



UNIVERSITÉ
LAVAL

FACULTÉ DES SCIENCES ET DE GÉNIE
Département de génie civil et de génie des eaux
Pavillon Adrien Pouliot, 1065 Avenue de la Médecine,
G1V 0A6, Québec, Qc, Canada

Rapport de fin de stage

modelEAU- dessableAU

Sujet du stage : Comparaison des méthodes d'échantillonnage et de caractérisation des
particules autour des dessableurs

Superviseur de stage :
M. Peter VANROLLEGHEM

Rapport rédigé par :
Léa Gagnon

Date du stage : 1 mai 2017 au 21 juillet 2017

Table des matières

Liste des figures	ii
Introduction	1
L'influence des séquences de pompage du système	2
Instrumentation utilisée pour l'échantillonnage des canaux d'entrée et sortie du dessableur.....	3
Équipements d'échantillonnage.....	3
Van Dorn.....	3
Multipoint	3
Résultats.....	3
Comparaison de l'équipement d'échantillonnage	4
Les techniques d'échantillonnage aux canaux d'entrée et de sortie des dessabeurs.....	9
Les méthodes d'échantillonnage.....	9
La méthode en composite	9
La méthode en « grab »	10
Résultats.....	10
Comparaison des méthodes d'échantillonnage pour l'entrée du dessableur.....	10
Comparaison des méthodes d'échantillonnage pour la sortie du dessableur.....	12
Comparaison des méthodes de caractérisation de la distribution des vitesses de chutes des particules	14
ViCAs.....	14
Élutriation	15
Conclusion.....	15

Liste des figures

<i>Figure 1: Débit à l'entrée du dessableur pour la période du 27 mars 2017 22h33 au 28 mars 2017 1h33.....</i>	<i>2</i>
<i>Figure 2: Distribution de la vitesse de chute des particules pour le 3 mai 2017.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure 3: Version agrandie de la distribution de la vitesse de chute des particules pour le 3 mai 2017.....</i>	<i>5</i>
<i>Figure 4: Distribution de la vitesse de chute des particules pour le 17 mai 2017.....</i>	<i>6</i>
<i>Figure 5: Distribution de la vitesse de chute des particules pour le 7 juin 2017.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 6: Distribution de la vitesse de chute des particules pour le 28 juin 2017.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 7: Distribution de la vitesse de chute des particules pour le 4 juillet 2017.....</i>	<i>10</i>
<i>Figure 8: Distribution de la vitesse de chute des particules pour le 26 juin 2017.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 9: Distribution de la vitesse de chute des particules pour le 4 juillet 2017.....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 10: Distribution de la vitesse de chute des particules pour le 26 juin 2017.....</i>	<i>13</i>

Introduction

Les stations d'assainissement des eaux usées sont essentielles pour diminuer l'impact environnemental de l'eau usée avant d'être rejetée au milieu naturel. Alors, pour diminuer cet impact on traite l'eau en tentant de diminuer les matières en suspension, la matière organique, ainsi que les taux d'azote et de phosphore rejeter dans les rivières. La performance d'un bon système repose en partie sur le prétraitement, qui est composé des dégrilleurs et dessableurs, pour protéger et avoir des bonnes performances des unités en aval. Le rôle du dessableur est d'enlever les particules qui peuvent être dommageables au reste du système. Les sables, ou « grits » en anglais, sont des particules qui sont dommageables pour les pompes, qui peuvent boucher les tubes d'aération et s'accumuler dans des unités en aval. Les « grits » peuvent diminuer donc l'efficacité des décanteurs primaires et secondaires en plus d'augmenter le coût de maintenance. La conception des dessableurs est principalement basée sur la vitesse de chute des particules qui est calculée à partir de la taille des particules. . Par contre en réalité, la vitesse de chute des particules est influencée par la taille des particules, mais aussi sur la densité, qui varie selon la composition, et la forme des particules. La principale raison pour l'étude des « grits » est que l'intérêt de l'étude des unités de dessablage a toujours été moins élevé que les autres unités de traitement. Il est donc possible d'en déduire que l'efficacité cette unité de traitement dépend grandement de la caractérisation de ces particules.

Pour répondre à cette problématique, il est donc nécessaire de caractériser les particules qui décantent dans le dessableur pour maximiser son fonctionnement.

Pour bien caractériser les « grits » rejetés par le dessableur, plusieurs paramètres doivent être évalués. Les éléments abordés dans ce document sont l'instrumentation utilisée pour la caractérisation de la distribution de la vitesse de chute des particules pour

l'échantillonnage, la méthode de caractérisation et la distribution de la vitesse de chute des particules. Les résultats obtenus serviront à la modélisation de la performance des dessableurs aérés et à vortex.

L'influence des séquences de pompage du système

Les différentes techniques d'échantillonnage utilisées pour l'obtention des résultats sont présentées ci-bas. L'échantillonnage s'effectuait à St-Nicolas, dans l'arrondissement de Lévis. Ce réseau est généralement séparatif et est constitué de 2 stations de pompage en amont (un écoulement libre, et l'autre avec des activations séquentielles), La figure 1 présente une séquence de pompage du 27 mars 2017.

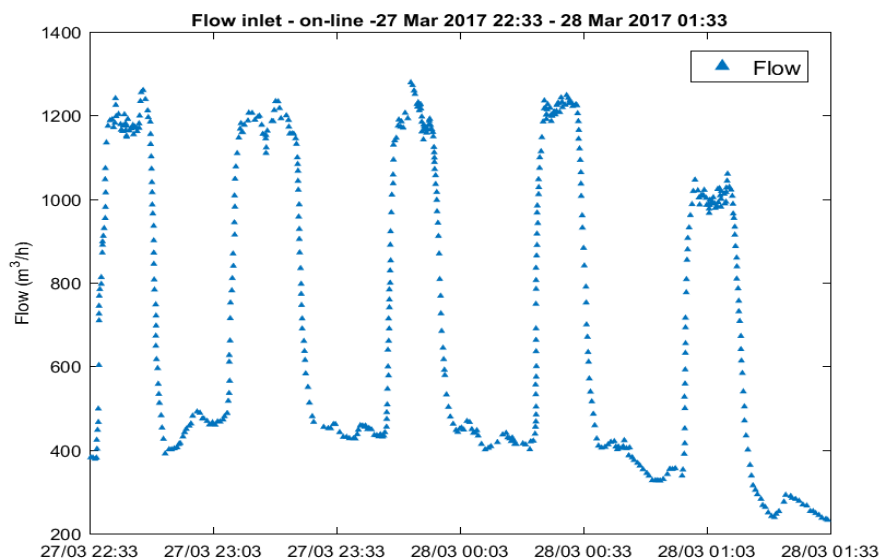


Figure 1: Débit à l'entrée de l'usine de traitement des eaux usées pour la période du 27 mars 2017 22h33 au 28 mars 2017 1h33

Il est donc possible d'observer des séquences de pompages. Pour un débit élevé, l'échantillonnage s'effectuait plus fréquemment que lorsque le débit était faible. Les caractéristiques de l'usine et son débit ont servi pour tester les différents équipements d'échantillonnage ainsi que pour la comparaison des différentes techniques d'utilisation des équipements.

Instrumentation utilisée pour l'échantillonnage des canaux d'entrée et sortie du dessableur.

Afin de s'assurer d'un échantillon représentatif, deux techniques ont été testées. Cette section présente ces instrumentations et les résultats obtenus.

Équipements d'échantillonnage

Van Dorn

L'échantillonneur Van Dorn est un cylindre horizontal qui permet de collecter un volume de 8,5 L. Son fonctionnement est simple, le cylindre est plongé dans le dessableur, dans le canal d'entrée le plus au fond possible, et par la suite refermée à l'aide d'un poids.

Il est donc possible d'observer avec la figure 1 que le débit n'est pas constant, mais qu'il y a des séquences de pompages. Pour obtenir un échantillonnage le plus représentatif possible, un échantillonnage en composite proportionnel au débit a été effectué. Pour un débit élevé, 2 échantillons ont été prélevés soit au début et à la fin de l'activation de la pompe. À débit bas, un seul échantillon était prélevé. Pour obtenir un échantillon en composite, toutes les chaudières étaient séparées et uniquement la moitié était conservée.

Multipoint

L'échantillonneur multipoint quant à lui est constitué de six points et de 3 pompes péristaltiques. Quatre points sont situés à l'entrée du dessableur et les deux autres sont situés à la sortie du dessableur. Deux points sont situés près de la surface de l'eau et les deux autres sont situés au fond du canal. Un échantillonnage en composite proportionnel au débit était également effectué. Pour un débit élevé, l'échantillonnage s'effectuait toutes les minutes pendant cinq secondes. Pour un débit bas par contre, l'échantillonnage s'effectuait à tout les 3 minutes durant 5 secondes. Tout comme pour le Van Dorn, des chaudières de 20 L sont collectées et on les remplissait jusqu'à 18L environ, pour ensuite séparées en deux pour conserver que la moitié de l'eau.

Résultats

La section suivante comporte les résultats des techniques d'échantillonnage utilisées.

Comparaison de l'équipement d'échantillonnage

Afin de comparer ces deux équipements, l'utilisation d'une colonne ViCAs de 2 m pour déterminer la vitesse de chute des particules était nécessaire. La colonne ViCAs permet de mesurer et d'étudier la distribution des vitesses de chute des particules qu'on trouve dans l'eau usée. Une colonne, l'allure du comportement des particules en plus de leur composition. Son principe est simple, il suffit de pomper de l'eau dans une colonne ViCAs et ensuite de laisser décanter les particules. Les solides ayant décantés, dans un intervalle de temps prédéterminé, sont recueillis dans le fond de la colonne. Ils sont ensuite filtrés et séchés afin de savoir la masse totale recueillie à chaque pas de temps. Finalement, ces filtres sont brûlés pour pouvoir observer et déterminer la fraction organique. Ainsi, les figures 2 et 3 présentent les résultats pour le 3 mai 2017

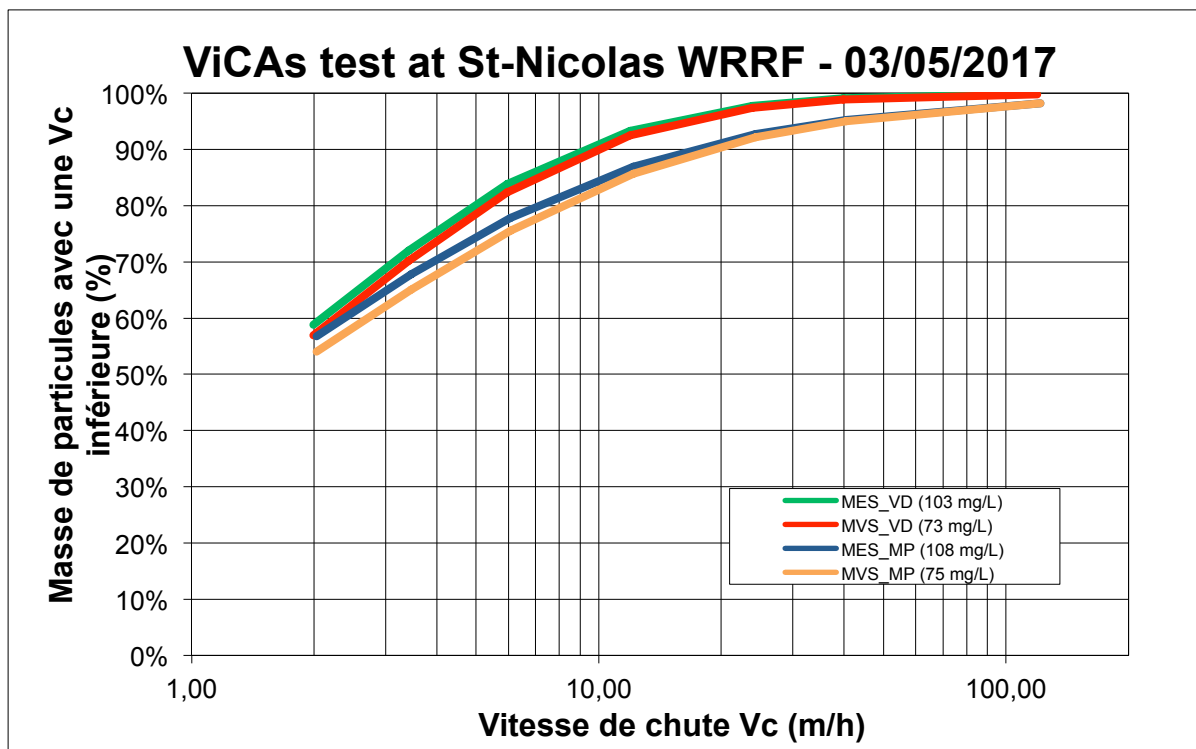


Figure 2: Distribution de la vitesse de chute des particules pour le 3 mai 2017

En observant la figure 2, il est possible d'observer que les concentrations de matière en suspension (MeS) de l'eau usée échantillonnée avec le Van Dorn et avec l'échantillonneur

multipoint sont semblables. Aussi, les fractions organiques dans les deux cas, sont similaires. La fraction organique et les concentrations sont semblables pour le Van Dorn et pour l'échantillonneur multipoint. Puisque ces facteurs sont semblables, il est donc possible de conclure que les particules récoltées avec l'échantillonneur multipoint décantent plus rapidement que celles récoltées avec le Van Dorn. La raison pourrait être qu'avec l'échantillonneur multipoint, il est possible de capter les particules roulantes au fond du canal. Ce résultat est d'autant plus observable à l'aide de la figure 3 qui présente une version agrandie pour les vitesses de chute élevées qui sont celles d'intérêt dans les dessableurs, de la figure 2.

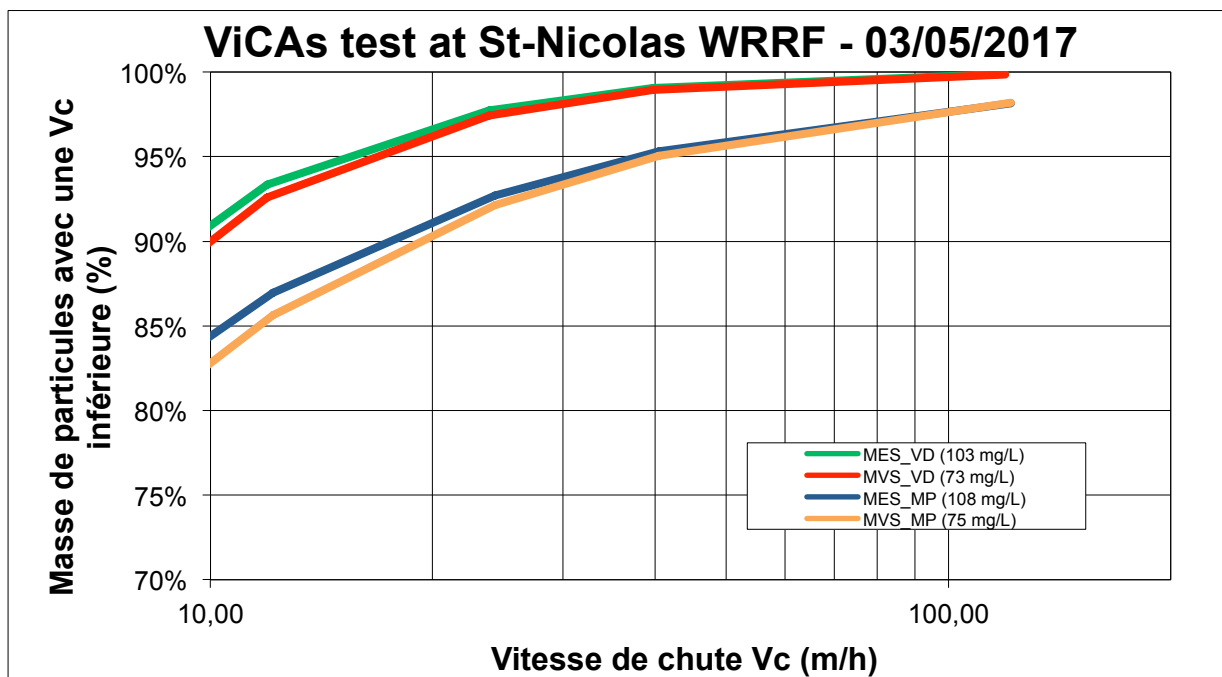


Figure 3: Version agrandie de la distribution de la vitesse de chute des particules pour le 3 mai 2017

En effet, si on observe la figure 3, pour une vitesse de chute égal ou supérieure à 20 m/h, le pourcentage de particules qui ont été captées par le multipoint est de 9 % tandis que pour le Van Dorn ce pourcentage est d'environ 4 %.. Pour les vitesses de chute plus grandes que 30m/h, une différence entre le pourcentage de masse des particules des deux techniques est plus petit que 4%. Tandis que pour des vitesses de chute plus petites que 30 m/h, ce pourcentage varie entre 4% et 6%

Pour les dates du 17 mai 2017 et du 7 juin 2017, des résultats semblables peuvent être observés aux figures 4 et 5.

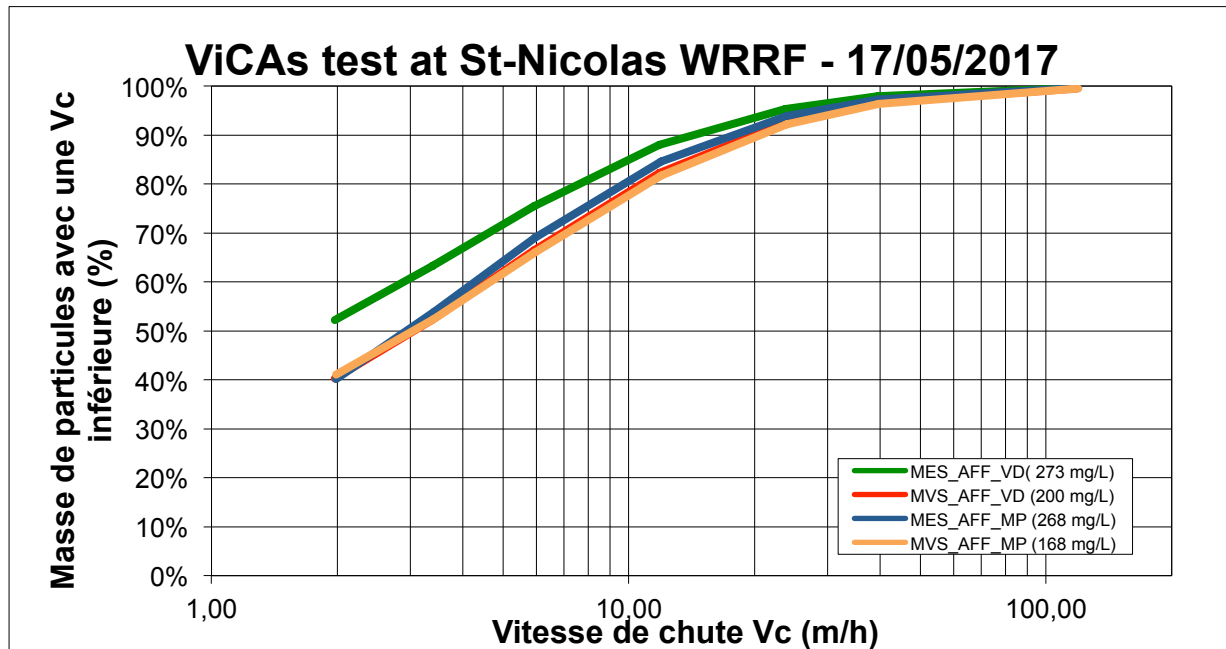


Figure 4: Distribution de la vitesse de chute des particules pour le 17 mai 2017

La figure 4 présente des résultats du 17 mai 2017 qui sont semblables à ceux observés pour le 3 mai 2017. Effectivement, la même conclusion s'impose soit pour des concentrations semblables et pour une fraction organique semblable, les particules récoltées avec l'échantillonneur multipoint décantent plus rapidement que celles récoltées avec le Van Dorn puisqu'il y a un plus grand pourcentage de particules qui ont des vitesses de chute élevées qui ont été captées par l'échantillonneur multipoint. Ce facteur est d'autant plus intéressant puisque les particules qui décantent dans les dessableurs sont celles avec des grandes vitesses de chute. Pour les vitesses de chute plus grandes que 30m/h, une différence entre le pourcentage de masse des particules des deux instrumentations est plus petit que 2%. Tandis que pour des vitesses de chute plus petites que 30 m/h ce pourcentage varie entre 2% et 4%.

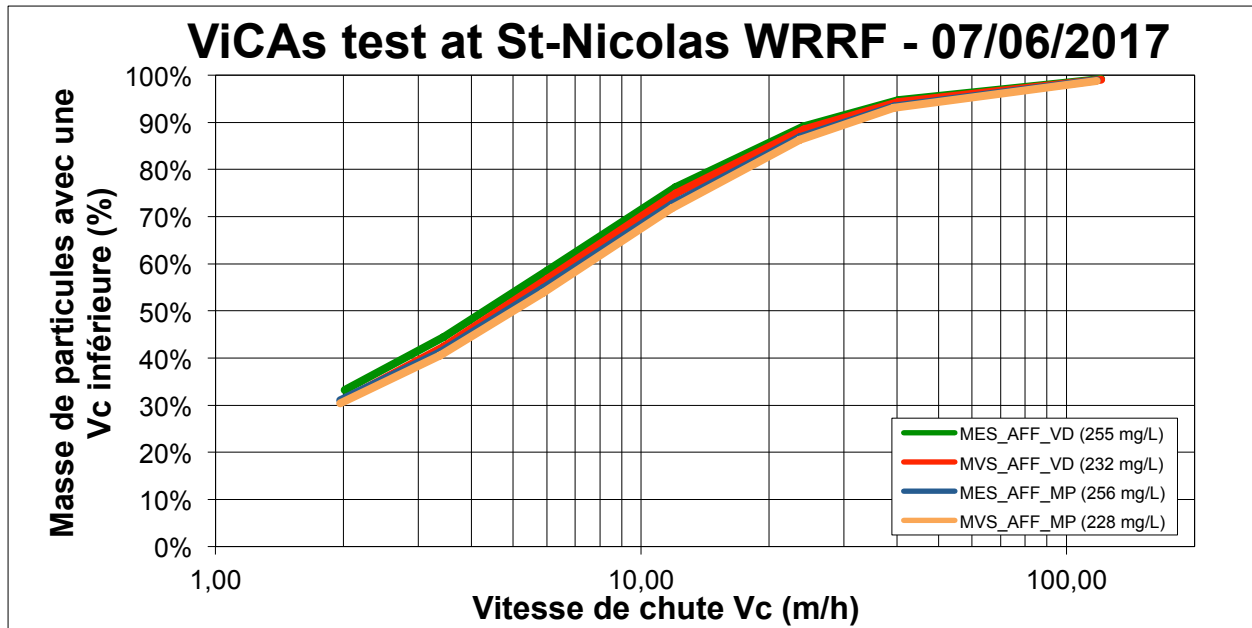


Figure 5: Distribution de la vitesse de chute des particules pour le 7 juin 2017

La figure 5 présente des résultats des résultats similaires pour les dates du 3 mai 2017 et du 17 mai 2017. En effet, encore une fois il est possible d'observer des concentrations semblables et une fraction organique semblable. Les particules récoltées avec l'échantillonneur Van Dorn décantent légèrement plus lentement et est donc incapable de capter les mêmes particules que l'échantillonneur multipoint. Pour les vitesses de chute plus grandes que 30m/h, une différence entre le pourcentage de masse des particules des deux instrumentations est plus petit que 2%. Tandis que pour des vitesses de chute plus petites que 30 m/h, ce pourcentage varie entre 2% et 4%

Des résultats différents sont par contre observables pour le 28 juin 2017 et sont présentés à la figure 6.

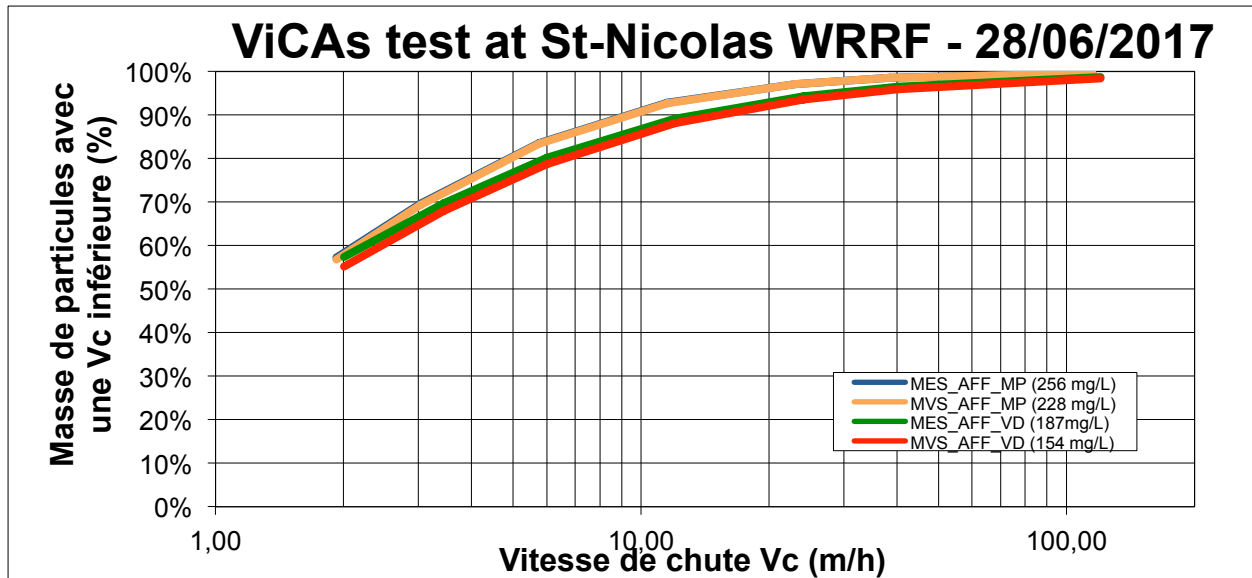


Figure 6: Distribution de la vitesse de chute des particules pour le 28 juin 2017

À ce qui a trait à la figure 6 des résultats plutôt différents sont observables. Les concentrations de matière en suspension (MeS) de l'eau usée échantillonnée avec le Van Dorn et avec l'échantillonneur multipoint sont différentes. En effet, la fraction organique pour l'échantillonneur Van Dorn est de 82% tandis que pour l'échantillonneur multipoint la fraction organique est de 89%. Comme la densité des particules organiques est inférieure à celle des particules inorganiques, il est possible de mentionner que plus la fraction organique est élevée, moins les particules vont décanter rapidement. Cet élément est observable à la figure 6, même si la concentration de MeS est plus petite avec l'échantillon du Van Dorn, puisque la fraction organique de cet échantillon est plus petite que l'échantillon récoltée avec le multipoint (même si la concentration de MeS est plus élevée) et donc c'est observé que les particules décanter plus rapidement. Les concentrations des échantillons obtenues avec le Van Dorn sont inférieures à celles obtenues avec l'échantillonneur multipoint. La concentration en MeS est plus élevée avec l'échantillonneur multipoint qu'avec le Van Dorn, mais celle-ci décanter moins vite. La différence entre les fractions organiques entre les échantillons récoltés avec le Van Dorn et l'échantillonneur multipoint peut être un facteur expliquant ces résultats. Pour les vitesses de chute plus grandes que 30m/h, une différence entre le pourcentage de masse des particules des deux

instrumentations est plus petit que 3%. Tandis que pour des vitesses de chute plus petites que 30 m/h, ce pourcentage varie entre 3% et 5%

Il est possible de conclure qu'il sera nécessaire d'effectuer d'autres essais afin d'approfondir ces résultats. Il pourrait être intéressant d'effectuer l'essai avec l'échantillonneur multipoint avec une autre application de l'équipement qu'en composite au même moment que la prise d'échantillon avec l'échantillonneur Van Dorn.

Les techniques d'échantillonnage aux canaux d'entrée et de sortie des dessabeurs

Maintenant que les essais sur l'instrumentation ont été effectués, il est intéressant de faire la comparaison entre la technique en composite et en « grab » à l'entrée et la sortie du dessableur avec l'échantillonneur multipoints. En comparant les méthodes d'échantillonnage, ceci permettra de tenter de cibler la meilleure méthode pour obtenir l'échantillon le plus représentatif. La section suivante présente ces différents résultats.

Les méthodes d'échantillonnage

Les différentes techniques d'échantillonnage utilisées pour l'obtention des résultats sont présentées ci-bas.

La méthode en composite

Cette technique d'échantillonnage est la même qui a été utilisée pour évaluer l'équipement d'échantillonnage multipoint dans la section précédente. Effectivement, la méthode est la même pour l'entrée et pour la sortie. Il s'agit de faire un échantillonnage en composite qui sera proportionnel au débit. À bas débit, l'échantillonnage s'effectue toutes les 3 minutes pendant 5 secondes tandis qu'à haut débit, l'échantillonnage s'effectue toutes les minutes pendant 5 secondes. L'échantillonnage de l'entrée et de la sortie du dessableur était effectué au même moment pour la méthode en composite.

La méthode en « grab »

Cette technique d'échantillonnage est simple et est la même pour l'entrée et la sortie du dessableur. Un échantillon de 15 L est collecté en continu indépendamment du débit à un moment donné. L'échantillonnage de l'entrée et de la sortie du dessableur était effectué d'abord à l'entrée et ensuite à la sortie pour la méthode en « grab ».

Résultats

La présente section présente les résultats des méthodes d'échantillonnage utilisées.

Comparaison des méthodes d'échantillonnage pour l'entrée du dessableur

Tout comme pour la comparaison de l'instrumentation, une colonne ViCAs de 2 m a été utilisée pour la comparaison des techniques d'échantillonnage. La figure 7 présente la comparaison des résultats obtenus en composite et en « grab » pour le 4 juillet 2017.

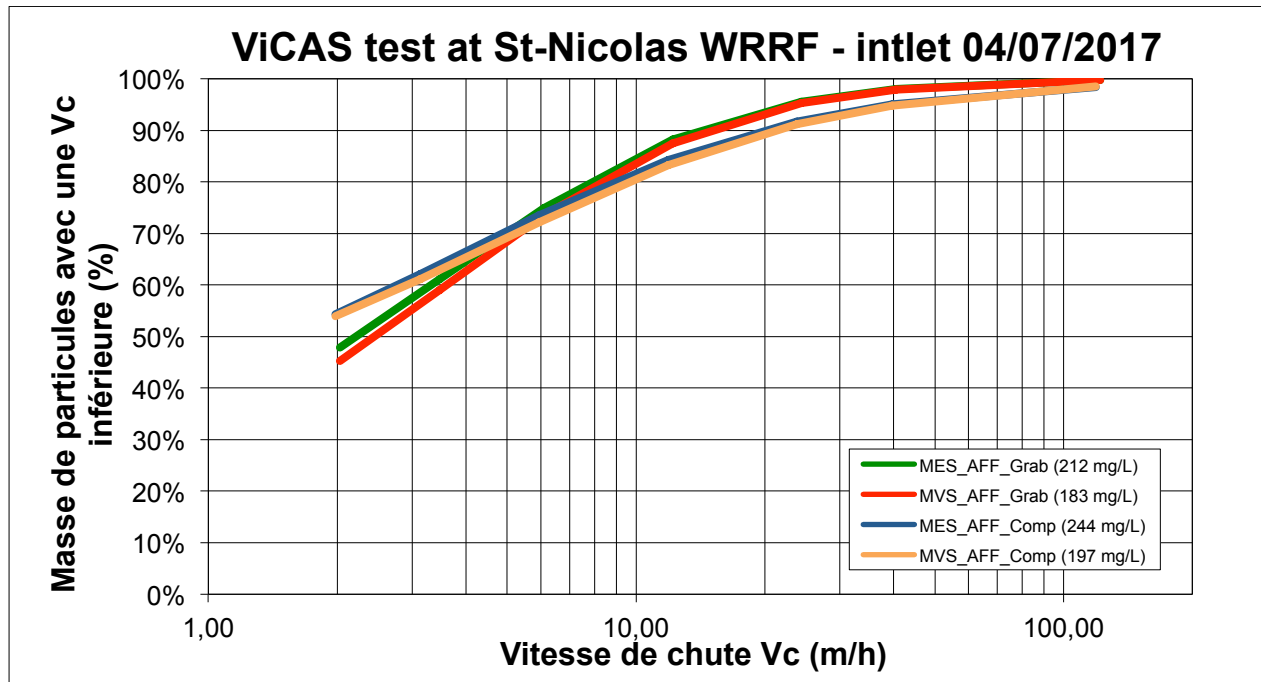


Figure 7: Distribution de la vitesse de chute des particules pour le 4 juillet 2017

Il est possible d'observer à la figure 7 que les concentrations pour l'échantillon en composite sont plus élevées qu'en « grab ». La fraction organique pour l'échantillon en composite est légèrement supérieure, soit 86%, pour l'essai en « grab » que pour l'essai en composite qui se situe autour de 81%. Ceci peut signifier que l'échantillon en composite était légèrement moins organique que l'échantillon en « grab ». Il est également possible d'observer que l'échantillon en « grab » décante plus lentement que l'échantillon en composite ce qui peut être expliqué par une fraction organique supérieure. Cet élément est observable puisqu'à partir de 20 m/h, 10 % des particules peuvent être capté par l'échantillon en composite comparativement à 6 % pour l'échantillon en « grab ».

Des résultats différents sont cependant observables à la figure 8 pour l'échantillonnage du 26 juin 2017.

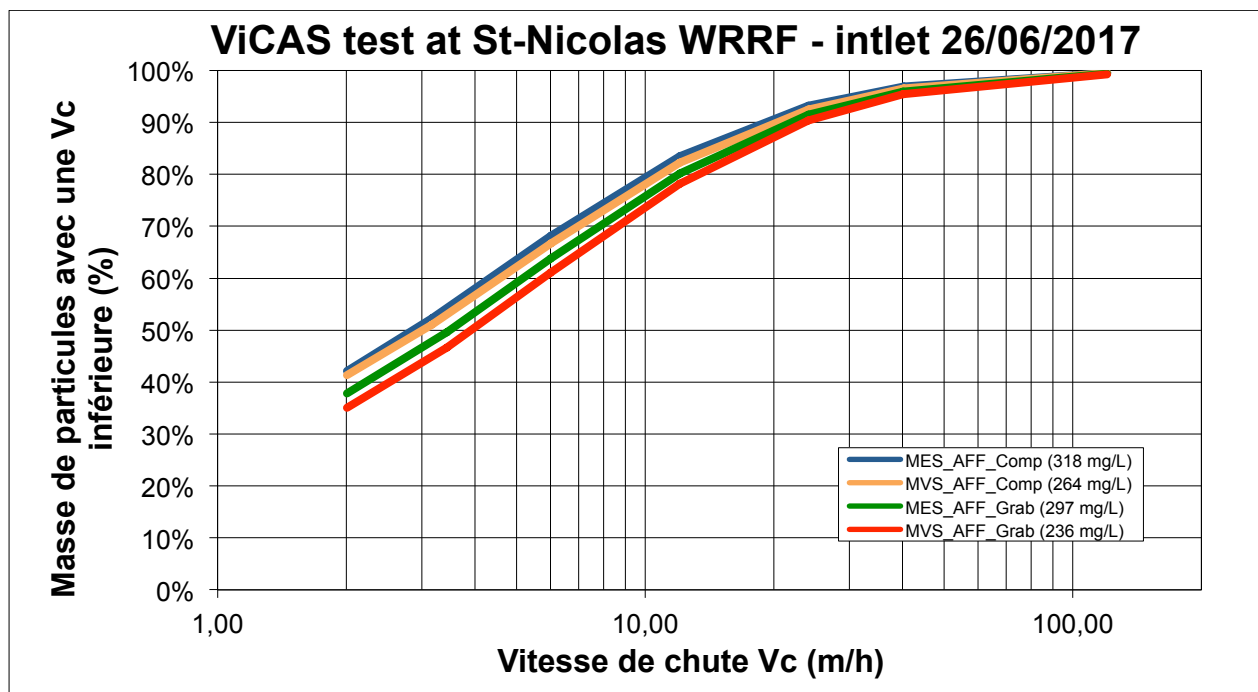


Figure 8: Distribution de la vitesse de chute des particules pour le 26 juin 2017

La figure 8 illustre un résultat différent qu'à la figure 7. Effectivement une grande différence entre les courbes en « grab » et en composite est observable pour les faibles vitesses de chutes des particules, mais pour les vitesses de chutes plus grandes, une différence moins significative est présentée. Les concentrations pour les deux échantillons sont semblables. À ce qui attrait à fraction organique des particules, celle-ci est de 83% pour l'échantillon en

composite et de 79% pour l'échantillon en «grab» ceci signifie que l'échantillon en «grab» est plus inorganique, donc cet échantillon décantera plus rapidement. Il est évidemment possible de constater que l'échantillon en «grab» décante plus rapidement que l'échantillon en composite. Dans cette situation l'échantillon en «grab» permettait de couvrir un plus grand pourcentage de particule d'intérêt. Pour les vitesses de chutes inférieures à 20m/h, la différence de masse entre les deux courbes varie entre 2% et 4%. Par contre, pour les vitesses de chute supérieure à 20m/h la différence de masse entre les deux courbes est plus petite que 1%.

Comparaison des méthodes d'échantillonnage pour la sortie du dessableur

Tout comme pour la comparaison des techniques d'échantillonnage à l'entrée, une colonne ViCAs de 2 m a été utilisée pour effectuer la comparaison des techniques d'échantillonnage à la sortie. La figure 10 présente la comparaison des résultats obtenus en composite et en «grab» pour le 4 juillet 2017.

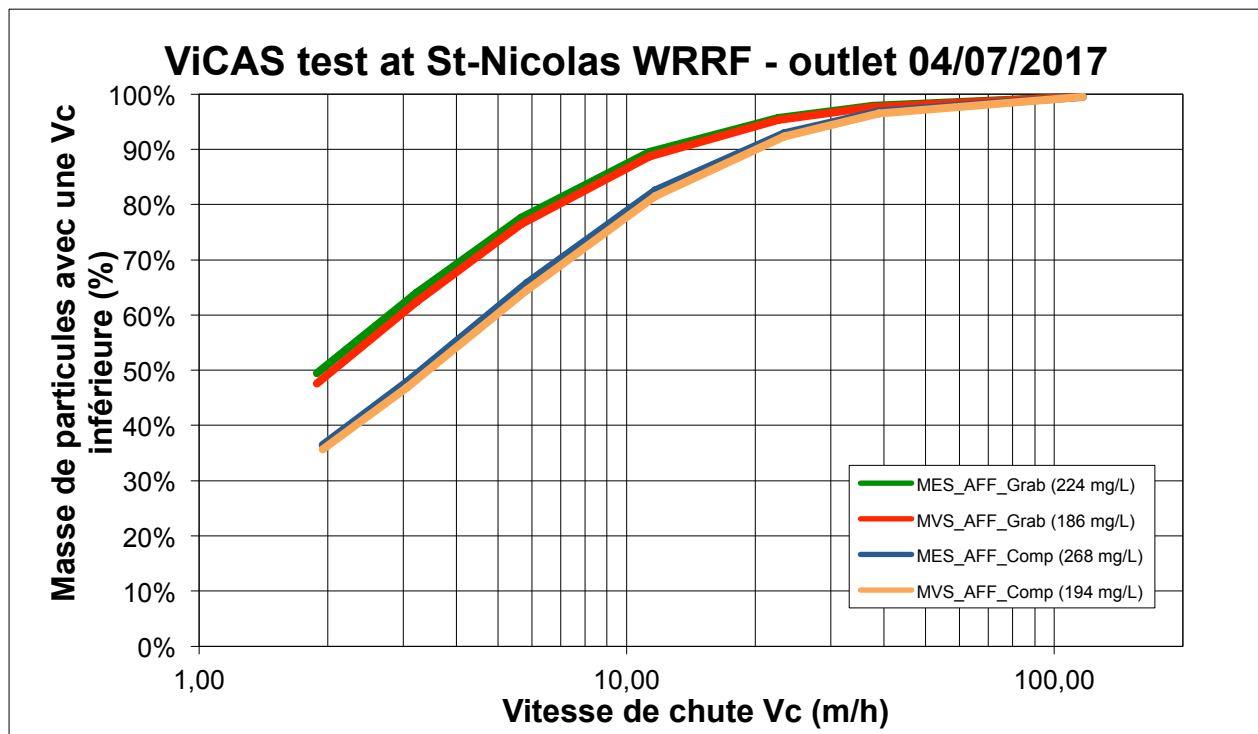


Figure 9: Distribution de la vitesse de chute des particules pour le 4 juillet 2017

Il est possible d'observer à l'aide des figures 7 et 9 que la concentration à la sortie du dessableur est plus grande qu'à son entrée pour la même période de temps. La

concentration en «grab» est également inférieure que celle en composite qui peut être expliquée par le fait que l'échantillon est prélevé aléatoirement dans le temps et non pas plusieurs petits échantillons sur une longue période de temps comme c'est le cas pour l'échantillon en composite. Les fractions organiques sont semblables pour les deux échantillons mais celle-ci est légèrement supérieure pour l'échantillon en «grab» ce qui peut expliquer pourquoi celle-ci décante plus lentement. Il est également possible d'observer que l'échantillon collecté en composite décante plus rapidement que l'échantillon en «grab», il est donc possible de spécifier qu'il a été possible de capter une plus grande partie des particules qui décantent plus rapidement à l'aide de la méthode en composite. Pour les vitesses de chutes inférieures à 30m/h, la différence de masse entre les deux courbes varie entre 2% et 6%. Par contre, pour les vitesses de chute supérieure à 30m/h la différence de masse entre les deux courbes est plus petite que 2%.

Les résultats obtenus le 26 juin 2017 sont présentés à la figure 10

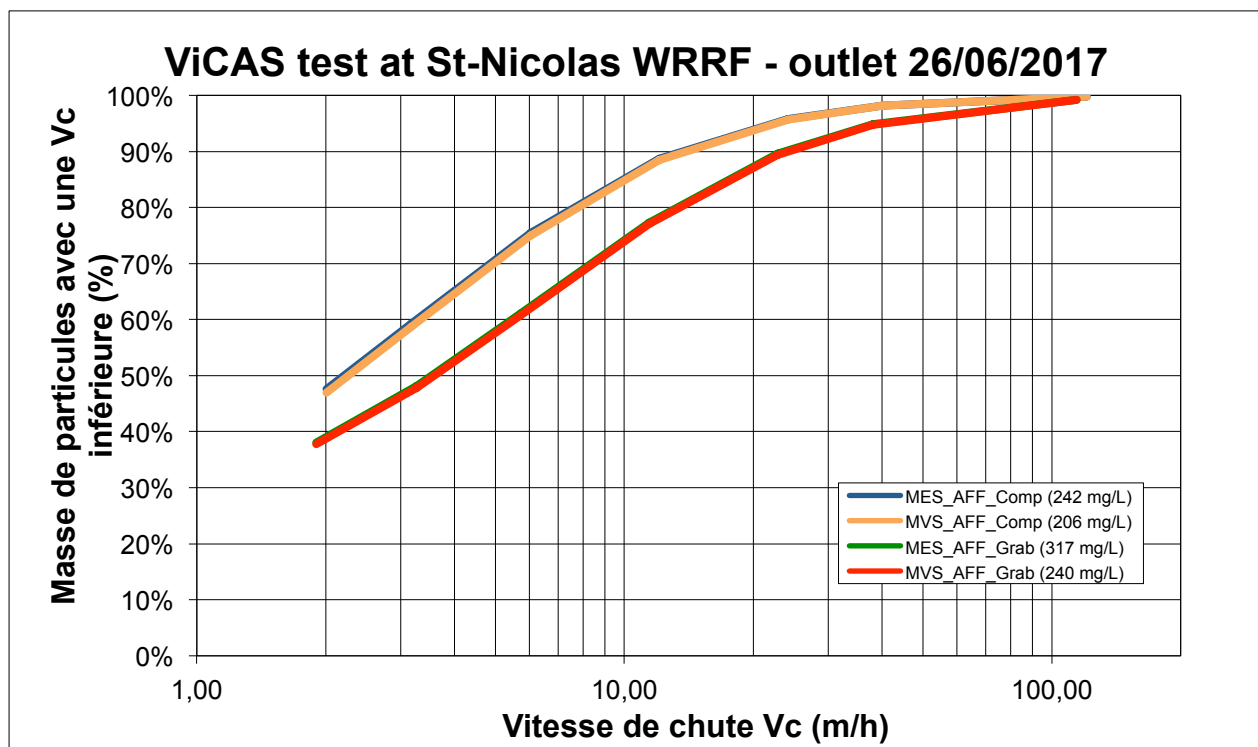


Figure 10: Distribution de la vitesse de chute des particules pour le 26 juin 2017

À la figure 10, une concentration supérieure pour l'échantillon en «grab» peut être observée. Il est possible d'observer une composition plus organique pour l'échantillonnage effectué en composite soit de 85% comparativement à une composition organique de 76% pour l'échantillon en «grab». Il est donc possible de conclure que l'échantillon collecté en «grab» décante plus rapidement que l'échantillon collecté en composite puisque celui-ci est à une composition inorganique supérieure. Il est donc possible d'observer que pour une vitesse de chute supérieure à 20m/h 13% des particules décantent avec la méthode en «grab» comparativement à 6% pour la méthode en composite.

Il est possible de conclure que ces résultats sont très variables, il pourrait donc être intéressant d'échantillonner à d'autres reprises pour tenter de valider les résultats. Il pourrait également être intéressant d'effectuer l'échantillon en «grab» toujours au même moment, par exemple à débit bas avant une séquence de pompage pour pouvoir faire une meilleure comparaison des résultats.

Comparaison des méthodes de caractérisation de la distribution des vitesses de chutes des particules

La section suivante présente la description de 3 méthodes de caractérisation de la distribution de la vitesse de chute des particules, soit une colonne ViCAs de 70 cm, une colonne ViCAs de 2m et le système d'élutriation.

ViCAs

Il est important de spécifier que la méthodologie pour la ViCAs 70cm et 2m est la même (i.e. même pas de temps : 1, 3, 5, 10, 20, 35 et 60 min), les seules différences séparant ces deux colonnes sont la hauteur, et le rayon de la colonne. Le rayon est de 3,5 cm pour la colonne de 70 cm et de 3,8 cm pour la colonne de 2 m. La colonne de 2 m est trois fois la colonne de 70 cm fait qui permet obtenir des vitesses de chutes 3 fois plus grandes qu'une colonne de 70 cm. L'utilisation d'une colonne ViCAs pour déterminer la vitesse de chute des particules peut être une méthode efficace. La colonne ViCAs est un système en «batch» il permet de mesurer la vitesse de chute des particules, l'allure du comportement des particules en plus

de leur composition. Il suffit de pomper de l'eau dans une colonne et ensuite de laisser décanter les particules. Les solides ayant décanté, dans un intervalle de temps prédéterminé, sont recueillis dans le fond de la colonne. Ils sont ensuite filtrés, séchés et brûlés pour pouvoir observer la fraction organique. Aussi, il faut sécher les particules et les brûler pour savoir la quantité de particules récoltées à chaque colonne ainsi que pour déterminer la fraction organique.

Élutriation

De son côté, l'élutriation est un système dynamique fermé composé de 6 colonnes qui ont un diamètre croissant puisque l'eau circule en continu dans le système. L'eau usée y est donc pompée et les particules qui ont une vitesse de chute supérieure à la vitesse d'écoulement ascendante vont s'accumuler dans le bas de la colonne. Ces particules seront filtrées afin de déterminer la masse totale récupérée à chaque colonne. . Tous ces essais permettent de faire un bilan de masse pour les MeS et les MVeS. Il faut également faire sécher les particules et les brûler pour obtenir la quantité de particules récoltées à chaque colonne pour ainsi déterminer la fraction organique.

Conclusion

Plusieurs éléments ont été présentés dans ce document tel que l'influence de l'instrumentation et des techniques d'échantillonnages pour l'échantillonnage des canaux d'entrée et sortie du dessableur sur la vitesse de chute des particules en plus de la présentation des méthodes utilisées pour tenter de faire la distribution des vitesses de chutes des particules. D'autres essais devront cependant être effectués pour augmenter la compréhension des résultats puisque les résultats obtenus étaient peut concluant, car ceux-ci sont grandement aléatoires

Ce stage m'a permis de mettre en application des connaissances acquises durant mon parcours universitaire, particulièrement la vitesse de chute des particules en plus

d'approfondir mes connaissances sur ce sujet. J'ai également eu l'opportunité d'être en contact étroit avec l'unité de prétraitement : le dessableur et d'acquérir des connaissances sur cette unité. De plus, les nombreux essais effectués en laboratoire m'ont permis d'augmenter mes connaissances sur les techniques de laboratoires puisque j'ai effectué plusieurs essais ViCAs, en plus de faire de la filtration et la détermination de la fraction organique des particules.