cause des impuretés (particules, algues, matière organique, biofilm).

Si les forages côtiers permettent d'obtenir une ressource en eau salée de bonne qualité, compatible avec les procédés d'osmose inverse, le prétraitement de l'eau est en revanche indispensable lorsque celle-ci est prélevée en pleine mer, ce qui est le cas des grandes installations. Il faut donc étudier les mécanismes responsables du colmatage afin de définir les solutions de prétraitement et d'exploitation les plus appropriées.

AUGMENTER L'EFFICACITÉ DES FILIÈRES DE DESSALEMENT

Il s'agit d'augmenter le taux de conversion, c'est-à-dire la quantité d'eau potable produite par rapport à l'eau prélevée dans le milieu, de 40% à 50% aujourd'hui à 70% voire 80%.

Il faut également diminuer la consommation énergétique des usines. Selon la salinité de l'eau et la taille des installations, le coût de traitement des eaux salées et saumâtres est actuellement 2 à 3 fois plus cher que celui des eaux douces de surface. L'objectif est de réduire de 30 à 50% les besoins énergétiques du dessalement.

MIEUX ÉVALUER ET LIMITER LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Les impacts environnementaux associés au rejet des concentrats dans le milieu marin doivent être mieux évalués et quantifiés grâce à des outils adaptés (ex. évaluation écotoxicité, biomonitoring). En outre, l'optimisation des infrastructures de dispersion des concentrats doit permettre la minimisation des impacts environnementaux.

En bref

Nos recherches visent à optimiser la conception et l'exploitation des usines de dessalement en améliorant :

- notre compréhension des phénomènes de colmatage ;
- le prétraitement de l'eau de mer, avant sa filtration par osmose inverse ;
- les performances énergétiques et environnementales des filières de dessalement.

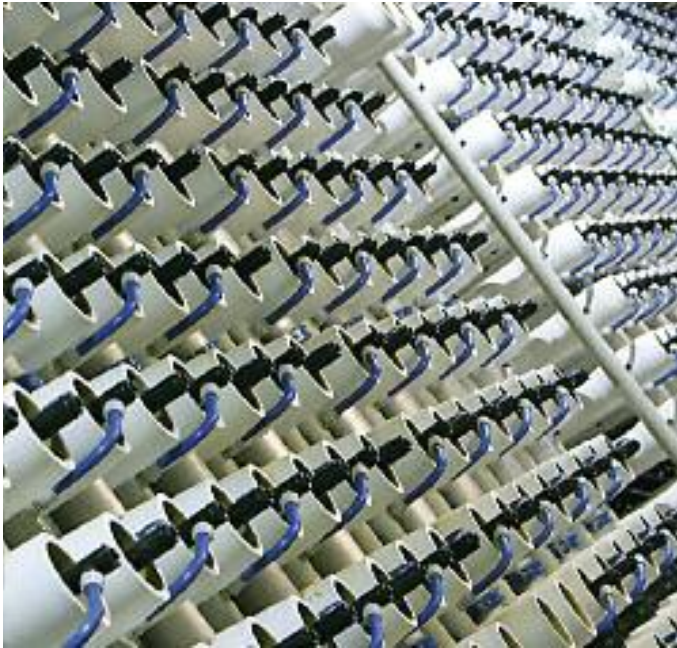
NOS TRAVAUX PORTENT EN PARTICULIER SUR :

- le développement d'outils d'analyse pour mieux caractériser les eaux de mer et les espèces colmatant les membranes d'osmose inverse ;
- l'évaluation et l'optimisation de diverses filières de prétraitement sur des plateformes d'essais R&D ;
- la minimisation de l'impact environnemental via une meilleure gestion du rejet des concentrats ;
- le développement de nouvelles filières de dessalement permettant des rendements hydrauliques plus élevés.

En 2009, un procédé de double filtration pour le prétraitement d'eau de mer a fait l'objet d'un dépôt de brevet.

Planning

- Projet Concentrats : 2008-2011
- Plateforme d'essais sur le dessalement dans le golfe Persique : 2011
- Plateforme d'essais sur le dessalement à Sydney : 2011



Le dessalement consiste à produire de l'eau douce (eau potable, eau pour l'irrigation ou eau industrielle) à partir d'eau de mer ou d'eau saumâtre. Deux systèmes existent : la distillation (condensation de la vapeur de l'eau salée portée à ébullition) ou les procédés membranaires de type osmose inverse (filtres retenant les impuretés et les sels).

DÉTAIL DU PROJET

Comparaison et optimisation des performances de procédés de prétraitement conventionnels et de procédés membranaires en intégrant des étapes complémentaires. Exploitation de plusieurs pilotes à cet effet sur les plateformes de R&D réparties sur les différents types d'eau dans le monde.

Définition du prétraitement le mieux adapté à la prévention du colmatage des membranes en s'appuyant sur des outils de caractérisation avancée des eaux brutes et prétraitées et des méthodes analytiques pour l'autopsie des membranes d'osmose inverse de dessalement.

Gestion d'une base de données sur les différentes qualités d'eaux de mer avec mise en évidence des paramètres pouvant engendrer des difficultés de traitement et restituant l'expérience interne du Groupe pour optimiser le design et l'exploitation des unités de prétraitement.

DEGRÉS DE SALINITÉ

Eau saumâtre
(nappes du Sahara par exemple) : 2 à 10 g de sel/litre

Eau de mers ouvertes
(Atlantique, mer du Nord, Pacifique) : 35 g/litre

Eau de mers fermées
Méditerranée : de 37 à 41 g/l
Golfe Persique : de 40 à 50 g/l
Mer Morte : de 250 à 300 g/l

Participation au projet européen MEDINA regroupant de grands experts universitaires. Développement d'outils de caractérisation des eaux de mer afin de mieux quantifier leur potentiel de colmatage. Développement de méthodes analytiques pour l'autopsie des membranes d'osmose inverse afin de mieux diagnostiquer les éventuels problèmes d'exploitation et pour développer des procédures de nettoyage adaptées.

Développement d'un outil d'évaluation énergétique et environnementale des filières de production. Création d'un outil d'aide à la décision comparant les consommations énergétiques et les rejets de filières traitant des eaux douces, des eaux saumâtres, des eaux usées pour recyclage et de l'eau de mer.

Caractérisation et évaluation des impacts des rejets de concentrats des usines de dessalement sur le milieu marin. Développement d'un outil de modélisation pour la dispersion des rejets dans le milieu récepteur afin d'améliorer le design et l'exploitation de ces infrastructures et ceci en fonction des conditions environnementales du site (configuration des fonds, courants marins).

Développement de nouvelles filières de dessalement.

Le marché du dessalement de l'eau de mer est estimé à 100 milliards \$ entre 2005 et 2015 (dont la moitié pour augmenter les capacités actuelles).

Ce marché est en plein développement, en particulier pour les procédés membranaires (osmose inverse). Dans les dix prochaines années, la production d'eau dessalée devrait augmenter de 31 millions m³/jour.

- De nombreuses régions du globe (Asie du Sud-Est, Moyen-Orient et Afrique du Nord et à un degré moindre l'Australie, la Chine et les États-Unis) considèrent cette solution comme un moyen majeur de production d'eau potable.
- Principal marché, le Moyen-Orient devra à brève échéance doubler sa capacité de production.
- Celle des pays méditerranéens (Algérie, Maroc, Libye, Israël, Espagne) progressera de 200% d'ici 2015.
- La Chine et l'Inde se préparent également au lancement de grands projets (capacité de production de 650 000 m³/jour d'ici 2015).
- Aux États-Unis, il est prévu de construire des usines de dessalement à grande échelle (capacité totale de 2 millions m³/jour).

Les procédés membranaires représenteront 60% des nouvelles capacités, y compris dans les pays du golfe Persique où l'osmose inverse complètera les procédés de dessalement thermique (distillation).



Comment augmenter l'efficacité du dessalement ?

Les chercheurs de Veolia Environnement étudient la façon d'augmenter les rendements des procédés de dessalement afin de limiter leurs impacts environnementaux (diminution de l'empreinte carbone et de l'empreinte hydrique, minimisation des volumes de rejets) sans renchérir le coût de l'eau produite.

Les installations en cours

D'ici à 2011, Veolia Water Solutions & Technologies construira et mettra en service plusieurs grandes installations de dessalement :

- usine de dessalement hybride à Qidfa, dans les Emirats Arabes Unis. Elle produira 590 000 m³ par jour d'eau, dont 462 000 m³ par jour d'eau par distillation (procédé MED) et 128 000 m³ par jour par osmose inverse. Cette usine sera associée à une centrale électrique de 2 000 MWh. L'osmose inverse est beaucoup moins énergivore que la distillation, mais celle-ci reste très rentable dans cette configuration "hybride" et de cogénération, et ceci grâce à la récupération de vapeur générée par les unités de production d'électricité ;
- usine de dessalement par osmose inverse à Sydney d'une capacité de 250 000 m³ par jour, couvrant ainsi 15% des besoins en eau potable de la ville ;
- usine de dessalement par osmose inverse à Sur dans le Sultanat d'Oman d'une capacité de 80 200 m³ par jour ;
- usine de dessalement par osmose inverse à Campo de Delias, au sud de l'Espagne, d'une capacité de 80 000 m³ par jour. Cette installation servira à la production d'eau potable à des fins domestiques et agricoles. Près de 2 000 m² de panneaux photovoltaïques seront installés pour satisfaire les besoins énergétiques de cette nouvelle usine ;
- usine de dessalement par osmose inverse à Gold Coast en Australie d'une capacité de 125 000 m³ par jour.

Toutes ces installations seront ensuite exploitées par Veolia.



Interview



Jérôme Leparc,
responsable des Projets
- R&D Dessalement

“Notre objectif est d’ajuster le prétraitement aux caractéristiques locales de l’eau de mer.”

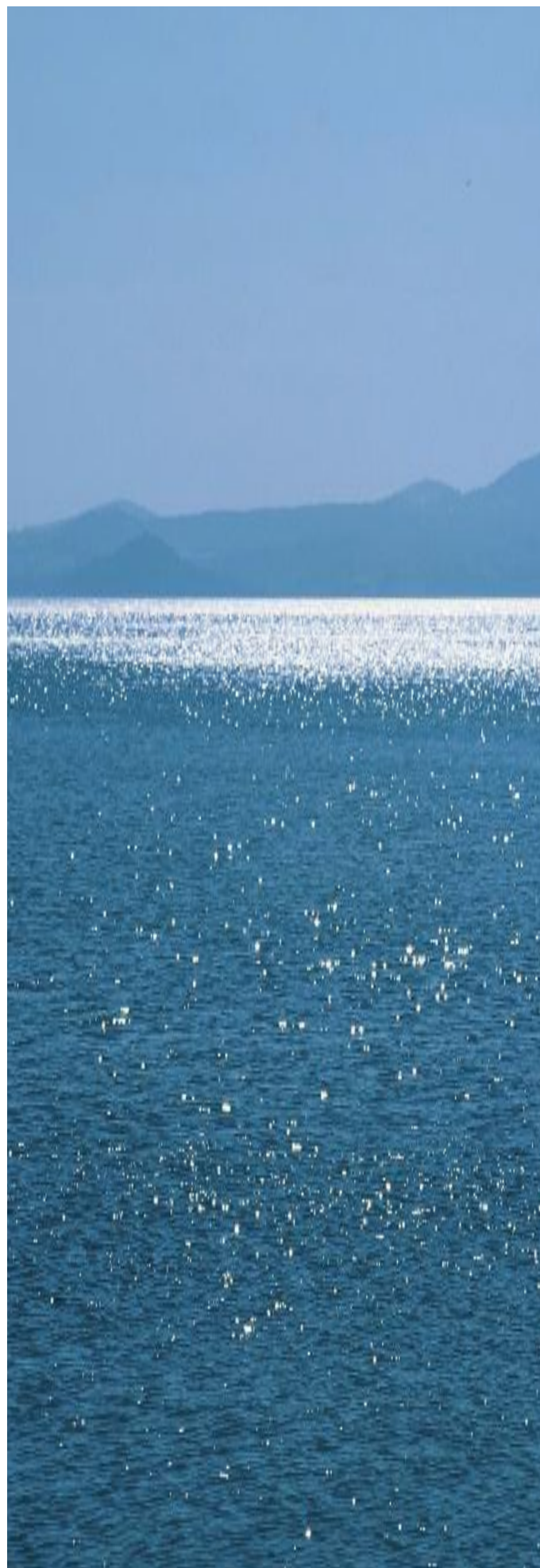
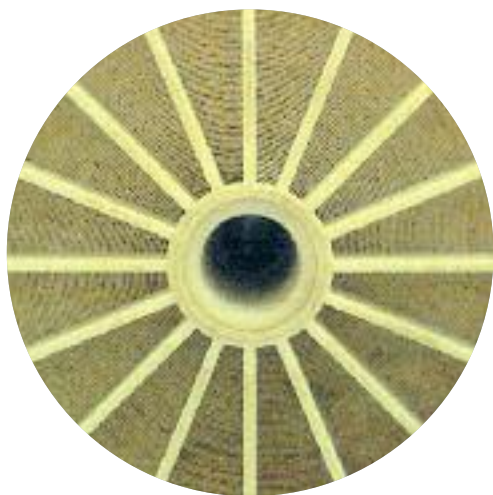
Où en sont vos projets de plates-formes d’essais ?

« Sur le pilote du Cap Sicié à Toulon, la recherche de Veolia Environnement est parvenue à déterminer le prétraitement qui convient pour que le dessalement de l’eau de la Méditerranée par osmose inverse s’effectue de façon optimale. Nous installons des plates-formes R&D sur 2 nouveaux sites exploités par le Groupe, afin d’évaluer nos prétraitements sur différents types d’eau. »

Quels travaux y conduirez-vous ?

« Nous y ferons des essais pour ajuster les procédés de prétraitement aux spécificités locales. Dans le Golfe persique, cela nous permettra notamment d’optimiser les processus de dessalement des eaux de mer difficiles à traiter (risque de blooms algaux et températures élevées favorisant le colmatage biologique). Nous interviendrons aussi pour définir les meilleures pratiques d’exploitation qui doivent y être associées. Nos travaux s’appuieront à la fois sur le développement d’outils de caractérisation des eaux de mer et des essais pilotes couplant procédés de prétraitement et unités d’osmose inverse.

Ils serviront à étayer les réponses aux appels d’offres lancés dans ces régions par des éléments technico-économiques validés *in situ*. »





PROBLÈMES POSÉS

OPTIMISER LA MAINTENANCE DES RÉSEAUX DU POINT DE VUE TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE

La bonne gestion des réseaux d'eau potable répond à un impératif sanitaire, environnemental et social. Cruciale pour les collectivités locales, elle représente un défi technique et économique pour les gestionnaires. Garantir la qualité de l'eau, assurer la continuité de l'alimentation, réduire les pertes en eau, préserver le cadre urbain tout en réduisant les coûts : telles sont les performances qu'ils doivent accomplir pour améliorer la qualité du service rendu aux usagers.

Le vieillissement et la complexité technique des réseaux (diversité de matériaux, canalisations enterrées inaccessibles, etc.) nécessitent de :

- développer des outils pour connaître finement l'état des canalisations et prévoir son évolution,
- déployer une méthode de relevé d'informations sur l'état des réseaux commune à l'ensemble des agences Veolia Eau,
- développer des outils d'aide à la décision pour que les gestionnaires puissent affiner leurs choix de maintenance ou de renouvellement et hiérarchiser les priorités d'intervention et d'investissement,
- optimiser les techniques de traitement ou d'intervention sur les réseaux (recherche de fuite, réhabilitation, etc.).

En bref

Nous cherchons à mieux caractériser le vieillissement des réseaux d'eau potable afin que leur réhabilitation ou leur remplacement puissent être mieux planifiés dans un souci de qualité et de coût du service optimisés.

Nos travaux portent sur :

- des méthodes d'analyses en laboratoire de l'état des canalisations enterrées et des matériaux qui les composent ;
- la compréhension du comportement des réseaux dans leur environnement (eau et sol) ;
- des outils de diagnostic sur le terrain ;
- des modélisations numériques pour évaluer la durée de vie résiduelle d'un réseau.

Récemment, nous avons mis au point des techniques de mesure pour caractériser les tubes en polymères et élaboré un protocole pour évaluer leur tenue mécanique. Nous avons développé avec Arkema et Aliaxis, une solution alternative au PEHD classique pour les branchements : un tube plastique multicouche appelé Excel Plus®. Nous testons sur le terrain des méthodes non destructives pour mesurer l'épaisseur résiduelle des canalisations en fonte et en béton.

Planning

- Développement d'outils d'aide à la décision : 2006-2010
- Évaluation des techniques de maintenance : 2006-2009
- Élaboration des techniques de diagnostic non destructives : 2007-2011

DÉTAIL DU PROJET

ÉVALUATION DE L'ÉTAT DES RÉSEAUX ET DES PERFORMANCES DES MATÉRIAUX UTILISÉS

- Création d'un centre d'expertise sur les matériaux.
- Définition de protocoles d'analyses des matériaux (fontes, aciers, polymères...), des sols et des dépôts.
- Mise au point de techniques de vieillissement accéléré.
- Détermination des paramètres chimiques, mécaniques et géométriques des canalisations et du sol sur différents échantillons.
- Évaluation de techniques non destructives de caractérisations *in situ*, telles que la profilométrie laser, les pistons instrumentés à courant de Foucault, les ultrasons ou l'endoscopie.
- Développement de capteurs *on line* pour contrôler la qualité de l'eau en temps réel.

DÉVELOPPEMENT D'OUTILS D'AIDE À LA DÉCISION

- Développement d'outils de calcul permettant d'évaluer la fin de vie technique d'une canalisation dans son environnement. Ce système permettra de définir un paramètre clé dans le choix des canalisations à traiter en priorité.
- Développement d'un outil de calcul mécanique en prenant en compte l'impact du sol et de la corrosion sur la fragilisation des canalisations métalliques.

OPTIMISATION DES TECHNIQUES DE MAINTENANCE

- Évaluation de l'efficacité et de l'impact des techniques de traitement anticorrosion et de réhabilitation sur des pilotes (boucles pilotes constituées de différents matériaux et alimentées par des eaux de différentes qualités pour estimer les vitesses de corrosion et la tenue de matériaux plastiques ou revêtements).



Les réseaux d'eau potable en France

La distribution de l'eau potable est assurée par quelque 850 000 km de canalisations enterrées, auxquelles il faut ajouter les branchements qui les relient aux bâtiments.

La moitié des canalisations a été installée avant 1970. Constituées alors de fonte dans leur majorité, nombre d'entre elles arrivent en fin de vie. Le coût d'investissement nécessaire à leur remplacement a été estimé à 1,5 milliard €/an pendant 20 ans. Utilisées depuis une vingtaine d'années, les canalisations en matière plastique (PVC, PEHD) représentent 40 % des réseaux d'eau potable en France, et 60 % en Europe.

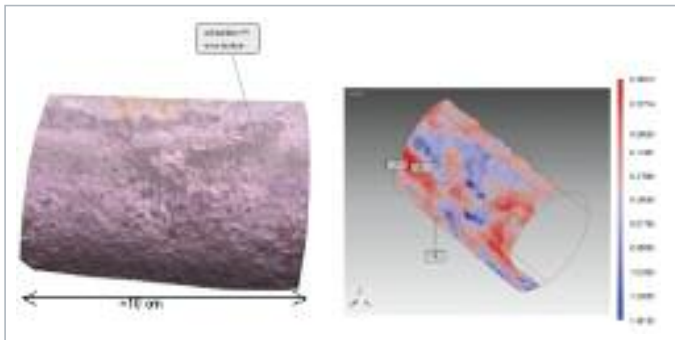
Les engagements de Veolia Environnement

Les engagements de Veolia Environnement, dans le cadre de sa participation à la Fédération professionnelle des entreprises de l'eau (FP2E), qui regroupe les principaux producteurs d'eau privés opérant en France auprès des collectivités locales, sont de :

- mettre en place et d'exploiter des outils de connaissance du patrimoine enterré dans un cadre contractuel ;
- assister les collectivités dans la définition d'une politique de gestion patrimoniale ;
- proposer en permanence de nouvelles solutions techniques ;
- se fixer contractuellement des objectifs, mesurer les résultats et en tirer les conséquences.



Testé sur un pilote de vieillissement accéléré et constitué d'un matériau composite, le tube Excel Plus® est déployé sur les installations de Veolia Eau pour remplacer les branchements en PEHD que le dioxyde de chlore fragilise de façon prématurée.



Module structurel.

Un outil conçu pour diagnostiquer l'état d'un réseau d'eau composé de grosses canalisations en béton a été testé en banlieue de Paris. Fondé sur un modèle de calcul mécanique intégrant le vieillissement chimique des tuyaux, il a réclamé 5 années de développements. Une fois intégrées les données propres au réseau, il sera possible de hiérarchiser les canalisations à renouveler en priorité au sein du réseau étudié.



La sonde nouvelle génération KAPTA 3000.
"Traquer" les paramètres de l'eau en tous points du réseau.

Un capteur de contrôle de la qualité de l'eau en réseau a été développé et breveté par Veolia et Neroxis. Il s'agit d'une sonde qui mesure plusieurs paramètres de qualité tels que la conductivité, le chlore, la température et la pression de l'eau et qui, installée sur les réseaux et au compteur de clients « sensibles », permet une gestion en continu de la qualité de l'eau distribuée. On pourra en outre assurer la traçabilité de l'eau tout au long des canalisations, de la sortie de l'usine jusqu'au robinet des consommateurs et anticiper ainsi des dérives de la qualité de l'eau volontaires ou non. Cet instrument de pilotage des réseaux d'eau est actuellement à l'état de prototype et est testé en Ile-de-France et en Chine.

“L'auscultation” des canalisations enterrées

Une méthode par courant de Foucault à champ lointain a été validée en laboratoire pour mesurer l'épaisseur résiduelle de canalisations en fonte. Elle nécessite de pénétrer dans le tuyau, mais contrairement au prélèvement qui est ponctuel, elle fournit des données sur plusieurs centaines de mètres. L'industrialisation de cet outil est en cours en Ile-de-France.

Interview



“Nous cherchons à prédire la durée de vie résiduelle des canalisations sur le terrain.”

Sandrine Oberti,
responsable des projets
Matériaux réseaux et Gestion patrimoniale

Où en êtes-vous de vos travaux sur la caractérisation des tubes en polymères ?

« Nous avons mis au point une méthodologie pour évaluer leur comportement dans le temps, par vieillissement accéléré représentatif des conditions d'exploitation. Nous avons travaillé sur un pilote, constitué de plusieurs boucles de polymères différents, que nous avons fait vieillir de façon accélérée en jouant sur plusieurs paramètres (température de l'eau, concentration de réactifs, etc.). Nous avons notamment développé et validé un tube plastique multicouche fabriqué par Arkema & Aliaxis, il s'est révélé être une alternative intéressante au polyéthylène haute densité (PEHD) pour les branchements des réseaux traités au dioxyde de chlore—ces tuyaux noirs à bande bleue de petit diamètre qui relient les réseaux principaux aux réseaux privés (habitations, entreprises). Maintenant que nous savons caractériser le vieillissement des polymères, il nous faut extrapoler les résultats obtenus sur pilote afin de prédire la durée de vie résiduelle des canalisations sur le terrain et programmer ainsi leur renouvellement. »

Quelles recherches menez-vous à cet effet ?

« Une thèse est en cours sur le comportement du PEHD au contact du chlore et du dioxyde de chlore. À partir d'essais en laboratoire et d'échantillons de tubes prélevés régulièrement sur les réseaux, il s'agit de mieux comprendre les mécanismes de dégradation et de rupture des tubes et de modéliser leur vieillissement afin de pouvoir disposer d'un outil prédictif qui aide à programmer les opérations de maintenance. D'ores et déjà, il a été mis en évidence que le dioxyde de chlore fragilise le polyéthylène. Le chlore fragilise peu le polyéthylène sauf dans des conditions « critiques » de température et de concentration, que l'on peut observer dans certains pays chauds. À cet égard, des faciès caractéristiques de fissures ont été établis afin de pouvoir reconnaître aisément ces amorces de dégradation. »

Vous étudiez aussi les contraintes mécaniques que subissent les canalisations ?

« Il est important de les prendre en compte : elles interfèrent aussi sur la durée de vie des canalisations. Celles-ci subissent notamment la charge du trafic routier, le mouvement des sols, l'impact du gel et du dégel, etc. Nous avons donc élaboré un protocole expérimental pour évaluer leur tenue mécanique au laboratoire matériaux de Caen. C'est une première. Avec ces différents moyens d'analyse, chimiques et mécaniques, nous pourrions avoir une idée plus précise de la durée de vie résiduelle des tubes et de la période à laquelle il faut les remplacer. »

Veolia Environnement - Recherche & Innovation

Direction de la Communication - 36-38, avenue Kléber - 75016 Paris

com-recherche.ve@veolia.com - site internet : www.veolia.com - Site intranet : <http://portail.veolia.net> - Tél. : 33 (0)1 71 75 05 44

Crédits photos : PHOTOTHÈQUE VEOILIA, Christophe Majani d'Inguibert, Richard Mas, LE SQUARE (F. Benausse, A. Desvaux, W. Crozes), MATTON images, CORBIS (L. Clarke), AFP (Greg Wood), Manolo Mylonas.

Imprimé par PDI (labelisé Imprim'Vert), avec encres et vernis 100% végétaux, sur papier couché constitué pour 40% de pâte sans chlore élémentaire, utilisant des fibres vierges issues de forêts gérées durablement, et pour 60% de fibres recyclées.