

ÉLIMINATION DES MICROPOLLUANTS

ESSAIS PILOTES: TRAITEMENT PAR CHARBON ACTIF EN GRAIN EN LIT FLUIDISÉ À LA STEP DE PENTHAZ

En vue de la construction d'un traitement des micropolluants à la STEP de Penthaz (VD), des essais pilotes avec du charbon actif en grain (CAG) en lit fluidisé (procédé CarboPlus®) ont été réalisés. Ces essais pilotes ont montré que ce procédé permet d'éliminer les micropolluants des eaux usées selon les bases légales suisses. Ils ont de plus permis de développer des mesures pertinentes pour le suivi de l'installation. En raison des résultats prometteurs, ce procédé a été validé. L'installation est en cours de réalisation et sera mise en service en automne 2018.

Marie Horisberger*; Raphaël Casazza, Triform SA

Julie Grelot, Plateforme VSA «Techniques de traitement des micropolluants»; Adriano Joss, Eawag

ZUSAMMENFASSUNG

ELIMINATION VON MIKROVERUNREINIGUNGEN – PILOTVERSUCHE AUF DER ARA PENTHAZ: BEHANDLUNG MIT GRANULIERTER AKTIVKOHLE IM WIRBELBETTREAKTOR

Im Rahmen der Erweiterung der Abwasserreinigungsanlage Penthaz VD um eine Behandlungsstufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen wurden Pilotversuche mit granulierter Aktivkohle (GAK) in einem Wirbelbett (CarboPlus®-Verfahren) durchgeführt. GAK-Verfahren weisen interessante technische und wirtschaftliche Eigenschaften auf: die gebrauchte Kohle kann reaktiviert werden und Betrieb und Wartung gestalten sich relativ einfach. Die tägliche Zugabe von Kohle zum Reaktor erlaubt eine bedarfsgerechte Dosierung und eine hohe Flexibilität des Systems. Mithilfe einer Online-UV-Messung konnte die Eliminationsleistung in den Pilotversuchen in Echtzeit überwacht werden. Die Tests zeigten, dass eine Dosierung von ca. 15 g GAK/m³ oder ca. 2 g GAK/g DOC eine Reinigungsleistung von 80% über die gesamte Kläranlage garantiert. Thermogravimetrische Analysen wurden durchgeführt, um den Anteil der Aktivkohle an den gesamten ungelösten Stoffen (GUS) im Ablauf der ARA zu quantifizieren. Im Durchschnitt lag der Anteil der Aktivkohle an den GUS bei 11%, was einer GAK-Konzentration im Auslauf von etwa 0,1 bis 0,48 mg/l entspricht. Zwei GAK-Typen wurden getestet: Chemviron CycleCarb 305 und Norit GAC 3040 AW. Beide zeigten gute Eliminationsleistungen für

INTRODUCTION

Située dans le canton de Vaud, dans le bassin versant de la Venoge, la STEP de Penthaz traite les eaux usées des communes de Cossonay, Penthalaz, Penthaz, Daillens et prochainement Bettens regroupées au sein de l'Association Intercommunale pour l'Epuración des Eaux usées de Cossonay-Penthalaz-Penthalaz-Daillens-Bettens (AIEE). La STEP compte à ce jour 9500 habitants raccordés et a été dimensionnée pour 15 000 EH. Elle traite en moyenne 2500 m³/jour. Construite en 1973, elle a été transformée en 2015 (renouvellement et extension) et sa chaîne de traitement comprend aujourd'hui des prétraitements mécaniques, une décantation primaire, une boue activée avec nitrification et dénitrification partielle, une étape de déphosphatation chimique et une décantation finale suivie d'une filtration sur disques mécaniques. Les concentrations en COD (carbone organique dissous) et en MES (matière en suspension) en sortie de STEP s'élèvent en moyenne à respectivement 6 mg/l et 4 mg/l. En vertu de la récente révision de la loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux) et de son ordonnance (OEaux), entrée en vigueur en 2016, et selon la planification cantonale de la Direction générale de l'environnement (DGE) [1], la STEP de Penthaz doit se doter d'un système de traitement des micropolluants.

* Contact: marie.horisberger@triform.ch

L'AIEE a mandaté Triform SA pour une étude de faisabilité, au terme de laquelle il a été proposé de réaliser des essais pilotes avec le procédé CarboPlus®. Ce procédé, développé et breveté par la société française SAUR et sa filiale Stereau, est un traitement au charbon actif en grain (CAG) en lit fluidisé dans un réacteur de contact à flux ascendant (voir *fig. 1* dans l'encadré). Le projet pilote s'est déroulé entre février 2016 et août 2017. Il a été articulé en deux essais, le premier avec le charbon Chemviron CycleCarb 305 (durée 350 jours) et le second avec le charbon Norit GAC 3040 AW (173 jours).

Un groupe de travail pluridisciplinaire piloté par Triform SA et composé de représentants de l'AIEE, SAUR/Stereau, l'Eawag, la plateforme «Techniques de traitement des micropolluants» du VSA, l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), la DGE du canton de Vaud ainsi que l'Office Fédéral de l'Environnement (OFEV) a été mis sur pied pour l'occasion, afin de bénéficier de l'expérience de ses membres en termes de compétences sur le traitement et l'analyse des micropolluants. Le but de ces essais pilotes était de vérifier l'adéquation du procédé au traitement des micropolluants selon la législation suisse.

PROCÉDÉ ET INSTALLATION PILOTE

L'installation pilote réalisée à Penthasz (*fig. 3*) se présente sous forme d'un réacteur cylindrique de 350 mm de diamètre et 4,12 m de haut, conçu pour traiter environ 1% du débit réel de la STEP à des vitesses ascensionnelles de 7 à 20 m/h. Les paramètres standards de fonctionnement du procédé CarboPlus® et les spécificités de l'installation pilote sont présentées dans le *tableau 1*.

CHARBONS ACTIFS UTILISÉS

L'efficacité du traitement des micropolluants dépend de l'adsorption sur le charbon actif. Celle-ci est liée au type de charbon actif (porosité, taille des pores, degré d'activation, etc.) mais également à la surface d'échange accessible et au temps de contact dans le réacteur. Pour le procédé de traitement par CAG en lit fluidisé, les paramètres physiques des charbons actifs sont déterminants en raison des contraintes hydrauliques (flux ascendant). Le CAG étant réactivable, des charbons réactivés ont été sélectionnés pour les deux essais, afin de se rappro-

LE PROCÉDÉ CARBOPLUS®

Dans le procédé CarboPlus®, le charbon actif est mis en suspension dans un réacteur de contact par le flux ascendant d'eau à traiter (*fig. 1*). Afin de permettre la fluidisation du lit à des vitesses comprises entre 7 et 20 m/h, la granulométrie moyenne du charbon est d'environ 0,5 mm. Cette granulométrie est significativement plus élevée que celle d'un charbon actif en poudre (CAP, <0,05 mm), il s'agit donc d'un charbon actif en grain bien que sa granulométrie soit plus fine que généralement admise (raison pour laquelle il est parfois appelé micrograin). Le charbon actif frais est injecté à un dosage et un intervalle prédéfinis, adaptables en cas de nécessité. Le charbon usagé est extrait régulièrement du réacteur et n'entre pas en contact avec les boues de la STEP. Il peut être régénéré en usine. L'âge moyen du CAG dans le réacteur est d'environ 100 jours. Grâce à la granulométrie particulière du charbon, aucune étape de filtration supplémentaire n'est en principe nécessaire car le lit de charbon actif et l'eau se séparent gravitairement dans le réacteur de contact, même pour des vitesses ascensionnelles élevées (jusqu'à 20 m/h; *fig. 2*). L'eau épurée est collectée par surverse.

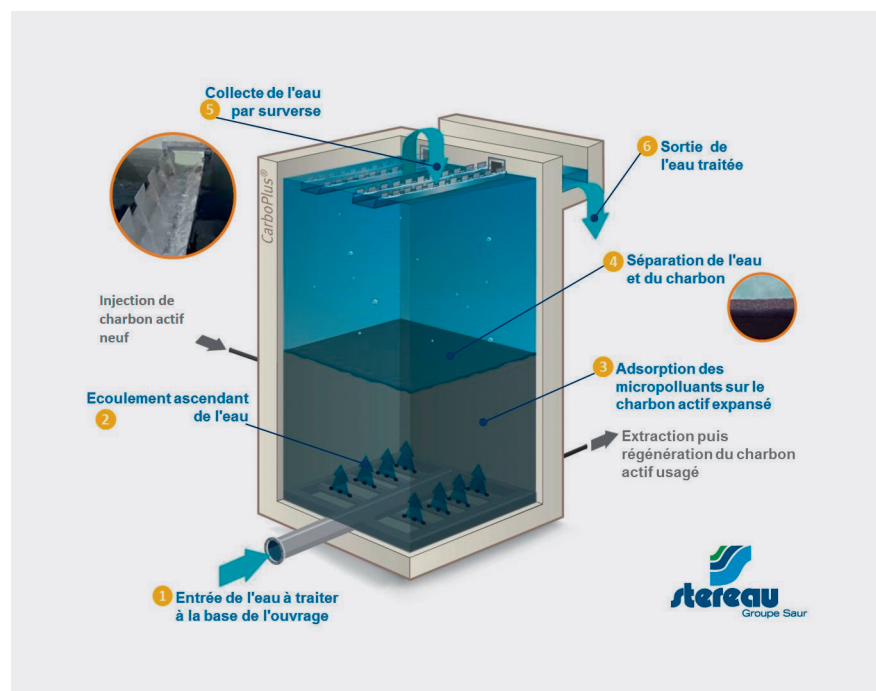


Fig. 1 Schéma de fonctionnement du procédé CarboPlus®

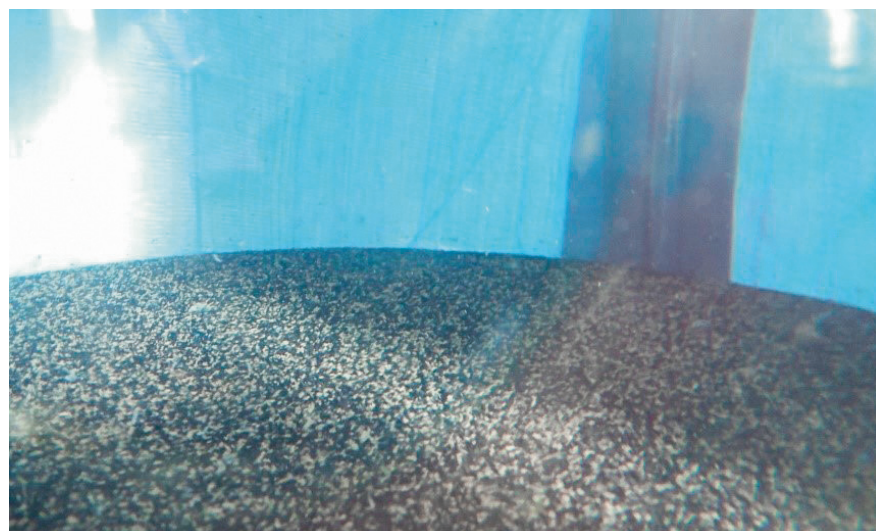


Fig. 2 Interface charbon-eau à une vitesse ascensionnelle de 15 m/h (lit en expansion)



Fig. 3 Installation pilote à la STEP de Penthaz

| | | |
|--|---|------------------------|
| Paramètres de fonctionnement | Vitesse ascensionnelle | 7-20 m/h |
| | Dosage du charbon | 12-15 g/m ³ |
| | Age moyen du charbon | ~100 jours |
| | Hauteur du lit de charbon en expansion (15 m/h) | ~2,2 m |
| | Hauteur du lit au repos (après 20 min) | ~1,5 m |
| Spécificités de l'installation pilote | Réacteur de contact cylindrique: | |
| | - Diamètre | 350 mm |
| | - Hauteur | 4,12 m |
| | Débit d'alimentation | 700-2000 l/h |

Tab. 1 Paramètres de fonctionnement du procédé CarboPlus® et spécificités de l'installation pilote de Penthaz

| Référence charbon actif | Chemviron CycleCarb 305 | Norit GAC 3040 AW |
|---|-------------------------|-------------------|
| Masse volumique tassée pour 100 ml [g/cm ³] | 0,51 | 0,47 |
| Granulométrie moyenne [mm] | 0,50 [0,42-1,4] | 0,43 [0,4-1,23] |
| Mouillabilité [min] | ≤ 15 | ≤ 15 |
| Définage (flottants-fines) [%] | 0,3-0,1 | < 1 |
| Vitesses pour 10 et 50% d'expansion [m/h] | 5,2-15,1 | 2,1-11,4 |
| Réactivable [oui/non] | oui | oui |

Tab. 2 Caractéristiques physiques du charbon CycleCarb 305 de Chemviron et GAC 3040 AW de Norit

cher des conditions opérationnelles à l'échelle industrielle. Le charbon CycleCarb 305 de Chemviron (utilisé dans plusieurs installations en France) a été choisi pour l'essai n° 1. Lors de

l'essai n° 2, un charbon du fournisseur Norit, le GAC 3040 AW, a été sélectionné par le groupe de recherche en collaboration avec l'entreprise Dolder (représentant suisse officiel de Cabot Norit Activated Carbon). Le but était d'évaluer son adéquation au procédé, notamment son comportement hydraulique. Cette étude ne permet toutefois pas la comparaison quantitative de l'efficacité de traitement, les deux charbons actifs n'ayant pas été testés en parallèle dans les mêmes conditions opérationnelles. Les caractéristiques des deux charbons actifs sont présentées dans le *tableau 2*.

EXPLOITATION

Les deux essais se sont articulés en trois phases relativement similaires:

- Phase de démarrage: dosage de CAG dans le pilote pour atteindre le taux d'épuration de 80% et un âge moyen du charbon actif de 100 jours.
- Phase constante: dosage et extraction de CAG pour maintenir une masse constante et un âge du charbon d'environ 100 jours.
- Phase d'étude: optimisation du dosage et de l'extraction, évaluation des limites du système, divers tests et prélèvements.

Les réglages appliqués durant ces phases sont indiqués à la *figure 4*.

Injection et extraction de charbon actif

Une dose journalière prédéfinie de charbon frais a été injectée chaque jour du lundi au vendredi, et une double dose additionnelle était appliquée le vendredi en prévision des jours du week-end. Avant l'injection du CAG, une étape d'élimination des particules fines et des grains non mouillés (flottants) est nécessaire. Une fois la masse de charbon actif souhaitée dans le réacteur atteinte (fin de la phase de démarrage), des extractions ont eu lieu environ deux fois par semaine en utilisant deux vannes situées sur le réacteur à des hauteurs différentes.

Procédures de lavage

Le lit de CAG retient une partie des matières en suspension. Par conséquent, la teneur en MES dans le réacteur augmente avec le temps. Afin de nettoyer le lit de charbon, un lavage à l'eau (augmentation de la vitesse ascensionnelle à 30 m/h pendant quelques minutes) ou à l'air peut être déclenché, en fonction de la sévérité de la situation rencontrée. Le lavage à l'air ne doit être utilisé que de manière exceptionnelle car il peut générer une abrasion des grains de charbon. Durant les essais, seuls deux lavages à l'air ont été nécessaires et des lavages de routine à l'eau ont été effectués environ une fois par mois.

MESURES ET ANALYSES

MICROPOLLUANTS

Les performances de traitement de l'installation pilote ont été vérifiées en mesurant les concentrations des micropolluants et en calculant le taux d'épuration selon l'ordonnance du DETEC (RS 814.201.231 [2]). Pour ce faire, des échantillons de l'eau en entrée du pilote (correspondant à la sortie actuelle de la STEP) et en sortie ont été prélevés sur 48 heures tous les 6 jours en variant les jours de prise d'échantillons. Des prélèvements en entrée de STEP ont également été réalisés environ une fois par

mois, afin d'évaluer l'abattement des micropolluants sur l'ensemble de la STEP. Les analyses des micropolluants ont été réalisées dans les laboratoires du Pôle de Compétence pour l'Analyse des Micropolluants (PCAM) de la DGE à Epalinges.

MESURES ONLINE

Des sondes de turbidité ont été installées en entrée et en sortie afin de surveiller d'une part l'apport en MES (des concentrations élevées en MES pouvant provoquer un colmatage du lit et un débordement de la colonne) et d'autre part les rejets de MES vers l'exutoire et les éventuelles pertes massives de charbon (départs de lit).

L'abattement de l'absorbance UV à 254 nm présente une bonne corrélation avec l'élimination des micropolluants [3]. Une sonde UV online (Endress+Hauser, Viomax CAS51D) a donc été installée lors des essais pilotes (voir aussi [4]). Cette mesure en continu a permis d'observer l'efficacité de traitement en temps réel ainsi que les réactions à des événements ayant une résolution temporelle plus fine que les 48 heures d'échantillonnage pour les analyses en laboratoire (p.ex. dosage de charbon, variations de débit liées à des pluies, etc.).

PERTES EN CHARBON ACTIF

Le procédé de traitement par CAG en lit fluidisé ne prévoit pas de filtration finale car l'eau traitée et le charbon sont séparés gravitairement dans le réacteur de contact. Au cours des essais, et selon les discussions menées avec l'OFEV, il s'est toutefois révélé pertinent d'évaluer la quantité de charbon actif rejetée vers l'exutoire sous forme de particules fines avec les MES. Dans le cadre d'un projet de la plateforme du VSA, des échantillons prélevés durant la dernière phase de l'essai n° 2 ont été analysés par thermogravimétrie [5] pour quantifier la part de charbon actif contenue dans les MES. L'effluent de l'installation a été échantillonné sur 24 heures lors de différentes conditions opérationnelles avec un dosage de CAG de 13 g/m³.

RÉSULTATS

EFFICACITÉ DU TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

La performance d'élimination des micropolluants par la biologie sur la période des essais était en moyenne de 20% (variation entre 6% et 36%). Durant la phase

constante de l'essai n° 1 et sur toute la durée de l'essai n° 2, l'installation pilote a systématiquement atteint ou dépassé un taux d'épuration des micropolluants de 80% (fig. 4). Ainsi, même lors de rendements faibles en biologie, ce procédé est apte à répondre aux exigences légales pour le traitement des micropolluants. La longue durée des essais (1,5 ans) a permis d'appréhender différentes variations saisonnières et météorologiques (fluctuations de température, précipitations, etc.). Les charbons utilisés durant les essais ont tous deux démontré leur bonne capacité d'épuration.

Les causes des rendements insuffisants observés durant les phases de démarrage et d'étude de l'essai n° 1 ont pu être identifiées et des solutions mises en place pour atteindre à nouveau une efficacité optimale. Une combinaison de différents éléments a systématiquement été constatée durant les périodes de basse efficacité:

- Perturbation de la filière biologique de la STEP
- Dosage effectif inférieur au dosage visé
- Faible masse de charbon actif dans la colonne
- Accumulation de MES dans le lit de charbon
- Vitesses ascensionnelles élevées (> 16 m/h)

DOSAGE

Dans un premier temps le charbon actif était dosé à environ 15 g/m³ (correspondant à environ 2 g CAG/g COD) dans le pilote. Au vu des bons résultats obtenus lors de la phase constante, le dosage a par la suite été diminué et stabilisé à environ 13 g/m³. À partir d'un dosage effectif d'environ 13,5 g/m³, les rendements obtenus sur le pilote étaient généralement supérieurs à 75%. De même, aucun rendement inférieur à 80% n'a été obtenu pour des dosages de 15 g/m³ ou plus (fig. 5). Le dosage optimal en temps normal, lors de

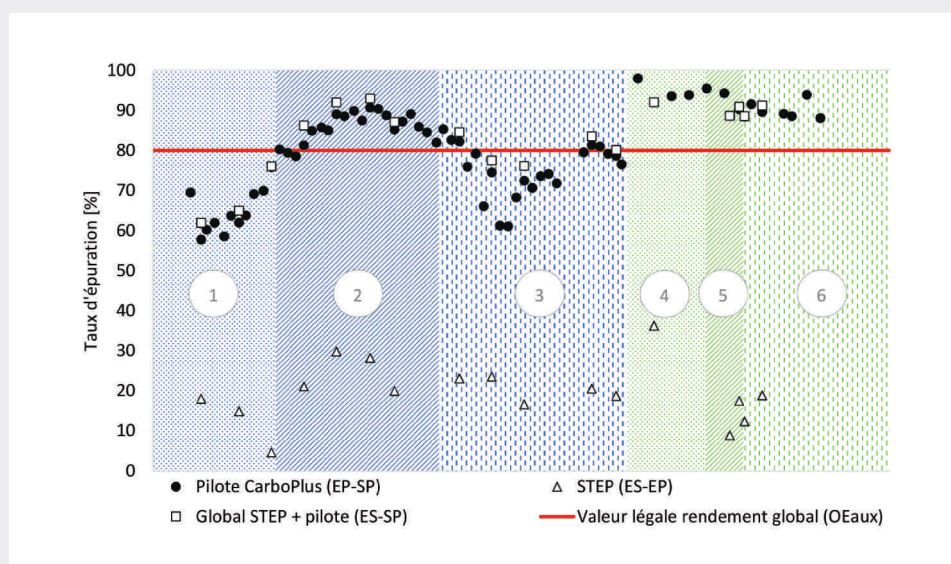


Fig. 4 Taux d'épuration des micropolluants (calculé selon [2]) pendant les différentes phases des deux essais pilotes. ES = entrée de STEP; EP = entrée du pilote (sortie de STEP); SP = sortie du pilote.

- 1) Essai n° 1, phase de démarrage: injection initiale de 15 kg de CAG de Chemviron, montée en charge progressive à un dosage de 15 g/m³ (sans extraction du CAG) jusqu'à atteinte de 60 kg dans la colonne, vitesse ascensionnelle constante de 15 m/h, durée 91 jours.
- 2) Essai n° 1, phase constante: début des extractions de CAG, dosage de 15 g/m³, vitesse ascensionnelle constante de 15 m/h, durée 121 jours.
- 3) Essai n° 1, phase d'étude (évaluation des limites du système): différents réglages testés (diminution du dosage à 13 g/m³, vitesse ascensionnelle variable entre 7 et 20 m/h en fonction du débit d'entrée de STEP, etc.), durée 138 jours.
- 4) Essai n° 2, phase de démarrage: injection initiale de 30 kg de CAG de Norit, dosage entre 10 et 20 g/m³ jusqu'à stabilisation du signal d'absorbance UV à 254 nm, vitesse ascensionnelle variable en fonction du débit d'entrée de STEP, durée 58 jours.
- 5) Essai n° 2, phase constante: début des extractions de CAG, dosage stabilisé à 15 g/m³ puis 13 g/m³, vitesse ascensionnelle variable en fonction du débit d'entrée de STEP, durée 28 jours.
- 6) Essai n° 2, phase d'étude (divers tests et prélèvements): dosage de 13 g/m³, essais de dopage (20 ou 25 g/m³) durant les temps de pluie, vitesse ascensionnelle variable ou fixe, durée 87 jours.

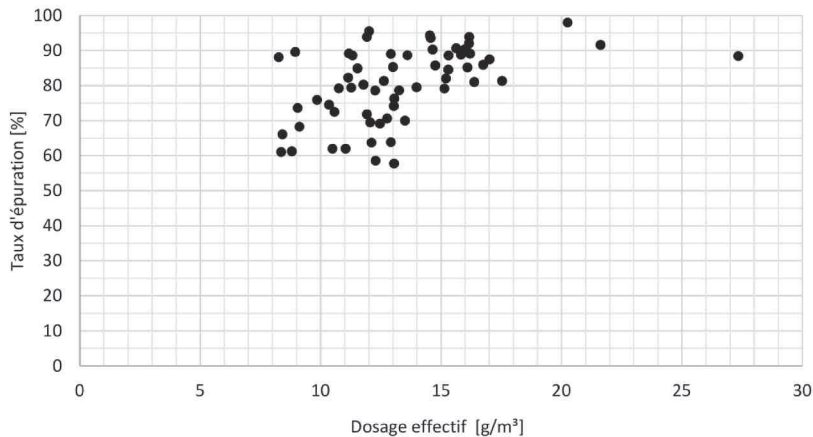


Fig. 5 Taux d'épuration des micropolluants par l'installation pilote en fonction des différents dosages.

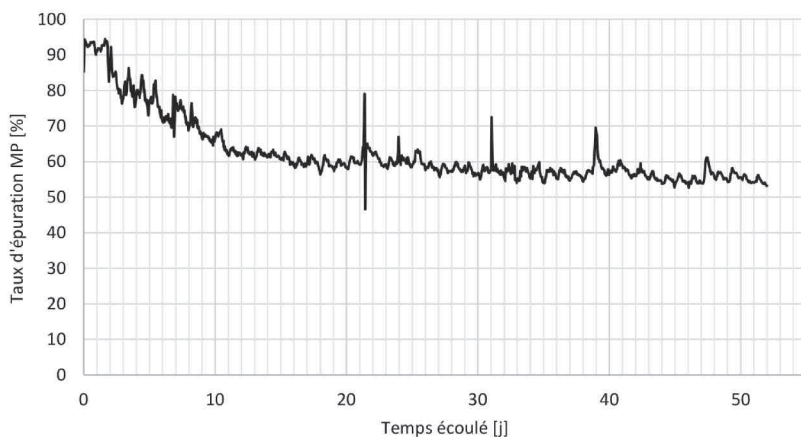


Fig. 6 Diminution puis stabilisation du taux d'épuration des micropolluants (valeurs issues de la corrélation avec l'abattement de l'absorbance UV à 254 nm) après interruption du dosage à la fin de l'essai n°2. Dernier dosage au jour 0 à 13 g/m³.

l'exploitation à pleine échelle, se situera donc entre 13 et 15 g/m³ afin de garantir un taux d'épuration des micropolluants de 80% sur l'ensemble de la STEP, étape biologique comprise. En comparaison, les procédés de dosage de charbon actif en poudre avant un filtre à sable ou selon le procédé «Ulm» requièrent un dosage d'environ 2 g CAP/g COD [6]. À la STEP de Bülach (essai pilote avec un filtre à CAG), le dosage de charbon actif se situe entre 1,5 et 2,3 g CAG/g COD [7]. Au début de l'essai n° 1, l'humidité du charbon actif n'avait pas été pris en compte lors de la pesée des injections journalières. Celle-ci s'étant parfois élevée jusqu'à 20%, le dosage effectif était souvent inférieur au dosage visé. Ceci a été corrigé au début de la deuxième phase de l'essai n° 1 avec un

effet visible sur l'efficacité du traitement (fig. 4).

INTERRUPTION DU DOSAGE

Grâce au suivi continu de l'efficacité de traitement par la mesure online de l'absorbance UV à 254 nm, la diminution du rendement d'épuration à la suite d'une interruption du dosage a pu être observée (fig. 6). La masse de charbon présente dans la colonne assure une épuration résiduelle d'environ 55%.

PARAMÈTRES DE SUIVI DE L'INSTALLATION

Sonde UV à 254 nm

La relation entre l'abattement de l'absorbance UV à 254 nm et le taux d'élimination des micropolluants est linéaire dans

la majeure partie de la gamme des taux d'épuration obtenus (fig. 7). Pour la STEP de Penthaz, une élimination de 80% des micropolluants correspond ainsi à un abattement de l'absorbance UV à 254 nm de 27% ± 2,5%.

Par la mesure online de l'absorbance UV, des pics journaliers d'abattement de l'absorbance ont pu être observés (fig. 8) de manière quasi-instantanée après l'injection des doses de CAG. Les doubles doses du week-end, injectées les vendredis en plus des injections quotidiennes, ont produit des pics plus importants, suivis de rapides diminutions. L'observation de l'évolution hebdomadaire des pics d'abattement de l'absorbance UV a montré une augmentation régulière de l'efficacité de traitement la semaine et une diminution lors des week-ends.

L'inertie du réacteur, avec un âge moyen du charbon maintenu à environ 100 jours par les injections et extractions régulières, permet une certaine flexibilité dans la fréquence des injections et la quantité de charbon actif injectée ainsi qu'une marge de manœuvre en cas de défaillance du système de dosage dans le cas d'une exploitation à pleine échelle (voir aussi «Interruption du dosage»).

Hauteur de lit et expansion

Durant les essais, il a été observé que l'accumulation de MES dans le lit est critique pour l'hydraulique du système puisqu'elle influence l'expansion du lit [8]. Lors d'une perturbation de la filière biologique causant une arrivée excessive et exceptionnelle de boues dans le pilote, un débordement de la colonne a eu lieu et du charbon actif a été perdu (retour de l'effluent du pilote en entrée de STEP). À pleine échelle, une sonde radar permet d'automatiser la surveillance de la hauteur du lit et de déclencher les alarmes lorsque le niveau du lit de charbon dépasse un seuil critique.

L'accumulation des MES dans le lit a également été défavorable à l'efficacité du procédé car les quantités de charbon extraites ont été faussées par les MES. Des mesures de contrôle ont été mises en

RAPPORT FINAL

Une présentation plus détaillée de ces essais pilotes et de leurs résultats est disponible dans le rapport final [9] publié en ligne sur www.micropoll.ch.

place, notamment par le relevé ponctuel des hauteurs de lit en expansion et au repos par l'exploitant. En effet, une augmentation de la concentration en MES influence la hauteur du lit en expansion mais pas la hauteur du lit au repos. Le calcul du rapport entre les deux hauteurs de lit (ratio d'expansion) permet ainsi de suivre l'évolution de la concentration en MES dans le lit de CAG.

Un lavage à l'eau effectué de manière routinière (environ tous les mois) permet de limiter l'accumulation des MES dans le lit de CAG. Le ratio d'expansion permet de vérifier la stabilité du lit et de déclencher un lavage à l'air lorsque les lavages à l'eau ne sont pas suffisants.

Le charbon Norit utilisé durant l'essai n° 2 possède une densité plus faible que le charbon Chemviron de l'essai n° 1. Cela s'est traduit par une expansion plus importante pour une même vitesse ascensionnelle (jusqu'à 170% d'expansion pour le CAG Norit et 150% pour le CAG Chemviron à 15 m/h). Cela n'a toutefois pas impacté négativement l'hydraulique du système, et les deux charbons ont pu être utilisés dans des conditions opérationnelles similaires.

Pertes diffuses de charbon actif vers l'exutoire

Les résultats des analyses thermogravimétriques indiquent que le charbon actif représente en moyenne 11% des MES en sortie du pilote (valeurs entre 1% et 18%). Les concentrations en charbon actif sont donc comprises entre 0,1 mg/l (limite de détection de la méthode) et 0,48 mg/l, soit 1 à 5% du charbon actif dosé. Ces résultats témoignent de la capacité de séparation dans le réacteur entre l'eau et le charbon actif (voir aussi fig. 2). Compte tenu des faibles concentrations en MES mesurées en sortie de la STEP de Penthaz et de la part relativement faible de charbon actif dans les MES, les pertes en charbon actif vers l'exutoire sont considérées comme minimales selon l'état actuel des connaissances.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Dans une réalisation à pleine échelle, la majeure partie des tâches liées à l'exploitation sont automatisées, notamment les injections et extractions de CAG. Le stockage du charbon frais en milieu confiné limite les variations d'humidité et améliore la fiabilité du dosage. Le contrôle

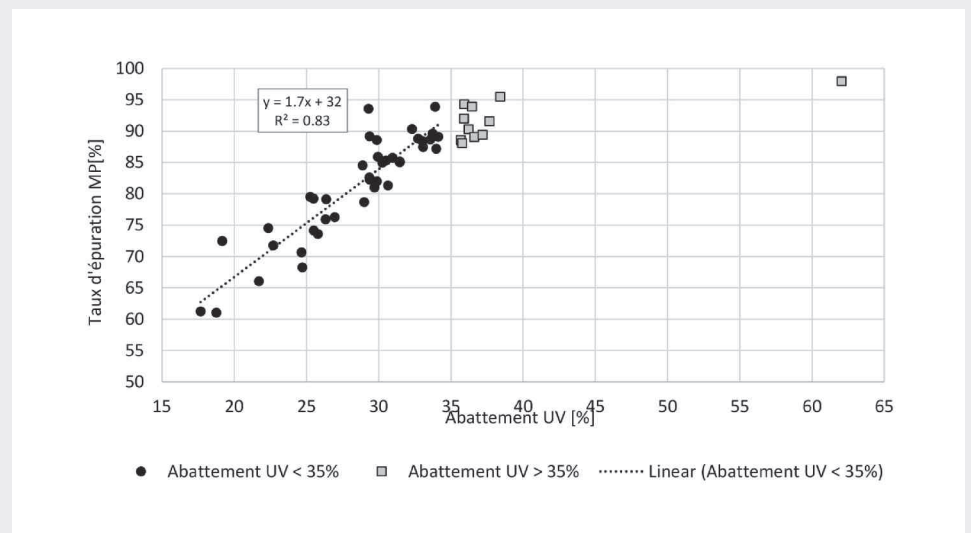


Fig. 7 Corrélation entre les rendements d'élimination des micropolluants (MP) et l'abattement de l'absorbance UV à 254 nm.

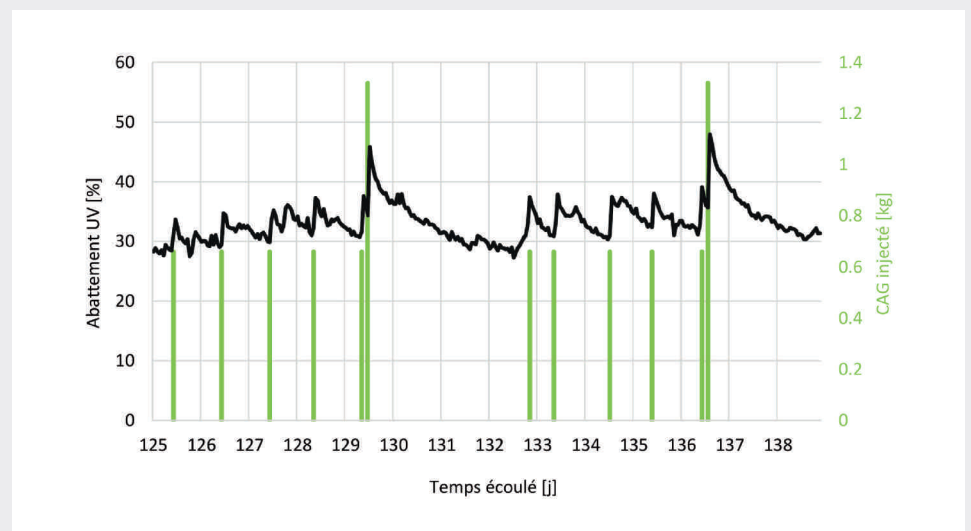


Fig. 8 Augmentation de l'abattement de l'absorbance UV (pics) après l'injection quotidienne des doses de CAG. Les injections journalières correspondent à un dosage de 15 g/m³. Une double dose est ajoutée à la dose journalière le vendredi après-midi en prévision du week-end (jour 129 et 136).

des hauteurs de lit et la gestion des lavages peuvent également être intégrés de manière semi-automatique par le biais de sondes et la mise en place d'alarmes. Le procédé de traitement, alliant la réactivité par les dosages réguliers et l'inertie grâce à la masse présente dans le réacteur, permet également une certaine flexibilité dans l'exploitation.

En conclusion, ces essais pilotes ont montré que le procédé CarboPlus® permet d'éliminer les micropolluants des eaux usées selon les bases légales suisses et se révèle pertinent pour une STEP comme celle de Penthaz. Ils ont de plus permis de développer des mesures pertinentes pour le suivi de l'installation. La sécurité au niveau de la filière d'approvisionnement est renforcée par la bonne

performance des deux charbons actifs de Chemviron et Norit. Compte tenu de ces

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement les personnes suivantes: R. Devantay, R. Nicolet, P. Gerhard et J.-P. Golay de l'AIEE, P. Vioget, C.-A. Jaquerod, C. Villard-le-Bocey, C. Plagellat et G. Hack de la DGE, S. Lehmann et D. Dominguez de l'OFEV, C. Holliger (EPFL), P. Osterwalder (Kuster + Hager, anc. EPFL), H. Zöllig (Wabag, anc. VSA), P. Wunderlin et A. Meier du VSA, Y. Coquet (anc. SAUR/Stereau), F. Gueguen, A. Lüthi, F. Colas et F. Nauleau de SAUR/Stereau, G. Clerc (anc. Triform), P. Lehmann et M. Brennecke de Triform et O. Pompini du Service de l'environnement SEn (FR).

résultats, ce procédé a été recommandé par Triform pour le traitement des micropolluants à la STEP de Penthaz. La DGE et l'OFEV ayant validé le projet d'ouvrage, l'installation à pleine échelle est en cours de réalisation et sera mise en service en automne 2018.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Direction générale de l'environnement (2016): *Traitement des micropolluants dans les stations d'épuration vaudoises. Planification cantonale provisoire 2016*
- [2] Ordonnance du DETEC visant à contrôler l'efficacité des mesures d'élimination des composés traces organiques dans les installations d'épuration des eaux usées du 3 novembre 2016 (état au 1^{er} décembre 2016); RS 814.201.231
- [3] Plateforme VSA «Techniques de traitement des micropolluants» (2017): *Concepts de surveillance de l'efficacité d'épuration des étapes de traitement supplémentaires permettant l'élimination des micropolluants.* www.micropoll.ch
- [4] Plateforme VSA «Techniques de traitement des micropolluants» (2018): *Expériences avec les sondes UV/VIS pour surveiller l'élimination des composés traces dans les stations d'épuration.* www.micropoll.ch
- [5] Krahnstöver, T.; Wintgens, T. (2017): *Aktivkohle-Nachweis im Abwasser. Quantitativer und selektiver Nachweis niedriger PAK-Konzentrationen mittels Thermogravimetrie.* *Aqua & Gas* 1/2017: 32-37
- [6] Wunderlin, P.; Meier, A.; Grelot, J. (2018): *Elimination des micropolluants dans les STEP – état actuel des procédés et évolutions futures.* *Aqua & Gas* 1/2018: 48-58
- [7] Joss, A. et al. (2017): *Elimination des composés traces par filtration au charbon actif en grains (CAG): études menées à l'échelle industrielle dans la STEP de Bülach-Furt. Rapport intermédiaire, version courte.* Dübendorf, janvier 2017
- [8] Osterwalder, P. (2016): *Pilot plant for micropollutant removal at the wastewater treatment plant of Penthaz with the CarboPlus® procedure using micro-granular activated carbon.* Master thesis, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)
- [9] Horisberger, M.; Casazza, R. et al. (2018): *Traitement des micropolluants STEP de Penthaz – Essais pilotes Charbon actif en grain en lit fluidisé – procédé CarboPlus®.* www.micropoll.ch

> FORTSETZUNG DER ZUSAMMENFASSUNG

Mikroverunreinigungen und für den Prozess geeignete hydraulische Eigenschaften. Basierend auf den Ergebnissen der Tests haben die Generaldirektion Umwelt (DGE) des Kantons Waadt und das Bundesamt für Umwelt (BAFU) das Projekt gutgeheissen. Die Anlage befindet sich mittlerweile im Bau und wird noch vor Ende 2018 in Betrieb genommen.



MECANA

A Metawater Company



Vierte Reinigungsstufe mit Tuchfiltern

Zur Abtrennung von Pulveraktivkohle bei der Elimination von Spurenstoffen werden in mehreren grosstechnischen Projekten OptiFiber® Tuchfilter eingesetzt:
Vertolaye, Lahr, Laichingen, Wendlingen

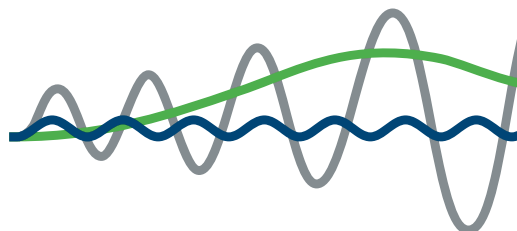
Tuchfilter zeichnen sich durch eine hohe Betriebssicherheit, Energieeffizienz und einen geringen Platzbedarf aus.



**Mecana Polstofffiltration
effizient, wirtschaftlich und robust!**

Mecana Umwelttechnik GmbH www.optifibermedia.com
 CH-8864 Reichenburg | T +41 55 464 12 00 | www.mecana.ch | info@mecana.ch

triform



Triform SA
www.triform.ch

Fribourg | Lausanne

Environnement

Eau

Bruit

ARA Schönau, GVRZ

Neubau Behandlungsstufe zur Elimination von Spurenstoffen
Erste PAK-Dosierung vor Raumfiltration



Erbrachte Dienstleistungen:

General- und Fachplanung über alle Leistungsphasen für die Gewerke Bau, Verfahrens- und Maschinentechnik, EMSRL, HLK

Consulting. Engineering. Projects. Operations.

Intelligente Lösungen für die Bereiche Verkehr, Umwelt & Wasser, Civil, Gebäude, Wasserkraft, thermische und erneuerbare Energie. 5.500 Experten. 40 Länder. 130 Büros.



Projektvideo
www.poyry.ch

Pöyry in der Schweiz



1'000+
Projekte/Jahr



>400
Spezialisten



6
Standorte



>120a
Erfahrung



Reinwasser – Immer und überall frisches und sauberes Wasser.

Unsere Spezialisten entwickeln individuelle und massgeschneiderte Lösungen.

Wasser ist unser Element.

Häny AG | Buechstrasse 20 | CH-8645 Jona
info@haeny.com | www.haeny.com



- Pulveraktivkohlen
- Flockungshilfsmittel
- Formkohlen
- Reaktivierung
- Kornkohlen
- mobile Filter

Für Ihre Anwendung
das optimale Produkt.



Aspstrasse 11 | 8472 Winterthur-Seuzach
Tel. +41 52 235 24 24 | info@lehvoss.ch
www.lehvoss.ch