



Traiter les micropolluants en station de ~~épuration~~

COMAP - STEP de Vercia

Mars 2016



COMAP
SOLUTIONS FOR EFFICIENCY

COMAP vient de réaliser les premières analyses pour valider son procédé d'oxydation avancée pour le traitement des micropolluants en station d'épuration, testé actuellement à la station de Vercia, dans le Jura. C'est la première fois en France que cette solution est testée sur une station de cette taille et les premiers résultats sont très encourageants, avec des taux d'abattement de plus de 90% pour certaines molécules prioritaires suivies. Au vu de la facilité de mise en œuvre et du faible coût global, cette technologie pourrait être une solution intéressante pour les STEP de petite et moyenne taille. Elle pourrait aussi s'appliquer à d'autres secteurs, pour le traitement des effluents industriels, les rejets des hôpitaux et maisons de retraite, ou encore le recyclage des eaux usées.

De nombreux micropolluants peuvent se retrouver dans les eaux usées traitées par les stations d'épuration (STEP) mais ne font aujourd'hui l'objet d'aucun traitement spécifique : les STEP n'ont pas été conçues pour traiter ces substances et à l'heure actuelle, la réglementation ne le leur impose pas. Des réflexions sont néanmoins en cours sur le sujet au niveau européen et différentes technologies existent pour traiter les micropolluants : la nanofiltration et l'osmose inverse, l'adsorption sur charbons actifs ou encore des procédés d'oxydation avancée.

Fort de sa maîtrise de la technologie UVc pour la désinfection de l'eau, COMAP a développé un important dispositif de recherche pour le traitement des micropolluants, basé sur un procédé d'oxydation avancée : UVc + peroxyde d'hydrogène (UV / H₂O₂). Cette solution vise spécifiquement les STEP de petite ou moyenne taille, de moins de 10 000 équivalents habitants (EH). Peu de technologies sont adaptées pour des STEP de ce type, qui représentent pourtant 90% des installations en France. Pour ce projet, le Groupe s'est penché notamment sur les perturbateurs endocriniens, des molécules particulièrement problématiques pour l'homme et pour l'environnement et qui sont aujourd'hui parmi les substances les plus réfractaires aux différents types de traitement.

Ce projet est mené pour COMAP par Bruno Cedat, doctorant à l'INSA Lyon¹, en partenariat avec SCIRPE, société spécialisée dans la conception et la réalisation d'unités de traitement des eaux usées en zone rurale et le laboratoire DEEP² (INSA de Lyon). La première étape du projet de recherche a consisté à développer un pilote UV / H₂O₂ en laboratoire afin de tester l'efficacité du procédé sur des molécules estrogéniques préoccupantes, notamment les hormones estrone (E1), estradiol (E2) et le 17β-œstriol (EE2) et les anti-inflammatoires naproxène, diclofénac et ibuprofène. Le suivi de la production de sous-produits de dégradation a fait l'objet d'une grande attention, notamment par l'utilisation de tests biologiques poussés.

Cette recherche a ensuite conduit COMAP à développer un prototype et à le proposer au SIEA³ de Beaufort-Ste-Agnès (Jura), sensible à la problématique des micropolluants. Ce prototype est actuellement testé à échelle réelle (10m³/h) sur la station d'épuration de Vercia, STEP à filtres plantés de roseaux dans le Jura, une première en France sur une STEP de cette taille.

Le procédé expérimenté a donné lieu à de premiers résultats très prometteurs en laboratoire, puis aujourd'hui sur le terrain, avec des taux d'abattement pouvant atteindre plus de 90% pour certaines molécules (Figures 1 et 2) à des doses UV pertinentes (<1000 mJ/cm²). Au cours du printemps 2016, l'efficacité du procédé sera testée sur une trentaine de molécules au total, dont certaines figurent sur une liste de vigilance établie au niveau européen.

A terme, cette technologie pourrait représenter une bonne réponse pour le traitement des micropolluants dans des STEP de petite et moyenne taille, grâce à sa simplicité de mise en œuvre et son coût raisonnable. En effet, le surcoût engendré est estimé à environ 0,21 euros du m³ d'eau traité, si l'on prend en compte à la fois l'investissement de départ et les coûts d'exploitation. Dans le cas concret de la station de Vercia, cela représenterait un surcoût de 20 euros maximum par habitant et par an.⁴ L'un des objectifs de l'étude en cours est justement d'optimiser le procédé pour réduire encore ce coût, en ajustant notamment la concentration en H₂O₂ et la dose UV. De plus, le prototype de Vercia est équipé de capteurs et de matériels spécifiques pour l'étude qui ne seraient pas intégrés lors de l'industrialisation de la technologie.

Ce procédé d'oxydation avancée pourrait aussi s'appliquer à d'autres activités, telles que la gestion des effluents industriels, le traitement des rejets des établissements hospitaliers ou le recyclage des eaux usées.

¹ INSA Lyon : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon

² Laboratoire DEEP : Laboratoire Déchets Eaux Environnement Pollutions

³ SIEA : Syndicat intercommunal des eaux et d'assainissement

⁴ Calcul réalisé sur la base de la capacité de Vercia de 1 100 EH et d'un débit maximum de 10m³/h.

Les micropolluants, un risque potentiel pour l'environnement et pour l'homme

Les micropolluants sont des substances organiques ou minérales présentes dans l'environnement à des concentrations infimes, et qui sont susceptibles d'impacter négativement le milieu et les organismes vivants. Biocides, produits pharmaceutiques, produits industriels ou résidus d'hormones, par exemple, peuvent représenter un risque pour l'environnement et l'homme en raison de leur toxicité, leur persistance et leur bioaccumulation.

Plus de 100 000 molécules chimiques sont aujourd'hui identifiées sur le marché en Europe et peuvent se retrouver dans les rejets de nombreux secteurs d'activité : l'industrie et l'agriculture, par exemple, mais aussi les établissements de santé, ou simplement les eaux usées de nos logements. Ces substances ont tendance à converger vers les stations d'épuration et, sans traitement adapté, à se retrouver ensuite dans le milieu naturel.

Grâce à des moyens d'analyse toujours plus poussés, nous sommes aujourd'hui en mesure de mieux quantifier ces micropolluants et d'évaluer leur éventuel impact. Une liste de vigilance européenne a été établie dans le cadre de la Directive cadre sur l'eau (DCE) adoptée en octobre 2000 par le Parlement européen et le conseil de l'Union européenne (*Liste des substances prioritaires dans le domaine de l'eau*). Cette liste, qui comportait initialement 10 polluants à surveiller, s'est enrichie au fil des recherches et comporte aujourd'hui 45 substances, dont 21 identifiées comme substances dangereuses prioritaires car persistantes, bioaccumulables et toxiques. La DCE impose la réduction progressive des rejets de ces substances, allant jusqu'à leur suppression d'ici 2021.

Pas d'obligation de traiter les micropolluants en STEP en France à l'heure actuelle

Il n'y a pas aujourd'hui d'obligation réglementaire pour les STEP en France de traiter les micropolluants. La DCE a fixé comme objectif un « bon état » écologique et chimique des masses d'eau, mais il n'existe à ce jour qu'une simple prescription de surveillance des rejets (circulaire du Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la mer, daté du 29 septembre 2010). Cependant, dans le cadre d'une prise de conscience croissante de l'impact des micropolluants et de la nécessité d'agir, plusieurs discussions et pistes législatives évoquent les stations d'épuration en tant qu'élément clé d'un futur dispositif pour la réduction de ces substances.

Certaines communes françaises font déjà office de précurseurs dans le domaine : c'est le cas de la station d'épuration des Bouillides à Sophia Antipolis (26 000 EH - 50 000 EH à l'horizon 2030) par exemple, qui lors de travaux d'extension en 2012 a mis en place un traitement des eaux usées par ozonation. Ce procédé a également été introduit à Saint Pourcin sur Sioule (9 900 EH) dans l'Allier, lors de la construction d'une nouvelle STEP en 2012.

Ailleurs en Europe, c'est la Suisse qui se positionne parmi les pays les plus avancés en matière de traitement des micropolluants. Pour éliminer les traces de produits phytosanitaires utilisés dans l'agriculture, la Confédération a décidé d'ajouter une nouvelle étape de traitement des eaux usées dans une centaine de stations d'épuration sur les 700 que compte le pays. Ainsi, une réduction de 80% est visée pour un nombre défini de composés organiques « indicateurs » fortement utilisés en Suisse et qui peuvent encore être rejetés dans le milieu par les stations d'épuration communales. La décision d'une telle réglementation fait suite à de nombreuses études à large échelle qui démontrent que des mesures prises dans les stations d'épuration réduisent considérablement les micropolluants présents dans les eaux usées traitées. L'objectif est de limiter, voire d'éradiquer les effets néfastes de ces composants sur les organismes aquatiques et de réduire les risques de contamination des ressources en eau potable. Ce nouveau dispositif a été introduit en janvier 2016, financé par une nouvelle taxe fédérale appliquée à chaque ménage en Suisse raccordé à une station d'épuration, selon le principe du pollueur-payeur. Cette taxe permettra de financer à hauteur de 75% les installations nécessaires à l'élimination spécifique des micropolluants contenus dans les eaux usées des STEP concernées.

Le choix de la STEP de Vercia pour ce pilote

Le SIEA de Beaufort-Ste Agnès a permis à la société COMAP et ses partenaires de faire de la station d'épuration de Vercia, dans le Jura, une station pilote dans le traitement des micropolluants. Par le biais de recherches scientifiques spécifiques et l'installation d'un dispositif approprié (UV / H₂O₂), ce projet est une première en France pour une structure de cette taille. Suivi pendant plusieurs mois dans le cadre d'un projet de

recherche menée conjointement par COMAP et le laboratoire DEEP (INSA de Lyon), ce pilote permet de trouver des solutions adaptées aux petites et moyennes stations d'épuration.



La station d'épuration de Vercia, STEP à filtres plantés de roseaux

COMAP a choisi la station de Vercia pour sa taille et pour son système de traitement par filtre planté de roseaux, particulièrement adapté aux petites communes, auquel il était intéressant d'associer sa technologie pour le traitement des micropolluants. La présence à Vercia d'équipements comme des préleveurs automatiques et des débitmètres présentait aussi un avantage de taille, car cela facilitait la mise en place de prélèvements et d'analyses pendant le projet. Cette station a par ailleurs fait l'objet d'un suivi sur l'élimination du phosphore et de l'azote dans le cadre de projets de recherche antérieurs (Procédé AZOE®-NP de SCIRPE).

Des analyses préliminaires réalisées en avril 2015 par le LDA (Laboratoire départemental de la Drôme) ont permis de mettre en évidence la présence de micropolluants en sortie de traitement, à des concentrations de l'ordre du nano- au microgramme par litre. Parmi les substances détectées se trouvaient plusieurs perturbateurs endocriniens et produits pharmaceutiques dont trois molécules faisant partie de la liste de vigilance européenne : E1 et E2 (deux hormones femelles) et le diclofénac (anti-inflammatoire). De la testostérone (hormone mâle) et de l'EE2 (hormone femelle) ont aussi été identifiés. D'autres prélèvements réalisés en octobre 2015 ont révélé la présence de 19 résidus de produits pharmaceutiques sur 54 recherchés. On retrouve notamment des bêtabloquants (aténolol, sotalol), des pesticides (atrazine), des herbicides (isoproturon, atrazine) ou des résidus de médicaments (naproxène, ibuprofène, carbamazépine).

Présentation de la STEP de Vercia

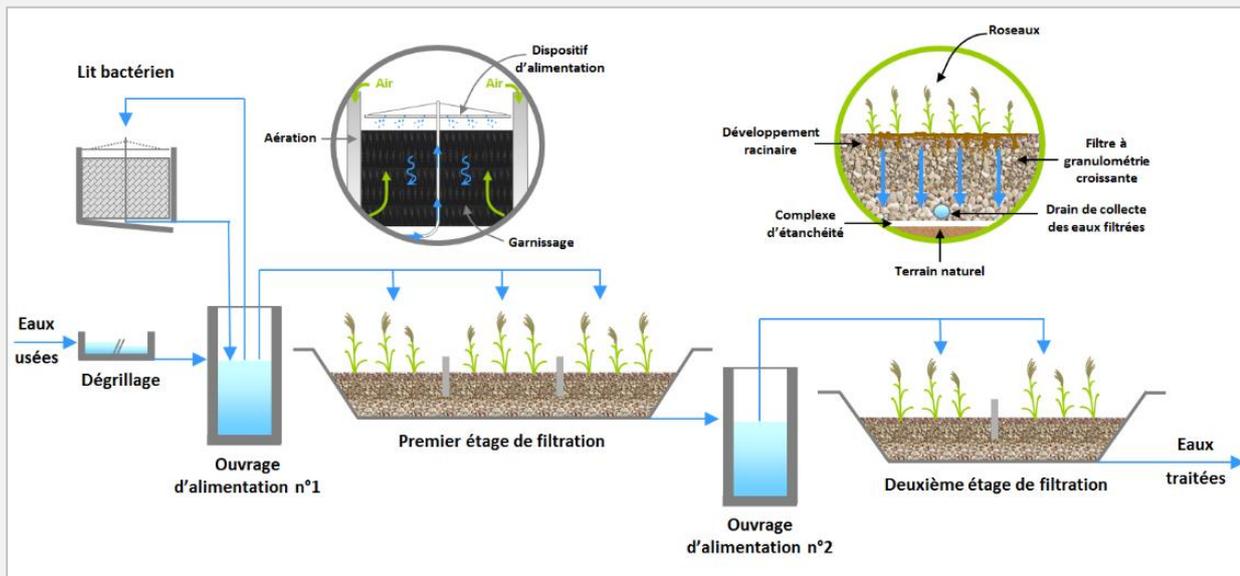


Mise en service en septembre 2004, la STEP de Vercia a une capacité de traitement de 1 100 EH. Elle traite les eaux usées des habitants des villages de Rotalier et de Vercia (470 EH), mais aussi de l'activité générée par 5 viticulteurs, pour une charge de 600 EH en période de pointe au moment des vendanges, entre mi-septembre et mi-octobre. Le débit moyen annuel est de 6 m³/h, mais peut augmenter de manière considérable en temps de forte pluie.

La filière de traitement mise en place par la société SCIRPE sur la station de Vercia a permis de répondre aux objectifs de traitement de l'azote et du phosphore et les améliorations continues ont donné naissance au procédé AZOE®-NP (Brevet # FR1153754).

Le procédé AZOE®-NP

La particularité de la filière réside dans le prétraitement biologique sur lit bactérien qui crée les **conditions oxydantes indispensables à la nitrification / dénitrification** d'une part et à la **stabilité des précipités de phosphates ferriques** d'autre part, formés initialement en amont sur la filière par injection de chlorure ferrique. Le potentiel épuratoire des deux étages de filtres verticaux est ainsi pleinement utilisé. **La très faible concentration en matières en suspension** obtenue en sortie est également un atout majeur pour l'efficacité du pilote UV / H₂O₂



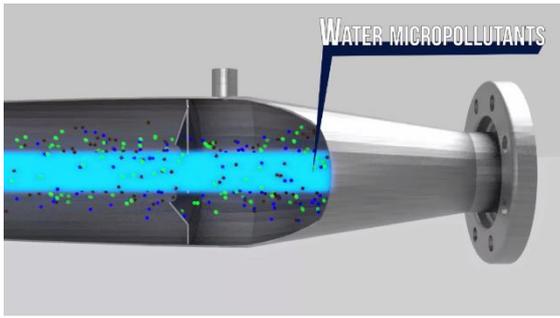
Principe de fonctionnement de la Filière AZOE®-NP (SCIRPE - Brevet # FR1153754)

Le choix de la technologie UV / H₂O₂, solution simple à mettre en place et compétitive

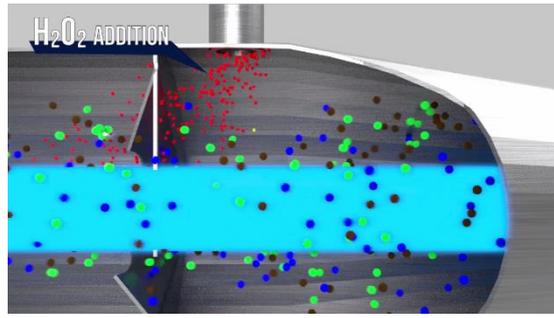
La solution préconisée par COMAP pour la station de Vercia était la technologie UV / H₂O₂, qui combine un traitement par rayons ultraviolets (désinfection) et le peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée). Le traitement UVc est aujourd'hui largement utilisé pour la désinfection de l'eau et est une technologie éprouvée dans les petites installations. Pour un investissement de départ et des coûts d'exploitation raisonnables, cette solution est facile à installer, avec un encombrement minimal.

L'exposition de l'eau à des radiations UVc permet de détruire les micro-organismes présents dans l'eau, sans modifier les propriétés physico-chimiques de l'eau. Le rajout de peroxyde d'hydrogène aboutit à un procédé d'oxydation avancée, qui produit des radicaux hydroxyles OH⁻ très réactifs, capables d'oxyder les polluants organiques de façon non spécifique. Le H₂O₂ non activé lors du procédé se décompose ensuite en eau et oxygène. Aucun produit toxique néfaste pour l'environnement n'est utilisé dans le procédé et cette solution ne nécessite pas de surveillance quotidienne ni de maintenance lourde.

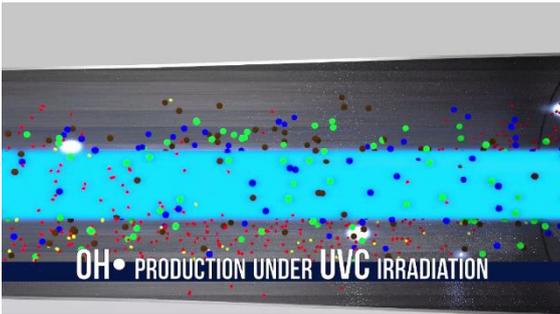
Fonctionnement du procédé d'oxydation avancée UV / H₂O₂



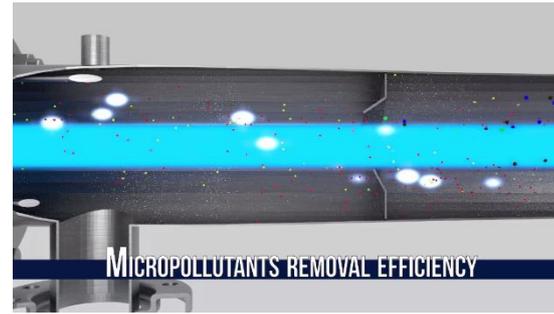
L'eau polluée passe dans le générateur UVc (les micropolluants sont représentés ici par les points bleus / verts).



Le peroxyde d'hydrogène est rajouté dans le générateur (points rouges).



Des radicaux hydroxyles OH• se créent et commencent à oxyder les micropolluants présents dans l'eau (points jaunes ou blancs).



Post-traitement, les micropolluants sont éliminés, ou transformés en d'autres molécules sans effet estrogénique.

Un projet mené en plusieurs étapes

De la phase pilote en laboratoire À

La première phase du projet a consisté à développer un pilote, mis au point au laboratoire DEEP, à l'INSA de Lyon. Après deux ans de recherche, ce pilote a permis de valider l'efficacité du procédé en laboratoire, sur des débits allant jusqu'à 2,4 m³/h. Les analyses ont démontré l'élimination des bactéries (taux de abattement de plus de 99%) et des taux de abattement pouvant atteindre plus de 90% pour certaines molécules testées : les hormones estrone (E1), estradiol (E2) et l'œstriol (EE2) et le diclofénac. Pour les autres molécules (ibuprofène et naproxène), l'association de l'UV et du peroxyde d'hydrogène a considérablement amélioré le traitement par rapport à la photolyse UV seule (Figures 1 et 2)

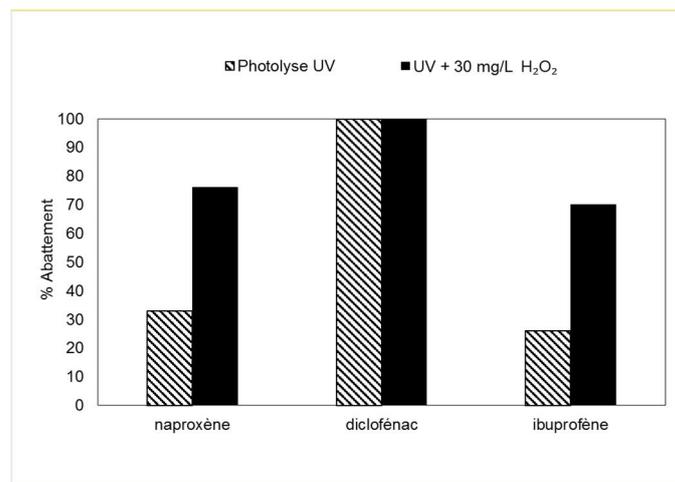
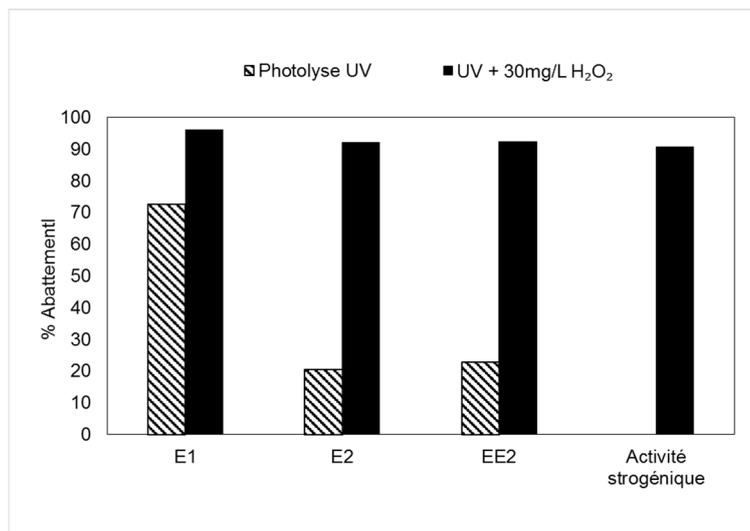


Figure 1. Taux d'abattement des premières molécules testées sur le pilote en laboratoire

Lors de cette phase pilote, il était particulièrement important de confirmer l'absence de sous-produits de dégradation (ou molécules filles) dangereux. Pour cela, des tests ont été menés (tests YES et Microtox, notamment) qui ont permis de constater l'absence de effet estrogénique ou hautement toxique des sous-produits générés par le procédé.



Les tests ont permis de confirmer l'abattement des molécules cibles, mais aussi l'absence de formation de sous-produits estrogéniques.

Figure 2. Taux d'abattement des molécules E1, E2 et EE2 et leur activité estrogénique associée

À jusqu'à des essais grandeur nature sur la STEP de Vercia

Le travail réalisé en laboratoire a permis ensuite de dimensionner le prototype pour la phase de tests sur la STEP de Vercia, l'objectif étant de confirmer le même niveau d'efficacité du procédé en grandeur nature, à une échelle 5 fois plus grande que en laboratoire, le prototype étant dimensionné pour des débits allant jusqu'à 10 m³/h.



Prototype UV / H₂O₂ installé sur la STEP de Vercia

Le prototype a été installé en janvier 2016 et une première série de prélèvements ponctuels a été effectuée début février. Dans un deuxième temps, des prélèvements seront menés sur une période de 24 heures à l'aide de préleveurs automatiques, pour pouvoir mener des analyses sur l'eau traitée pendant une journée type pour la station.

Les équipes se sont concentrées dans un premier temps sur les mêmes molécules que pour la phase pilote, à commencer par les anti-inflammatoires naproxène, diclofénac et ibuprofène. Ces molécules sont généralement présentes à des concentrations beaucoup plus importantes que les hormones et sont donc plus faciles à détecter.

Les analyses menées sur ces premiers prélèvements sont très encourageantes. D'une part, elles montrent que les propriétés physico-chimiques de l'eau ne sont pas modifiées par le procédé et que le traitement permet également d'éliminer la quasi-totalité des bactéries (taux d'abattement de plus de 99%). D'autre part, elles confirment les résultats obtenus lors du pilote en laboratoire, avec un taux d'abattement pouvant atteindre 90% sur certaines molécules testées (Figure 3), à une concentration en H₂O₂ deux fois moindre que pour le pilote de laboratoire (15 mg/L) et à une dose < 1000 mJ/cm². La diminution de la concentration en H₂O₂ permet de diminuer les coûts d'exploitation. D'autres doses seront testées pour optimiser le coût et l'efficacité du traitement.

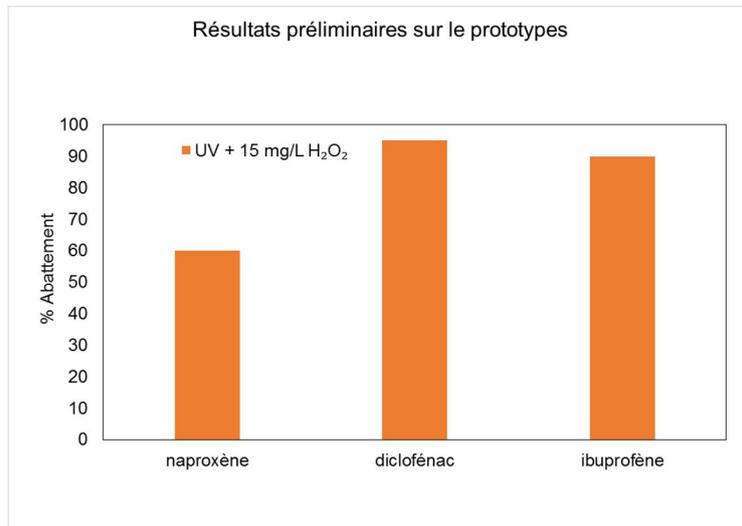


Figure 3. Taux d'abatement du naproxène, du diclofénac et de l'ibuprofène à Vercia

Les analyses se poursuivent actuellement pour confirmer l'absence d'effet estrogénique des sous-produits générés par le procédé à grandeur réelle. En parallèle, d'autres tests sont en cours sur une trentaine d'autres molécules, pour lesquelles des outils d'analyse encore plus poussés sont nécessaires, en raison des très faibles concentrations de ces substances dans l'eau. C'est le cas, par exemple, des hormones E1, E2, EE2. Les résultats de ces analyses sont attendus au cours des prochains mois.

Des perspectives d'avenir intéressantes, aux applications variées

Au-delà des stations de purification de petite et moyenne taille, cette technologie peut également être pertinente et adaptable pour d'autres applications. D'autres secteurs font déjà l'objet de contraintes légales spécifiques en matière de traitement des rejets de perturbateurs endocriniens dans les eaux usées. C'est le cas des effluents industriels ou des établissements hospitaliers pour lesquels les rejets de résidus médicamenteux aux eaux usées sont réglementés. Pour ces applications, la technologie développée par COMAP pourra s'adapter spécifiquement aux substances à éliminer, offrant ainsi une réponse sur mesure aux caractéristiques de l'eau à traiter.

A PROPOS DE COMAP

Depuis plus de 60 ans, COMAP confirme son expertise dans le domaine de la plomberie et du génie climatique. Les solutions de raccordement et de régulation COMAP réduisent la dépense énergétique globale des bâtiments tout en optimisant leur confort et leur sécurité. COMAP commercialise également des produits de traitement de l'eau, via sa filiale COMAP Water Treatment (WT).

Anciennement connue sous le nom de RIME, COMAP WT développe depuis plus de 30 ans une gamme complète de solutions pour répondre aux applications industrielles, tertiaires et résidentielles. Son site industriel certifié ISO 9001 est installé à Montélier dans la Drôme (26), où sont élaborés, fabriqués et contrôlés l'ensemble de ses produits. Son savoir-faire repose sur une maîtrise étendue des technologies de traitement : filtration, protection anti-tartre, adoucissement, désinfection et déchloramination UVc.

Groupe industriel français présent à l'international avec un réseau commercial dans plus de 20 pays, COMAP compte environ 800 collaborateurs et fait partie du groupe Aalberts Industries (AI) NV, dont le chiffre d'affaires a atteint 2,475 milliards d'euros en 2015.

SERVICE DE PRESSE DE COMAP

Agence FP&A

Frédérique Pusey et Adeline Vallet

01 30 09 67 04 - adeline@fpa.fr