



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 – dessableEAU

Sujet du stage : Caractérisation des particules autour des unités de dessablage

Superviseur de stage: M. Peter VANROLLEGHEM

Rédigé par :

Françoise Tardif

Date du stage : 2 mai 2016 au 19 août 2016

Table des matières

Liste des figures	iii
Introduction	1
Distribution de la taille des particules.....	2
Méthodes.....	2
Tamisage humide	2
Tamisage sec	2
Résultats	3
Évaluation de la répétitivité des essais.....	3
Comparaison des méthodes de caractérisation des « <i>grit</i> »	4
Comparaison des types de dessableurs (Vortex et aéré)	5
Évaluation de l'influence des conditions météorologiques	6
Comparaison des « <i>grit</i> » frais et non frais.....	7
Composition des particules	8
Méthode	8
Résultats	9
Comparaison des types de dessableurs (Vortex et aéré)	9
Évaluation des influences des conditions météorologiques.....	10
Comparaison des « <i>grit</i> » frais et non frais.....	11
Distribution des vitesses de chute des particules	13
Élutriation	13
Résultats	13
Évaluation de l'influence de la conservation de l'échantillon	13
Évaluation de l'influence de la quantité d'eaux usées analysée.....	14
Conclusion	15

Liste des figures

Figure 1 : Méthodes analysées de caractérisations des «grit»	3
Figure 2 : Courbes granulométriques des triplicatas d'un tamisage à sec n'ayant subi aucun lavage	4
Figure 3 : Comparaison des méthodes de caractérisation de la distribution de la taille des particules de l'installation de St-Nicolas	5
Figure 4 : Comparaison des méthodes de caractérisation de la distribution de la taille des particules de l'installation de Beauport	6
Figure 5 : Comparaison de la distribution de la taille des particules en temps sec et en temps humide	7
Figure 6 : Comparaison des «grit» non frais et frais pour un tamisage à sec ayant subi un lavage du «grit» humide	8
Figure 7: Composition des «grit» ayant subi un tamisage humide de la station d'épuration de St-Nicolas avec un dessableur à vortex en temps sec	9
Figure 8 : Composition des particules de «grit» ayant subi un tamisage humide de la station d'épuration de Beauport en temps sec	10
Figure 9: Composition des «grit» de la station d'épuration de St-Nicolas en temps humide (31mm de pluie).....	11
Figure 10: Composition des «grit» non frais de la station de St-Nicolas ayant subi un lavage du «grit» humide	12
Figure 11: Composition des «grit» frais de la station de St-Nicolas ayant subi un lavage du «grit» humide	12
Figure 12: Distribution de la vitesse de chute des particules selon le temps de conservation de l'échantillon	14
Figure 13: Distribution de la vitesse de chute des particules selon la quantité d'eaux usées utilisée	15

Introduction

Le traitement préliminaire des eaux usées est essentiel au bon fonctionnement d'une station d'épuration en plus d'assurer une performance du système. Le traitement préliminaire est constitué d'un dégrilleur et d'une unité de dessablage. Le dessableur a pour but d'enlever les particules dommageables pour la suite du traitement et ainsi d'augmenter l'efficacité de la station d'épuration. En plus d'endommager les pompes, les particules inorganiques peuvent boucher les tubes d'aérations ce qui nuit à l'efficacité du traitement. Les particules qui décantent dans un dessableur, appelées en anglais «*grit*», doivent donc être enlevées de l'eau usée qui entre à la station d'épuration. Actuellement, la conception des dessableurs se base principalement sur les tailles de ces particules afin de déterminer leur vitesse de chute. Cependant, la vitesse de chute des particules n'est pas seulement fonction de la taille des particules, mais aussi de la densité et de la forme de celles-ci. Donc, cette estimation théorique peut conduire à une faible efficacité de cette unité de traitement.

Afin de pallier ce problème, la caractérisation des particules qui décantent dans ce traitement préliminaire est nécessaire. Les connaissances ainsi acquises permettront le développement de méthodes de conception et de modélisation qui représentent bien ce qui se passe dans un dessableur.

Plusieurs aspects sont importants à analyser pour réussir à caractériser les «*grit*» évacués par un dessableur. Dans ce document, les aspects abordés sont la distribution de la taille des particules, la composition et la vitesse de chute des particules. De plus, toutes les études réalisées jusqu'à présent sont basées sur la taille des particules. Les résultats permettront de comparer les résultats de la caractérisation des particules de «*grit*» par la taille des particules et par leur vitesse de chute.

Cependant, aucun protocole standard n'a été développé pour caractériser les «*grit*» d'une unité de dessablage par la taille des particules. Il est donc nécessaire d'évaluer plusieurs techniques de caractérisation. Ainsi, ce document présente les différentes étapes et les résultats obtenus afin de produire un protocole standard de caractérisation des «*grit*» par la taille des particules. De plus, les résultats obtenus serviront à modéliser la performance des dessableurs aérés ou à vortex.

Distribution de la taille des particules

Afin de développer un protocole de caractérisation de la taille des particules qui décantent dans le dessableur, plusieurs méthodes ont été testées. Cette section présente ces méthodes et les résultats obtenus. Ce protocole servira à comparer les résultats obtenus avec des résultats existants et à évaluer plusieurs méthodes qui ont déjà été employées pour caractériser les «*grit*». Cette méthodologie permettra d'obtenir des résultats répétables.

Méthodes

Tamisage humide

Le tamisage humide consiste à tamiser les particules de «*grit*» fraîches, c'est-à-dire sans aucun prétraitement. Pour ce tamisage, la pression de l'eau est utilisée pour faire passer les particules d'un tamis à l'autre. Bien que cette méthode soit celle qui représente le mieux les particules, elle possède de nombreux inconvénients. D'abord, en plus du fait que les risques de contamination sont élevés avec cette méthode, celle-ci demande beaucoup de temps pour sa réalisation et sa complexité est assez élevée. De plus, cette méthode mène à un haut taux d'erreurs.

Tamisage sec

Le tamisage à sec consiste à tamiser les particules de «*grit*» à l'aide d'un agitateur mécanique (Rotap), une fois l'échantillon séché à l'étuve à 105°C. De plus, des prétraitements ont été testés afin de reproduire ce qui se fait actuellement pour l'analyse des particules et pour savoir si d'autres conditionnements sont plus appropriés afin d'obtenir des résultats granulométriques représentatifs considérant la fiabilité, la reproductivité et la simplicité du prétraitement.

Prétraitements

Dans la littérature, un prétraitement qui est effectué pour analyser les «*grit*» est de brûler toutes les particules à 550°C puisque la portion inorganique des particules qui décantent dans le dessableur est utilisée pour décrire les «*grit*». Ainsi, les particules décantées brûlées sont tamisées afin de séparer les cendres selon leur taille de particules. Évidemment, le tamisage des cendres n'est pas représentatif des particules décantées puisque ce traitement modifie grandement la taille des particules.

De plus, d'autres prétraitements ont été testés afin de comparer les conséquences d'un prétraitement sur la distribution de la taille des particules. En effet, des échantillons n'ayant subi qu'un séchage à 105° ont été comparés à des échantillons ayant subi un lavage à sec et un lavage humide, ainsi qu'à des échantillons n'ayant subi aucun traitement. Un lavage à sec consiste à faire sécher les particules de «grit» à 105°C pendant 24±4 h puis à les rincer sur le tamis de 75 µm. Pour ce qui est du lavage du «grit» humide, celui-ci consiste à rincer les «grit» frais après l'échantillonnage sur le tamis de 75 µm sans les faire sécher préalablement. Après le lavage du «grit» humide, les «grit» sont séchés à l'étuve pendant 24±4 h. Afin de faciliter la compréhension des différents prétraitements, la figure 1 illustre les multiples étapes effectuées.

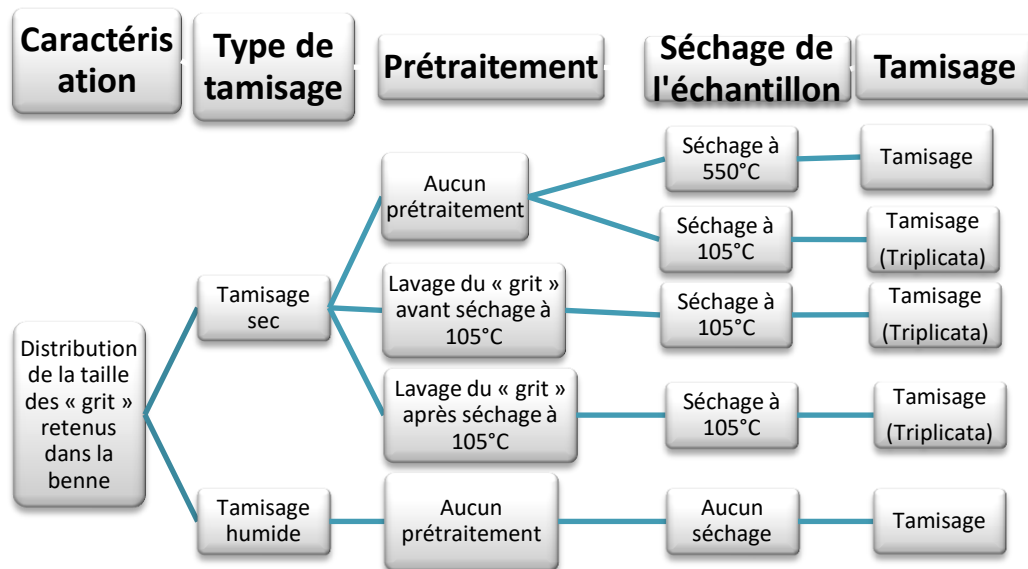


Figure 1 : Méthodes analysées de caractérisations des «grit»

Résultats

Évaluation de la répétitivité des essais

Afin de déterminer si les essais de granulométrie possèdent une bonne répétabilité, des triplicatas ont été réalisés sur un tamisage à sec avec chaque prétraitement. La figure 1 présente les résultats de ces triplicatas.

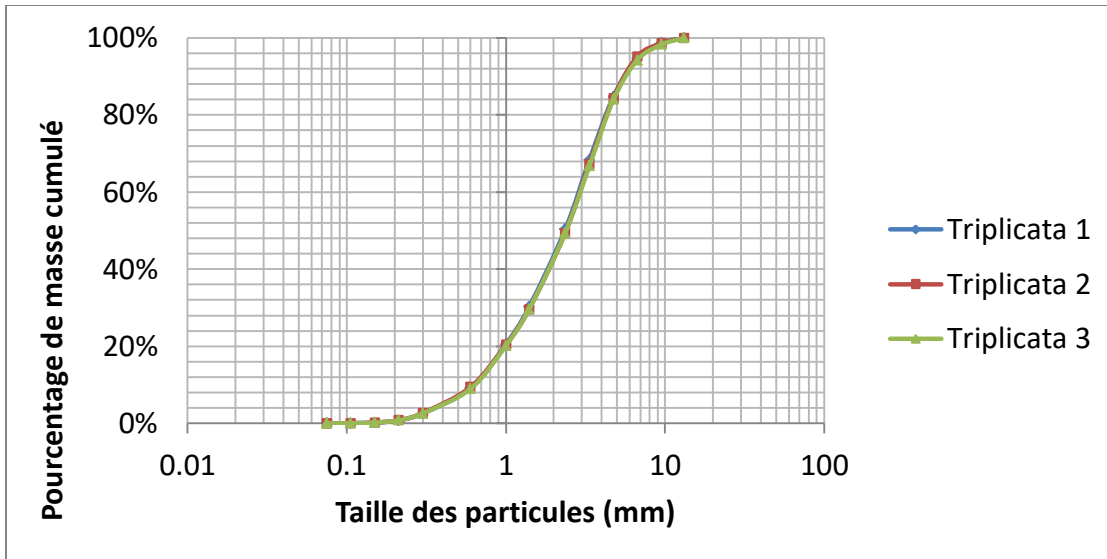


Figure 2 : Courbes granulométriques des triplicatas d'un tamisage à sec n'ayant subi aucun lavage

En observant la figure 2, il est possible de conclure que les essais de granulométrie possèdent une très bonne répétabilité. De plus, les essais de répétitivité effectués avec les échantillons ayant subi un lavage du «*grit*» à sec et humide ont montré exactement les mêmes résultats. Afin d'alléger le rapport, ces figures ne sont pas montrées dans ce document.

Comparaison des méthodes de caractérisation des «*grit*»

Pour comparer toutes ces méthodes de prétraitements entre elles, celles-ci ont été appliquées à un même échantillon de «*grit*». Ainsi, la figure 3 présente les distributions granulométriques des tailles des particules recueillies à St-Nicolas selon le prétraitement appliqué. Il est à noter que St-Nicolas possède un dessableur de type Vortex et que la station d'épuration de Beauport est équipée d'un dessableur aéré.

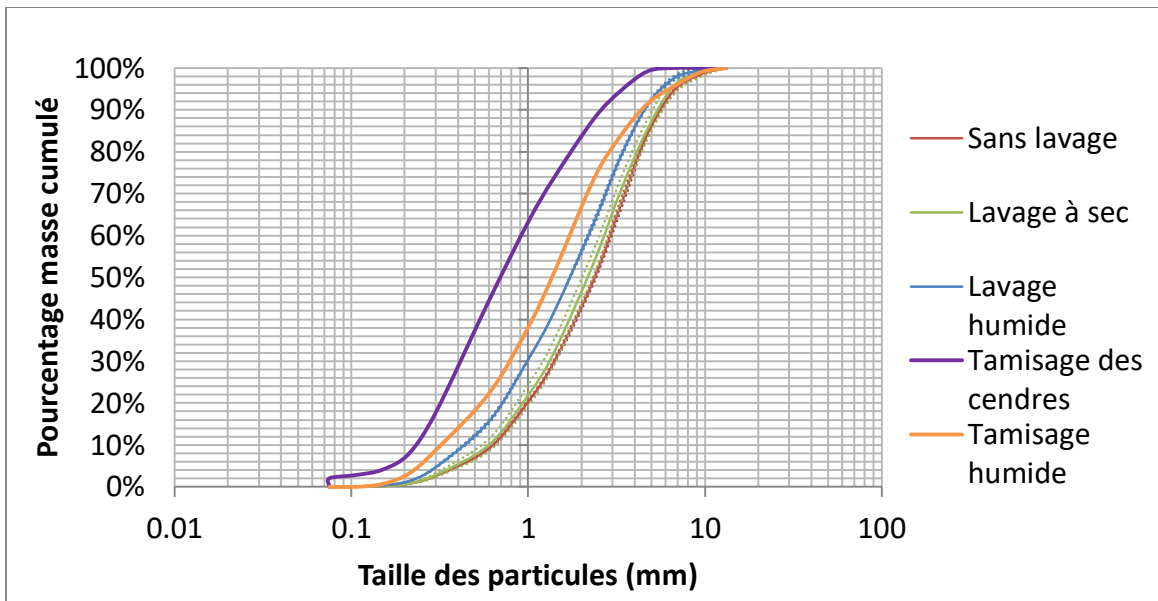


Figure 3 : Comparaison des méthodes de caractérisation de la distribution de la taille des particules de l'installation de St-Nicolas

En supposant la courbe du tamisage humide comme étant celle de référence puisqu'il s'agit des particules décantées tamisées sans aucune modification des particules récoltées, il est possible de constater que le tamisage à sec avec le prétraitement de lavage du «grit» humide est celui qui se rapproche le plus de la courbe de référence. De plus, il est possible de remarquer que les particules inorganiques du tamisage des cendres sont beaucoup plus petites que toutes les autres distributions granulométriques, car toute la fraction volatile a été enlevée (plus de détails sur la composition des «grit» à la section **Composition des particules**).

Comparaison des types de dessableurs (Vortex et aéré)

Pour s'assurer que ces observations sont aussi valables dans toutes les unités de dessablage, les mêmes manipulations ont été effectuées sur des particules de «grit» provenant d'un dessableur aéré, soit celui de la station de traitement des eaux usées Est de la Ville de Québec à Beauport. La figure 4 présente les résultats de la distribution des tailles des particules obtenus.

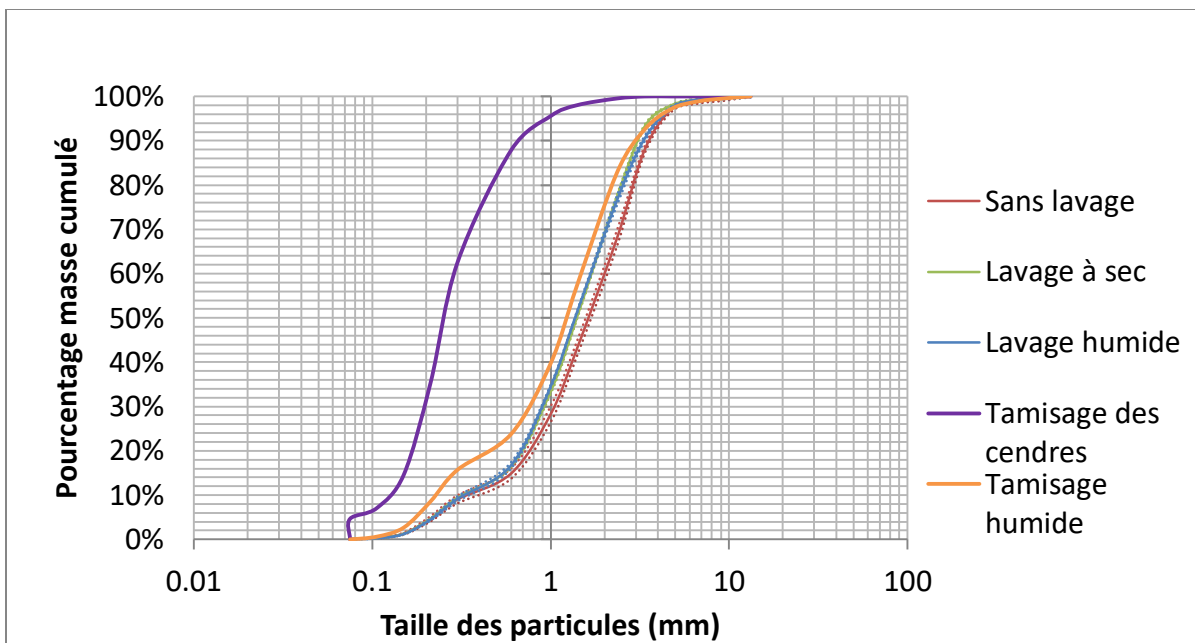


Figure 4 : Comparaison des méthodes de caractérisation de la distribution de la taille des particules de l'installation de Beauport

Ainsi, il est possible de remarquer que les conclusions amenées après l'observation de la figure 4 s'appliquent très bien aux installations de dessableur aéré (voir figure 3). En effet, la courbe granulométrique du tamisage des cendres est beaucoup plus à gauche que la courbe du tamisage humide. De plus, le tamisage à sec de l'échantillon ayant subi un lavage du «grit» humide est celui qui se rapproche le plus du tamisage humide.

Finalement, considérant que le tamisage humide est la méthode la plus représentative, mais qu'elle présente un risque élevé d'erreur, cette méthode a été rejetée. Ainsi, un tamisage sec jumelé au prétraitement qu'est un lavage du «grit» humide est considéré comme une méthode représentative avec une grande simplicité et répétitivité. Effectivement, puisque le tamisage humide n'est pas pratique dû aux risques élevés de contamination, au temps de réalisation ainsi qu'à sa complexité, mais qu'il est celui qui représente le mieux les particules retrouvées dans un dessableur, la courbe qui s'y rapproche le plus est celle choisie pour caractériser les particules de «grit».

Évaluation de l'influence des conditions météorologiques

L'influence des conditions météorologiques a été analysée. La figure 5 présente les résultats des essais de granulométrie en temps sec et en temps humide pour des «grit» de la station de St-Nicolas.

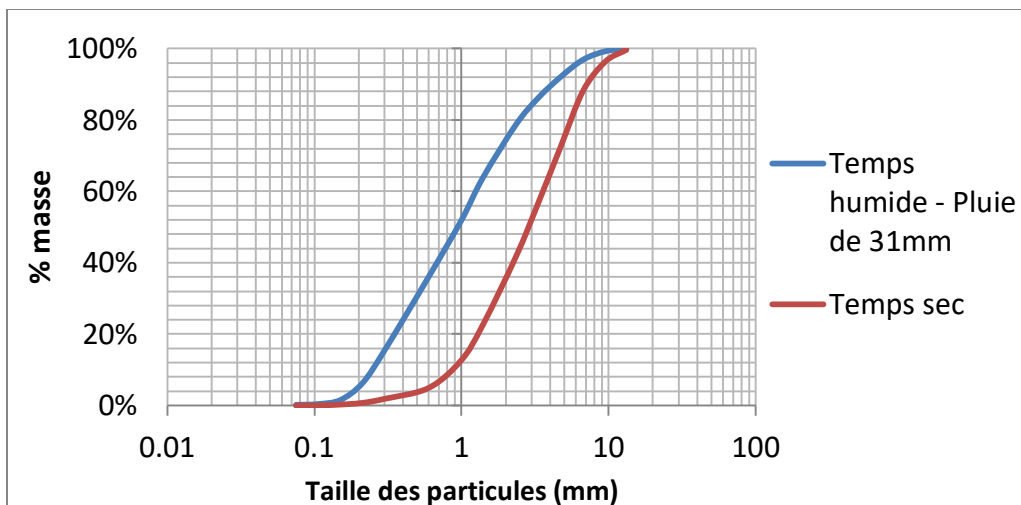


Figure 5 : Comparaison de la distribution de la taille des particules en temps sec et en temps humide

Sur la figure 5, il est possible de conclure que les conditions météorologiques ont une grande influence sur la distribution de la taille des particules. En effet, en temps de pluie, il y a plus de petites particules. Par exemple, si l'on compare le pourcentage de masse pour des particules de 1mm, on remarque facilement qu'il y a environ 60% des particules qui sont plus petites que 1 mm comparativement à environ 12% en temps sec. Cela est dû au fait que des particules de sable ayant une grande vitesse de chute sont accumulées dans le réseau d'égouts et qu'elles sont remises en suspension et amenées à l'usine de traitement pendant des périodes de pluie lorsque les débits sont plus élevés.

Comparaison des «grit» frais et non frais

Ensuite, les «grit» frais ont été comparés aux «grit» non frais. Les «grit» frais sont ceux recueillis directement à la sortie de la vis à sable tandis que les «grit» non frais sont ceux laissés dans la benne. La figure 6 présente les courbes de la distribution de la taille des particules pour des «grit» frais et non frais.

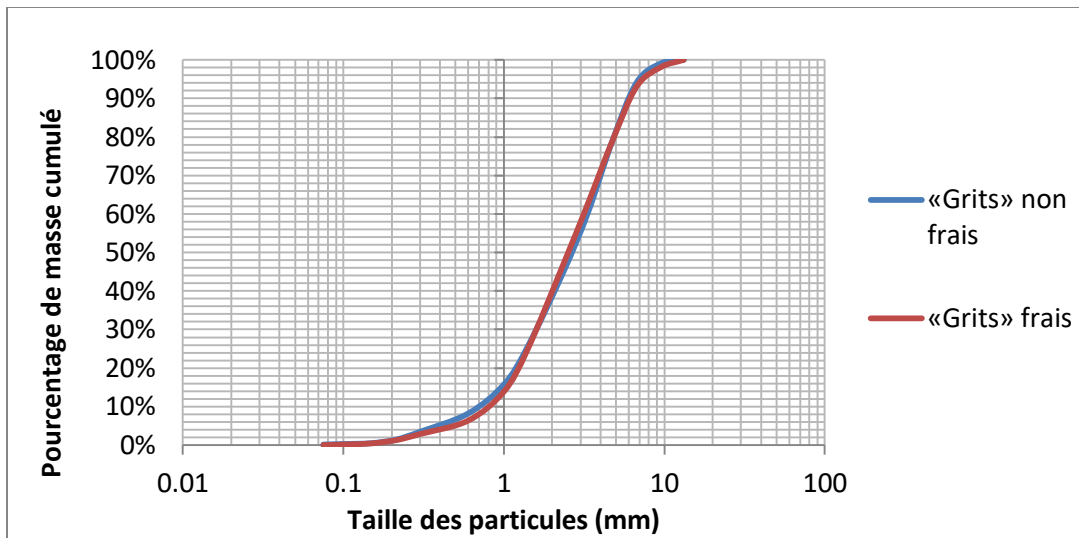


Figure 6 : Comparaison des «grit» non frais et frais pour un tamisage à sec ayant subi un lavage du «grit» humide

Il est possible de conclure que la fraîcheur des «grit» n'influence pas la taille des particules de manière significative puisque les courbes présentées à la figure 6 se chevauchent.

À la fin de ces expériences, un protocole standard de l'essai de granulométrie a été développé. Toutes les étapes réalisées et la représentation graphique des résultats sont détaillées dans cette méthodologie proposée.

Composition des particules

La composition des particules en matière en suspension et en matière volatile en suspension permet de connaître la nature des particules qui décantent dans les unités de dessablage. En effet, puisque la composition des particules possède une grande influence sur la densité des particules, celle-ci a été évaluée. Ce test a été combiné avec d'autres tests afin d'étudier la composition des particules capables de décanter dans un dessableur. En effet, à la suite des essais de tamisages et d'élutriation, la composition des particules a été analysée.

Méthode

Ainsi, à la suite des essais de granulométrie, chaque fraction recueillie a été analysée. Pour ce faire, les fractions ont été brûlées à 105°C et par la suite à 550°C.

Résultats

Dans cette section, tous les résultats des tests de la composition des particules proviennent des différentes fractions des tailles de particules.

Comparaison des types de dessableurs (Vortex et aéré)

La composition des fractions d'un tamisage humide a été déterminée et est présentée sur les figures 6 et 7, des stations de St-Nicolas et de Beauport respectivement.

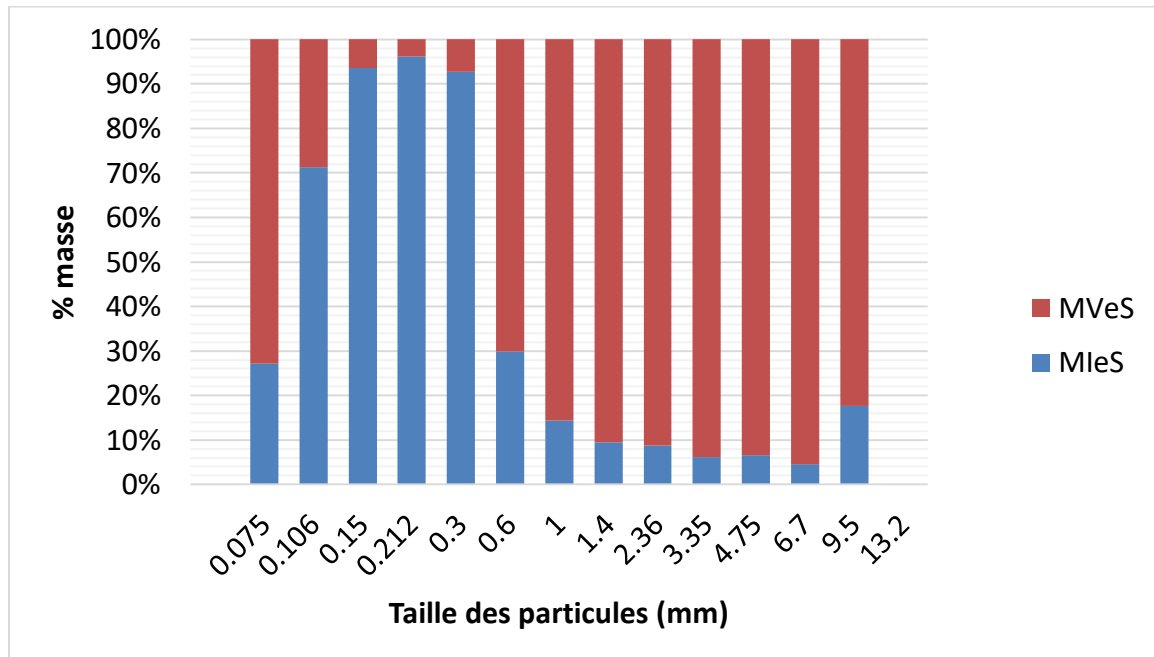


Figure 7: Composition des «grit» ayant subi un tamisage humide de la station d'épuration de St-Nicolas avec un dessableur à vortex en temps sec

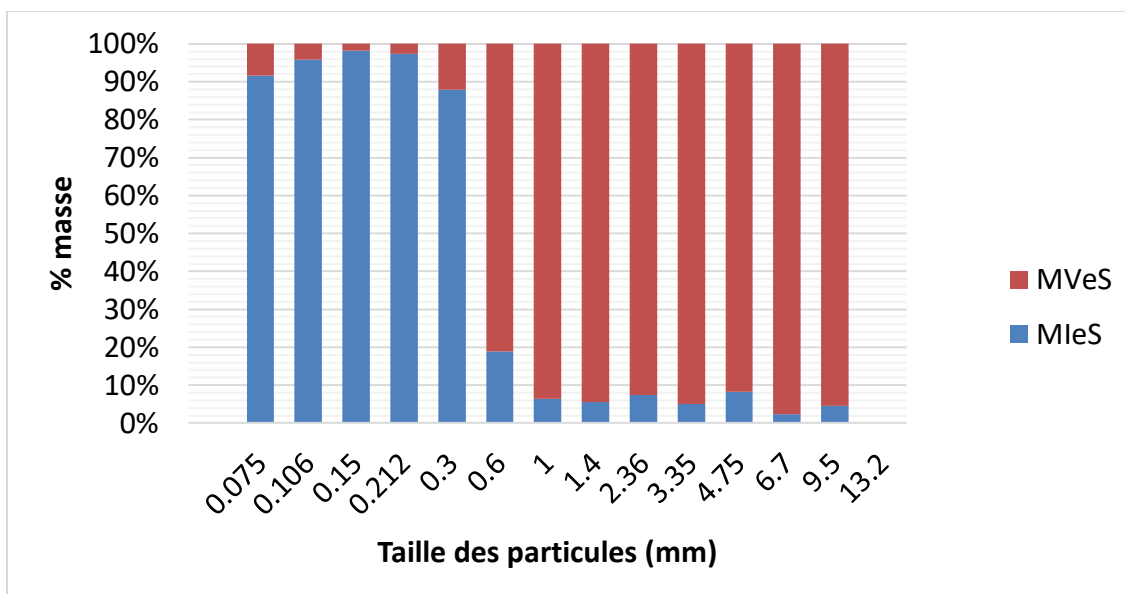


Figure 8 : Composition des particules de «grit» ayant subi un tamisage humide de la station d'épuration de Beauport en temps sec

Sur la figure 6, il est possible de constater que les particules composées en plus grande partie de matière inorganique sont celles dont la taille se retrouve entre 0,3 mm et 0,106mm. De plus, ces résultats montrent que les grosses particules qui décanter dans une unité de dessablage sont composées principalement de matière organique. La figure 7 permet de constater que les particules de «grit» dont la taille est de moins de 0,3mm sont composées principalement de matière inorganique tandis que les particules plus grosses se composent de matière organique en majorité. Il est possible de remarquer que l'allure des figures 6 et 7 est semblable. Cependant, il est possible de remarquer une petite différence entre la composition des plus petites particules. Celles de la station d'épuration de St-Nicolas sont organiques à 73% tandis que celles de Beauport le sont à 8%. En pratique, il était possible de voir une différence dans la composition à l'œil nu : il y avait beaucoup plus de sable dans les «grit» de Beauport.

Évaluation des influences des conditions météorologiques

Puis, l'impact des conditions météorologiques sur la composition a aussi été analysé vu la grande influence sur la distribution de la taille des particules. Les compositions des «grit» en temps humide et sec sont présentées sur les figures 6 et 8.

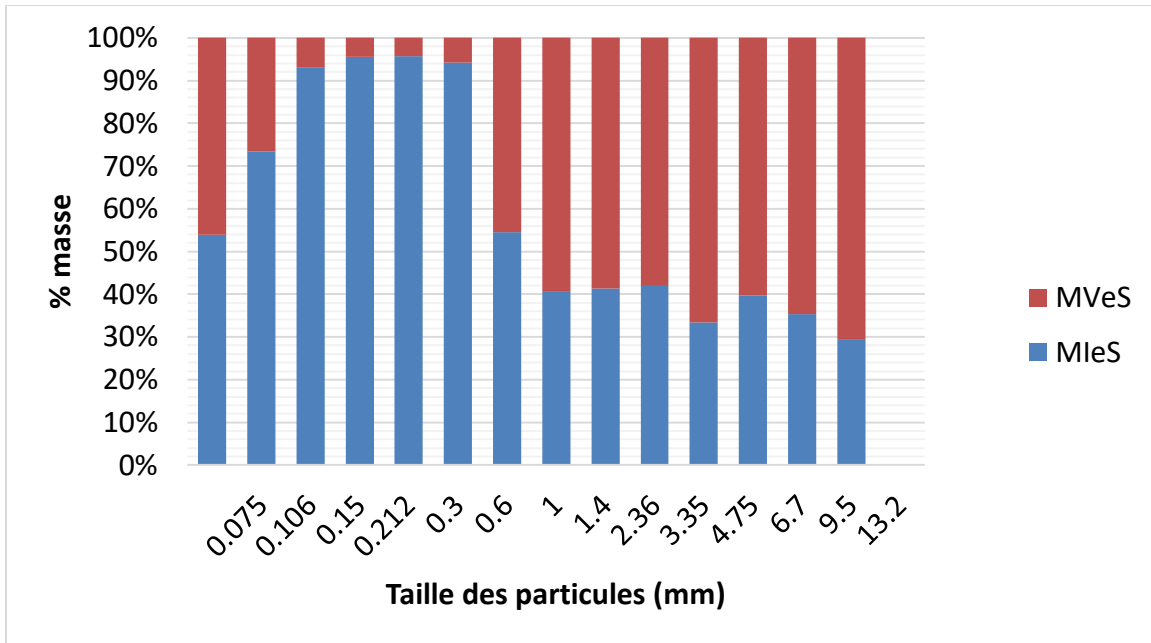


Figure 9: Composition des «grit» de la station d'épuration de St-Nicolas en temps humide (31mm de pluie)

Ainsi, en observant les figures 6 et 8, il est possible de voir qu'en temps de pluie, les particules qui décantent dans un dessableur sont composées en grande partie de matière inorganique contrairement à celles en temps sec. Il est donc possible de conclure que les conditions météorologiques influencent la composition des particules qui décantent dans une unité de dessablage. Cette conclusion peut être expliquée par le fait que la hausse du débit peut remettre en suspension certaines particules inorganiques qui normalement possèdent une vitesse de chute trop grande pour être transportées jusqu'à la station. De plus, les particules sont beaucoup plus inorganiques en temps de pluie qu'en temps sec.

Comparaison des «grit» frais et non frais

Ensuite, comme pour la taille des particules, l'influence de la fraîcheur des «grit» sur la composition a été évaluée. Les figures 10 et 11 présentent la composition des «grit» frais et non frais respectivement.

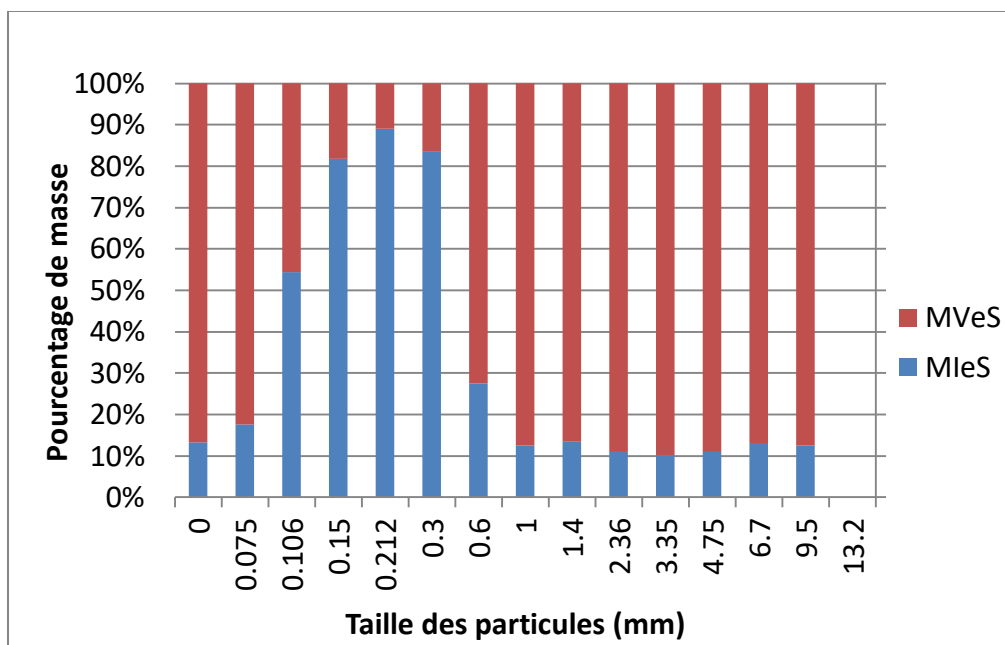


Figure 10: Composition des «grit» non frais de la station de St-Nicolas ayant subi un lavage du «grit» humide

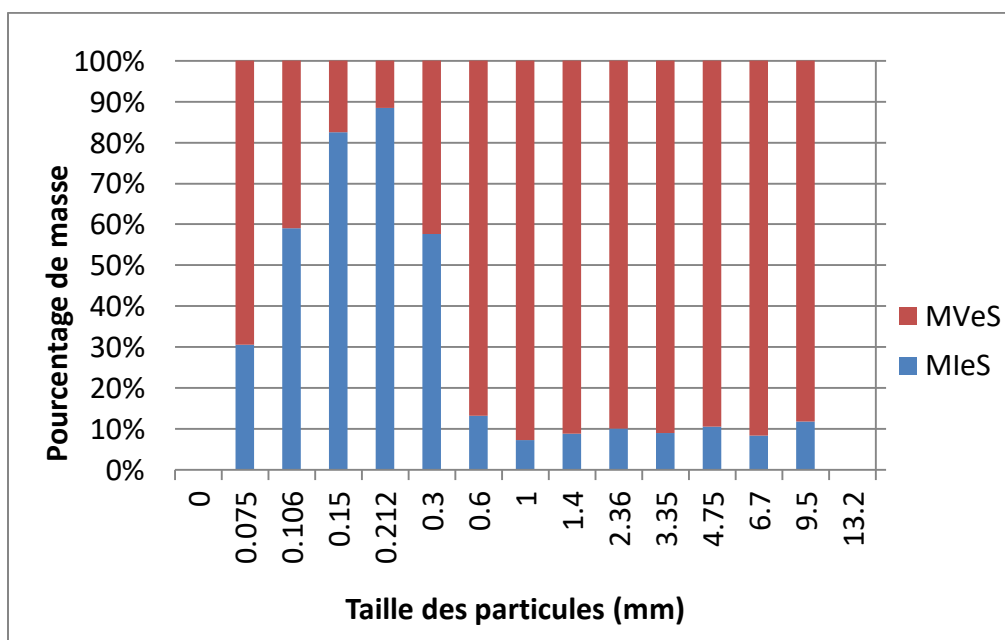


Figure 11: Composition des «grit» frais de la station de St-Nicolas ayant subi un lavage du «grit» humide

En observant les figures 10 et 11, il est possible de conclure que la fraîcheur des «grit» n'influence pas la composition des particules qui décantent dans les unités de dessablage. En

effet, les compositions des deux essais sont très ressemblantes comme il était déjà possible d'observer à l'aide de la distribution de la taille des particules.

Distribution des vitesses de chute des particules

La vitesse de chute des particules est un aspect important à la caractérisation des particules se retrouvant dans une unité de dessablage, car c'est un procédé de décantation. Cette section présente la méthodologie de l'élutriation avec le système portable d'Environnement Canada ainsi que les résultats obtenus.

Élutriation

D'abord, le protocole de l'essai d'élutriation a été développé et précisé. Ainsi, un protocole standard de l'essai d'élutriation a été établi.

Résultats

Plusieurs essais ont été effectués afin de mieux connaître l'impact de la conservation de l'échantillon, du volume d'eau usée à tester ainsi que le niveau d'agitation.

Évaluation de l'influence de la conservation de l'échantillon

Afin de savoir si la conservation de l'échantillon influence les résultats d'un essai d'élutriation, trois tests ont été effectués sur un même échantillon de l'affluent du dessableur de la station d'épuration de St-Nicolas à différents intervalles de temps. La figure 12 présente les résultats obtenus pour les essais effectués en avant-midi, en après-midi et 24h après le premier essai. Le dernier échantillon a été conservé pendant 24h au réfrigérateur.

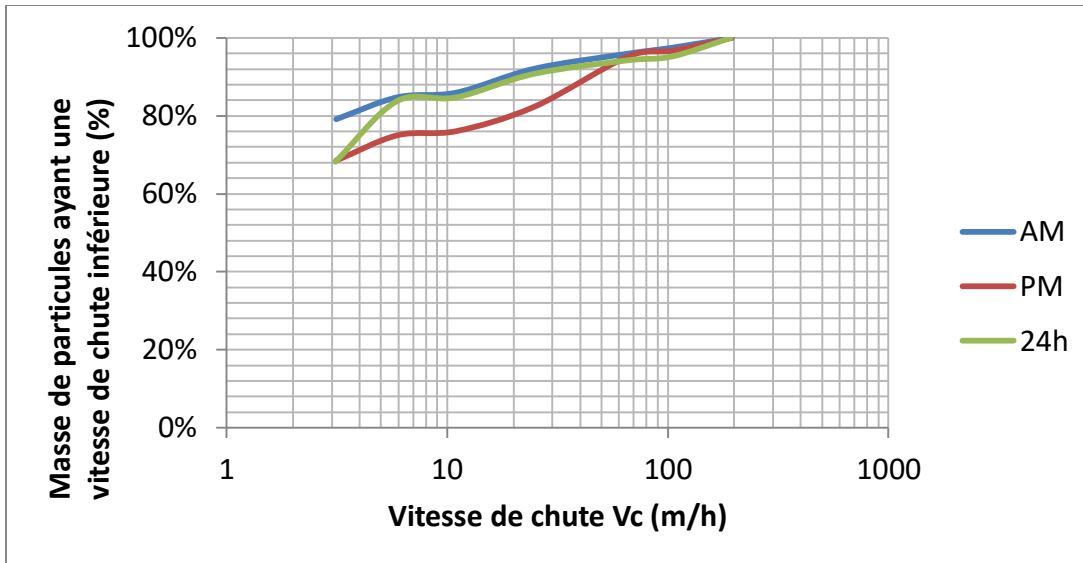


Figure 12: Distribution de la vitesse de chute des particules selon le temps de conservation de l'échantillon

Il est possible de remarquer qu'il n'y a pas une très grande différence entre les essais. Les différences observées pour l'essai en après-midi peuvent être dues au fait qu'il contenait beaucoup de papier hygiénique. Ainsi, il est possible de conclure que la conservation de l'échantillon n'influence pas les résultats d'un essai d'élutriation et que la réfrigération n'influence pas les vitesses de chute des particules.

Évaluation de l'influence de la quantité d'eaux usées analysée

Puis, pour ce qui est de la quantité d'eaux usées analysée, des échantillons de 10L, 20L et 30L ont été comparés afin de vérifier si cet aspect influence les résultats d'une élutriation. La figure 13 montre la distribution des pourcentages massiques des particules en fonction de leur vitesse de chute.

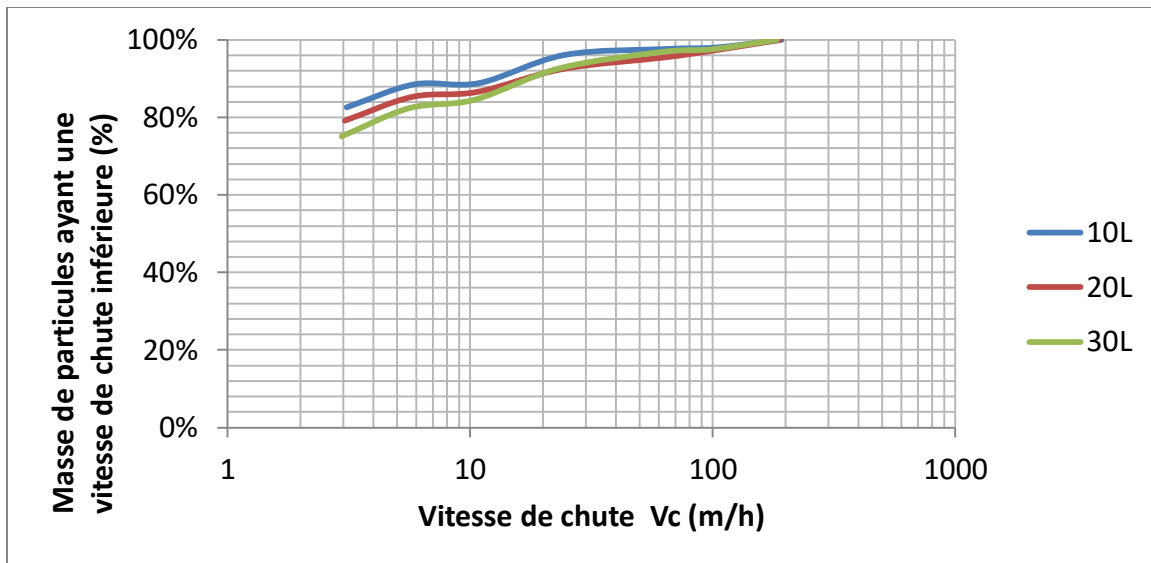


Figure 13: Distribution de la vitesse de chute des particules selon la quantité d'eaux usées utilisée

En observant la figure 13, il est possible de conclure qu'il y a une tendance entre les courbes puisque toutes les distributions des essais effectués avec différents volumes se suivent de près. Cependant, il y a des inconvénients à utiliser un petit volume ou un grand volume. Lors de l'essai avec 10L d'eau usée, il n'y avait pas beaucoup de matière retenue dans certaines colonnes ce qui peut augmenter les incertitudes des concentrations ou encore influencer le bilan de masse. L'inconvénient avec un volume plus grand, c'est que le temps nécessaire à la réalisation de l'expérience est plus long et que le volume à transporter est plus grand. Ainsi, un grand volume est plus restreignant d'un point de vue pratique. Pour l'instant, un volume d'environ 20 ± 5 L est considéré comme la meilleure option. D'autres tests avec des plus gros volumes seront nécessaires afin de mieux évaluer l'influence du volume sur une élutriation. Finalement, d'autres conclusions par rapport à des aspects d'un essai d'élutriation, par exemple l'intensité de l'agitation, ne peuvent être avancées puisqu'il manque des données expérimentales.

Conclusion

Quelques caractéristiques des particules qui décantent dans un dessableur ont été présentées dans ce document tel que l'influence d'un prétraitement sur la distribution des particules ou encore l'influence des conditions météorologiques sur la composition des particules. Cependant, d'autres analyses seront nécessaires afin de développer une méthode de conception et de modélisation qui représentent bien ce qui se passe dans un dessableur.

À travers ce stage, j'ai appris et approfondi mes connaissances à propos de nombreux concepts. Effectivement, les notions de matières volatiles, matières volatiles en suspension ainsi que de compositions de la matière ont été approfondies et sont maintenant des paramètres que je connais mieux. J'ai aussi appris beaucoup à propos des unités de dessablages et de leur fonctionnement. De plus, puisque j'ai effectué toutes les analyses de tamisage, d'élutriation ainsi que de détermination de la fraction organique et inorganique, j'ai énormément appris sur les différentes techniques en laboratoire. Je suis maintenant plus familière avec les règles de sécurité et les manipulations en laboratoire. Évidemment, j'ai découvert les rouages et ce qu'impliquent une maîtrise et un doctorat.