

UFR SCIENCES & TECHNIQUES CÔTE BASQUE
Université de Pau et des Pays de l'Adour

Licence Physique-Chimie

APPROCHE CHIMIQUE DES METIERS DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT

INDA--ARSA, Oihana

Stage effectué(e) du 11/04/2016 au 27/05/2015 à
la Lyonnaise des Eaux, 15 Avenue Charles Floquet, 64200 Biarritz
Usine de la Nive: route de Cambo 64600 ANGLET
Usine d'Ustaritz: chemin de Leihorando 64480 USTARITZ
Laboratoire Rivage Pro Tech: Technopole Izarbel 64600 ANGLET
sous la direction scientifique de Mr BIGOT, Pierre-Yves



"Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil"

SOMMAIRE

I Introduction.....	3
II Station d'épuration.....	4
1) La station d'épuration d'Ustaritz, une station d'épuration à boues activées.....	4
2) Traitement de l'azote.....	6
3) Traitement du phosphore.....	7
4) Inactivation par rayonnement UV.....	7
5) Évaluation des concentrations en azote et en phosphore.....	7
a) Détermination de la concentration en Phosphore par spectrophotométrie.....	8
b) détermination de la concentration en Ammonium et en Nitrate par colorimétrie par bandelettes.....	9
c) Colorimétrie par comparateur.....	9
6) Station d'épuration membranaire d'Arcangues-Bassussary.....	10
7) Milieux naturels.....	11
II/ Usine d'eau potable.....	12
1) Présentation de l'entreprise.....	12
2) Pré-traitement.....	13
3) Traitement chimique	15
a) Clarification.....	15
b) Affinage.....	16
c) Stockage, transport.....	16
d) Analyses en usine.....	17
e) Télécontrôle.....	18
IV Bactériologie.....	22
V Conclusion, Remerciements.....	23
Annexe A: Mesures de paramètres de l'eau à l'usine de la Nive.....	24
Annexe B: Test par Micro-plaques: Escherichia coli et entérocoques.....	26
Annexe C: Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux.....	28
Annexe D: Webographie/Bibliographie	29

I. Introduction

Tout d'abord présentons la société d'accueil:

En 1880 une Société Anonyme fut créée: la Société Lyonnaise des Eaux et de l'Éclairage. A l'origine, le rôle de la société était d'obtenir, d'acheter, d'exploiter toute concession et entreprise relative à l'eau et à l'éclairage.

En 1964, une loi impose aux communes de gérer l'assainissement des eaux usées pour lutter contre la pollution des rivières.

En 1981, le Centre International de Recherche Sur l'Eau et l'Environnement fut créé par la Lyonnaise des Eaux. Le CIRSEE étudie les problèmes du traitement de l'eau potable, de l'assainissement et de l'environnement.

En 1997, SUEZ fusionne avec la Lyonnaise des Eaux. Le nouveau groupe, nommé Suez-Lyonnaise des Eaux, privilégie deux pôles : l'énergie et l'environnement. La Lyonnaise des Eaux appartient à un des deux pôles et se nomme aujourd'hui: SUEZ ENVIRONNEMENT. Ce groupe est responsable de la gestion de l'eau et de l'assainissement en France. L'entreprise fait du développement durable, de la qualité des milieux naturels et de l'environnement des priorités pour l'avenir.

Ce stage avait pour but de découvrir les métiers de l'eau et de l'assainissement, et d'observer toute la Physique-Chimie présente dans le traitement de l'eau. C'est une approche plutôt théorique que pratique car en 7 semaines il est difficile d'observer plusieurs stations/laboratoire et d'en faire une étude. Dans ce rapport il n'y aura pas d'étude d'un sujet en particulier, c'est plutôt une approche des différents procédés physico-chimiques utilisés dans le traitement de l'eau. Seront décrits aussi différentes analyses qui peuvent être amenées à effectuer au quotidien, ainsi qu'une observation de divers métiers de la Lyonnaise des Eaux. Cela sera divisé en 3 parties, d'abord nous aborderons les stations d'épurations avec comme exemple les stations d'Ustaritz, d'Arcangues-Bassussary et d'Espelette. Puis nous nous tournerons vers l'eau potable, avec l'usine de la Nive, d'Anglet. Enfin nous évoquerons les laboratoires Rivage Pro Tech à Anglet, au sein desquels des analyses bactériologiques sont effectuées sur les eaux potables, et les eaux en sortie d'épuration.

II. Station d'épuration

1) La station d'épuration d'Ustaritz, une station d'épuration à boues activées

La station d'épuration d'Ustaritz fut mise en service le 26 Avril 2005. Quatre communes sont rattachées à cette station: Ustaritz, Larressore, Jatxou et Halsou. Sa capacité est de 12500 équivalent habitant. C'est une station à boues activées, c'est à dire que le traitement de la pollution s'effectue grâce à des micro-organismes.

Les eaux usées contiennent une quantité importante de pollution. Elle peut être organique ou minérale, en suspension ou dissoute. Elle représente une masse de nourriture importante pour de nombreux organismes vivants. Ces organismes de petite taille (de l'ordre du micromètre), sont des bactéries. Elles peuvent survivre grâce à cette «nourriture» et à de l'oxygène.



Pourquoi utiliser des bactéries ?

Les bactéries sont utilisées dans ce traitement car elles s'adaptent facilement à la pollution, ce qui est important car la composition des eaux usées change constamment. De plus elles sont choisies pour leur aptitude à la floculation. En effet, dans des conditions favorables, elles s'agglomèrent, ce qui permet par la suite de les séparer de l'eau traitée. Ce phénomène se nomme la floculation.

Quelle pollution est éliminée dans une station d'épuration?

- Les Matières En Suspension par floculation biologique.
- La DBO5 par nutrition des bactéries et la DCO par floculation et nutrition des bactéries

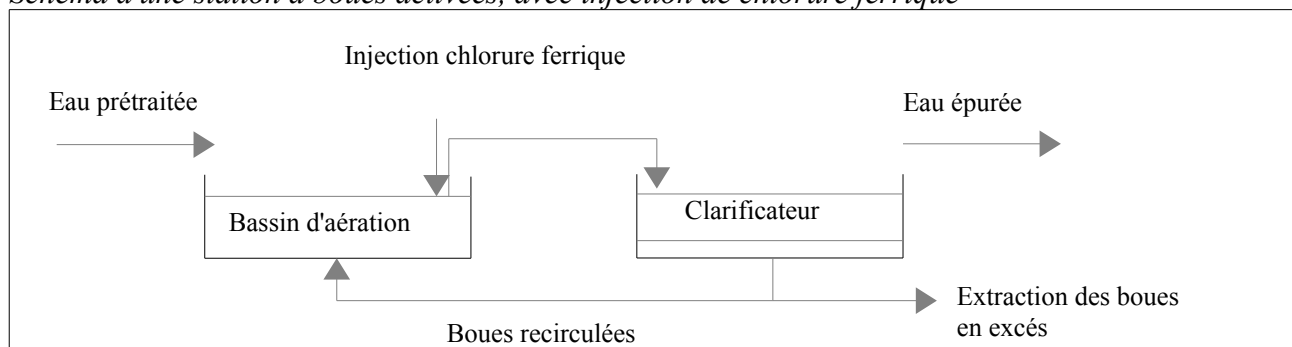
En se dégradant les matières organiques consomment l'oxygène dissous dans l'eau. Le degré de pollution s'exprime en Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours (DBO5) et en Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La DBO5 représente la quantité d'oxygène consommée en 5 jours à 20°C par les micro-organismes dans l'eau.

La DCO représente quand à elle tout ce qui est susceptible de consommer de l'oxygène dans l'eau, les micro-organismes (DBO5) mais aussi les sels minéraux et les composés organiques.

- L'azote et le phosphore en fonction de l'exploitation.

Schéma d'une station à boues activées, avec injection de chlorure ferrique



➤ Différentes parties de la station

Le Bassin d'aération

Dans ce bassin la pollution, l'oxygène et la biomasse sont mis en contact. Il est aéré afin de maintenir les bactéries en vie. Pour oxygéner, des aérateurs de surfaces (turbines) sont mis en place. Sans bactéries la pollution redeviendrait dissoute. Plus les boues sont concentrées, plus il faudra fournir d'oxygène. De plus ce dernier permet d'éliminer la pollution carbonée DBO5.

Ce bassin contient un dispositif de brassage pour améliorer le transfert d'oxygène, améliorer le contact avec les floccs bactériens, empêcher les dépôts (qui apporterait de la septicité).



Photo: Bassin d'aération de la step d'Ustaritz



Photo: clarificateur de la step d'Ustaritz

Clarificateur

C'est dans ce bassin que l'eau épurée et les boues (culture bactérienne) se séparent.

Recirculation

La pollution arrive en continu, il est donc indispensable d'avoir suffisamment de bactéries pour la consommer. Les boues du clarificateur sont en partie envoyées dans le bassin d'aération.

La recirculation permet d'avoir une quantité constante de boues et de limiter leurs temps de rétention dans le clarificateur, ce qui améliore leur qualité.

Dispositif d'extraction de boues

Les bactéries au bout d'un certain temps se reproduisent en se coupant en deux, on parle d'organismes scissipares. La reproduction est très rapide (entre une demi heure et quelques heures). Pour un bon fonctionnement de la station, la concentration en boue doit rester constante, c'est pourquoi il est nécessaire d'évacuer l'excès de boues produit.

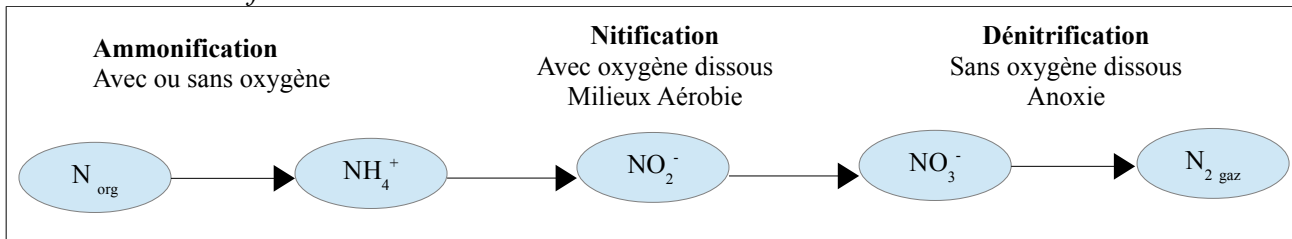
Traitement des boues

Le principal objectif du traitement des boues en station d'épuration est d'en réduire le volume pour limiter les quantités à stocker (voire à épandre), et arrêter la biodégradation dont elles sont le lieu. Ayant une forte teneur en eau, les boues sont un milieu propice à la dégradation de la matière organique. Elles sont épaissies et déshydratées par ajout de polymère dans une centrifugeuse. Elles sont ensuite chaulées pour pouvoir les utiliser comme fertilisant en agriculture.

Le principe de l'épuration par boues activées est de transformer la pollution des eaux usées, en boues biologiques, qui peuvent être séparées de l'eau traitée dans le clarificateur.

2) Traitement de l'azote

Schéma de la transformation de l'azote



L'azote en entrée de station est principalement sous forme organique.

Ammonification

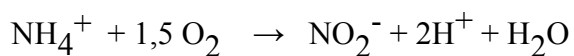
L'ammonification s'opère sous l'action de bactéries et par hydrolyse notamment. C'est une réaction extrêmement rapide. Au bout de quelques heures dans le réseau, la concentration en azote organique est réduite de moitié, c'est pourquoi en entrée de station on trouve principalement de l'azote ammoniacal.

Nitrification

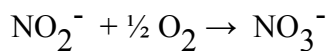
La nitrification est l'oxydation de l'azote ammoniacal en nitrate.

C'est une réaction en 2 étapes :

- la nitritation :



- la nitratation



Cette réaction s'effectue en présence d'oxygène par des micros-organismes autotrophesⁱ qui utilisent l'azote ammoniacal et des carbonates comme source d'énergie.

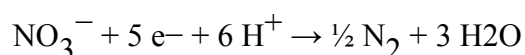
La nitratation est effectuée par des bactéries nitrifiantes, tel que Nitrosomas, Nitrospira ou Nitrosococcus. Par ailleurs la nitratation est assurée par des bactéries de type Nitrobacter.

Cette réaction nécessite une grande quantité d'oxygène (de l'ordre de 4,2 kg d'oxygène par kg d'azote ammoniacal), c'est pourquoi on procède à une aération du premier bassin.

Dénitrification

La dénitrification est une réduction des nitrates en azote gazeux, par des bactéries hétérotrophes comme les pseudomonas. Cette réaction s'effectue en absence d'oxygène dissous et en présence de nitrates. Une biomasse hétérotrophe aérobie utilise l'oxygène des nitrates et forme de l'azote gazeux (N_2).

- dénitrification

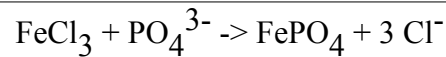


ⁱ Organismes qui synthétisent leur propre matière organique

3) Traitement du phosphore

Le phosphore dissous est transformé en précipité grâce à des réactifs physico-chimiques. Cette transformation peu s'effectuer naturellement, en très faible proportion, par les cations présents dans l'eau (Magnésium, Calcium, fer ...) ou artificiellement par ajout de sels métalliques, dans notre cas du chlorure ferrique.

Réaction du chlorure ferrique avec le phosphore



La précipitation du phosphore s'effectue dans le clarificateur. Le phosphore est séparé de l'eau traitée et se retrouve dans les boues.

4) Inactivation par rayonnement UV

En sortie de station, l'eau subit un traitement par Ultra-violets. Les rayons UV inactivent les micro-organismes (bactéries et virus) en modifiant leur ADN, pour prévenir leur reproduction. Les longueurs d'ondes responsables des effets bactéricides se situent entre 240 et 280 nm. Exposé à ce type de rayonnement, le noyau de la cellule est atteint, et la duplication de l'ADN est stoppée, les micro-organismes sont inactivés. Ces rayonnements influent sur l'acide nucléique, les enzymes et n'altèrent pas la composition chimique de l'eau car seul de l'énergie est produite.

5) Évaluation des concentrations en azote et en phosphore

En station d'épuration les quantités d'azote et de phosphore peuvent être mesurées de 3 manières différentes:

- Spectrophotométrie
- Colorimétrie par comparateur
- Colorimétrie par bandelettes

La technique employée est choisi en fonction des normes que la station doit respecter. Prenons le cas de la station d'épuration d'Ustaritz.

Tableau des normes de rejet de la station d'Ustaritz

Paramètres	Normes Limites (mg/L)	Commentaire
NH ₄	< 5	Bonne nitrification
	> 5	Nitrification insuffisante, augmenter le temps d'aération
NO ₃	< 10	Bonne dénitrification
	> 10	Dénitrification insuffisante, augmenter le temps de non aération
PO ₄ ³⁻	< 1	Bonne déphosphatation
	0	Trop de chlorure ferrique injecté
	> 1	Trop de phosphates, augmenter l'injection de chlorure ferrique

La concentration en phosphate doit être inférieure au milligramme par litre, sa mesure nécessite donc un appareil de précision. Les phosphates sont évalués par spectrophotométrie.

Par ailleurs les nitrates et l'ammonium ont une gamme plus large de concentration, c'est pourquoi leur évaluation s'effectue par colorimétrie, par bandelettes.

Ces mesures s'effectuent une à deux fois par semaine, en général en début et/ou fin de semaine.

a) Détermination de la concentration en Phosphore par spectrophotométrie

Protocole

- insérer 1 mL d'eau brute ou 5 mL d'eau traité (tout dépend si la mesure doit être effectuée en entrée ou sortie d'usine) dans une cuve prévu à cet effet.
- 1 dose de réactif VERT (P1-K)
- Chauffer le tout à 120 °C pendant 30 min
- Rajouter 5 gouttes de P2K
- puis 1 dose de BLEU (P2-K)
- Passer le tout au spectrophotomètre

Si la concentration en phosphate est inférieure à 0,1 mg/L, le spectrophotomètre affichera < 0,1 mg/L ou 0 si elle est nulle. Si la concentration est supérieure à 01 mg/L, il donnera la valeur exact

Tableau des Résultats concernant les phosphates dans la station d'Ustaritz

Date	Concentration en phosphate (mg/L)	Respect des normes
12/04/16	0	Oui
18/04/16	< 0,1	Oui

b) Ammonium, nitrates

L'évaluation des nitrates et de l'ammonium s'effectue par colorimétrie par bandelettes.

Protocole pour l'ammonium

- Rincer le récipient graduée avec l'eau à analyser et remplir jusqu'au trait de jauge à 5 mL
- Ajouter 10 gouttes d'ammonium (lessive de soude) à l'échantillon.
- Agiter puis immerger une languette test pendant 5s
- Comparer la couleur de la zone test avec l'échelle colorimétrique

Protocole pour les nitrates

- Immerger la languette pendant 1s dans l'échantillon
- Attendre 0 s et comparer à l'échelle colorimétrique

Tableau des résultats d'analyses de l'eau pour les nitrates et l'ammonium dans la station d'ustaritz

Date	Concentration en ammonium (mg/L)	Respect des normes pour l'ammonium	Concentration en nitrate (mg/L)	Respect des normes pour les nitrates
12/04/16	0,75	Oui	0	Oui
18/04/16	0,5	Oui	0	Oui

c) Phosphate, Ammonium, Nitrate par colorimétrie par comparateur dans la station d'épuration à boues activées d'Espelette.

La station d'épuration d'Espelette est une station d'épuration à boues activées mise en service le 10 septembre 2014. C'est le même principe que celle d'Ustaritz, à part qu'il fut décidé que la station aurait deux clarificateurs.

Protocole pour les phosphates

- Verser 5 mL d'échantillon dans deux flacons prévus à cet effet
- Ajouter 6 gouttes du réactif 1 dans un des flacons et agiter
- Ajouter 6 gouttes du réactif 2 dans le même flacon, agiter
- Attendre 10 min
- Comparer la couleur avec l'échelle colorimétrique fournit, résultat en mg.L de $P-PO_4^{3-}$

Tableau des résultats pour l'ammonium, les phosphates et les nitrates

Date	Concentration en phosphate (mg/L)	Normes limites (mg.L)	Concentration en Ammonium	Normes limites (mg/L)	Concentration en nitrates	Normes limites (mg/L)	Respect des normes
22/04/16	0,3 - 0,5	Entre 0 et 0,5	0,5	1	0	3	oui
29/04/16	0,3	Entre 0 et 0,5	0,5	1	0	3	oui

6) Station d'épuration membranaire d'Arcangues-Bassussary

En 2010 la station d'Arcangues-Bassussary fut agrandie et rénovée en raison de l'agrandissement démographique des deux villages. L'eau qui en résulte est rejetée dans le ruisseau d'Urdains.

Cette station est basée sur une méthode de filtration des eaux usées par membranes planes. En France, cette année là c'est la première station à mettre en place cette technique.

Deux réseaux d'acheminement d'eau arrivent à la station d'épuration, celui du lotissement du golf, par gravitation, et celui du quartier Pétripaule, par refoulement.

Le bâtiment technique à côté des bassins contient à l'étage une salle de commande, un laboratoire et des locaux sanitaires. En rez-de-chaussée se trouve l'unité de centrifugation des boues pour les déshydrater avant de les envoyer dans un lieu de compostage.

Dans un premier temps l'eau passe par deux tamis rotatifs, afin d'éliminer les macro-déchets. Les débits d'arrivage et la concentration sont mesurés. Puis l'eau est stockée dans un bassin-tampon qui permet de régulariser le flux d'eau à traiter, d'amortir les pointes due aux eaux pluviales, car le traitement s'effectue à débit constant.



Photo: station d'épuration d'Arcangues-Bassussary



Illustration: membranes planes

Des membranes planes, sont disposées parallèlement à l'intérieur d'un cadre comme un mille-feuille. Chaque membrane plane est formée d'un support rigide en polymère (polypropylène - polyester) sur lequel un film de téflon a été soudé de part et d'autre. Ce dernier a été extrudé avec un solvant qui s'évapore laissant des pores de la taille souhaitée.

Ces membrane comportent des perforations de 0,2 micron de diamètre, ce qui est inférieure à la largeur d'une bactérie (0,5 à 3 μm). Toutes les molécules de taille supérieure sont stoppées (parasites, bactéries, virus...), l'eau est désinfectée sans utiliser de produits chimiques.

A la base de ces cadres se trouvent des aérateurs. De l'air circule dans des tubes perforés. Les bulles qui en résultent, en remontant vers la surface, créent des tourbillons qui entraînent le liquide de la cuve en sens inverse. Un mètre carré de membrane permet de traiter 20 litres d'eau à l'heure.

La filtration est interrompue toutes les dix minutes pour récupérer les boues résiduelles qui n'ont pas passé les micro-pores et qui se sont déposées sur les membranes. Le nettoyage des membranes s'effectue à température ambiante, par inversion du circuit (les eaux usées sortent et l'eau traitée entre) avec de l'hypochlorite de sodium (ou eau de Javel) et de l'acide citrique.

L'eau filtrée par les membranes est conduite le long du support interne d'où elle s'écoule par un circuit d'évacuation. L'eau, avant d'être déversée, subit un traitement supplémentaire aux rayons ultra-violetts par précaution, car les membranes n'enlèvent pas tous les virus.

Le traitement possible des eaux usées est de 8000 EH (équivalents habitants), 120 m³ d'eau claire parasite, 525 m³ d'eau de pluie admissible, 160 m³ à l'heure comme débit de pointe admissible.

7) Milieux naturels

L'exploitant de la station doit se livrer à une série de mesures et d'échantillonnages afin d'évaluer l'efficacité de sa station. Une station d'épuration traite des eaux usées afin de pouvoir les rejeter dans le milieu naturel. Il existe des objectifs qualité pour chaque station, et l'eau en sortie de station doit les respecter. Un suivi des performances de dépollution des installations ainsi que du milieu récepteur est imposé. La fréquence et la nature des contrôles varient en fonction de la capacité de traitement des stations.

En station d'épuration plusieurs paramètres peuvent être analysés: le pH, la conductivité et la température sont mesurés par l'exploitant à l'aide de sonde portatives. Pour les autres paramètres, des échantillonnages sont effectués. Les échantillons de bactériologies sont envoyés au laboratoire Rivage Pro Tech d'Anglet (dans le cas des différentes stations évoquées précédemment), où une technicienne de laboratoire analysera les coliformes totaux, les entérocoques et les *Escherichia coli*. D'autres paramètres tel que: l'oxygène dissous, la DBO₅, la DCO, l'ammonium, l'ammoniac, les nitrites, les nitrates, l'azote total Kjeldahl, l'azote Global, le phosphore, les phosphates, les micro-polluants (les produits organiques persistants et les métaux lourds tel que l'aluminium, le cadmium, le chrome, le cuivre...) et les pesticides sont envoyés dans un des laboratoires d'analyse de la Lyonnaise des Eaux.

III. Usine d'eau potable, l'usine de la Nive

1) **Présentation de l'entreprise**

Le Syndicat mixte de l'usine de la Nive fut créé en 1988. Il regroupait les communes de Bayonne, Anglet, Biarritz, Bidart, Guéthary et le syndicat intercommunal de la Nive (actuellement syndicat URA).

De nos jours il assure la la production en eau potable de 26 communes situées dans les Landes et les Pyrénées Atlantique: Anglet, Bayonne, Biarritz, Bidart, Guéthary, Ahetze, Arbonne, Arcangues , Bassussarry, Briscous, Cambo les Bains, Halsou, Itxassou, Jatxou, Lahonce, Larressore, Mouguerre, St Pierre d'Irube, Urcuit, Urt, Ustaritz, Villefranque, Boucau, Tarnos, Ondres, St Martin de Seignanx.

De la prise d'eau à Ustaritz, à l'arrivée d'eau au robinet, il prend en charge toutes les étapes de la production d'eau potable. De plus le SMUN est chargé d'informer et de sensibiliser les citoyens. Il produit l'eau pour un bassin de population d'environ 200 000 habitants en hiver, 400 00 en été.



Photo : filtres à sable et décanteurs de la station

2) Pré-traitement

Captage de l'eau

Photo: Rivière de la Nive en Aval du bourg d'Ustaritz

L'eau brute de la rivière de la Nive est captée en aval du bourg d'Ustaritz, c'est une ressource superficielleⁱⁱ. Un barrage constitué de rochers a été mis en place, il permet de délimiter l'eau douce de l'eau saumâtreⁱⁱⁱ.

L'eau brute arrive à la station, 7 km plus loin, par le biais de deux canalisations (70 et 50 cm de diamètre).

Ce poste est constitué d'une station d'alerte^{iv}, d'une prise d'eau avec grille, de tamis^v, d'un bassin tampon, de vannes pour isoler ce dernier et d'une station de pompage.



Photo: station en aval du bourg d'Ustaritz



Dé-grillage – tamisage

La première étape du traitement de l'eau est un traitement physique de l'eau. Les gros déchets sont retenus par une simple grille avec des espacements de 2,5 cm.

L'eau passe ensuite dans des tamis. C'est le même principe que le dégrillage. Tamisage, même principe que le dégrillage, avec des mailles de 1mm afin d'éliminer les résidus plus petits.

Le mouvement rotatif permet de garder les saletés au centre. L'eau est projetée vers l'extérieur.

ii Eau de surface

iii Mélange d'eau douce et d'eau salée

iv
v

Toc et Flocc



Photo: chenal des gymnotes

La station d'alerte contient une armoire électrique, des ordinateurs, permettant le contrôle de toutes les installations et des gymnotes^{vi}.

Ces poissons servent d'analyseurs. La fréquence qu'ils émettent en continue est modifiée en cas de stress, en présence de pollution, par exemple. La modification de cette fréquence entraîne l'arrêt immédiat du captage de l'eau. Ils mettent entre 2 et 45 minutes à réagir. C'est pour cette raison que l'eau traverse un bassin tampon d'une longueur de 75m.

En cas de pollution, l'eau polluée est confinée dans le bassin.

En temps normal, l'eau est pompée, puis envoyée à l'usine de la Nive à Anglet dans deux canalisations.

Des sondes pour la turbidité, la conductivité, le pH, l'O₂ et les hydrocarbures (au centre de 3 flotteurs) sont aussi placées dans cette station, afin d'avoir un suivi de l'eau brute.

Par ailleurs c'est un autre moyen de détecter la pollution et de la stopper avant passage en station.

Une sorte de «grand boudin» absorbe les hydrocarbures présents dans l'eau quand ils ne sont pas en trop grande quantité



Photo: sondes dans un bassin d'eau brute

vi Les gymnotes sont des poissons d'Amérique du sud qui ont la particularité d'émettre un signal électrique en continu.

3) Traitement chimique à l'usine de la Nive, fonctionnement de la station

1. Clarification

Injection de coagulant

Du coagulant^{vii}, dans notre cas du sulfate d'aluminium, ou polychlorosulfate d'aluminium $\text{Al}(\text{OH})_x\text{Cl}_y(\text{SO}_4)_z$, est injecté dans l'eau afin d'accélérer l'étape suivante. C'est un procédé qui a pour but de déstabiliser les matières colloïdales (particules qui ne s'agglomèrent pas naturellement) afin de former des flocs^{viii}. En introduisant dans l'eau des sels d'aluminium chargés positivement, on neutralise les charges négatives des particules colloïdales en suspension dans l'eau: c'est la coagulation. De plus les sels d'aluminium donnent dans l'eau un précipité d'hydroxide d'aluminium, qui aide au rassemblement des colloïdes coagulés. Les parties floculées pourront être retenues par les filtres à sable. Un réactif n'est actif que dans une certaine zone de pH, un réajustement du pH peut être préconisé. Pour baisser le pH du CO_2 peut être injecté.

Charbon actif

Si des résidus d'hydrocarbures sont repérés, du charbon actif en poudre peut être ajouté pour neutraliser leurs effets. Le charbon actif est un matériau poreux qui possède une grande surface spécifique qui permet l'adsorption^{ix} et la dégradation par voie microbiologique de la matière organique et des micro-polluants organiques tel que les pesticides. L'injection ne s'effectue pas en continue, seulement au besoin ou à la demande des usagers.

Décantation

L'eau est acheminée vers plusieurs décanteurs. L'eau coagulée/floculée entre dans un des décanteurs à vitesse réduite afin d'éviter les turbulences. Les particules agglomérées deviennent de plus en plus lourdes et tombent au fond des différents bassins, on parle de formation de boues.

Filtres à sable

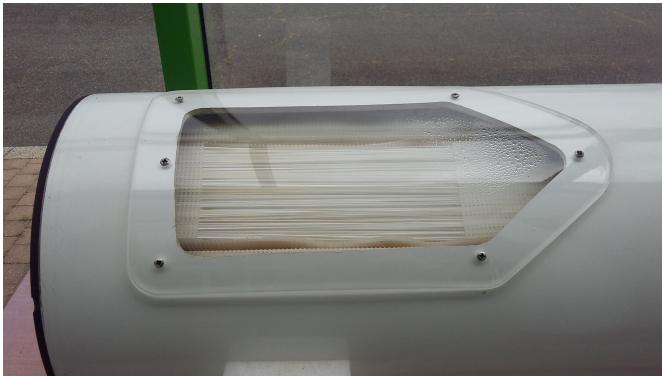
Il y a 11 filtres à sables dans la station, reliés aux décanteurs. L'eau passe à travers un lit de sable, les particules les plus petites restent en surface du lit de sable, l'eau à 99 % dépolluée est en majeure partie acheminée vers le bassin d'ozonisation, une petite partie est acheminée vers un système d'ultrafiltration, système qui n'est pour le moment qu'un test. Le filtre à sable constitue aussi un support bactérien à l'origine d'un traitement biologique qui entraîne la consommation des matières organiques, de l'ammoniac, du fer et du manganèse, par les bactéries qui se sont développées sur le sable.

vii Produit chimique ou organique destiné à favoriser la coagulation des matières colloïdales en suspension dans une eau.

viii Des matières en suspension s'agglomèrent pour former des particules plus grosses.

ix Phénomène de surface au cours duquel des molécules de liquides se fixent sur les surfaces solides des adsorbants

Photo: Découpe d'une colonne d'ultrafiltration



L'ultrafiltration (ne concerne qu'une partie de l'eau traitée) en phase test

Plusieurs colonnes composées d'une succession de filtres dotés de pores très fins, de l'ordre de 0,01 micro-mètres permettent d'éliminer les virus et les bactéries les plus importantes.

2. L'affinage

L'ozonisation

L'eau après décantation et ultrafiltration se rejoint dans un bassin. De l'ozone y est injecté afin d'éliminer tous les virus et bactéries, c'est le désinfectant le plus puissant pour épurer l'eau. De plus il transforme les matières organiques naturelles en augmentant leur biodégradabilité. Cela permet de faciliter leurs élimination par du charbon actif. L'ozone est un composé instable, c'est pourquoi il est produit directement en station à l'aide d'ozoneurs:

Chloration

L'effet de l'ozone étant rémanent, ils ajoutent du chlore après ozonisation afin que l'eau reste potable durant tout son parcours. En station, du chlore gazeux est injecté.

3. Stockage, transport

Réservoir 28 000 m³

En sortie de station, 28 000 m³ de réservoirs ont été construits. Ils servent de stockage d'eau potable. En cas d'arrêt du captage à Ustaritz, pour cause de pollution par exemple, ils garantissent l'approvisionnement en eau potable des châteaux d'eau et des réservoirs.

Pompes

Dernière étape, des pompes renvoient l'eau potable vers le réseau de distribution.

4. Analyses en usine

Afin de vérifier le bon fonctionnement de la station, chaque jours, quelques analyses sont effectuées. Sont mesurés chaque jours le pH, la conductivité, la turbidité, la teneur en chlore libre/total et la teneur en aluminium une fois par semaine environ. Tous ces paramètres sont mesurés en continu, cependant des mesures régulières sont effectuées avec des appareils portatifs, c'est une vérification supplémentaire et cela permet de recalibrer les appareils qui servent à la mesure en continu.

De plus, des analyses sont effectuées dans tout le réseau de distribution par des agents d'entretien afin de vérifier la qualité de l'eau avant l'arrivée chez les usagers. Plusieurs mesures sont effectuées, des mesures de chlore , de turbidité, de conductivité et de pH dans les différents réservoirs et arrivées d'eau du réseau.

Au niveau des résultats, ces contrôles ne se faisant qu'une à deux fois par moi et à différents endroits (différentes communes), lister tous les résultats n'aurait pas était très parlant. C'est pourquoi dans la suite du rapport les résultats d'analyses ne se porteront que sur celles effectuées en station, chaque jours pendant 2 semaines.



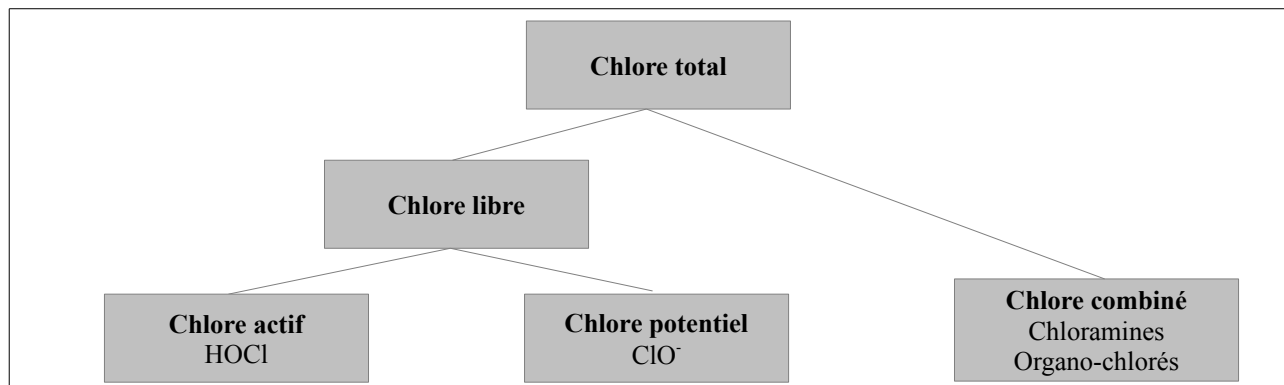
Photo: Laboratoire de la station

Des analyses complètes de l'eau de la station sont faites par l'Agence Régionale de Santé (ARS). Cette dernière a en charge le contrôle sanitaire des eaux en application du code de la santé publique. Elle définit un programme d'analyses, interprète les résultats, contrôle les usines d'eau potable, le réseau et informe les usager de la qualité de l'eau.

a) Chlore libre / Chlore total

Le chlore est un des produits utilisés pour la désinfection de l'eau potable, injecté essentiellement sous forme de chlore gazeux en usine ou d'hypochlorite de sodium (eau de Javel) sur le réseau. Il est utilisé pour son pouvoir oxydant important, et pour le fait qu'il est rémanent.

Il existe deux formes de chlore, le chlore libre et le chlore combiné:



➤ Principe

Le chlore libre présent dans l'échantillon sous forme d'acide hypochloreux et/ou d'ions hypochlorites, réagit immédiatement avec le DPD (N,N-diéthyl p-phénylène- diamine) pour former une coloration rouge proportionnelle à la concentration en chlore.

Pour le chlore total, le réactif contient en plus du DPD, de l'iodure de potassium KI. Le chlore combiné réagit avec le réactif iodure pour former du I₂. Puis le diiode réagit comme le chlore libre, avec le DPD.

➤ Matériel

- Un spectrophotomètre
- 2 cuves de 10 mL
- Des réactifs pour chlore libre et chlore total DDP

➤ Protocole

- Transférer 10 mL de l'échantillon dans une cuve ronde, bien essuyer l'extérieur de la cuve.
- Entrer le numéro de programme mémorisé pour le chlore sur le spectrophotomètre.
- Presser PRGM, puis 9 ENTER, l'affichage indique mg/l, Cl₂ et le symbole 0.
- introduire dans le compartiment de cuve du spectrophotomètre.
- Appuyer sur ZERO pour faire le blanc.
- Transférer 10 mL de l'échantillon dans une autre cuve ronde.
- Ajouter un sachet de réactif pour chlore libre (ou total) au DPD dans l'échantillon.
- Agiter la cuve pendant 20 secondes pour homogénéiser.
- introduire le compartiment dans la cuve.
- Appuyer sur READ. Le résultat s'affiche en mg/l de Cl₂.

b) Aluminium

➤ Principe de la méthode

L'indicateur Aluminon se combine avec l'aluminium pour former une coloration rouge orange. Plus la concentration en l'aluminium est importante, plus la coloration est importante. L'acide ascorbique est ajouté pour éliminer l'interférence du fer.

➤ Matériel

- Un spectrophotomètre
- 2 cuves de 25 mL
- Une éprouvette graduée de 50 mL
- Gélule d'acide ascorbique
- Gélule de réactif Aluminon AluVer 3
- Gélule de poudre décolorante Bleaching 3
- Des réactifs pour chlore libre DDP
- Des réactifs pour chlore total DDP

➤ Protocole

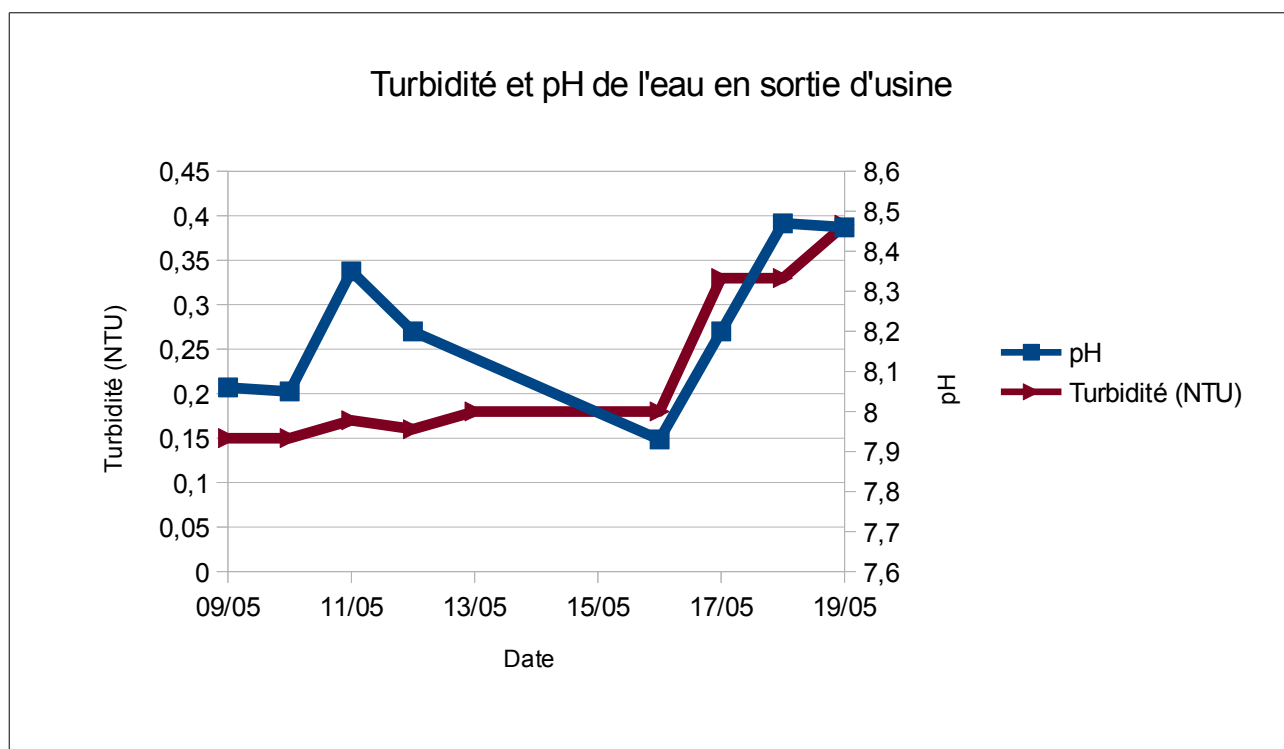
- Faire le blanc.
- Entrer le numéro de programme mémorisé pour l'aluminium sur le spectrophotomètre.
- Presser PRGM, puis 1, ENTER, l'affichage indique mg/l, Al et le symbole 0.
- Remplir une éprouvette graduée de 50 mL avec 50 mL d'échantillon à analyser.
- Ajouter le contenu d'une gélule d'acide ascorbique, boucher et agiter pour homogénéiser.
- Ajouter le contenu d'une gélule de réactif Aluminon AluVer 3.
- Presser TIMER ENTER, une période de 3 min commence.
- Retourner plusieurs fois l'éprouvette pendant les 3 minutes.
- Transférer 25 mL de l'échantillon (contenant les réactifs) dans une cuve ronde, bien essuyer l'extérieur de la cuve.
- Ajouter le contenu d'une gélule de poudre décolorante Bleaching 3 dans l'éprouvette, ce mélange fera office de blanc.
- L'affichage indique 00:30, presser ENTER, bien agiter l'éprouvette pendant les 30 secondes.
- Verser les 25 mL dans une seconde cuve.
- L'affichage indique 15:00, presser ENTER, une période de 15 min de réaction commence
- Placer le blanc dans le spectrophotomètre, presser ZERO, l'affichage indique 0,00 mg/l Al
- Pacer l'autre cuve, presser READ, le résultat s'affiche en mg/l d'aluminium

c) Résultats

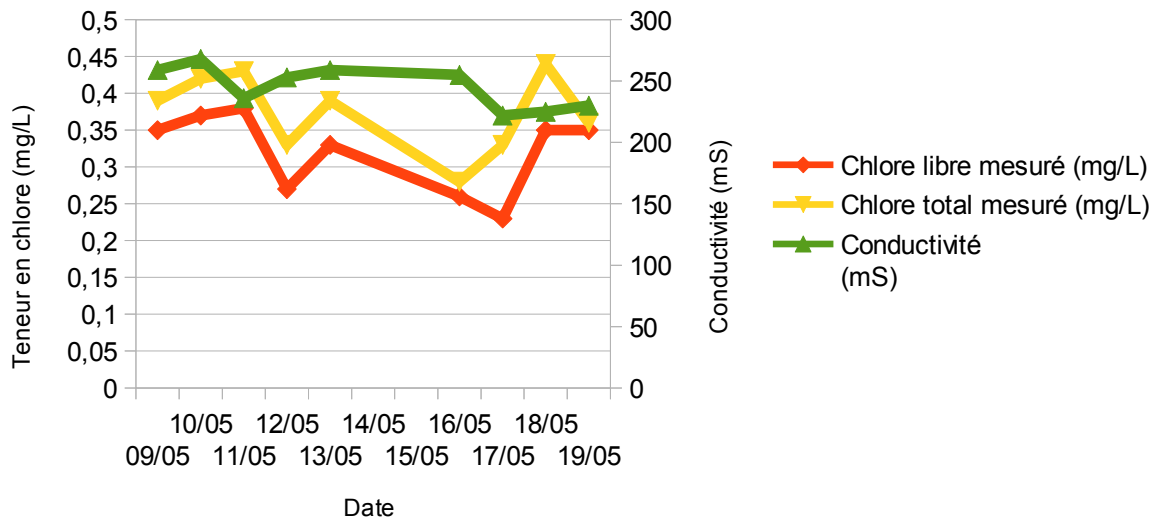
Tableau représentatif des résultats des mesures de différents paramètres de l'eau, en sortie d'usine

Date	pH	Chlore libre mesuré (mg/L)	Chlore total mesuré (mg/L)	Conductivité (mS)	Turbidité (NTU)
09/05/16	8,06	0,35	0,39	259	0,15
10/05/16	8,05	0,37	0,42	268	0,15
11/05/16	8,35	0,38	0,43	236	0,17
12/05/16	8,2	0,27	0,33	253	0,16
13/05/16		0,33	0,39	259	0,18
16/05/16	7,93	0,26	0,28	255	0,18
17/05/16	8,2	0,23	0,33	222	0,33
18/05/16	8,47	0,35	0,44	225	0,33
19/05/16	8,46	0,35	0,36	230	0,39

Graphiques des différents paramètres mesurés en sortie d'usine.



Teneur en chlore et conductivité de l'eau en sortie d'usine



d) Télécontrôle

Le télécontrôle permet de piloter l'usine mais aussi de surveiller le réseau de distribution et le réseau pluvial, sur plusieurs communes, 24 heures sur 24. Un système d'alarme est mis en place. Si un dysfonctionnement est repéré dans le réseau, une alarme se déclenche. Il existe différents types d'alarmes plus ou moins urgentes:

-Les alarmes urgences basses

- Les alarmes urgence 3: l'urgence est basse, les techniciens peuvent remettre l'opération au lendemain

-les alarmes urgences 2: des techniciens doivent intervenir pendant leurs heures de travail

-les alarmes urgence 1: l'opération doit être effectuée dans l'heure qui suit, à n'importe quelle heure.

-les urgences hautes

Pour cela un système d'astreinte a été mis en place. C'est-à-dire, que chaque semaine une personne par secteur et par domaine (process, mécanique, électrique) doit être disponible 24h/24 afin de pouvoir intervenir à n'importe quelle heure.

Au télécontrôle une personne est chargée du maintien du bon fonctionnement de l'usine, elle peut pour cela modifier plusieurs paramètres, tel que les teneurs en chlore, en soude, le fonctionnement de pompes, depuis le topkapi La personne est aussi chargée de surveiller les courbes de diverse station (débit, teneur en chlore, pompage...) afin de repérer des dysfonctionnement qui n'ont pas déclenché d'alarmes ou pas encore déclenché d'alarme. En cas d'alarmes ou simplement d'anomalies, c'est à cette personne de prendre la décision d'appeler ou non les agents, notamment la personne d'astreinte en dehors des heures de travail.

IV Bactériologie

A la technopôle d'Izarbel se trouve le laboratoire de Rivage Pro Tech, un laboratoire de la Lyonnaise des Eaux (Suez Environnement) où sont effectués des analyses bactériologiques. C'est dans ce laboratoire que sont effectuées les analyses des eaux de baignade, mais aussi celles des eaux potables et de station d'épuration. Plusieurs tests peuvent être effectués dont ceux permettant de déterminer la quantité d'*Escherichia coli*, d'entérocoques et coliformes totaux. Les tests en 24h, pour déterminer la présence ou non de ces espèces seront décrits dans cette partie. 2 autres tests seront ajoutés en annexe. Ils ne seront pas inclus dans le rapport même car les normes et résultats ne peuvent pas être communiqués.

Matériel:

- Réactif Enterolert (détecte la présence d'enterococci tels que *E. faecium* et *E. faecali*)
- Réactif Colilert 18 (détecte soit la présence de coliformes totaux et de bactéries *E. coli*, soit la présence de coliformes fécaux)
- Flacon jaugé à 100 mL
- Quanti-tray
- Quanti-tray Sealer + plaque
- lampe UV de 6 watts et 365 nm

Protocole

- Mettre 100 mL d'eau à analyser dans un flacon
- Rajouter le réactif en poudre Colilert 18 (pour déterminer *Escherichia coli* et enterococques) ou le réactif Enterolert (pour les entérocoques)
- Fermer le récipient et agiter
- Verser le mélange dans un Quanti-tray et fermer ce dernier à l'aide d'un Quanti-tray Sealer
- Placer le tout dans un incubateur à $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ou à $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ (si analyse des coliformes fécaux), pendant 24h.
Dans le cas d'une détermination des entérocoques, placer le tout à $41 \pm 0,5^\circ\text{C}$ pendant 24h.
- Observer le Quanti-tray sous UV Interpréter les résultats en se référant au tableau d'interprétation des résultats:

Tableau des résultats pour les E.coli et coliformes totaux

Moins jaune que le comparateur	Négatif pour les coliformes totaux et <i>E.coli</i>
Aussi jaune ou plus jaune après une incubation à 35°C	Positif pour les coliformes totaux et <i>E.coli</i>
Aussi jaune ou plus jaune après une incubation à 44°C	Positif pour les coliformes fécaux
Aussi jaune ou plus jaune sous UV après une incubation à 44°C	Positif pour les <i>E.Coli</i>

Tableau des résultats pour les entérocoques

Absence de fluorescence	Négatif pour les entérocoques
Présence de fluorescence	Positif pour les entérocoques

Résultats: 100,00% des échantillons analysés dans le cas du contrôle sanitaire pour (l'usine de la Nive et divers points de son réseau) se sont révélés conformes aux normes, on n'a pu relever aucun puits positif.

V Conclusion

Ce stage nous permet d'avoir une approche de l'assainissement et du traitement de l'eau. Dans un premier temps nous avons pu observer les procédés physico-chimiques à la base des stations d'épurations par boues activées, notamment la nitrification et la dénitrification qui sont les éléments majeurs du traitement. Nous avons vu aussi qu'une épuration de l'eau peut s'effectuer grâce à des membranes planes contenant des pores de 0,2 microns, ce qui est inférieur à la taille de bactéries, virus. Par la suite nous sommes passés à l'eau potable et nous avons pu observer les traitements et les quelques analyses effectuées à l'usine même. Des analyses plus poussées étant réalisées par l'Agence Régionale de la Santé. Enfin nous avons étudié un des protocoles utilisés afin de détecter la présence ou non, d'entérocoques, E.coli et coliformes totaux.

Ce stage est une approche directe du traitement de l'eau et des procédés physico-chimiques sur le terrain. Évoluer pendant le stage avec l'équipe des Process (Agents d'entretien), le télécontrôle, nous montre comment est géré le traitement et comment l'eau est contrôlée en usine. Pour compléter cette vision du traitement de l'eau, il aurait été intéressant d'intégrer un laboratoire de la lyonnaise des eaux et d'observer la détermination de divers paramètres de l'eau, qui ne sont pas contrôlés en usine ou dans le laboratoire de bactériologie.

Remerciements

Je remercie mon maître de stage Mr Pierre-Yves Bigot de m'avoir accepté et fait découvrir différents métiers de l'eau

Je remercie également les différentes équipes Process, les responsables, la technicienne de laboratoire qui m'ont encadrées durant mon stage et fait découvrir leur métiers, leurs stations et les différents procédés et analyses physico-chimiques qui sont utilisés.

Annexe A

Mesures de paramètres de l'eau à l'usine de la Nive

Paramètres qualité			9	10	11	12	13	16	17	18	19
Eaux Brutes	pH	Lu	7,24	HS							7,19
		Mesuré	7	7,62	7,55	7,55		7,69	7,57	7,63	7,34
	Turbidité (NTU)	Lue	2,42	5,77	4,5	6,08	6,11	4,6	7,19	7,1	4,4
		Mesurée	2,99	4,67	4,9	5,53	4,48	4	6,99	4,33	2,71
Eaux reminéralisées	Conductivité (mS)	Lue	257	253	229	249	252	252	215	226	239
		Mesurée	246	240	214	237	241	242	207	216	228
	pH	Lu	6,99	7,2	7,15	7,2		7,15	7,19	7,92	6,94
		Mesuré	6,89	7,34	7,27	7,33		7,37	7,31	7,22	7,17
Eaux décantées	pH	Lu	7,47	7,32	7,29	7,37		7,36	7,36	7,35	7,37
		Mesuré	7,25	7,39	7,3	7,41		7,43	7,38	7,42	7,45
	Turbidité D1-D2 (NTU)	Lue	0,19	0,22	0,45	0,3	0,33	0,16	0,43	0,86	0,11
		Mesurée	0,24	0,26	0,54	0,33	0,29	0,1	0,43	0,82	0,35
	Turbidité D3 (NTU)	Lue	0,15	0,12	0,31	0,2	0,15	0,16	0,21	0,15	0,14
		Mesurée	0,2	0,18	0,28	0,24	0,24	0,22	0,34	0,25	0,37
Eaux filtrées	Turbidité (NTU)	Lue	0,04	0,07	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,03
		Mesurée	0,15	0,14	0,17	0,12	0,14	0,16	0,14	0,12	0,17
	UV	Lu	0,41					0,45			0,37
		Mesuré	0,8								0,1
	Aluminium total	Mesurée				0,02			0,02		0,01
Eaux ultrafiltrées	Chlore rétro-lavage (mg/L)	Mesuré				15,5					

Eaux entrée 2800	Chlore libre (mg/L)	Lu	0,55					0,15			
		Mesuré	0,56					0,15			
	Turbidité (NTU)	Lue	0,07					0,04			
		Mesurée	0,15					0,16			
Eau sorti du 28000	Chlore libre (mg/L)	Lu	0,56	Arrêt				0,17	Arrêt		
		Mesuré	0,07					0,15			
Eau distribution Biarritz	pH	Lu	8,16	7,99	8,41	8,23		7,9	8	8,52	8,42
		Mesuré	8,06	8,05	8,35	8,2		7,93	8,2	8,47	8,46
	Turbidité	Lue	0,08	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
		Mesurée	0,15	0,15	0,17	0,16	0,18	0,18	0,17	0,22	0,15
	Conductivité (mS)	Lue	269	278	253	263	269	268	233	235	241
		Mesurée	259	268	235	253	259	255	222	225	230
	Chlore libre (mg/L)	Lue	0,39	0,38	0,31	0,29	0,33	0,35	0,32	0,34	0,33
		Mesurée	0,35	0,37	0,38	0,27	0,33	0,2	0,23	0,35	0,35
	Chlore total (mg/L)	Mesurée	0,39	0,42	0,43	0,33	0,39	0,28	0,33	0,44	0,36

Annexe B

Test par Micro-plaques Escherichia coli et entérocoques

a) Principe

C'est un protocole de recherche et de dénombrement des Escherichia colis et des entérocoques, par ensemencement en milieu liquide. Il est applicable à tout type d'eau, eaux de surfaces ou résiduaires, il s'applique surtout sur celles riches en matières en suspension. Il permet de donner le nombre le plus probable de cet ensemble de bactéries.

Les Escherichia coli sont détectées grâce à l'une de leurs enzymes : la β -glucuronidase, révélée par un substrat déshydraté, présent dans les cupules d'une microplaque. En présence de cette enzyme, le substrat libère un composé qui est fluorescent dans l'ultraviolet .

Pour les entérocoques, c'est la bêta-glucosidase qui est détectée. C'est une enzyme produite par les entérocoques intestinaux, qui est révélée dans l'ultraviolet, grâce au substrat, dans des microplaques.

b) Matériel

- Pipettes stériles de 10 mL
- Finnpiquette 200 – 1000 μ l
- Réservoirs à usage unique (boîte de pétri d'un diamètre de 90 mm)
- Pipette multicanaux à 8 canaux réglée à 200 μ l
- Pointes stériles pour pipette multicanaux
- Étuve à $44^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$
- Chambre d'observation UV (366nm)

Les microplaques sont achetées avec le sulfate déshydraté au fond des 96 puis
Microplaque E.coli Réf : 193125 , fournisseur AES
Microplaque Enterocoques : Réf 193225, fournisseur AES

c) Diluant

Diluant spécial microplaques DSM, 18 mL dans tube à essai stérile Réf : 112629, fournisseur AES
Tube d'eau stérile pour les eaux dont la salinité dépasse 25g/kg Réf : 110378, fournisseur AES

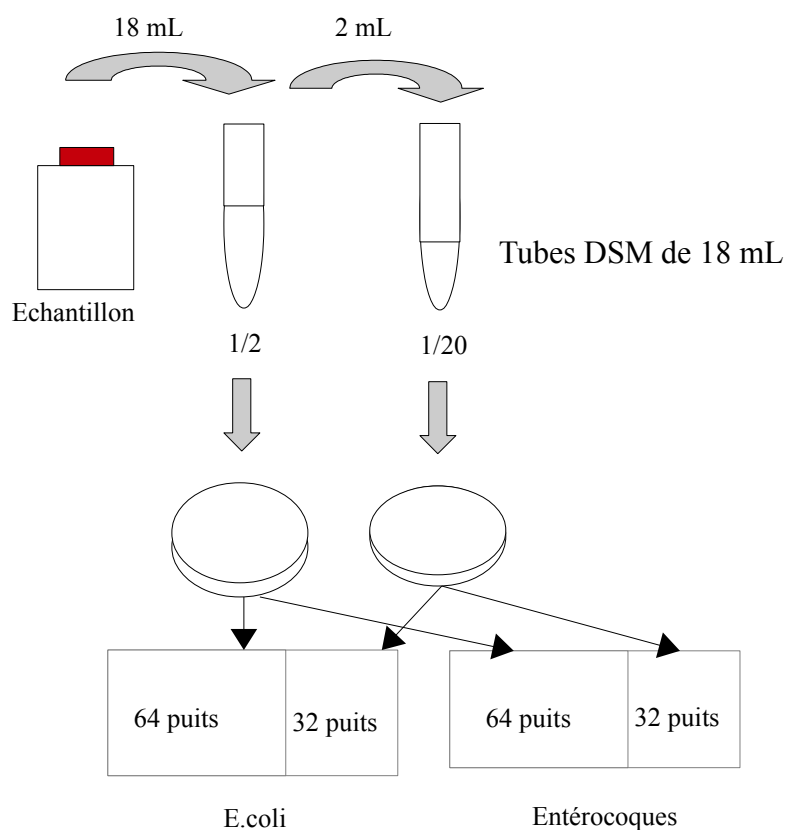
NPP et intervalle de confiance, calculés à l'aide d'un logiciel informatique disponible sur
<http://water.aeschemunex.com> résultat pour 100 mL échantillon

d) Protocole

	Nombre de dilutions	Nombre de puits et dilutions	Limite quantifications / 100 mL
Eaux de baignades (première dilution dans l'eau stérile)	2	64 puits au $\frac{1}{2}$ 32 puits au $\frac{1}{20}$	$15 \text{ à } 3,5 \times 10^4$
Eaux douces superficielles	4	24 puits au $\frac{1}{2}$ 24 puits au $\frac{1}{2000}$	$40 \text{ à } 3,2 \times 10^6$
Eaux résiduaires – eaux de stations d'épuration	6	16 puits au $\frac{1}{2}$ 16 puits au $\frac{1}{200\ 000}$	$60 \text{ à } 6,7 \times 10^8$

- Verser les 2 préparations dans une boîte de pétri.
- Ensemencer les microplaques (E.coli et entérocoques) à l'aide d'une pipette multicanaux, en commençant par la dilution la plus élevée.
- Recouvrir les microplaques avec une bande adhésive
- Le placer dans une étuve à 44°C pendant 36 à 72h
- Lecture sous UV (366 nm)
- Donner les résultats en NPP (Nombre de Puits Positifs) pour 100 mL d'échantillon

Pour 2 dilutions



Recouvrir avec une bande adhésive
Incubation à 44°C pendant 36 à 72 heures
Compter le nombre de puits positifs (fluorescents) par dilution

Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux

a) Matériel

- membranes de filtration stériles avec emballage individuel 0,45 µm de porosité
- rampe de filtration en acier inoxydable
- pince à creuset, brucelle
- étuve
- fire boy eco
- flamme boy
- pompe à vide

b) Milieux, culture

- Gélose Slanetz et Bartley
- Milieu BEA

c) Protocole

- Allumer le bec bunsen
- Mettre le système de filtre en place puis le stériliser
- Mettre la membrane sur le fritté avec une pince
- Stériliser le col du flacon d'eau à analyser
- Insérer 100 mL d'eau dans le cône de filtration
- En fin de filtration, déposer la membrane, quadrillage vers le haut sur le milieu Slanetz et Bartley
- Stériliser cône, pince, fritté en les passant à la flamme
- Mettre la boîte de pétri à l'envers dans l'étuve à $36 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Lecture après 48h d'incubation

Si des colonies d'entérocoque sont suspectées (apparition de colonies roses, rouges ou marron), il faudra effectuer une confirmation, sinon c'est qu'il n'y a pas d'entérocoques intestinaux dans l'eau.

Annexe D

Webographie/Bibliographie

Manuel du principe de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées par le Centre national de formation de métiers de l'eau

epnac.irstea.fr

adour-garonne.eaufrance.fr

Site de l'eau d'ici

cpiepaysbasque.canalblog.com

Site de Protec traitement des eaux

