

QUALIFICATION D'UN EQUIPEMENT DE TRAITEMENT DES EAUX DE RUISSELLEMENT DE VOIRIE (AVALOIR DEPOLLUANT) EN CENTRE D'ESSAIS EN VUE D'UNE REUTILISATION DE CETTE EAU PLUVIALE

Lucie BEGUIN¹, Emma BOISSIERE¹, Tarik ELJADDI¹, Vincent EDERY¹

¹ Institut de la Filtration et des Techniques Séparatives (IFTS), Rue Marcel Pagnol, 47510 Foulayronnes, 05-53-95-83-94, lucie.beguin@ifts-sls.com

Dans le cadre du projet AVIDE, Agen Ville Végétale et Désirable, financé par la Région Nouvelle-Aquitaine, l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et la mairie d'Agen, l'utilisation d'eaux non conventionnelles telles que les eaux de ruissellement de voirie (récupérées dans les avaloirs des villes) a été étudiée comme source d'irrigation d'îlots de fraîcheur (zones végétalisées) pour s'adapter au changement climatique (augmentation des températures et diminution des ressources en eau disponible).

Les performances épuratoires d'un prototype d'avaloir dépolluant, concrétisation d'une innovation conjointement développée entre l'IFTS et Veolia (détendeur du brevet d'application, 2015), ont donc été évaluées, notamment vis-à-vis de micropolluants (Cu, Zn, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), hydrocarbures totaux (HCT)).

I. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

I.1. Suspension d'essais : eau de ruissellement de voirie reconstituée

L'objectif est de tester l'équipement sur une eau représentative alors qu'aucun protocole n'existe à date qui standardiserait une eau de ruissellement de voirie. Les origines des polluants dans les eaux de ruissellement sont très diverses (*Chocat et al, 2021 ; OTHU, 2022*) : polluants atmosphériques (d'origine naturelle ou humaine), la circulation automobile, l'érosion des matériaux, les végétaux, ... Il est très difficile de reconstituer une matrice à partir de ces polluants sélectionnés individuellement. De ce fait, il a été choisi de réaliser une eau de ruissellement de voirie reconstituée à partir des déchets issus d'une balayeuse de voirie. Cette source permet de disposer des micropolluants souhaités et respecter les proportions particulières / dissous.

Le parcours de la balayeuse a été défini, en amont, avec des rues ayant du trafic important. Le contenu de la balayeuse a été déversé dans un bac de rétention. Ce contenu a été séparé manuellement (cf. Photo 1) : les macro-déchets (à l'aide d'un râteau) ont été mis dans un contenant et la fraction liquide a été versée dans des bidons après tamisage à 1 mm (le refus du tamis a été ajouté aux macro-déchets). Pour augmenter la quantité de fraction liquide récupérée, une opération assimilable à une lixiviation des macro-déchets a été menée : ajout d'eau dans les macro-déchets, mélange (manuel) et séparation à nouveau de la fraction liquide (avec tamisage 1 mm).



(a)



(b)



(c)



(d)

Photo 1 : Reconstitution d'une eau de ruissellement : contenu de la balayeuse (a), tamis de 1 mm (b), macro-déchets (c), fraction liquide récupérée (concentrée) (d)

La fraction liquide récupérée constitue une suspension concentrée qui est, lors des essais, injectée dans un fluide porteur (eau décantée issue de l'usine d'adduction d'eau potable de Rouquet (47)) pour constituer l'eau de ruissellement de voirie reconstituée. Avant utilisation, une qualification de cette suspension d'essais a été réalisée (cf § II.1).

Pour les macro-déchets, une masse arbitraire a été ajoutée, en entrée de l'équipement en test, ponctuellement manuellement en entrée de l'équipement en test en trois fois durant l'essai.

I.2. Conditions opératoires d'essais

I.2.1. L'avaloir dépolluant

L'avaloir dépolluant est un équipement intégrant les différentes technologies des solutions de gestion des eaux pluviales. Il fait partie de la catégorie des solutions enterrées. Il a pour vocation à être placé en cœur de ville, pour la gestion des eaux de ruissellement de voirie, les autres catégories, telles que les solutions fondées sur la nature (SFN) et les revêtements perméables, étant plus difficilement mises en œuvre dans ce cas. Il a une vocation de traitement des eaux (non de régulation des volumes).

L'équipement est constitué d'un étage de filtration grossière (1 mm) et d'une décantation lamellaire pour retenir les particules. Il a les dimensions suivantes (dispositif enterré) : 2 m en hauteur, 1,5 m en largeur et 0,8 m en profondeur. Son volume utile est de 2 m³. Il peut remplacer des avaloirs existants.

Il ne nécessite aucune utilité. Sa maintenance consiste en un curage depuis la route.

I.2.2. La boucle d'essais et les conditions opératoires

Les essais ont été menés au Centre d'Essais Roger Ben Aïm de l'IFTS, centre d'expertise dans le domaine de l'eau. L'avaloir dépolluant a été installé dans une boucle d'essais,

alimenté par la suspension d'essais (eau reconstituée), que présentent la Figure 1 et la Photo 2.

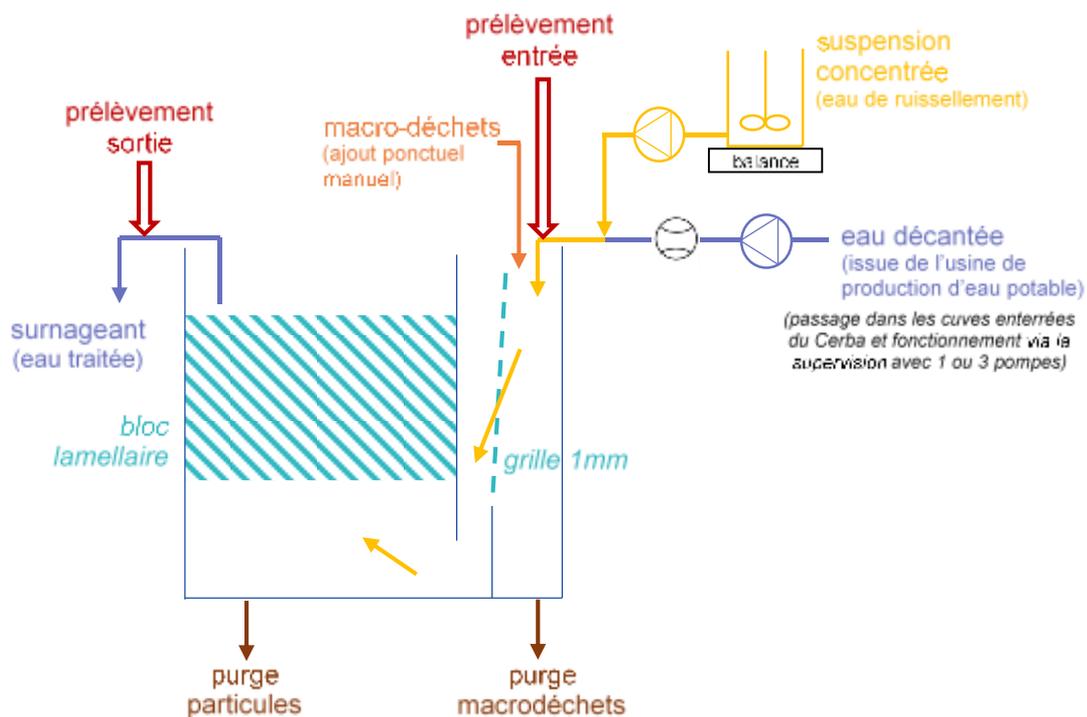


Figure 1 : Boucle d'essais



Photo 2 : Equipement en test

Différentes conditions opératoires ont été étudiées : concentrations en MES entre 190 mg/L et 1 g/L, débit d'alimentation de 1 L/s, 5 L/s ou 10 L/s (soit entre 3,6 m³/h et 36 m³/h).

Les valeurs de concentration en MES ont été définies d'après la bibliographie : 190 mg/L est la valeur médiane mesurée par Garnier, 2020 pour sa référence asphalté et 1 g/L est une valeur extrême.

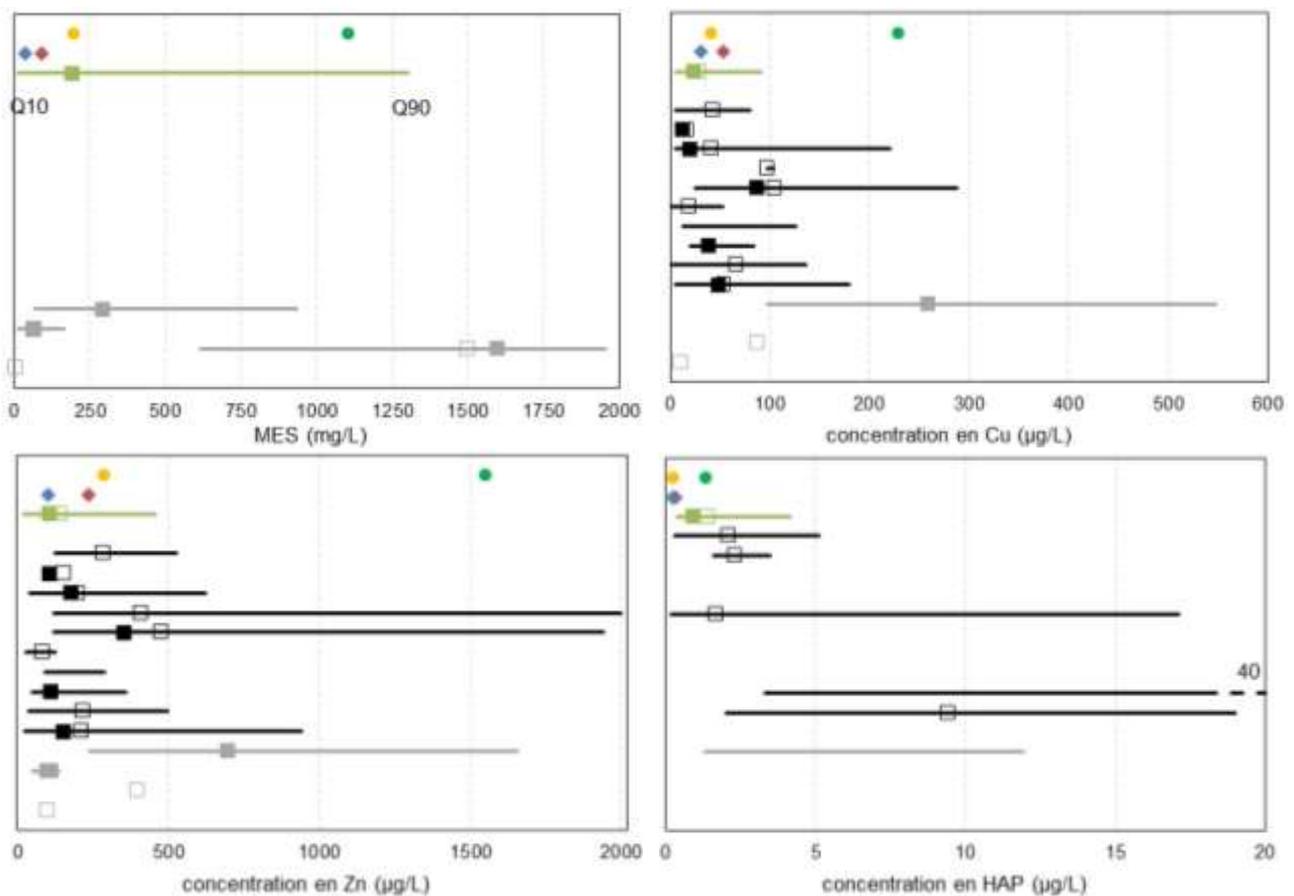
Les débits ont été choisis par la définition de l'avaloir et les pluies existantes sur Agen. Les essais menés en 2012 par l'IFTS sur l'équipement ont montré l'abattement des MES ayant une vitesse de sédimentation supérieure à 0,4 m/h, 2 m/h et 4 m/h pour respectivement les débits 1, 5 et 10 L/s. L'analyse des profils des pluies d'Agen ont montré qu'il y avait majoritairement des pluies faibles (intensité sur la durée de l'événement pluvieux inférieure à 3 mm/h). Il a été choisi alors d'étudier le débit de 1 L/s et le débit extrême de 10 L/s. Après un 1^{er} cycle d'essais, un débit intermédiaire de 5 L/s a également été étudié.

Des prélèvements en entrée et en sortie ont été réalisés (en début, milieu et fin d'essai), puis analysés (turbidité, MES, granulométrie et des micropolluants susceptibles d'être retrouvés dans ces eaux de ruissellement (*Briand et al, 2018*) : Cu, Zn, HAP, HCT). La fin d'essai a été définie après un temps égal au temps de séjour (dans l'équipement) divisé par deux après la fin d'injection.

II. RESULTATS EXPERIMENTAUX

II.1. Qualification de la suspension d'essais représentative d'une eau de ruissellement (de voirie)

La Figure 2 présente les résultats de 2 prélèvements (entrée 1-A et 3-A) en entrée d'équipement lors des essais (concentrations visées de 190 mg/L et 1 g/L), ainsi que des résultats de la littérature et des prélèvements ponctuels réalisés sur un avaloir à Agen



Légende

- prélèvement entrée 1-A
- prélèvement entrée 3-A
- ◆ prélèvement Agen après temps de pluie
- ◆ prélèvement Agen après temps sec
- mesures de Garnier, 2020
- bibliographie de Tedoldi, 2017
- bibliographie de Garnier, 2020
- plage : minimum - maximum
- médiane
- moyenne
- Q10 et Q90 : valeurs du 10^e et 90^e percentile

Figure 2 : Comparaison des prélèvements entrée des essais avec les prélèvements réalisés dans un avaloir à Agen et la littérature pour les paramètres : MES, Cu, Zn, HAP (somme)

Les résultats montrent que l'entrée 1-A (faible concentration) est, pour les 4 paramètres MES, Cu, Zn et HAP, dans la gamme des concentrations mesurées dans la littérature (même s'il faut noter que les concentrations des HAP restent dans les valeurs basses). L'entrée 3-A (forte concentration) est effectivement bien dans les valeurs très hautes (mais existantes) pour les 4 paramètres.

D'un point de vue de la distribution granulométrique, les valeurs des diamètres caractéristiques (d_{10} , d_{50} et d_{90}) sont similaires à celles du prélèvement Agen après un temps sec, à savoir $d_{10} \sim 5 \mu\text{m}$, $d_{50} \sim 20 \mu\text{m}$ et $d_{90} \sim 70 \mu\text{m}$.

La reconstitution d'une eau de pluie de ruissellement à l'aide des déchets issus d'une balayeuse en visant la valeur des MES est représentative d'une eau de ruissellement de voirie pour simultanément les 4 paramètres MES, Cu, Zn et HAP. Cette reconstitution est donc satisfaisante.

Il est donc possible de reconstituer une eau de ruissellement de voirie en centre d'essais, ce qui peut permettre de faire des essais en centre d'essais et non forcément sur un équipement en place.

II.2. Résultats des essais sur avaloir dépolluant

II.2.1. 1^{er} cycle d'essais

La Figure 3 présente l'abattement des MES et des micropolluants pour les 3 essais du 1^{er} cycle d'essais.

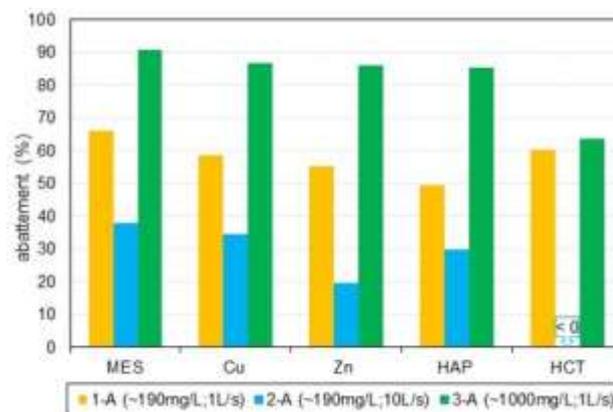


Figure 3 : Abattement des MES et micropolluants pour le 1^{er} cycle d'essais

Les essais montrent que l'avaloir dépolluant retient bien les macro-déchets. L'abattement en MES est supérieur à 60% pour un flux entrant à 1 L/s ($3,6 \text{ m}^3/\text{h}$) et une concentration moyenne de 190 mg/L en MES. Pour les micro-polluants (Cu, Zn, HAP, HCT), l'abattement est compris entre 50 et 60%. D'un point de vue distribution granulométrique, les plus grosses particules ($> 100\mu\text{m}$) ont été totalement éliminées, ce qui est en lien avec l'étape de décantation.

Lorsque la concentration en entrée augmente, l'abattement en % est supérieur, mais les concentrations restent plus élevées (quasiment multipliées par 2 en sortie (alors que la concentration d'entrée avait été multipliée par 5)).

Cependant, une augmentation de débit impacte négativement la qualité de la sortie : à 10 L/s ($36 \text{ m}^3/\text{h}$), l'abattement en MES est inférieur à 50%, et leur concentration peut être supérieure à 100 mg/L.

II.2.2. 2^e cycle d'essais

Un 2^e cycle d'essais a été mené 1 semaine après le 1^{er} cycle en laissant les solides retenus dans l'avaloir pour étudier le comportement de l'équipement en service (équipement contenant déjà des déchets). Un 1^{er} essai a reproduit les conditions de l'essai 1-A et un 2^e essai a été mené à un débit intermédiaire, soit 5 L/s.

La Figure 4 présente l'abattement des MES et des micropolluants pour les 2 essais du 2^e cycle d'essais.

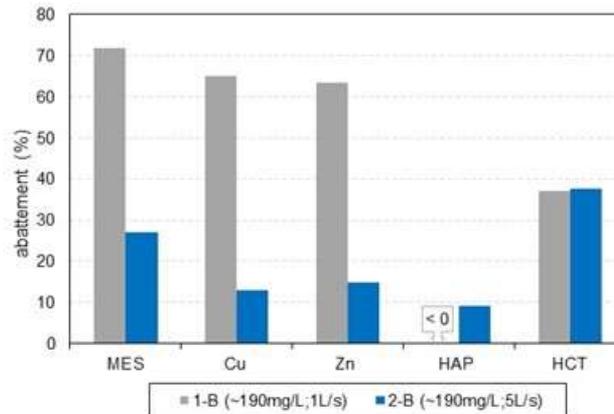


Figure 3 : Abattement des MES et micropolluants pour le 2^e cycle d'essais

Les résultats montrent que les essais 1-A et 1-B ont des résultats très similaires : à ce débit et cette concentration, un avaloir non vide (contenant des déchets) n'a pas d'influence au regard des analyses effectuées.

Comme pour le débit 10 L/s, le débit 5 L/s diminue fortement les abattements (d'autant plus que potentiellement des déchets piégés dans l'avaloir auparavant ont pu être aussi relargués lors de cet essai).

III. Conclusion

Par la reconstitution d'une eau de ruissellement de voirie à partir des déchets d'une balayeuse, il est possible de réaliser des essais de performance d'équipements de traitement des eaux pluviales à l'échelle d'un centre d'essais (débit compris au moins entre 1 L/s et 10 L/s sur les essais menés ici). Il n'est pas forcé de les réaliser sur un équipement en place (qui impliquerait des travaux souvent coûteux), ce qui est très intéressant lors du développement de prototypes.

Par rapport à l'équipement testé dans cette étude, l'avaloir dépolluant, les résultats ont montré qu'il permet, à un débit de 1 L/s (débit correspondant à la majorité des pluies ici), d'abattre les MES avec un taux d'abattement supérieur à 60%, et également les micropolluants (Cu, Zn, HAP, HCT) avec un taux d'abattement compris entre 50 et 60%.

Ces eaux traitées pourraient devenir une ressource d'eaux non conventionnelles (avec un traitement complémentaire pour diminuer les concentrations des paramètres bactériologiques). Et par ailleurs, ces eaux traitées localement ne contaminent plus (ou moins) l'environnement dans lequel elles sont habituellement rejetées.

Bibliographie

Briand et al., 2018 : Cyrielle Briand, Adèle Bressy, Chebbo Ghassan, José-Frédéric Deroubaix, Steven Deshayes, et al.. Que sait-on des micropolluants dans les eaux urbaines ? ARCEAU IdF; AFB - Agence française pour la biodiversité, 2018

Chocat et al., 2021 : Bernard Chocat, Jean-Luc Bertrand-Krajewski, Sylvie Barraud, Pollution des rejets urbains de temps de pluie, Techniques de l'Ingénieur, W6800 V2, 2021

Garnier, 2020 : Robin Garnier, Systèmes alternatifs de gestion des eaux pluviales : Contribution à l'analyse de performances conjointes en matière d'hydrologie quantitative et de piégeage de micropolluants. Comparaison systèmes à la source – système centralisé. Ingénierie de l'environnement. Université de Lyon, 2020. Thèse

OTHU, 2022 : Ouvrage collectif OTHU sous la direction de Laëtitia Bacot, Sylvie Barraud et Gislain Lipeme Kouyi, Gestion des eaux pluviales en ville, 20 ans de recherche au service de l'action, Graie, 2022

Tedoldi, 2017 : Damien Tedoldi, Mesure et modélisation de la contamination du sol dans les ouvrages de gestion à la source du ruissellement urbain. Ingénierie de l'environnement. Université de Paris-Est, 2017. Thèse