



HAL
open science

Mise en route de l'usine d'épuration de Cagnes-sur-Mer (Alpes Maritimes - 06) : suivi des performances générales, de l'exploitation et des flottateurs en traitement primaire de l'usine

Alexis Larcade

► To cite this version:

Alexis Larcade. Mise en route de l'usine d'épuration de Cagnes-sur-Mer (Alpes Maritimes - 06) : suivi des performances générales, de l'exploitation et des flottateurs en traitement primaire de l'usine. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2020. dumas-03611838

HAL Id: dumas-03611838

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03611838v1>

Submitted on 17 Mar 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Organisme de formation:

Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de
l'Environnement de Strasbourg
1 Quai KOCH / 67000 Strasbourg

Organisme d'accueil:

Veolia Water Technologies - Service Mise en Route
Immeuble l'Aquarène / 1 Place Montgolfier /
94417 St Maurice Cedex

Tuteur École:

Julien LAURENT - Maître de conférences

Maître de Stage Entreprise:

Frédéric LEFORT - Directeur Mise en Route



Mise en Route de l'Usine d'épuration de Cagnes-sur-Mer (Alpes Maritimes - 06)

Suivi des performances générales, de l'exploitation et des
flottateurs en traitement primaire de l'usine.

Alexis LARCADE

Promotion 2019 / 2020

Site du stage:

Station d'épuration de Cagnes-sur-Mer
8 Avenue de la Gare / 06800 Cagnes-sur-Mer

Stage réalisé du 01 Juin au 27 Novembre 2020
à Cagnes-sur-Mer.

Directeur de projet:

Jérôme COLIN - OTV

*Mémoire présenté pour l'obtention du Mastère spécialisé Eau Potable et
Assainissement.*

Soutenance effectuée le 11 Décembre 2020 à Strasbourg.

Remerciements

Frédéric LEFORT, directeur du service mise en route, et Patrice BLANC, ingénieur mise en route, pour m'avoir permis de réaliser ce stage au sein de leur équipe.

Jérôme COLIN, directeur de projet, Anne-Catherine POYET et Matthieu CABES, ingénieurs réalisation, pour m'avoir accueilli sur leur chantier.

Thierry SORO, conducteur de travaux OTV, pour son approche du métier ainsi que l'énergie positive insufflée dans le projet.

Jacques OTTAVIOLI, metteur en route OTV pour le partage de ses expériences de terrain et son aide quotidienne sur le chantier.

Samir EL-KAMEL, responsable du laboratoire VEOLIA EAU d'Antibes pour son aide, son partage d'informations et de ses connaissances sur le contrôle de la qualité de l'eau.

Julien LAURENT, tuteur ENGEES, pour son soutien et ses conseils à travers la durée de ce stage.

Enfin et surtout, Chloé, pour le soutien moral pendant ces six mois ainsi que pour les merveilleuses randonnées sur la côte d'Azur et dans l'arrière pays Niçois.

Résumé

Suivi des performances générales, de l'exploitation et des flottateurs en traitement primaire de l'usine de Cagnes-sur-Mer pendant sa phase de mise en route.

La nouvelle usine d'épuration de Cagnes-sur-Mer est prévue pour traiter les eaux usées de 160 000 équivalent-habitants avant de les rejeter par un émissaire en mer. Elle est aussi dimensionnée pour produire plus d'énergie qu'elle n'en consomme à travers une production de biogaz, par digestion et épuration membranaire. Le biogaz sera injecté dans le réseau de gaz de la ville.

Sur ce genre de projet, le nombre d'acteurs différents, la dangerosité de certains travaux et les risques liés notamment aux gaz, aux travaux en hauteur ou en espaces confinés imposent de posséder une bonne organisation et coordination d'équipe.

Le procédé de traitement primaire de l'eau, par flottation, est un point central de cette usine car il permet d'abattre la pollution de l'eau par un système consommant peu de réactifs et fournissant des boues directement injectables dans le digesteur sans atelier d'épaississement préalable.

Ce procédé, innovant dans cette configuration, est complexe lors de sa mise en route car la qualité de l'eau de sortie et des boues flottées est sensible lors du réglage de tous les paramètres.

Mots-clés:

Mise en Route - Mise en Service - Exploitation - Usine d'épuration - Organisation de chantier - Suivi de Performances - Flottation - Cagnes-sur-Mer (France - Alpes Maritimes 06).

Abstract

Operations and Maintenance of the newly constructed Cagnes-sur-Mer sewage treatment works during its commissioning phase. Key Performance Indicators and primary treatment follow-up.

The newly constructed Cagnes-sur-Mer Sewage Treatment Plant is designed to treat wastewater from 160 000 population-equivalent prior to discharge it into the sea. This plant is also designed to have a positive energy-balance thanks to a biogas production unit including two digesters and a membrane purification unit. Biogas will be introduced directly into the gas network.

On this kind of project, there are numerous stakeholders and companies taking part in the construction, commissioning and operations of the plant.

High risk activities including confined space works, work at height, hot works, or working with live services need collaborative planning, coordination and a detailed and live risk assessment.

The water primary treatment, made of four flotation units, is a key element for the whole process. It is supposed to use reduced quantities of chemicals and provide correctly thickened sludge for the digesters.

This process, innovative as primary treatment, is difficult to set because the quality of treated water and extracted sludge are subject to the effect of a lot of different parameters.

Key-words:

Commissioning - Start-up - Operations - Maintenance - Sewage Treatment Works - Site Management - Key Performance Indicator follow-up - Flotation Process - Cagnes-sur-Mer (France - Alpes Maritimes 06).

Table des Matières

Remerciements	ii
Résumé	iii
Abstract	iv
Table des Matières	v
Table des Figures	vii
Introduction	1
1 - Présentation générale du projet.	3
1.1 - Le contexte du projet	3
1.2 - La Station d'épuration	5
1.2.1 - Le bassin d'orage et la station de pompage	5
1.2.2 - Les prétraitements	6
1.2.3 - Le traitement primaire	7
1.2.4 - Le traitement biologique	8
1.2.5 - La piscine, les bâches eaux sales et le comptage	9
1.3 - L' effluent	10
2 - Soutien organisationnel du chantier.	11
2.1 - Problématique	11
2.2 - Propositions	12
2.2.1 - Réunion de coordination	12
2.2.2 - Planning à deux semaines	13
2.2.2 - Organigramme et zone de responsabilités	14
3.2.3 - Fiche de suivi de l'exploitant	15
2.3 - Résultats	15
3 - Suivi des performances de la station pour l'exploitation	16
3.1 - Chemin critique de la station	16
3.2 - Prélèvements et analyses.	17
3.2.1 - Prélèvement des eaux brutes	18
3.2.2 - Prélèvement des eaux traitées	18
3.3 - Suivi des performances de la station	20
4 - Atelier de traitement primaire des eaux.	21
4.1 - Les principes du traitement primaire	21
4.2 - Présentation de l'atelier	22
4.3 - Mise en route et dysfonctionnements	24
4.4 - Modifications de fonctionnement/conception	26
4.5 - Suivi et amélioration des performances	29

Conclusion	30
Bibliographie	32
Table des Annexes	33

Table des Figures

Figure 1: Vue aérienne de l'ancienne station d'épuration de Cagnes-sur-Mer. [Source AERIS]	3
Figure 2: Vue aérienne, digitale, de la nouvelle station d'épuration de Cagnes-sur-Mer. [Source AERIS]	4
Figure 3: Schéma de principe des ouvrages de réception, transfert et rejet des eaux usées et traitées de la nouvelle station d'épuration de Cagnes-sur-Mer. [Source MÉMOIRE TECHNIQUE]	5
Figure 4: Dessin de principe d'un dégrilleur escalier. [Source EMO]	6
Figure 5: Vue en coupe des ouvrages de dessablage/dégraissage. [Source Plans OTV]	6
Figure 6: Vue en coupe d'une unité de flottation. [Source VWT]	7
Figure 7: Coupe et principe de fonctionnement du biofiltre. [Source VWT]	8
Figure 8: Schéma de supervision du comptage des eaux traitées. [Source CAD.EAU]	9
Figure 9: Exemple de la désodorisation physico-chimique avec 2 tours pH basique et 1 tour pH acide. [Source VEOLIA]	10
Figures 10 & 11: A gauche, exemple d'une casse de conduite suite à une mauvaise communication. A droite, exemple de difficultés liées à la co-activité. [Photo Alexis Larcade]	11
Figure 12: Tableau récapitulatif de la réunion de coordination quotidienne. [Photo Alexis Larcade]	12
Figure 13: Planning à deux semaines permettant d'organiser les différents acteurs du chantier ainsi que les différentes livraisons et enlèvements. [Photo Alexis Larcade]	13
Figure 14: Proposition d'organigramme pendant la phase de mise en route soumis au directeur de projet pour validation. [Photo Alexis Larcade]	14
Figure 15: Vue de tous les ateliers sur le logiciel de supervision de l'usine. En rouge, les ateliers critiques. En jaune, les ateliers non critiques. [Source CAD.EAU]	16
Figures 16 & 17: Laboratoire de la station d'épuration d'Antibes exploité par VEOLIA EAU. A gauche, l'atelier de filtration des MES. A droite, l'atelier d'étuvage pour les Matières Sèches et Volatiles. [Photo Alexis Larcade]	17
Figure 18: Positionnement du préleveur d'eau traitée de l'Usine de Cagnes-sur-Mer. [Photo Alexis Larcade]	19
Figures 19 & 20: A gauche, laboratoire provisoire permettant de faire des thermobalances. A droite, préleveur mobile automatique pour l'eau en sortie de traitement primaire. [Photo Alexis Larcade]	20

Figure 21: Tableau récapitulatif des pourcentages d'abattement de pollution de décanteurs. [Source Sénat]	21
Figure 22: Schéma de principe d'une décantation lamellaire. [Source Suez Handbook]	21
Figure 23: Tableau des objectifs de traitement des flottateurs. [Source Mémoire Technique OTV]	22
Figure 24: Vue générale de deux des flottateurs de l'usine d'épuration de Cagnes-sur-Mer. [Source Mémoire technique OTV]	22
Figure 25: Extrait du profil hydraulique de la station montrant les caractéristiques géométriques des flottateurs ainsi que la ligne d'eau. [Source Plans de conception OTV]	23
Figure 26: Filtre de la boucle de recirculation des flottateurs. Nous pouvons voir le hachage des boues causées par le balai du filtre. [Photo Alexis Larcade]	25
Figures 27, 28 & 29: De gauche à droite; Disque inférieur, disque supérieur, disque supérieur modifié. [Photo Alexis Larcade]	26
Figures 30 & 31: Photo de gauche: essai jar-test de flottation avec du polymère cationique à gauche et anionique à droite. Photo de droite: essai sur l'eau de recirculation avec du polymère cationique à gauche et anionique à droite. [Photo Alexis Larcade]	27
Figure 32: échantillons de différents points de prélèvement des flottateurs. De gauche à droite: Extractions de fond du flottateur 3; Extractions de fond du flottateur 4; Eau flottée "bonne"; Eau flottée "mauvaise"; Retours de bêche eaux sales. [Photo Samir EL-KAMEL]	29

Introduction

En tant qu'ingénieur en Génie Civil disposant d'une expérience de six années au Royaume-Uni dans les travaux souterrains, j'ai voulu me spécialiser dans la conduite de projets liés au traitement des eaux.

Pour cela, j'ai repris mes études en Mastère spécialisé Eau Potable et Assainissement (MS EPA) à l'École Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg (ENGEES) afin de développer des connaissances théoriques sur la chimie de l'eau ainsi que sur les procédés de traitement.

Mes expériences professionnelles étant principalement sur des phases de construction d'ouvrages et d'installation d'équipements, je souhaitais que mon stage se focalise sur la phase de mise en service et mise en observation d'une station d'épuration afin d'éprouver d'une manière pratique les connaissances théoriques apprises. La phase de mise en route d'une usine est aussi l'occasion de développer des connaissances pratiques en électricité et en mécanique.

Au sein du service de mise en route de VEOLIA WATER TECHNOLOGIES (VWT), j'ai eu la possibilité de faire partie de l'équipe réalisant la mise en service de la nouvelle usine d'épuration de Cagnes-sur-Mer pendant 6 mois du 1er Juin 2020 au 27 Novembre 2020.

Le projet de la nouvelle station d'épuration de Cagnes-sur-Mer est un projet conduit par un groupement d'entreprises dont OTV, filiale de VEOLIA, est le mandataire.

Sur ce projet, l'exploitation de l'usine sera assurée pendant 4,5 ans par VEOLIA EAU (VE), une autre filiale de VEOLIA, à compter de la fin de la période d'observation de 6 mois.

VWT intervient en support des équipes de mise en route de OTV, lorsque la mise en service comporte des procédés complexes ou dangereux.

Ici, la mission initiale de VWT est de mettre en service la filière boue de l'usine, comprenant plusieurs bâches à boues, un atelier de déshydratation par centrifugation, un atelier de séchage et un atelier d'évacuation, ainsi que la filière énergie de l'usine comprenant un atelier de digestion des boues, un atelier d'épuration de biogaz, un gazomètre, une torchère, un poste d'injection dans le réseau GrDF, des échangeurs de chaleur, des pompes à chaleurs, des panneaux solaires et une chaudière fioul/gaz.

L'objectif initial de mon stage était de mettre en place les outils de contrôle et de pilotage énergétique de l'usine afin de maximiser le méthane produit, tout en minimisant l'énergie consommée par les différents ateliers d'épuration des eaux.

Les retards liés aux dernières phases de construction (résinage des digesteurs), l'effet Covid avec absences de sous-traitants entre mars et juin, puis un besoin de se focaliser sur l'optimisation/fiabilisation de la file eau pour atteindre les performances requises, font que le sujet initial n'a pas pu être abordé. Le stage a d'ailleurs été décalé d'un mois dans la perspective initiale

Je me suis donc attaché à décrire dans ce mémoire, ce que j'ai réalisé pendant ce stage afin de participer à la cohésion et organisation de l'équipe face aux nouveaux besoins, suivre l'exploitation des équipements au fur et à mesure de leur mise en route et optimiser le fonctionnement de l'atelier de traitement primaire.

Suite à une présentation générale de l'usine, je développerai les observations et les actions que j'ai pu réaliser quant à l'organisation du chantier.

Je ferai l'état des lieux sur la stratégie de mise en route de l'usine ainsi que l'évolution du suivi des performances et des prélèvements réalisés sur la station.

Enfin, je détaillerai un atelier sur lequel j'ai pu travailler: l'atelier de traitement primaire des eaux usées.

1 - Présentation générale du projet.

1.1 - Le contexte du projet

1959, les précurseurs...

L'ancienne station d'épuration de Cagnes-sur-Mer a été construite en 1959 et était la première station d'épuration des Alpes-Maritimes [AERIS].

Elle fut implantée sur le front de mer, longeant la rivière Cagne. Cette zone est, en 2020, largement urbanisée et utilisée à une fin de tourisme balnéaire (logements, hôtels, restaurants...).

La vétusté des ouvrages de la station ne garantissent plus une maîtrise acceptable des nuisances (environnementales, olfactives, visuelles et sonores).



Figure 1 - Vue aérienne de l'ancienne station d'épuration de Cagnes-sur-Mer. [Source AERIS]

2007, une nouvelle direction...

Il a donc été décidé par la Métropole de Nice Côte d'Azur, à laquelle appartient Cagnes-sur-Mer, d'inscrire la construction d'une nouvelle usine d'épuration des eaux à son schéma directeur d'assainissement en 2007.

La future station d'épuration sera implantée hors du bord de mer dans une zone, à l'entrée Ouest de la ville, comprise entre la ligne de train et l'autoroute arrivant à Cagnes-sur-Mer.

2013, de nouvelles ambitions...

La création d'un syndicat mixte fermé entre les communes de Cagnes-sur-Mer, Villeneuve-Loubet, La Colle-sur-Loup, Saint-Paul-de-Vence ainsi que de la métropole de Nice Côte d'Azur permet de lancer le pilotage du projet et de décider la forme que prendra le projet de la nouvelle station d'épuration: un marché CREM (Conception, Réalisation, Exploitation, Maintenance). Une première pour une station d'épuration [LE MONITEUR].

Cette usine, à proximité de l'hippodrome et en contrebas de résidences devra cumuler, outre la qualité des eaux rejetées, des performances en termes d'intégration paysagère, de zéro nuisances, de performances énergétiques.

2016, attribution des travaux...

Ce marché CREM est attribué à un groupement de neuf entreprises dont OTV, filiale de VEOLIA, est le mandataire et VEOLIA EAU, autre filiale de VEOLIA, sera l'exploitant pendant 4,5 années.

Les études de conception durent 6 mois et la construction débute en Mars 2017 par la déconstruction des anciens bâtiments industriels présents sur le site.

2020, fin de la construction et mise en service...

La phase de travaux dure jusqu'à mi-2020 et le Certificat d'achèvement de la construction pour la filière Eau intervient début Août 2020 alors que le certificat d'achèvement de la construction pour la filière Boue est délivré début Octobre 2020.

Les différentes connexions du réseau d'assainissement aux nouveaux ouvrages sont réalisées progressivement pendant le mois de Juillet 2020.

La mise en service de l'usine est réalisée progressivement lors de la deuxième moitié de l'année 2020.

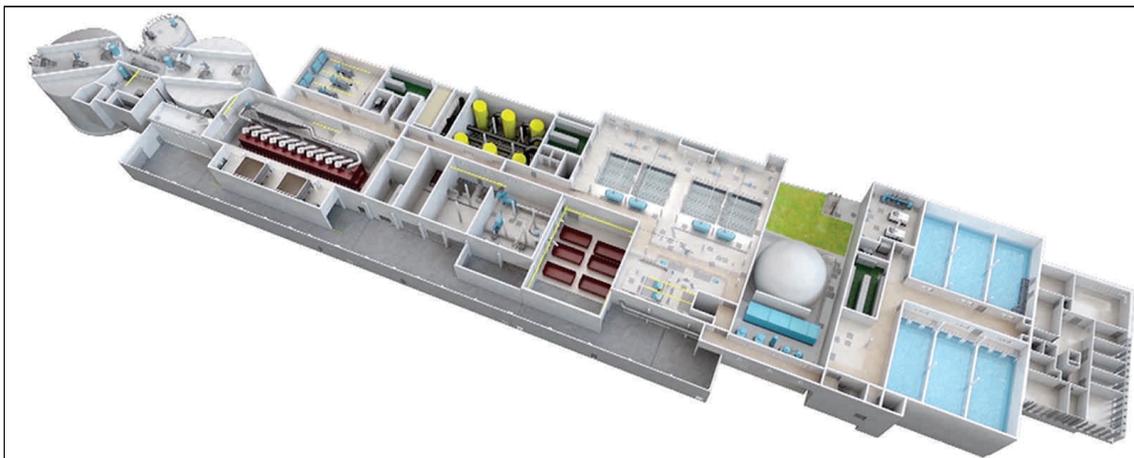


Figure 2 - Vue aérienne, digitale, de la nouvelle station d'épuration de Cagnes-sur-Mer. [AERIS]

1.2 - La Station d'épuration

1.2.1 - Le bassin d'orage et la station de pompage

Une station de pompage a été construite sur une partie du site de l'ancienne station. Le reste du site sera aménagé en parc. Le débit maximal de refoulement est de 2290 m³/h lors des épisodes pluvieux.

Un bassin d'orage de 2050 m³ a été construit sous la station de pompage afin de contenir les pics orageux d'une période de retour de 6 mois.

Le dégrillage grossier, en amont des pompes de relevage, possède un entrefer de 50mm et permet la protection des équipements de pompage. Il comprend deux dégrilleurs automatiques et deux dégrilleurs manuels utilisables lors des phases de maintenance.

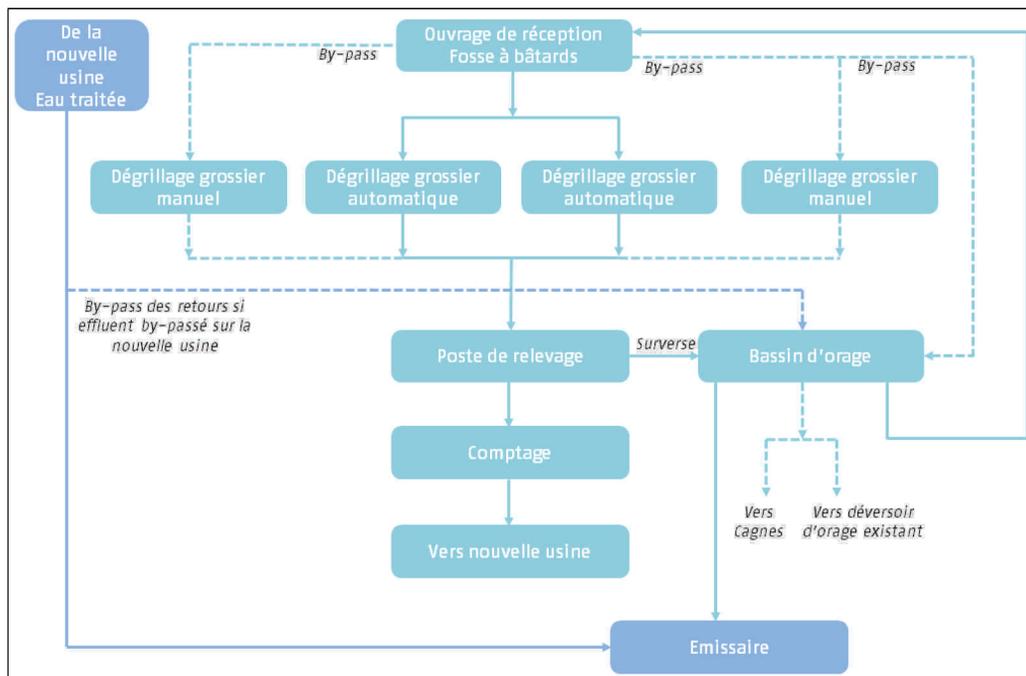


Figure 3 - Schéma de principe des ouvrages de réception, transfert et rejet des eaux usées et traitées de la nouvelle station d'épuration de Cagnes-sur-Mer. [MÉMOIRE TECHNIQUE]

1.2.2 - Les prétraitements

Les prétraitements consistent en un dégrillage fin avec deux dégrilleurs automatiques possédant des entrefer de 2 mm. Ils permettent d'enlever les petits déchets minéraux, plastiques ou organiques qui ont été relevés depuis la station de pompage. Les dégrilleurs fonctionnent sur un niveau de colmatage ou bien sur horloge.

Le choix d'un entrefer de 2 mm permet de réduire en grande partie les filasses qui peuvent endommager les équipements de la filière boue et la digestion.

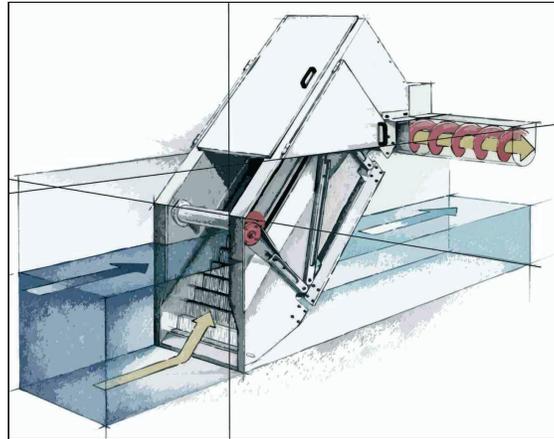


Figure 4: Dessin de principe d'un dégrilleur escalier. [EMO]

Deux dessableurs/dégraisseurs circulaires permettent une évacuation des sables par décantation qui sont ensuite lavés et évacués. Les graisses flottantes sont raclées et tombent dans une bêche à graisse. Elles seront ensuite incorporées aux boues dans la bêche d'homogénéisation.

En sortie de dessableur, une coagulation est réalisée grâce à l'injection en ligne de chlorure ferrique accompagné d'une agitation mécanique.

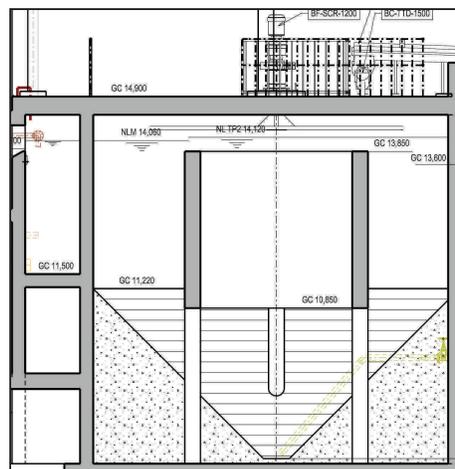


Figure 5: Vue en coupe des ouvrages de dessablage/dégraisage. [Plans OTV]

1.2.3 - Le traitement primaire

Le traitement primaire est réalisé par 4 unités de flottation SPIDFLOW®. 1 unité sert de secours en cas de maintenance sur l'une des autres.

Ce procédé permet la séparation des Matières En Suspension (MES) par injection de bulles d'air dans l'eau afin de les faire flotter.

Les boues sont ensuite raclées en surface et envoyées vers un puits à boues.

L'eau flottée est soutirée dans le tiers inférieur du bassin et se dirige gravitairement vers le Poste de Relèvement Intermédiaire (PRI).

Enfin, des trémies de fond permettent d'extraire les décantations de boues qui n'ont pas flotté.

Ce procédé sera détaillé dans la partie 4 de ce Mémoire.

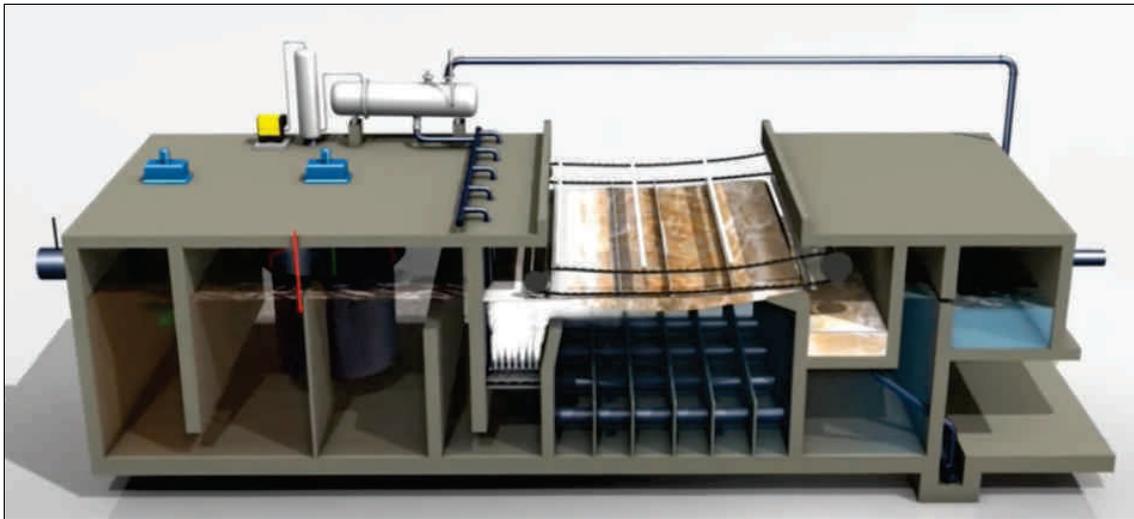


Figure 6: Vue en coupe d'une unité de flottation SPIDFLOW®. [VWT]

1.2.4 - Le traitement biologique

Le traitement biologique est composé de 6 cellules de biofiltration BIOSTYR® DUO, troisième génération des biofiltres OTV@Veolia.

Ces cellules fonctionnent sur un flux ascendant où les eaux sont pompées depuis le Poste de Relèvement Intermédiaire (PRI) à travers des cultures de bactéries fixées sur un média et ensuite un plancher crépiné.

Ici, le média est composé de deux lits distincts:

- Des billes de polystyrène en partie supérieure.
- Des "chips" en plastique sur le lit inférieur.

Les billes possèdent la bonne granulométrie afin d'obtenir la filtration souhaitée. Le lit de "chips" apporte les avantages d'un MBBR combinés à celui d'un biofiltre.

Les "chips" ont aussi l'avantage de protéger un relargage accidentel des billes de polystyrène dans la bêche des eaux sales lors du lavage des biofiltres.

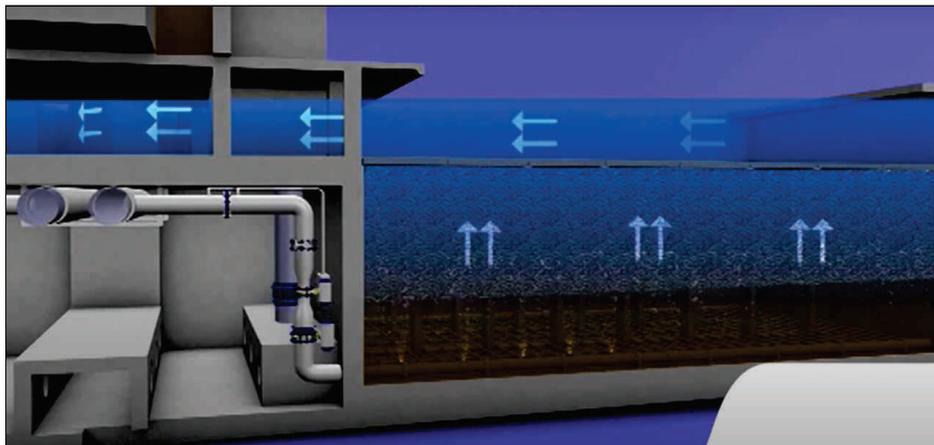


Figure 7: Coupe et principe de fonctionnement du biofiltre. [VWT]

1.2.5 - La piscine, les bâches eaux sales et le comptage

Pour assurer un bon fonctionnement, les biofiltres sont lavés sur un niveau de colmatage ou bien sur un mode "horloge". L'eau de lavage est de l'eau traitée venant d'une piscine.

Cette piscine se situe en aval de ces biofiltres et en amont du comptage avant renvoi vers l'émissaire en mer.

Les eaux des lavages sont stockées dans des bâches d'eaux sales et renvoyées en amont des flottateurs, dans les bâches de coagulation.

Le comptage des eaux est réalisé ici par deux comptages en parallèle.

Un Débitmètre Électromagnétique (DEM) compte les eaux passant dans la fosse de la piscine.

Un canal venturi compte les eaux passant en surverse de la piscine.

Le niveau de la piscine varie en fonction du débit entrant et des lavages de biofiltres.

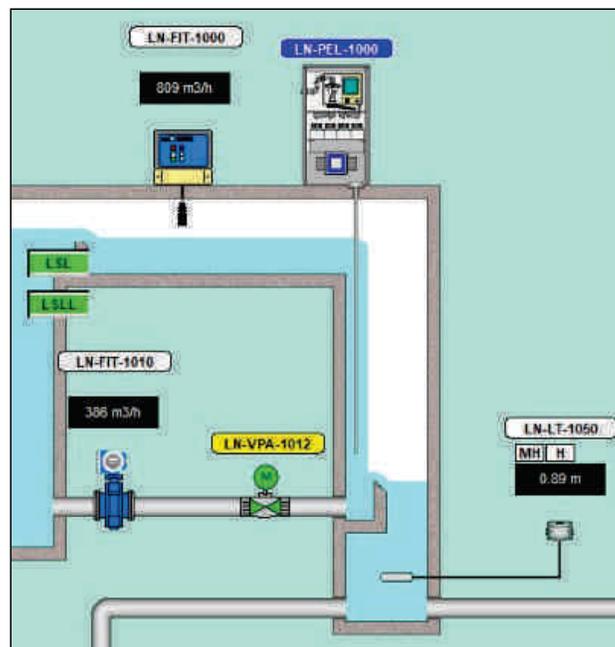


Figure 8: Schéma de supervision du comptage des eaux traitées. [CAD.EAU]

1.3 - L'effluent

La nouvelle station d'épuration est dimensionnée pour traiter les charges récapitulées dans le tableau en annexe 1 [PFD]:

Pour la mise en service de l'usine, nous avons à traiter quotidiennement environ 6 tonnes de DBO5, 12 tonnes de DCO et 7 tonnes de MES pour un débit de 17 000 m3/j.

Le très long temps de séjour des effluents dans les réseaux d'assainissement drainés vers Cagnes-sur-Mer, les différents pompages de relèvement le long du réseau et la température moyenne plus haute sur le bassin méditerranéen sont des facteurs influents sur la qualité des eaux brutes.

Ici, l'effluent peut être qualifié de septique et la production de Sulfure d'Hydrogène (H2S) est importante.

La désodorisation physico-chimique est conçue pour recevoir et traiter une concentration de 7 ppm d'H2S en moyenne et un pic maximum de 14 ppm d'H2S. Un oxydant, le peroxyde d'hydrogène (H2O2), est prévu afin de réduire le taux d'H2S qui dépasse parfois ce taux, notamment en période estivale.



Figure 9: Exemple de la désodorisation physico-chimique avec 1 tour pH acide et 2 tours pH basique. [VEOLIA]

2 - Soutien organisationnel du chantier.

2.1 - Problématique

Le nombre de pièces contractuelles et techniques du marché étant très important sur ce projet et arrivant dans une phase avancée du projet, je me suis rendu compte que l'accès à l'information était plutôt difficile.

Le chantier entrant dans une phase de mise en route tout en terminant la phase de construction, de nouveaux acteurs du chantier se sont retrouvés à travailler conjointement.

De plus, du fait de la variété d'acteurs et d'interventions concurrentes à réaliser, un besoin de coordination, de partage d'information s'est fait sentir.

Dans cette partie, je vais décrire les différents outils mis en place afin de permettre une gestion quotidienne et hebdomadaire du projet.



Figures 10 & 11: A gauche, exemple d'une casse de conduite suite à une mauvaise communication. A droite, exemple de difficultés liées à la co-activité. [Alexis Larcade]

2.2 - Propositions

2.2.1 - Réunion de coordination

La première adaptation fut d'instaurer un temps de mise en commun, en début de prise de poste afin d'améliorer la sécurité, la qualité, la synchronisation, l'organisation, le passage d'informations ainsi que la remontée de difficultés techniques ou autres.

Cette réunion, en présence des metteurs en route VWT et OTV ainsi que des superviseurs de réalisation OTV et du chef de projet OTV, se déroule tous les jours pendant 30 minutes.

Des supports d'écriture, des tableaux blancs permettent de garder une trace des objectifs et des tâches de la journée afin de s'y référer tout au long du poste.

Ils permettent aussi de faire le bilan de la veille pour démarrer la nouvelle journée.

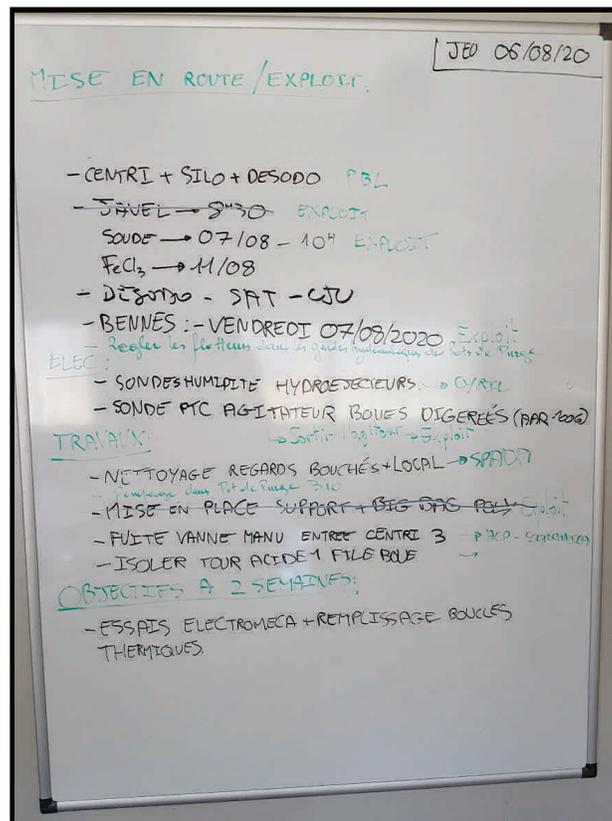


Figure 12: Tableau récapitulatif de la réunion de coordination quotidienne. [Alexis Larcade]

2.2.2 - Planning à deux semaines

Un autre support de planning à deux semaines permet d'avoir une vision plus planificatrice des opérations de terrain.

Le planning à deux semaines comporte essentiellement les livraisons attendues (réactifs ou équipements) ainsi que les enlèvements de bennes à déchets.

Il comporte également le planning des sous-traitants et intervenants, ainsi que les lignes sur lesquelles les interventions sont prévues.

Ce planning permet alors de faire la jonction entre la fin de construction et le début d'opérations, période de forte co-activités.

Livraisons	Semaine 34						Semaine 35						Remarque /
	L	M	M	J	V	SD	L	M	M	J	V	SD	
BENNE BOUES/déchets	X		X		X								
BENNES BOUES	X		X		X								
FeCl3		X			X		X			X			
Javel		X			X								
Soude NaOH		X			X								
Peroxyde (H ₂ O ₂)													
Polymer													
Nutri Ox			X										
													1 big bag pds 25kg 1 big bag pds 30kg 1 palette pds 3200
Intervenants	Semaine 34						Semaine 35						Zone / Ligne
	L	M	M	J	V	SD	L	M	M	J	V	SD	
Solsreunika							X	X	X	X	X	X	
DiCi							X	X	X	X	X	X	
Solviziosi							X	X	X	X	X	X	
EBD							X	X	X	X	X	X	
Labo Antibes	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
ACTI		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
													Prélèvement Eau + Boues
													ECB matériel 24/02 Peroxyde

Figure 13: Planning à deux semaines permettant d'organiser les différents acteurs du chantier ainsi que les différentes livraisons et enlèvements. [Alexis Larcade]

2.2.2 - Organigramme et zone de responsabilités

Des interactions entre les membres de l'équipe sont indispensables sur un chantier de construction. Il est en général important de hiérarchiser ces interactions ainsi que les zones de responsabilités de chacun. Il est d'autant plus important d'expliciter cela lorsque les intervenants sont d'entreprises différentes (OTV, VEOLIA WATER TECHNOLOGIES, VEOLIA EAU).

J'ai donc réalisé un organigramme que j'ai soumis au directeur de projet pour validation et publication.

Dans les structures sur lesquelles j'ai pu travailler précédemment, l'organigramme est un outil, évolutif et vivant, permettant de définir les relations entre le personnel d'un chantier. Il est accompagné d'une fiche de responsabilités rédigé spécifiquement pour chacun afin de définir le contours des actions et zones dont il a la charge.

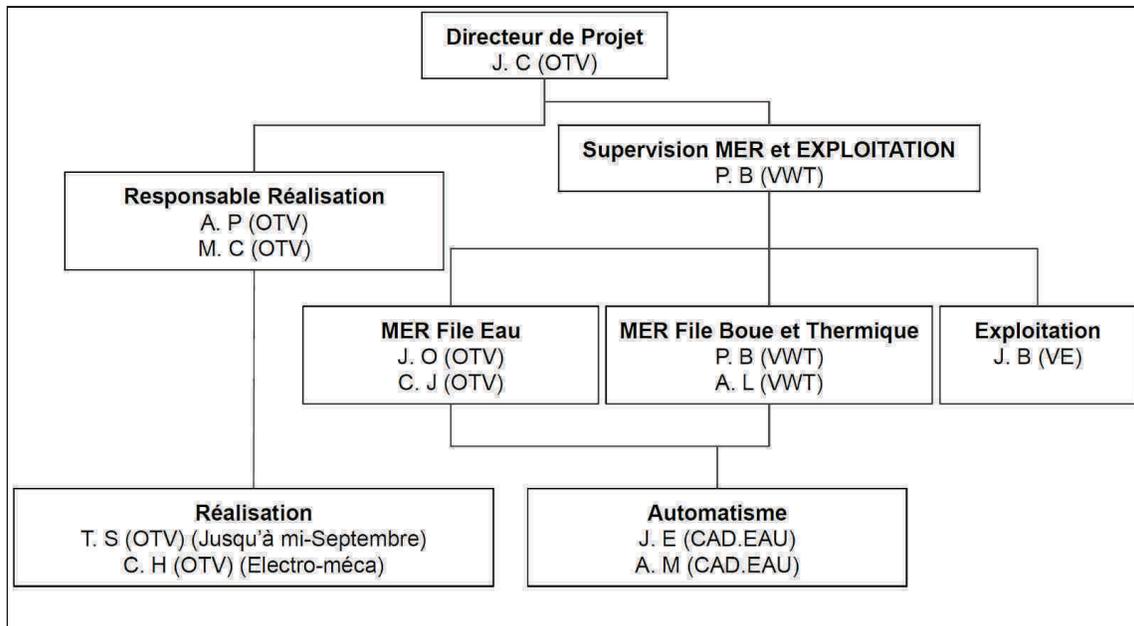


Figure 14: Proposition d'organigramme pendant la phase de mise en route soumise au directeur de projet pour validation. [Alexis Larcade]

2.2.3 - Fiche de suivi de l'exploitant

Afin d'assurer un contrôle de l'exploitation pour suivre le fonctionnement de l'usine suite à la mise en route des différents ateliers, j'ai construit une fiche de ronde d'exploitation.

Cette fiche permettra à l'exploitant de faire une inspection quotidienne de tous les ateliers en relevant les différents points importants pour faire fonctionner l'usine et mesurer ces performances d'une part.

Elle permet aussi à l'équipe de mise en route d'assurer un contrôle de méthodes en vérifiant que la fiche est bien complétée et que les ateliers sont bien suivis, par les personnes dédiées à l'exploitation dans cette phase intermédiaire, avant réception des ouvrages et début du contrat d'exploitation.

La fiche de ronde est disponible en annexe 2.

2.3 - Résultats

Finalement, les principaux outils installés durablement dans l'équipe furent:

- La réunion de coordination quotidienne
- Le planning à deux semaines.

Cela a eu un effet positif sur le pilotage quotidien du projet et a développé des synergies communes. Ceci a aussi permis la prévention de potentielles incompatibilités d'activités et donc une réduction des risques.

3 - Suivi des performances de la station pour l'exploitation

3.1 - Chemin critique de la station

La stratégie de mise en route consiste à définir les équipements à démarrer en priorité afin que l'usine de traitement puisse recevoir l'eau usée, la traiter, et l'envoyer à l'émissaire en mer.

Il faut aussi que les déchets générés par le traitement puissent être évacués.

Le chemin critique comprend donc toute la filière Eau avec le poste de relevage de l'usine, les prétraitements, la flottation, la biofiltration et le comptage des eaux traitées.

Il comprend aussi le compactage et l'évacuation des refus de dégrillage, le lavage des sables, le pompage des boues dans les différentes bâches, la centrifugation des boues ainsi que leur évacuation par bennes.

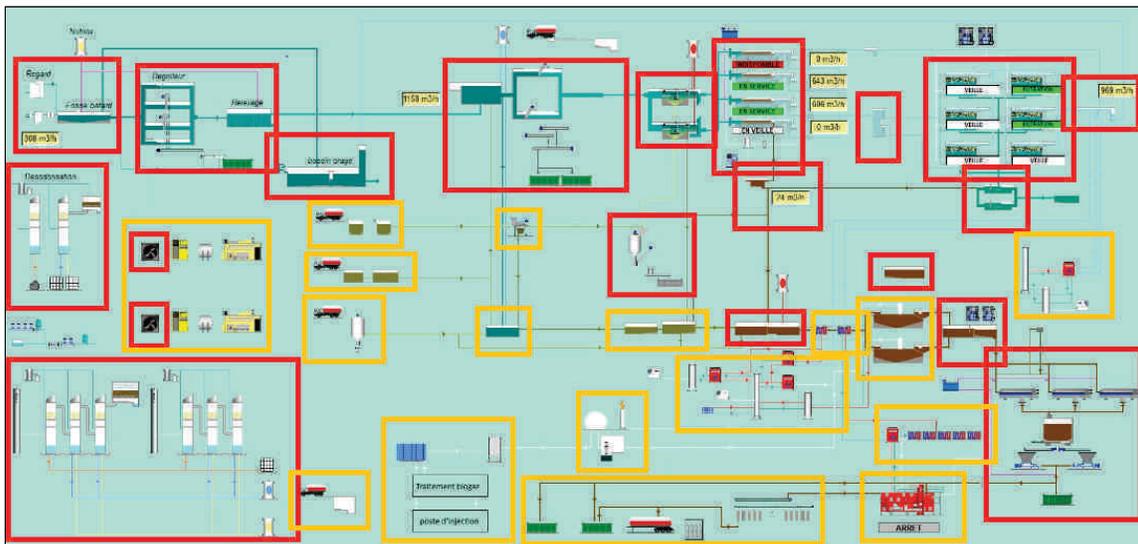


Figure 15: Vue de tous les ateliers sur le logiciel de supervision de l'usine. En rouge, les ateliers critiques. En jaune, les ateliers non critiques. [CAD.EAU]

3.2 - Prélèvements et analyses.

Les prélèvements sont une part importante du démarrage d'une usine. Ils doivent permettre de donner une image de ce qui se passe dans la filière de traitement afin de faire des corrections.

L'arrêté du 21 Juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DB05 définit les valeurs de rejets auxquelles est soumise cette nouvelle station d'épuration.

De plus, dans son mémoire technique, le groupement d'entreprises s'est engagé à être encore plus performant que l'arrêté sur le niveau de rejet en Matières En Suspensions (MES) avec une valeur de rejet de 30 mg/L au lieu de 35 mg/L ainsi que sur le niveau de rejet en Demande Chimique en Oxygène (DCO) avec une valeur de 100 mg/L au lieu de 125 mg/L. [Arrêté du 21 Juillet 2015]

Le rejet en mer n'étant pas un rejet dans un milieu sensible à l'eutrophisation, le niveau de rejet en Azote global (NGL) ainsi qu'en Phosphore total (Ptot) ne sont pas des critères de performance retenus pour évaluer la conformité de la station. [Arrêté du 21 Juillet 2015]

La liste des différents paramètres à suivre au regard de l'arrêté du 21 Juillet 2015 ainsi que leur périodicité est disponible en annexe 3.

Ne possédant, provisoirement, pas actuellement de laboratoire d'analyses sur la nouvelle usine, les prélèvements étaient analysés sur la station d'épuration voisine d'Antibes par VEOLIA EAU.



Figures 16 & 17: Laboratoire de la station d'épuration d'Antibes exploité par VEOLIA EAU. A gauche, l'atelier de filtration des MES. A droite, l'atelier d'étuvage pour les Matières Sèches et Volatiles. [Alexis Larcade]

3.2.1 - Prélèvement des eaux brutes

Un préleveur automatique 24h a été installé à l'entrée de l'usine, en sortie de refoulement des pompes de relevage.

Conformément aux prescriptions des agences de l'eau, il doit être installé en amont des prétraitements et des retours en tête.

Les retours en tête se faisant dans la même bache de réception des eaux brutes pompées depuis la station de pompage, le tube de prélèvement a été installé dans la tulipe d'arrivée des eaux brutes.

La difficulté engendrée ici est une maintenance accrue du tube de prélèvement qui subit des bouchons réguliers et provoque des défauts de prélèvement.

Nous visons ici des prélèvements de 55 mL asservis au débit entrant (tous les 80m³).

Pour un volume journalier minimum de temps sec de 13500 m³, ceci nous fait 170 prélèvements et 9,4 L de prélèvement en 24h.

Pour un volume journalier moyen de temps sec de 17000 m³, ceci nous fait 210 prélèvements et 11,6 L de prélèvement en 24h.

Pour un volume journalier maximum de temps de pluie de 29000 m³, ceci nous fait 360 prélèvements et 19,8 L de prélèvement en 24h.

Sur ces différents débits, nous avons donc un nombre de prélèvements représentatifs (plus de 150), un volume suffisant (plus de 50 mL) et pas de débordement (volume total < 20 L).

La courbe d'évolution des concentrations en pollution des eaux brutes est disponible en annexe 4.

3.2.2 - Prélèvement des eaux traitées

Un préleveur automatique 24h a aussi été installé à la sortie de l'usine. Cependant, le préleveur a été initialement installé dans la "piscine" d'eau traitée.

Or, comme expliqué précédemment, l'eau traitée possède deux comptages de sortie (un Débitmètre Électromagnétique et un canal Venturi) avant de rejoindre la cheminée de sortie et l'émissaire en mer.

Nous nous sommes rendu compte qu'il y avait un décalage très fort entre ce que nous observions ponctuellement et l'échantillonnage 24h du préleveur. Les prélèvements instantanés de surface étaient le plus souvent visuellement clairs tandis que les échantillons 24h étaient très noirs et chargés.

En analysant plus précisément la position du point de prélèvement, nous nous sommes rendus compte que celui-ci se trouvait en fond de piscine, dans une zone où des décantations s'accumulent. Cela entraîne un encrassement du tuyau de prélèvement et une non représentativité de l'échantillonnage.

Une nouvelle position a été désignée pour réaliser ce prélèvement. Celui-ci se situe 30 cm sous le seuil de surverse avant la cheminée de mise en charge.

Celui-ci à l'avantage de prélever de l'eau dans le flux dynamique et aussi le mélange des eaux des deux comptages (le canal venturi et le débitmètre).

Les inconvénients étant principalement la nouvelle position du préleveur (dans le couloir de visite) et la difficulté d'installation de la canne de support du tuyau de prélèvement.

Grâce à cela, nous avons eu une confiance plus grande dans les résultats que nous obtenions.

Ce changement a eu lieu le 16 Septembre 2020. Nous observons sur le graphe des concentrations d'eau traitée, en annexe 5, qu'à partir de cette date, nous n'avons plus de forts pics de concentration en DCO, DBO5 et MES retrouvés dans les échantillons de prélèvements malgré la non-conformité de ces prélèvements vis à vis de l'arrêté du 21 Juillet 2015.



Figure 18: Positionnement du préleveur d'eau traitée de l'Usine de Cagnes-sur-Mer. [Alexis Larcade]

3.3 - Suivi des performances de la station

J'ai mis en place un fichier de suivi des performances de la station permettant de compiler des données de l'usine et ainsi d'évaluer son fonctionnement.

Ce fichier de suivi a été réalisé sur un tableur et fut évolutif tout au long de la mise en service, via des réunions régulières avec les équipes locales du chantier, mais aussi en lien avec des experts de la Direction technique de Veolia en charge du suivi à distance des procédés mis en œuvre.

Il s'est tout d'abord concentré sur les informations essentielles de la file Eau et s'est ensuite étendu à la file boue.

Cela permet ainsi de vérifier la conformité de l'eau traitée et de voir les tendances sur le traitement.

Afin d'avoir une meilleure vision du traitement de la file eau, nous avons installé un préleveur mobile automatique en sortie de flottation.

Des courbes de suivi sur l'eau brute, l'eau traitée ainsi que l'eau en sortie de traitement primaire ont donc pu être réalisées et ont servies comme outils d'aide au pilotage de l'usine. Elles sont respectivement visibles en annexes 4, 5 et 6.

Un courbe sur la production de boues du puits à boues et les concentrations associées, disponible en annexe 7, permet aussi de voir leur constance ainsi que de potentiels dysfonctionnements.

Une courbe sur l'évacuation des boues permet aussi de suivre les ateliers d'évacuation et de déshydratation. Cette courbe est disponible en annexe 8.

Elle nous permet de voir si l'on évacue chaque semaine assez de matières sèches par rapport aux matières sèches entrantes.

Un bilan hydraulique des débit permet d'observer les by-pass ainsi qu'une potentielle dérive des instruments. Cette courbe est disponible en annexe 9.

Nous pouvons constater sur ce graphe qu'il n'y a pas de dérive des débitmètres.



Figures 19 & 20: A gauche, laboratoire provisoire permettant de faire des thermobalances. A droite, préleveur mobile automatique pour l'eau en sortie de traitement primaire. [Alexis Larcade]

4 - Atelier de traitement primaire des eaux.

4.1 - Les principes du traitement primaire

Le traitement primaire d'une station d'épuration sert à abattre la pollution physique de l'eau, principalement les Matières en suspension. Ce traitement primaire, par répercussion, abat aussi la pollution carbonée et donc la DCO et la DBO.

Le traitement primaire est très souvent réalisé par décantation. Cette décantation peut être réalisée dans des décanteurs simples ou lamellaires dans des ouvrages circulaires ou rectangulaires.

Une étape de coagulation/floculation précède souvent l'atelier de décantation afin d'améliorer les performances d'abattement de la pollution et réduire la taille des ouvrages.

Le tableau ci-dessous présente une estimation des abattements de pollution lors d'un traitement primaire par décantation. [Sénat]

Type de décantation	MES	DCO	DBO5
Décantation	55%	30%	30%
Décantation lamellaire	70%	40%	40%
Décantation lamellaire avec coagulation/floculation	90%		70%

Figure 21: Tableau récapitulatif des pourcentages d'abattement de pollution de décanteurs. [Sénat]

Les boues en sortie de traitement primaire ont une concentration de l'ordre de 3 à 10 gMES/L. [Suez Handbook]

Si l'on souhaite réduire leur volume et réaliser de la digestion, il est important de les épaisir par épaissement statique (décanteur) ou dynamique (flottateur, égouttage ou centrifugation).

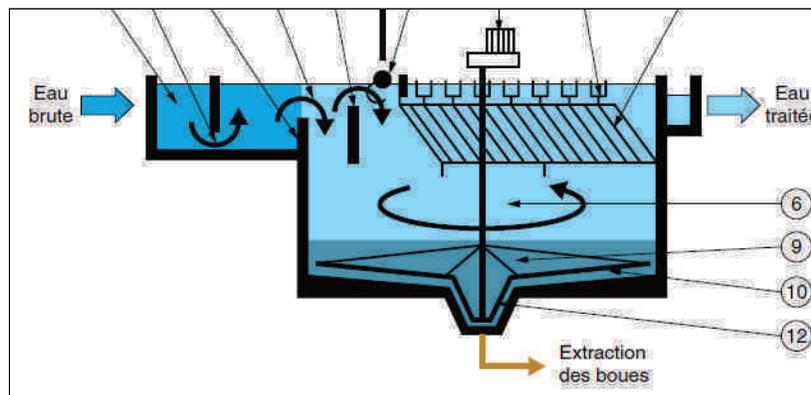


Figure 22: Schéma de principe d'une décantation lamellaire. [Suez Handbook]

La flottation est généralement utilisée en atelier d'épaississement pour les boues, en clarification pour les eaux potables ou bien en traitement tertiaire des eaux usées. [Suez Handbook]

Suite à un pilote réalisé sur une autre usine d'épuration, VEOLIA a décidé de réaliser pour la première fois ce type de traitement en primaire d'eaux usées urbaines.

Sur cette usine, il a été choisi ici d'innover dans la méthodologie de traitement primaire et donc d'installer 4 unités de flottation intégrant une coagulation/floculation en amont et in-situ.

Les objectifs de traitement pour l'usine sont les suivants:

	MES	DCO
Eau en sortie	< 100 mgMES/L	< 250 mgO ₂ /L
Boues en sortie	= 60 gMS/L	

Figure 23: Tableau des objectifs de traitement des flottateurs. [Mémoire Technique]

4.2 - Présentation de l'atelier

Le traitement primaire de l'usine se situe en aval de deux bâches en parallèle de coagulation au chlorure ferrique.

Il est constitué de 4 flottateurs en parallèle, connectés ensemble par un canal d'amenée commun. Leur isolation en amont ne peut se faire que manuellement, à l'aide de batardeaux. Depuis ce canal, l'eau usée passe en surverse, puis en sousverse afin d'arriver d'une manière ascensionnelle et d'être mélangée à de l'eau "blanche".

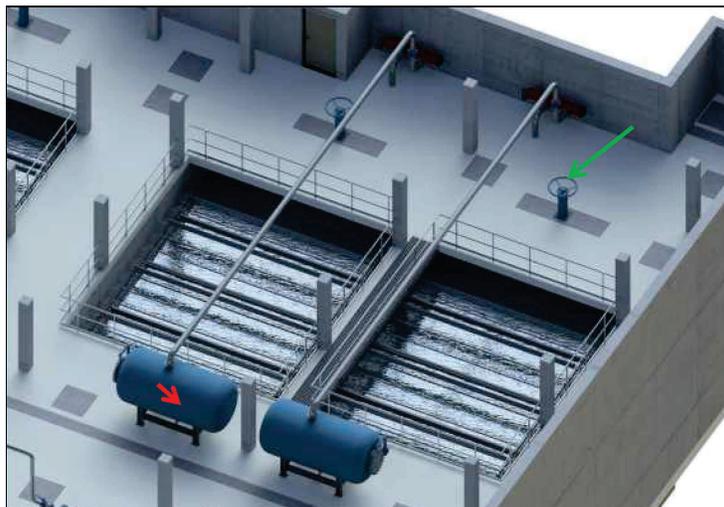


Figure 24: Vue générale de deux des flottateurs de l'usine d'épuration de Cagnes-sur-Mer. [Mémoire technique]

L'eau blanche est un mélange d'eau et d'air qui est pressurisée dans un ballon à l'aide d'une pompe de recirculation.

Cette eau blanche est injectée grâce à des rampes composées d'une centaine de buses permettant la détente de l'eau et la diffusion de bulles d'air faisant flotter les matières en suspension précédemment coagulées.

Les matières en suspension ainsi flottées s'agglomèrent en tapis de boues flottantes. Ces boues sont ensuite raclées en surface et évacuées par une goulotte dans un puits à boues.

L'eau retirée de ses boues passe ensuite par des conduites en fond d'ouvrage puis collectée dans un canal de sortie.

Des vannes automatiques en sortie de chaque ouvrage permettent d'isoler chaque flottateur.

Des trémies de fond permettent de soutirer les quelques boues qui décantent au lieu de flotter.

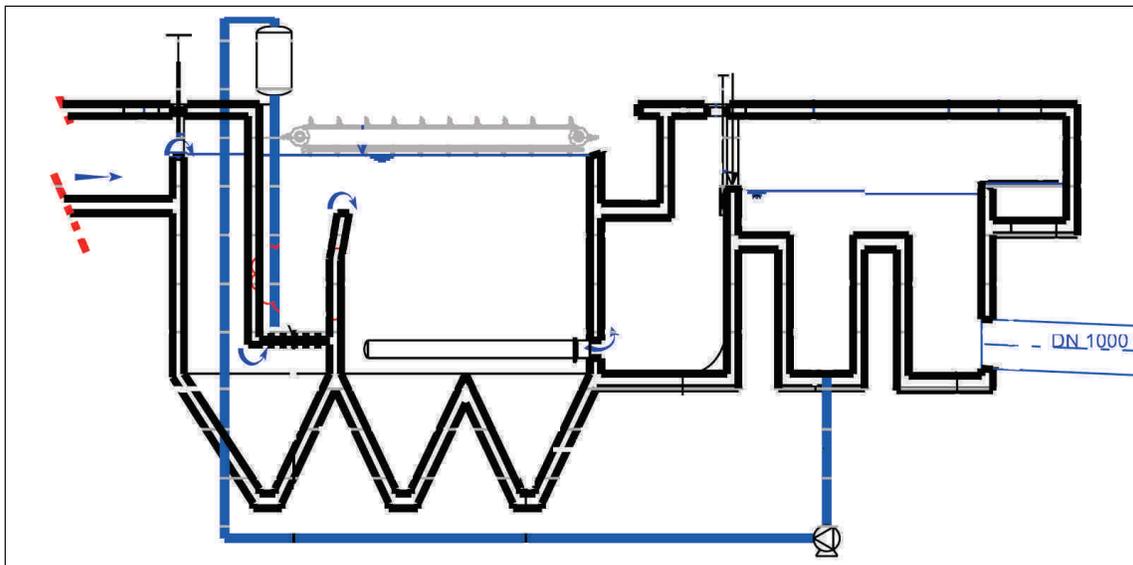


Figure 25: Extrait du profil hydraulique de la station montrant les caractéristiques géométriques des flottateurs ainsi que la ligne d'eau. [Plans de conception OTV]

4.3 - Mise en route et dérives de fonctionnement

Mise en route...

La mise en route de cet atelier s'est réalisée sans réactifs d'oxygénation des eaux usées (Peroxyde d'Hydrogène H₂O₂), ni réactif de coagulation (Chlorure Ferrique FeCl₃) car les lignes d'injection et de dépotage n'étaient pas terminées, dans le nouveau phasage des travaux.

La floculation avec un polymère cationique, identique à celui utilisé pour la déshydratation des boues, était toutefois disponible et dosée à 1 g/L.

Nous pouvons observer sur la courbe des concentrations en pollution de l'eau traitée, en annexe 5, que les résultats en MES et en DCO sont dans les limites imposées pendant cette phase se déroulant au mois de Juillet.

Nous notons toutefois que les débits entrants au mois de Juillet sont de l'ordre de 8000 m³ alors que tous les réseaux d'assainissements de la ville n'étaient pas encore tous connectés à la nouvelle usine.

Des nuisances...

Des nuisances olfactives se sont très vite manifestées. Les unités de ventilation et de désodorisation, une fois en fonctionnement, se sont retrouvées saturées en H₂S, au-delà de leurs limites de dimensionnement. Pour rappel, les installations de ventilation et de désodorisation n'étaient pas encore à 100% opérationnelles, utilisés en mode dégradé et des mesures de prévention étaient prises sur le calfeutrage des bâtiments, les couvertures sur les ouvrages comme la flottation, et la gestion d'un numéro d'astreinte "odeur" en cas de détection par les riverains.

Une fois prête, l'injection de Chlorure Ferrique (FeCl₃), à un dosage de 50 g/m³ (ppm), a finalement permis de précipiter le Soufre (S) présent dans les eaux usées et de réduire considérablement la production de Sulfure d'Hydrogène (H₂S) par l'effluent. Ainsi, le système de désodorisation physico-chimique fonctionnait mieux dans son mode dégradé et les nuisances olfactives ont disparu.

Les boues raclées sont d'ailleurs devenues noires à cause de cette précipitation du Soufre (S) avec le Fer (Fe).

Les premières dérives

C'est à partir de ce moment-là que nous avons vu que nos analyses d'eaux traitées dépassaient les limites de rejets réglementaires.

Nous avons tout d'abord mis en cause le positionnement du préleveur et réalisé plusieurs ajustements avant de le déplacer définitivement mi-septembre au niveau de la surverse de la cheminée de mise en charge.

Cependant, ce ne fut pas la seule problématique:

La pression dans les ballons de pressurisation augmentait fortement et le débit des pompes de recirculation diminuait malgré leur fonctionnement au maximum de leur fréquence.

Ce phénomène nous a amené à rechercher une sorte de colmatage dans le circuit. Les différents démontages de lignes nous ont aussi permis de voir que le filtre de la boucle de pressurisation/recirculation n'était pas assez performant et laissait passer des boues hachées (comme des mines de crayons).



Figure 26: Filtre de la boucle de recirculation des flottateurs. Nous pouvons voir le hachage des boues causées par le balai du filtre. [Photo Alexis Larcade]

Après une vidange d'un des flottateurs, nous nous sommes rendu compte que les buses de diffusion d'eau blanche se bouchaient avec des filasses, de la boue et des sables grossiers. Ceci empêchait donc la diffusion d'eau blanche et les performances des flottateurs.

Ces bouchages de buses nous ont obligé à isoler et vidanger successivement et cycliquement tous les flottateurs avec une redondance de 10 jours/15 jours. Ces opérations lourdes consommaient beaucoup de temps et d'énergie humaine afin de vidanger la chambre, accéder à l'espace confiné, démonter les buses, les nettoyer, les remettre en place et remettre en fonctionnement chaque unité de flottation.

4.4 - Modifications de fonctionnement/conception

Les buses sont composées de deux disques percés l'un sur l'autre et tenus par le corps de buse.

Le disque inférieur est percé d'un unique trou créant la perte de charge désiré afin d'avoir un fonctionnement du ballon de pressurisation dimensionné 5 bars pour un débit 140m³/h. Ainsi la quantité d'air injectée dans le flottateur est de 14Nm³ d'air/heure.

Le disque supérieur permet de casser le jet dû à la détente de l'eau blanche sortant du ballon de pressurisation.

Action:

La première action fût de détecter comment les fillasses pouvaient se retrouver dans cette boucle de recirculation, bien en aval des dégrilleurs. L'automatisme des dégrilleurs a alors été révisé, pour que le colmatage de la grille soit plus performant.

La première modification palliative fut ensuite d'agrandir l'ouverture du disque inférieur des buses de diffusion d'air et de supprimer le disque supérieur afin de limiter les bouchages, avant de revenir à une conception plus adéquate.

Résultat de la modification:

Cette modification du perçage des buses a seulement permis d'espacer les échéances de colmatage des buses sans toutefois solutionner le problème.

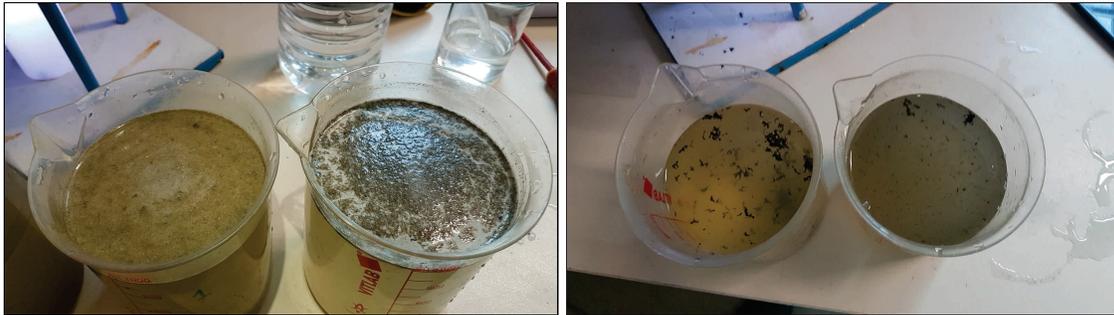


Figures 27, 28 & 29: De gauche à droite; Disque inférieur, disque supérieur, disque supérieur modifié. [Alexis Larcade]

Un autre constat fut que le polymère cationique utilisé lors de la mise en service de la file Eau alors que nous n'avions pas d'autres réactifs avait eu ensuite une action peu compatible avec le Chlorure Ferrique ($FeCl_3$) une fois mis en service. En effet, les ions positifs du polymère et les ions positifs des MES coagulées étaient incompatibles et formaient des floccs moins solides.

De plus, le polymère étant injecté dans la boucle de pressurisation, il réagissait avec les eaux de recirculation mal filtrées par le filtre Amiad et favorisait le bouchage des buses.

Ces constats ont été réalisés suite à des essais Jar-tests avec les eaux brutes, les polymères et l'eau blanche.



Figures 30 & 31: Photo de gauche: essai jar-test de flottation avec du polymère cationique à gauche et anionique à droite. Photo de droite: essai sur l'eau de recirculation avec du polymère cationique à gauche et anionique à droite. [Alexis Larcade]

Action:

Nous avons complètement vidangé la préparation de polymère et son circuit d'injection afin d'utiliser un polymère anionique, celui prescrit lors de la conception en l'occurrence.

Résultat:

Nous avons vu une légère augmentation de la qualité des floccs mais la qualité des eaux de sortie et le bouchage des buses n'a pas été amélioré. La problématique de fond restait encore à explorer.

L'attention s'est alors portée sur l'amélioration de la qualité de l'eau utilisée dans la boucle de recirculation. En effet, l'eau en sortie de flottateur étant de qualité fluctuante en phase de démarrage, elle était utilisée dans la boucle et bouchait les buses qui génèrent une mauvaise flottation et donc une eau en sortie de flottateur encore plus mauvaise. (soit un cercle sans fin)

Actions:

Dans la phase Étude-conception, ce risque avait été identifié et une conduite sous l'usine avait été imaginée et installée pour permettre de récupérer de l'eau traitée pour alimenter la boucle de pressurisation.

Il a été décidé de construire les connectiques à cette conduite entre la piscine d'eau traitée et l'alimentation des recirculations. L'éventualité de ce besoin tout en évitant de lourds travaux avait été pensé dès la conception et des réservations dans la piscine des biofiltres et à travers les murs des bâtiments avaient été réalisées pour permettre les connectiques.

La modification de la source d'eau utilisée pour la recirculation a donc été mise en service le 08 Octobre 2020, suite à la décision du directeur de projet le mois précédent et du groupe d'experts Veolia. L'eau pour pressurisation est maintenant prélevée dans la piscine d'eau traitée plutôt qu'en sortie de flottateurs et fiabilise la production et la distribution de l'eau blanche.

Résultats:

Les boucles de recirculation fonctionnent dans un régime permanent avec des débits constants ainsi que des cycles de pressurisation constants aussi.

Cependant, les modifications provisoires sur les buses ne permettent pas de fournir la pression suffisante sur leur totalité et seulement la moitié des buses est actuellement utilisée pour atteindre un point de fonctionnement acceptable.

De plus, l'eau en sortie de flottation ne s'est pas significativement améliorée malgré tous ces changements positifs, de par la problématique de soutirage des boues, qui est apparue suite à cela.

Futures actions prévues:

Des buses avec le diamètre de sortie original ont été recommandées et devraient être installées au mois de Janvier 2021 afin d'obtenir un point de fonctionnement satisfaisant et utilisant la totalité des buses du flottateur, comme prévu au design.

Suite à des observations régulières des flottateurs, il s'est avéré que l'automatisme des extractions de fond d'ouvrage ne fonctionnait pas correctement. Cela engendrait une accumulation de boues décantées dans les trémies. La prise d'eau de sortie étant située juste au-dessus de ces trémies, des MES s'évacuaient par la sortie d'eau et se dirigeaient vers la biofiltration.

Actions:

La correction de l'automatisme ainsi qu'un suivi d'exploitation poussé et des purges de fond ont été réalisés.

Résultats:

Suite à l'ensemble de ces dernières actions, la qualité de l'eau flottée s'est stabilisée dans les valeurs pour lesquelles les flottateurs ont été dimensionnés. Ces résultats sont observables en annexe 6.

4.5 - Suivi et amélioration des performances

A ce stade, nous avons réussi à stabiliser le fonctionnement des flottateurs et le critère sur la filière eau est respecté. Ceci permet aussi aux biofiltres de mieux fonctionner et d'avoir une qualité d'eau de sortie dans les valeurs de l'arrêté du 21 Juillet 2015 à partir du 23 Octobre 2020.

Cependant, nous avons toujours des pics de MES dans les eaux flottées à certains moments de la journée que nous n'arrivons pas à expliquer. Nous avons aussi des difficultés à obtenir l'objectif de 60 gMS/L pour les boues flottées dont les résultats sont observables en annexe 7.

Une exploitation toujours poussée, comprenant beaucoup de prélèvements instantanés des eaux flottées, des boues flottées et des extractions de fond ainsi que l'observation des autres ateliers de l'usine a permis d'identifier que les retours en têtes des ateliers de lavage des biofiltres ainsi que les retours de centrats de centrifugeuses perturbent la flottation.

Action:

Une limitation des retours des eaux sales passant de 150 m³/h à 70 m³/h ainsi que celui des retours de centrifugeuses passant de 85 m³/h à 55 m³/h, équivalent à un lissage dans le temps des charges de retour.

Résultat:

Ceci a eu un effet positif et a permis de réduire les excès de charge instantanés dégradant les unités de flottation.



Figure 32: échantillons de différents points de prélèvement des flottateurs. De gauche à droite: Extractions de fond du flottateur 3; Extractions de fond du flottateur 4; Eau flottée "bonne"; Eau flottée "mauvaise"; Retours de bache eaux sales. [Samir EL-KAMEL]

Conclusion

Lors de ce stage, en participant à la mise en route de l'usine d'épuration de Cagnes-sur-Mer, j'ai pu me sensibiliser à l'importance de la préparation, de l'organisation, de la stratégie et de l'adéquation entre les ressources à mettre en œuvre et les objectifs souhaités.

J'ai aussi pu comprendre l'importance d'avoir des prélèvements fiables et combinés à des instruments de mesures calibrés et entretenus.

Le traitement primaire de l'usine est un traitement innovant qui possède de grandes qualités en termes de gain d'espace et de consommation de réactifs et de suppression d'atelier d'épaississement des boues.

Nous avons ici fiabilisé l'eau en sortie de ce traitement qui permet d'obtenir ensuite une eau traitée conforme au contrat.

Le travail est maintenant focalisé sur l'obtention de boues flottées d'une concentration de 60 gMS/L. Il se situe actuellement à des valeurs comprises entre 35 gMS/L et 40 gMS/L. Le futur changement des buses et les réglages sur les extractions de fond vont permettre de maximiser le volume de boues raclées en surface plutôt que décantées en fond.

Concernant les améliorations possibles à l'avenir, on pourrait tout d'abord se poser la question de la pertinence des ouvrages de prétraitements classiques et notamment l'utilité d'avoir un ouvrage combiné de dessablage/dégraissage.

En effet, les graisses pourraient directement être flottées dans les unités de flottations et seulement des dessableurs pourraient être installés en amont de la coagulation/floculation. Cela permettrait de potentiellement gagner de la place en supprimant une bêche à graisse .

Nous pourrions aussi nous poser la question des extractions de fond allant dans le puits à boues. En effet, elles pénalisent fortement la concentration en matières sèches des boues primaires. Il serait intéressant d'avoir la possibilité de renvoyer ces extractions en tête suivant leur concentration.

La question de la qualité du filtre tamis présent sur la boucle de recirculation/pressurisation est aussi entière. En effet, plus il sera efficace, moins les buses de diffusion d'eau blanche auront tendance à se boucher. De plus, son point de vidange vers une bêche eaux sales plutôt que vers le poste de relèvement intermédiaire serait sûrement plus judicieux.

Les résultats déjà obtenus sur la station de Cagnes-sur-Mer et les pistes d'améliorations que je viens d'évoquer font que les unités de flottation ont toute leur place en traitement primaire d'eaux usées urbaines.

Bibliographie

[AERIS] Site internet du projet. <http://www.aeris.nicecotedazur.org/>. Consulté le 04 Novembre 2020.

[Le Moniteur] Article de Revue. A Cagnes-sur-Mer, la première station d'épuration attribuée en CREM.

<https://www.lemoniteur.fr/article/a-cagnes-sur-mer-la-premiere-station-d-epuration-attribuee-en-crem.1169024>. Consulté le 04 Novembre 2020.

[Article 7.3 du PFD partie I Travaux /sous partie 1] concernant les charges et volumes à traiter par la nouvelle usine de Cagnes-sur-Mer.

[ARRETE 21 Juillet 2015] relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5. <https://www.legifrance.gouv.fr/>. Consulté le 11 Novembre 2020.

[INRS] Le point sur les connaissances sur le traitement des eaux usées. ED 5026 de Novembre 2004. Henri Aussel; Colette Le Bâcle; Graziella Dormier. http://www.esst-inrs.fr/3rb/ressources/documents_seminaires/seminaire_2014/ressources_3rb_2014/12_ed5026_traitements_eaux_usees.pdf. Consulté le 17 Novembre 2020.

[NF EN ISO 5667-3] T90-511-3. Norme sur Qualité de l'eau - Echantillonnage: conservation et manipulation des échantillons d'eau. 3 Juin 2018.

[Senat] La qualité de l'eau et assainissement en France (annexes). <https://www.senat.fr/rap/I02-215-2/I02-215-269.html>. Consulté le 14 Novembre 2020.

[Suez Handbook] Épaississement des boues. <https://www.suezwaterhandbook.fr/procedes-et-technologies/traitement-des-boues-liquides/epaississement>. Consulté le 15 Novembre 2020.

[Suez Handbook] Potentiel d'oxydoréduction-Septicité.

<https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/quelles-eaux-a-traiter-pourquoi/les-effluents-urbains/potentiel-d-oxido-reduction-septicite>. Consulté le 17 Novembre 2020.

[Suez Handbook] Les flottateurs de clarification.

<https://www.suezwaterhandbook.fr/procedes-et-technologies/floculateurs-decanteurs-flottateurs/les-flottateurs/les-flottateurs-de-clarification>. Consulté le 17 Novembre 2020.

[FASCICULE 81_II] Fascicule 81 Titre II relatif à la conception et l'exécution d'installations d'épuration d'eaux usées, Bulletin Officiel, Marchés publics de travaux, Cahier des clauses techniques générales,

https://www.fnfp.fr/sites/default/files/content/fascicule_ndeg81_titre_ii.pdf, Consulté le 15 Novembre 2020.

[Guide pratique sur l'Autosurveillance 2015]. Guide pratique de l'agence de l'eau Loire-Bretagne. Mise en œuvre de l'autosurveillance des systèmes d'assainissement des collectivités et des industries. Équipements et contrôles.

http://www.eau-loire-bretagne.fr/espace_documentaire/documents_en_ligne/guides_assainissement/PUBLI_GuideAutosurveillance2015.pdf. Consulté le 11 Novembre 2020.

Table des Annexes

Annexe 1: Récapitulatif des charges et volumes à traiter par la nouvelle usine	I
Annexe 2: Fiche de ronde exploitation	II
Annexe 3: Tableau de la liste des analyses nécessaires dans le cadre de l'autosurveillance	IX
Annexe 4: Graphe des concentrations en pollution des eaux brutes.	X
Annexe 5: Graphe des concentrations en pollution des eaux traitées.	XI
Annexe 6: Graphe des concentrations en pollution des eaux sortie de traitement primaire.	XII
Annexe 7: Graphe des volumes extraits du puits à boues et concentrations en Matières sèches de ces boues.	XIII
Annexe 8: Graphe d'évacuation des boues déshydratées de la station de Cagnes-sur-Mer.	XIV
Annexe 9: Graphe du bilan hydraulique de la station de Cagnes-sur-Mer.	XV

Annexe 1: Récapitulatif des charges et volumes à traiter par la nouvelle usine

[Article 7.3 du PFD partie 1 Travaux / Sous-Partie 1]

Paramètres	Unité	Temps sec				Temps pluie			
		Charges 2015	Charges 2020	Charges 2030	Charges 2050	Charges 2015	Charges 2020	Charges 2030	Charges 2050
Débit journalier	m ³ /j	19 741	20 425	19 859	22 067	29 171	29 855	29 289	31 497
Débit moyen horaire	m ³ /h	823	851	827	919	1 215	1 244	1 220	1 312
Débit de pointe horaire (TS)	m ³ /h	1 186	1 231	1 239	1 386	-	-	-	-
Débit de pointe horaire (TP) -	m ³ /h	-				2 290 maximum			
DCO	kg/j	14 316	15 102	16 564	19 159	16 956	17 742	19 204	21 799
DBO ₅	kg/j	6 607	6 970	7 645	8 843	7 324	7 687	8 362	9 560
MES	kg/j	9 911	10 455	11 467	13 264	13 098	13 642	14 654	16 451
NTK	kg/j	1 321	1 394	1 529	1 769	1 585	1 658	1 793	2 033
Pt	kg/j	220	232	255	295	258	270	297	332
Nombre d'EH calculé	EH	110 117	116 170	127 420	147 375	122 067	128 120	139 370	159 300

Annexe 2: Fiche de ronde d'exploitation



Usine d'épuration de Cagnes Sur Mer

Fiche de Suivi à l'Exploitation

rev 3 - 25/09/2020

DATE	ROLE	
NOM		
PRISE D'INFORMATION et/ou REUNION DE COORDINATION AVEC EQUIPE MER	Réalisé / Non Réalisé	
Activité d'exploitation à réaliser ce jour	Déshydratation :	Non / Oui :
	Evacuation des boues à 30% :	Non / Oui :
	Evacuation de la benne de refus de dégrillage :	Non / Oui :
	Prélevements Eau Brute et Eau traitée :	Non / Oui :
	Prélevements Boues :	Non / Oui :
	Prélevements Spidflow :	Non / Oui :
Livraisons prévues		
Commentaires		
Info sur la tournée	Début de tournée	Heure:h.....

Local Polymère File Eau	Contrôle à réaliser	Actions / Observations
	Remplissage de la trémie de la préparante et Nombre de sac de polymère restants	OK / sacs ajoutés Heure:h.....
	Propreté du local	OK / sacs ajoutés Heure:h.....
	Fuite sur conduites	Propre / Sale / Nettoyé
	Fonctionnement de la préparante (dosage, agitation)	OK / Fuite
	Fonctionnement des pompes et débitmètres	Fuite :
		OK / Défaut
		Défaut :
Commentaires	OK / Défaut	
	Défaut :	

SAS Bennes	Contrôle à réaliser	Actions / Observations
	Niveau de remplissage de la benne de refus de dégrillage %
	Présence de l'ensachage	Oui / Non
	Fonctionnement du compacteur et contrôle du tube vertical	OK / Bourrage
	Enlèvement de la benne de refus de dégrillage	Non Applicable / Oui Poids : Kg
	Propreté du local	Propre / Sale / Nettoyé
	Commentaires	

SAS Camion	Contrôle à réaliser	Actions / Observations
	Présence et positionnement de la benne TP	OK / Mauvais Positionnement
	Portes du SAS fermées	Oui / Non : fermeture effectuée
	Propreté du SAS	Propre / Sale / Nettoyé
	Niveau de remplissage de la benne %
	Bordereau de suivi de déchets vierge disponible	Oui / Non
	Bordereau de l'ancienne benne rangé dans le classeur	Non Applicable / Oui Poids : Kg Date :/...../.....
Commentaires		

Local Polymère File Boue	Contrôle à réaliser	Actions / Observations
	Niveau de remplissage du big bag de polymère %
	Propreté du local	Propre / Sale / Nettoyé
	Fuite sur conduites	OK / Fuite Fuite :
	Fonctionnement de la préparante (dosage, agitation)	OK / Défaut Défaut :
	Fonctionnement des pompes polymères et débitmètres	OK / Défaut Défaut :
	Fonctionnement de la centrale hydraulique et de l'extracteur à	OK / Défaut Défaut :
	Fonctionnement des gavo-pompes	OK / Défaut Défaut :
	Commentaires	

	<i>Contrôle à réaliser</i>	<i>Actions / Observations</i>
Local Centrifugeuses	Propreté du local	Propre / Sale / Nettoyé
	Fuite sur conduites	OK / Fuite Fuite :
	Fonctionnement de centrifugeuse 1	OK / Défaut Défaut :
	Estimation du niveau de boue dans le silo sous la centrifugeuse 1 %
	Graissage centrifugeuse 1 effectué et fiche de suivi remplie	Non / Oui Nb: coups
	Fonctionnement de centrifugeuse 3	OK / Défaut Défaut :
	Estimation du niveau de boue dans le silo sous la centrifugeuse 3 %
	Graissage centrifugeuse 3 effectué et fiche de suivi remplie	Non / Oui Nb: coups
	Fonctionnement de centrifugeuse 2	OK / Défaut Défaut :
	Estimation du niveau de boue dans le silo sous la centrifugeuse 2 %
	Graissage centrifugeuse 2 effectué et fiche de suivi remplie	Non / Oui Nb: coups
	Thermobalance des boues deshydratées (Jour d'enlèvement des bennes)%
	Aspect des centrats	Bon / Présence de flocs / Très Sales
	Ajustement du taux de traitement polymère	Non Applicable / Augmentation / Diminution Taux :Kg/t MS
	Exploitation centrifugeuse 1	Démarrage :h..... Arrêt :h..... Démarrage :h..... Arrêt :h.....
	Exploitation centrifugeuse 3	Démarrage :h..... Arrêt :h..... Démarrage :h..... Arrêt :h.....
	Exploitation centrifugeuse 2	Démarrage :h..... Arrêt :h..... Démarrage :h..... Arrêt :h.....
	Exploitation Gavo-pompe 1	Démarrage :h..... Arrêt :h..... Démarrage :h..... Arrêt :h.....
	Exploitation Gavo-pompe 2	Démarrage :h..... Arrêt :h..... Démarrage :h..... Arrêt :h.....
	Commentaires	

Zone Eaux Brutes et Prétraitements	Contrôle à réaliser	Actions / Observations
	Nettoyage à la fourche du tuyaux de prélèvement des eaux brutes	Propre / Sale / Nettoyé
	Vérification du bon fonctionnement du préleveur eaux brutes	OK / Défaut Défaut Nb de prélèvements de la veille :
	Vérification du bon fonctionnement des dégrilleurs	OK / Bourrage
	Vérification de la présence de graisses au niveau des trappes d'accès	Propre / Sale / Nettoyé
	pH	Sonde 1 : Sonde 2 :
	RedOx	Sonde 1 :mV Sonde 2 :mV
	Température	Sonde 1 :°C Sonde 2 :°C
	Propreté du local	Propre / Sale / Nettoyé
	Commentaires	

Zone Spidflow	Contrôle à réaliser	Actions / Observations
	Thermobalance Boues flottées (Le Lundi, le Mercredi et le Vendredi),.....%
	Prélèvement d'Eau flottée au préleveur automatique et relance du cycle	OK / Défaut Défaut :
	Echantillon prélevé stocké dans le préleveur EP	Non Applicable / Oui
	Vérification de la bonne arrivée de l'air (vérification des rotamètres)	OK / Défaut Défaut :
	Propreté du local	Propre / Sale / Nettoyé
	Commentaires	

	<i>Contrôle à réaliser</i>	<i>Actions / Observations</i>
Local Desodorisation	Niveau de sel dans l'adoucisseur	OK / sacs ajoutés Heure:h.....
	Vérification de l'amorçage des pompes doseuses de Javel	OK / Re-Amorçées
	Vérification de l'amorçage des pompes doseuses de Soude	OK / Re-Amorçées
	Vérification de l'amorçage des pompes doseuses de Peroxyde	OK / Re-Amorçées
	Vérification de l'amorçage des pompes doseuses de Chlorure Ferrique	OK / Re-Amorçées
	Niveau visuel cuve NaCl%
	Niveau visuel cuve NaOH%
	Niveau visuel cuve FeCl3%
	Bon fonctionnement des pompes de recirculation File Eau	OK / Défaut Défaut :
	Vérification du colmatage du média	OK / Défaut Défaut :
	Bon fonctionnement des pompes de recirculation File Boue	OK / Défaut Défaut :
	Vérification du colmatage du média	OK / Défaut Défaut :
	Fuites	OK / Fuite Fuite :
	Propreté du local	Propre / Sale / Nettoyé
	Commentaires	

Local Sécheur / Pompage depuis la bâche d'homogénéisation des boues	Contrôle à réaliser	Actions / Observations
	Bon fonctionnement des pompes	OK / Défaut Défaut :
	Pressurisation du délacérateur (Une fois par semaine le Lundi)	OK / Défaut Défaut Pression de gonflage : bars
	Propreté du local	Propre / Sale / Nettoyé
	Commentaires	

Local Digestion	Contrôle à réaliser	Actions / Observations
	Bon fonctionnement des pompes	OK / Défaut Défaut :
	Pressurisation des délacérateurs (Une fois par semaine le Lundi)	OK / Défaut Défaut :
	Propreté du local	Propre / Sale / Nettoyé
	Commentaires	

Supervision	Contrôle à réaliser	Actions / Observations
	Niveau cuve NaCl%
	Niveau cuve NaOH%
	Niveau cuve FeCl3%
	Niveau dans le Puits à boues / 4,00 m
	Niveau dans la grande bâche Homo des boues / 7,15 m
	Niveau dans la bâche à boues digérées / 6,30 m
	Volume de boues transféré depuis le puits à boues m3
	Volume de boues centrifugé la veille m3
Commentaires		

		<i>Contrôle à réaliser</i>	<i>Actions / Observations</i>
Zone BioStyr	Vérification du bon fonctionnement du préleveur eaux traitées		OK / Défaut Défaut Nb de prélèvements de la veille :
	Commentaires		
Informations Tournée	Fin de tournée	Heure:h.....	
	Nom et Signature		

Annexe 3: Tableau de la liste des analyses nécessaires dans le cadre de l'autosurveillance.

[Extrait du tableau 4 de l'arrêté du 21 Juillet 2015]

Information	Type d'information	Périodicité	Nombre par an	
File Eau			Tous les jours	365
Débit en entrée	Q,journalier Q,moy Q,pointe	Tous les jours	3 fois par semaine	156
Débit en sortie	Q,journalier Q,moy Q,pointe	Tous les jours	2 fois par semaine	104
pH en entrée	pH,moy pH,min pH,max	3 fois par semaine	1 fois par semaine	52
pH en sortie	pH,moy pH,min pH,max	3 fois par semaine	2 fois par mois	24
MES en entrée	Concentration moyenne - échantillon 24 heures	3 fois par semaine	1 fois par mois	12
MES en sortie	Concentration moyenne - échantillon 24 heures	3 fois par semaine		
DBO5 en entrée	Concentration moyenne - échantillon 24 heures	2 fois par semaine		
DBO5 en sortie	Concentration moyenne - échantillon 24 heures	2 fois par semaine		
DCO en entrée	Concentration moyenne - échantillon 24 heures	3 fois par semaine		
DCO en sortie	Concentration moyenne - échantillon 24 heures	3 fois par semaine		
NTK en entrée	Concentration moyenne - échantillon 24 heures	1 fois par semaine		
NTK en sortie	Concentration moyenne - échantillon 24 heures	1 fois par semaine		
NH4 en entrée	Concentration moyenne - échantillon 24 heures	1 fois par semaine		
NH4 en sortie	Concentration moyenne - échantillon 24 heures	1 fois par semaine		
NO2 en entrée	Concentration moyenne - échantillon 24 heures	1 fois par semaine		
NO2 en sortie	Concentration moyenne - échantillon 24 heures	1 fois par semaine		
NO3 en entrée	Concentration moyenne - échantillon 24 heures	1 fois par semaine		
NO3 en sortie	Concentration moyenne - échantillon 24 heures	1 fois par semaine		
Ptot en entrée	Concentration moyenne - échantillon 24 heures	1 fois par semaine		
Ptot en sortie	Concentration moyenne - échantillon 24 heures	1 fois par semaine		
Température en sortie		3 fois par semaine		
DCO en sortie de Spidflow	Echantillon Instantané	3 fois par semaine		
MES en sortie de Spidlow	Echantillon Instantané	3 fois par semaine		

Mémoire de fin d'études

Diplôme(s): Mastère Spécialisé "Eau Potable et Assainissement"

Auteur:

Alexis LARCADE

Année:

Promotion 2019/2020

Titre:

Mise en Route de l'Usine d'épuration de Cagnes-sur-Mer (Alpes Maritimes - 06)
Suivi des performances générales, de l'exploitation et des flottateurs en traitement primaire de
l'usine.

Nombre de pages: 40 pages de texte et 16 pages d'annexes

Nombre de références bibliographiques: 12 références bibliographiques

Structure d'accueil:

Veolia Water Technologies - Service Mise en Route
Immeuble l'Aquarène
1 Place Montgolfier / 94417 St Maurice Cedex



Maître de Stage:

Frédéric LEFORT - Directeur Mise en Route

Résumé:

La nouvelle usine d'épuration de Cagnes-sur-Mer est prévue pour traiter les eaux usées de 160000 équivalent-habitants avant de les rejeter par un émissaire en mer. Elle est aussi dimensionnée pour produire plus d'énergie qu'elle n'en consomme à travers une production de biogaz, par digestion et épuration membranaire, injecté dans le réseau de gaz de la ville. Le procédé de traitement primaire de l'eau, par flottation, est un point central de cette usine car il permet d'abattre la pollution de l'eau par un système consommant peu de réactif et fournissant des boues directement injectables dans le digesteur sans atelier d'épaississement préalable.

Mots-clés:

Mise en Route - Mise en Service - Exploitation - Usine d'épuration - Organisation de chantier - Suivi de Performances - Flottation - Cagnes-sur-Mer.