

Rapport de stage

Caractérisation de dessableurs de traitement primaire des eaux usées



Stage effectué du 1 Juillet 2014 au 26 Septembre 2014

Par Yoann VIDAL

Dans le cadre de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur de l'INSA Toulouse en Génie des Procédés et Environnement.

- Maitre de stage :** *Mr. Peter VANROLLEGHEM, Professeur titulaire du département de génie civil et de génie des eaux, directeur de modelEAU.*
- Responsable de stage :** *Mr. Thibaud MARUEJOULS, Chercheur Post-doctorant du département de génie civil et de génie des eaux, chercheur de modelEAU.*
- Tuteur INSA Toulouse :** *Mr. Mathieu SPERANDIO, Professeur du département de génie des procédés et environnement à l'INSA Toulouse*

Remerciements

Je remercie en premier lieu, Professeur Peter VANROLLEGHEM, qui m'a permis d'effectuer ce stage au sein de son groupe de recherche modelEAU, mais également pour l'aide et les conseils qu'il m'a apportés.

Je remercie de même et témoigne tout particulièrement ma reconnaissance à Mme Maria Aurora FERNANDEZ, directrice du département de génie des procédés et environnement de l'INSA Toulouse, ainsi qu'à Mme Stéphanie LABORIE, Maître de conférences du département de génie des procédés et environnement de l'INSA Toulouse, pour avoir rendu ce stage possible.

Je remercie également, Janelcy ALFERES et Mr. Thibaud MARUEJOULS pour le temps qu'ils m'ont consacré tout au long de cette période, sachant répondre à toutes mes demandes et interrogations.

Un remerciement spécial à tous les techniciens de la station d'épuration de Beauport notamment Denis DUFOUR et Mario COTE pour leur excellent travail et leur implication.

Je tiens aussi à remercier Sylvie LEDUC et Michel BISPING, pour leur formation à la sécurité du laboratoire d'environnement du département de Génie Civil et de Génie des Eaux de l'Université Laval, mais aussi pour leur aide et leur disponibilité.

Je remercie Mme Marlyne Fergusson et Mme Isabelle BOUCHER, agentes du secrétariat du département de génie civil et de génie des eaux, pour m'avoir aidé à réaliser les étapes administratives lors de mon séjour.

Merci, aux autres stagiaires : Pauline WATIER, Clarisse AARON et Maxime ROUSSEL pour leur accueil chaleureux, leur bonne humeur et les bons moments passés. J'ai pris beaucoup de plaisir à collaborer avec eux

Enfin, mes remerciements vont aussi à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin à la bonne marche de ce projet.

Résumé

Le présent rapport présente dans sa globalité les missions effectuées au cours de ce stage au sein du groupe de recherche modelEAU, les moyens mis en œuvre pour les accomplir et les résultats obtenus.

Sujet du stage

« Caractérisation de dessableurs de traitement primaire des eaux usées. »

Objectifs du stage

Ce stage a pour objectif d'échantillonner de l'eau usée pour détecter et prendre connaissance des paramètres de la qualité de l'eau afin de caractériser les dessableurs d'une station d'épuration de la ville de Québec.

L'interprétation des données permettra de juger de l'efficacité et d'améliorer la performance des dessableurs de l'usine et aidera au développement d'un modèle mathématique reflétant le comportement d'un dessableur en traitement primaire des eaux usées dans le cadre d'un projet de recherche industriel.

Présentation du rapport

Dans un premier temps, le lieu du stage est introduit.

Dans un deuxième temps, après une rapide introduction, les principaux appareils utilisés lors de ce stage, les échantillonneurs, sont présentés dans ce rapport, notamment les éléments qui les constituent et leurs spécificités respectives. L'agencement des sites d'échantillonnage où ces derniers sont placés sont également expliqués.

Ensuite, les démarches à suivre pour installer ces appareils est décrite. Puis, les expériences menées afin de caractériser les différents échantillons prélevés sont présentées.

Enfin, l'analyse des résultats obtenus est exposée.

Sommaire

Liste des figures	5
Présentation du lieu du stage	6
I. Canada	6
II. Québec	6
III. Université Laval	7
IV. La chaire industrielle modelEAU	7
Introduction	8
I. Matériels et méthodes.....	9
A) Matériels	9
1) Les échantillonneurs	9
2) Les installations	12
B) Méthodes	18
1) Procédure de mise en place des échantillonneurs	18
2) Expériences en entrée dessableur.....	19
3) Campagne d'échantillonnage.....	20
I. Résultats	21
A) Analyse des résultats des expériences en entrée dessableur.....	21
B) Analyse de résultats d'une campagne.....	22
1) Débits	22
2) pH.....	23
3) Conductivité.....	25
4) Azote ammoniacal	26
5) DCO _t , DCOs, MES, MVES.....	27
Conclusion.....	30
Bibliographie.....	31
Annexe	32
Annexe 1 : Dépliant descriptif de l'Usine de Beauport	32
Annexe 2 : SOP DCO par méthode colorimétrique	34
Annexe 3 : SOP MES et MVES par méthode gravimétrique	35
Annexe 4 : SOP Azote ammoniacal par la méthode de Nessler	36
Annexe 5 : Conductivité.....	41
Annexe 6 : potentiel Hydrogène.....	41

Liste des figures

Figure 1 : Carte du territoire et des 10 provinces du Canada.....	6
Figure 2 : Photo aérienne du campus de l'université Laval.....	7
Figure 3: Schéma d'échantillonneurs Sigma SD 900, réfrigéré (gauche) et réfrigéré tout climat (droite).....	9
Figure 4 : Photo d'une crépine raccordée à un tuyau.....	10
Figure 5 : Photos d'échantillonneurs Sigma SD 900, réfrigéré (gauche) et réfrigéré tout climat (droite).....	11
Figure 6 : Plan du réseau présentant Saint Sacrement et l'usine Beauport.....	12
Figure 7: Photo du local de Saint Sacrement	13
Figure 8 : Photo présentant la disposition à Saint Sacrement	14
Figure 9 : Schéma de la disposition à Saint Sacrement.....	14
Figure 10 : Plan de l'usine du secteur dessableurs	16
Figure 11 : Photo présentant la disposition en entrée dessableur.....	16
Figure 12 : Schéma de la disposition en entrée dessableur	17
Figure 13 : Photo présentant la disposition en sortie dessableur.....	17
Figure 14 : Schéma de la disposition en sortie dessableur	17
Figure 15 : Photo d'une prise anti-explosion.....	18

Présentation du lieu du stage

J'ai eu la chance de pouvoir effectuer mon stage au Canada, dans la province et la ville de Québec, à l'Université Laval au sien du groupe de recherche modelEAU.

I. Canada



Le Canada est une monarchie constitutionnelle fédérale à régime parlementaire. Ce pays est constitué de 10 provinces dont le Québec (voir figure 1). Sa population, est estimée à environ 35 millions d'habitant. Les deux langues officielles sont l'anglais et le français.



Figure 1 : Carte du territoire et des 10 provinces du Canada

II. Québec



Le Québec est une province francophone du Canada qui compte une population de 8 millions de personnes, c'est la plus grande province canadienne. La ville de Québec en est la capitale et Montréal la métropole.

III. Université Laval



L'Université Laval a été fondée en 1852. Elle constitue le plus ancien établissement d'enseignement supérieur francophone en Amérique, et la sixième plus ancienne université du Canada. Cette université est également l'une des plus grandes universités du Canada et le deuxième plus important établissement d'enseignement supérieur de la province du Québec.

L'Université Laval offre près de 400 programmes d'études à plus de 48 000 étudiants. Elle fait partie des 10 plus importantes universités canadiennes en matière de recherche avec plus de 300 millions de dollars en fonds de recherche et coopération internationale. L'université attire également près de 6 100 étudiants d'origine étrangère chaque année, grâce à ces programmes de mobilité et d'échanges.

L'ancien campus situé à l'intérieur des murs de la ville fortifiée de Québec, est reconnue joyau du patrimoine mondial de l'UNESCO. Le campus actuel est situé dans l'arrondissement de Sainte-Foy-Sillery-Cap-Rouge à Québec (voir figure 2).



Figure 2 : Photo aérienne du campus de l'université Laval

IV. La chaire industrielle modelEAU



modelEAU est un groupe de recherche en relation avec le département de génie civil et de génie des eaux de l'université Laval. Ce groupe fait partie de la chaire industrielle de recherche du Canada en modélisation de la qualité de l'eau. Il est dirigé par Peter VANROLLEGHEM depuis février 2006.

Ce groupe est composé de dix étudiants gradués, trois post-doctorants et deux professionnels de recherche qui effectuent des études multifacettes dans lesquelles la modélisation est l'élément clé.

L'objectif du groupe est d'améliorer la qualité des eaux et optimiser la performance des stations de traitement des eaux dans la région de Québec. Pour cela les chercheurs réalisent des études qui se focalisent sur les aspects méthodologiques de la collecte et l'évaluation de la qualité des données. Cela afin de développer des modèles mais également des logiciels qui supportent ces études.

Introduction

À l'échelle mondiale, le traitement des eaux usées est l'un des aspects essentiels de la préservation de la ressource en eau. Il présente un double défi de santé humaine et de protection de l'environnement. Pour faire face à ces nouveaux enjeux, les techniques d'assainissement des eaux usées se doivent de devenir toujours plus performantes.

L'assainissement au Canada constitue une priorité. Au Canada, plus de 150 milliards de litres d'eaux usées (eaux d'égouts) non et insuffisamment traitées sont rejetés dans les cours d'eau chaque année.

Afin de pallier à ces problèmes, la chaire industrielle modelEAU de l'Université de Laval à Québec effectue des recherches pour aider à la compréhension et à l'amélioration des étapes de traitement des eaux usées.

L'étape de traitement primaire de dessablage a pour fonction d'enlever les sables et graisses présents dans les eaux usées afin de protéger les équipements mécaniques et les installations des usines. Cette étape est une étape clef du traitement de l'eau devant donc être efficace en tout temps.

Le but de ce stage est tout d'abord de mettre en place des échantillonneurs dans le réseau d'assainissement ainsi qu'en entrée et sortie de dessableur d'une usine de traitement de la ville de Québec. L'échantillonnage du réseau d'assainissement permet d'observer le changement de comportement de l'eau du réseau d'assainissement et son impact ainsi que sa relation avec les dessableurs de l'usine.

Puis, des campagnes d'échantillonnage suivies d'expériences et d'analyses en laboratoire, permettent de connaître les principales caractéristiques de l'eau usée échantillonnée (pH, conductivité, DCO, MES, azote ammoniacal).

L'étude des résultats obtenus permet alors de mieux comprendre le fonctionnement de l'étape de dessablage et de trouver des solutions pour améliorer la performance de ce traitement.

I. Matériels et méthodes

A) Matériels

1) Les échantillonneurs

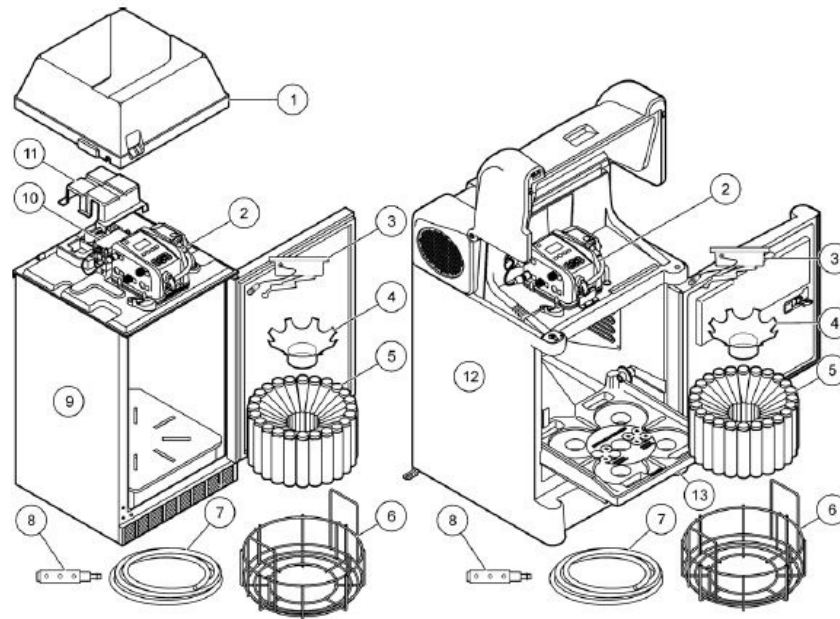
a) Présentation

Un échantillonneur comme son nom l'indique est un appareil utilisé pour réaliser l'échantillonnage de divers liquides.

Lors de ce stage, trois échantillonneurs automatiques Sigma SD 900 de la compagnie Hach ont été utilisés afin de prélever des échantillons d'eaux usées : un échantillonneur réfrigéré et deux échantillonneurs réfrigérés tout temps/climat.

b) Composants

Un échantillonneur Sigma SD 900 est composé de plusieurs éléments (voir figure 3) :



1 Capot en option (N° de catalogue 8983)	8 Crépine
2 Contrôleur	9 Échantillonneur réfrigéré
3 Ensemble distributeur	10 Source d'alimentation
4 Arrêt ¹	11 Arrêt de l'alimentation électrique
5 Bouteilles d'échantillons	12 Échantillonneur réfrigéré tout climat
6 Bac à fioles (N° de catalogue 1511)	13 Bac coulissant
7 Tuyauterie d'admission, en vinyle ou doublée en téflon	

Figure 3: Schéma d'échantillonneurs Sigma SD 900, réfrigéré (gauche) et réfrigéré tout climat (droite)

Nous avons tout d'abord une crépine (numéro de référence 8 figure 3) reliée à un tuyau (7 figure 3) en vinyle de diamètre interne 9,5 mm = 3/8'' (voir figure 4).

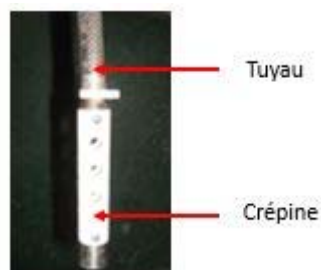


Figure 4 : Photo d'une crépine raccordée à un tuyau

L'appareil d'échantillonnage en lui-même est composé d'un contrôleur (numéro 2 sur la figure 3), d'un ensemble distributeur mécanique et d'un réfrigérateur.

Le contrôleur est monté au-dessus du réfrigérateur spécialement conçu. Le contrôleur est relié à une pompe péristaltique. Il peut être utilisé pour programmer l'échantillonneur et pour un fonctionnement manuel. On trouve également d'autres composants : un câble pour l'alimentation électrique et des connecteurs pour communiquer les données thermiques. De plus, un déshydratant absorbe l'humidité intérieure du contrôleur et empêche la corrosion.

La conduite d'échantillon traverse le haut du réfrigérateur et pénètre dans le compartiment réfrigéré où sont situés les récipients d'échantillon. Le tube d'échantillon remplit chaque flacon d'échantillonnage lorsqu'un programme est en cours. Ce dernier est positionné au-dessus de chaque bouteille par un bras mécanique. L'ensemble tuyau d'échantillon et bras mécanique constitue l'ensemble distributeur (3 sur la figure 3).

La température des échantillons à l'intérieur du réfrigérateur est contrôlée afin que les échantillons soient maintenus à 4 °C pour une température ambiante allant jusqu'à 49 °C.

Les 24 flacons d'échantillon (5 figure 3) de forme spécifique en polyéthylène, d'une contenance de un litre sont disposés en rond dans un bac à flacon (6 figure 3) prévu à cet effet. Pour maintenir les bouteilles en place lors du passage du bras de levier injectant le liquide à échantillonner, un arrêtoir est utilisé (4 figure 3). Le flacon qui recevra le premier échantillon est le flacon situé à gauche du fil de l'arrêtoir indiquant le flacon 1. Il est important de placer le bac à flacons dans le réfrigérateur de telle manière à ce qu'il repose dans les fentes se trouvant à la base du compartiment du réfrigérateur.

Pour résister à la corrosion, les composants de réfrigération et les conduites en cuivre sont traités avec un revêtement en résine phénolique (polymères thermodurcissables de protection).

c) Spécificités

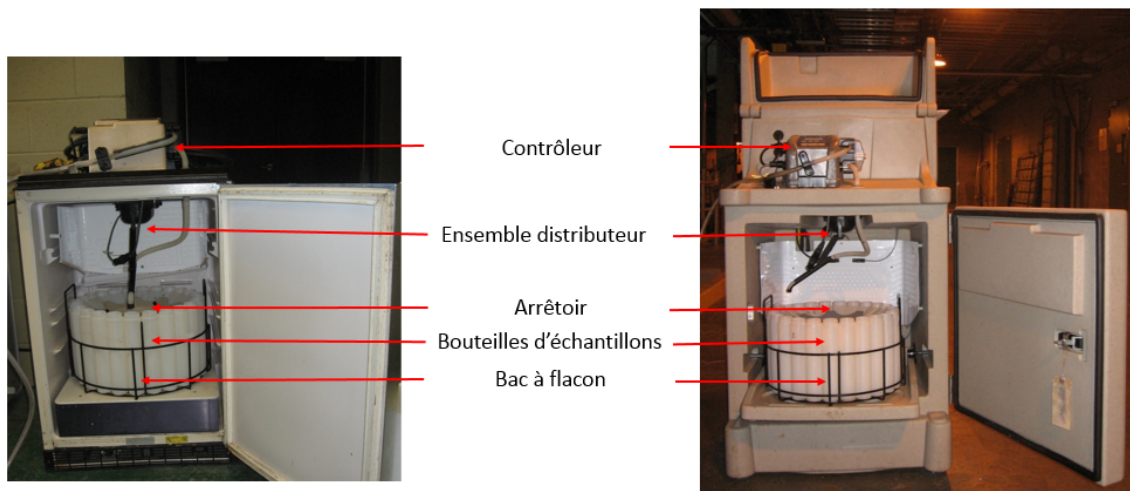


Figure 5 : Photos d'échantillonneurs Sigma SD 900, réfrigéré (gauche) et réfrigéré tout climat (droite)

Echantillonneur Sigma SD 900 réfrigéré

L'échantillonneur réfrigéré est conçu pour une utilisation en intérieur (voir figure 5). Le contrôleur est alimenté par une alimentation électrique séparée du réfrigérateur.

La température des échantillons à l'intérieur du réfrigérateur est maintenue constante par un thermostat à détection d'air. La température est contrôlée par le bouton de commande du thermostat, qui se trouve en retrait de la grille avant, en bas du réfrigérateur.

L'intérieur du réfrigérateur est en plastique de qualité alimentaire et l'extérieur est en acier galvanisé revêtu de vinyle. Cette unité de froid a un joint de porte magnétique et n'a pas besoin de ventilation à l'arrière.

Un capot de contrôleur en option peut verrouiller et protéger le contrôleur contre d'éventuels dommages et toute utilisation non autorisée. L'appareil d'échantillonnage que nous avons utilisé ne possède pas de capot.

Echantillonneur Sigma SD 900 réfrigéré tout climat

L'échantillonneur réfrigéré tout temps est conçu pour des applications en intérieur et en extérieur (voir figure 5).

Le capot supérieur isolé et verrouillable protège le compartiment du contrôleur contre les intempéries et les utilisations non autorisées. Un joint de pourtour très résistant fournit une protection supplémentaire contre divers milieux et insectes. Le verrou ne nécessite pas un cadenas ou une clé séparé.

Le contrôleur supporte une immersion, la corrosion et la glace. L'enceinte est moulée en polyéthylène basse densité qui résiste aux UV et aux intempéries.

Le compartiment réfrigéré est isolé par de la mousse rigide et utilise un ventilateur. Le système thermique est contrôlé par microprocesseur.

Les composants de réfrigération sont montés sur le dessus de l'appareil ce qui minimise l'exposition aux environnements corrosifs des usines.

Le compresseur et le condenseur sont situés au-dessus du compartiment réfrigéré, le transfert de chaleur s'effectue donc dans la direction opposée au compartiment réfrigéré, permettant un meilleur contrôle de la température dans ce dernier et une consommation électrique réduite.

2) Les installations

a) Sites d'échantillonnage

Les trois échantillonneurs sont placés sur trois sites afin de réaliser des échantillons d'eaux usées pour caractériser les dessableurs de l'usine de traitement des eaux usées de la baie de Beauport à Québec.

L'échantillonneur réfrigérant est disposé dans le local d'une chambre de dérivation du réseau d'assainissement situé dans la région de Saint Sacrement (voir figure 6) en amont de l'usine.

Ce dispositif nous permet d'observer le changement de comportement de l'eau du réseau d'assainissement et son impact ainsi que sa relation avec les dessableurs de l'usine.

Les deux échantillonneurs réfrigérant tout climat donc plus résistants à un environnement hostile, sont placés en entrée et en sortie d'un dessableur de l'usine. Ces appareils nous permettent d'avoir, après analyse des échantillons contenus dans les bouteilles, une visibilité sur le comportement des dessableurs.

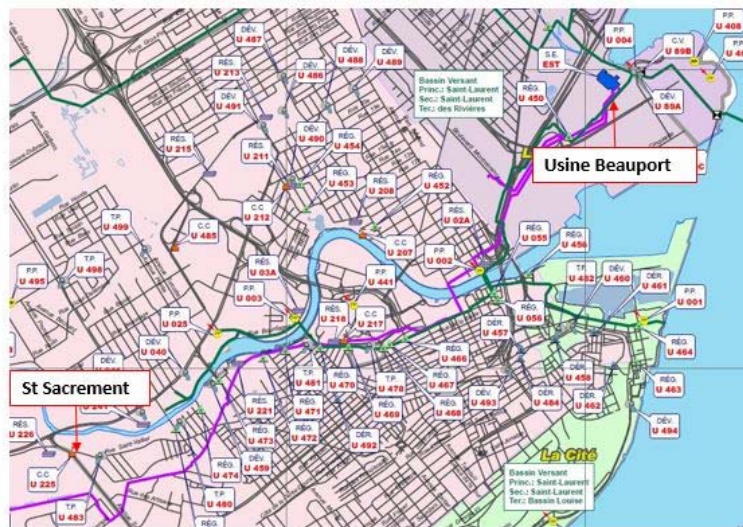


Figure 6 : Plan du réseau présentant Saint Sacrement et l'usine Beauport

b) Réseau d'assainissement : Saint Sacrement

Présentation

La chambre de dérivation du réseau d'assainissement de Saint Sacrement sert à récolter l'eau usée afin qu'elle se dirige vers le site de traitement : l'usine de traitement des eaux usées de Beauport.

Saint-Sacrement est tout simplement le nom du bassin versant urbain et du quartier de la ville de Québec dans lequel cette station est localisée. La station se trouve précisément 1301 rue Saint-Vallier Ouest, Québec, QC G1N, Canada (voir figure 7).



Figure 7: Photo du local de Saint Sacrement

Sur place, on trouve un bâtiment contenant deux locaux. Le premier sur la gauche contient tous les éléments électriques : compteurs, alarme anti intrusion... l'autre contient une trappe vers un bassin. L'accès aux locaux se fait grâce à une même clef. Une clef spécifique de sécurité permet d'activer/désactiver l'alarme anti intrusion mise en place qui donne l'alerte lorsqu'une porte est ouverte.

La station de dérivation de Saint Sacrement a été choisie comme point représentatif du réseau d'assainissement qui est unitaire ou non séparatif (c'est dire que les eaux usées sont composées d'eaux de pluie en plus des eaux domestiques et industrielles, il n'y a pas de dissociation). Ce choix est fait en raison de l'espace et la possibilité d'échantillonnage qu'elle propose. C'est également un point clef où se regroupe plusieurs conduites qui vont par la suite rejoindre une large canalisation d'une longueur d'environ 6 km qui se dirige directement vers l'usine (voir figure 6).

Disposition des lieux à Saint Sacrement

L'échantillonnage se fait dans le local de droite. Nous trouvons dans ce local l'échantillonneur réfrigérant et un dispositif. Ce dispositif construit par les techniciens de l'usine de Beauport permet d'attacher la crépine raccordée au tuyau de prélèvement et de la plonger dans l'eau usée. La monter et descente du support se fait à l'aide d'une manivelle crantée (voir figure 8).

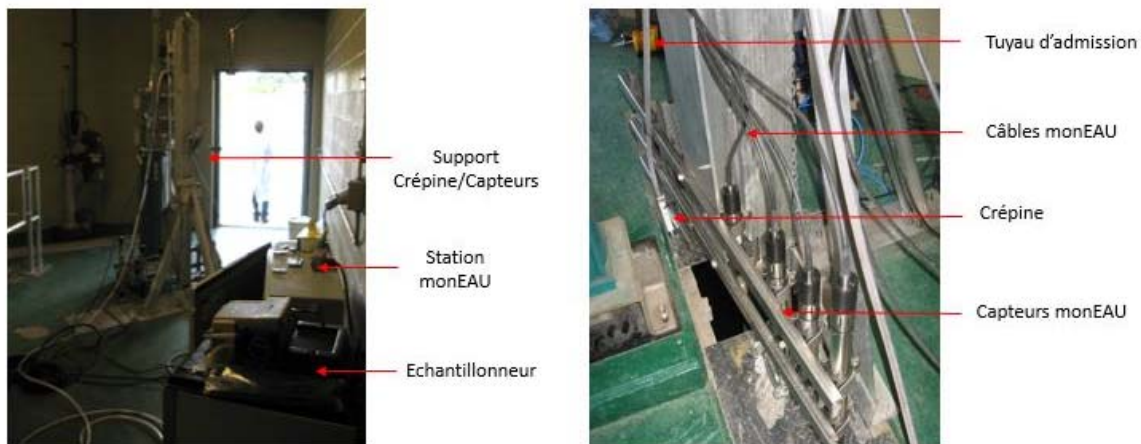


Figure 8 : Photo présentant la disposition à Saint Sacrement

Remarque : Dans le local, nous trouvons également une station de mesure en ligne RSM30 Primodal d'un autre projet appelé monEAU, sur laquelle sont raccordés des capteurs continus fixés au support. Les campagnes d'échantillonnage suivies d'analyses en laboratoire permettent entre autre aux calibrages de ces capteurs.

La prise d'échantillon se fait à 12 m de profondeur à 25 cm au-dessus du sol pour que la crépine soit au milieu de la zone d'eau qui se trouve en général à environ 35 cm de hauteur en journée et un peu moins pendant la nuit, environ 5 cm de moins (voir figure 9).

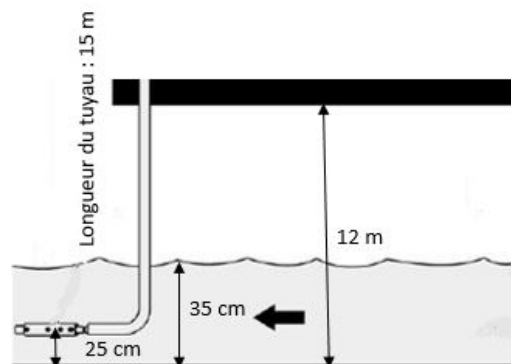


Figure 9 : Schéma de la disposition à Saint Sacrement

A Saint Sacrement, un élargissement de petites conduites en un bassin a tendance à créer une baisse de débit et un phénomène de décantation. Le bassin d'eau est peu profond, il faut donc placer précisément et finement la crépine sinon cela peut avoir un impact sur les échantillons. Pour éviter tout problème, les sables et les grosses particules accumulées au fond du bassin ont été retirés avant le début de la première campagne d'échantillonnage par les techniciens de l'usine.

c) Usine de traitement des eaux usées de Beauport

Présentation

Cette usine est située dans la baie de Beauport, une baie du fleuve Saint-Laurent, située à Québec.

La réalisation de ce projet a nécessité un investissement de 25 millions de dollars canadiens. Cette station est dotée d'une capacité de traitement de 8500 m³/h d'eaux usées. Elle réalise environ 60 % du travail d'épuration de la ville de Québec. Les eaux usées sont véhiculées jusqu'à l'usine par 3022 km de conduites souterraines.

Pour atteindre les objectifs d'assainissement, cette usine accomplit une chaîne de cinq traitements conventionnels : dégrillage, dessablage, décantation, biofiltration et désinfection par ultraviolet (voir annexe 1)

Mise en situation des expériences en entrée dessableur

En amont des dessableurs se trouve un canal d'admission (voir figure 10), son rôle est de créer des turbulences afin de mélanger l'eau usée entrant dans les cinq dessableurs de l'usine. Il est important de bien homogénéiser l'eau en entrée de dessableur pour que ces derniers aient la même performance d'épuration.

Nous pouvons observer qu'il y a trois retours d'effluent dans ce canal. En effet, le retour de l'eau issue du traitement des boues primaires et secondaires dans les épaisseurs, le retour d'eau des laveurs de sable et le retour d'eau des concentrateurs de graisses, d'huiles, d'écumes s'effectuent à ce niveau.

De plus, la profondeur du canal et donc la hauteur d'eau avant l'admission dans les dessableurs n'est pas la même ce qui amène des différences. Nous avons respectivement (voir figure 10 plus bas) :

- 1 = 4m50
- 2 = 4m
- 3 = 3m30

Ces deux éléments contribuent à créer des différences dans la qualité des eaux usées admises dans le traitement de dessablage. Afin de visualiser ces différences et décider d'un point représentatif à l'entrée et la sortie des dessableurs et ainsi de l'emplacement des échantillonneurs, quelques expériences et manipulations ont été réalisées.

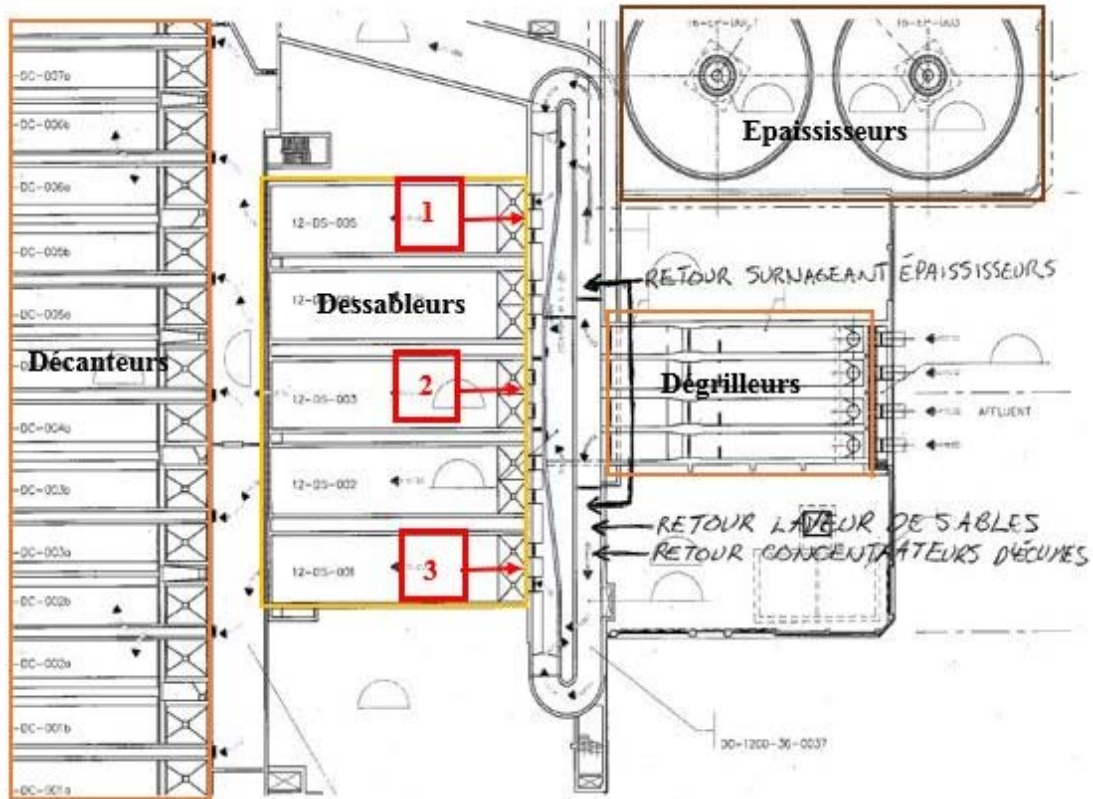


Figure 10 : Plan de l'usine du secteur dessableurs

Disposition des lieux en entrée dessableur

L'échantillonnage se fait finalement dans le canal d'admission (voir partie méthodes et résultats) situé juste devant le dessableur du milieu (2 sur la figure 10). Nous trouvons comme à Saint Sacrement : un échantillonneur, ici un réfrigéré tout climat, une station monEAU et un dispositif soutenant un support sur lequel sont fixés la crépine et les capteurs monEAU. La montée et la descente du support dans l'eau usée se font mécaniquement avec un boîtier de commande (voir figure 16).

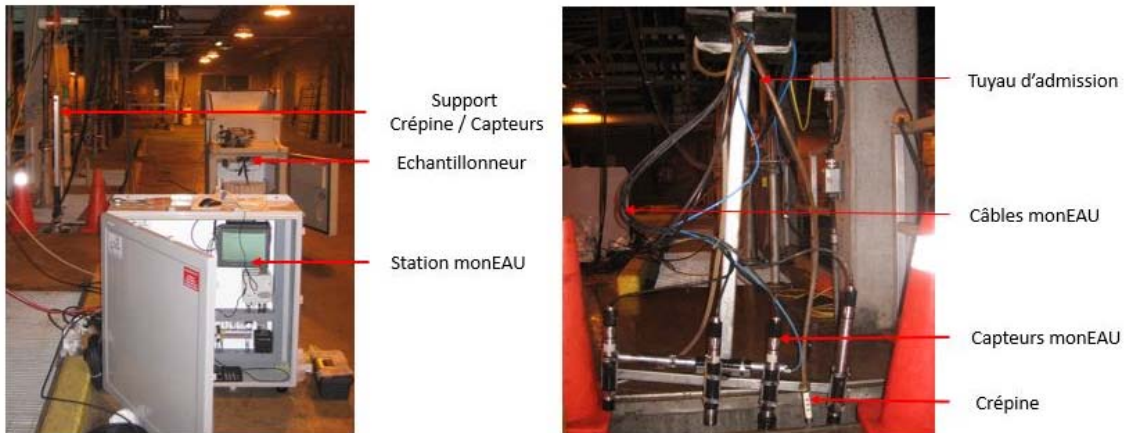


Figure 11 : Photo présentant la disposition en entrée dessableur

La prise d'échantillon se fait à 4m de profondeur à 1m20 au-dessus du fond du canal pour que la crépine soit au milieu de la zone d'eau qui se trouve en général à environ 2m50 de hauteur (voir figure 17).

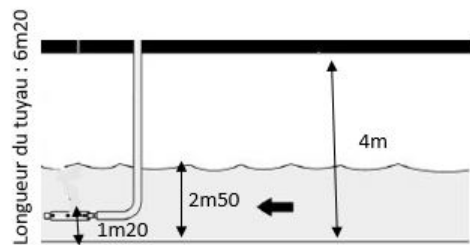


Figure 12 : Schéma de la disposition en entrée dessableur

Disposition des lieux en sortie dessableur

L'échantillonnage se fait dans le bassin situé entre le dessableur du milieu et l'étape de décantation. L'échantillonneur est posé en sortie du dessableur du milieu pour que toutes les données récoltées en amont et aval concernent le même dessableur. Nous retrouvons le même matériel. Sur ce site, le dispositif est un ensemble de perches sur lesquelles on trouve les supports. La montée et la descente des perches se font manuellement (voir figure 18).

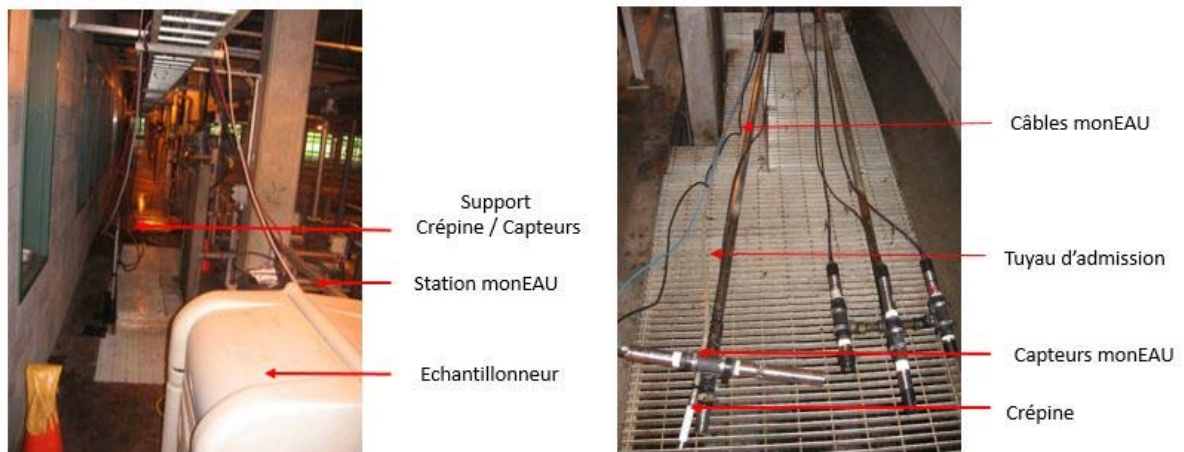


Figure 13 : Photo présentant la disposition en sortie dessableur

La prise d'échantillon se fait à 4m de profondeur à 80 cm au-dessus du fond du bassin pour que la crépine soit au milieu de la zone d'eau qui se trouve en général à environ 1m70 (voir figure 19).

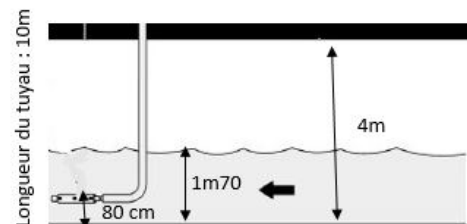


Figure 14 : Schéma de la disposition en sortie dessableur

B) Méthodes

1) Procédure de mise en place des échantillonneurs

L'échantillonneur doit être placé sur une surface horizontale. Le niveau de celui-ci peut être ajusté grâce aux pattes de nivellement, en les tournants dans le sens des aiguilles d'une montre pour monter l'échantillonneur. Si ce matériel est déplacé d'un endroit à un autre, il faut attendre une heure avant de le brancher à nouveau le temps que le liquide de refroidissement se stabilise.

Remarque : Le sol à l'intérieur de l'enceinte réfrigérée de l'échantillonneur est incliné pour faciliter l'évacuation des liquides.

Pour commencer, le tuyau de prélèvement doit bien entendu être raccordé à la pompe du contrôleur et les prises électriques doivent être branchées. Pour les prises électriques, des embouts anti-explosion (voir figure 7) doivent être utilisés pour respecter les normes de sécurité.

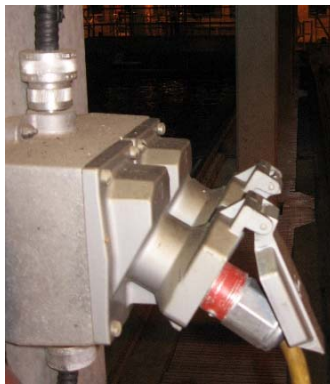


Figure 15 : Photo d'une prise anti-explosion

Il faut placer la crépine raccordée au tuyau d'entrée directement dans la source de liquide à échantillonner. La crépine doit être positionnée au milieu du bassin (pas près de la surface ou du fond) et dans le courant, où l'eau est turbulente et bien mélangée, pour s'assurer de collecter des échantillons représentatifs.

Il est important de vérifier que le tube d'admission soit aussi court que possible et n'ait pas de plis ou de boucles pour limiter le temps de fonctionnement de la pompe et ainsi l'user le moins possible. De plus, il est conseillé d'augmenter la verticalité du tube d'admission, entre l'échantillonneur et la source d'échantillon, de sorte que le tube se vide complètement lors de la purge du tuyau. Ceci empêche la contamination croisée des échantillons.

Les bouteilles d'échantillonnage et les bouchons doivent, avant chaque nouvelle prise d'échantillon, être nettoyés à l'eau avec un désinfectant puis rincés avec de l'eau distillée.

2) Expériences en entrée dessableur

a) Echantillonnage

L'objectif est de déterminer la différence de qualité de l'eau sur le profil vertical et horizontal des effluents entrant dans les dessableurs.

Dans ce but, des échantillons sont prélevés à l'entrée de trois des cinq dessableurs (voit figure 10) :

- 1 : Dessableur côté retour surnageant épaisseur
- 2 : Dessableur du milieu
- 3 : Dessableur côté retour surnageant épaisseur/laveur de sables/concentrateurs d'écumes

L'échantillonnage est effectué le mercredi 16 juillet 2014 à 11h08. Sur chaque emplacement sélectionné : 1, 2 et 3, nous réalisons deux échantillons : un premier à la surface à environ 20 cm de profondeur et le second à 1,5 m. Le volume prélevé par échantillon est de 1 L. Le matériel utilisé est une perche de prélèvement et des flacons de 1 L. Grâce à l'échantillonnage double, surface et profondeur, nous obtenons une meilleure vue d'ensemble de l'eau usée des différents sites analysés.

Nous cherchons à caractériser un dessableur par temps sec, il nous faut faire les prélèvements les jours non pluvieux, quand le débit de la station est à son niveau normal et quotidien. Les flacons doivent être conservés au frais à 4°C et ramener à température ambiante avant essai. De plus, les analyses doivent être faites dans les 24 heures après la prise d'échantillon en raison de changements de composition qui surviennent sur les échantillons par transformations physico-chimique.

b) Caractérisation des échantillons

L'ensemble des analyses est effectuée en suivant à la lettre les SOP (Standard Operating Procedure) du laboratoire.

Un SOP ou POP (Procédure Opérationnelle Permanente) en français est une procédure qui décrit les étapes à suivre pour réaliser une méthode analytique et pour réduire la possibilité qu'un incident se produise et s'il se produit ce qu'il faut faire pour en limiter les conséquences.

Une analyse est effectuée : la Demande Chimique en Oxygène total DCO_t est déterminée par la méthode colorimétrique (voir annexe 2) et les Matière En Suspension MES par la méthode gravimétrique (voir annexe 3).

3) Campagne d'échantillonnage

a) Echantillonnage

Avant de commencer une campagne d'échantillonnage, les crépines des 3 sites de prélèvement doivent être nettoyées. Il nous faut également mettre en place le programme du contrôleur. Pour cela, un protocole normalisé traduisant la mise en service et la programmation des échantillonnages a été écrit (voir annexe 4).

Un fois l'échantillonnage effectué, tous les flacons sont ramenés au laboratoire. Après une rapide analyse visuelle des flacons secoués et en fonction de l'horaire de prélèvement, nous sélectionnons 10 bouteilles sur les 24 que nous avons par site. Ce sont ces bouteilles sur lesquelles nous faisons les expériences.

Rappel : L'échantillonnage doit avoir lieu par temps sec, les échantillons doivent être gardés à 4°C et les analyses en laboratoire doivent être faites dans les 24h suivant le prélèvement.

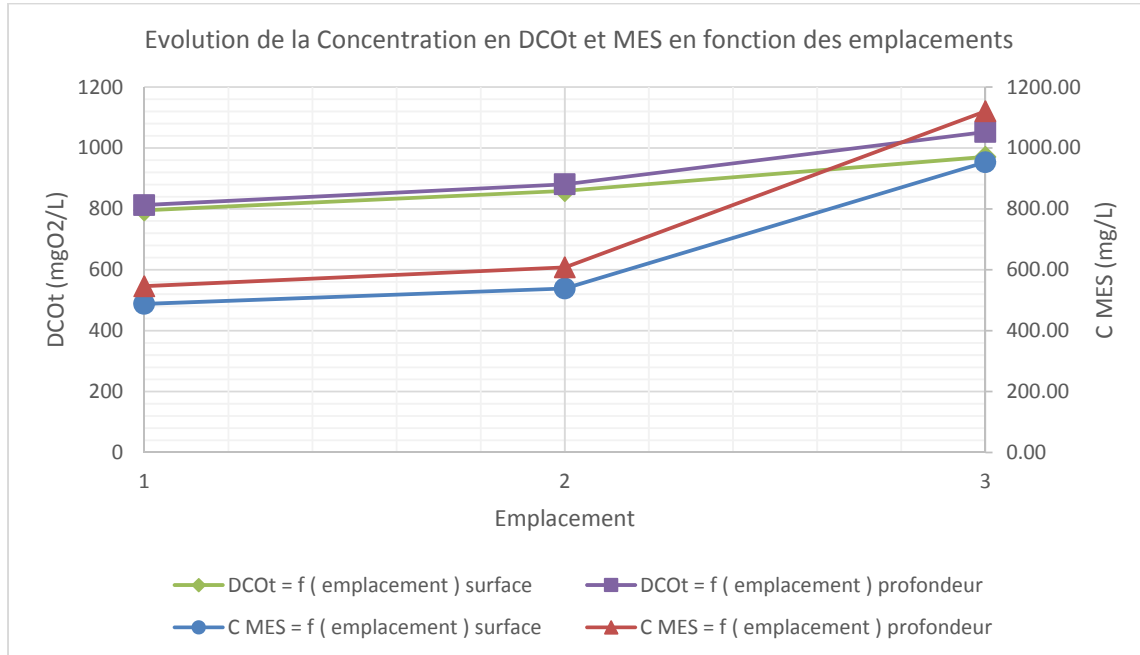
b) Caractérisation des échantillons

Nous effectuons les tests de DCOt et MES mais également d'autres analyses : DCO soluble : DCOs (voir annexe 2), Matière Volatile En Suspension : MVES (voir annexe 3), Azote Ammoniacal par la méthode de Nessler (voir annexe 5), Conductivité (voir annexe 6), potentiel Hydrogène : pH (voir annexe 7) en suivant des SOP.

Nous avons également pu récupérer quelques données continues de l'usine disponible pour les trois sites, notamment, le débit pour tous les sites et le pH en entrée de dessableur.

I. Résultats

A) Analyse des résultats des expériences en entrée dessableur



Les résultats d'analyse en laboratoire disposés dans ce graphique semblent corrects. En effet, l'écart relatif maximal pour les triplicatas retenus de DCOt, est d'environ 9 %. En ce qui concerne les MES cet écart est de 9,5 %. Les écarts obtenus inférieurs à 10 % sont tout à fait acceptables.

L'effluent étudié est chargé en matière organique car nous avons environ en moyenne sur les 3 lieux une concentration de 700 mg/L en MES et une DCO de 850 mgO₂/L.

Nous remarquons tout d'abord que la DCOt et les MES sont plus importantes en profondeur qu'en surface. Nous pouvons nous attendre à ce résultat car en effet, le phénomène de décantation amène les plus grosses particules vers le fond du canal d'admission.

Ensuite, nous observons que la DCOt et les MES augmentent de l'emplacement 1 vers 3, tout comme l'écart entre la surface et la profondeur. En effet, l'écart relatif surface - profondeur est de 2 % environ en 1 et 8 % en 3 pour la DCOt et 10,5 % en 1 et 15 % en 3 pour les MES.

Nous pouvons remarquer qu'au point 3, nous avons essentiellement des matières inorganiques étant donné que la DCOt n'augmente pas alors que c'est le cas pour les MES.

Nous pouvons donc dire que de 1 vers 3 l'effluent est plus chargé en matière..

Aux vues des résultats, l'emplacement 2 semble être le meilleur site pour l'échantillonnage : il se situe au milieu entre le lieu 1 moins chargé et le 3 plus chargé.

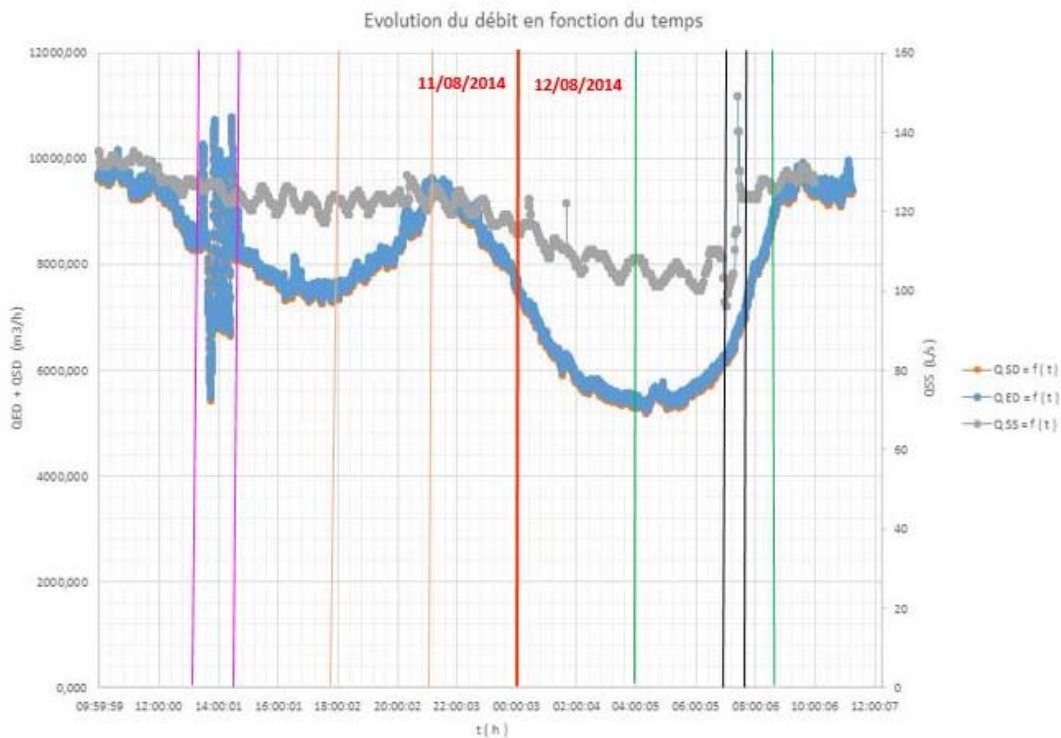
Comme déjà explicité, les différences obtenues sur les différents emplacements sont dus au retour d'effluents dans le canal d'admission, qui gêne l'homogénéisation, et aux différences de profondeur en entrée des dessableurs qui jouent un rôle sur la décantation. Moins le bassin est profond, plus le niveau d'eau est faible et l'eau usée concentrée en polluant.

B) Analyse de résultats d'une campagne

Nous allons présenter dans cette partie uniquement les résultats de la campagne d'échantillonnage réalisée le 11 et 12 août 2014.

1) Débits

L'évolution de débits d'eau à Saint Sacrement (SS), en Entrée du Dessableur (ED) et en Sortie du Dessableur (SD) est représentée en fonction du temps dans ce graphique :



Nous pouvons d'abord voir une différence de débit notable entre le réseau d'assainissement à Saint Sacrement (110 L/s) et le débit de l'usine (8500 m³/h). Cette observation est logique puisqu'à l'usine se retrouve toute l'eau usée récoltée par le réseau et que la station de Saint Sacrement ne représente qu'une infime partie de l'eau se rendant à l'usine.

Ensuite, nous observons un très faible écart entre l'entrée et la sortie dessableur. Cet écart de 60 m³/h, est dû à la portion des sables et de flottants redirigée pour traitements annexes (voir annexe 1).

En regardant l'allure des courbes, nous pouvons dire qu'il y a dans l'usine deux phases de débit croissant : le **11 de 18h à 21h** correspondant à l'utilisation de l'eau du soir et le **12 de 6h à 9h** correspondant à l'utilisation du matin. Le bassin versant dont les eaux sont récoltées puis traitées est en effet constitué très majoritairement d'habitations. Les horaires d'utilisation de l'eau sont donc en adéquation avec sa consommation domestique (douche, toilette, lavage).

Nous pouvons visualiser une fluctuation du débit de l'usine le **11 de 13h à 14h30**. Cette variation semble être la conséquence directe de l'utilisation d'eau du midi combinée à un pompage saccadé. En effet, lors de cette période, des travaux de nettoyage ont lieu sur le poste principal de pompage de l'usine.

Nous trouvons le **12 de 7h à 8h**, une augmentation du débit à Saint Sacrement correspondant sûrement à l'utilisation de l'eau le matin. Cette augmentation est tellement prononcée qu'à 7h30 une vanne s'est déclenchée afin de répartir l'eau dans le réseau et diminuer le débit.

Nous remarquons un décalage d'une heure entre les valeurs maximales atteintes de débit dans le réseau (SS) et l'usine (ED+SD).

Pour les fluctuations de débit continu à Saint Sacrement, elles sont vraisemblablement dues à des fluctuations permanentes dans le réseau venant de la remontée des eaux de la canalisation principale (intercepteur) dans le bassin collecteur de Saint Sacrement, auxquelles le débitmètre est sensible.

2) pH

a) pH entrée dessableur : données usine et analyse échantillons

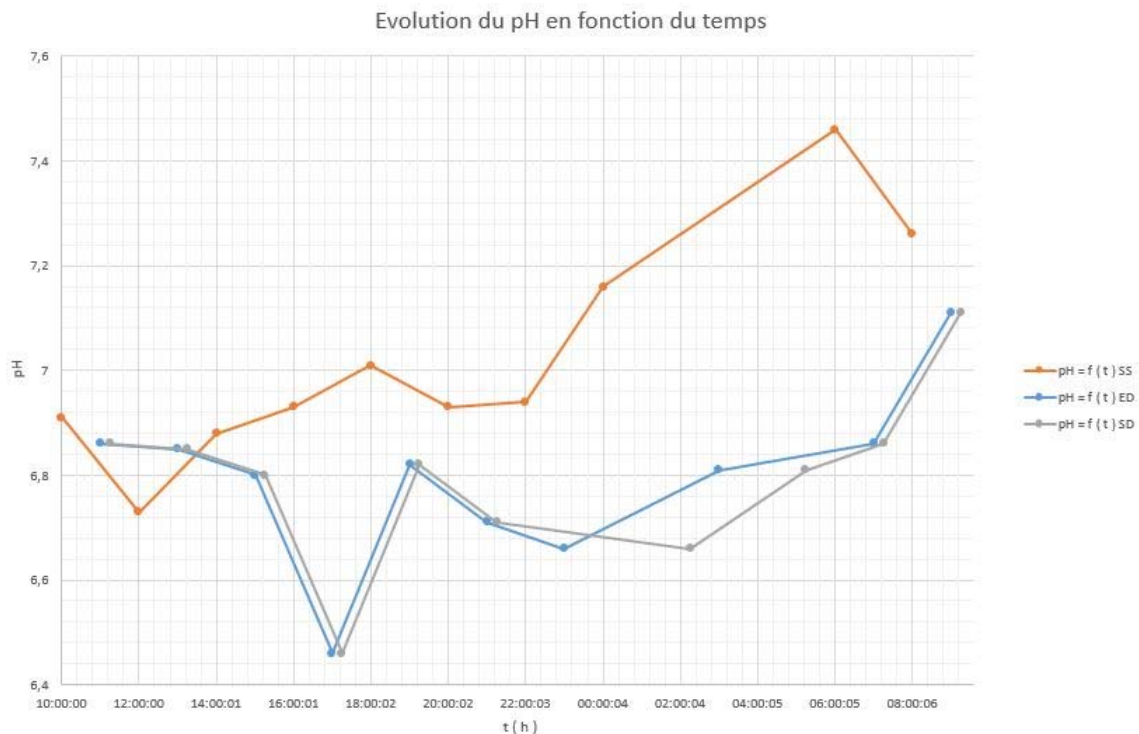


En regardant les deux courbes ci-dessus, nous pouvons voir le pH relevé par le capteur continu de l'usine et le pH obtenu après analyse de nos échantillons. Ces deux courbes abordent très approximativement la même allure. Nous voyons que les deux mesures présentent toutefois des écarts.

Nous pouvons tout de même apprécier le fait que les analyses en laboratoire donnent des valeurs qui traduisent globalement l'aspect général.

Les écarts sont dus au fait que l'échantillonneur et le capteur de l'usine ne sont pas placés exactement au même endroit ce qui crée des erreurs. Il y a également le fait que les échantillons ont pu connaître des modifications entre leurs prélèvements et leurs analyses malgré la conservation à 4°C et ne sont pas tout à fait représentatifs. L'erreur de mesure des deux appareils de mesure utilisés : capteur de l'usine et sonde du laboratoire entre aussi en compte.

b) pH des trois sites



Globalement, le pH est compris entre 6,5 et 7,5 ce qui est plutôt le pH d'une solution neutre, cela n'abîme donc pas les équipements d'une part, mais surtout les conditions de vie des bactéries présentes dans la phase de traitement secondaire ne sont pas perturbées.

Au regard de ce graphique, nous observons que le pH dans le réseau à Saint Sacrement est la plus part du temps (sauf à 11 à 12h) plus important que dans l'usine. Le pH en amont et en aval du dessableur est quant à lui, très sensiblement le même.

La différence de pH entre le réseau et l'usine peut s'expliquer par la différence de localisation des sites. En effet, l'eau entre Saint Sacrement et l'usine n'est pas la même. Elle traverse le réseau où elle se mélange et passe par le traitement de dégrillage.

3) Conductivité



Au regard de ce graphique, nous observons que la conductivité dans le réseau à Saint Sacrement est plus importante que dans l'usine. De plus, une légère tendance apparaît dans l'usine : la conductivité en entrée de dessableur semble globalement très légèrement plus haute qu'en sortie.

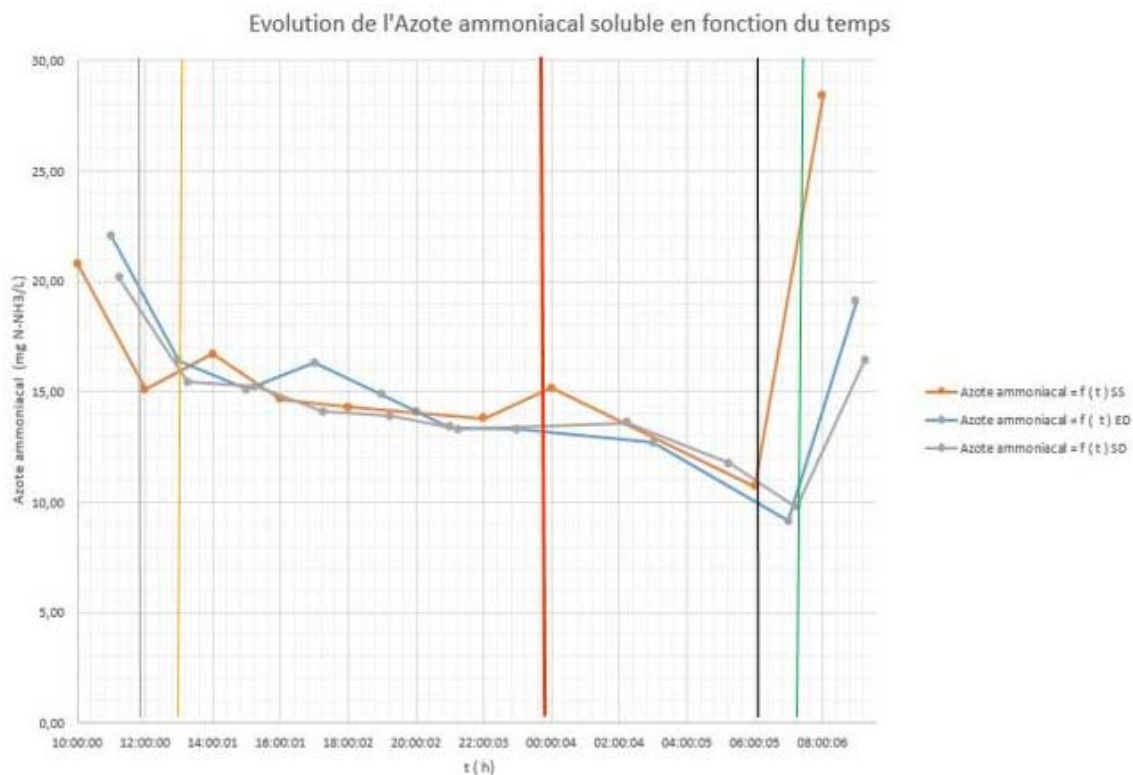
Il y a donc plus d'impuretés dans le réseau qu'en amont du dessableur, ceci à cause d'une part, du mélange et donc de l'homogénéisation des eaux usées du réseau dans l'usine et d'autre part, du traitement de dégrillage qui supprime certaines impuretés présentes dans l'eau.

Nous remarquons, pour certains horaires, des pics en relation avec des pics d'utilisation d'eau :

- **11/08/2014 18h : utilisation eau soir**
- **SS 12/08/2014 6h : utilisation eau matin**
- **ED + SD 12/08/2014 7h : utilisation eau matin**

Le décalage d'une heure entre réseau (SS) et usine (ED+ SD) observé sur les débits est encore présent.

4) Azote ammoniacal



Les courbes d'azote ammoniacal ont la même allure et des valeurs sensiblement identiques. En effet, le taux de cet élément dans l'eau usée ne baisse que lorsqu'il est traité après le dessablage, lors du traitement secondaire de décantation, où ont lieu la nitrification et dénitrification.

Il y a quelques heures remarquables :

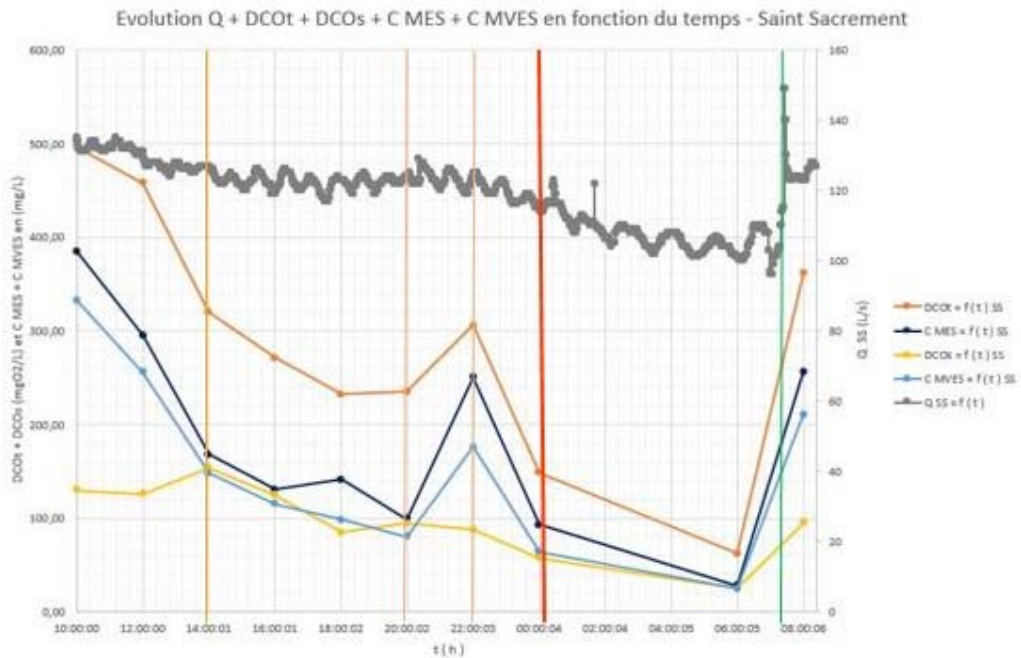
- **SS 11/08/2014 12h : fin utilisation eau matin**
- **ED + SD 11/08/2014 13h : fin utilisation eau matin**

- **SS 12/08/2014 6h : début utilisation eau matin**
- **ED + SD 12/08/2014 7h : début utilisation eau matin**

Nous avons toujours la présence d'une heure de décalage entre réseau et usine.

5) DCOt, DCOs, MES, MVES

a) Saint Sacrement



Nous pouvons tout d'abord dire que la DCO total et les MES sont plus grands que respectivement la DCO soluble et les MVES. La logique est respectée.

Les 4 paramètres étudiés ici varient de façon similaire. En effet, DCOt, DCOs, MES et MVES sont liés : plus il y a de MES dans une eau usée contenant des particules organiques, plus la DCO augmente.

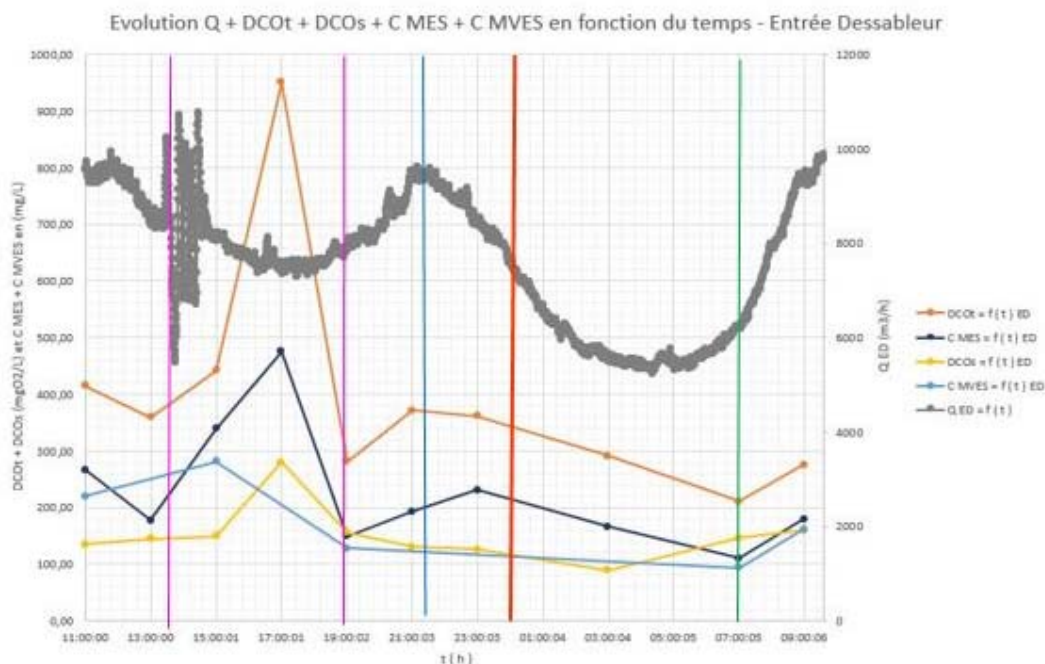
Nous notons qu'il y a une différence assez importante entre DCOt et DCOs. Nous pouvons donc dire que les particules insolubles en suspension sont en grande partie organiques.

Si nous regardons ces données, nous pouvons voir une faible différence entre MES et MVES ce qui veut dire que les particules en présence sont peu volatiles.

Comme pour les autres paramètres étudiés, nous retrouvons des points en relation avec les différentes utilisations de l'eau au cours d'une journée :

- **11/08/2014 14h : fin utilisation eau matin**
- **11/08/2014 20h – 22h : utilisation eau soir**
- **12/08/2014 7h : début utilisation eau matin**

b) Entrée dessableur



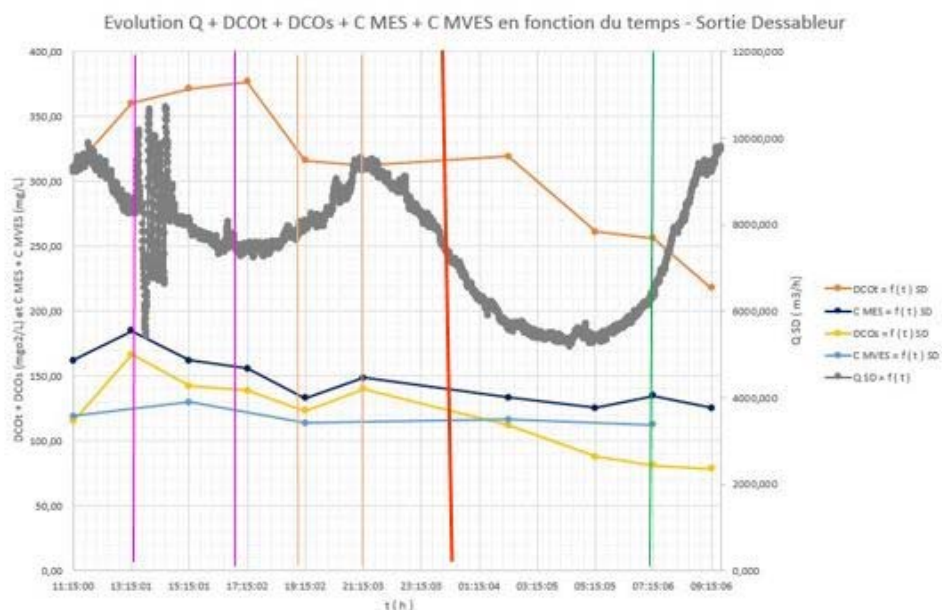
Pour première observation, nous pouvons s'étonner d'avoir sur la tranche horaire du 11 de 11h – 15h la courbe de MVES passer au-dessus de la courbe MES. Cela s'explique par le fait que seulement un échantillon sur deux a subi l'analyse des MVES, pour un gain de temps et de disponibilité du matériel adéquat. L'échantillon de 13h n'ayant pas été testé en MVES ceci explique cette aberration.

Nous retrouvons les pics quotidiens d'eau concentrée en polluant s'assimilant avec le débit d'eaux usées à traiter :

- **11/08/2014 21h : utilisation eau soir**
- **12/08/2014 7h : début utilisation eau matin**

La fluctuation du débit le **11 de 13h à 14h30** dû aux travaux, entraine l'apparition d'une très importante charge polluante (DCO, MES... etc) quelques heures en suivant vers les alentours de 17h. En effet, les travaux en question consistent à diriger manuellement un tuyau et à pomper les écumes et grosses particules qui ont décanté dans le bassin de l'un des plus important poste de pompage de la station, afin qu'elles soient traitées par l'usine.

c) Sortie dessableur



Nous avons en sortie du dessableur, une petite augmentation de DCO qui suit la variation de débit dû aux travaux. Le reste des caractéristiques testées ne semble pas être impacté. L'étape de dessablage semble donc avoir bien effectuée sa tâche puisque l'eau chargée d'écumes et de sables ressort du dessableur traitée. Nous pouvons ajouter dans ce sens que les paramètres testés sont plus faible en sortie dessableur qu'en sortie.

A nouveau, ce graphique nous permet d'apprécier un lien entre utilisation de l'eau, le débit et les paramètres qui caractérisent les eaux usées :

- **11/08/2014 19h15 – 9h : utilisation eau soir**
- **12/08/2014 7h – 9h : début utilisation eau matin**

Pour conclure sur cette campagne d'échantillonnage, nous avons, en général, 2 pics d'utilisation dans une journée correspondant à l'utilisation de l'eau : le matin (6h - 9h) et le soir (18h - 21h). Il y a ensuite un décalage de 1h entre réseau et usine qui apparait de manière redondante dû au trajet d'eau d'environ 6 km qui sépare Saint Sacrement et l'usine. De plus, il semblerait que les différences obtenues soient expliquées par la distance et les traitements qui séparent les sites ainsi que certains effets ponctuels programmés : vannes...etc et inhabituels : travaux de maintenance. Nous remarquons également un abaissement visible des paramètres analysés entre l'entrée et la sortie du dessablage, traduisant l'efficacité de ce traitement primaire.

D'autres campagnes de ce type sont réalisées. Ces différents échantillonnages sont alors comparés entre eux afin de faire naître des tendances et valider ou nuancer les observations des résultats obtenus. Les données récoltées sont rentrées dans une base de données qui est utilisée pour développer un modèle reflétant le comportement d'un dessableur en traitement primaire des eaux usées.

Conclusion

Etudier un procédé de traitements des eaux usées comme le dessablage permet d'améliorer la compréhension et par ce biais l'efficacité de ce dernier. Pour ce faire, des analyses sont nécessaires afin de déterminer certains paramètres caractérisant leur pollution.

Dans cet objectif, deux types d'échantillonneur ont dû être étudiés.

Une rapide étude de terrain a ensuite été effectuée afin de placer et d'installer ces appareils sur le réseau assainissement ainsi qu'en amont et aval d'un dessableur d'une usine de traitement de l'eau de la ville de Québec.

Ainsi, les échantillons de plusieurs campagnes ont été analysés en laboratoire. C'est sur l'ensemble de ces résultats qu'est mené le travail de réflexion.

Nous avons pu identifier le comportement du dessableur par rapport au réseau et attester de son efficacité. Il faut maintenant essayer d'améliorer ce traitement afin de le rendre plus performant.

D'un point de vue personnel, j'ai trouvé ce stage très intéressant. En effet, il m'a permis de découvrir le monde de la recherche dans le domaine du traitement de l'eau puisque j'ai pu m'intégrer à une équipe de recherche.

J'ai pu également faire connaissance avec des appareils d'échantillonnage que je ne connaissais pas et n'avais jamais eu la chance de manipuler. J'ai réalisé un SOP sur ces machines afin d'expliquer leur spécificités, comment les installer et les programmer.

J'ai pu observer les réalités auxquelles sont confrontés et doivent faire face les agents sur le terrain.

En ce qui concerne les analyses en laboratoire, je me suis familiarisé avec de nouvelles méthodes et je me suis aussi adapté aux techniques demandées.

Dans le cadre de la gestion du projet, j'ai dû être très autonome dans mon travail et prendre des initiatives. J'ai par exemple tenu un inventaire pour gérer le matériel présent dans le laboratoire pour les campagnes.

Enfin, j'ai transmis mes connaissances acquises et exposé mon travail et mes conclusions lors d'un oral devant les membres du groupe modelEAU.

Tout cela en me rendant disponible pour aider les autres étudiants stagiaires dans leur projet.

Bibliographie

EMAG SUEZ ENVIRONNEMENT. *L'assainissement des eaux usées : état des lieux et enjeux* [en ligne]. (2003, mis à jour le 17/12/2013 à 21:07.). Disponible sur <http://www.emag.suez-environnement.com/assainissement-eaux-usees-enjeu-mondial-sante-publique-protection-environnement-23066> (consulté le 18/09/2014).

WIKIPEDIA. *Canada* [en ligne]. (8 avril 2001, modifié le 10 juillet 2014 à 16:24). Disponible sur http://fr.wikipedia.org/wiki/Canada#Provinces_et_territoires (consulté le 11/07/2014).

WIKIPEDIA. *Québec* [en ligne]. (8 avril 2001, modifié le 11 juillet 2014 à 17:27). Disponible sur <http://fr.wikipedia.org/wiki/Qu%C3%A9bec> (consulté le 11/07/2014).

UNIVERSITE LAVAL, *notre université*, [en ligne]. (2003, modifié en 2013). Disponible sur <http://www2.ulaval.ca/accueil.html> (consulté le 11/07/2014).

WIKIPEDIA. *Université Laval* [en ligne]. (8 avril 2001, modifié le 17 juin 2014 à 21:07.). Disponible sur http://fr.wikipedia.org/wiki/Universit%C3%A9_Laval (consulté le 11/07/2014).

FACULTE DE SCIENCE ET DE GENIE, *modeleAU* [en ligne]. (2006, modifié en 2014). Disponible sur http://modeleau.fsg.ulaval.ca/a_propos/accueil/1 (consulté le 11/07/2014).

HACH, *Manuel d'utilisation Echantillonneur réfrigéré SD900 Sigma et chantillonneur réfrigéré tout climat*. DOC026.77.00799, Edition 4, Septembre 2008, 122 pages

VIGNEAU, Laurie, *Traitement de l'eau*, **In** : Prétraitement, cours de l'IUT GCGP de Narbonne, 2010-2011, 116 pages.

WIKIPEDIA. *Procédure opérationnelle permanente* [en ligne]. (8 avril 2001, modifié le 5 août 2014 à 13:08). Disponible sur <http://fr.wikipedia.org/wiki/POP> (consulté le 11/09/2014).

LENNTECH WATER TREATMENT SOLUTION. *Conductivité* [en ligne]. (2005, 2012). Disponible sur <http://www.lenntech.fr/applications/ultrapure/conductivite/eau-conductivite.htm> (consulté le 13/09/2014).

Annexe

Annexe 1 : Dépliant descriptif de l'Usine de Beauport

Le traitement des eaux usées : cinq opérations principales

Pour atteindre les objectifs d'assainissement, les stations de traitement des eaux usées accomplissent cinq opérations principales.

1 **Filtre en filtration**

2 **Filtre en lavage**

3 **Dressageur**

4 **Décanteur primaire**

1 **Dégrillage**

Des grilles mobiles, en acier inoxydable, retiennent les déchets et les objets flottants, les feuilles, le papier, le carton et les sacs. Ils sont entraînés par un système de convoyage vers une zone de stockage. Cette opération est essentielle pour protéger les équipements en aval et éviter les problèmes de maintenance.

2 **Dégraissage**

Les graisses et les huiles sont séparées de l'eau par flottation. Les graisses sont collectées par un système de convoyage vers une zone de stockage. Cette opération est essentielle pour éviter les problèmes de maintenance et les odeurs.

3 **Décanatage**

Les solides en suspension sont séparés de l'eau par décantation. Les solides sont collectés par un système de convoyage vers une zone de stockage. Cette opération est essentielle pour éviter les problèmes de maintenance et les odeurs.

4 **Décanatage**

Les solides en suspension sont séparés de l'eau par décantation. Les solides sont collectés par un système de convoyage vers une zone de stockage. Cette opération est essentielle pour éviter les problèmes de maintenance et les odeurs.

5 **Décanatage**

Les solides en suspension sont séparés de l'eau par décantation. Les solides sont collectés par un système de convoyage vers une zone de stockage. Cette opération est essentielle pour éviter les problèmes de maintenance et les odeurs.

2 **Décanatage, dégrillage et dégraissage**

Les solides en suspension sont séparés de l'eau par décantation. Les solides sont collectés par un système de convoyage vers une zone de stockage. Cette opération est essentielle pour éviter les problèmes de maintenance et les odeurs.

3 **Décanatage**

Les solides en suspension sont séparés de l'eau par décantation. Les solides sont collectés par un système de convoyage vers une zone de stockage. Cette opération est essentielle pour éviter les problèmes de maintenance et les odeurs.

4 **Décanatage**

Les solides en suspension sont séparés de l'eau par décantation. Les solides sont collectés par un système de convoyage vers une zone de stockage. Cette opération est essentielle pour éviter les problèmes de maintenance et les odeurs.

5 **Décanatage**

Les solides en suspension sont séparés de l'eau par décantation. Les solides sont collectés par un système de convoyage vers une zone de stockage. Cette opération est essentielle pour éviter les problèmes de maintenance et les odeurs.

- 32 -

(1) Dégrillage

Dans un premier temps, les matières solides grossières sont interceptées. Les dégrilleurs retiennent le papier, le gravier et tout gros objet introduit dans le réseau d'égout. Cette opération est nécessaire pour protéger les équipements et la tuyauterie de la station. Les déchets recueillis lors de cette première étape sont ramassés et acheminés vers l'incinérateur de la ville de Québec.

(2) Dessablage, déshuilage, dégraissage

L'opération de dessablage a pour fonction de retirer les graviers, sables et toutes grosses particules lourdes de densité équivalente, pour éviter d'endommager les équipements mécaniques mais aussi pour ne pas embourber les canaux et les bassins. La séparation, obtenue par décantation a lieu dans une eau relativement calme. Les bassins appelés dessableurs sont longs et peu profonds. Le fond du bassin est raclé pour en extraire le sable. On retire également les flottants composés d'huiles, de graisses et d'écumes par les procédés de déshuilage et dégraissage en injectant de l'air et raclant la surface de l'eau. Cette étape élimine au moins 95 % des particules de 0,2 mm (200µm) et plus. Il est extrait environ 800 tonnes de flottant et 1500 tonnes de sable par an dans l'usine. La station est équipée de cinq dessableurs aérés. Ils ont chacun une largeur de 6 m, une longueur de 30 m et une profondeur de 4 m. Les sables recueillis sont par la suite lavés et ensuite dirigés vers un site d'enfouissement. Les flottants sont concentrés puis brûlés dans un incinérateur.

(3) Décantation

Cette troisième étape consiste à extraire des eaux la majeure partie des matières solides. L'eau à l'intérieur des sept bassins de décantation circule lentement et les matières solides décantent. Les boues dites primaires qui se sont déposées au fond du bassin sont récupérées et pompées vers des épaisseurs.

(4) Biofiltration

L'eau recueillie à la décantation est d'abord relevée de 7,5 mètres au moyen de vis d'Archimède de 3 m de diamètre, avant de traverser les biofiltres par gravité. Ces derniers, d'une épaisseur de 1,6 m, achèvent de retirer des eaux les matières solides, en plus d'en éliminer la pollution organique dissoute. Un lavage fréquent des biofiltres est nécessaire pour en extraire les matières solides qui forment les boues secondaires. Les boues secondaires sont acheminées vers les épaisseurs.

(5) Désinfection par ultraviolet

De juin à septembre, une cinquième opération est nécessaire pour détruire les bactéries présentes dans l'eau. L'exposition aux rayons UV élimine une grande partie des bactéries présentes dans l'eau.

Annexe 2 : SOP DCO par méthode colorimétrique

DCO

La DCO est la quantité d'oxygène, exprimée la plus part du temps en mg d'O₂/L, qu'il faut apporter aux substances organiques et minérales d'un échantillon pour obtenir leur oxydation complète. La DCO permet d'évaluer la charge polluante d'un effluent : une DCO importante révèle une quantité importante de matière organique présente dans le milieu.

DCOt

Pour la mesure de DCOt, la méthode par colorimétrie est utilisée. Au vu de la turbidité importante des échantillons observée à l'œil nu et donc de la valeur attendue, nous utilisons les tubes Hach contenant le réactif high range (0 à 1500 mgO₂/L). Aucune dilution n'est effectuée.

Pour déterminer la DCO totale, il faut prendre un échantillon brut, sans filtration au préalable des particules non solubles en suspension. Des triplicatas (3 tests d'un même échantillon) sont réalisés.

DCOs

Le principe de la DCO soluble est le même que la DCO mais l'effluent à analyser est au préalable filtré sur un filtre de diamètre moyen de pores de 1,2 µm pour enlever les matières non solubles en suspension.

Au vu de la turbidité importante des échantillons observée à l'œil nu une fois filtrés, nous utilisons les tubes Hach, contenant le réactif low range (0 à 150 mgO₂/L). Des duplicatas (2 tests d'un même échantillon) sont réalisés.

Annexe 3 : SOP MES et MVES par méthode gravimétrique

MES

Les MES sont des matières insolubles dans les parties homogènes d'une suspension, qui forment des particules complexes de taille suffisante pour être retenues par un filtre de diamètre moyen de pores de 1,2 µm.

Au vu des effluents en présence, plutôt chargés (valeur attendu 500 mg/L à 1000 mg/L) un volume de 30 mL est filtré pour éviter le colmatage des petits filtres de 1,2 µm de diamètre de pores. Des triplicatas sont réalisés.

MVES

En continuité des MES, les MVES représentent la fraction de particule en suspension qui se volatilise durant une incinération (500°C). Elles sont majoritairement composées de matière minérales car la majorité des matières organiques sont calcinées (voir annexe 3). Des triplicatas sont réalisés.

Annexe 4 : Contrôleur échantillonneur Sigma SD 900

A) Configuration

Le contrôleur se met en route grâce au bouton « power ». Dans le menu principal, il est possible de changer certains paramètres « CONFIGURATION SYSTEME » :

- Date et l'heure
- Langue
- Configuration thermique
- Contraste
- Puissance pompe
- Mot de passe (Si oui a été sélectionné, entrez l'ancien mot de passe et appuyez sur « ENTRER ». Si vous changez de mot de passe pour la première fois, entrez « 900900 » comme ancien mot de passe)

B) Fonctionnement manuel

Utilisez le fonctionnement manuel pour collecter un échantillon instantané, déplacer le bras du distributeur ou actionner la pompe.

1) Collecter des échantillons instantanés

Des échantillons instantanés peuvent être collectés pour vérifier le volume d'échantillon ou pour collecter des échantillons sans exécuter de programme d'échantillonnage.

Procédure :

- Appuyer sur la touche de FONCTIONNEMENT MANUEL.
- Sélectionner ÉCHANTILLON INSTANTANÉ et appuyez sur ENTRER.
- La pompe va purger le tube d'admission puis collecter le volume indiqué de l'échantillon. La pompe va purger ensuite le tube d'admission.

Pour arrêter la pompe à tout moment pendant le cycle d'échantillons, appuyez sur la touche STOP.

2) Déplacer le bras du distributeur

Lorsqu'il est configuré pour des bouteilles multiples, le bras du distributeur peut être déplacé manuellement pour distribuer un échantillon instantané dans une bouteille spécifique.

- Appuyer sur la touche de FONCTIONNEMENT MANUEL.
- Sélectionnez DÉPLACER DISTRIB.
- Le nombre actuel de bouteilles s'affiche. Entrez le numéro de bouteille sur lequel positionner le bras de distributeur. Appuyer sur ENTRER.
- Le bras de distributeur va se déplacer vers la bouteille choisie.

Pour arrêter le bras du distributeur à tout moment, appuyez sur la touche STOP.

3) Démarrer ou arrêter la pompe

La pompe peut être actionnée en dehors d'un programme d'échantillonnage pour collecter un échantillon ou pour purger la tuyauterie d'admission.

- Appuyer sur la touche de FONCTIONNEMENT MANUEL.
- Sélectionnez ACTIONNER POMPE.
- Sélectionnez la direction pour actionner la pompe :
 - En avant : la pompe fonctionne vers l'avant pour collecter un échantillon et le déposer dans un récipient d'échantillon.
 - En arrière : la pompe fonctionne en sens inverse pour purger la conduite d'admission.
- L'écran affiche le pompage si la direction en avant a été choisie ou la purge si la direction en arrière a été sélectionnée.
- La pompe va fonctionner jusqu'à ce que l'on appuie sur la touche STOP.

4) Calibrage du volume

Le volume d'échantillon est calibré pour le volume indiqué dans le programme en cours. Si le volume d'échantillon est changé dans le programme, le volume d'échantillon doit être recalibré pour le nouveau volume.

- Appuyer sur CALIBRAGE DU VOLUME. Sélectionnez l'un des volumes affichés à calibrer si plus d'un est affiché.
- Sélectionner DÉMARRER. La pompe va purger le tube d'admission, puis commencer à collecter un échantillon.
- Arrêtez la pompe au volume choisi en appuyant sur la touche STOP

Si la pompe a été arrêtée au volume correct, sélectionnez FAIT. Pour répéter le calibrage, sélectionnez RÉPÉTER

C) Programme d'échantillonnage

- Sélectionner « PROGRAM SETUP » dans le menu principal.
- Sélectionner ensuite « MODIFY ALL »
- Dans « BOTTLE QUANTITY », sélectionner le nombre de bouteille présent dans l'échantillonneur, ici 24.
- Le paramètre suivant est le volume d'une bouteille (« BOTTLE VOLUME »). L'unité peut être changée grâce aux flèches (mL ou gal).
- Ensuite la longueur du tuyau (« TUBING LENGHT ») peut être sélectionnée. Ici, le tuyau mesure 600 cm.
- Après, le type de tube est demandé. Sélectionner « 3/8'' VINYL ».
- Dans « PROGRAM DELAY », le programme peut être retardé pour commencer à l'heure que l'on souhaite. Sélectionner « Enable » pour avoir un délai sinon sélectionner « Disable ».
 - Si « Enable » a été sélectionné, entrer la date et l'heure à laquelle le programme doit commencer.
- Le mode de prélèvement (« SMPL COLLECTION ») permet de choisir de collecter des échantillons à intervalles réguliers de temps ou à des volumes de débit réguliers.
 - L'échantillonnage peut être basé sur le temps (« TIME BASED ») et permet de collecter les échantillons à intervalles de temps réguliers.
 - « PACING INTVL » permet d'indiquer l'intervalle entre chaque échantillonnage.
 - Ensuite, « TAKE FIRST SMPL » permet de sélectionner si le programme commencera immédiatement (« IMMEDIATELY ») ou à la fin du premier intervalle (« AFTER INTERVAL »).
 - L'échantillonnage peut aussi être basé sur le débit (« FLOW BASED »).
 - L'intervalle de débit devant s'écouler entre les cycles d'échantillon peut être réglé dans la fenêtre « TAKE SMPL EVERY ».
 - Dans « OVERRIDE TIME », en sélectionnant activé, la collecte d'un échantillon est forcée si le volume de débit est très bas.
 - Ensuite, entrer le temps maximum entre les échantillons dans « TIME ».
 - Sélectionner si le programme commencera immédiatement ou après un intervalle dans « TAKE FIRST SMPL ».

- Ensuite, l'interface demande si les échantillons doivent être délivrés à toutes les bouteilles (« Deliver sample to all bottles? »).
 - En choisissant « YES », lorsqu'un échantillon est prélevés, il remplit toutes les bouteilles jusqu'à la dernière. Chaque échantillon sera livré dans toutes les bouteilles. Dans « RUN MODE », il est possible de choisir si l'échantillonnage s'arrête après la dernière bouteille ou jusqu'à l'arrêt manuel de l'échantillonnage.
 - Si « NO » est choisi, les échantillons seront livrés à un sous-ensemble de bouteilles. il est possible de choisir le nombre d'échantillons à collecter dans chaque bouteille (« SAMPLES/BOTTLE ») ou bien le nombre de bouteilles qui contiendra le même échantillon (« BOTTLES/SAMPLE »).
- La calibration par le temps peut être activée ou désactivée dans « LIQUID SENSOR ».
- Le volume de l'échantillon à prélever doit être indiqué dans « SAMPLE VOLUME » en mL ou gal.
- Ensuite, l'interface demande le nombre de rinçage (entre 0 et 3) pouvant être effectué avant chaque échantillonnage (« INTAKE RINSES »).
- Dans « SAMPLE RETRIES », il est possible d'entrer le nombre de nouvelles tentatives d'échantillonnage après un échec.
- Ensuite, dans « Site ID », entrer le nom du programme.
- Des options avancées sont accessibles dans « ADVANCED SAMPLING ».
- Enfin, le programme peut être lancé ou annulé. Lorsque le programme est en route, une interface permet de suivre l'échantillonnage, c'est-à-dire quand a été prélevé le dernier échantillon, combien de temps il reste jusqu'au prochain échantillonnage, etc...

Le programme peut être modifié dans le menu principal dans « MODIFY SELECTED ».

Annexe 5 : SOP Azote ammoniacal par la méthode de Nessler

Les ions ammonium, ou plus communément appelés l'« azote ammoniacal » (NH_4^+), sont présents sous forme dissoute à cause de la dissolution dans l'eau du gaz ammoniac (NH_3). Ils sont utilisés dans l'agriculture (engrais) et dans l'industrie chimique (explosifs, colles, colorants,...). Dangereux pour l'environnement, ils sont toxiques et contribuent à l'acidification de l'eau (eutrophisation) et des sols.

La mesure de l'azote ammoniacal (N- NH_3/NH_4) est réalisée ici à l'aide du réactif de Nessler, par action d'un catalyseur et d'un indicateur colorimétrique (voir annexe 4). Etant donné que nous analysons des eaux usées, la gamme « haute » (2 à 47 mg/l) est utilisée pour en déterminer la concentration. Des duplicatas sont réalisés.

Annexe 6 : Conductivité

La conductivité électrique est l'aptitude d'une solution ou d'un matériau à laisser les charges électriques se déplacer librement, donc à permettre le passage d'un courant électrique.

La conductivité d'une solution aqueuse permet donc d'estimer sa charge en ions et ainsi les impuretés présentes dans l'eau sous forme ionique, elle s'exprime généralement en $\mu\text{S/cm}$.

Nous avons effectué cette mesure en plongeant une sonde conductimétrique dans la solution à tester et en relevant la valeur stable indiquée sur le moniteur.

Annexe 7 : pH

Le potentiel hydrogène (pH) mesure l'activité chimique des ions hydrogènes (H^+). Il permet donc de mesurer l'acidité ou la basicité d'une solution.

Ainsi, dans un milieu aqueux à $25\text{ }^\circ\text{C}$:

- Une solution de $\text{pH} = 7$ est dite neutre.
- Une solution de $\text{pH} < 7$ est dite acide ; plus son pH s'éloigne de 7 et plus elle est acide.
- Une solution de $\text{pH} > 7$ est dite basique ; plus son pH s'éloigne de 7 et plus elle est basique.

Nous avons effectué cette mesure à l'aide d'une sonde pH.