
REMERCIEMENTS

Ce stage de dix semaines a été une expérience enrichissante. J'ai été encadrée et soutenue par des personnes de qualité. Je tiens donc à remercier chaleureusement tous ceux qui m'ont conseillée.

Je remercie le Professeur Peter VANROLLEGHEM de m'avoir accueillie pour ce stage.

Je remercie tout particulièrement Ludiwine CLOUZOT, ma tutrice de stage pour m'avoir encadré, pour toutes les informations et l'aide précieuse qu'elle m'a apporté durant ces dix semaines.

Je tiens à adresser mes remerciements à Nicolas ROCHE, pour sa visite au Canada et ses conseils.

Je remercie aussi Giulia BACHIS, étudiante en Doctorat, pour m'avoir fait confiance et épaulée sur le projet primEAU.

Je remercie Imen BEL HADJ, étudiante en maîtrise, pour son aide tout au long de mon stage.

Je remercie Sovanna TIK, étudiante en maîtrise, pour m'avoir fait participer à ses échantillonnages sur un décanteur réelle.

Je remercie Michel BISPING, responsable du laboratoire Recherche et Enseignement, pour m'avoir conseillée et guidée durant toute la mise en place de mon protocole.

Je remercie aussi Sylvie LEDUC, professionnelle de recherche, pour son aide au laboratoire puis ses conseils.

Je remercie également Denis Dufour, technicien responsable assainissement, pour son aide à la station et toutes les informations données sur la station d'épuration.

SOMMAIRE

NOMENCLATURE

STEP : Station d'épuration

Mo : Masse de ballon + Masse de billes à ébullition

Mf :

Ml :

Ci :

Cf :

RWT : Rhodamine WT

RCM : Réacteur Complètement Agité

T moy : Temps de séjour moyen calculer par rapport au test traceur

T th : Temps de séjour théorique c'est le rapport du volume sur le débit

Liste des figures et tableaux

INTRODUCTION

J'ai effectué mon stage de deuxième année de DUT au laboratoire de recherche modelEAU du département de Génie civil et Génie des eaux de l'université Laval à Québec.

L'eau est un élément indispensable pour l'homme, que ce soit pour une utilisation individuelle ou industrielle. A l'échelle mondiale, le traitement des eaux usées constitue le premier enjeu de santé publique : plus de 4000 enfants de moins de 5 ans meurent chaque jour à cause de l'absence de traitement des eaux.

Les eaux usées sont toutes les eaux chargées de différents composés provenant de la population humaine mais aussi des activités commerciales et industrielles qui sont de nature à polluer les milieux dans lesquels ces eaux sont déversées. C'est pourquoi, dans un souci de respect de ces différents milieux, des traitements sont réalisés sur ces effluents par le réseau d'assainissement urbain.

Ces traitements peuvent être réalisés de manière collective dans une station d'épuration ou de manière individuelle. La plupart des stations d'épuration fonctionnent selon les mêmes processus de base, mais des différences plus ou moins importantes peuvent exister dans la manière de mettre en place ces processus. Le traitement se divise généralement en plusieurs étapes.

La station avec laquelle j'ai travaillé à un procédé différent des stations classiques. Nous découvrirons les différentes étapes de cette station dans la partie II.1.3.

Le but du projet dans lequel j'ai participé est de modéliser un décanteur primaire, c'est pourquoi j'ai effectué des tests sur le décanteur primaire.

Dans un premier temps je vais présenter l'université Laval, le groupe de recherche auquel j'ai participé. Il suivra la synthèse bibliographique dans laquelle je détaillerais tous sur la step de Québec. Dans une troisième partie je détaillerais toutes les méthodes et le matériel que j'ai utilisé. Ensuite je présenterais les résultats obtenus puis les conclusions apportées. Pour finir sur une conclusion générale et une conclusion personnelle.

I. Présentation de l'université Laval

1. Histoire

L'université Laval a été la première université francophone en Amérique. En 1663, le premier évêque de la colonie, Monsieur François de Montmorency-Laval, fonde à Québec le premier établissement d'enseignement de la Nouvelle-France : le Séminaire de Québec.

Près de 200 ans après, en 1852, cet établissement crée l'Université Laval, la source de tout enseignement supérieur de langue française au Québec, au Canada et en Amérique.

L'Université Laval avec ses 11000 personnes en poste reçoit chaque année près de 45000 étudiants dans ses 17 facultés et ses 66 départements, écoles et instituts.

C'est le département de Génie Civil et Génie des Eaux de la Faculté des Sciences et de Génie qui accueille le groupe de recherche modelEAU. L'équipe modelEAU effectue des recherches sur la Modélisation de la Qualité de l'Eau. Ce groupe a été monté en février 2006 par Peter VANROLLEGHEM.

Le département de génie civil fondé en 1950 a développé une expertise en génie des eaux et offre depuis l'année dernière le seul programme au Québec en génie des eaux. Pour ces raisons, la Bibliothèque de l'Université Laval a dû développer une importante collection de documents sur le thème de l'eau, autant sur le plan de la biologie, de l'ingénierie que de la gestion.

Ce département est composé de professeurs, d'étudiants et de plusieurs groupes de recherche. J'ai fait partie du groupe de recherche modelEau pendant toute la durée de mon stage.

2. Présentation du groupe modelEau

modelEAU est le groupe de recherche fondé à partir de la Chair Canadienne de Recherche en modélisation de la qualité de l'Eau décernée au Professeur Peter Vanrollegheem en février 2005. Les thèmes de recherche de modelEAU sont basés sur la recherche de méthodes sur la modélisation pour pouvoir prendre des décisions pour améliorer la sortie des eaux de la step.

La recherche focalise sur les aspects méthodologiques de la collecte et de l'évaluation de la qualité des données, du développement de nouveaux modèles. Le tout est fait pour améliorer les approches de modélisation, optimiser des systèmes d'eau sur la base de modèles, et en développant des logiciels qui supportent ces études.

Dans le groupe modelEAU il y a plusieurs projets, rivEAU, retEAU, monEAU, alEAU et primEAU. Tous ces projets ont un but final différent. Par exemple le projet alEAU qui a pour but d'améliorer la coagulation et la floculation par ajout d'alun et de polymères dans le décanteur primaire. J'ai travaillé pendant dix semaines sur le projet primEAU.

3. La sécurité à l'université

A mon arrivée j'ai dû suivre deux formations obligatoires pour pouvoir travailler dans le laboratoire de recherche.

La première a été une formation pour la sécurité du laboratoire, une formation animée par Michel BISPING. Celle-ci consiste en une visite du laboratoire de recherche et une explication des gestes à faire en cas de danger (exemple : se mettre sous la douche en cas d'éclaboussure d'un produit corrosif...).

Ensuite comme dans tous les laboratoires le port de la blouse et des lunettes sont obligatoire, ainsi qu'une tenue adéquate c'est-à-dire des chaussures fermées, un pantalon et les cheveux attachés pour ceux qui ont des cheveux longs.

La deuxième formation que j'ai suivie est la formation SIMDUT (Système d'Information sur les Matières Dangereuses Utilisées au Travail) présentée par Mario BOUCHER. Dans cette formation Mr. BOUCHER nous informe sur le danger qu'il y a dans un laboratoire ainsi les précautions à prendre. On a donc vu quelques pictogrammes et des fiches de sécurité.

J'ai retenu de ces formations qu'avant chaque manipulation avec des produits chimiques il faut prendre le temps de lire sa fiche de sécurité afin d'éviter le danger.

II. Synthèse bibliographique

1. Présentation de la station de traitement des eaux usées de la Ville de Québec

1. Historique

Les stations d'épuration de la Ville de Québec ont été conçues suite aux consultations publiques conduites à la fin des années 80. L'idée est de retourner les effluents au fleuve Saint-Laurent en lui conservant ses utilisations (baignade, sports aquatiques), une étape de désinfection est donc nécessaire. L'objectif de limiter les nuisances de voisinage a mené à la conception de stations entièrement couvertes disposant d'un système de traitement de l'air. Une seule salle de contrôle, située à la station Est pilote l'ensemble du réseau et les deux stations. Le coût d'opération annuel est évalué à 10 millions de \$CAD.

En 2006, le coût du traitement s'élevait à **0,56 \$CAD/m³**, ce qui inclut les frais de gestion du réseau, des stations et des infrastructures, l'amortissement, l'intérêt sur la dette, la gestion du parc informatique, le personnel, etc.

Les stations Est et Ouest sont équipées du même type de traitement pour la filière eau, seul le nombre d'équipements diffère. Le traitement des boues des deux stations étant effectué à la station Est, une conduite de près de 12 km y achemine les boues mixtes de la station Ouest.

Durant ma période de stage j'ai travaillé seulement avec des échantillons prélevés à différents endroits de la station EST.

2. Procédé de la station Est

Le débit moyen à l'entrée est d'environ 8000 m³/h, il est influencé par la pluie.

Pour commencer nous avons le prétraitement, qui débute par un dégrillage qui consiste à enlever les matières solides les plus grossières (gravier, papier...).

Ensuite il y a le dessablage et déshuilage (d'environ 5 mètres de profondeur). Il injecte de l'air par les cotés des bassins afin que les huiles et écumes montent en surface et les sables se déposent au fond, pour les recueillir à l'aide de racleurs. Les huiles et écumes sont ensuite épaissies et envoyées à l'incinérateur et les sables sont acheminés au site d'enfouissement de

Ste-Tite des Caps. Les huiles ne sont pas toutes traitées dans le dessableur une partie sera traitée encore dans le décanteur primaire grâce à des racleurs.

L'étape de décantation primaire (7 d'environ 5 mètres de profondeur) consiste ensuite à faire sédimenter la majeure partie des restes de matières solides. Ces matières solides vont former des boues qui seront soutirées. Ils ont un décanteur lamellaire qui fonctionne à contre-courant, le principe de celui-ci est de faire circuler les eaux usées au travers de plaques lamellaires qui retiennent les matières décantables. L'eau circule du bas vers le haut et les boues séudent au fond. Les boues dites primaires sont raclées puis pompées vers les épaisseurs.

Les eaux recueillies à la décantation primaire sont relevées de 7.5 mètres par une ou deux vis d'Archimède de 3 mètres de diamètre tournant à environ 25 tours/min. Elles relèvent exactement la quantité d'eau à traiter, minimisant ainsi les coûts.

Les eaux traversent ensuite par gravité les biofiltres (eau et air dans le même sens). Les biofiltres ont deux fonctions principales : l'enlèvement des matières solides restantes par le mécanisme de filtration et la capture de la pollution organique dissoute par les micro-organismes.

Cette filtration et cette capture sont réalisées à l'aide d'un média-filtrant appelé biolite et constitué d'un schiste argileux expansé. Le lit filtrant est d'une épaisseur de 1.6 mètre. Il s'agit de petits agrégats (3 mm de diamètre moyen) servant de support aux bactéries qui s'y installent, respirent l'air qui passe et digèrent la pollution contenue dans les eaux usées. On parle donc d'un milieu vivant, entièrement biologique qui évite l'utilisation de produits chimiques. C'est aussi un milieu fragile. Des lavages à contre-courant (eau-air) dans chaque biofiltre sont effectués toutes les 48 heures en moyenne pour éviter le colmatage.

Les eaux de lavage passent par 2 décanteurs secondaires d'où sont extraites les boues secondaires qui sont pompées aux épaisseurs.

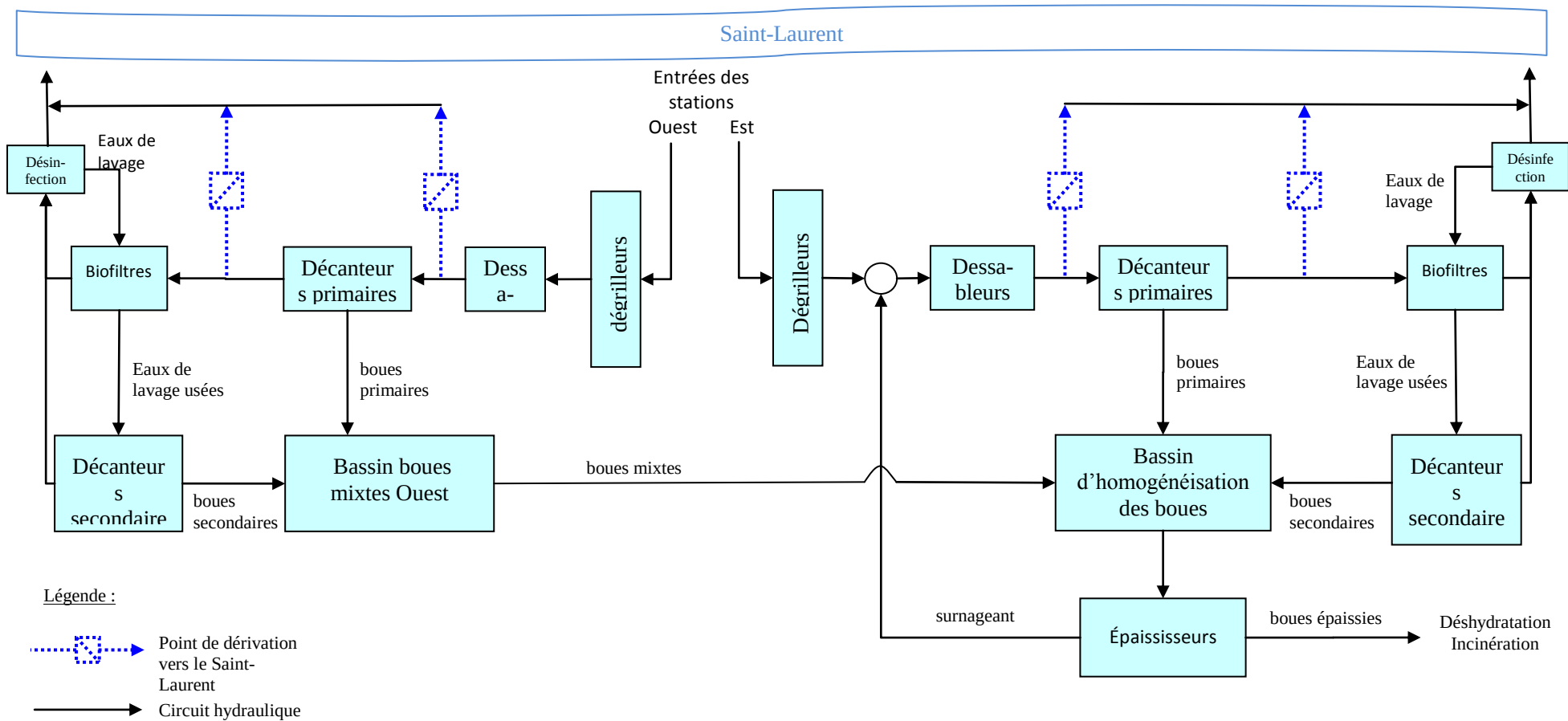
L'eau qui sort des biofiltres est débarrassée de 91% des matières en suspension et de 84% de la pollution organique dissoute.

De juin à septembre, ils exposent l'effluent à des rayons ultraviolets pour éliminer 99.5% des coliformes fécaux. Ils utilisent cette étape seulement durant cette période car l'eau doit être désinfectée pour les activités aquatiques.

L'eau traitée est finalement évacuée de la station par une conduite sous-fluviale, munie d'un diffuseur qui répartit les eaux traitées dans le fleuve.

Ensuite, à la station Est seulement il y a le traitement des boues, avec 4 épaisseurs. Les boues primaires et secondaires des 2 stations sont acheminées aux épaisseurs qui sont des bassins circulaires à fond conique. Les boues pénètrent dans les réservoirs à 1 % de matières solides et en ressortent à 5 %. Les boues épaissies sont pompées vers la station de traitement des boues située à l'incinérateur où elles seront déshydratées à 28 % , puis séchées à 95 % à l'aide de gaz chauds pour enfin être incinérées avec les déchets domestiques.

La sédimentation qui se produit dans les épaisseurs est de type freinée (mouvement de masse contrairement à sédimentation discrète ou floculée dans les autres traitements physiques de la station). Pour ce processus d'épaississement, le soutirage des boues est un élément critique de la conception, parce que la surface est calculée selon la capacité de soutirage et du flux massique.



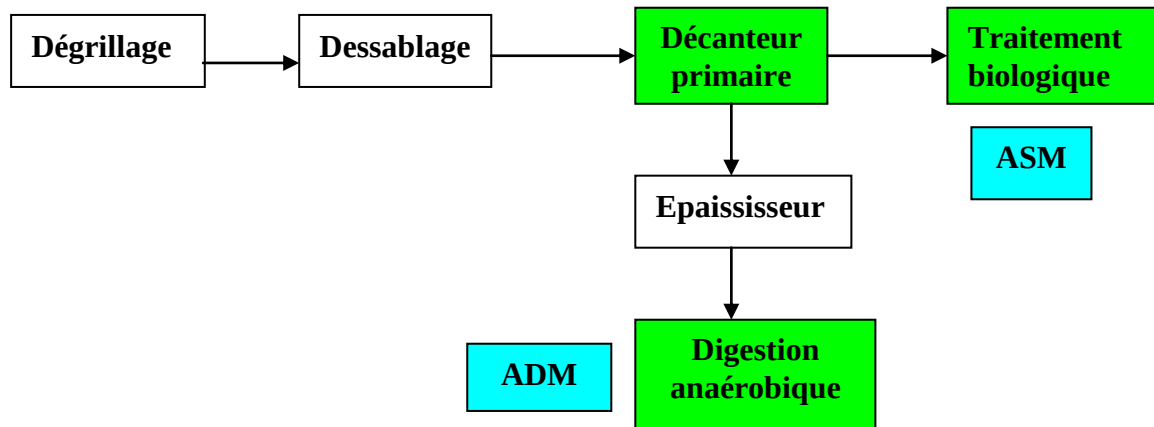
2. Importance des décanteurs primaires

La séparation des matières solides présente dans une phase liquide par décantation ou sédimentation est l'un des procédés physique les plus utilisés dans les stations de traitements des eaux usées. La plupart de ces stations utilisent des décanteurs ou bassins de décantation dotés de racleurs mécaniques. Ces décanteurs sont de forme circulaire ou rectangulaire, suivant respectivement un modèle d'écoulement radial ou horizontal.

Les bassins de décantation primaire reçoivent les eaux usées des autres opérations unitaires du traitement primaire comme le dégrillage, le dessablage, et le dégraissage. Un écoulement relativement calme au sein des décanteurs permet aux particules de sédimer et de former une couche épaissie au fond du décanteur. Cette couche forme les boues primaires qui vont bien souvent être soutirées vers des bassins d'épaississement. En plus du flux vertical de sédimentation l'entrée d'eau vient générer un second flux vertical. Le surnageant ainsi clarifié quitte le décanteur par le biais de sur verses.

3. Le projet primEAU

Il existe plusieurs modèles, les modèles auxquels je m'intéresse en particulier sont les modèles ASM et ADM. Le modèle ASM permet de connaître le traitement à boues activés et le modèle ADM permet de connaître le traitement de la digestion anaérobique. Ce sont des modèles qui sont très importants car ils tiennent compte des phénomènes biologiques qui se passent dans le procédé. Leurs intérêts est d'obtenir une meilleurs qualité d'eau en sortie de la step. Pour améliorer ces deux modèles, on peut améliorer la décantation primaire.



Dans le projet il y a plusieurs objectifs. Les objectifs principaux, comme l'amélioration de la décantation primaire dans une filière de traitement à boues activées de ce fait le passage d'un modèle biologique lié aux modèles ASM et ADM.

On veut aussi éliminé les matières organiques dans les eaux usées. Ces matières organiques vont donc se retrouver dans les boues. Par fermentation dans le procédé de la digestion anaérobie celle-ci vont formés des biogaz riche en méthane. Ces biogaz lors de leur combustion produisent de l'énergie qui pourrait servir à l'éclairage, le chauffage, etc.

Ensuite il y a des objectifs secondaires, comme la caractérisation des vitesses de sédimentation de particules, afin de déterminer la distribution de vitesse de différentes particules. On veut aussi améliorer la coagulation et la floculation par ajouts de produits chimiques. Pour finir on veut développer des méthodes de fractionnement des échantillons en relation avec les deux modèles, comme par exemple l'étude des lipides.

4. Conclusion de la synthèse bibliographique

Dans ce projet je dois mettre en place un protocole pour déterminer la concentration en lipides dans les boues. Je me situe donc dans le développement des méthodes de fractionnement des échantillons. La méthode qu'on a choisi est la méthode de soxhlet, je vais donc rassembler tous le matériel, faire le montage, étudier la cinétique et enfin donner un ordre de grandeur de l'entrée, la sortie et des boues primaires, grâce à des échantillons prélevés a station d'épuration EST au niveau du décanteur primaire.

Je vais également participer à l'étude hydrodynamique du décanteur primaire pilote.

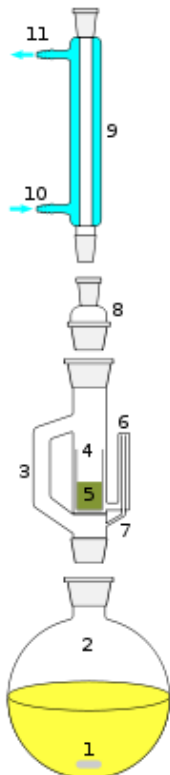
III. Matériels et Méthodes

1. Mise en place du protocole d'analyse des lipides

1. Choix de la méthode

D'après le livre sur les méthodes standards, on a pu conclure que la méthode soxhlet était la plus utilisée et la plus appropriée pour l'étude des lipides dans les eaux usées. C'est une méthode qui prend beaucoup de temps mais qui est très précise.

2. Principe



Légende du schéma :

- 1- Billes à ébullition
- 2- Ballon en pyrex de 250 ml remplie de 100 ml de solvant
- 3- Retour de distillation
- 4- Corps en verre
- 5- Cartouche de cellulose
- 6- Haut du siphon
- 7- Sortie du siphon
- 8- Adaptateur d'expansion
- 9- Condenseur
- 10- Entrée de l'eau de refroidissement
- 11- Sortie de l'eau de refroidissement

Comme on peut le voir dans le schéma et la légende, un ensemble soxhlet est constitué d'un ballon monocol, d'un condenseur et d'un extracteur. Ce dernier présente un système de tube permettant la vidange du corps en verre. A l'intérieur de la cartouche de cellulose on y insérera le solide dont on veut extraire les lipides.

3. Fonctionnement

Placer le produit dont on souhaite extraire les matières grasses dans la cartouche de cellulose, puis dans le réservoir soxhlet. Dans le ballon introduire quelques billes à ébullition, celle-ci empêchent le solvant de s'emballer. Ensuite remplir le ballon de 100 ml de solvant qui sera de l'hexane et surmonter l'extracteur d'un condenseur. A l'aide d'un chauffe ballon, porter le solvant à ébullition. Celui-ci sera condensé par le condensateur. Il tombe alors dans le réservoir contenant la cartouche de cellulose et solubilise la substance à extraire. Le réservoir se remplit, dès que le niveau de solvant est à la hauteur du coude 6, le réservoir se vidange automatiquement (c'est un cycle). Le solvant et les lipides sont entraînés dans le ballon. Pour réaliser une extraction correcte on règle le chauffe ballon de manière à obtenir 20 cycles par heure pendant 4 heures.

4. Mise en place du protocole

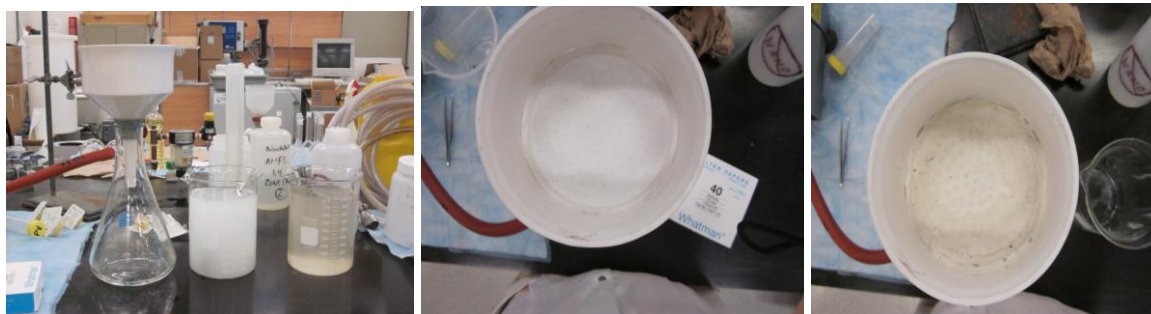
Il y a des manipulations à effectuer avant le fonctionnement de la méthode Soxhlet. Pour commencer on doit préparer l'échantillon puis le filtrer avant de l'insérer dans la cartouche de cellulose.

Dans un premier temps il faut récupérer des échantillons à différents endroits de la step.

Ensuite il faut préparer l'échantillon à analyser. Cette n'est pas compliqué est très rapide. Après avoir verser un volume connu de l'échantillon dans bécher, à l'aide d'un papier pH vérifier le pH de l'échantillon. Celui-ci étant de l'eau usée le pH est en moyenne de 7. Avec de l'acide sulfurique, il faut acidifier l'échantillon à $\text{pH}=2$. Généralement 4 ml suffisait pour atteindre l'objectif. Cette étape est très importante car dans l'échantillon il y a des lipides liés et des lipides non liés. L'acide va casser les liaisons des lipides liés, afin d'avoir seulement des lipides non liés et donc une bonne matrice.

Ensuite il faut préparer une filtration sous vide. Le matériel dont j'ai eu besoin pour cette étape est un Büchner, de papier filtre (wattman 40), de papier de soie, d'une pompe à vide, d'un joint conique et d'une fiole à vide. Pour commencer il faut découper des disques de papier de soie de diamètre 12.5 cm. Puis rincer ce disque à l'hexane, car il pourrait être contaminé par des microparticules contenant des lipides. Après avoir accorder la fiole à vide à la pompe et après avoir surmonter cette fiole du joint conique et du Büchner ; insérer le disque de papier de soie au fond du Büchner, puis un papier filtre. Allumer la pompe et humidifier le filtre et le papier de soie.

Pour aider la filtration, il est conseillé dans le livre des méthodes standard de filtrer une suspension de filtre avant de filtrer l'échantillon. Il faut donc préparer une solution de 10g/L de diatomaceous earth (Analytical Filter Aid), pour ensuite la filtrer. Cette suspension va déposer une fine couche au dessus du filtre, par la suite on pourra filtrer l'échantillon acidifié.



Après l'étape de filtration on peut préparer la cartouche de cellulose. Dans la cartouche on introduit le filtre et le papier de soie à l'aide d'une pince. Pour ne perdre aucune matière grasse de l'échantillon, nettoyer le Büchner avec des morceaux de papier filtre imbibé d'hexane. Insérer ces morceaux de papier filtres dans la cartouche. Mettre ensuite la cartouche dans le four à 105°C pendant 25 minutes. Par la suite laissez-la refroidir dans un dessiccateur environ 10 minutes. Puis rincer à l'hexane un bout de laine de verre, qu'on laissera sécher sous la hotte pour ensuite l'introduire à l'intérieur de la cartouche. La laine de verre est indispensable elle permet qu'aucun solide sorte de la cartouche. Pour finir on peut enfin introduire la cartouche dans le corps de l'extracteur.

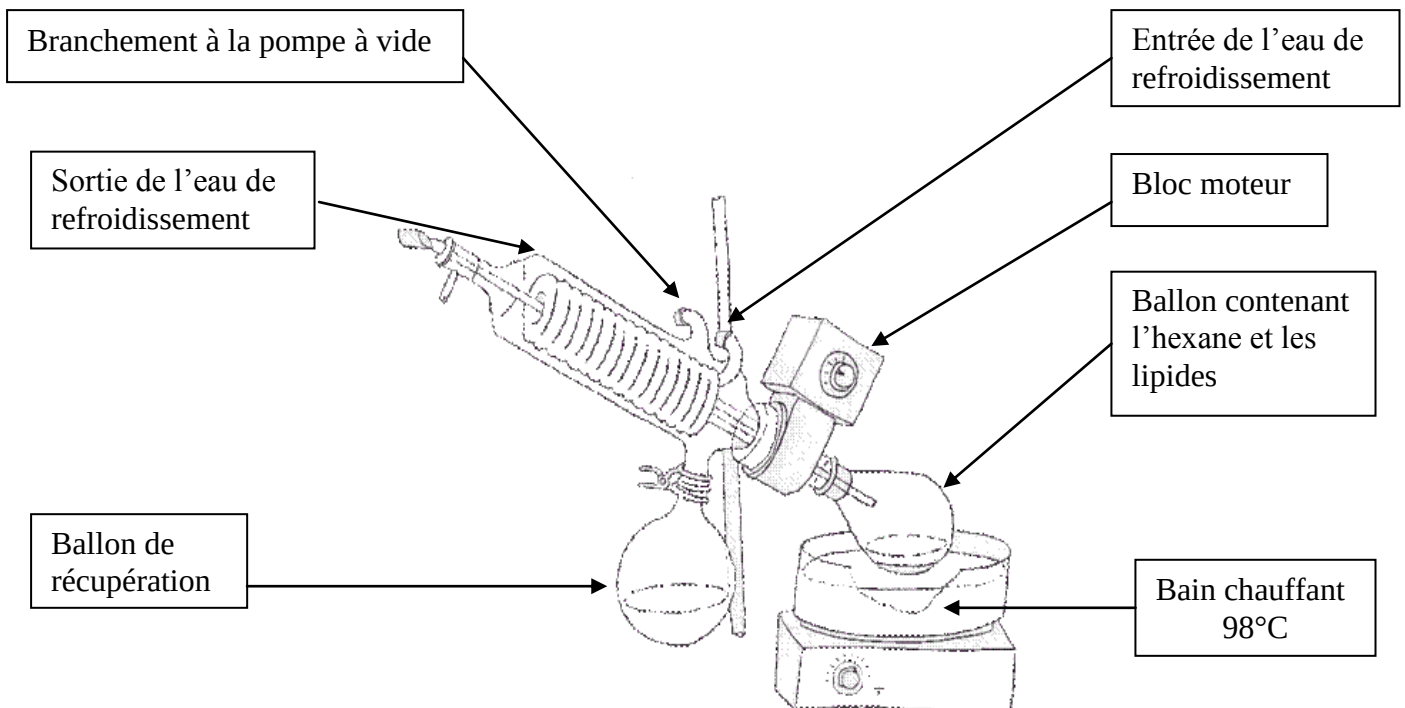


Ensuite on introduit les billes à ébullition dans le ballon puis on pèse celui-ci, on notera la masse en gramme Mo. On y ajoute 100 ml d'hexane. On peut enfin commencer l'extraction après avoir placé le ballon dans le chauffe ballon. On règle la chauffe afin d'obtenir une température de 104°C. La chauffe est très importante pour régler les cycles. Si on atteint 104°C, on fera 20 cycles par heure. D'après la littérature on doit atteindre 80 cycles pour considérer que l'extraction soit réussie.



Une fois l'extraction terminée dans le ballon on a les lipides et le solvant. Pour peser la masse de lipides noté M_l , on doit évaporer l'hexane. Pour cette étape on utilise un évaporateur rotatif. C'est un appareillage composé d'un condenseur, d'un moteur, d'un bain chauffant, d'une pompe à vide et d'un ballon de récupération. Le principe est de faire tourner le ballon contenant le solvant dans le bain chauffant, afin que tout le ballon soit en contact avec le chaud. Le solvant va s'évaporer et tomber dans le ballon de récupération. L'hexane étant un solvant très volatil, 15 minutes suffisent pour évaporer la totalité du solvant. Ensuite on doit laisser le ballon refroidir dans un dessiccateur ou sous la hotte avec un bouchon. Une fois le ballon refroidie on peut peser la masse de lipides.





5. Échantillonnage

L'échantillonnage à la step se fait à l'aide d'un béccher qui est rattaché à une perche. Pour l'étude des lipides il est très important de récupérer les eaux usées dans des bouteilles en verre. Si on utilise des bouteilles en plastique, les lipides peuvent rester coller à la paroi. On aurait donc des pertes trop importantes et les résultats ne seraient pas représentatifs.

Pour récupérer les échantillons on doit prendre un glaciaire rempli de glace pour garder les échantillons frais. En arrivant au laboratoire il faut étiqueter chaque bouteille et les mettre dans la chambre froide à 4°C.

On peut les conserver quelques jours dans la chambre froide ou bien on peut les congeler.



6. Etude sur la validation du protocole

Pour valider le fonctionnement de mon protocole j'ai décidé d'étudier la cinétique. Pour commencer j'ai prélevé des échantillons à différents endroits de la step EST. J'ai récupéré des échantillons en amont du décanteur primaire et après le dégrillage. J'ai d'abord étudié c'est deux échantillons pour avoir un ordre de grandeur. En effet en amont du décanteur primaire il ne devrait pas avoir de lipide or comme on a pu le voir précédemment les huiles sont encore traitées dans le décanteur primaire.

Ensuite j'ai effectué deux études cinétiques. La première étude cinétique j'ai ajouté une masse de lipide connue dans l'eau usée en amont du décanteur primaire. J'ai donc déterminé une concentration initiale et une concentration finale que j'ai pu comparer. J'ai ensuite effectué une nouvelle étude sans ajout et seulement avec l'eau usée à l'entrée du décanteur primaire. J'ai effectué une étude de 2, 4 et 6 heures pour les deux études. D'après les résultats obtenus j'ai ajouté une étude de 8 heures seulement pour les échantillons d'eaux usées sans ajout.

Pour finir j'ai déterminé l'ordre de grandeur pour l'entrée, la sortie et les boues primaires du décanteur primaire de la step. La step ayant un fonctionnement problématique aucun bilan n'a pu être effectué.

7. Relations des calculs

CALCUL DE LA MASSE DE LIPIDES :

$$M_l = M_f - M_o$$

CALCUL DE LA CONCENTRATION FINALE :

$$C_f = M_l / V$$

ERREUR :

$$\% \text{ d'erreur} = ((C_{\text{moy}} - C_f) / C_{\text{moy}}) * 100$$

2. Etude sur le décanteur primaire pilote

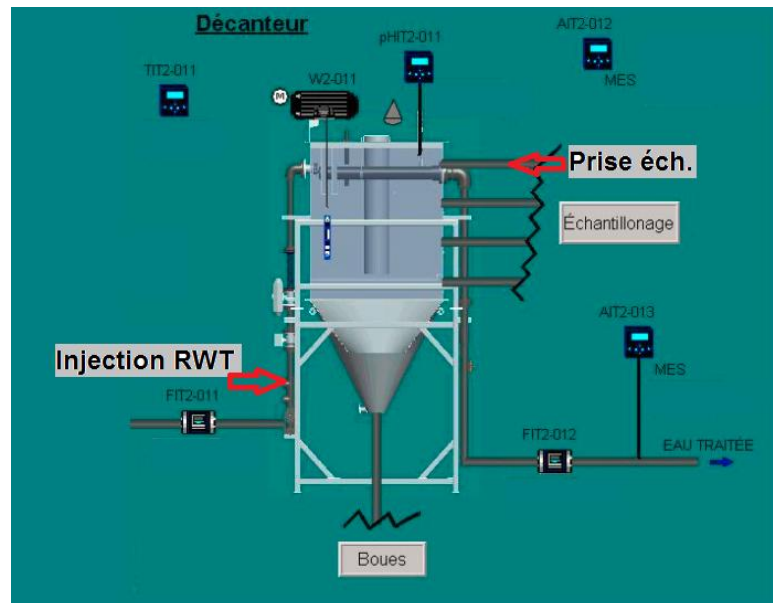
1. Décanteur pilote

En vue d'accroître les connaissances sur la décantation primaire, une vaste campagne d'échantillonnage et de mesure va être menée sur une installation pilote de décanteur primaire. En juillet 2010, le pilote a été installé par l'entreprise John Meunier.

Cette installation, d'échelle relativement grande pour un pilote de recherche, s'apparente à un décanteur primaire rectangulaire d'un volume d'environ 5 m³. La hauteur effective du pilote est de 3.20 m et le volume utile est de 4.85 m³ selon les données calculées lors de la conception de l'installation.

L'alimentation du pilote en eaux usée ou eau brute est réalisée par une pompe immergée en amont du septième décanteur primaire de la station d'épuration Est. La pompe peut fournir un débit supérieur à 20 m³/h mais un débit au-delà de 4 à 5 m³/h n'est pas utile lorsque l'on travaille en décantation primaire sans lamelle avec ce pilote.

Les entrées et sorties de matière du pilote sont représentées sur la figure ci-dessous. Plusieurs points d'échantillonnage sont remarquables : un sur le tube d'alimentation et 4 différentes hauteurs de la cuve de décantation. Les purges de boues sont effectuées par une pompe de boues. Le volume et la fréquence des purges sont choisis par l'opérateur directement sur l'interface du panneau de commande. Les boues sont mélangées à l'eau traitée pour ne pas rejeter directement les boues primaires dans les égouts.



Avant que la campagne de mesure sur la décantation primaire ne soit lancée, des tests traceurs à la Rhodamine W.T (colorant fluorescent) ont été effectués sur le décanteur pilote.

2. Principe du test traceur

Les tests traceurs sont communément utilisés pour obtenir des informations concernant l'hydrodynamique d'une installation. En pratique, les résultats de ce type de test sont habituellement utilisés pour déterminer le modèle d'écoulement prédominant et les divers phénomènes menant à des écoulements non-idéaux. Ces phénomènes peuvent être des courts circuits, des volumes morts, etc.

On injecte une masse connue de traceur. On récupère on point d'échantillonnage des échantillons au cours du temps. Ainsi une courbe de la concentration en fonction du temps peut être tracée. Connaissant le débit imposé à l'installation, il est possible de calculer la quantité de traceurs récupérée en sortie.

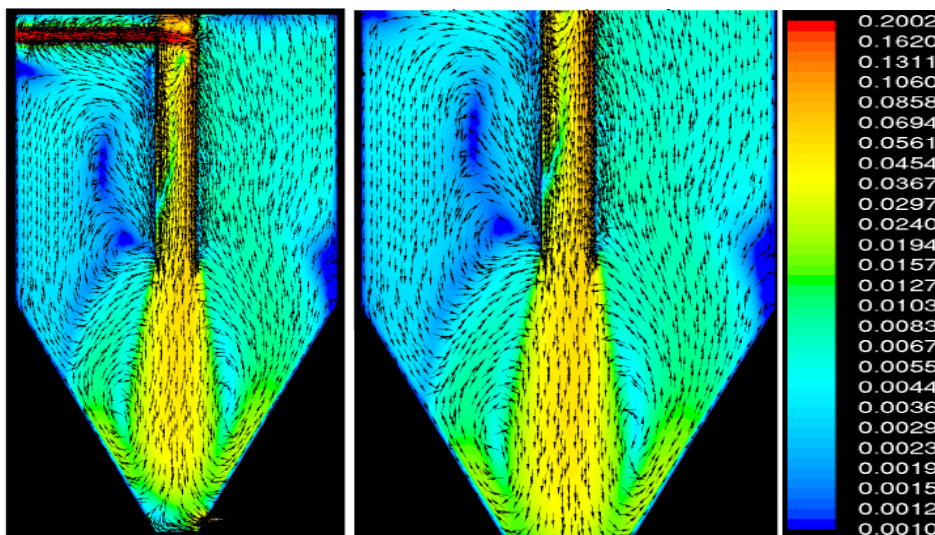
Un traceur chimique doit être dissout dans l'eau à des concentrations qui ne doivent pas changer la densité du milieu transporteur, l'eau usée dans le cas étudié. De plus, les traceurs utilisés doivent être conservatifs et ne doivent pas pouvoir s'adsorber sur les particules ni

même réagir avec ces dernières. Avant de commencer tout test, la concentration en traceur dans l'effluent mis en jeu doit être mesurée, afin de s'assurer qu'elle est constante et de pouvoir la différencier de la quantité injectée.

Les colorants fluorescents sont très souvent utilisés pour des tests traceurs. En effet ils présentent l'avantage de pouvoir être détectés à de très faibles concentrations en utilisant un fluorimètre.

La RWT n'est pas un traceur totalement conservatif mais est probablement le colorant au meilleur rapport qualité prix. C'est un traceur très populaire grâce à sa haute détectabilité.

Un ingénieur du pôle Anjou Recherche de Veolia Eau a effectué une étude numérique en CFD. Les résultats de cette étude serviront à la comparaison des résultats obtenus sur les tests traceurs.



3. Mode d'injection de RWT

Avant d'injecter la RWT le pilote doit être en régime permanent. L'injection de la RWT doit se faire rapidement. Un technicien est venu mettre en place une pompe péristaltique. Ensuite on a pu injecter sous forme d'impulsion dans le tuyau d'entrée 10

grammes de RWT. La RWT étant très visqueuse pour qu'elle soit plus facile à manipuler on y ajoute de l'eau distillé peut importe le volume.

4. Test à la RWT

Lors de la documentation sur les tests traceurs avec la Rhodamine WT, une étude coécrite par Paul LESSARD, un professeur du Département Génie Civil et Génie des Eaux, a été menée sur un décanteur pilote de même échelle. La publication relative à cette étude traite aussi de la modélisation de la décantation primaire et un test traceur à la rhodamine a aussi été pratiqué.

Les échantillons ont été pris à partir du temps 0, qui correspond au moment où la Rhodamine WT arrivait au tuyau d'entrée du pilote. Le suivi a durée 4 heures.

Le point d'échantillonnage le plus haut dans la cuve du pilote est choisi pour le prélèvement. Ce point d'échantillonnage se situe à hauteur des surverses et correspond donc au point le plus représentatif technologiquement pour suivre l'évolution de la concentration en traceur de la sortie du décanteur.

Les échantillons sont analysés par la méthode de fluorimétrie dès le retour à l'Université Laval de suite après la fin du test car la rhodamine se dégrade. Une courbe d'étalonnage de concentration en Rhodamine WT connue est tracée en fonction de l'intensité de fluorescence indiquée par le fluorimètre. L'analyse donne des valeurs en intensité qui sont traduites en concentration avec la courbe d'étalonnage.

5. Analyse au fluorimètre

Cet appareil appartient à la série Eclipse commercialisé par l'entreprise Varian. Le principe est le suivant : un rayon émis à la longueur d'onde d'excitation des molécules de Rhodamine WT (environ 536 nm) va faire passer ces molécules à un état supérieur. En retournant à leur état fondamental, ces mêmes molécules émettent de la fluorescence à une longueur d'onde dite d'émission spécifique (environ 580 nm). Cette émission va être recueillie sur une plage de longueur d'onde par un photo-détecteur à gain réglable. En résumé,

un faisceau excite à 536 nm les molécules de Rhodamine WT qui vont ensuite émettre une fluorescence émise (au pic ou maximum d'intensité) est directement liée à la concentration de l'échantillon en Rhodamine WT. De cette manière, la concentration en sortie du décanteur pilote et donc le test traceur peut être suivi par un échantillonnage et une analyse fluorimétrique.



IV. Résultats et interprétations

1. Résultats et interprétations de l'analyse des lipides

1. Etude sur l'eau usée après le dégrillage et en amont du décanteur

Je vais commencer par présenter les résultats que j'ai obtenus lors de l'étude sur l'ordre de grandeur après le dégrillage et en amont du décanteur primaire.

- Eau usée après le dégrillage

ESSAIS	1	2
Mo (g)	107,8587	108,7202
Mf (g)	107,927	108,8113
MI (g)	0,098	0,13
CI (mg/L)	98	130
Moyenne (mg/L)	114	

%d'erreur	14	12,3
-----------	----	------

- Eau usée en amont du décanteur primaire

ESSAIS	1	2
Mo (g)	107,8175	108,7581
Mf (g)	107,8486	108,802
MI (g)	0,031	0,044
Cl (mg/L)	31	44
Moyenne (mg/L)	37,5	
%d'erreur	17,3	14,8

- Exemples de calculs de l'étude d'eau usée en amont du décanteur primaire

$$MI = 107,8486 - 107,8175 = 0,31 \text{ g}$$

Sachant que j'ai filtré 1L d'échantillon, on peut noter $V = 1 \text{ L}$.

$$Cl(1) = 31 / 1 = 31 \text{ mg/L}$$

$$C_{\text{moy}} = (31 + 44) / 2 = 37,5 \text{ mg/L}$$

$$\%d'erreur (1) = ((37,5 - 31) / 37,5) * 100 = 17,3 \%$$

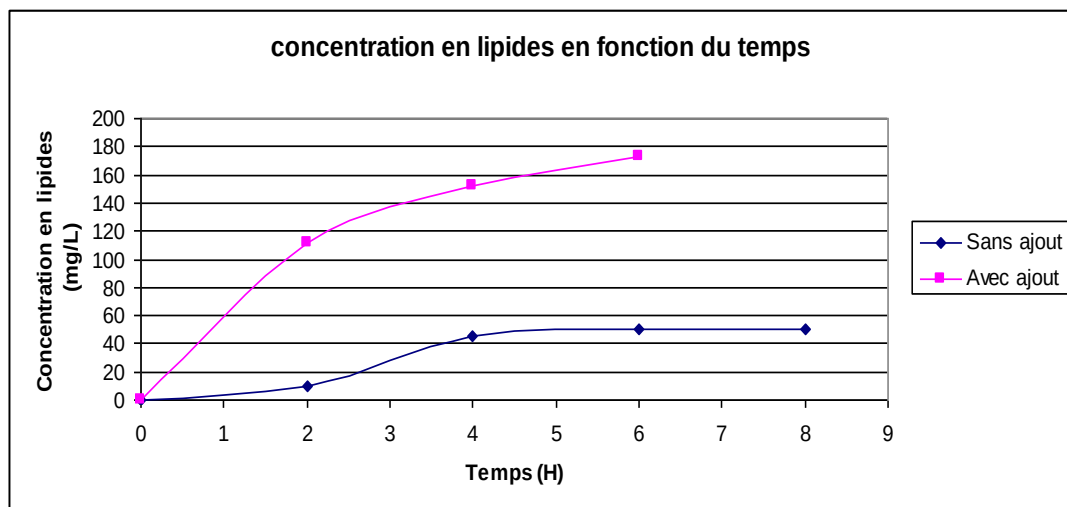
- Interprétation

On constate que la concentration en lipides est plus importante après le dégrilleur. Ce qui est normal car après le dégrilleur l'étape du déshuileur n'est pas encore atteinte. On constate qu'en entrée du décanteur on obtient une petite concentration en lipides. Si le fonctionnement de la step était parfait, on n'aurait pas trouvé de lipides en entrée du décanteur. Or les graisses sont encore traitées dans le décanteur primaire, j'en conclus que mes résultats sont cohérents.

Par la suite je vais présenter les résultats des études cinétiques que j'ai effectuées.

2. Etude cinétique

J'ai effectué deux études cinétiques, comme j'ai expliqué dans la partie matérielle et méthodes. Dans l'annexe on pourra trouver les tableaux de ces deux études. J'ai tracé deux courbes représentant la concentration en fonction du temps. Une courbe avec un ajout de 0.15 g dans chaque échantillon préparé et une courbe sans ajout.



Comme on peut le voir la courbe sans ajout atteint un plateau plus rapidement. Tandis que la courbe avec ajout ne cesse d'augmenter. Ce qui est normal car l'ajout d'huile végétale c'est faite dans de l'eau usée. D'après les résultats obtenus sur l'eau usée on constate que l'eau a déjà une concentration importante en lipides, on ne peut donc la négliger. Par manque de temps je n'ai pas pu faire une étude de 8 heures.

Le protocole étant adapter pour des eaux usées, d'après la littérature 4 heures suffisait pour extraire tous les lipides. D'après l'étude cinétique on peut conclure que l'idéale serait 5 heures.

3. Ordre de grandeur sur le décanteur primaire

La step ayant un fonctionnement différent des autres step, un bilan sur le décanteur n'aurait pas été représentatif. C'est pour cela que j'ai effectué une étude sur l'entrée, la sortie et les boues primaire.

	Entrée	Sortie	Boues
Mo (g)	104,22	106,62	106,12
Mf (g)	104,27	106,62	106,27
MI (g)	0,05	0	0,15
Cl (mg/L)	50	0	150

On constate que l'entrée est bien dans l'ordre de grandeur trouvé dans la partie VI.1.1. Et on peut voir qu'en sortie du décanteur il n'y a plus de lipides. On peut donc conclure que le traitement des huiles fonctionne parfaitement dans le décanteur primaire. Dans les boues on trouve une concentration en lipides très élevé par rapport à l'entrée du décanteur. C'est normale car le débit d'entrée dans le décanteur n'est pas le même que le débit de sortie des boues primaire. C'est donc pour cette cause qu'on ne peut pas effectuer un bilan sur le décanteur primaire.

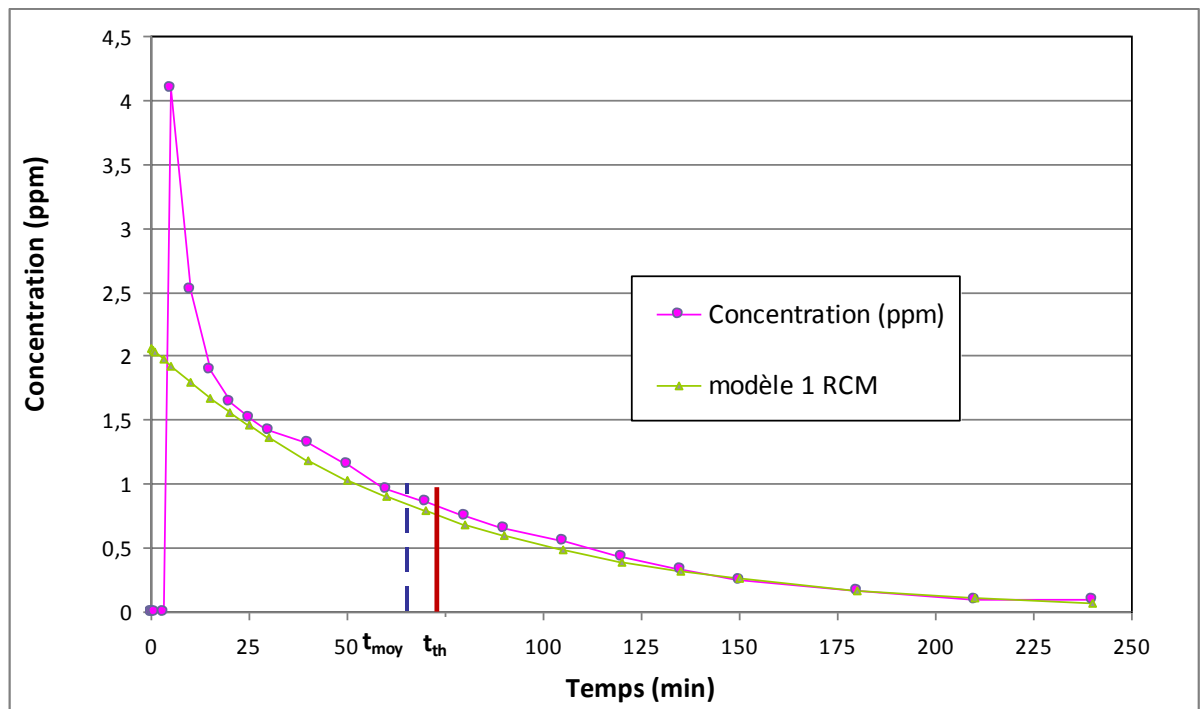
4. Conclusion générale sur l'étude des lipides

D'après les études que j'ai effectuées, je peux conclure sur le fait que le temps de fonctionnement de l'extraction devrait être de 5 heures. Et on peut conclure que la step n'a pas de partie déshuileur mais malgré le fonctionnement qui a été mis en place fonctionne bien.

2. Résultats et interprétations du test traceur

Je vais présenter les résultats du test traceur que j'ai effectué avec les étudiantes du projet primeEAU. Pour cette étude on a alimenté le pilote avec de l'eau recyclée. Celle-ci est l'eau de sortie de la step EST. Le débit du réacteur est réglé par une vanne automatique. Tous au long de l'étude le débit était de 4 m³/h. La masse injectée de RWT est de 10 grammes. D'après les résultats et des calculs effectués on retrouve 9.67

grammes de RWT en sortie. On peut consulter les résultats dans le tableau en annexe. Après cette étude on a tracé la concentration en fonction du temps.



D'après la valeur de la masse de RWT récupéré le test apparaît réussi. Pour calculer cette masse il faut faire la somme des concentrations obtenues multiplié par le débit puis multiplié encore une fois par le temps. On constate que l'allure de la courbe présente un problème du comportement du réacteur. Comme on constater la courbe verte représente le modèle d'un réacteur complètement agité. On peut observer que les deux courbes suivent la même allure et sont confondue à la fin. Le pic qu'on observe représente la sortie de la RWT. On en conclut que la RWT est sortie au bout de 5 minutes ce qui est trop tôt. Puis le pilote est parfaitement agité ce qui est problématique. On devrait conclure que le pilote à le même fonctionnement que des réacteurs en cascades.

Il a été décidé que le test doit être répété. La prochaine fois la prise d'échantillonnage se fera à différents niveau. Le problème peut venir d'un court-circuit ou d'un volume mort. Il

se pourrait que le régime permanent ne fût pas atteint, donc pour le prochain test la mise en route du pilote se fera la veille. Ou bien le dimensionnement du pilote n'est pas correct. Malheureusement le problème n'a pas été résolu avant mon départ, j'ai donc effectué un seul test traceur.

V. Conclusion

Les eaux usées sont toutes chargées de différents composés. Les étapes pour les traiter se font généralement de la même façon dans le monde. Il y a quelques différences sur certains traitements mais le résultat devrait être le même.

Dans le projet primEAU, le but général est de modéliser un décanteur primaire en passant par un modèle biologique liée aux modèles ASM et ADM. Dans ce projet on a pu voir qu'il y avait plusieurs objectifs. Mon but était de mettre en place un protocole pour étudier les lipides. Je me situais dans le développement des méthodes de fractionnement des échantillons en relation avec les modèles ASM et ADM.

J'ai mis en place et tester la méthode soxhlet. C'est une méthode qui est très longue mais qui est très performante. D'après mes études j'ai pu conclure que le temps de fonctionnement de l'extraction est de 5 heures pour pouvoir extraire tous les lipides. J'ai pu donner des ordres de grandeurs sur l'entrée et les sorties du décanteur. En faisant cette étude j'ai pu affirmer que le procédé de déshuilage de la step EST fonctionne bien. En effet les huiles sont encore traitées dans le décanteur primaire, mais j'ai pu conclure qu'en sortie il n'y a plus d'huile.

Le test traceur n'a pas fonctionné. En faisant ce test traceur on a pu se rendre compte que le pilote a un problème de dimensionnement. Les tests n'ont pas pu avancer comme c'était prévu et je n'ai donc pu faire qu'un seul test traceur.

VI. Conclusion sur la vie professionnelle

Le sujet qui m'a été attribué au début du stage, a été très intéressant. J'ai pu participer aux travaux d'une équipe de recherche. J'ai testé et mis en place un protocole qui servira par la suite au projet primEAU.

Ce stage m'a fait prendre conscience que le travail dans un laboratoire de recherche est très exigeant. Il faut être patient et rigoureux.

Durant toute la durée de mon stage j'ai enrichi mes connaissances acquises à l'IUT sur l'environnement, mais j'ai aussi développé mon sens de l'autonomie.

J'ai trouvé mon sujet de stage complet : j'ai pu mettre en place un protocole en laboratoire, j'ai prélevé des échantillons dans la station d'épuration et j'ai travaillé sur un décanteur pilote.

Ce stage m'a donc beaucoup apporté, il aura été une expérience très enrichissante au point de vue personnelle et professionnelle.

VII. Référence bibliographique

