

Caractérisation et modélisation de la distribution de vitesse de chute des particules en réseau unitaire

Kamilia HABOUB, Jean-Luc Bertrand-
Krajewski, Peter Vanrolleghem

33^{ème} Symposium de l'Est Canadien sur la
Recherche sur la Qualité d'Eau, *Montréal, 25-10-19*



Sommaire

- Contexte et introduction
 - Pourquoi MeS?
 - Pourquoi la Distribution de Vitesse de Chute des Particules (DVCP)?
- Nouvelle approche de mesure de la DVCP
 - Mesure de la vitesse de chute
 - Limites
 - Nouvelle approche de mesure de la DVCP
 - Résultats primaires
- Conclusion

Pourquoi les MeS?

- MeS transporte au moins 50 % de: (Vanrolleghem et al.,2018)
 - Matières organiques
 - Nitrogène & Phosphore
 - Pathogènes
 - Métaux lourds & micropolluants
 - Matières organiques (sable)
- Ont des effets indésirables:
 - Blocage d'équipements
 - Réduction de la capacité hydraulique des conduites
 - Création de gaz and odeurs nauséabondes
 - Pollution des eaux de surface
- Variation des concentrations en MeS: Temps sec / pluie

© Haboub, 2019

3

Dégâts causés par les MeS



© Vanrolleghem, 2018

*Hydro International (2013) 4

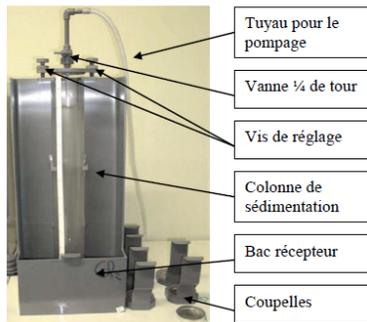
Pourquoi la DVCP?

- Les eaux usées sont hétérogènes → existence de DVCP et non d'une vitesse moyenne.
- La DVCP fournit des informations clés sur la décantabilité des particules, telles qu'elles existent dans les eaux usées brutes et les eaux pluviales, et donne un aperçu des mécanismes de transport des particules.
- La DVCP ou la taille
- Critère de:
 - Caractérisation
 - Dimensionnement
 - Optimisation de la conception et l'opération des ouvrages de décantation

**Une approche pratique,
peu chère de mesure de la
distribution de la vitesse
de chute des MeS basée
sur la mesure de la
turbidité**

Mesure de la distribution de vitesse de chute

VICAs (Vitesse de Chute en Assainissement) développé par Chebbo et Gromaire, 2009)



- Principe :
- Distribution initiale homogène
- Décantation en milieu statique
- Évolution de la masse cumulée en fonction du temps

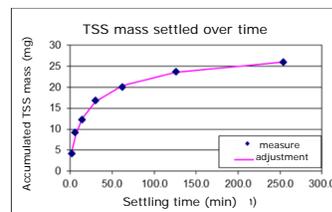
© Haboub, 2019

7

Mesure de la distribution de vitesse de chute



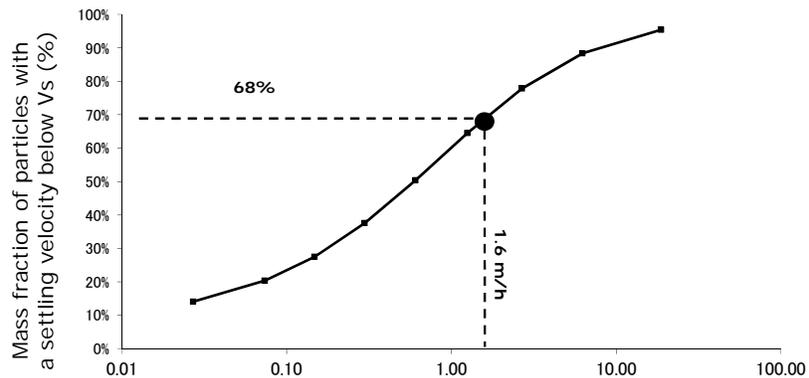
Chebbo et Gromaire (2009)



© Haboub, 2019

8

Distribution de vitesse de chute des particules



Maruéjols et al. (2015)

© Haboub, 2019

9

Limites

- Plusieurs opérations manuelles
- Risque d'erreurs, même pour les expérimentés
- Résolution limitée: échantillonnage > 1 min
- Coût et temps d'analyse  quand on prend beaucoup d'échantillons

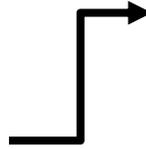
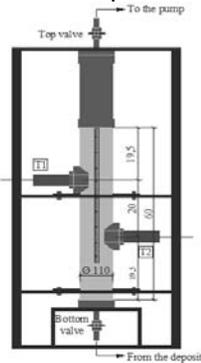


© Haboub, 2019

10

Solution testée...

- Mettre en place une procédure plus pratique (automatique) pour déterminer la DVCP
- Mesure continue des MeS
- Pas d'analyses
- Autonome → à l'exception du démarrage



Montage expérimental à INSA Lyon, France

© Haboub, 2019

11

Caractéristiques

Colonne	
Matériel	Acrylique
Diamètre (mm)	110
Hauteur (cm)	60
Nombre de valve	2 (haut et bas)
Turbidimètre	
Nombre	2
Type	Mesure optique de la turbidité suivant une dispersion à 90 °
Référence	Turbimax CUS41-A2
Transmetteur	2 Endress+Hauser CUM253-TU8505
Acquisition de données	Application + Ordinateur
Position à partir du haut	19.5 cm
	39.5 cm

© Haboub, 2019

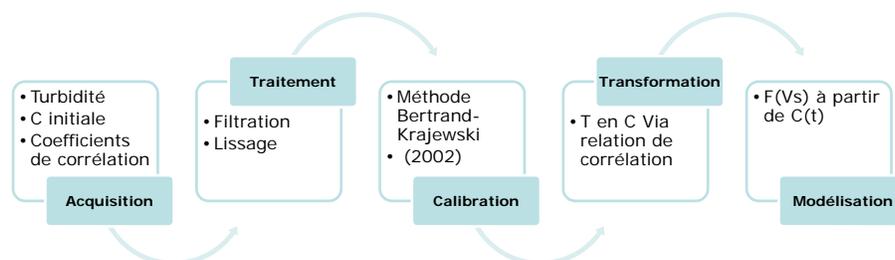
12

Procédure

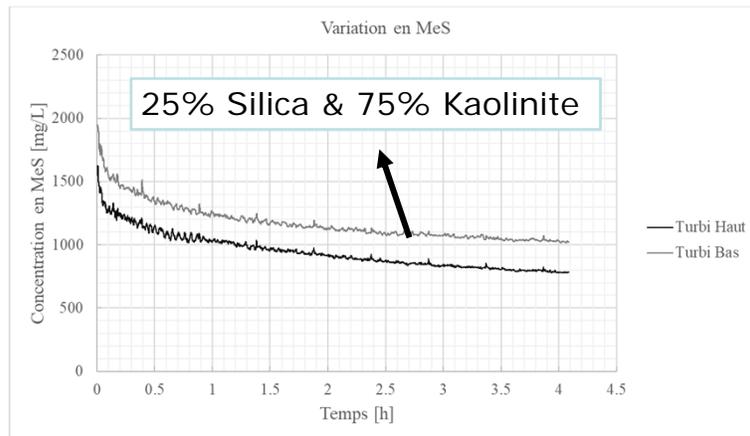
Points clés du protocole:

- 1) 10L d'échantillon
- 2) Trois sous-échantillons de 1L pour la corrélation MeS-turbidité
- 3) Mesure de la turbidité à deux niveaux, chaque 2 à 5 s pour une durée prédéfinie (par exemple 4 h)

Méthodologie



Résultats expérimentaux – Mélange artificiel

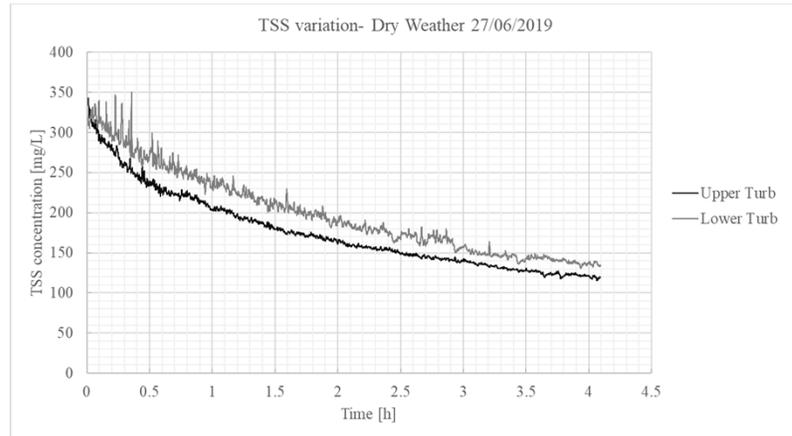


Echantillon du 02/05/2019

Résultats expérimentaux – Eau usée

- Echantillons prélevés de La Feyssine  Lyon, France
- Condition de temps sec
- 24 bouteilles d'1 L prélevées pour former un échantillon composite
- 3 L d'échantillon composite est utilisé pour déterminer la relation Turbidité-MeS
- Échantillon restant utilisé pour effectuer les tests automatisés et standards

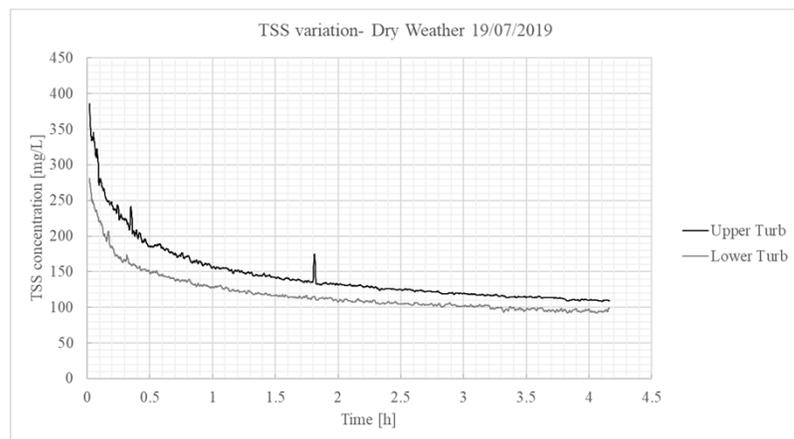
Résultats expérimentaux – Eau usée



© Haboub, 2019

17

Résultats expérimentaux – Eau usée



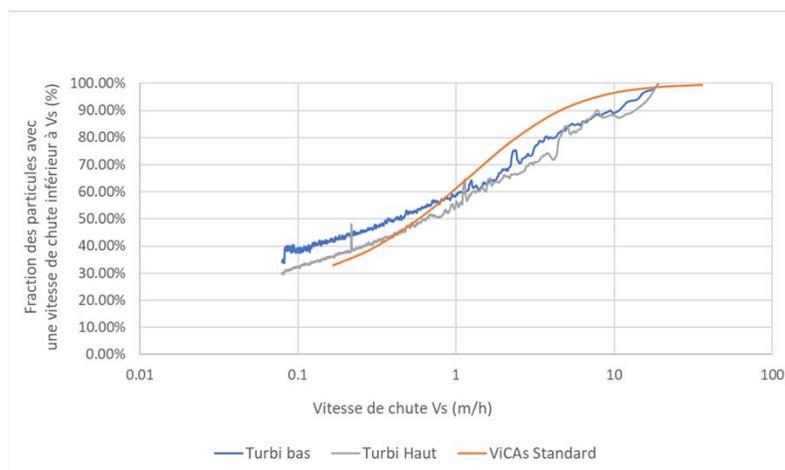
© Haboub, 2019

18

Modélisation du traitement automatisé

- Modèle avec les hypothèses suivantes:
 - Mélange homogène à t_0
 - Les particules décantent de la couche supérieure à la couche inférieure en fonction de leurs vitesses de chute
 - Les particules sont distribuées en classes de particules et en fonction de leurs vitesses de chute
 - Existence de corrélation entre turbidité et concentration en MeS
- Calcul analytique de la distribution de vitesse de chute
 - Pour qu'une particule de la couche i arrive dans la zone de mesure, elle doit avoir une vitesse comprise entre $v = \frac{i\Delta h}{t}$ et $v = \frac{(i-1)\Delta h}{t}$
 - $C(t) = F_{max} \cdot C_0$ avec F_{max} la fraction particulaire correspondant à toutes les particules dont la vitesse est inférieure à $v_{max} = \frac{H}{t}$

Modélisation du traitement automatisé



Affinement et validation du traitement automatisé

- Amélioration des conditions initiales pour valider l'hypothèse d'homogénéité initiale.
- Introduction de coefficient d'ajustement des courbes si nécessaire
- Validation de l'approche avec une série de mesure sur de l'eau usée et pluviale

Conclusion

- Approche prometteuse testée sur des échantillons artificiels, des eaux usées et des eaux pluviales.
- Affinement et validation du traitement automatisé en cours.
- La suite:
 - Comparaison au test ViCAs standard.
 - Amélioration du prototype initial (forme du bas de la colonne).