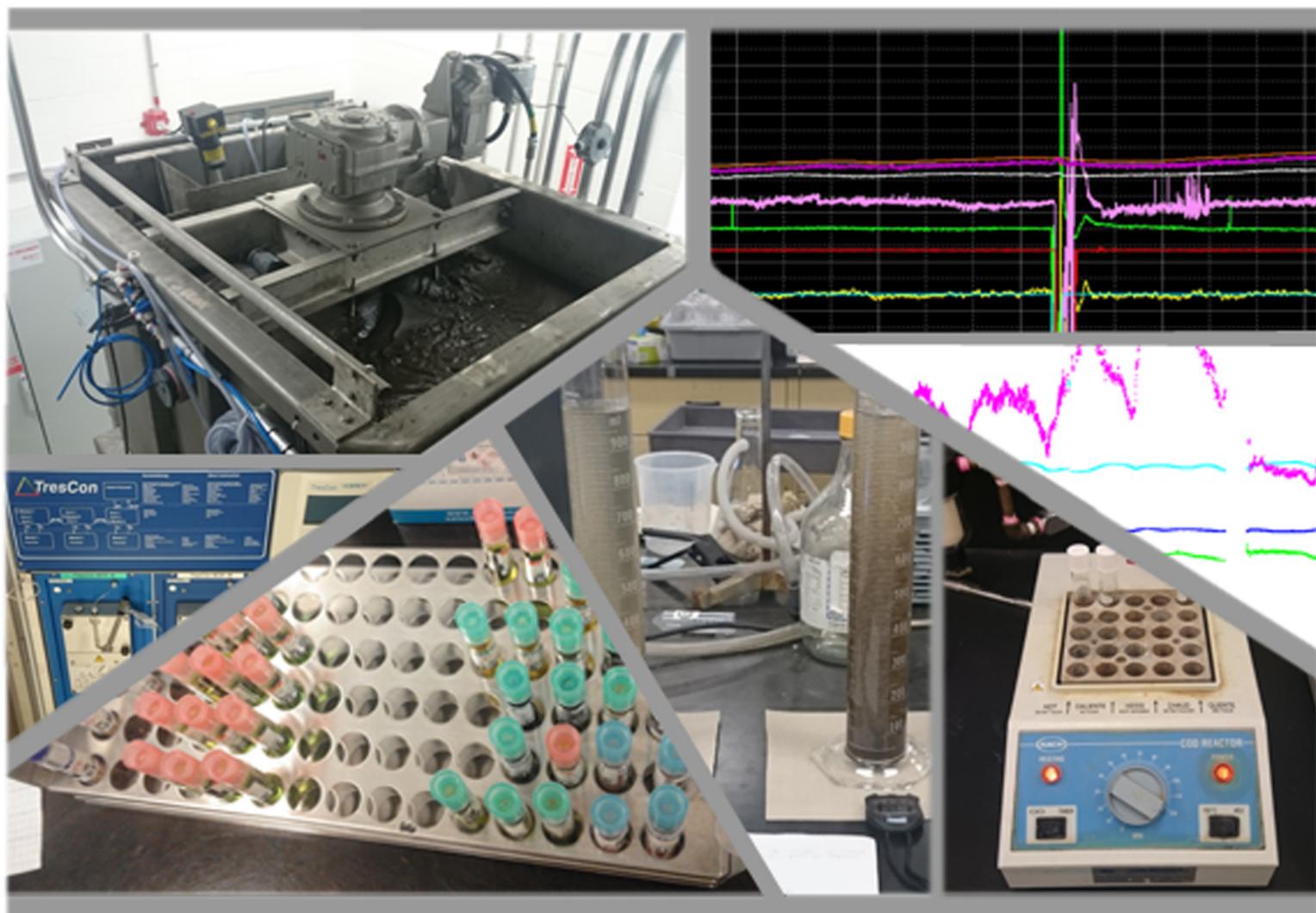


Entretien d'un pilote de traitement des eaux usées et étude de son fonctionnement



Tuteur de stage :

Peter Vanrolleghem, titulaire de la Chaire de recherche

modelEAU, Université Laval

Département de génie civil et génie des eaux Pavillon Adrien-Pouliot
1065 avenue de la Médecine
G1V 0A6 Québec
Canada



UNIVERSITÉ
LAVAL

Remerciements :

Dans le cadre de la réalisation de mon stage de recherche, je tiens à remercier l'ensemble de l'équipe modelEAU, pour leur accueil, et plus particulièrement l'équipe pilEAUte.

Tout d'abord, je voudrai remercier Peter Vanrolleghem pour m'avoir accueillie dans sa structure et pour toutes les connaissances qu'il m'a transmises.

Merci également à Elena, post-doctorante, pour ses conseils.

Merci ensuite à Sey-Hana Saing et Claudia Ines Contreras, techniciens du pilEAUte pour m'avoir patiemment expliqué le fonctionnement de celui-ci et comment l'entretenir.

Merci à Sylvie Leduc, professionnelle de recherche, pour sa disponibilité et son aide précieuse.

Merci à Asma, Julie et Françoise pour leurs participations aux campagnes d'échantillonnage malgré leur travail personnel.

Enfin, je remercie Gwenaëlle Clermont et Romain Philippe, également ingénieurs stagiaires, avec qui j'ai travaillé sur le projet pilEAUte.

Sommaire

Remerciements :	1
Glossaire.....	3
Biblio	4
Introduction :	5
I. Le projet pilEAUte.....	5
1. Description du projet	5
a. Le pilote	5
b. Les capteurs.....	7
2. Entretiens	7
a. SCADA	7
b. monEAU	8
c. Décanteurs.....	10
3. Analyse des données	10
a. Extraction	10
b. Analyse	11
II. Campagne d'échantillonnage	13
1. Enjeux.....	13
2. Déroulement	13
3. Résultats	17
a. Première phase de la campagne	17
b. Deuxième phase de la campagne	22
c. Troisième phase de la campagne	25
III. Analyse et apports du stage.....	26
1. Organisation	26
a. Relations au sein de l'équipe.....	26
b. Relations avec les autres équipes	27
c. Gestion du matériel.....	27
2. Découverte du laboratoire	27
a. Hygiène et sécurité.....	27
b. Incertitude des résultats	28
3. Mon ressenti par rapport au stage.....	28
Conclusion :	29

Glossaire

DCO : Demande Chimique en Oxygène, c'est l'oxygène nécessaire pour dégrader l'ensemble de l'ammoniac et de la matière organique présents dans l'échantillon. Elle s'exprime en mg d'oxygène par litre (mgO₂/L).

MES : Matière en suspensions dans l'eau, se mesure en mg/L.

Table des illustrations

Figure 1 : Nitrification et dénitrification	6
Figure 2 : Différents débits dans le pilote et le copilote	8
Figure 3 : Protocole experimental ammonium Ultra Low Range	9
Figure 4 : Différentes colorisations de tubes Hach NH ₄ ⁺ après réaction	9
Figure 5 : Extraction des données, station SCADA	9
Figure 6 : Extraction des données, station monEAU	9
Figure 7 : Tests réalisés dans le bassin tampon et après l'étape de décantation.	9
Figure 8 : Tests réalisés dans la chaîne du pilote et du copilote.	9
Figure 9 : Tableau récapitulatif des différents tests.	9
Figure 10 : Bassin tampon, 1ère phase	9
Figure 11 : Décanteur secondaire, 1ère phase	9
Figure 12 : Evolution de la DCO soluble au cours de la station, 1ère phase	9
Figure 13 : Evolution de la concentration en MES au cours de la station, 1ère phase	9
Figure 14 : Evolution de la concentration en azote total au cours de la station, 1ère phase	9
Figure 15 : Evolution des concentrations en azote "ionique" au cours de la station, 1ère phase	9
Figure 16 : Composition de l'effluent, 2ème phase	9
Figure 17 : Concentration en ammonium dans les réacteurs, 2ème phase	9
Figure 18 : Concentration en nitrate dans les réacteurs, 2ème phase	9
Figure 19 : Concentration en MES le long de la station, 2ème phase	9
Figure 20 : Concentration en ammonium dans les réacteurs, 3ème phase	9
Figure 21 : Concentration en nitrate dans les réacteurs, 3ème phase	9
Figure 22 : Concentration en oxygène dissous dans les réacteurs, 3ème phase	9

Bibliographie

¹ Georges A. Ekama, Mark C. Wentzel. "Biological Wastewater Treatment Principles, Modelling and Design, chapitre 5". IWA Publishing. 2008

² <http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana52/wdesigno5.html>

Introduction :

Dans le cadre de ma formation à l'École des Mines d'Alès, j'ai effectué un stage de recherche d'une durée de 13 semaines au département de Génie Civil et de Génie des Eaux de l'université Laval, à Québec au Canada. J'y ai intégré l'équipe modelEAU, qui est un groupe de recherche autour de la Chaire de recherche du Canada et modélisation de la qualité de l'eau décernée à Peter Vanrolleghem en février 2006.

Plusieurs projets sont menés au sein de l'équipe, dont le projet pilEAUte auquel j'ai participé. En effet, début janvier 2015, un pilote de traitement des eaux usées, qui est en fait le modèle réduit d'une station d'épuration alimenté par la résidence étudiante de l'université, a été installée au pavillon de génie civil et de génie des eaux. Ce projet a pour but de suivre le comportement et les teneurs en matière organique, polluants, ... des eaux usées durant toute la période de leur traitement pour ensuite pouvoir les modéliser.

Mon rôle au cours de ce stage a été l'entretien du pilote et des capteurs présents sur la station ainsi que la récupération et l'interprétation de données, que ce soit les données récupérées par les capteurs ou issues de campagnes d'échantillonnage sur le pilote.

I. Le projet pilEAUte

1. Description du projet

Vous trouverez en Annexe 1 un schéma détaillé de l'installation.

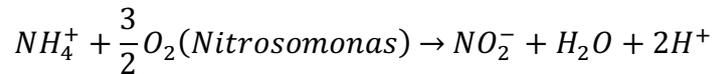
a. *Le pilote*

La station pilEAUte permet de traiter les eaux usées d'une des résidences étudiantes de l'université Laval. Elles sont stockées dans bassin tampon afin d'être envoyées vers le décanteur primaire avec un débit de $1,1 \text{ m}^3/\text{h}$, où les particules les plus lourdes sont éliminées. Le débit est ensuite divisé en deux et l'eau s'écoule, avec un débit de $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ vers le pilote et le co-pilote, qui sont identiques. Le pilote et le co-pilote sont chacun constitués de 5 réacteurs biologiques à boues activées et un décanteur secondaire. Les deux premiers réacteurs, respectivement le R210-R220 et R310-R320, sont anoxies, et les trois suivants, R230-R240-R250 et R330-R340-R350, sont aérobies. En sortie de décanteurs secondaires, les eaux traitées sont renvoyées à l'égout. On trouve un agitateur dans chacun des bassins, excepté les réacteurs aérés car le mouvement de l'air suffit à mélanger l'ensemble.

En sortie de décanteur primaire, l'eau est chargée en azote, principalement en ammoniac (NH_4^+) et en matière organique, ce qui est caractérisée par une forte demande biologique en oxygène forte.

Les réactions chimiques et biologiques se déroulent dans les réacteurs biologiques.

Dans les réacteurs aérobies à lieu la nitrification, c'est-à-dire la transformation de l'ammoniac en nitrate (NO_3^-) grâce à deux bactéries autotrophes, les bactéries Nitrosomonas qui oxydent l'ammoniac et les bactéries Nitrobacter, qui oxydent les nitrites ¹ :

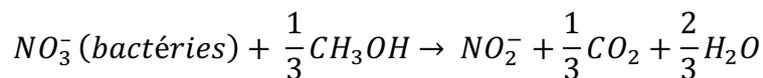


Puis

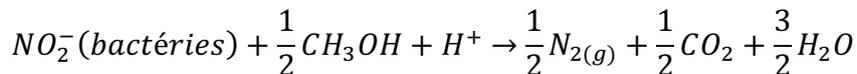


En parallèle, des bactéries hétérotrophes contenues dans les boues activées se nourrissent de la matière organique et ainsi aident à la dégrader.

En absence d'oxygène, les bactéries peuvent utiliser le nitrate pour « respirer ». Le problème est que ces bactéries ont aussi besoin de matière organique pour se nourrir, et elle est presque entièrement dégradée dans les bassins R250 et R350. C'est pourquoi les eaux contenues dans le dernier réacteur aéré sont alors réacheminée dans le premier réacteur anoxie, avec un débit de 1,5 m³/h, pour que le nitrate puisse être dégradé. On trouve dans chacune de ces recirculations internes des échangeurs de chaleur permettant de faire varier la température d'un des deux réacteurs. Voici les équations de dénitrification² :



Puis



Il est à noter que la réaction de nitrification relâche deux molécules H⁺ dans l'eau par molécule de NO₃⁻ formée alors que celle de dénitrification n'en consomme qu'une molécule par molécule de NO₃⁻ consommée. Le traitement de l'azote est donc responsable d'une acidification de l'eau.

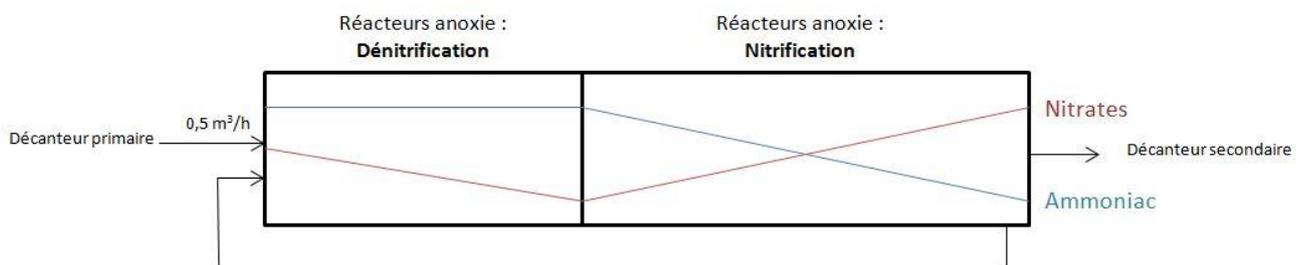


Figure 1 : Nitrification et dénitrification

Les boues décantent ensuite dans les décanteurs secondaires. Afin de limiter la perte de bactéries lors de cette étape, une recirculation des boues est mise en place, ramenant les boues vers le premier réacteur avec un débit de 0,5m³/h.

¹ Source : Biological Wastewater Treatment Principles, Modelling and Design, Chapitre 5

² Source : <http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana52/wdesigno5.html>

b. Les capteurs

Afin de s'assurer du bon fonctionnement de l'installation et de recueillir des informations sur le traitement des eaux usées, différents capteurs sont installés. Ils sont divisés en deux stations, la station SCADA et la station monEAU.

Une bonne partie des capteurs de la station SCADA permettent le contrôle du système. On trouve dans le bac de mesure du décanteur primaire un conductimètre et un thermomètre. Dans les réacteurs 220 et 320 on trouve des Solitax, permettant de mesurer les matières en suspensions, qui est la même dans tous les bassins de la chaîne, puis, dans les réacteurs 240 et 340 des sondes LDO, permettant de connaître la concentration en oxygène dissous dans ces bassins. Le débit d'air envoyé est relié à cette mesure. En effet, on souhaite que la concentration en oxygène dissous soit fixée à 3mg/L, car en dessous de 2 on n'est pas certains que les bactéries ont ce qu'il leur faut pour respirer et au dessus de 4 on gaspille de l'énergie par le compresseur. Les trois aérateurs sont réglés sur le même débit. On trouve ensuite des Solitax dans les deux recirculations de boues. On trouve également des débitmètres permettant de régler certaines pompes, dont la consigne est un débit fixe, comme celle allant du bassin tampon vers le décanteur primaire, celles allant du décanteur primaire vers les réacteurs ou celles de recirculation de boues ou de recirculation interne. Les informations obtenues grâce à ces capteurs sont directement envoyés sur l'interface de contrôle du pilote.

Le reste des capteurs appartient la station monEAU. Elle est constituée d'un Ammoniumlyser, permettant de doser l'ammonium et le pH, d'un Spectrolyser, permettant de doser la DCO soluble, la DCO totale et les MES ainsi que d'un Varion, permettant de doser l'ammoniac dans le décanteur primaire. On a ainsi une bonne idée de ce qui entre dans le système. On trouve ensuite un autre Varion et un turbidimètre dans chacun des décanteurs secondaires. Ces Varions permettent de connaître, en plus de celle en ammoniac, la concentration en nitrates. Cette fonction a été désactivée du premier Varion car il n'y a pas de nitrate dans les eaux usées. Les turbidimètres eux mesurent la turbidité de l'eau, qui dans notre cas est proportionnelle à la concentration en MES.

De nouveaux capteurs ont été installés durant mon stage, le Rodtox pour mesurer la toxicité du décanteur primaire et le TresCon, grâce auquel on pourra connaître les concentrations en ammoniac, nitrite (NO_2^-) et nitrate dans les réacteurs.

2. Entretien

Les capteurs des deux stations ainsi que les différentes cuves ont besoin d'un entretien régulier. Ils doivent être nettoyés et les capteurs validés, ce qui veut dire que nous devons effectuer les mesures de concentration en laboratoire afin de vérifier que les capteurs ne se sont pas déréglés.

a. SCADA

La conductimètre, les sondes LDO et les Solitax des réacteurs sont nettoyés une fois par semaine et les Solitax de retour de boues deux fois par mois.

Pour valider les Solitax, nous réalisons un test de MES. Nous prenons un échantillon d'eaux de traitement puis nous en filtrons un volume connu sur un filtre dont la masse a été préalablement mesurée. Nous plaçons le filtre et le rétentat au four à 180°C pendant 1 heure puis dans un dessiccateur pendant 30 minutes pour enlever toute trace d'eau. Nous pesons ensuite le filtre.

Nous pouvons ensuite calculer la concentration en MES :

$$MES = \frac{mf - mi}{V} [mg/L]$$

Ce test est réalisé trois fois pour plus de précision.

Les différentes validations effectuées nous ont permis de nous rendre compte d'un problème au niveau des Solitax de retour de boues. En effet, la concentration en MES dans les retours de boues devraient être deux fois plus grande que dans les réacteurs :

On sait que

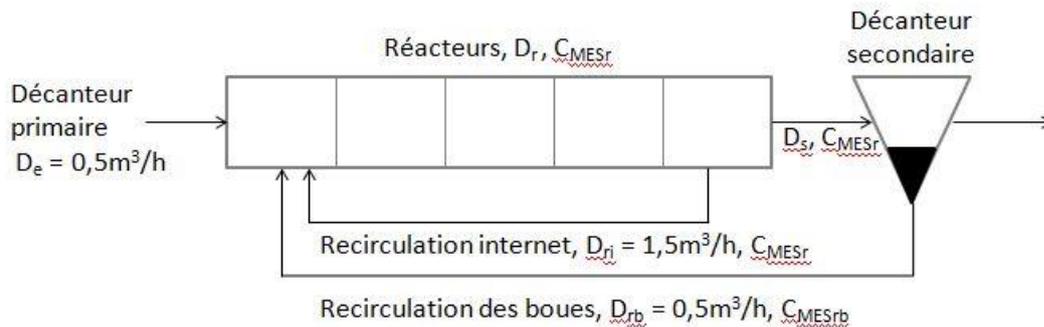


Figure 2 : Différents débits dans le pilote et le copilote

Donc les eaux de traitement sortent du dernier réacteur avec un débit de

$$D_s = (D_e + D_{rb} + D_{ri}) - D_{ri} = 1 \text{ m}^3/\text{h}.$$

La quantité de MES qui arrive dans le décanteur est donc égale à $C_{MESr} * 1 \text{ mg/h}$. L'eau du décanteur secondaire est une eau traitée, sa concentration en MES est donc proche de 0, ce qui veut dire que les particules, qui ont décanté, ne sortent du décanteur que par la recirculation des boues. On a donc :

$$C_{MESr} * 1 = C_{rb} * 0,5$$

$$\Leftrightarrow C_{rb} = 2 * C_{MESr}$$

On devrait donc trouver une concentration en MES toujours deux fois plus élevée dans les retours des boues que dans les réacteurs. Or, nous avons remarqué que, même après de nombreuses calibrations, le Solitax de retour de boues du pilote n'affichait pas toujours le double de celui du réacteur. Nous nous sommes donc interrogés sur la raison de cet écart et avons commencé par vérifier notre technique de prélèvement. Celui-ci est fait grâce à un robinet relié au tuyau de retour de boues. Si le débit de sortie de ce robinet est plus grand que le débit de recirculation, alors cela veut dire que l'eau du prélèvement est un mélange entre l'eau de retour de boues et l'eau du premier réacteur, ce qui fausserait nos résultats et donc nos calibrations. Nous avons donc mesuré ce débit en chronométrant le temps qu'il fallait pour remplir un seau de 5L. Le résultat trouvé étant égal au débit de recirculation ($0,5 \text{ m}^3/\text{h}$), nous en avons conclu que le problème ne venait pas de là. Nous avons ensuite pensé à un défaut dans le choix de l'emplacement du Solitax. Je n'ai pas eu le temps, lors de ma période de stage, de tester d'autres pistes.

b. MonEAU

L'intégralité des capteurs de la station monEAU doivent être nettoyés et validés une fois par semaine. A mon arrivée, aucun des capteurs de cette station ne fonctionnait correctement.

Commençons par l'Ammoniac. Il est constitué de quatre électrodes : une électrode de pH, une électrode à ions spécifiques pour mesurer l'ammoniac et une électrode compensatrice de potassium (K^+). Afin de valider les concentrations en ions (K^+ et NH_4^+), nous utilisons

des tubes Hach et un spectrophotomètre. Le principe est simple : les tubes Hach sont des petits tubes dans lesquels on mélange un volume précis d'échantillon ainsi que d'autres réactifs, solides ou liquides. Le mélange ainsi obtenu étant coloré (vert pour l'ammonium), on peut mesurer son absorbance grâce au spectrophotomètre de la même compagnie qui est capable de lire le code barre présent sur le tube et de calculer directement la concentration. Voici l'exemple d'un protocole pour mesurer les échantillons dont la teneur en NH_4^+ est contenue entre 0,015 et 2 mg/L :

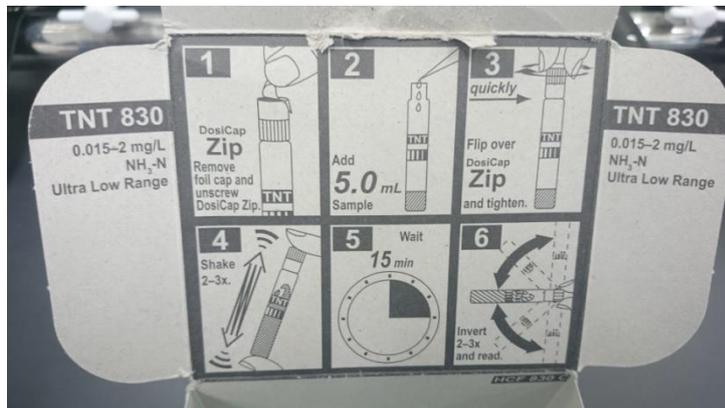


Figure 3 : Protocole expérimental ammonium Ultra Low Range



Figure 4 : Différentes colorisations de tubes Hach NH_4^+ après réaction

Ensuite le Spectro::lyser. La validation de la concentration en MES se fait de la même manière que pour les Solitax et pour les DCO soluble et totale on utilise des tubes Hach.

Enfin, les Varians. Avant mon départ, nous n'avons eu le temps de nous occuper que de deux Varians, ceux des décanteurs secondaires. Ces capteurs sont constitués de quatre électrodes : une électrode à ions spécifique pour mesurer l'ammoniac, une pour mesure les nitrates, une électrode de référence et une électrode compensatrice, de potassium ou de chlore (CL-). Au laboratoire, il a été choisi d'installer des électrodes de potassium. Après que le technicien de laboratoire ait changé les électrodes qui ne fonctionnaient plus, nous avons attendu que les valeurs se stabilisent. Nous avons alors remarqué que les valeurs données par le Varion du pilote ne se stabilisaient pas, et ne faisaient qu'augmenter jusqu'à dépasser la plage de mesure de l'appareil. Nous avons alors placé les deux Varians dans le décanteur secondaire du copilote pour avoir une référence commune et avons planifié quelques manipulations à faire pour trouver d'où venais le problème : de la liaison entre l'appareil et les électrodes, donc échanger les 4 électrodes, ou alors de la liaison entre l'appareil et l'ordinateur, donc échanger les 2 appareils. Nous n'avons pas eu le temps d'effectuer ces tests durant mon stage

c. Décanteurs

Une fois par semaine, nous procédions au nettoyage des 3 décanteurs.

Premièrement le décanteur primaire. On commence par éteindre les pompes d'alimentation du décanteur puis on purge le décanteur. On nettoie les goulottes permettant d'acheminer l'eau usée du décanteur au bac de mesure où se trouvent les capteurs en enlevant ce qui aurait pu s'y accrocher ou se coincer à l'intérieur (plastique, papier, matière organique compacte, etc.).

Ensuite les décanteurs secondaires. Les pompes d'alimentation des réacteurs R210 et R310 doivent être éteintes ainsi que les aérateurs et les agitateurs des réacteurs afin de limiter tout mouvement de fluide. On laisse en marche la pompe de recirculation de boues pour toutes les « ramener » dans les premiers réacteurs puis on purge les décanteurs. Dans ce cas aussi le but est d'avoir accès aux goulottes pour pouvoir les nettoyer, mais aussi d'évacuer les boues qui flottent au dessus des décanteurs et risquent de fausser les capteurs de niveau.

3. Analyse des données

Toutes les deux semaines, les données relevées par les capteurs sont extraites de l'ordinateurs et analysées en réunion. Cela permet d'avoir un suivi de l'état de la station et du bon fonctionnement des capteurs.

a. Extraction

Les données recueillies par les capteurs de la station SCADA sont en temps réels envoyés sur l'ordinateur de contrôle du pilEAUte et affichés sur l'interface. Il nous suffisait donc seulement de faire des captures d'écran des semaines qui nous intéressaient.

Pour les capteurs de la station monEAU, les données sont extraites de l'ordinateur via Teamviewer sous forme de fichier Excel. Elles sont ensuite traitées par un programme Visual Basics déjà créé avant mon arrivée sur lequel il me suffit juste de changer les noms des fichiers concernés. Le tableur ainsi construit est importé sur Matlab pour la construction des courbes. Durant mon stage, un autre stagiaire, Kevin, travaillait sur la création d'une base de données appelée la datEAUbase sur laquelle toutes les données de tous les capteurs sont enregistrées en temps réel et qui facilite l'édition de courbes.

b. Analyse

Voici à quoi ressemble l'interface de la station SCADA. Sur cette image, il s'agit des capteurs du pilote pour la semaine du 23 au 30 mai 2016. On peut y lire en vert les mesures du Solitax du réacteur R220, en jaune la concentration en oxygène dissous du réacteur R240, en rose les mesures du Solitax de retour des boues puis les différents débits et températures.

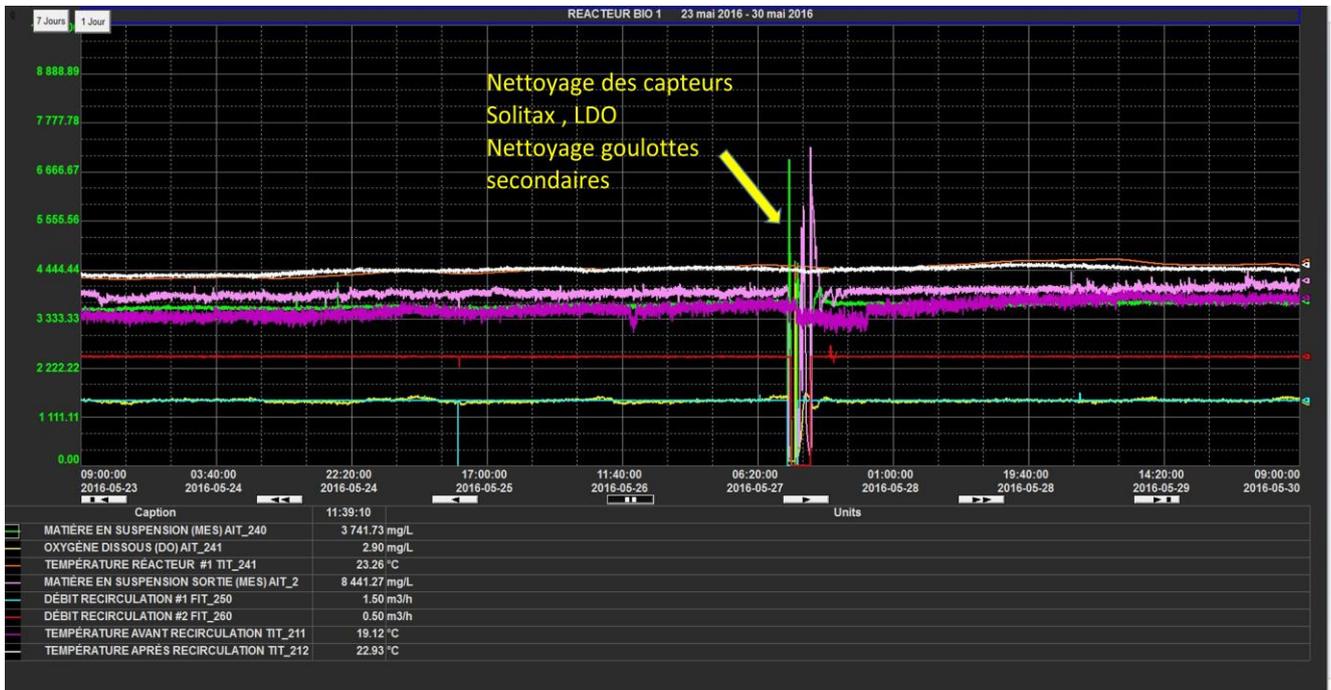


Figure 5 : Extraction des données, station SCADA

En observant ces courbes, nous pouvons affirmer que la station se porte bien. En effet, la partie pour laquelle les mesures sont aberrantes correspond aux nettoyages pendant lesquels les capteurs sont sortis de l'eau. On observe la concentration en O₂ dissous est bien constante et conforme à la commande, signe d'un bon fonctionnement des aérateurs et les valeurs des Solitax sont quasiment égales avant et après le nettoyage, ce qui signifie que leur saleté ne faussaient pas la mesure et donc que la fréquence de nettoyage est suffisante.

Voici maintenant le résultat après le traitement des données pour le capteur Ammonium pour la semaine du 9 au 15 mai. On y lit en rose la teneur en ammonium en sortie de décanteur primaire, en vert celle en potassium, en bleu clair la température et en bleu foncé le pH.

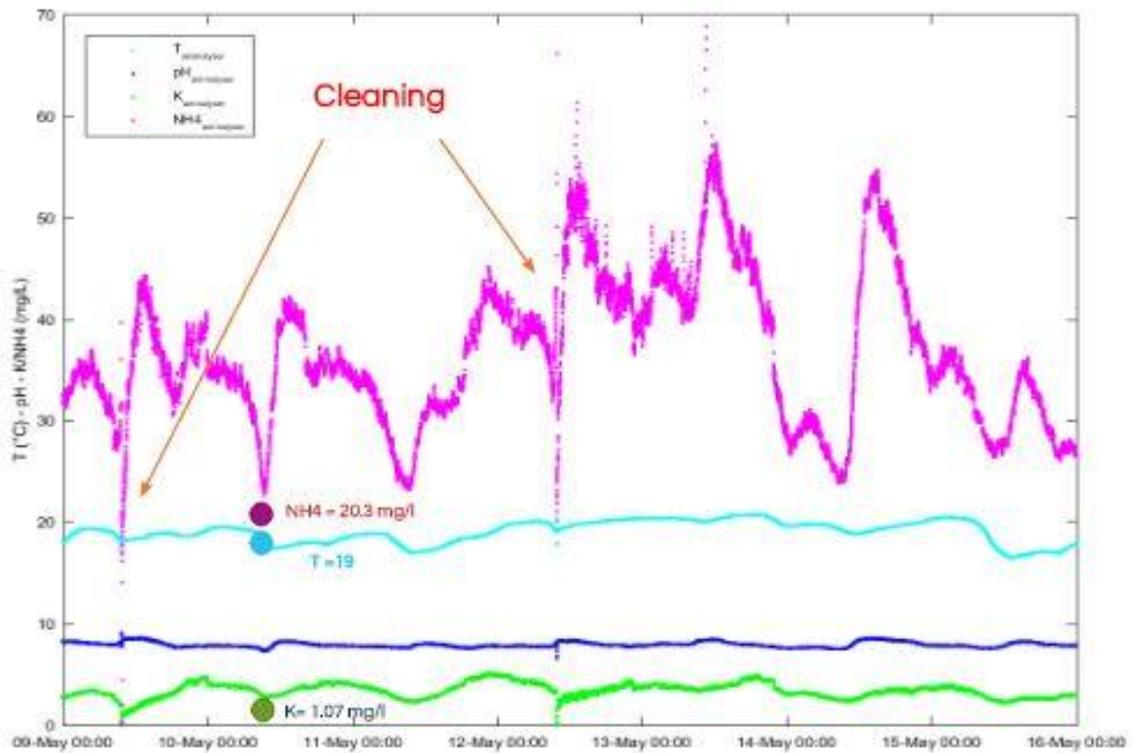


Figure 6 : Extraction des données, station monEAU

On remarque ici que la concentration en NH_4^+ varie énormément. Cela est normal car le décanteur primaire se trouve au début de la chaîne de traitement, les teneurs en ions varient donc avec les entrées et le rythme de vie des étudiants. On observe ici par exemple une diminution pendant la nuit chaque jour excepté le vendredi 13 mai, ce qui signifie qu'une soirée a sûrement été organisée sur le Campus.

Les chutes brutales de température, pH et concentrations sont un signe de nettoyage comme indiqué sur le graphique. On note ici une légère discontinuité dans les courbes avant/après le nettoyage du 13 mai. Le capteur était sûrement un peu trop encrassé. Les points de calibration ont été indiqués sur les courbes. Ils correspondent aux valeurs des capteurs, ceux-ci n'ont donc pas besoin d'être recalibrés.

II. Campagne d'échantillonnage

Cet entretien et cette surveillance hebdomadaires permettent de s'assurer du bon état de fonctionnement de la station, qui est essentiel pour que les projets de stage se déroulent bien.

1. Enjeux

Mon rôle pendant le stage a été d'organiser et de réaliser, avec un autre stagiaire, une campagne d'échantillonnage sur la station pour y suivre l'élimination de l'azote et de la matière organique. Les données recueillies vont ensuite servir de base pour une modélisation sur le logiciel WEST du comportement des eaux usées lors de leur traitement.

Il a d'abord fallu définir précisément ce que nous voulions analyser, où et la durée de la campagne, tout en limitant au maximum les coûts pour la structure.

2. Déroulement

Paramètre étudié : Nous disposons sur la station de deux chaînes de réacteurs identiques et fonctionnant en parallèle. Nous pouvons donc faire varier un des paramètres sur l'une des deux chaînes pour étudier le comportement de l'eau. Nous avons choisi d'utiliser les échangeurs de chaleur et de fixer la température du pilote à 10-12 °C.

Durée : Comme dit précédemment, les eaux qui entrent dans la station sont les eaux rejetées par les étudiants. Il a donc fallu se baser sur leur cycle de vie et donc réaliser les échantillonnages sur des périodes de 24h.

Nous avons alors décidé de diviser la campagne en trois phases : une première campagne de 24h sans changement de température pour faire un « état des lieux » de la station plus précis que celui que nous donnent les capteurs actuels, une deuxième campagne de 24h avec changement de température, pour suivre le comportement de l'eau pendant la décroissance de celle-ci, et enfin un suivi sur deux semaines pour comparer les deux chaînes de réacteurs.

Emplacement : Nous nous sommes ensuite demandés où exactement faire nos prélèvements pour que les résultats soient significatifs. Nous voulions pouvoir avoir une comparaison avant/après le passage de l'eau par chacune des étapes de traitement. Nous avons donc décidé de faire en simultané un prélèvement dans le bassin tampon (état initial), dans le bac de mesure du décanteur primaire (après la première étape de décantation), dans les réacteurs R220 et R320 (après le passage par les réacteurs anoxiques), dans les réacteurs R250 et R350 (après le passage par les réacteurs aérobies), dans le bac de mesure des décanteurs secondaires (après la deuxième étape de décantation) ainsi que dans le retour de boues.

Le changement de température n'influant pas la première étape de décantation, nous avons pris la décision de ne pas effectuer le prélèvement dans le bassin tampon pour les phases 2 et 3 de la campagne.

Tests : Ensuite, il a fallu choisir ce que nous voulions analyser dans chacun des bassins de prélèvements.

Commençons par un rappel : l'azote est présente dans l'eau usées en entrée sous forme d'ammonium NH_4^+ et d'azote organique puis décante ou est transformée en NO_3^- en passant par une étape de NO_2^- pour être ensuite éliminé. L'élimination de ce NO_3^- et des MES nécessite de l'oxygène, on peut donc avoir une idée de leur concentration par une mesure de DCO. Le pH varie avec les concentrations en ions. Nous avons pris la décision de le mesurer dans chacun des bassins.

Premièrement, entre le bassin tampon et la sortie du décanteur primaire, la seule réaction qui a lieu est celle de décantation. Cela implique donc une diminution des MES et le l'azote organique et donc de la DCO totale (des matières dissoutes ou non dans l'eau). Nous avons donc mesuré ces trois paramètres dans ces deux bassins. Les espèces dissoutes, elles restent normalement constante, c'est pourquoi nous ne mesurons la DCO soluble et l'ammonium que dans un seul des ces bassins. Nous avons choisis le bac de mesure du décanteur car le spectro:lyser et l'ammo::lyser les y réalisent déjà.

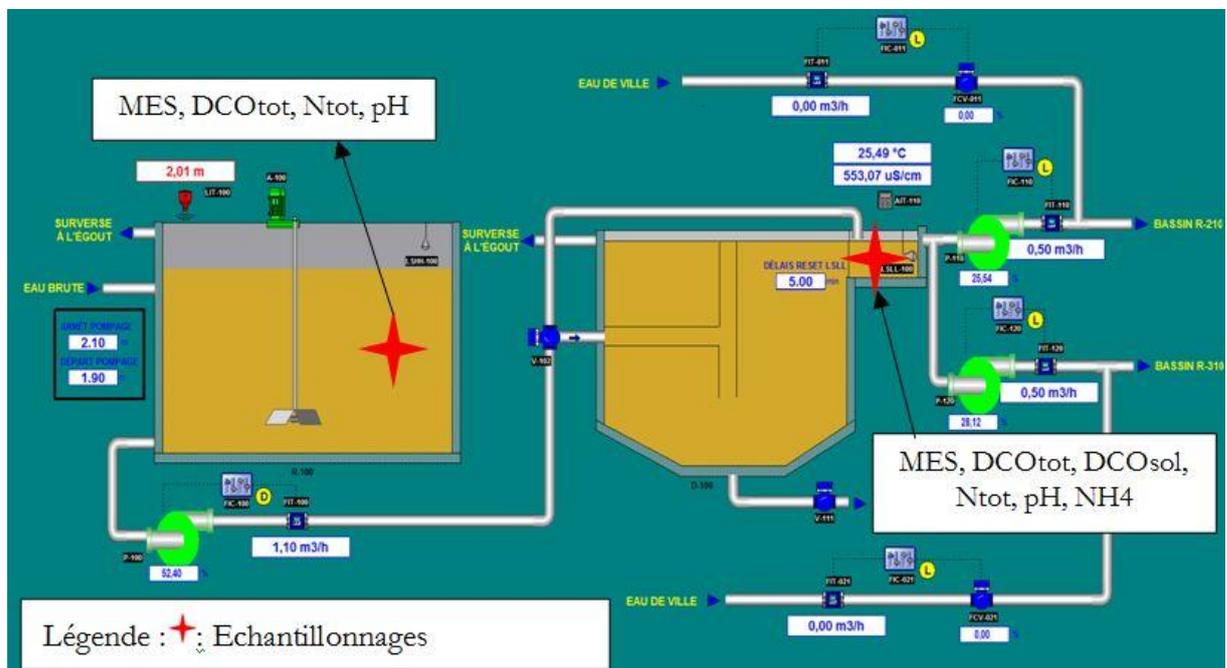


Figure 7 : Tests réalisés dans le bassin tampon et après l'étape de décantation.

Dans les chaînes de cinq réacteurs, l'azote est traité. C'est pourquoi nous mesurons l'ammonium, le nitrate, le nitrile et la DCO soluble dans les réacteurs R220, R250, R320 et R350. La présence ou non d'oxygène a une importance capitale dans la réalisation de ce traitement, c'est pourquoi nous le mesurons aussi dans les quatre réacteurs. Les MES présentes sont à la fois de la matière organique en cours de traitement, et à la fois des bactéries sous forme de boues présentes pour le traitement. L'agitation des bassins rend sa concentration homogène, c'est pourquoi nous ne mesurons les MES que dans le R220 et R320 (présence de Solitaxs). Enfin, bien sur, nous mesurons la température des deux chaînes de réacteur.

Les bacs de mesure des décanteurs secondaire sont à la toute fin du traitement, nous y mesurons donc toutes les différentes concentrations pour avoir une idée du traitement total. Nous souhaitons donc y mesurer les MES, l'azote totale, l'ammonium et les nitrates et la DCO totale.

Nous prenions aussi la mesure de la concentration en MES dans le retour de boues.

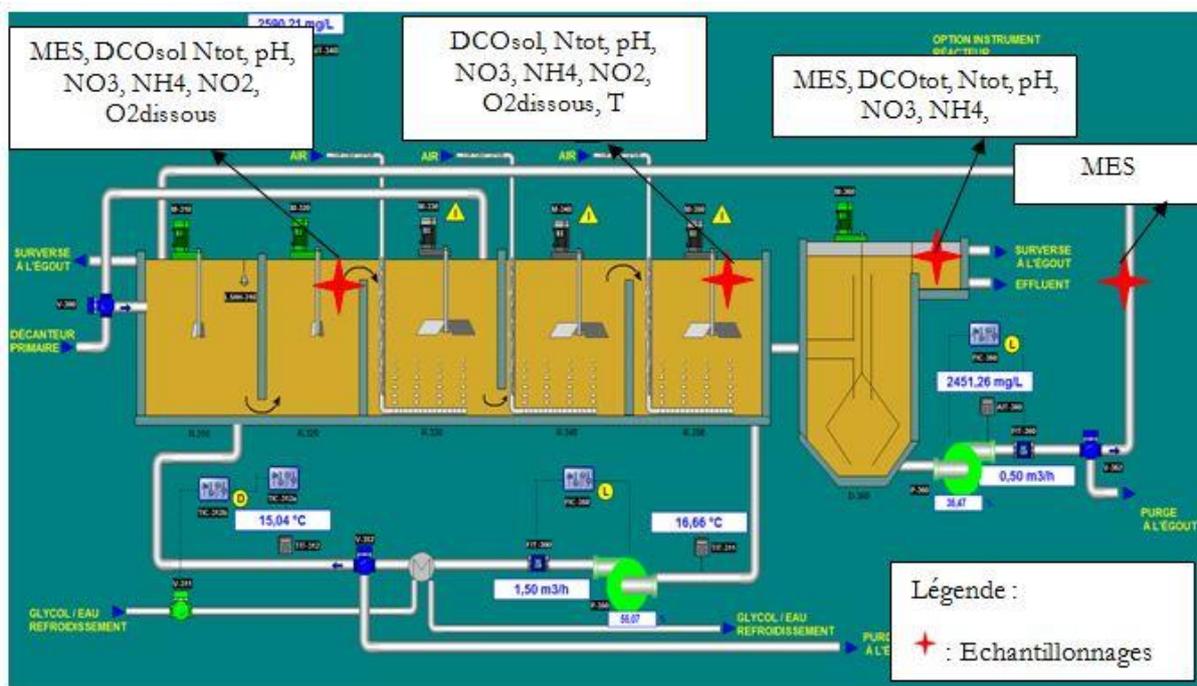


Figure 8 : Tests réalisés dans la chaîne du pilote et du copilote.

Aux vues de la quantité de tests à réaliser, nous avons dû choisir lesquels faire par capteur et lesquels faire manuellement. La partie délicate a été celle des tests manuels. En effet, les échantillons d'eaux usées prélevés continuent de réagir même lorsqu'ils sont dans les bouteilles. Il faut donc faire les tests le plus rapidement possible. Cependant, il est possible de filtrer les échantillons et de les mettre au réfrigérateur, cela stoppe les réactions et les concentrations en ions et matières dissoutes restent les mêmes. Grâce à cela, nous avons un délai supplémentaire pour tester les concentrations en NH_4^+ , NO_3^- et NO_2^- , la DCO soluble et le pH. Voici un tableau récapitulatif des différents tests :

	Bassin Tampon	D 100	R 220	R250	D200	Rb 260	R320	R350	D300	Rb360
MeS	Labo	Spectrolyser	Solitax		Turbidimètre	Solitax	Solitax		Turbidimètre	Solitax
Nitrites			Labo (LR)	Labo (LR)			Labo (LR)	Labo (LR)		
Ntot	Labo	Labo (HR)			Labo (HR)				Labo (HR)	
Amonium		Amolyser	Labo (HR)	Labo (LR)	Varion		Labo (HR)	Labo (LR)	Varion	
Nitrates			Labo (LR)	Labo (HR)	Varion		Labo (LR)	Labo (HR)	Varion	
DCOtot	Labo	Spectrolyser			Labo				Labo	
DCOs		Spectrolyser	Labo (LR)	Labo (LR)			Labo (LR)	Labo (LR)		
pH	pHmètre	Amolyser	pHmètre	pHmètre	pHmètre		pHmètre	pHmètre	pHmètre	
O2dissous			Sonde oxygène	Sonde oxygène			Sonde oxygène	Sonde oxygène		
Temp				Thermomètre				Thermomètre		

pas à tester
 Labo, sans filtrage
 Labo, avec filtrage
 Capteurs du pilote

Figure 9 : Tableau récapitulatif des différents tests.

Nous nous sommes beaucoup appuyés sur les capteurs, d'où l'intérêt des les avoir bien calibré et validé au préalable.

Fréquence : Pour le choix de la fréquence d'échantillonnage, nous devons faire correspondre la disponibilité du matériel et la précision souhaitée pour notre suivi. Pour ce qui est de la première phase, nous voulions seulement une idée de l'état de la station. De plus, les capteurs déjà installés et les résultats d'une campagne de mesure réalisée l'été précédent nous indiquent que les teneurs ne varient pas brusquement, que nous pouvons donc espacer les prélèvements sans louper l'événement significatif. Nous avons donc décidé de réaliser nos prélèvements toutes les quatre heures. Pour la deuxième phase par contre nous n'avions pas d'estimation du comportement de l'eau dans le pilote, et nous ne voulions pas prendre le risque de louper un événement, c'est pourquoi nous avons décidé de réaliser un échantillonnage toutes les deux heures. Enfin, pour la dernière phase, nous voulions voir l'écart de concentration qui s'établirait entre la chaîne du pilote et celle du copilote. Nous avons donc pris la décision de ne réaliser nos prélèvements que lors des pics de concentration en entrée, c'est-à-dire à 9h et à 16h en semaine et vers midi le weekend.

Le seul problème était que, lors de la réalisation du test d'azote totale, les tubes dans lesquels nous faisons la réaction doivent être passés dans un digesteur (chauffés) pendant 1 heure et que le chauffe-tubes en notre possession ne disposait que de 4 emplacements. Etant donné que pour plus de précision nous réalisions deux duplicatas par échantillons, nous ne pouvions tester que deux échantillons à la fois. Nous avons donc choisi de prélever dans le bassin tampon et le décanteur primaire en même temps que dans les autres (seulement le décanteur primaire pour les phases 2 et 3) puis de prélever dans les décanteurs secondaires 1 heure après les autres, dans le cas de la phase 2, ou 2 heures après, dans le cas des phases 1 et 3.

Planning : Pour choisir les jours des deux premières phases de la campagne, nous avons suivi la météo pour trouver deux jours où il ne pleuvait pas car l'eau de pluie se mélange aux rejets des étudiants et diminue les concentrations. Or, nous cherchons à étudier seulement le traitement des rejets domestiques.

Pour pouvoir mener à bien des deux phases de 24 heures consécutives, nous avons demandé de l'aide à l'ensemble de l'équipe modelEAU. Nous avons reçu l'aide de nombreux volontaires et avons alors pu faire quatre groupes de 2 personnes se relayant toutes les six heures.

3. Résultats

a. Première phase de la campagne

La température des réacteurs durant la campagne était de 24,5 °C. De plus, comme les résultats sont identiques pour les chaînes pilote et copilote, je ne présenterai ici que les résultats et analyses pour le pilote.

Analyse en entrée de station :

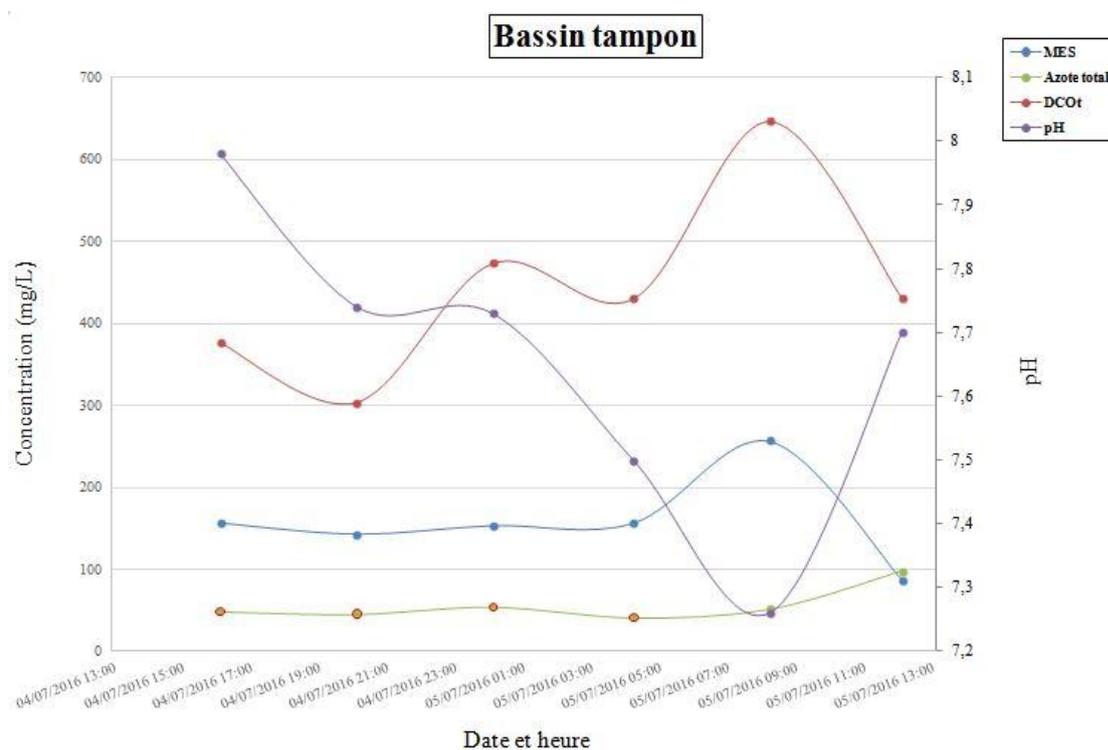


Figure 10 : Bassin tampon, 1ère phase

Ce graphique illustre bien le fait que la constitution rejets dans la station suit le rythme de vie des étudiants, avec une diminution de la concentration en MES entre 23h et 4h du matin, puis un pic à 8h. Comme dit précédemment, la DCO est bien liée aux concentrations en MES et azote.

Les données obtenues pour la mesure d'azote totale sont ici inexploitable car imprécises. En effet, la plage de mesure de notre test, la plus grande dont nous disposions, était 5-40 mg/L et les concentrations d'azote total mesuré étaient de plus de 50mg/L. Ce n'est qu'au bout de huit heures que l'un de binômes a eu l'idée de diluer l'échantillon deux fois pour pouvoir en mesurer les concentrations.

Analyse en sortie de station :

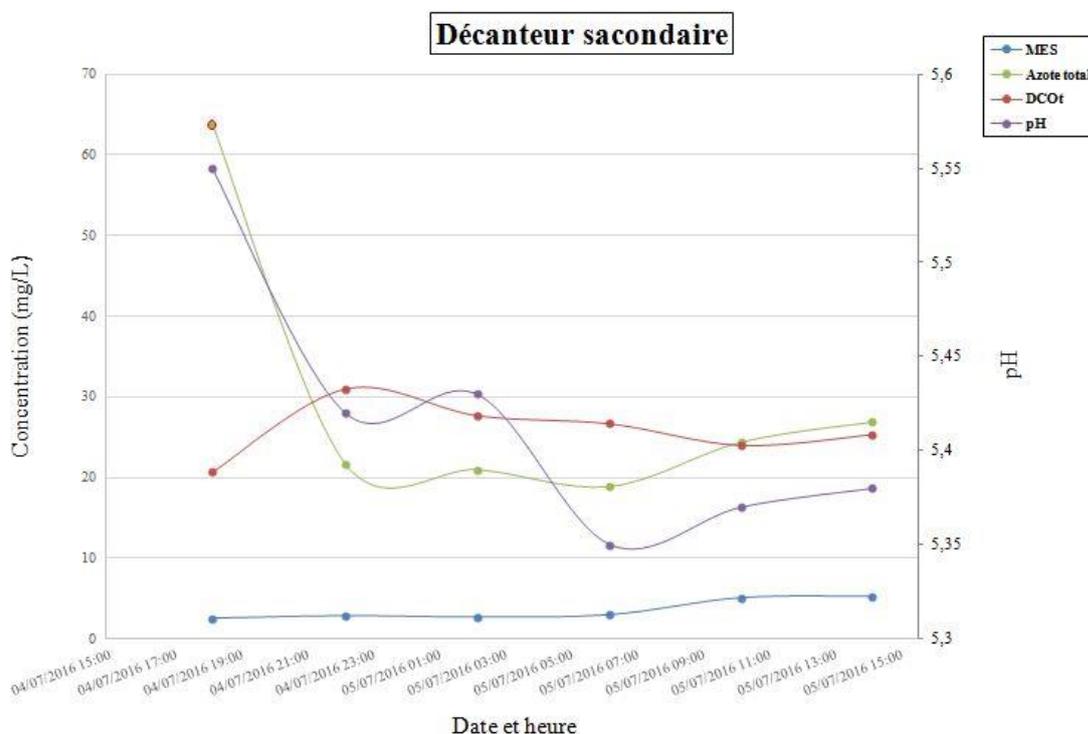


Figure 11 : Décanteur secondaire, 1ère phase

Premièrement, on note un pic d'azote total à 19h. Cela peut être dû à un pic dans l'affluent quelques heures avant le début de la campagne, ou alors à un mauvais traitement de l'azote par la station, que qui pourrait expliquer que le pH soit plus élevé. Les MES sont très bien traitées par la station car en moyenne 98% ont décanté ou ont été dégradé. Plus de 50% de l'azote total est aussi dégradé. Cela se reflète dans la diminution de la DCO.

Passons maintenant à une analyse plus détaillée de ce qui se passe dans la station :

Evolution de la DCO dans la station : La DCO totale n'étant pas mesurable dans les réacteurs à cause de la présence des boues, cette analyse sera faite en fonction de la DCO soluble. Nous avons supposé que la DCO soluble était la même dans le bassin tampon et dans le décanteur secondaire car aucune réaction chimique n'a lieu entre ces deux bassins et que le temps de passage de l'un à l'autre est très court. Aux vues des concentrations en matière en suspension, nous avons aussi considéré que, dans le décanteur secondaire, la DCO soluble était égale à la DCO totale.

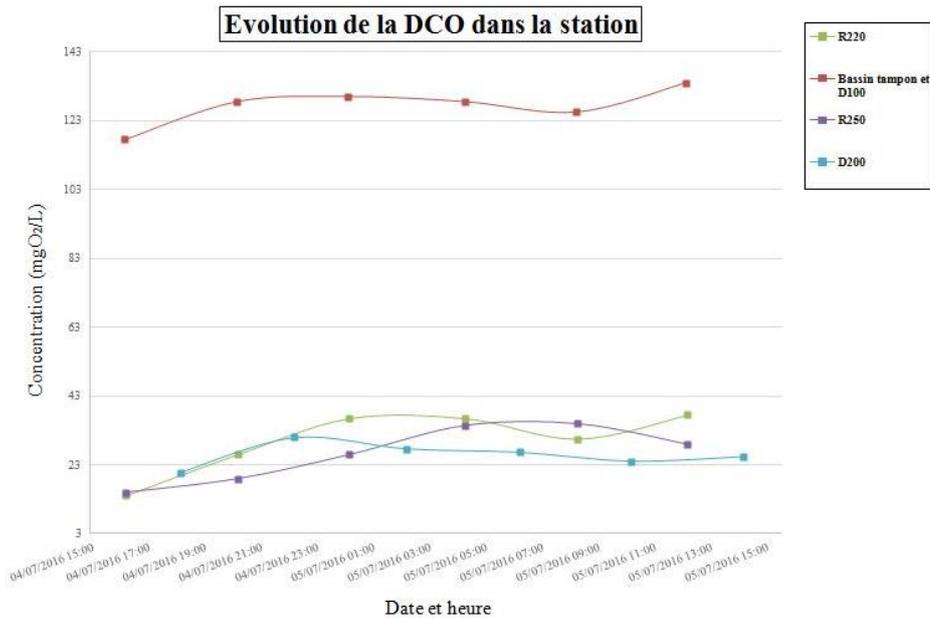


Figure 12 : Evolution de la DCO soluble au cours de la station, 1^{ère} phase

On observe que la DCO diminue fortement entre l'affluent (sortie de décanteur primaire) et l'arrivée dans les réacteurs. Elle reste ensuite globalement constante jusqu'à l'effluent (sortie de décanteur secondaire). On remarque aussi qu'entre 17 et 01 heure la DCO est supérieure en sortie de décanteur secondaire. Ceci peut être dû au pic de concentration ayant précédé la campagne et au temps de déplacement de l'eau d'une cuve à l'autre, ou à une imprécision dans la mesure due à trop d'attente entre le prélèvement et le filtrage de l'échantillon.

Evolution de la concentration en MES dans la station :

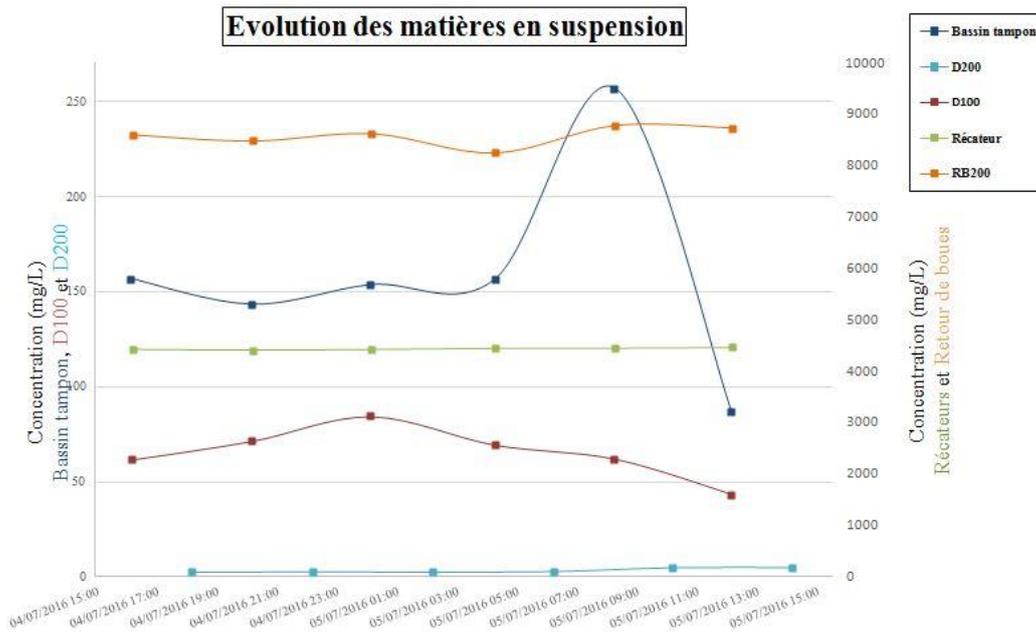


Figure 13 : Evolution de la concentration en MES au cours de la station, 1^{ère} phase

On se retrouve ici dans le même cas de figure que pour la DCO totale : les matières en suspensions présentes dans les réacteurs et le retour de boues (à lire sur l'axe de droite) ne sont pas seulement de la matière organique, ce sont aussi et surtout des boues activées permettant le traitement. Si on veut parler du traitement de ma matière organique, on ne peut comparer que le bassin tampon et le décanteur secondaire, ou alors regarder l'évolution de la DCO. La diminution des MES entre les réacteurs et l'effluent est due à la seconde étape de décantation. Celle-ci est très efficace : nous n'avons presque plus de MES en sortie (<5mg/L) et la concentration dans le retour de boues est bien le double de celle dans les réacteurs, signe que tout a décanté.

Evolution des concentrations en azote dans la station :

Commençons par l'azote total :

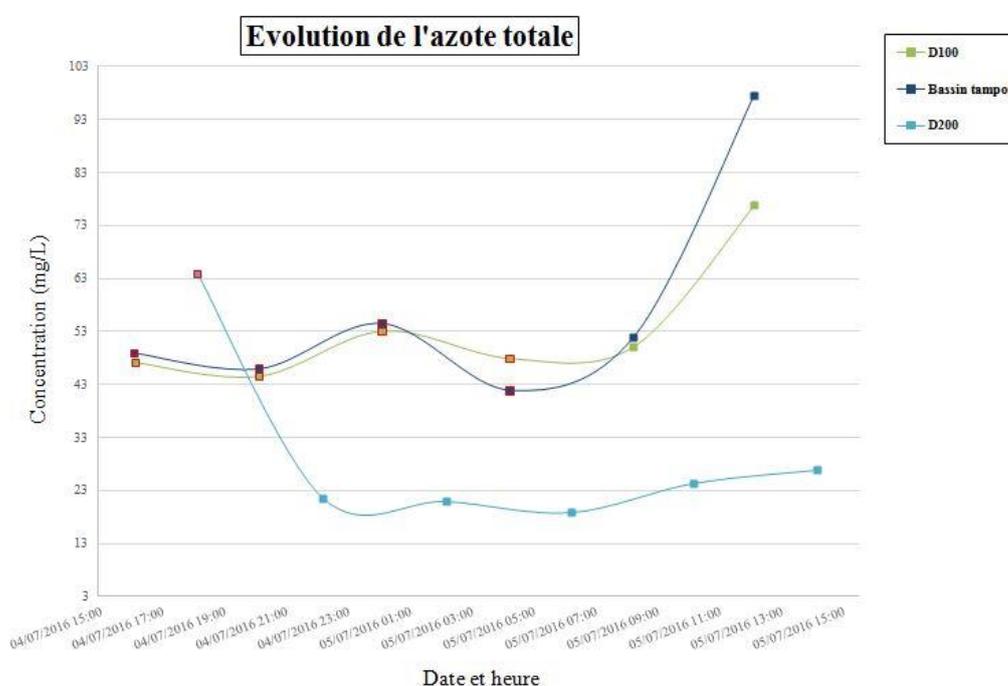


Figure 14 : Evolution de la concentration en azote total au cours de la station, 1^{ère} phase

A 4h du matin, l'azote total est plus concentré dans le décanteur secondaire que dans le bassin tampon. Cela est impossible est dû aux erreurs de mesure dont j'ai parlé plus haut.

Lors de son arrivée à la station, l'azote est présent sous deux formes : l'azote organique et l'ammonium. Une grosse partie de l'azote organique est traitée pendant la première décantation. L'ammoniac est ensuite traité dans les réacteurs :

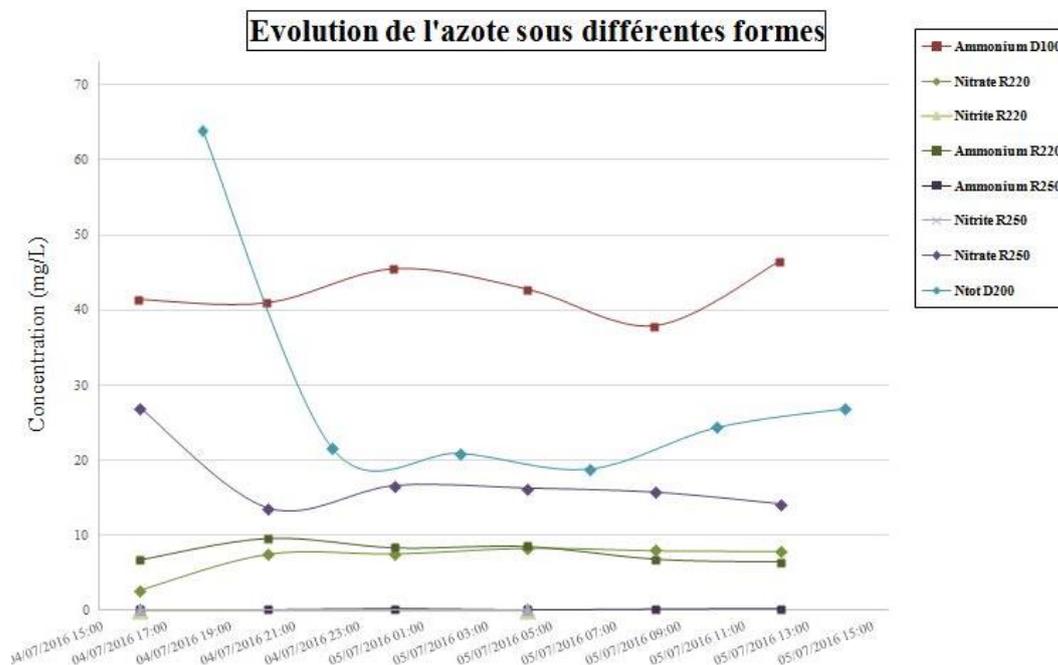


Figure 15 : Evolution des concentrations en azote "ionique" au cours de la station, 1^{ère} phase

Ce graphique présente l'évolution des concentrations en azote sous différentes formes. Suite à une défaillance des Variens au cours de la campagne, nous n'avons pas pu mesurer les concentrations en NO_3^- et NH_4^+ dans les décanteurs secondaires. Nous avons donc fait deux suppositions basées sur les analyses que nous avons effectué plus tôt dans le stage : la concentration en NH_4^+ dans l'effluent est nulle et, par conséquent, l'azote est présent seulement sous forme de NO_3^- donc $\text{CNO}_3^- = \text{CN}_{\text{tot}}$.

Les concentrations en nitrites dans les deux réacteurs sont très faibles, ce qui est logique car ce ne sont que des étapes de la nitrification et de la dénitrification. Nous n'avons pu réaliser que deux mesures car nos commandes en tube Hach ne sont pas arrivées à temps, ce test étant très peu souvent fait au laboratoire, nous n'avions pas beaucoup de réserve.

Premièrement la nitrification est très efficace : la concentration en ammonium est proche de 0 dans le R250. Sachant que cette eau va ensuite directement dans le décanteur secondaire, alors notre première hypothèse est juste. Cependant, on remarque que la concentration en azote totale de l'effluent est supérieure à celle en NO_3^- dans le R250. Cela ne peut pas être dû au temps de déplacement de l'eau car on retrouve la même chose tout au long des 24h. Il semble peu probable qu'il reste dans l'eau de azote organique, cette erreur est alors sûrement due à une erreur lors de la réalisation de la mesure d'azote totale ou de nitrate, peut-être le délai entre le prélèvement et le test est trop long.

Bilan de la première campagne :

Cette campagne ne nous a apporté aucune nouvelle indication sur la campagne et son fonctionnement. C'est normal car son but était de récolter de données pour la modélisation et de confirmer le fait que les deux chaînes ont bien un fonctionnement identique, ce qui était impératif pour ensuite pouvoir comparer les impacts du changement de température. Nous avons aussi pu mettre en évidence quelques problèmes rencontrés, que nous pouvons maintenant éviter.

b. Seconde phase de la campagne

Pour cette phase de la campagne, nous avons choisi d'abaisser la température du pilote. Le refroidissement a été commencé quelques heures avant le début des prélèvements car nous ne savions pas combien de temps il allait prendre et ainsi pouvions être sûr d'en voir les effets. La température dans les réacteurs baisse linéairement de 22,5 à 17°C au cours des 24h. La température de l'autre chaîne reste à 24,5 °C tout le long.

Le but de cette campagne n'étant plus d'analyser l'efficacité de la station, nous concentrerons notre analyse sur une comparaison des deux chaînes, sachant que la concentration de l'affluent est la même pour les deux.

Analyse en sortie de station :

Entre les deux campagnes, nous avons essayé de régler le problème des Variations en changeant les électrodes (voir I.2.b) ce qui nous a permis d'en avoir un de fonctionne (celui du copilote). Nous avons réutilisé l'hypothèse de la première campagne : la concentration en NH_4^+ est nulle après les décanteurs secondaires. Nous avons effectué le test de NO_3^- du pilote en laboratoire et avons supposé que c'était la seule forme sous laquelle se trouvait l'azote dans ces bassins, donc $C_{\text{NO}_3^-} = C_{\text{Ntot}}$.

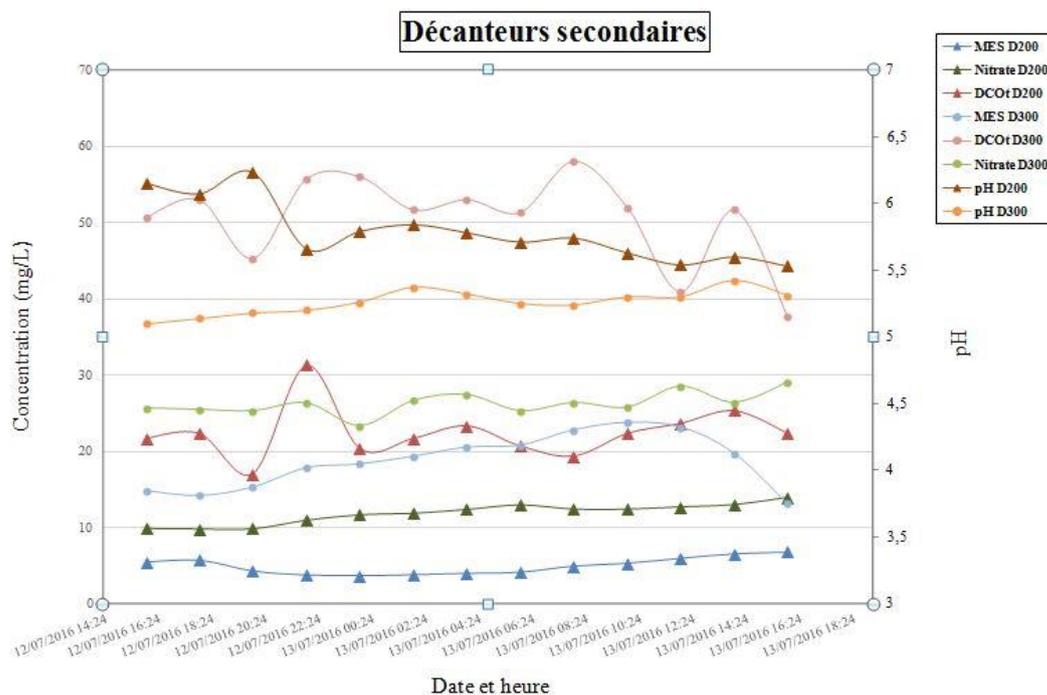


Figure 16 : Composition de l'effluent, 2^{ème} phase

On observe sur ce graphique que le traitement est bien meilleur dans le pilote. En effet, la concentration en MES est d'environ 5mg/L dans le D200 contre 20mg/L dans le D300 et la concentration en NO_3^- est de 10mg/L dans le D200 et 25 dans le D300. Cela se montre aussi par la différence de DCO totale : 20mgO₂/L dans le pilot et 50 dans copilote. Il y aussi une différence de pH, il est plus faible dans le D300. Comme dit précédemment, la formation de NO_3^- relâche deux protons H^+ alors que sa destruction n'en capte qu'un seul. Ce pH très faible est donc lié au fait que la concentration en nitrate soit élevée : il y a peu de dénitrification.

Regardons maintenant plus en détails ce qu'il se passe dans les différentes étapes du traitement.

Evolution des concentrations en azote dans la station :

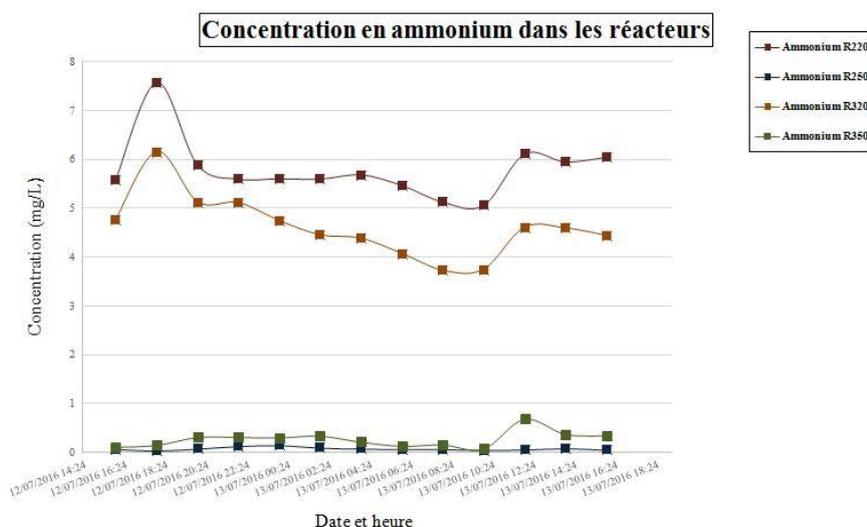


Figure 17 : Concentration en ammonium dans les réacteurs, 2^{ème} phase

On observe sur ce graphique que dans les deux chaînes, la nitrification est très efficace car il ne reste presque plus d'ammonium dans les R250 et R350, tout c'est transformé en nitrate. La différence de concentration entre les R220 et R320, elle, est étrange. L'ammonium n'est pas censé réagir dans les bassins anoxie. Cela peut être dû à une faible quantité d'O₂ qui se trouve dans ces bassins et ainsi provoque la nitrification. Elle est cependant négligeable. Ceci confirme donc l'hypothèse de bonne nitrification et mauvaise dénitrification, tout comme le tableau suivant :

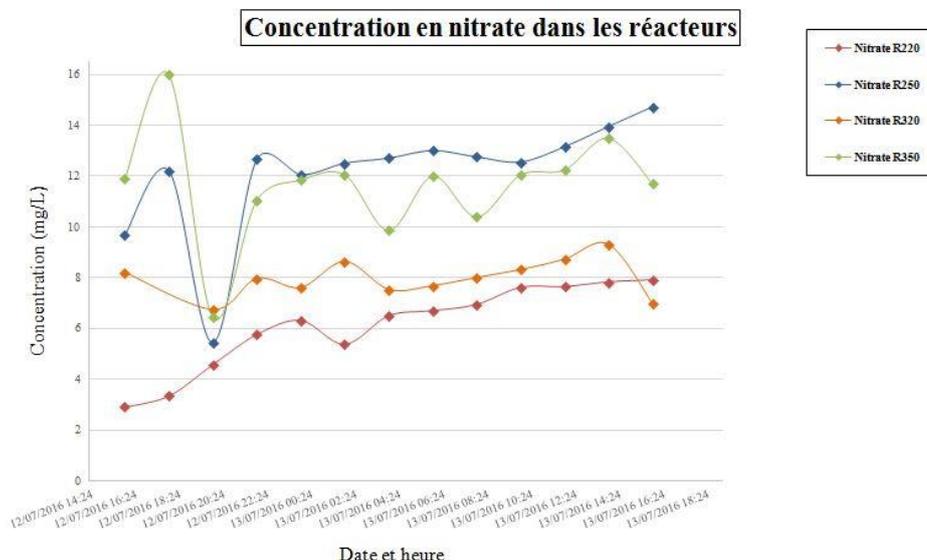


Figure 18 : Concentration en nitrate dans les réacteurs, 2^{ème} phase

Evolution de la concentration en MES dans la station :

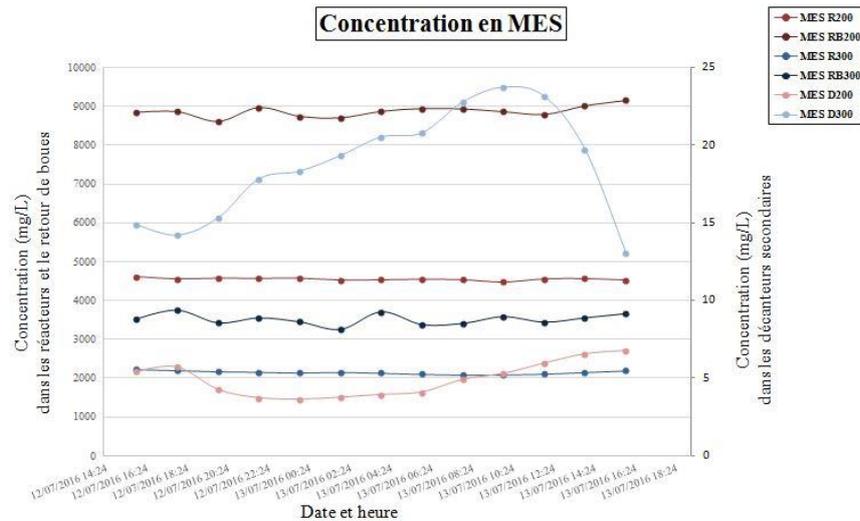


Figure 19 : Concentration en MES le long de la station, 2^{ème} phase

Les concentrations en MES des réacteurs nous donne une indication sur l'état des bactéries. Ici, on observe que la concentration dans la chaîne de réacteurs R200 est presque deux fois supérieure à celle dans la R300. Nous avons pu observer, au cours de cette campagne que les boues du copilote ont commencé à flotter et à former des mousses alors que celles du pilote sont restées sous la surface. Cette différence dans l'état des bactéries est certainement due à la différence de température. Les bactéries du copilote ont donc « quitté » les eaux de traitement, ce qui explique la diminution de concentration, et peut être lié à la mauvaise dénitrification.

On observe aussi que le Solitax de retour de boues du copilote est défectueux car la concentration mesurée n'est pas le double de celle mesurée dans le bassin. Comme dit précédemment, c'est un problème récurrent que nous n'avons pas réussi à fixer.

Les MES dans el D300 sont plus concentrées que dans le D200, cela est dû à une mauvaise décantation secondaire. En effet, lorsque les matières en suspensions sont très concentrées, leurs interactions aident leur décantation. Les eaux du R300 arrivant dans le D300 étant moins concentrées, elles décantent moins bien et on retrouve donc plus de MES dans l'effluent.

Bilan de la seconde campagne :

Contrairement à ce à quoi on s'attendait, le traitement est moins efficace pour la chaîne la plus chaude. Nous pouvons donc conclure qu'une haute température n'aide pas seulement les bactéries à se reproduire plus vite, elle facilite aussi le développement de bactéries filamenteuses, de flottants, qui nuisent au bon fonctionnement de la station.

c. Troisième phase de la campagne

Directement après la fin de la deuxième phase, nous avons enchaîné avec la troisième phase, le suivi de deux semaines avec deux échantillonnages par jour.

Seulement, un problème est survenu sur la station qui a faussé tous nos résultats. En effet, entre le jeudi 14 et le vendredi 15 juillet le capteur mesurant le niveau d'eau des réacteurs du copilote ont capté les flottants présents à la surface et a cru que les bassins débordaient. L'alimentation du copilote a donc été automatiquement arrêtée. Privée de nourriture, les boues du réacteur sont mortes avant que nous nous soyons rendu compte du problème. Elles ont ensuite mis presque une semaine à revenir à la normale, faussant ainsi les résultats de la comparaison. Cette « mort des boues » est visible sur différents points.

Au niveau de la nitrification :

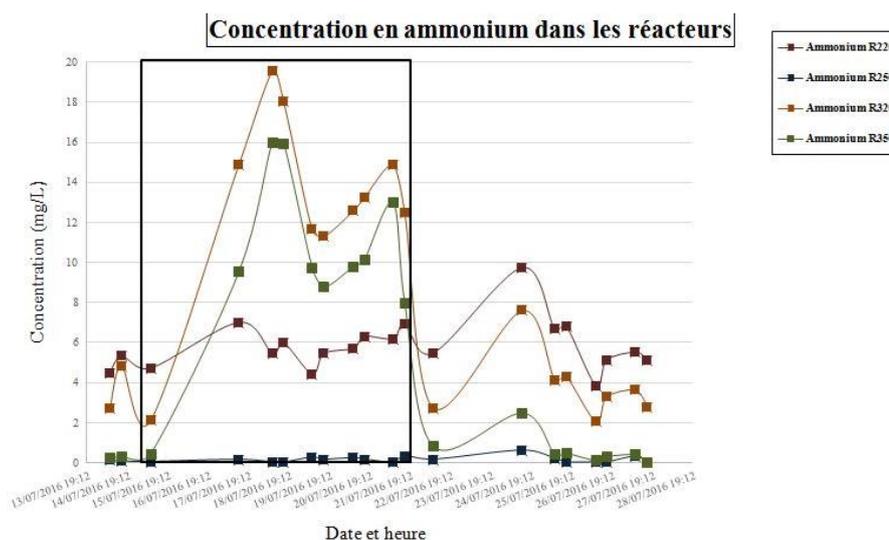


Figure 20 : Concentration en ammonium dans les réacteurs, 3ème phase

On voit bien sur le graphique que dans la journée du 14 juillet la concentration en ammoniac dans le R320 (en orange) a fortement diminué. C'est dû à l'arrêt de l'alimentation. Les bactéries sont ensuite mortes et l'alimentation a été redémarrée. La concentration en NH_4^+ a ensuite augmenté dans les deux réacteurs 300 et est restée pendant près d'une semaine très largement supérieure à celle des réacteurs du pilote. Sans les bactéries, la réaction de nitrification ne peut se faire dans le R350. C'est pourquoi, on le voit sur le diagramme suivant, la concentration en nitrate diminue subitement :

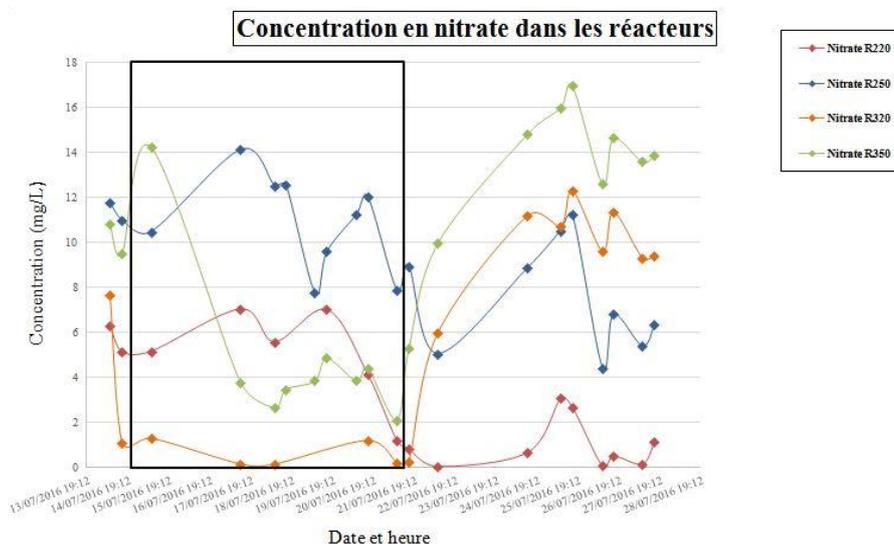


Figure 21 : Concentration en nitrate dans les réacteurs, 3ème phase

Au niveau de la concentration en oxygène dissous :

Il est intéressant de noter aussi l'impact de cette disparition sur les boues. Rappel : le débit d'air des trois réacteurs aéérés est le même, il est calculé de manière à avoir une concentration de 3 mg/L dans le R240 et le R340.

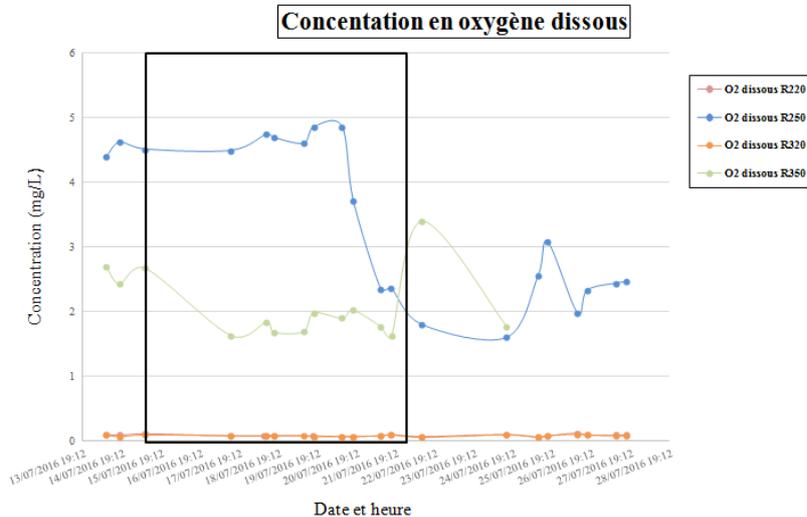


Figure 22 : Concentration en oxygène dissous dans les réacteurs, 3^{ème} phase

Dans le R350, la concentration en oxygène dissous est beaucoup plus faible que dans le R250. Les bactéries étant très peu nombreuses dans cette chaîne, il reste encore beaucoup de matière organique et d'ammonium à dégrader dans le dernier réacteur, les bactéries ont besoin de beaucoup d'oxygène.

Dans le R250 par contre, le travail a été presque terminé dans les deux autres réacteurs aéérés, le R230 et le R250. Il n'y a donc pas besoin d'autant d'oxygène. C'est une bonne nouvelle car la chaîne fonctionne bien, mais si la concentration en oxygène est trop élevée, celui-ci risque de, par la recirculation interne, se retrouver dans le réacteur R220 supposé être anoxie et nuire à la réaction de dénitrification. Nous avons donc pris la décision de diminuer le débit d'air dans R250 le 20 et le 21 juillet.

III. Analyse et apports du stage

Ce stage a été ma première expérience en laboratoire et m'a permis de découvrir le domaine de la recherche.

1. Organisation

a. Relations au sein de l'équipe

L'équipe est constituée de nombreux membres, des étudiants en maîtrise (master) et en doctorat, des stagiaires, des professionnels de recherche ou des post doctorants. Afin de garder une connexion au sein de l'équipe, les membres se rejoignent une fois par semaine pour une réunion au cours de laquelle l'un d'eux présente les avancées de son travail. Je me suis aperçue au cours de ces réunions que, même si les projets des uns et des autres semblaient très différents, tout était plus ou moins lié dans le domaine du traitement des eaux. J'ai trouvé ces rendez-vous hebdomadaires très enrichissant car j'y ai beaucoup

appris et parce que cela me permettait de garder une connexion avec le reste de l'équipe. En effet, le laboratoire et l'usine pilEAUte avec lesquels je travaillais sont au sous sol, éloignés de tous les autres bureaux.

b. Relations avec les autres équipes

Il y a, dans le pavillon Adrien Pouliot de l'Université Laval, d'autres équipes de chercheur. Certain du matériel que nous utilisions appartient en fait à, par exemple, l'équipe d'eau potable. Ce matériel était en général stocké dans un autre laboratoire, au premier étage plus accessible. Lors de notre campagne de mesure, nous ne pouvions pas nous permettre de perdre du temps en prenant l'assesseur. Nous avons donc du tout rapatrié au sous-sol pendant 24h. Cela demande un peu plus d'organisation, mais nous avons eu de la chance que les relations inter-équipes soient aussi bonnes, car nous avons pu, pour la campagne, emprunter le multimètre pour le pH, la sonde à oxygène, le thermomètre et le digesteur pour l'azote total sans lesquels nous aurions pu réaliser beaucoup moins des tests.

c. Gestion du matériel

La gestion du matériel m'a posé quelques problèmes durant mon stage. En effet, nous étions plusieurs à utiliser les mêmes réactifs. Il est difficile de prévoir ce que les autres vont utiliser et de faire des réserves en fonction. Nous nous sommes retrouvées, à la fin de mon stage, à cours de tube de DCO totale. Les délais de livraison sont aussi très longs. Nous avons passé certaines commandes avant la première campagne de mesure qui ne sont arrivées que pendant la deuxième, c'est pourquoi nous n'avions pas pu faire tous les tests de nitrite. Nous nous sommes aussi trompés dans les commandes de tubes Hach pour le nitrate. En effet, Romain et moi avons pensé lors de la planification de la campagne que de tube de mesure de basses concentrations suffirait. Mais les concentrations étaient beaucoup trop élevées, et quand nous nous en sommes aperçut, les temps de livraison ne nous permettaient pas de refaire une commande. Nous avons du diluer nos échantillons par deux pour pouvoir en mesurer la concentration.

2. Découverte du laboratoire

a. Hygiène et sécurité

Les règles en matière d'hygiène et de sécurité étaient particulièrement élevées durant mon stage. En effet, les manipulations en labo impliquent l'utilisation de produits pouvant être toxiques ou corrosifs. Il faut les manipuler avec précaution, porter en permanence une blouse, des gants et des lunettes. De plus, pour avoir des résultats précis il faut toujours bien nettoyer le matériel pour éviter tout risque de contamination, et surtout bien respecter le mode opératoire à la lettre, prendre son temps lors des manipulations, etc., ce pourquoi j'ai eu un peu de mal au début.

b. Incertitude des résultats

Malgré toutes ces précautions, il arrive que les résultats ne soient pas bons car on a quand même fait une erreur lors d'une étape entre le prélèvement et la lecture du résultat, ou alors qu'ils ne soient pas en accord avec notre hypothèse. Ayant surtout l'habitude à l'école de travailler en théorie, en calculant à la main ou sur un logiciel, je n'avais jamais vraiment été confrontée à ce genre de problème. Cela m'a permis de me rendre compte de tout le travail qu'il y a derrière une modélisation.

3. Mon ressenti par rapport au stage

Lors de ma mission R&D du mois d'avril 2016, je n'ai pas eu à récupérer des données mais seulement à les analyser. Ce stage est donc ma première expérience en laboratoire. Je suis aussi arrivée là-bas sans rien connaître sur le traitement de l'eau. En effet, à l'École des Mines d'Alès, les cours de spécialité ne commencent qu'au début du semestre 8 et, en MI2E, nous ne commençons les cours de traitement des eaux qu'au semestre 9. J'ai eu de la chance d'arriver dans une équipe et d'être avec d'autres stagiaires aussi présents et patients qui m'ont tout appris.

J'ai aimé ce côté de mon stage, l'entraide qu'il y a entre les membres de l'équipe. J'ai beaucoup aimé aussi la liberté que nous avons. En effet, Romain et moi étions responsables de notre projet, et nous organisions notre emploi du temps comme nous le voulions : nos cartes d'accès nous permettaient d'entrer dans le laboratoire quand nous le voulions, même la nuit et le weekend. Nous avons aussi accès à l'ordinateur qui contrôle le pilEAUte et pouvions ainsi y travailler même sans les techniciens. Nous avons pu organiser la campagne d'échantillonnage de A à Z.

J'ai pu découvrir le domaine du traitement des eaux dans, je pense, les meilleures conditions. C'est ce qui me permet de dire que ce domaine ne me correspond pas. Je garde cependant de ce stage un très bon souvenir et j'y ai appris, j'en suis sûre, bon nombre de choses qui me seront très utiles plus tard.

Cela a aussi été ma première expérience professionnelle à l'étranger, et la première fois que je me retrouvais seule dans un pays étranger. Le Québec a été une bonne alternative. En effet, le Canada est suffisamment loin de la France pour que je me retrouve absolument seule là-bas et que je sois obligée de me débrouiller par moi-même, mais en même temps la langue est la même et la culture est proche de la notre.

Conclusion :

Lors de ce stage j'ai travaillé au sein de l'équipe *modelEAU*, au laboratoire de génie civil et de génie des eaux de l'Université Laval, à Québec. Ce fut ma première expérience en laboratoire mais aussi dans le domaine du traitement des eaux. En effet, ma tâche consistait en l'entretiens d'une station de traitement des eaux usées, la station *piEAUte*, capable de traite les rejets de cent étudiants, et des capteurs s'y trouvant et, en parallèle, d'y organiser une campagne d'échantillonnage visant à récupérer des données pour une future modélisation.

J'ai pu également participer à d'autres projets. J'ai, par exemple, aidé un stagiaire en doctorat lors de sa campagne d'échantillonnage. Il réalisait un test traceur à la rhodamine dans un étang aéré à environ eux heures de Québec. J'ai aussi praticité à l'installation d'un *TresCon*, un appareil capable d'analyser les concentrations en azote sous forme NO_2^- , NO_3^- ou NH_4^+ dans l'eau. Il sert maintenant à analyser les eaux des réacteurs du la station.

La station, âgée seulement d'un an, est en permanente évolution et les nouveaux capteurs installés et la modélisation vont, je l'espère, nous en apprendre un peu plus sur son fonctionnement et surtout sur comment l'optimisé, pour ensuite être utilisé à plus grande échelle pour des agglomérations par exemple.

Résumé :

Mon stage, réalisé au sein de l'équipe modelEAU du département de génie civil et de génie des eaux de l'université Laval, s'est déroulé au Canada, dans la ville de Québec, et a duré 13 semaines.

Durant cette période, j'ai pu me familiariser avec le milieu du traitement de l'eau. Cette familiarisation signifie s'intégrer au sein du laboratoire et notamment dans l'équipe, mais aussi comprendre le fonctionnement d'un laboratoire de recherche universitaire, se familiariser avec un nouveau vocabulaire, et apprendre de nouvelles techniques.

Ce rapport traite de ces différents points et je vous propose donc de découvrir, en lisant, la bonne expérience que je tire de mon stage.

Abstract :

My internship, realized into the team modelEAU of the waste water treatment and civil engineering division of the University Laval, took place in Canada, in the city of Québec and lasted thirteen weeks.

During this period I have accustomed myself with the environment of waste water treatment. This familiarization means becoming integrated into the laboratory in particular into the team, but also understanding the daily running of a university research laboratory, accustoming to new vocabulary, and learning new techniques.

This report deals with these different points and I suggest you, reading it, to discover the good experience of my internship.