

Méthode de Test de la performance d'installations ponctuelles de traitement des eaux de ruissellement de chaussée par turbidimétrie

Method for in situ performance assessment of road runoff localized treatment systems using turbidimetry

Fabienne Favre Boivin¹, Jean-Marc Ribl¹, Lionel Moreillon¹,
Manuel Rast¹

¹Université des Sciences Appliquées de Suisse Occidentale, Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg, Suisse.

fabienne.favre@hefr.ch, jean-marc.ribl@hefr.ch, lionel.moreillon@hefr.ch,
manuel.rast@gmail.com

RÉSUMÉ

Face à la multiplication des systèmes de traitement des eaux pluviales routières, se pose la question de l'évaluation de leur performance en termes de dépollution. Dans ce but une méthode de suivi en conditions réelles d'équipements installés dans les dépotoirs routiers est proposée. Elle est principalement basée sur la mesure en continu de la turbidité.

La pluviométrie du bassin versant, les hauteurs d'eau et la turbidité en amont et en aval des installations de traitement sont mesurées. Un échantillonnage du ruissellement sur lequel des mesures couplées des différents polluants et de la turbidité sont réalisées, permettent l'établissement de relations reliant le signal de turbidité aux concentrations en différents polluants.

La capacité hydraulique et d'abattement de la pollution des installations de traitement est mesurée sur des périodes de temps choisies, ou au cours d'événements pluvieux sélectionnés, correspondant à des périodes d'utilisation des installations sans dysfonctionnement. Les caractéristiques nécessaires à la planification de l'entretien des ouvrages et de leur installation sont ainsi connues.

A titre d'exemple, on mesure la capacité hydraulique et de dépollution d'une installation de type filtre, sur un intervalle de temps choisi et au cours du temps. On analyse également les relations entre la performance de traitement et les caractéristiques de la pluie

ABSTRACT

A methodology is proposed for measuring the treatment performance of localized treatment systems on road runoff in separate sewer system networks of small watersheds by using turbidimetry. Pluviometry over the watershed, water heights and turbidity are measured upstream and downstream of the treatment systems. A runoff sampling and simultaneous measurements of pollutants and turbidity allows the establishment of a relation between the turbidity signal and the different pollutants concentrations.

The hydraulic and pollution reduction capacity of the treatment systems as well as their operating time without malfunction is measured over chosen periods of time or during selected rainfall events. Subsequently, the required characteristics to plan and maintain the works and the installed treatment system are known.

As an example, the hydraulic and the pollution abatement capacity of a filter type installation is measured on selected time intervals. The relation between the treatment performance and the rain characteristics is analysed.

MOTS CLES

Eaux de ruissellement de chaussées, Installations de traitement, Traitement ponctuel des eaux de ruissellement de chaussée, Turbidimétrie

1 INTRODUCTION

Les eaux de ruissellements de chaussées sont le vecteur de polluants solides ou dissouts issus de la circulation routière, de l'usure des surfaces de roulement ou des dépôts atmosphériques.

Les eaux de ruissellement de chaussées sont considérées par la législation suisse comme polluées passé un certain niveau de trafic routier. Elles doivent dès lors être traitées avant rejet vers un exutoire naturel. Dans les milieux urbains denses, la possibilité de les traiter *in situ*, au droit de chaque chambre de collecte est envisagée. Différents systèmes de traitement sont disponibles à ce jour sur le marché, sans qu'une étude systématique et rigoureuse de leur performance n'ait été réalisée.

Le bienfondé du choix de caractériser les flux de polluants collectés en réseau unitaire ou séparatif par turbidimétrie a été largement démontré (Joannis et al., 2010). Cette méthode permet une vision complète et précise du fonctionnement des installations.

Cette communication présente une méthode d'évaluation de la capacité de traitement d'installations ponctuelles de traitement des eaux de ruissellement de chaussée par mesure de turbidité. Cette méthode est appliquée à un petit bassin versant séparatif, avec des périodes sans écoulement. Ceci constitue à la fois une difficulté et une originalité de même que son application au diagnostic de fonctionnement d'installations de traitement des eaux de ruissellement ponctuelles compactes. A titre d'illustration de l'application de cette méthode, les résultats obtenus du suivi d'un sac filtrant en géotextile, seront présentés.

2 MATERIEL ET METHODE

2.1 Objectifs

L'instrumentation et la méthode de travail mis en œuvre ont pour but d'établir la performance hydraulique d'un système au cours du temps et sa performance de dépollution instantanée ou au cours du temps. Des paramètres hydrologiques (hyétogrammes), hydrauliques (hauteurs d'eau) et physico-chimiques (turbidité) sont mesurés *in situ* en continu.

2.1.1 Caractéristiques du bassin versant de l'étude :

Le bassin versant de référence choisi pour cette étude couvre une surface théorique de 120 m² et reçoit un trafic journalier moyen de 19000 véhicules/jour. Les eaux de ruissellement sont collectées par un système séparatif et acheminées vers un collecteur principal après passage par une chambre munie d'un dépotoir.



Figure 1 : Bassin versant de l'installation de traitement des eaux de ruissellement de chaussée d'une surface de 120 m². L'ellipse rouge désigne la chambre de collecte. Le rectangle rouge en plein désigne la grille de collecte. Le rectangle rouge désigne le périmètre du bassin versant.

2.1.2 Caractéristiques et géométrie du système de traitement testé

Le système de traitement est un sac filtrant de forme cylindrique, suspendu dans la chambre de visite. Son enveloppe est constituée d'un géotextile double couche de fibres de polyester (10 µm de diamètre) d'une densité de 1.39 g/cm³ et de polypropylène (25 µm de diamètre) d'une densité de 0.91 g/cm³. La surface filtrante est de 4.3 m². En l'absence de précipitation il est au sec sauf sa partie inférieure qui baigne dans le volume d'eau persistant au fond de la chambre à cause de la

surélévation du tuyau de sortie. En cas de pluie, le sac se remplit partiellement par le rejet du tuyau d'entrée qui le surmonte et qui provient de la grille de route. Le transit se fait par un écoulement à surface libre dans le tuyau d'entrée. Le volume que contient provisoirement le sac en ressort sur son pourtour, en traversant le géotextile qui reste aéré dans sa partie émergée. L'eau filtrée s'accumule au fond de la chambre en supplément du volume permanent, avant de s'engouffrer dans le tuyau de sortie, dans lequel un écoulement à surface libre s'établit. L'admission d'air dans ce tuyau est garantie par un dispositif qui éloigne le sac de l'embouchure, sur toute sa hauteur.

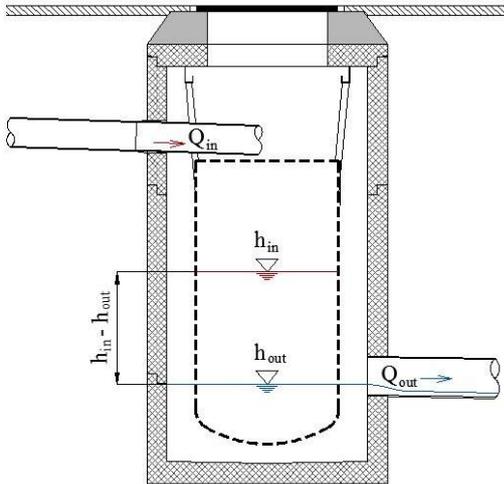


Figure 2 : schéma de l'installation de traitement et paramètres mesurés. Hauteur d'eau h_{in} et h_{out} . Débit entrant (Q_{in}) et débit sortant (Q_{out}). Les flèches indiquent le parcours de l'eau.



Figure 3 : sac en géotextile retiré de la chambre de visite après utilisation.

2.1.3 Mesure de la performance hydraulique au cours du temps

La capacité hydraulique d'un système de type filtre peut évoluer au cours du temps en raison de son encrassement. C'est pourquoi elle est suivie par la mesure en continu de la différence entre la hauteur d'eau en entrée de l'installation (h_{in}) et la hauteur d'eau en sortie de l'installation (h_{out}). Un système conservant toute sa capacité hydraulique montre en effet une différence constante entre ces deux valeurs.

Les hauteurs d'eau (h) sont mesurées à l'aide de sonde à ultrason (MADD technologies) de part et d'autre de l'installation. Les mesures sont collectées par un système d'acquisition Multimad. Les hauteurs d'eau sont mesurées à un pas de temps de 1 minute et une moyenne mobile (h_{m5}) est calculée à l'aide de 4 valeurs autour de chaque mesure.

$$h_{m5}(i) = \frac{1}{5} \cdot \sum_{j=i-2}^{i+2} h_j$$

L'indicateur de performance hydraulique est le coefficient de colmatage (f_{colm}). Il est calculé à l'aide de la hauteur d'eau maximale en entrée h_{max_in} et la hauteur d'eau en sortie au même moment h_{out*} au cours d'un événement pluvieux, comme suit :

$$f_{colm} = \frac{h_{max_in} - h_{out*}}{h_{max_in}}$$

Dans le système testé, f_{colm} vaut 0 lorsque la capacité hydraulique est intacte.

2.1.4 Mesure de la performance de dépollution au cours du temps

Mesurage de la turbidité

Une sonde de turbidimétrie (CUS51D Endress + Hauser) en entrée du système (TU_{in}) et en sortie du système (TU_{out}) de traitement mesurent respectivement les turbidités de l'écoulement entrant et de l'écoulement sortant. La sonde mesure la teneur en particule par néphélogéométrie à l'aide d'un rayonnement à 860 nm selon la norme ISO 7027/ EN 27027. La sonde est placée perpendiculairement à l'écoulement et est maintenue en permanence dans la lame d'eau. Un pas de temps de mesure de 10 secondes est adopté en temps de pluie. Le suivi et la mise en œuvre des sondes sont réalisés selon la méthode développée par Bertrand-Krajewski et al., (Bertrand-Krajewski, 2000). Les sondes ont été calibrées à l'aide d'un standard certifié (Amco Clear) deux fois au cours de l'étude. Elles ont été nettoyées à une fréquence de 15 jours environ. La dérive liée à l'encrassement de la sonde a été mesurée régulièrement et ne dépasse pas 5 FNU.

Après suppressions des valeurs aberrantes dans les données acquises, une moyenne mobile de 7 valeurs (TU_{m7}) est effectuée :

$$TU_{m7}(i) = \frac{1}{7} \cdot \sum_{j=i-3}^{i+3} TU_j$$

Couplage TU / polluants et stratégie d'échantillonnage

Le couplage turbidité / polluant est réalisé par l'établissement d'une corrélation entre TU et les différents polluants. Les polluants choisis comme traceurs pour évaluer la performance d'abattement des systèmes de traitement des eaux de ruissellement sont les matières en suspensions (MES), le cuivre total (Cutot), le zinc total (Zntot), le chrome total (Crtot), le plomb total (Pbtot), le carbone organique total (COT) et le carbone organique dissout (COD), en accord avec les propositions de l'office des routes (OFROU, 2010).

L'échantillonnage rassemble 200 échantillons d'eaux de ruissellement prélevés manuellement en amont (eaux brutes) ou en aval (eau traitée) de l'installation. L'échantillonnage est réalisé de façon à couvrir une gamme d'événements pluvieux de durées et d'intensités variées, pendant la période hivernale et la période estivale. La turbidité de chaque échantillon collecté est mesurée sur place. L'échantillonnage est restreint aux événements pluvieux n'ayant pas généré de surverse.

Les concentrations de MES, COD et COT sont mesurées au laboratoire sur les 200 échantillons. Les concentrations en Cutot, Crtot, Pbtot, Zntot de 70 échantillons sont analysées. Les matières en suspension sont mesurées par filtration à 0.45 μm et pesées après séchage à 105°C. Les concentrations en plomb sont analysées après acidification à pH 2 par ajout d' HNO_3 . Le plomb est analysé par ICPMS, les autres métaux par four à graphite (GFAAS). COD et COT sont mesurés respectivement sur le filtrat et sur l'échantillon brut après acidification à pH 2 par HCl. Ils sont analysés par combustion à 680° et détection du CO_2 par infrarouge après acidification et purge du carbone inorganique.

Une relation linéaire entre TU et les différents polluants est ensuite établie sur la totalité des échantillons obtenus. Pour calculer un bilan de masse des polluants entrant et sortant des installations, le volume d'eau qui transite par l'installation doit être connu. A cet effet, une loi hauteur-débit sortant a été établie en faisant transiter des débits calibrés par l'installation et en mesurant les hauteurs d'eau générées.

L'efficacité du traitement f_{abat} (est calculée par différence entre la masse de pollution entrante dans le système sur un intervalle de temps donné (Δt) et la masse de pollution sortante sur le même intervalle de temps, normée par la quantité de pollution entrante. La masse de pollution entrante se calcule en multipliant la concentration en pollution entrante ou sortante ($Poll_{in \text{ ou } out}$) par $Q_{in \text{ ou } out}$ sur l'intervalle de temps Δt .

$$f_{abat} = \frac{\sum Poll_{in} \cdot Q_{in} \cdot \Delta t - \sum Poll_{out} \cdot Q_{out} \cdot \Delta t}{\sum Poll_{in} \cdot Q_{in} \cdot \Delta t}$$

Pour déterminer la concentration en un polluant donné, une relation turbidité/polluant a été déterminée.

Avec,

$$Poll_{in/out} = 10^b \cdot TU_{m7,in/out}^a$$

$$Q_{out} = 10^{-1.48} \cdot h_{m5,out}^{2.1}$$

et

$$Q_{in} = \Delta Q + Q_{out}$$

avec

$$\Delta Q = \frac{\Delta(h_{m5,in} - h_{m5,out})}{\Delta t} \cdot 0.46 + \frac{\Delta h_{m5,out}}{\Delta t} \cdot 0.79$$

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Statistique des événements pluvieux enregistrés

Malgré une période à fort déficit pluviométrique, 288 événements pluvieux ont été enregistrés, qui couvrent une gamme étendue d'intensités et de durées. Ces pluies sont réparties sur la saison hivernale (octobre à mars) et estivale (avril à septembre). Elles offrent un panel de condition satisfaisant pour le test de l'installation.

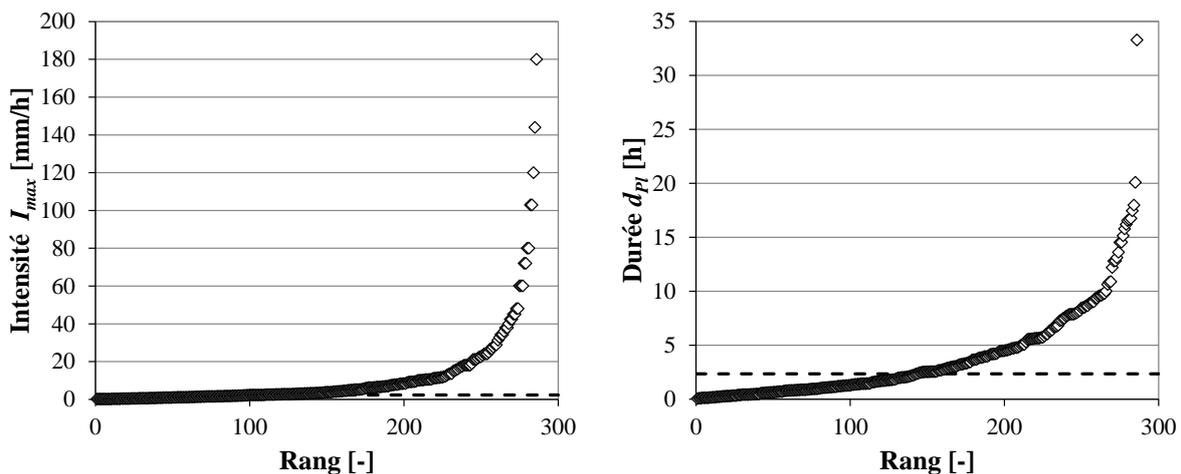


Figure 3 : événements pluvieux enregistrés et classés : par intensité maximale (I_{max})(gauche) et durée d_{pl} (droite).

3.2 Calibration Turbidité / Polluants

Les paramètres des relations turbidité / polluants sont présentés dans le tableau ci-dessous ainsi que la précision de l'ajustement. Les relations ont été établies sur tous les lots d'échantillons, indépendamment des saisons, bien qu'une diminution de la qualité des relations puisse en découler (Bertrand-Krajewski et al., 2010). La qualité des relations obtenues est cependant équivalente à celles

d'études similaires utilisant le même type de sondes (Scheiwiller et al., 2008).

La corrélation met en lien le logarithme de la turbidité avec le logarithme de la concentration des divers polluants dans une relation de la forme $y = a \cdot x + b$. Le choix d'un modèle logarithmique pour exprimer la relation TU / divers polluants découle de l'observation des données et de la sélection de l'ajustement optimisant le coefficient de corrélation.

Tableau 1 : paramètres a et b des droites de régressions entre Turbidité et les différents polluants, et coefficient de corrélation R^2

Polluants	a	b	R^2
<i>MES</i>	1.1589	-0.1943	0.8045
<i>COT</i>	0.8533	-0.2697	0.481
<i>Cr</i>	0.8457	-3.3661	0.6438
<i>Cu</i>	0.8859	-2.4313	0.7141
<i>Pb</i>	0.8981	-3.4625	0.7141
<i>Zn</i>	0.7456	-1.9958	0.6

Les coefficients de corrélation calculés pour les régressions linéaires liant turbidités et métaux, montrent une bonne précision de la relation : la variable polluant est expliquée à plus de 60% par les modèles choisis. La précision de la relation entre MES et turbidité est expliquée à 80% par le modèle choisi. La relation liant le carbone organique total à la turbidité est par contre de moins bonne précision ($R^2 = 0.48$).

La mesure par néphélométrie permet de quantifier les éléments solides en solution. L'utilisation de cette méthode pour quantifier la fraction totale, solide et dissoute, d'un polluant, serait à priori inappropriée. Cependant, elle garde tout son sens dans ce contexte routier. D'une part, la majorité des polluants se trouve sous forme particulaire (Chebbo et al., 1995). Les relations TU / différents métaux totaux est cependant de moins bonne qualité, comme le montre dans une première approche le coefficient de corrélation, mais restent exploitables. D'autre part, le transit de l'eau est rapide entre l'entrée et la sortie des installations (quelques minutes à quelques jours), les eaux sont pauvres en matières organiques et à tendance alcaline : ces conditions ne laissent pas présager de possibles phénomènes de dissolution importants. La qualité de la relation TU / COT est par contre faible. Ceci s'explique d'une part par le fait que la fraction soluble de la matière organique, qui échappe à la mesure de turbidité, est sans doute beaucoup plus importante que la partie soluble des éléments métalliques et d'autre part que la spéciation du carbone organique est plus vaste que celle d'un métal, chaque espèce ayant ses propriétés optiques spécifiques.

3.3 Analyse de la performance des installations

3.3.1 Au cours d'un événement pluvieux :

Sur la figure 4, on compare deux événements pluvieux, les paramètres mesurés pendant l'événement (hauteur d'eau et turbidité en entrée et sortie de l'installation). Lors du premier événement, l'installation est dotée d'un filtre propre (figures A, C, E). Lors du deuxième événement (figures B, D, F), l'installation a un filtre usagé. Le premier événement permet de mettre en évidence une certaine efficacité de l'installation : la turbidité sortant de système est inférieure à la turbidité y entrant, le système a la capacité de traiter l'écoulement généré par une pluie d'intensité maximale de 26 mm/h sans générer de débordement. Lors du second événement, généré par une pluie d'intensité maximale de 18 mm/h, on peut constater qu'un débordement à lieu qui génère une turbidité supérieure en sortie de l'installation à celle entrant dans l'installation. La méthode de suivi permet de mettre en évidence un dysfonctionnement. Elle permet aussi un suivi en continu et instantané de la performance des installations testées.

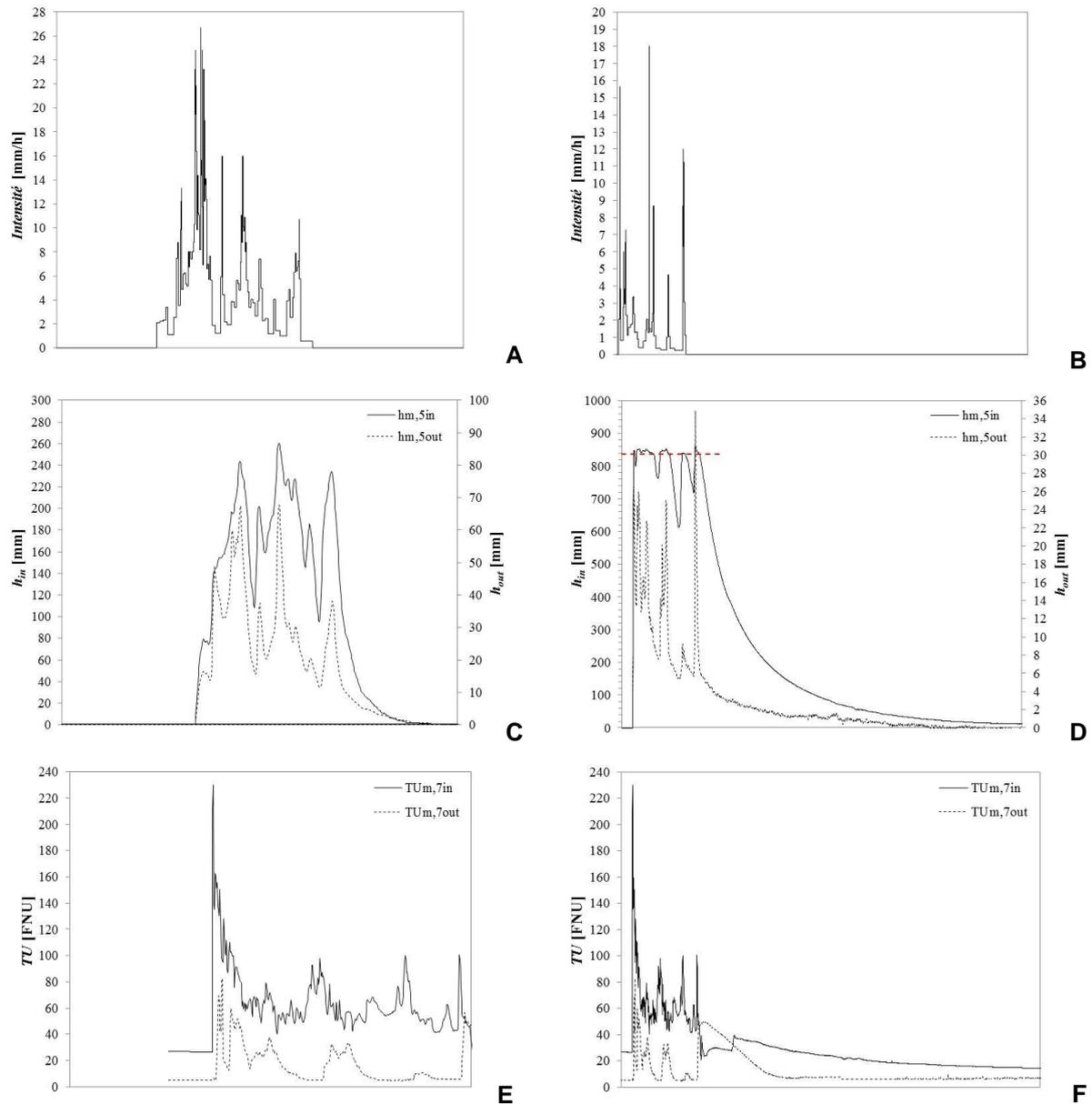


Figure 4 : Hyétogramme de deux événements pluvieux (A et B). Hauteurs d'eau mesurées (C et D) : en rouge, limite de débordement. Turbidité mesurée (E et F). Les indices in et out représentent respectivement l'écoulement entrant et sortant. Le trait plein indique l'écoulement entrant, le trait discontinu indique l'écoulement sortant.

3.3.2 Evolution des indicateurs au cours du temps

Coefficient de colmatage

L'évolution du coefficient de colmatage au cours du temps est présentée dans la Figure 5.

On observe une augmentation du coefficient de colmatage du filtre au cours du temps qui traduit une diminution de sa capacité hydraulique. Un test de corrélation de Pearson entre les paramètres f_{colm} et les paramètres hydrologiques et techniques (durée d'utilisation du filtre (d_{uf}), coefficient de colmatage, intensité maximale de la pluie, intensité moyenne de la pluie, période sèche antécédente, durée de la pluie, volume total d'eau ruisselé depuis la mise en place du filtre $V_{pl,tot}$) montrent un seuil de significativité au niveau bilatéral de 0.8 et 0.7 avec d_{uf} et $V_{pl,tot}$ respectivement. Aucune corrélation significative n'est par contre visible entre f_{colm} et l'intensité pluvieuse maximale ou la durée de l'événement pluvieux.

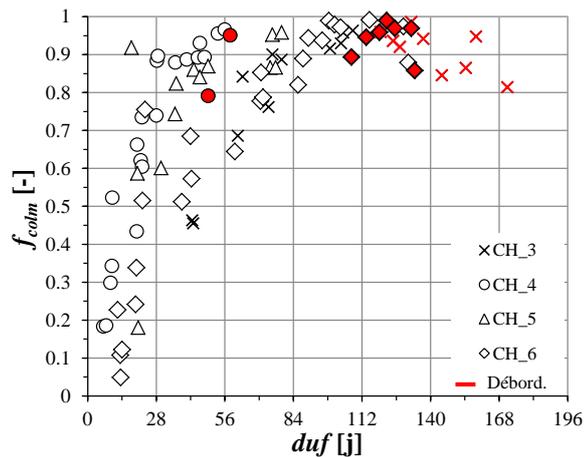


Figure 5 : coefficient de colmatage en fonction de la durée d'utilisation du système de traitement (duf) en jour. Chaque symbole différent désigne un réplica obtenu à l'aide d'un nouveau filtre. Le rouge désigne les événements pluvieux ayant provoqué une surverse par-dessus le filtre.

Après en moyenne 72 jours, soit moins de 3 mois d'utilisation, le système perd toute sa capacité hydraulique et déborde lors d'événements pluvieux dont l'importance en termes d'intensité maximale est inférieure à celle d'environ 40% des pluies (Figure 6).

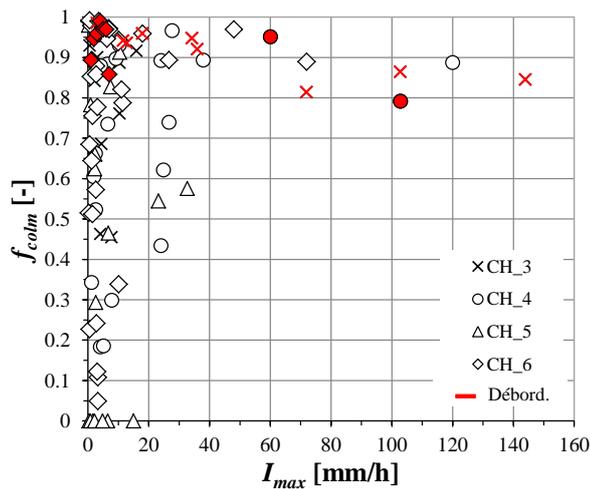


Figure 6 : coefficient de colmatage en fonction de l'intensité maximale en mm/h. Chaque symbole différent désigne un réplica obtenu à l'aide d'un nouveau filtre. Le rouge désigne les événements pluvieux ayant provoqué une surverse par-dessus le filtre.

Coefficient d'abattement de la pollution

L'évolution du coefficient d'abattement des MES au cours du temps d'utilisation du filtre est représentée à la Figure 7.

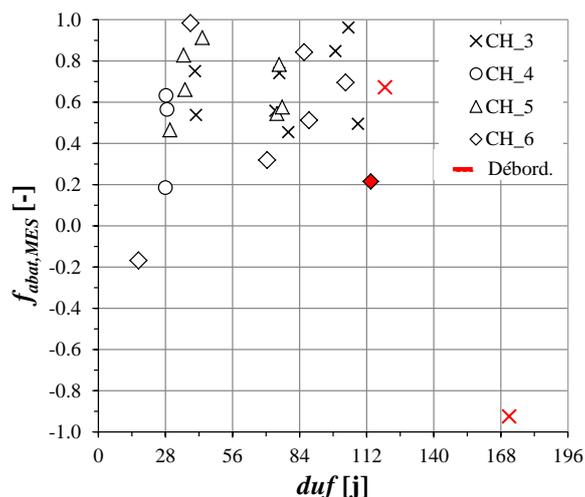


Figure 7 : coefficient d'abattement des MES en fonction de la durée d'utilisation du filtre. Chaque symbole indique un réplique obtenu à l'aide d'un nouveau filtre. Le rouge désigne les événements pluvieux ayant provoqué une surverse par-dessus le filtre.

La figure 7 montre que le coefficient d'abattement varie fortement au cours du temps. Dans une certaine mesure, plus le filtre est en place longtemps, meilleure est sa performance d'abattement, sauf lorsque des surverses se produisent qui font chuter la performance. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'au fur et à mesure que le filtre se colmate par accumulation de matières en suspension, sa porosité devient plus fine, permettant une meilleure rétention des MES. Ces observations montrent que lors d'événements de surverse, un relargage de polluant peut se produire.

Une analyse des corrélations entre le coefficient d'abattement des MES et les paramètres techniques ou hydrologiques (durée d'utilisation du filtre, coefficient de colmatage, intensité maximale de la pluie, intensité moyenne de la pluie, période sèche antécédente, durée de la pluie, volume total d'eau ruisselée) montrent que $f_{abat,MES}$ n'est significativement corrélé à aucun paramètre.

Une analyse des corrélations de Pearson montre que les concentrations en MES sont significativement corrélées aux autres polluants (coefficient de corrélation > 0.994).

3.3.3 Performance moyenne au cours d'un intervalle de temps choisi :

Il peut être intéressant de connaître la performance moyenne d'une installation au cours du temps. Celle-ci est calculable en sommant les performances mesurées lors de chaque événement pluvieux. Cette valeur a d'autant plus de sens qu'une variété d'événement pluvieux a été enregistrée ou que l'analyse a pu se dérouler en continu durant toute la période.

Sur la période analysée (20 mois de mesures), la performance moyenne et médiane du filtre vaut 0.6 et 0.61 respectivement (N=24). Le maximum est de 0.98 et le minimum est de -0.17. Ce minimum indique que même en dehors des périodes de surverse, le filtre peut libérer des matières en suspension.

4 CONCLUSION

4.1 Pertinence de la méthode développée pour la mesure de la performance d'installations de traitement des eaux de ruissellement ponctuelles dans un petit bassin versant routier séparatif

La méthode développée dans le contexte original de petites installations de traitement ponctuelles et compact, soumises à des périodes d'absence d'eau, permet bien de mettre en évidence le fonctionnement au cours du temps de ces installations. Les indicateurs f_{colm} et f_{abat} et la stratégie d'échantillonnage choisie permettent de caractériser pleinement le fonctionnement des installations de traitement, en continu ou sur des durées de plusieurs semaines. Cette méthode est applicable à différents types d'installations. Elle permet de décrire et de quantifier la capacité hydraulique, la durée d'utilisation avant dysfonctionnement des systèmes, ou la capacité de dépollution des installations,

tous des paramètres qui sont des critères de choix pour les collectivités responsables des achats d'équipements routiers. Cette méthode permet enfin de mettre en évidence le comportement de l'installation au cours de l'événement pluvieux, livrant ainsi des clés d'optimisation des systèmes de traitement.

La représentativité météorologique de la période d'investigation est un facteur clé pour l'évaluation de la performance des installations. Pour cette raison la durée de l'étude doit être suffisamment longue. Elle permet l'extrapolation des résultats aux événements pluvieux futurs. Dans ce but, il est nécessaire de référencer les performances enregistrées par rapport aux pluies écoulées. Dans le contexte du traitement des eaux de ruissellement *in situ*, tous les événements, y compris les plus faibles, revêtent de l'importance. La classification usuelle des pluies utilisées dans la gestion des bassins versants basée sur les maximas étant donc inappropriée, un classement des pluies en termes de fréquence des valeurs classées a été réalisé. Les performances d'une installation peuvent ainsi se rapporter à un pourcentage d'événements pluvieux.

L'application de cette méthode d'analyse et de sa stratégie d'échantillonnage se montre adéquate dans ce type de contexte, où la pollution domine sous forme particulière. L'opportunité d'établir des courbes d'étalonnages séparant les échantillons collectés pendant des saisons différentes – été plus riche en apports organiques que l'hiver –, ou avec des eaux brutes ou des eaux traitées – possible rétention de particules grossières lors du traitement – pourrait être envisagée dans l'optique d'améliorer la précisions des résultats obtenus.

4.2 Difficultés de mise en œuvre

La mise en place et l'utilisation de sondes de turbidité sur une longue période doit répondre à des exigences de configuration des appareillages et de leur entretien. La compacité des systèmes de traitement installés dans les chambres de visites augmente la difficulté et la nécessité d'entretien des installations. La main d'œuvre importante devient un facteur de réussite de l'analyse de ces systèmes d'analyse.

Les pas de temps d'acquisition de mesure choisis pour suivre avec précision la dynamique des ruissellements génèrent des fichiers de données volumineux dont la gestion n'est pas aisée. Une solution à envisager est l'utilisation de pas de temps variables, asservis à des valeurs seuil.

BIBLIOGRAPHIE

- Bertrand-Krajewski, J.-L., Laplace, D., Joannis, C., Chebbo, G. (2000). Mesures en hydrologie urbaine et assainissement. Technique & Documentation, Londres, Paris, New-York., 523-567.
- Chebbo, G., Mouchel, J.-M., Saget, A., Gousailles, M., 1995. La pollution des rejets urbains par temps de pluie : flux, nature et impacts. TSM, 11, 47-52.
- Joannis, C., Ruban, G., Aumond, M., Bertrand-Krajewski, J.-L., battaglia, P., Lacour, C., Saad, M., Chebbo, G. (2010). Mise en oeuvre de capteurs de turbidité en collecteurs d'assainissement. TSM, 1/2, 21-31.
- OFROU, (2010). Strassenabwasserbehandlungsverfahren:Stand der Technik, 88002, Bundesamt für Strassen ASTRA, Bern.
- Scheiwiller, E. (2008). Schadstoffabschwemmungen: Am Beispiel vom Hochleistungsstrassen. GWA 7, 539-546.