Dessablage des eaux usées à l'entrée d'une station de récupération des ressources de l'eau

Rapport de stage

Auteur :

Basil Wietlisbach

Superviseur :

Peter Vanrolleghem

Québec, Canada

Table des matières

1. Introduction	1
2. Méthodes employées	2
2.1. ViCAs	2
2.2. Élutriation	3
2.3. Estimation de la vitesse de chute à partir de la taille des particules	4
2.4. Relation entre turbidité et MeS	6
2.5. Qualité des données	6
3. Résultats et discussion	8
3.1. Distribution de vitesse de chute des particules	8
3.2. Relation entre turbidité et MeS	12
3.3. Filtration des données	12
4. Conclusion	16
Références	17

1. Introduction

«Grit» (français: sable) est traditionnellement défini comme sable, gravier, crasse ou des autres particules lourdes avec un diamètre plus grand que 210 µm et une gravité spécifique plus grande que 2.65 g/cm³ (Tchobanoglous et al., 2014). Ces particules causent des problèmes dans les stations de récupération des ressources de l'eau (StaRREs) en affectant les capacités des pompes, tuyaux et mécanismes d'épuration. Afin de réduire ces problèmes, des dessableurs sont installés à l'entrée des StaRREs pour enlever le «grit» avec le mécanisme de la décantation des particules discrète. Des études ont montré que les dessableurs dimensionnés avec la définition citée au début ne sont pas efficaces, avec l'exemple des StaRREs à Los Angeles avec 6%, et à Chicago avec moins que 4% du «grit» enlevé dans le dessableur (Wilson, 1997 : Drydon, 2005). Une cause pour cette défaillance est que la gravité spécifique supposée de 2.65g/cm³ correspond au sable de silice propre ce que n'est pas la même chose comme «grit». Les caractéristiques des particules de «grit» sont très variables, elles ne sont pas des particules de sable propres et peuvent contenir une fraction organique importante, ce que cause une vitesse de chute plus petite que pour une particule de sable avec la même taille. Pour tenir ces aspects en compte, une nouvelle définition a été établi par la «Water Environment Federation» (2016). Ils recommandent que la définition du «grit» soit la vitesse de chute des particules de «grit» dans l'eau usée avec la taille qui est visée à être enlevée par le système qu'on observe. Cette nouvelle définition présente une nouvelle approche pour la caractérisation des particules de «grit» mais son comportement dans un dessableur reste peu étudié et centrale pour un enlèvement efficace à l'entrée des StaRREs.

Le projet dont le stage faisait partie a le but de développer un modèle dynamique conceptuel applicable à des dessableurs aérés et vortex. Le modèle représente les mécanismes qui ont lieu dans un dessableur et permet à prédire les concentrations dans l'eau à l'effluent et à la purge d'un dessableur à partir des mesures à l'affluent. Une campagne d'échantillonnage permet de mieux comprendre ces mécanismes et à élaborer la structure du modèle mathématique. Comme l'affluent d'un dessableur est toujours stratifié par rapport aux polluants particulaires, il faut modéliser cette stratification pour pouvoir valider le modèle.

Les objectifs du stage étaient divisés en deux parties. Le premier objectif était l'étude de la distribution de la vitesse de chute des particules (DVCP) de «grit» retenu dans un dessableur avec l'application du protocole ViCAs (Chebbo et Gromaire, 2009) et d'élutriation (Krishnappan et al., 2004) ainsi que la distribution de taille des particules (DTP) de «grit» à partir d'un tamisage sec en prélavant les particules de «grit» et en les séchant à 105°C (Plana et al. 2017). Avec l'analyse de la composition de chaque classe de particules de «grit» obtenues à travers des expériences de tamisage, c'était possible d'appliquer les modèles mathématiques de Stokes et Newton afin de les comparer avec la DVCP trouvée expérimentalement. La deuxième partie du stage était liée à l'étude de la dynamique du système. Une relation entre la turbidité mesurée avec des capteurs en ligne et la matière en suspension (MeS) trouvée au laboratoire a été cherché, les capteurs ont été entretenu et les données ont été traitées et validées pour assurer leur qualité pour des futures utilisations comme la modélisation des dessableurs.

2. Méthodes employées

2.1. ViCAs

L'acronyme ViCAs signifie Vitesse de Chute en Assainissement. Originellement ce protocole a été développé par Chebbo et Gromaire (2009) pour la détermination de la distribution des vitesses de chute (Vc) des particules en réseau d'assainissement et est donc particulièrement adapté à la caractérisation des eaux usées brutes. Le principe de ce protocole est basé sur la récolte de la matière particulaire qui décante au pied d'une colonne d'eau usée stagnante (Fig.2.1). Au début de l'expérience une quantité connue de «grit» est mélangée avec l'eau de l'effluent de la StaRRE et le mélange est brassé dans un seau pour assurer son homogénéité. On verse le mélange dans le



Fig.2.1. Installation ViCAs (Chebbo et Gromaire, 2009)

bassin de récupération du ViCAs et à l'aide d'une pompe, l'eau est aspirée dans la colonne jusque à une certaine hauteur. Les particules sont supposées de décanter de manière indépendante et sont récupérées dans le fond de la colonne à des intervalles prédéfinis. En pesant la masse des particules récupérées dans les coupelles, il est possible de déterminer l'évolution de la masse cumulée en fonction de temps par une expression proposée par Bertrand-Krajewski (2001) et de trouver ensuite la distribution de la vitesse de chute des particules (Chebbo et Gromaire 2009). Dans cette étude la masse décantée était récupérée à 1, 3, 5, 10, 20, 35 et 60 minutes après le début de l'expérience et une installation avec une colonne ViCAs adaptée de 2 mètres a été utilisé à la place de la colonne habituelle de 0.7 m (Fig.2.2). Ça permettait d'observer aussi des Vc élevées. Un calcul de bilan de masse (BM) est effectué à la fin pour estimer les pertes (ou les gains) des solides au cours de l'expérience et pour évaluer sa qualité. Un BM plus grand que ±15% rend les résultats moins fiables.



Fig.2.2. Matériel d'essai ViCAs

Erreur E (%) sur le BM :

$$E = \frac{M_{ini} - (M_{dec} + M_{fin})}{M_{ini}}$$
(2.1)

M_{fin}: masse finale (mg)

M_{ini}: masse initiale (mg) M_{dec}: masse décantée cumulée (mg)

Pour assurer la fiabilité du protocole ViCAs avec les nouvelles colonnes adaptées de 2 mètres, un

triplicata avec l'eau à l'affluent de la StaRRE a été fait.

2.2. Élutriation

L'élutriation est un système fermé qui pompe l'eau par succion de bas en haut à travers six colonnes de diamètre croissante connectées en série à débit constant (Fig.2.3). Au contraire à la méthode ViCAs, elle permet de caractériser la vitesse de chute des particules selon un régime dynamique et reproduit les interactions des particules sous l'effet des turbulences lors de leur décantation. En connaissant le débit de



pompage et les diamètres des colonnes, Fig. 2.3. Installation d'élutriation (Krishnappan et al., 2012)

il est possible de calculer la vitesse d'écoulement pour chacune d'elles. Une particule qui décante dans une certaine colonne a alors une vitesse de chute égale ou supérieure à la vitesse d'écoulement dans cette colonne. À la fin de l'expérience, les particules accumulées au fond de chaque colonne sont pesées ce qui permet directement de tracer la DVCP (Krishnappan et al., 2004). Comme pour le protocole ViCAs le BM est calculé à la fin. S'il est plus grand que ±15%, les résultats sont moins fiables.



Fig.2.4. Matériel pour l'essaie d'élutriation

2.3. Estimation de la vitesse de chute à partir de la taille des particules

Pour l'estimation de la vitesse de chute, une analyse de la granulométrie du «grit» a été effectuée. À l'aide du tamisage d'un échantillon à travers une série de tamis avec des orifices de taille décroissantes (Fig.2.5), il était possible de déterminer la DTP. De chaque fraction une partie était brulée à 550° C. La différence massique avant et après brûler l'échantillon permettait à connaitre la fraction organique respectivement inorganique de chaque échantillon. Avec la supposition que la densité



du «grit» est entre 1.1 et 2.65 g/cm³ (WEF 2016), Fig.2.5. Équipement de tamisage

la densité des échantillons est calculée comme suit: $\rho_{estimée} = 2.65 \text{ x } F_{inorganique} + 1.1 \text{ x } (1 - F_{inorganique})$ (Plana et al., 2017). Avec cette densité estimée pour chaque classe de particule (selon la taille), différentes vitesses de chute ont été calculées à partir des équations de Stokes (Eq. 2.2) et Newton (Eq. 2.3), inspiré par l'exemple dans Herrick et al. 2015 (Fig.2.6)



Fig.2.6. Vitesse de chute des particules calculée selon différents modèles (Herrick et al., 2015)

Loi de Stokes :

$$v_{particule} = \frac{g(\rho_P - \rho_W) d_p^2}{18\mu}$$
(2.2)

Loi de Newton :

$$v_{particule} = \sqrt{\frac{4g}{3C_d} \frac{(\rho_P - \rho_W)}{\rho_W} d_P}$$
(2.3)

g : accélération causée par gravité (m/s²) p_P : densité de la particule (kg/m³) p_W : densité de l'eau (kg/m³) d_p : diamètre de la particule (m) μ : viscosité dynamique (Ns/m²) C_d : coefficient de traînée

Rapport de Stage

Coefficient de traînée :
$$C_d = \frac{24}{N_R} + \frac{3}{\sqrt{N_R}} + 0.34$$
 (2.4)

N_R : Nombre de Reynolds

Nombre de Reynolds :
$$N_R = \frac{v d_P}{v}$$
 (2.5)

v : vitesse caractéristique du fluide (m/s) v : viscosité cinématique (m²/s)

La loi de Newton a été résolu par itération (Metcalf and Eddy, 2014). Avec la vitesse de chute trouvée avec la loi de Stokes on peut calculer une première fois le nombre de Reynolds. Ensuite on l'utilise pour calculer le coefficient de traînée et finalement la vitesse de chute à l'aide de la loi de Newton. Cette vitesse de chute trouvée est utilisée pour recalculer le nombre de Reynolds, le coefficient de traînée et la vitesse de chute. On continue ce processus jusqu'à ce que la vitesse caractéristique du fluide supposée correspond à la vitesse de chute qu'on trouve avec la loi de Newton.

À l'équation de Newton des facteurs de sphéricité (ψ) et de forme (Φ) ont été appliqués. Ces deux facteurs permettent à prendre en compte la différence superficielle entre une particule de «grit» et une particule sphérique. Le facteur de sphéricité est défini comme la relation entre la surface d'une sphère avec le même volume que la particule observée et la surface de la particule. Il se multiplie direct avec le nombre de Reynolds et était choisi à 0.7, ce qui représente la forme de sable broyé. Le facteur de forme est égal à 1/ ψ et se multiplie avec le coefficient de traînée. Il était choisi à 2 et est par conséquence plus conservatif que le facteur de sphéricité.

2.4. Relation entre turbidité et MeS

Au total trois turbidimètres de la marque WTW étaient installés dans le dessableur. Un à sa sortie, le deuxième à son entrée proche du fond du canal et le troisième à son entrée proche de la surface de l'eau (Fig.2.7). Pour connaître la relation entre la turbidité mesurée avec les capteurs et les MeS, plusieurs échantillons ont été pris. D'un côté on a les échantillons ponctuelles («grab») pour lesquels on prend à un moment donné un échantillon et on mesure au même moment la turbidité avec les capteurs dans le dessableur. Les MeS de l'échantillon sont après analysées dans le laboratoire à l'aide de la procédure standard décrite par APHA (2005). De l'autre côté on a les échantillons composites. Pendant environ une heure, des échantillons sont pris proportionnellement au débit avec un échantillon d'un volume d'eau à chaque minute pendant 5 secondes si le débit est haut et à chaque 3 minute pendant 5 secondes à débit bas. Les différents échantillons sont mélangés et les MeS sont trouvées au laboratoire. Chaque fois qu'on prend un échantillon la turbidité mesurée par le capteur est notée et à la fin on calcule sa moyenne. La turbidité et les MeS trouvées sont Fig. 2.7. Installation des turbidimètres à alors proportionnelles au débit.



l'entrée du dessableur

2.5. Qualité des données

Pour étudier la dynamique du dessableur, il faut assurer la qualité des données récoltées avec les capteurs. Deux méthodes de validation des données ont été appliquées, une méthode «online» et une méthode «off-line» (Fig.2.8).



Fig.2.8. Procédure pour la validation des données (Alferes et al., 2013b)

L'analyse «off-line» permet à trouver des fausses calibrations des instruments. Pour ça, une solution standard est utilisée dont la composition est connue. Si la différence entre la valeur de référence et celle mesurée par le capteur est plus que 5%, une calibration de l'instrument est nécessaire.

L'analyse «on-line» permet de détecter des situations anormales du capteur comme les phénomènes «drift», «shift» ou «outlier» (Fig.2.9)



Fig.2.9. Des situations anormales mesurées par le capteur (Thomann et al., 2002)

La méthode est basée sur la comparaison des valeurs mesurées avec des valeurs prédites à partir de l'analyse de l'historique des données. Elle est constituée par quatre parties consécutives : «time serie», «outlier detection», «data smoother» et «fault detection». La première partie, «time serie», consiste en choisir une série de 'bonnes données' qui représente bien le comportement général des données avec du bruit acceptable. Elle est utilisée pour calibrer la méthode.

Dans la partie «outlier detection», les prévisions des valeurs anticipées sont calculées pour détecter des «outliers» dans le système en comparent les valeurs mesurées avec les valeurs prédites par le modèle. Les valeurs de prédiction sont calculées à partir de l'historique des données avec des équations proposées par Alferes et al. (2013b). Avec une méthodologie proposée par Alferes et al. (2013b) et un algorithme pour la mettre en pratique proposée par Saberi (2015), il est ensuite possible de calculer un intervalle autour de la valeur prédite dans lequel la valeur mesurée est supposée de tomber selon le modèle de prédiction. Si la valeur se trouve à l'extérieur de cet intervalle on le constat comme un «outlier» et la valeur mesurée est substituée par la valeur prédite pour la suite.



Fig.2.10. Intervalle de prédiction avec un «outlier» détecté (Alferes et al., 2013b)

Au début une limite pour le nombre de valeurs rejetées en série doit être définie. Si cette limite est atteinte, l'algorithme récupère ces valeurs rejetées en série et ajuste sa calibration à ces valeurs. Cette réinitialisation permet à l'algorithme à s'adapter à des nouvelles conditions.

Dans la partie «data smoother» on applique un «Kernel smoother» pour enlever le bruit des données. La méthode applique une fonction Kernel sur les données bruitées en utilisant une régression non-paramétrique (Takahama and Sakai, 2009). En ajustant un seul paramètre, la «smoothness» des données lissées peut être contrôlée. Son choix est crucial car il prédit en plus la régression Kernel.

Pour atteindre un bon ajustement des paramètres et une bonne filtration des données, les séquences de pompage, les séquences de nettoyage automatiques et les séquences de nettoyage manuelle sont à prendre en compte. Une partie des eaux usées est accumulée dans un bassin en amont de la StaRRE et quand il est rempli la pompe est activée ce qui correspond à une séquence de pompage. Le débit élevé causé par cet événement arrive à emporter les particules qui ont décanté devant le dessableur ce qui influence la composition de l'eau qui arrive dans le dessableur. Une séquence de nettoyage automatique est un jet d'air comprimé qui nettoie le capteur et une séquence de nettoyage manuelle est quand le capteur est sorti de l'eau pour un entretien manuel. Les deux types de nettoyage peuvent mener à des valeurs aberrantes mesurées par les capteurs.

3. Résultats et discussion

3.1. Distribution de vitesse de chute des particules

Les DVCP trouvées pour le triplicata du protocole ViCAs avec la colonne adaptée de 2 mètres avec l'eau de l'affluent de la StaRRE sont présentées dans la Fig. 3.1. Avec des BM de -4%, -13% et -10%, les courbes sont valides. Comme elles sont presque congruentes, on peut dire que le protocole ViCAs fonctionne bien avec l'eau de l'affluent de la StaRRE pour la colonne adaptée de 2 mètres.



Fig.3.1. DVCP pour le triplicata avec l'eau de l'affluent de la StaRRE étudiée

L'expérience avec la résuspension du «grit» dans l'eau de l'effluent de la StaRRE a été réalisée trois fois en trois jours différents. L'analyse du «grit» à travers le tamisage et le traitement dans le four a donné des résultats très similaires pour les trois échantillons. La Figure 3.2 représente les fractions organiques (MVeS) et inorganiques (MleS) pour chaque classe de taille des particules pour l'échantillonnage du 16 août. On voit que pour les particules avec un diamètre plus petit que 1 mm, la fraction inorganique est prédominante tandis que pour les particules plus grandes, c'est la fraction organique qui domine.



Fig.3.2. Fractions organiques et inorganiques pour chaque classe de taille des particules

Les DVCP trouvées avec le protocole ViCAs avec la colonne adaptée de 2 mètres, la méthode d'élutriation et les estimations de vitesse de chute à partir des équations de Stokes et Newton sont présentées dans les figures 3.3 – 3.5.



Fig.3.3. DVCP mesurées et calculées de différentes façons pour l'échantillon du 16.08.2017



Fig.3.4. DVCP mesurées et calculées de différentes façons pour l'échantillon du 22.08.2017

Fig.3.5. DVCP mesurées et calculées de différentes façons pour l'échantillon du 23.08.2017

Les concentrations initiales et les BM pour les courbes trouvées expérimentalement des figures 3.3 - 3.5 sont présentés dans le tableau 3.1.

		Concentration initiale (mg/L)	BM (%)
16.08.2017	VICAs (2 m)	1625.7	68
	Élutriation	1583.5	37
22.08.2017	VICAs (2 m)	581.0	38
	Élutriation	635.0	- 5
23.08.2017	VICAs (2 m)	594.4	21
	Élutriation	585.5	1

Tab.3.1. Concentrations initiales et BM

En regardant les BM trouvés dans le tableau 3.1, on voit que toutes les courbes obtenues avec le protocole ViCAs avec la colonne adaptée de 2 mètres ne sont pas acceptables. Le BM positif indique que la masse initiale des particules est plus grande que la somme de la masse finale et toute la masse décantée pendant l'expérience. Une explication possible pour ce résultat est que les particules décantaient tellement vite qu'on n'était pas capable à atteindre un mélange homogène dans la colonne et que certaines particules sont arrivées dans le bassin de décantation avant qu'on pouvait mettre la première coupelle pour les récupérer. Le BM pour la courbe d'élutriation du 16 août est aussi trop élevé et rend le résultat invalide. Cette défaillance est peut-être causé par une concentration initiale trop élevée. Les deux autres tests d'élutriation ont donné de bons résultats.

Les figures 3.3 – 3.5 montrent la distribution des vitesses de chute des particules. Une courbe avec une inclinaison forte indique qu'un grand pourcentage de la masse des particules décante avec des vitesses de chute basse. Une courbe plutôt plane indique qu'un grand pourcentage de la masse des particules décante avec une vitesse de chute élevée.

Pour les courbes trouvées expérimentalement on voit que pour les trois échantillons la distribution de chute trouvée avec le protocole ViCAs est plus petite que celle trouvée avec l'élutriation. Au contraire des courbes calculées, les deux méthodes indiquent toujours un certain pourcentage de masse des particules qui décante avec une vitesse de chute plus petite que 10 m/s. Une différence entre les deux courbes valides d'élutriation du 22 et 23 août peut être observée avec une DVCP plus élevée pour l'échantillon du 23 août. Cette différence est causée par une composition différente du grit entre les deux jours.

Pour les courbes calculées avec les lois de Stokes et Newton, on voit que celle obtenue avec la loi de Stokes prédit la distribution des vitesses de chute des particules la plus élevée, suivi par celle obtenue avec la loi de Newton non ajustée, celle ajustée avec le facteur de sphéricité et finalement celle calculé avec le facteur de forme. La loi de Stokes et la loi de Newton non ajustée supposent la sphéricité parfaite des particules. Ceci cause une vitesse de chute élevée par rapport aux équations ajustées. Le facteur de forme était choisi plus conservatif que le facteur de sphéricité. Ceci cause une distribution des vitesses de chute plus petite pour le calcul avec le facteur de forme.

3.2. Relation entre turbidité et MeS

Les résultats trouvés avec les capteurs de turbidité en ligne et l'analyse des MeS au laboratoire sont comparés dans la figure 3.6. Les triangles représentent des échantillons pris avec la méthode «grab» et les cercles les échantillons composites.

Fig.3.6. Relation Turbidité-MeS

Une relation peut être observée entre la turbidité et les MeS. Aussi, comme les cercles et les triangles tombent dans le même secteur, la méthode d'échantillonner n'a pas une influence sur le résultat.

3.3. Filtration des données

C'était important d'ajuster le modèle pour chaque capteur pour que l'information des séquences de pompage ne soit pas perdue et qu'au même temps les valeurs erronées pendant les périodes de nettoyage manuelles et automatiques soient rejetées. Des autres événements que le modèle était obligé à pouvoir représenter sont les changements de la composition de l'eau qui viennent avec les «peaks» du débit (normalement entre 8 – 9 et 20 – 21 heures chaque jour, causés par une utilisation intense du système aux habitudes des gens) et les périodes de pluie. Une bonne filtration est atteinte si le modèle est capable de représenter la dynamique dans le système mais qu'il rejet au même temps des valeurs aberrantes. Figure 3.7 représente un zoom de la filtration des MeS mesurées à la sortie du dessableur pour une période de deux jours.

Rapport de Stage

Fig.3.7. Zoom sur les données filtrées des MeS à la sortie du dessableur

La ligne rouge indique la limite d'acceptation supérieure, la ligne bleu la limite inférieure et la ligne verte représente les données lissées. Les points sont des valeurs acceptées et les croix sont des valeurs aberrantes, rejetées et remplacées par des valeurs estimées car elles se trouvent en dehors des limites. On peut dire que cet exemple (Fig. 3.7) représente une bonne filtration comme la ligne verte arrive bien à représenter la dynamique du système en rejetant au même temps les valeurs erronées. Ses ondulations sont causées par les séquences de pompage. Le débit élevé pendant une séquence de pompage arrive à emporter les particules qui ont décanté devant le dessableur ce qui cause une augmentation des MeS.

Une situation intéressante est la période pendant le nettoyage manuel d'un capteur. Pour l'entretien le capteur est sorti de l'eau ce qui affecte directement ses mesures. Figure 3.8 montre les valeurs mesurées pendant une période de nettoyage pour le capteur de conductivité.

Fig.3.8. Séquence de nettoyage manuelle pour le capteur de conductivité

On voit qu'à gauche du graphique (Fig.3.8) les valeurs tombent à zéro pour une durée de quelques minutes (croix encerclées) ce qui correspond au moment où le capteur était sorti de l'eau pour le nettoyage. Comme l'algorithme est capable de rejeter les données pendant cette période en représentant au même temps la dynamique du système, la filtration est réussie pour cette période des données. Les ondulations dans les valeurs acceptées sont causées par les séquences de pompage en amont de la StaRRE. Les valeurs seules rejetées à un intervalle régulier représentent les mesures pendant les séquences de nettoyage automatique avec l'air comprimé. L'air à pression peut amener à des valeurs aberrantes comme dans le cas du capteur de conductivité.

La figure 3.9 montre les valeurs brutes mesurées par le turbidimètre installé proche à la surface de l'eau à l'entrée du dessableur pour la semaine du le 3 au 10 juin 2017. La figure 3.10 montre la même chose mais cette fois avec les données filtrées. On voit bien comment les valeurs aberrantes et le bruit sont enlevés entre les deux graphiques.

Fig.3.9. Une semaine de valeurs brutes de turbidité avec bruit

Fig.3.10. Une semaine de valeurs filtrées de turbidité sans bruit

4. Conclusion

À l'aide de l'analyse du «grit» dans le laboratoire, il a été possible d'évaluer sa composition et d'estimer la DVCP à partir des équations de Stokes et Newton. Ces modèles mathématiques offrent une manière d'approcher les DVCP trouvées expérimentalement mais comme le «grit» est une matière avec des caractéristiques très hétérogènes et l'eau usée est un environnement très variable, ces approches restent limitées.

Les résultats du triplicata réalisé ont montré que le protocole ViCAs fonctionne bien avec l'eau de l'affluent de la StaRRE pour la colonne adaptée de 2 mètres. La partie expérimentale pour trouver la DVCP du «grit» résuspendu dans l'eau a montré que pour les trois échantillons on n'était pas capable à trouver des résultats fiables avec le protocole ViCAs avec la colonne adaptée de 2 mètres. Des futures expériences sont nécessaires pour pouvoir détecter l'erreur qui a causé cette défaillance et pour montrer si son application est justifiée pour des concentrations initiales plus petites. La méthode d'élutriation a donné des résultats fiables pour les deux derniers expériences. Afin de mieux comprendre la DVCP du «grit», il serait bien de réaliser plus d'expériences tenant en compte des concentrations initiales plus réalistes au système étudié.

La comparaison entre la turbidité mesurée avec les capteurs en ligne et les MeS mesurées au laboratoire a montré qu'il y a une relation claire et presque linéaire entre les deux. Cette connaissance pourra être utilisée pour le développement du modèle d'un dessableur.

L'étude de la dynamique des données a montré que les conditions dans un dessableur comme la turbidité de l'eau, sa conductivité, sa température et les MeS dépendent de l'heure du jour, du temps et des séquences de pompage. Ajuster les paramètres du filtre pour qu'il soit capable de garder toute ces informations sans accepter des valeurs aberrantes est une tâche cruciale qui exige la compréhension de l'algorithme et des données en ligne du système. Une bonne filtration a été atteint avec les données traitées pendant ce stage.

Références

Alferes, J., A. Lynggaard-Jensen, T. Munk-Nielsen, S. Tik, L. Vezzaro, A. K. Sharma, P. S. Mikkelsen and P. A. Vanrolleghem (2013a) *Validating data quality during wet weather monitoring of wastewater treatment plant influents*. In Proceedings WEFTEC2013, Chicago, IL, October 3 – 9 2013

Alferes, J., P. Poirier, C. Lamaire-Chad, A.K. Sharma, P.S. Mikkelsen and P.A. Vanrolleghem (2013b) *Data quality assurance in monitoring of wastewater quality: Univariate on-line and offline methods*. In Proceedings 11th IWA Conference on Instrumentation, Control and Automation (ICA2013), September 18 – 20 2013, Narbonne, France

APHA (2005) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, Washington, DC

Bertrand-Krajewski, J. L. (2001) *Détermination des vitesses de chute des polluants des rejets urbains par ajustement numérique de la courbe* M_t *pour le protocole VICTOR*. Research Rep. Prepared for Institut National des Sciences Appliquées, INSA, Lyon, France

Chebbo, G., and M.C. Gromaire (2009) *An operation protocol to measure the distributions of suspended solid settling velocities within urban drainage samples*. Journal of Environmental Engineering, ASCE, September 2009

Drydon Equipment (2005) Sludge Degritting Study Report, Chicago MWRD, IL, USA

Herrick, P., A Neumayer and K Osei (2015) *Grit particle settling – Refining the approach.* Guest Column, Water Online

Krishnappan, B., K. Exall, J. Marsalek, Q. Rochfort, S. Kydd, M. Baker and R. Stephens (2012) Variability of settling characteristics of solids in dry and wet weather flows in combined sewers: implications for CSO treatment. *Water, Air & Soil Pollution*, 223, 3021-3032

Krishnappan, B. G., J. Marsalek, K. Exall, R.P. Stephens, Q. Rochfort and P. Seto (2004) *A water elutriation apparatus for measuring settling velocity distribution of suspended solids in combined sewer overflows.* Water Quality Research Journal of Canada 2004, Volume 39, No. 4, 432 - 438

Plana, Q., J. Carpentier, F. Tardif, A. Pauléat, A. Gadbois, P. Lessard and P.A. Vanrolleghem (2017) *Influence of sample pretreatment and weather conditions on grit characteristics*. In Proceedings WEFTEC2017, Chicago, IL, September 30 – October 04 2017

Saberi, A. (2015) Automatic outlier detection in automated water quality measurement stations. Master's thesis, Université Laval. Québec, QC, Canada

Takahama, T. and S. Sakai (2009) *A comparative study on kernel smoothers in differential evolution with estimated comparison method for reducing function evaluations*. In *Proceedings* of the IEEE Congress on Evolutionary Computation, 2009. CEC'09., pp. 1367–1374

Tchobanoglous, G., H. D. Stensel, R. Tsuchihashi, F. L. Burton, M. Abu-Orf, G. Bowden, and W. Pfrang (2014) *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery. Metcalf and Eddy (5thed.).* New York, NY, USA: McGraw-Hill Education

Thomann, M., L. Rieger, S. Frommhold, H. Siegrist and W. Gujer (2002) *An efficient monitoring concept with control charts for on-line sensors*. Water Science and Technology, Vol 46, No 4 – 5 pp 107 - 116

WEF (2016) *Guidelines of Grit Sampling and Characterisation*. Water Environment Federation Alexandria, VA, USA

Wilson, G.E. (1997) *City of Los Angeles Hyperion WWTP Grit Study,* Draft Report, EUTEK SYSTEMS[™], INC., Hillsboro, OR

Wilson, G., G. Tchobanoglous and J. Griffiths (2007) *The Grit Book*. Hydro International. Hillsboro, OR, USA