

Investigation expérimentale et numérique d'un ouvrage de capture à macrodéchets

■ V. SCHMITT^{1,2}, A. MORIN³, J.-M. FLOCHEL³, M. DUFRESNE^{1,2}, J. VAZQUEZ^{1,2}, M. FISCHER^{1,2}
avec la participation de la communauté de communes Cœur Côte Fleurie

Mots-clés : eaux pluviales, expérimentations en laboratoire, grille séparative, modélisation numérique 3D, séparation tangentielle

Keyword: stormwater, laboratory experiments, screening separation, 3D CFD, deflective separation

Introduction

Même s'ils ne représentent qu'une faible partie du flux polluant lié aux eaux urbaines de ruissellement, les études scientifiques réalisées au cours des quinze dernières années ont montré l'influence néfaste des macrodéchets sur l'écosystème marin [DERRAIK, 2002 ; BUGONI, 2001 ; MORÉT-FERGUSON *et al.*, 2010 ; LAIST et LIFFMAN, 1999]. De plus, il a été démontré que 80 % des déchets déversés en mer proviennent des terres [GESAMP, 1991]. De ce fait, la qualité des milieux récepteurs passe par l'installation d'ouvrages spécifiques permettant la capture de ce type de polluants [GRENELLE DE LA MER, 2010]. Les techniques classiques de filtration directe montrent vite leurs limites (colmatage rapide, maintenance régulière), et cela malgré les dispositifs automatiques à transferts de déchets (pannes mécaniques régulières). Dans ce contexte, l'étude du CycloneSep, un nouvel ouvrage de type séparateur hydrodynamique, a été réalisée. Cet ouvrage utilise le principe de la séparation tangentielle le long d'une grille pour séparer les macrodéchets de l'effluent. Contrairement aux dégrilleurs classiques, les déchets retenus dans le séparateur sont continuellement en mouvement autour de la grille.

Cet article rapporte les investigations menées sur ce type d'appareil : du pilote expérimental en laboratoire et de la modélisation numérique jusqu'aux mesures réalisées sur le terrain dans un ouvrage en fonctionnement. Une installation pilote de laboratoire a été utilisée pour étudier les différents phénomènes physiques en jeu, mais aussi comme installation témoin afin d'éprouver un modèle numérique 3D. Après avoir été validé, le modèle numérique a été utilisé pour prédire l'écoulement au sein de l'ouvrage de terrain pour différents débits. L'instrumentation de l'ouvrage de Trouville-sur-Mer a permis de confronter les données de terrain avec la modélisation. Un diagnostic sur l'efficacité hydraulique et le potentiel d'un tel ouvrage a également été posé.

1. Méthodologie

1.1. Expérimentation sur un pilote en laboratoire

L'expérimentation sur un modèle physique en laboratoire est le meilleur moyen pour comprendre les différents phénomènes physiques en jeu. C'est pourquoi un pilote expérimental a été construit au Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie de Strasbourg (ICube). Les dimensions du pilote sont très proches d'un ouvrage réel destiné à traiter les eaux de ruissellement d'un petit bassin versant. La hauteur du pilote est de 1 m et son diamètre extérieur est de 2 m. La hauteur de la grille est de 0,33 m et la partie centrale de l'ouvrage fait 1 m de diamètre. La grille est positionnée à $z = 0,22$ m au-dessus du fond de façon à modéliser

¹ École nationale du génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg – 1, quai Koch – BP 1039F – 67070 Strasbourg.
Courriel : vivien.schmitt@engees.eu

² Laboratoire des sciences de l'ingénieur, de l'informatique et de l'imagerie (ICube) – 2, rue Boussingault – 67000 Strasbourg.

³ Hydroconcept – ZA Trappes Élanecourt – 46, avenue des Frères-Lumière – 78190 Trappes. Courriel : hydroemail@gmail.com

un ouvrage rempli de déchets. Les conduites d'entrée et de sortie mesurent 0,2 m de diamètre et des vannes papillons permettent de contrôler le débit et la hauteur d'eau à l'intérieur de la grille. Un débitmètre électromagnétique mesure le flux transitant par la canalisation d'entrée (incertitude de $\pm 0,5$ % de la mesure). Le débit nominal de fonctionnement a été fixé à 25 L/s.

Des cartographies de vitesse ont été effectuées à l'aide d'un ADV 3D (incertitude de ± 1 % de la mesure) et des mesures de hauteur avec des mètres linéaires (± 1 mm). Les pertes de charge provoquées dans l'ouvrage ont été calculées selon l'équation 1.

$$\left(h_e + \frac{V_e^2}{2g} \right) - h_i = \Delta H \quad (\text{Équation 1})$$

avec h_e la hauteur d'eau en mètres dans la partie extérieure ; h_i la hauteur d'eau en mètres dans la partie intérieure ; V_e la vitesse en mètres par seconde à proximité de la grille (la vitesse est principalement tangentielle à la grille) et ΔH la perte de charge en mètres. L'énergie cinétique dans la partie intérieure est négligeable (< 1 mm). L'incertitude associée à la perte de charge est de ± 2 mm.

Le dispositif expérimental ainsi que les dimensions du pilote sont illustrés sur la figure 1.

1.2. Modélisation numérique

La modélisation numérique 3D est l'outil d'ingénierie le plus complet pour prévoir le comportement hydraulique d'un ouvrage à moindre coût. L'utilisation de cette méthode a permis d'étudier l'hydrodynamique dans les bassins de stockage-décantation [STOVIN et

SAUL, 1994 ; ADAMSSON *et al.*, 2003 ; DUFRESNE *et al.*, 2009 ; LIPEME-KOUYI *et al.*, 2010], les décan-teurs lamellaires [VAZQUEZ *et al.*, 2010 ; MORIN *et al.*, 2009], les déversoirs d'orage [LIPEME-KOUYI, 2005a ; LIPEME-KOUYI, 2005b] et les séparateurs hydrodynamiques [FARAM et ANDOH, 2000 ; EGARR *et al.*, 2004 ; PATHAPATI et SANSALONE, 2009 ; LEE *et al.*, 2010]. Cependant, la complexité de la géométrie de l'ouvrage étudié ici, plus précisément la taille des orifices de la grille, rend nécessaire l'utilisation d'une approche conceptuelle de la grille [SCHMITT *et al.*, 2013]. L'avantage d'une telle approche est de diminuer le nombre de mailles pour les zones proches de la paroi (au niveau des orifices de la grille) et, par conséquent, de diminuer le temps de calcul. En revanche, l'approche conceptuelle ne permet pas de reproduire les effets locaux de vitesse ou de turbulence générés par la forme de la grille.

Au sein du modèle, la grille de séparation a donc été remplacée par une plaque poreuse. Le code de calcul Ansys Fluent permet de reproduire les pertes de charge provoquées par la grille en ajoutant un terme source dans les équations de résolution. Le terme source tient compte du coefficient de perte de charge K , de l'épaisseur du milieu poreux Δm , de la viscosité ρ et de la vitesse v .

$$S_i = -\left(\frac{K}{\Delta m} \frac{1}{2} \rho v^2 \right) \quad (\text{Équation 2})$$

En ce qui concerne les conditions de modélisation, le modèle RSM (pour : *Reynolds stress model*) est utilisé pour reproduire la turbulence dans l'ouvrage. Un modèle à deux phases (air et eau) permet de reproduire la surface libre : le modèle *volume of fluid* [HIRT

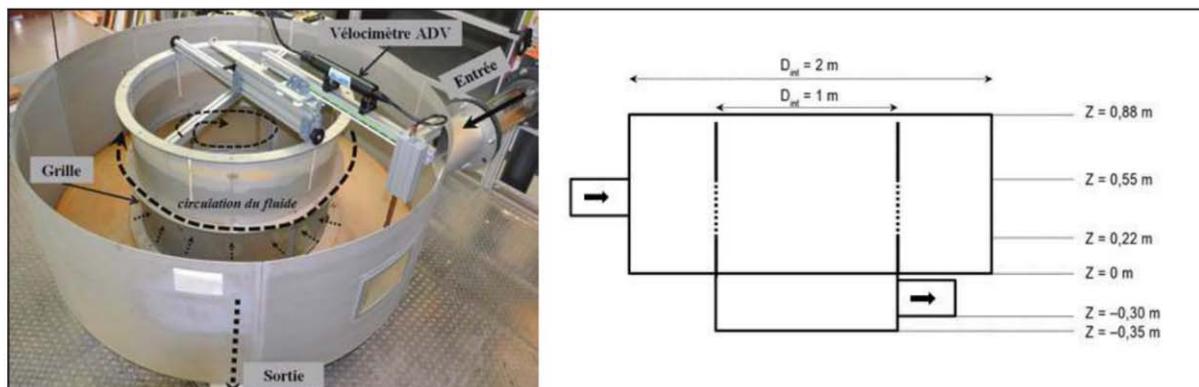


Figure 1. Schéma du dispositif expérimental

et NICHOLS, 1981 ; ANSYS, 2011]. Pour les conditions aux limites, le débit d'entrée est assuré par une vitesse dans la conduite. L'intensité turbulente et le diamètre hydraulique sont également pris en compte au sein du modèle. Une condition de pression en sortie régule le niveau d'eau dans le pilote. Une pression atmosphérique est appliquée au niveau du toit et en sortie du modèle de l'ouvrage réel. Notons que l'écoulement simulé est newtonien et que l'accumulation des polluants n'est pas prise en compte dans les modèles. Le maillage qui a été choisi a fait l'objet d'une étude de sensibilité : 1 200 000 mailles sont nécessaires pour le modèle du pilote pour ne pas avoir d'influence due à la densité du maillage [SCHMITT *et al.*, 2013]. Pour ce qui concerne le modèle de l'ouvrage réel, 2 410 000 mailles ont été utilisées pour modéliser l'ensemble du système (séparateur, déversoir et conduites).

1.3. Étude d'un ouvrage réel

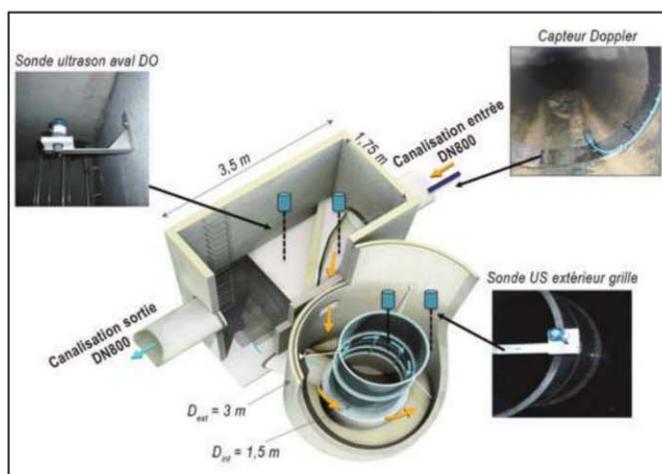
Situé au bord de la plage, le CycloneSep de Trouville-sur-Mer se situe en aval d'un réseau pluvial strict et immédiatement à l'amont de l'exutoire se déversant dans la Manche. L'évacuation des eaux de pluie provenant des bassins versants voisins se fait dans un collecteur de 500 m de long et de diamètre 800 mm. La pente moyenne de cette canalisation est de 1,6 % (figure 2).

Des relevés topographiques de l'ouvrage et des canalisations ont été effectués sur le site pour construire le modèle tridimensionnel (figure 3). Un déversoir situé à l'amont du CycloneSep permet d'évacuer les débits trop importants en cas d'événements intenses, ou si l'ouvrage est rempli de déchets. Pour les dimensions, la conduite d'entrée du CycloneSep est rectangulaire (0,5 m × 0,3 m), le diamètre extérieur est de 3,0 m et celui de la partie centrale (grille) de 1,5 m. La hauteur de l'ouvrage est de 5,2 m et le radier de la canalisation d'entrée se situe à 2,6 m par rapport au fond de l'ouvrage. La sortie du CycloneSep s'effectue par une canalisation circulaire de 800 mm de diamètre et remonte dans un regard siphonoïde (derrière le déversoir) avant l'évacuation vers l'exutoire (canalisation de 800 mm de diamètre dont le radier se situe 7 mm sous le radier de la canalisation amont).

En ce qui concerne l'instrumentation du site, un capteur de type « hauteur-vitesse » (Doppler continu) a été placé dans la canalisation amont afin de déter-



Figure 2. Configuration de l'installation du CycloneSep à Trouville/Mer



DO : déversoir d'orage.

Figure 3. Dimensions et instrumentation de l'installation du CycloneSep de Trouville/Mer

miner le débit entrant dans l'ouvrage. Ce capteur mesure une hauteur et une vitesse moyenne pendant 60 secondes toutes les 15 minutes. Quatre capteurs de hauteurs d'eau (sondes autonomes à ultrasons) ont été placés de façon à déterminer le fonctionnement du déversoir (capteur placé à l'amont et à l'aval du seuil) et les hauteurs d'eau de part et d'autre de la grille. Chaque capteur enregistre une hauteur d'eau toutes les 5 minutes. L'emplacement des différents capteurs est visible sur la figure 3. L'équipement a été installé après la vidange et le nettoyage de l'ouvrage, du 13 octobre 2011 au 27 avril 2012.

2. Résultats

2.1. Confrontation des mesures expérimentales avec le modèle numérique 3D

Les investigations menées sur le pilote expérimental ont permis de déterminer l'ensemble des caractéristiques hydrodynamiques. L'étude du champ de vitesse

pour un débit de 25 L/s montre que les vitesses sont plus importantes au niveau de la grille et plus faibles vers les parois extérieures. Ce premier constat est intéressant, car une vitesse importante près de la grille aura autant de chance d'éviter une agglomération de déchets et par conséquent le colmatage de la grille.

La confrontation avec la simulation numérique a permis de montrer les différences avec les mesures expérimentales. L'utilisation d'une grille conceptuelle permet d'obtenir des résultats tout à fait satisfaisants. La comparaison du champ de vitesse horizontal ($z = 0,38$ m) et vertical (champ opposé à la conduite d'entrée ($Q = 180^\circ$)) montre la bonne reproduction du comportement hydrodynamique (tableau I). Les vitesses sont faibles au niveau des parois extérieures (0,65 m/s). En revanche, on constate que les vitesses à proximité de la grille sont plus importantes pour la

simulation numérique (0,87 m/s pour la simulation et 0,74 m/s pour l'expérience). Cette différence s'explique par l'approche conceptuelle de la grille. Si la perte de charge est bien modélisée, les valeurs locales de vitesse proche des parois sont plus grandes. Cependant, on constate que les variables globales sont bien simulées. La vitesse moyenne calculée expérimentalement est de 0,67 m/s alors que celle obtenue via la simulation est de 0,69 m/s. On peut donc en conclure que le modèle numérique est capable de reproduire le comportement hydrodynamique global au sein de l'ouvrage, mais il ne permet pas une analyse plus fine des composantes locales.

2.2. Investigation du comportement hydraulique d'un ouvrage réel par modélisation 3D

Le modèle numérique 3D a été utilisé pour prévoir l'écoulement dans l'ouvrage de Trouville-sur-Mer.

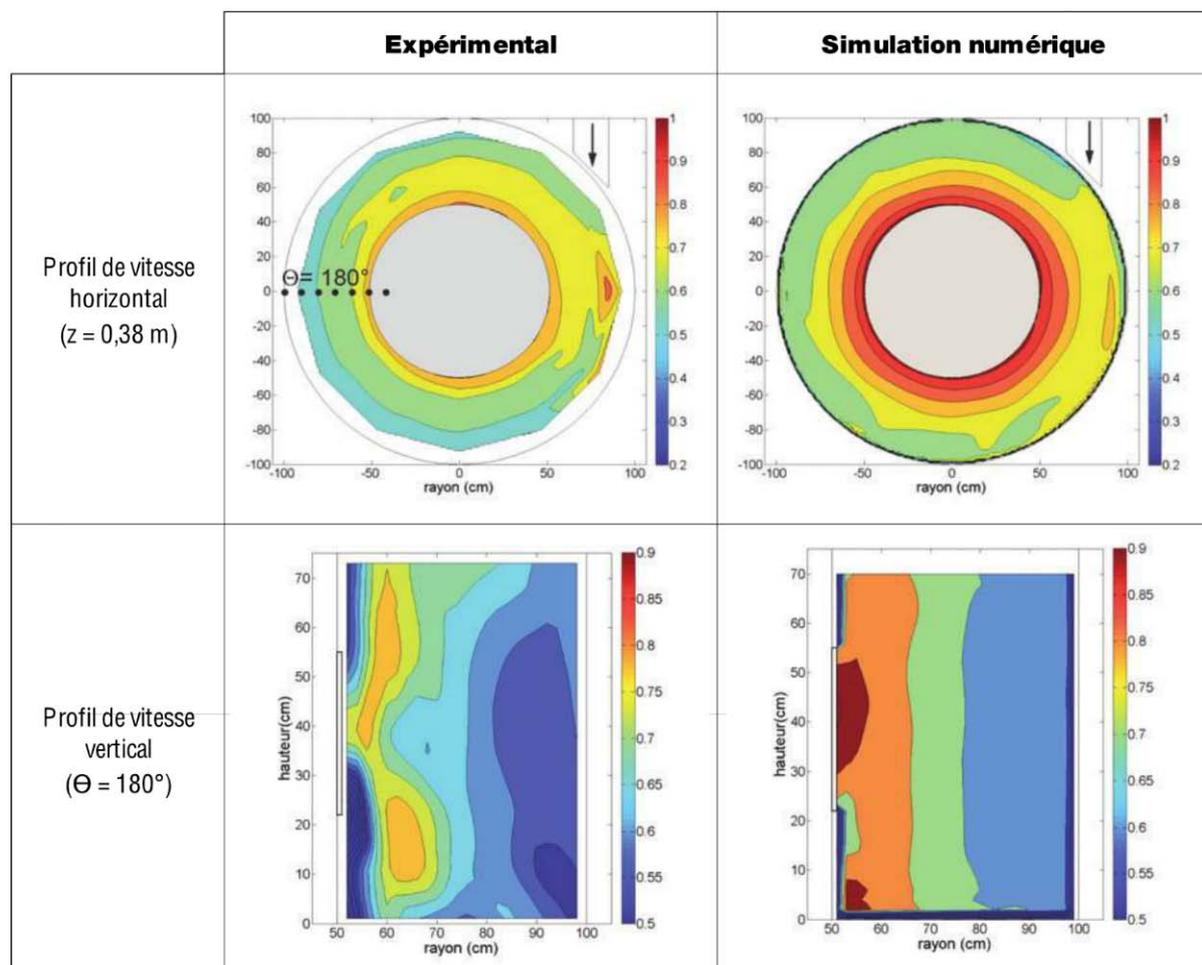
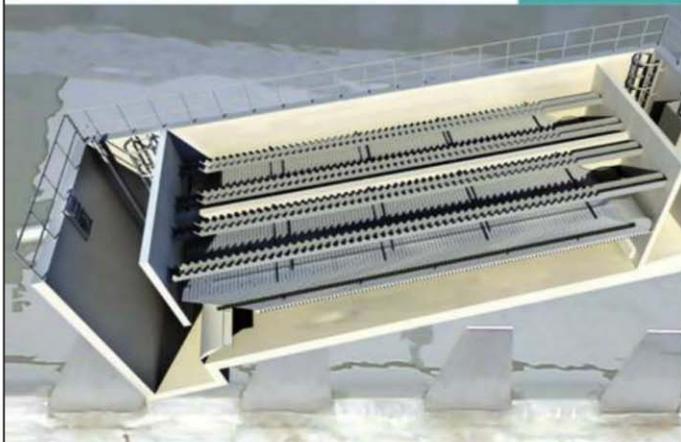


Tableau I. Comparaison de la simulation numérique avec l'expérimental (la zone de mesures expérimentales est matérialisée par des points) pour un débit de 25 L/s



**Décanteurs lamellaires
HYDROMESI[®]**

Séparation des MES et des polluants associés

- Traitement des eaux de surfaces fortement polluées,
- Rejets en zones sensibles (lagunes, étangs, bassins d'infiltration...)



**Séparateurs hydrodynamiques
CYCLONESEP[®]**

Séparation partielle des MES, et capture des macro-déchets

- Protection des structures réservoir,
- Protection des bassins paysagers,
- Protection des berges et du littoral etc.

Visitez notre site web: [http:// www.hydroconcept.fr](http://www.hydroconcept.fr)

Hach Lange change de nom

Hach Company et Dr. Lange ont fusionné il y a plus de 10 ans dans l'objectif d'améliorer l'analyse de l'eau pour nos clients. À l'avenir, nous poursuivrons notre activité sous le seul nom international de « Hach ». Nos clients pourront partout continuer à compter sur nous pour profiter de la même expertise, de la même équipe d'assistance et des mêmes produits fiables et simples d'utilisation.

Nous sommes connus sous le nom de Hach dans tous les pays en dehors de l'Europe. L'utilisation de ce nom unique permet de simplifier nos relations avec nos clients en constante augmentation dans différents pays partout dans le monde. Même si notre nom change, nous restons attachés à notre mission de garantir la qualité de l'eau partout dans le monde. Nos responsables clientèle au sein de l'entreprise ne changent pas, ni leurs numéros de téléphone, ni notre entité juridique ou les procédures de commande de produits.

Depuis la création de l'entreprise, nous avons développé des solutions innovantes dans le secteur pour aider nos clients à analyser l'eau plus efficacement. Aujourd'hui, ces produits sont disponibles dans le monde entier pour une large gamme d'utilisations en laboratoire, sur le terrain et dans le traitement au sein des installations municipales et industrielles. Les solutions d'analyse Hach sont conçues pour aider les techniciens et les responsables à prendre les bonnes décisions afin de garantir la conformité, de réduire les pertes de production et d'améliorer l'efficacité énergétique, la qualité des produits et la gestion des installations. Nous disposons de produits parmi les meilleurs de

leur catégorie, d'une équipe d'experts et d'une assistance locale pour aider nos clients à gérer leur eau.

Nous commencerons à utiliser le nom « Hach » en Europe lors du salon commercial AICHEM, qui se tiendra du 15 au 19 juin, à Francfort, en Allemagne, et pendant lequel nos clients pourront découvrir certains de nos derniers produits comme l'analyseur portable HACH SL1000 et l'analyseur de COT HACH QbD1200, ainsi que nos nouvelles gammes destinées au diagnostic prédictif et à l'optimisation des procédés.

À propos de Hach

Hach est leader dans la technologie d'analyse de l'eau, pour une utilisation sur le terrain, en traitement ou en laboratoire, et fournit une assistance locale et pratique. Hach fournit des solutions personnalisées permettant une surveillance fiable des eaux usées, de l'eau potable et des eaux de traitement, ainsi que des systèmes destinés à l'optimisation des procédés.



Be Right[™]

Hach Lange France • 8 mail Barthélémy Thimonnier – Lognes • 77437 Marne la Vallée • www.fr.hach.com

L'objectif de cette modélisation est de visualiser dans un premier temps le bon fonctionnement hydraulique, avant d'investiguer son efficacité en matière de traitement. Une plage de cinq débits a été simulée

dans l'ouvrage afin d'observer le comportement hydraulique avec et sans fonctionnement de la surverse, et pour visualiser l'évolution des variables globales (vitesses et débits).

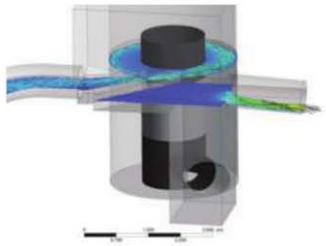
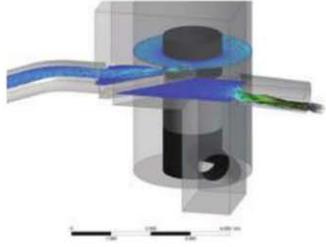
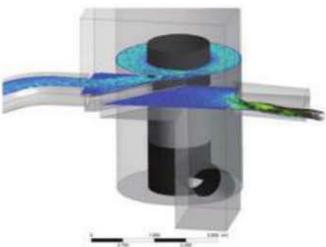
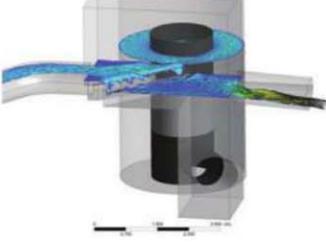
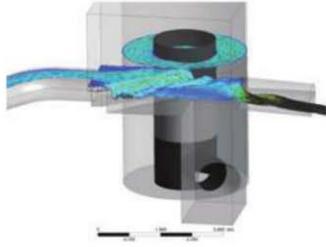
Q (L/s)	Visualisation surface libre	Vitesse au niveau de la surface libre	Position	Hauteur par rapport au radier d'entrée (m)
100			Amont	0,36
			Aval	0,24
			Ext. grille	0,28
			Int. grille	0,25
150			Amont	0,51
			Aval	0,31
			Ext. grille	0,46
			Int. grille	0,32
200			Amont	0,57
			Aval	0,35
			Ext. grille	0,48
			Int. grille	0,37
250			Amont	0,61
			Aval	0,38
			Ext. grille	0,54
			Int. grille	0,42
300			Amont	0,64
			Aval	0,48
			Ext. grille	0,57
			Int. grille	0,45

Tableau II. Simulation numérique de l'ouvrage de Trouville/Mer : surfaces libres

2.2.1. Analyse de la surface libre

Le premier constat concerne l'entrée en fonctionnement du déversoir. Les résultats obtenus via les simulations numériques montrent des déversements pour des débits supérieurs à 200 L/s (tableau II).

L'analyse des hauteurs d'eau pour les différents débits montre également que les hauteurs à l'extérieur de la grille sont proches des hauteurs à l'amont du déversoir (tableau II). Il en va de même pour les hauteurs à l'intérieur de la grille et celles à l'aval de la crête. On remarque cependant lors des déversements que la différence de hauteur d'eau entre l'intérieur et l'extérieur de la grille a tendance à se stabiliser.

2.2.2. Analyse des vitesses et des débits en circulation

Le plan de vitesses horizontales représentant les vitesses tangentielles permet de visualiser l'allure du champ de vitesse sur l'ensemble de la hauteur (tableau III). Le terme « médian » caractérisant ce plan se justifie par le comportement moyen de l'hydrodynamique dans le CycloneSep [SCHMITT *et al.*, 2012]. L'analyse de ces plans, pour les différents débits, permet de dégager certaines caractéristiques communes. Les vitesses sont plus importantes au niveau de la grille et sur la paroi extérieure. Les champs

de faibles vitesses sont eux situés autour de la paroi centrale, au-dessus et en dessous de la grille (schématisée par un cadre gris dans le tableau III).

Pour ce qui concerne les vitesses moyennes en circulation, on distingue une évolution croissante avec le débit entrant dans l'ouvrage. Ce constat permet de confirmer le mouvement de la colonne d'eau dans le CycloneSep quel que soit le débit. Le calcul des débits en circulation autour de la grille permet d'établir un ratio débit en circulation/débit d'entrée environ égal à 8.

Par ailleurs, le partage des débits lorsque l'on observe un déversement permet d'estimer le seuil de déversement à 200 L/s. En effet, pour des débits d'entrée de 250 et 300 L/s, les débits déversés sont respectivement d'environ 50 et 100 L/s.

2.3. Analyse des données de terrain

2.3.1. Analyse hydraulique

Le débit transitant dans l'ouvrage est un élément essentiel à la compréhension de son fonctionnement. Après une première visite de terrain le 13 janvier 2012, nous avons constaté la présence de dépôts sur le capteur Doppler. Doutant de la fiabilité des données, le débit a été calculé à partir des hauteurs

Q (L/s)	100	150	200	250	300
Champ de vitesse tangentielle (m/s)					
$V_{moyenne}$ (m/s)	0,37	0,54	0,60	0,62	0,68
$Q_{circulation}$ (L/s)	785	1 170	1 359	1 409	1 589

Tableau III. Simulation numérique de l'ouvrage de Trouville/Mer : champs de vitesse verticaux

d'eau à l'aval du déversoir. En effet, la canalisation de sortie provoque le passage d'un régime fluvial à un régime torrentiel : cet effet Venturi permet de relier le débit à la hauteur amont. La relation hauteur/débit pour les conditions géométriques de Trouville-sur-Mer s'écrit comme suit, où Q est le débit en m^3/s et h la hauteur en m.

$$Q = 0,004 - 0,01h + 1,45h^2 - 0,55h^3 \quad (\text{Équation 3})$$

La figure 4 représente les débits calculés du 14 octobre 2011 au 27 avril 2012, période pendant laquelle le site a été instrumenté. On peut relever cinq débits importants (supérieurs à 100 L/s), dont un très important le 4 décembre 2011 (280 L/s). En comparant les débits avec les données pluviométriques de Deauville (commune voisine de Trouville-sur-Mer) (figure 5), on constate que les débits importants coïncident avec de fortes précipitations. On remarque également que le mois de décembre a été particulièrement pluvieux.

Concernant les hauteurs d'eau, on constate que la hauteur à l'amont du déversoir est quasi identique à la hauteur d'eau à l'extérieur de la grille du Cyclone-Sep (figure 6). Il en va de même pour la hauteur à l'aval du déversoir et de la hauteur à l'intérieur de la grille. Ce constat vient confirmer les résultats obtenus via les simulations numériques. L'exploitation des données de hauteur permet également de déterminer les périodes de fonctionnement du déversoir (13 épisodes de déversement). Les niveaux d'eau de part et d'autre de la crête sont illustrés sur la figure 6. On note également que le déversoir a fonctionné en régime dénoyé (le niveau d'eau à l'aval est toujours inférieur à la hauteur de la crête). Cela signifie que la capacité d'évacuation à l'aval est suffisamment importante pour éviter une remontée du niveau à l'amont

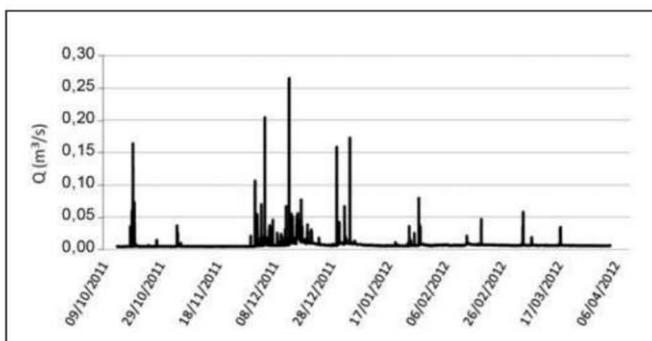


Figure 4. Débits calculés pendant la période d'instrumentation

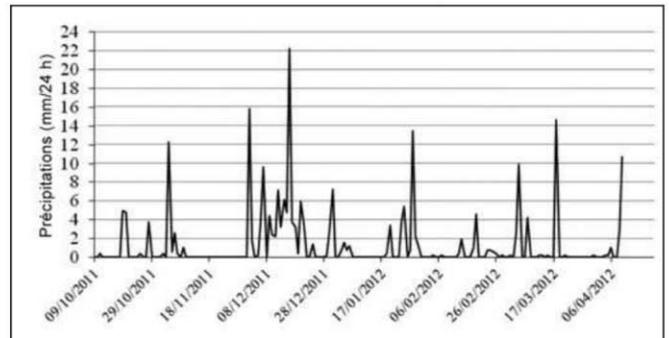
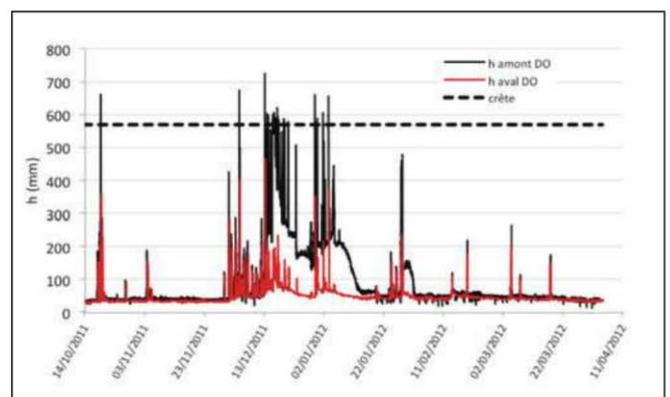


Figure 5. Précipitations enregistrées à Deauville (source météoiel.fr)



DO : déversoir d'orage.

Figure 6. Niveaux d'eau à l'amont et à l'aval du déversoir

de l'ouvrage, signe de sécurité du système d'assainissement et du bon dimensionnement de l'ouvrage.

2.3.2. Maintenance de l'ouvrage

L'exploitation d'une unité CycloneSep peut être réalisée de différentes manières : soit par écumage des déchets les plus volumineux à l'aide d'une époussette, soit par vidange complète de l'unité.

Dans le premier cas, l'écumage des déchets en surface a lieu sans qu'il soit nécessaire d'assécher l'ouvrage. Cette méthode peu onéreuse permet une inspection évidente des déchets. Dans le second cas, le pompage et l'extraction des flottants et des boues sont effectués avec un camion-citerne hydrocureur. Plusieurs rotations de camions-citernes sont alors nécessaires pour les unités de grandes dimensions. Lors d'une telle intervention, le volume total de l'appareil est pompé. On pompe d'abord une tranche d'eau claire en disposant le tuyau d'aspiration à l'intérieur de la grille afin d'abaisser le niveau du plan d'eau jusqu'à l'extrémité inférieure de la grille. Puis on nettoie la grille depuis les accès avec une lance haute pression dirigée de



Figure 7. Flottants présents dans l'unité de Trouville/Mer (à gauche) et vidange de l'ouvrage à l'aide de camions hydrocureurs (à droite)

l'intérieur de la grille vers l'extérieur où sont stockés les flottants et les boues. Enfin, on extrait les flottants et les boues en plaçant le tuyau d'aspiration à l'extérieur de la grille au fond de l'unité.

Pour l'unité de Trouville-sur-Mer qui peut traiter 150 à 200 L/s et dont la capacité utile est de 26 m³, environ 6 m³ de boues et une centaine de litres de flottants sont extraits deux fois par an (figure 7). Chaque intervention requiert deux camions de curage. L'intervention ne dure qu'une demi-journée. Le coût annuel d'exploitation est de 2 500 €.

Pour une unité de 400 à 500 L/s, similaire à celle installée à Saint-Pryvé-Saint-Mesmin et dont la capacité utile est de 40 m³, environ 10 m³ de boues et environ 250 litres de flottants ont été extraits après 3 mois de service. Chaque intervention requiert quatre rotations de camion hydrocureur de 10 m³. La durée d'intervention est d'une journée. Le coût annuel d'exploitation avoisinerait les 5 000 €.

Par comparaison aux ouvrages de traitement des eaux pluviales, différents avantages d'une telle installation peuvent être mis en avant :

- ce sont des ouvrages polyvalents dont l'exploitation est aisée et rapide ;
- la séparation tangentielle permet de retenir les macrodéchets mais également des déchets fins (maille de 2 ou 4 mm) devant une grille de séparation sans colmatage immédiat de celle-ci (cas des barrières coalescentes des déshuileurs) ;
- ils représentent pour la collectivité un juste coût d'investissement, car ils sont compacts, et ils sont constitués d'un cuvelage en béton armé dans lequel

est fixée une grille en acier Inox. Ils ne possèdent aucune pièce mobile et aucun organe à remplacer. Ils constituent donc une solution durable.

Conclusion

Les investigations expérimentales et numériques, menées sur le séparateur hydrodynamique destiné à capturer les macrodéchets, ont montré le bon fonctionnement hydraulique d'un ouvrage compact pour traiter les eaux de pluie.

Les mesures expérimentales effectuées sur une installation pilote en laboratoire ont conduit à la validation d'un modèle numérique 3D permettant de prévoir l'écoulement au sein d'un ouvrage de ce type. Dans un second temps, le modèle numérique 3D a été appliqué à un ouvrage de terrain (Trouville-sur-Mer) dans l'objectif d'en étudier le comportement *in situ*. Une plage de débits allant de 100 à 300 L/s a été analysée. L'allure des champs de vitesse est commune pour les différents cas étudiés : les vitesses importantes se situent à proximité de la grille et les zones de faibles vitesses sont au-dessus et en dessous de la grille. Par ailleurs, la modélisation a permis de visualiser le fonctionnement de la surverse pour des débits supérieurs à 200 L/s. Les données obtenues *via* l'instrumentation du site de Trouville-sur-Mer ont confirmé les différents résultats issus de la modélisation (fonctionnement de la surverse pour des débits supérieurs à 200 L/s et similitudes entre les hauteurs d'eau).

Si le fonctionnement hydraulique a été démontré *via* cette étude, n'oublions pas l'objectif en matière de

traitement de l'ouvrage. Les observations et la maintenance des ouvrages en fonctionnement ont pu montrer la capacité des CycloneSep à retenir les macrodéchets et les sédiments.

Pour ce qui concerne les perspectives, les objectifs à long terme vont être de prendre en compte l'accumulation des polluants dans l'ouvrage et le taux de colmatage de la grille dans les modèles numériques. Par ailleurs, l'installation et l'exploitation de nouveaux

ouvrages permettront d'établir une banque de données sur l'efficacité des CycloneSep à retenir les macrodéchets et les polluants particuliers.

Remerciements

Les auteurs remercient la société Steinhardt pour la conception du pilote expérimental, ainsi que les différents partenaires financiers comme le Gemcea et Île-de-France Innovation.

Bibliographie

ADAMSSON A., STOVIN V.R., SAUL A.J. (2003) : « Bed shear stress boundary condition for storage tank sedimentation ». *J. Environ. Eng.* ; 129(7) : 651-658.

ANSYS (2011). *Release notes v14*. Ansys Inc.

BUGONI L., KRAUSE L., PETRY M. (2001) : « Marine debris and human impacts on Sea Turtles in Southern Brazil ». *Marine Pollution Bulletin* ; 42(12) : 1330-1334.

DERRAIK J. (2002) : « The pollution of the marine environment by plastic debris: a review ». *Marine Pollution Bulletin* ; 44(9) : 842-852.

DUFRESNE M., VAZQUEZ J., TERFOUS A., GHENAIM A., POULET J.B. (2009) : « Experimental investigation and CFD modelling of flow, sedimentation, and solids separation in a combined sewer detention tank ». *Computers & Fluids* ; 38(5) : 1042-1049.

EGARR D.A., FARAM M.G., O'DOHERTY T., SYRED N. (2004). « An investigation into factors that determine the efficiency of a hydrodynamic vortex separator ». *5th International Conference Novatech*. Lyon, France.

FARAM M.G., ANDOH R.Y.G (2000) : « Application of simulation and predictive techniques for the evaluation of hydrodynamic separators ». *Wastewater Treatment: Standards and Technologies to Meet Challenges of the 21st Century*, CIWEM/AETT Millenium Conf., Leeds, UK, 4-6 April, pp 223-230.

GESAMP (1991) : *The state of the marine environment*. Blackwell Scientific Publications, London, 146 pp.

GRENELLE DE LA MER (2010) : « Fonds macrodéchets », groupe n° 14, Rapport final au 28 juin 2010.

HIRT C.W., NICHOLS B.D. (1981) : « Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundary ». *Journal of Computational Physics* ; 39 : 201-225.

LAIST D., LIFFMAN M. (1999) : *Impacts of Marine Debris : Research and Management Needs*. 1999.

LIPEME-KOUYI G., VAZQUEZ J., POULET J.B. (2005) : « Méthodologie d'utilisation de la modélisation 3D des déversoirs d'orage dans le cadre de l'autosurveillance ». *La Houille Blanche* ; 6 : 59-67.

LIPEME-KOUYI G., VAZQUEZ J., GALLIN Y., ROLLET D., SADOWSKI A.G. (2005) : « Use of 3D modelling and several ultrasound sensors to assess overflow rate ». *Water Science and Technology* ; 51, n° 2 : 187-194.

LIPEME-KOUYI G., ARIAS L., BARRAUD S., BERTRAND-KRAJEWSKI J.-L. (2010) : « CFD modelling of flow in a large stormwater detention and settling basin ». *7th International Conference on Innovative Technologies in Urban Storm Drainage*, Novatech 10, Lyon, France.

LEE J.H., BANG K.W., CHOI C.S., LIM H.S. (2010) : CFD modelling of flow field and particle tracking in a hydrodynamic stormwater separator. *Water Science and Technology* ; 62(10) : 2381-2388.

MORÉ-FERGUSON S., LAVENDER LAW K., PROSKUROWSKI G., MURPHY E.K., PEACOCK E.E., REDDY C.M. (2010) : « The size, mass, and composition of plastic debris in the western North Atlantic Ocean ». *Marine Pollution Bulletin* ; 60 : 1873-1878

MORIN A., MILISIC V., FIGUE J.-F., AIRES N. (2009) : « Simulations numériques des écoulements dans un décanteur lamellaire à contre-courant ». *Techniques sciences méthodes* ; 11 : 59-74.

PATHAPATI S.S., SANSALONE J.J. (2009) : « CFD modeling of a storm-water hydrodynamic separator ». *Journal of Environmental Engineering* ; 135(4) : 191-202.

SCHMITT V., DUFRESNE M., VAZQUEZ J., FISCHER M., MORIN A. (2012) : « Étude expérimentale et numérique du CycloneSep ». *Rapport final d'une convention d'étude*.

SCHMITT V., DUFRESNE M., VAZQUEZ J., FISCHER M., MORIN A. (2013) : « Optimization of a hydrodynamic separator using a multi-scale computational fluid dynamics approach ». *Water Science & Technology* ; 68(7) : 1574-81.

STOVIN V.R., SAUL A.J. (1994) : « Sedimentation in storage tank structures ». *Water Science and Technology* ; 29(1-2) : 363-372.

VAZQUEZ J., MORIN A., WERTEL J., DUFRESNE M. (2010) : « A CFD approach for shape optimization of lamellar settlers ». *7th International Conference Novatech*. Lyon, France.

Résumé

V. SCHMITT, A. MORIN, J.-M. FLOCHEL, M. DUFRESNE, J. VAZQUEZ, M. FISCHER

Investigation expérimentale et numérique d'un ouvrage de capture à macrodéchets

Dans cet article, nous relatons l'étude d'un séparateur hydrodynamique muni d'une grille séparative. L'objectif principal du séparateur est de capturer les macrodéchets afin d'éviter leurs rejets dans le milieu naturel. La méthodologie employée consiste à déterminer le fonctionnement hydraulique de l'ouvrage en utilisant l'expérimentation en laboratoire sur un modèle physique, la modélisation numérique 3D puis l'étude d'un ouvrage en fonctionnement. La simula-

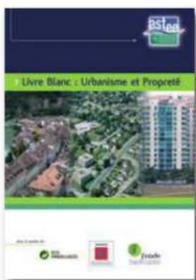
tion numérique 3D a permis de prédire l'écoulement au sein d'un ouvrage de terrain (Trouville-sur-Mer). Le comportement hydrodynamique a pu être étudié suivant différents cas : plage de débit variant de 100 à 300 L/s, fonctionnement de la surverse de sécurité... L'instrumentation du site a permis de conforter les résultats prédits par la modélisation. Enfin, la maintenance et les coûts d'exploitation de tels ouvrages sont également abordés.

Abstract

V. SCHMITT, A. MORIN, J.-M. FLOCHEL, M. DUFRESNE, J. VAZQUEZ, M. FISCHER
Experimental and 3D CFD investigation of a macro-wastes capture device

The aim of this article is to study a hydrodynamic separator equipped with a separation screen. The main purpose of this separator is to capture macro-wastes in order to prevent their release into the environment. The methodology consists in visualizing how the separator hydraulically works using laboratory experiments based on a physical model, 3D numerical modeling and the study of an operating hydraulic separator. The 3D numerical

modeling enabled to predict the flow within an operating separator (Trouville-sur-Mer). The hydrodynamic behaviour has been studied following different cases : flow range varying between 100 and 300 L/s, operating of the security overflow, etc. The instrumentation of the operating separator confirmed the results predicted by the numerical modeling. Finally, maintenance and operating costs have also been approached.



LIVRE BLANC Urbanisme et Propreté

À l'heure où l'on parle de développement durable, d'éco-quartiers, le constat est sévère : pas ou peu d'innovations en matière de collecte des déchets et de gestion de la propreté depuis l'origine de ces services ! Pourquoi ?

- aucune prise en compte, en amont des programmes d'aménagement urbain, des contraintes induites par ces services publics ;
- aucun investissement anticipatif favorisant une gestion plus harmonieuse des déchets en ville et de la propreté des espaces urbains ;

Néanmoins, quelques collectivités pionnières, quelques urbanistes curieux ont mené ici et là des opérations intéressantes. Ces expériences porteuses d'espoir sont recensées.

Des pistes d'avenir où urbanistes, aménageurs et professionnels de la propreté travailleraient ensemble en amont afin de construire une ville propre sont évoquées.

L'ouvrage peut être commandé au prix de 10 € à astee@astee.org



Révision de l'arrêté du 22 juin 2007

Trois critères de seuil définis

- Pas plus de 20 jours de déversements par an par déversoir d'orage
- Ou un rejet par temps de pluie < 5% des volumes collectés
- Ou < 5% du flux de polluants produits par an

Les solutions passent par une réduction des rejets aux réseaux. La déconnexion des surfaces déjà imperméabilisées nécessite le recours aux techniques alternatives.



Mise en œuvre d'une chaussée réservoir dans le cadre d'une réhabilitation de voirie - CUINCY (59)

L'ADOPTA peut vous **aider** et vous **accompagner** dans vos démarches ou projets en faveur d'une gestion durable des eaux pluviales (mise en place d'une nouvelle politique, sensibilisation auprès du public...).

Ses outils :

- des fiches de vulgarisation et des vidéos,
- des réunions thématiques,
- des visites de sites,
- un showroom,
- un site Internet www.adopta.fr
- des sessions de formation adaptées à la demande,
- des conférences, colloques...
- de la recherche et du développement (études sur la bouche d'injection, création de protocoles de réception des techniques alternatives, SIG...)
- et surtout :

plus de 17 années d'expérience



Conférences / Débats



Protocoles de réception des techniques alternatives



Journées de sensibilisation en partenariat avec l'Agence de l'Eau Artois Picardie