



HAL
open science

Comment la station d'épuration peut-elle répondre de manière fiable et performante aux besoins d'expansion du site SMURFIT KAPPA de Vernon en tenant compte de l'aspect environnemental ?

Pierre-Jean Petit

► To cite this version:

Pierre-Jean Petit. Comment la station d'épuration peut-elle répondre de manière fiable et performante aux besoins d'expansion du site SMURFIT KAPPA de Vernon en tenant compte de l'aspect environnemental ?. Ingénierie de l'environnement. 2021. dumas-03577526

HAL Id: dumas-03577526

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03577526>

Submitted on 16 Feb 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.



CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS

PARIS

MEMOIRE

Présenté en vue d'obtenir

LE TITRE D'INGENIEUR DIPLOME PAR L'ETAT (IDPE)

Spécialité : Génie industriel

par

Pierre-Jean PETIT

Comment la station d'épuration peut-elle répondre de manière fiable et performante aux besoins d'expansion du site SMURFIT KAPPA de Vernon en tenant compte de l'aspect environnemental ?

Session 2021

Composition du Jury

Président : Monsieur Gilles ROSTAING

Enseignant Cnam

Membres : Monsieur Laurent PREVOND

Enseignant Cnam

Monsieur Sami HLIOUI

Enseignant Cnam

Monsieur Fabien SERRE

Ingénieur GE

Monsieur Guillaume HERAULT

Ingénieur GE

Résumé

La cartonnerie SMURFIT KAPPA de Vernon existe depuis 1988. Le site fait partie de la région Nord-Ouest qui comporte deux autres implantations : Roubaix et Etampes. Le site de Vernon est le plus grand en termes de production. Il a connu de véritables et profonds changements depuis ces dernières années ; dans le cadre de son expansion, il a dû s'adapter aux nouveaux marchés concurrentiels du secteur de l'emballage carton en innovant sur la qualité d'impression des décors de façon à gagner de nouveaux clients et se démarquer. Depuis 2010, la direction du Groupe a adopté une nouvelle stratégie pour le site : renouvellement du parc machines alors obsolète, investissements mettant l'accent sur l'ergonomie au poste de travail et engagement de sa RSE, en particulier sur l'élimination des polluants tels que les eaux encrées grâce à la station d'épuration. Celle-ci doit être alors performante pour assurer la poursuite du développement du site en tenant compte de l'aspect environnemental. Je suis en charge d'assurer la mutation de la station d'épuration pour répondre aux attentes du groupe SMURFIT KAPPA, en termes de capacité de traitement des effluents dans le respect des normes en vigueur. Je vous présente mon mémoire avec ce double objectif : réussir l'évolution de la station d'épuration du site de Vernon et obtenir le titre d'ingénieur diplômé par l'état dans la spécialité du génie industriel. L'objet du mémoire est de présenter un projet industriel innovant sur une extension de station d'épuration à traitement physico-chimique, le retrofit de celle-ci et l'ajout d'une station de traitement biologique le tout intégré dans le processus industriel de la fabrication de cartons.

Mots clés : épuration, expansion, marché, biologique, retrofit, processus, environnemental, obsolète.

Abstract

The SMURFIT KAPPA cardboard factory in Vernon has existed since 1988. The site is part of the North-West region, which has two other sites : Roubaix and Etampes. The Vernon site is the largest in terms of production. It has undergone real and profound changes in recent years; as part of its expansion, it has had to adapt to the new competitive markets in the cardboard packaging sector by innovating on the quality of printing of decors in order to win new customers and stand out. Since 2010, the group's management has adopted a new strategy for the site: renewal of the obsolete machinery, investments emphasizing ergonomics at the workstation and commitment to its corporate social responsibility, in particular the elimination of pollutants such as inked water thanks to the purification station. The plant must be efficient to ensure the continued development of the site while taking into account the environmental aspect. I am in charge of ensuring the transformation of the wastewater treatment plant to meet the expectations of the SMURFIT KAPPA group, in terms of effluent treatment capacity in compliance with the standards in force. I am presenting my thesis with this double objective: to succeed in the evolution of the wastewater treatment plant of the Vernon site and to obtain the title of engineer graduated by the state in the specialty of industrial engineering. The purpose of the thesis is to present an innovative industrial project on an extension of a physico-chemical treatment plant, the retrofit of the latter and the addition of a biological treatment plant, all integrated into the industrial process of cardboard manufacturing.

Key words : purification, expansion, market, biological, retrofit, process, environmental, obsolete.

« Si vos rêves ne vous font pas peur, c'est qu'ils ne sont pas assez grands. »

Citation d'Ellen Johnson Sirleaf

Table des matières

I. Introduction	5
1.1 Présentation du groupe SMURFIT KAPPA au niveau mondial	5
1.2 Présentation du groupe SMURFIT KAPPA au niveau national	6
1.3 Présentation du groupe SMURFIT KAPPA à Vernon (27).....	6
1.4 Contexte local de l'entreprise	7
1.4 Problématique étudiée.....	8
1.5 Enjeux et risques : économiques, techniques, environnementaux, organisationnels, qualité et développement personnel	8
II. État de l'art.....	9
2.1 Processus industriel et traitement des effluents.....	9
2.1.1 Nature des effluents industriels aqueux	9
2.1.2 Paramètres spécifiques de pollution.....	9
2.1.3 Capacités des polluants à être dégradés.....	10
2.1.4 Processus élémentaires du traitement de l'eau.....	10
2.2 Réglementation.....	15
2.3 Méthodes et moyens d'analyse	15
2.4 Mesures, contrôle et régulation.....	16
2.4.1 Les paramètres de base.....	16
2.4.2 Les paramètres spécifiques au traitement de l'eau	16
III. Description de la station d'épuration de Vernon / étude empirique.....	17
3.1 Cartographie de la station	17
3.2 Analyse des flux entrants en quantité et qualité.....	22
3.3 Collecte des données.....	25
3.4 Etat de la structure et du flowsheet	31
3.5 Identification des améliorations et développements à apporter	33
IV. Recherche de solutions.....	35
4.1 QQQCP	35
4.2 Brainstorming	37
4.3 Diagramme d'Ichikawa	40
4.4 Causes apparentes	40
4.5 5 Pourquoi ?.....	40
4.6 Causes racines.....	42
V. Résultats et discussion	42
5.1 Analyse des données	42
5.1.2 Les Méthodes	52
5.1.3 Les Matières	52
5.2 Recommandations	53
5.3 Propositions de solutions	53
5.3.1 Présentation des solutions	54

5.3.2 Première conclusion à chaud des 3 propositions et l'approche du problème par les entreprises concernées	58
5.3.3. Une 2 ^{ème} approche des 3 entreprises réalisée sur site avec une définition des objectifs suivants	60
5.3.4 Eléments pour la prise de décision.....	63
5.4 Sélection du Fournisseur / Décision	66
VI. Gestion du projet	68
6.1 Identification des tâches.....	68
6.2 Budget CapEx	69
6.3 Organisation des tâches et des ressources	70
6.4 Risques et contraintes	70
6.5 Planification et suivi du projet	71
VII. Retour d'expérience	71
VIII. Conclusion	72
Bibliographie	73
Glossaire.....	74
Annexes.....	75

I. Introduction

Responsable maintenance et travaux neufs du site SMURFIT KAPPA de Vernon-St Marcel depuis plus de 20 ans, j'ai souhaité entreprendre la démarche présente en vue d'obtenir le diplôme d'ingénieur délivré par l'Etat. Tout au long de mon parcours professionnel, j'ai mené des projets d'envergure dans différents domaines de la production et de la maintenance répondant aux objectifs de l'entreprise, me permettant de capitaliser de nombreuses compétences et connaissances relevant du génie industriel. Aujourd'hui, le projet présenté dans ce mémoire, me paraît être l'illustration même d'une partie de mon travail, faisant appel à mes acquis et nécessitant de nouvelles connaissances comme dans le cadre de chaque projet. L'importance de ce projet au niveau du groupe en fait une expérimentation stratégique.

1.1 Présentation du groupe SMURFIT KAPPA au niveau mondial



Créé en 1934, le groupe SMURFIT KAPPA est d'origine irlandaise ; il est présent dans 34 pays à travers le monde, il est l'un des leaders mondiaux dans le domaine de la fabrication d'emballages à base de papier et emploie près de 45000 collaborateurs.



Figure 1 – Groupe SMURFIT KAPPA, une entreprise intégrée



Figure 2 – Groupe SMURFIT KAPPA, une palette d'activités variée

1.2 Présentation du groupe SMURFIT KAPPA au niveau national

- ▶ Leader du carton ondulé
- ▶ 25% part de marché
- ▶ 4 000 personnes
- ▶ 8 régions commerciales
- ▶ CA : 820 millions €
- ▶ 44 sites industriels
- ▶ 145 designers



Figure 3 – Groupe SMURFIT KAPPA en France

1.3 Présentation du groupe SMURFIT KAPPA à Vernon (27)

L'histoire de la cartonnerie commence en 1929.

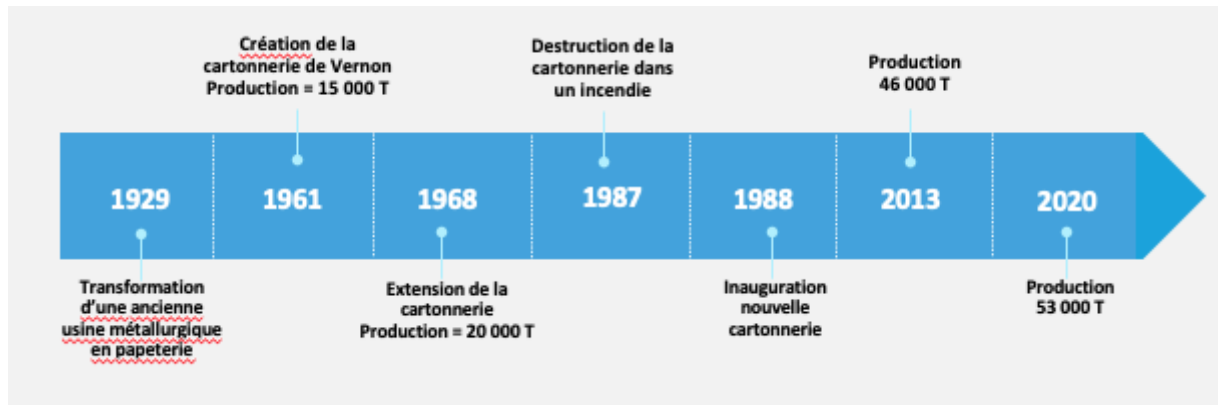


Figure 4 – Historique de l'entreprise SMURFIT KAPPA site de Vernon-St Marcel (27)

Elle se poursuit aujourd'hui avec le regroupement de 2 entités sur le site de Vernon-Saint Marcel que sont :

- la cartonnerie de Vernon-Saint Marcel (220 collaborateurs)
- l'unité de pré impression Colorys (50 collaborateurs)

Les principaux marchés du site de Vernon-St Marcel se développent dans les secteurs de l'agro-alimentaire, de l'hygiène, de la pharmaceutique et des cosmétiques avec des clients de renommée internationale.

Le savoir-faire du site est reconnu, en particulier pour les produits ci-dessous :



Figure 5 – Savoir-faire SMURFIT KAPPA site Vernon-St Marcel (27)

Tout comme les engagements en terme de qualité, d'hygiène de Sécurité Environnementale et sociétale



Figure 6 – Engagements SMURFIT KAPPA site Vernon-St Marcel (27)

1.4 Contexte local de l'entreprise

Le site de la cartonnerie se situe dans un environnement fortement industrialisé, 23 rue de l'industrie à Saint Marcel 27950, jouxtant la ville de Vernon, dans l'Eure à 80 km de Paris. Le site couvre une surface 13 hectares dont 7 hectares de bâti, ce qui en fait l'un des plus grands sites de production de la ville. Il emploie 270 personnes.



Figure 7 – Vue aérienne du site SMURFIT KAPPA Vernon-St Marcel (27)

1.4 Problématique étudiée

La problématique étudiée concerne la station d'épuration des rejets industriels (eaux encrées) de la cartonnerie de Saint Marcel. L'ensemble du process des eaux de lavage des encres se déverse dans le collecteur principal des eaux usées de la ville. La pollution résultante du rejet de ses eaux dans le réseau communal n'est pas suffisamment traitée pour être conforme à notre arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter.

1.5 Enjeux et risques : économiques, techniques, environnementaux, organisationnels, qualité et développement personnel

En tant que responsable maintenance et travaux neufs du site de la cartonnerie de Saint Marcel et sous la direction de mon directeur général, par délégation, j'ai la responsabilité d'entretenir et de gérer la station d'épuration. La situation actuelle ne peut perdurer. Les enjeux économiques et environnementaux sont réels et représentent un risque pour l'avenir du site et son développement. L'état actuel de la station de traitement des eaux polluées nécessite un investissement conséquent qui permettra de répondre aux enjeux et au profit de la qualité.

II. État de l'art

La fabrication et la transformation du carton utilisent des produits naturels et chimiques, appelés effluents industriels qui sont traités/dépollués en fin de cycle par une station d'épuration. Celle-ci fait partie intégrante du processus industriel, elle répond à une réglementation spécifique aux rejets industriels. Les analyses et contrôles afférents confirment les respects législatifs et environnementaux du processus de fabrication. Un dysfonctionnement de la station d'épuration peut avoir un impact sur la production, le coût et l'environnement.

2.1 Processus industriel et traitement des effluents

Dans un premier temps, nous allons définir le processus industriel ainsi que le traitement des effluents.

2.1.1 Nature des effluents industriels aqueux

Nous allons plus particulièrement nous intéresser aux effluents industriels liés au secteur de la fabrication et la transformation du carton spécifiques à l'entreprise.

La fabrication et la transformation du carton nécessitent différentes matières premières telles que le papier recyclé ainsi que différentes composantes essentielles à la transformation comme la colle qui est à base d'amidon de blé, l'encre à base d'eau permettant les impressions mais aussi du vernis à base d'eau ainsi que des produits de traitement comme de l'anti-mousse. Pour l'entretien des machines, le lavage et le rinçage des outils de production, les équipes utilisent des produits détergents.

2.1.2 Paramètres spécifiques de pollution

La fabrication et la transformation du carton engendrent de la pollution que la station d'épuration s'efforce de traiter afin d'en limiter les impacts sur l'environnement.

La notion de pollution peut être définie comme l'introduction dans un milieu naturel de substances provoquant sa dégradation. Ces dites substances sont présentes selon différentes tailles qui sont classifiées de la manière suivante (Source [Thèse de doctorat en Automatique Productique sur Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers - Cindy Bassompierre, 2007]) :

- soluble $<0,08\mu\text{m}$
- colloïdale $0,08-1\mu\text{m}$
- supra colloïdale $1-100\mu\text{m}$
- particulaire $>100\mu\text{m}$

Il faut donc retenir le classement suivant par ordre décroissant de grandeur :

- les Matières En Suspension, MES
- les colloïdes, MES plus petites
- les matières dissoutes, (solubles)

2.1.3 Capacités des polluants à être dégradés

On parle de capacité de dégradation des polluants lorsque les matières biodégradables sont dégradées par les micro-organismes.

Ces matières sont soit :

- biodégradables rapidement par des bactéries car composées de substances solubles
- biodégradables lentement car composées de substrats particuliers formés d'un mélange de substances organiques solides, colloïdales et solubles

Les matières non biodégradables ne subissent aucun phénomène biologique de transformation.

La structure chimique de ces polluants est constituée soit de matières organiques ou inorganiques (Source [Thèse de doctorat en Automatique Productive sur Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers - Cindy Bassompierre, 2007]).

Ces polluants, une fois dans le milieu naturel sont néfastes pour l'environnement. Les matières organiques provoquent une surconsommation d'oxygène au détriment des organismes aquatiques. Les matières inorganiques quant à elles provoquent la prolifération des algues et de végétaux aquatiques, on parle d'eutrophisation.

2.1.4 Processus élémentaires du traitement de l'eau

Traitement physico chimique

Le rôle de ce processus est de faciliter l'élimination des MES et des colloïdes (de même origine que les MES mais plus petites) de façon à séparer les solides des liquides.

Rôle de la coagulation floculation (chimie)

La coagulation sous forme de réactif chimique permet au coagulant de déstabiliser les MES dans l'effluent et de les transformer en micro floccs.

La floculation sous forme de réactif chimique permet au floculant d'agglomérer les micro floccs en floccs volumineux.

Cette combinaison de coagulation floculation va précipiter les MES et colloïdes sous forme de floccs suffisamment gros et qui vont constituer une boue décantable.

Il est à noter l'importance de précipiter les métaux contenus dans les effluents qui résultent de l'utilisation d'encre pour l'impression des décors sur la couverture du carton. Certains pigments peuvent contenir des métaux lourds tels que le cuivre et le zinc. On parlera donc de produits séquestrant dont l'action consistera à précipiter les métaux en les amalgamant avec les floccs.

La partie physique du traitement physico-chimique consiste à piéger les solides ainsi constitués par les floccs au travers d'un procédé de filtration déshydratation tel que :

- filtre sur support
- filtre sur lit granulaire
- filtre avec gâteau

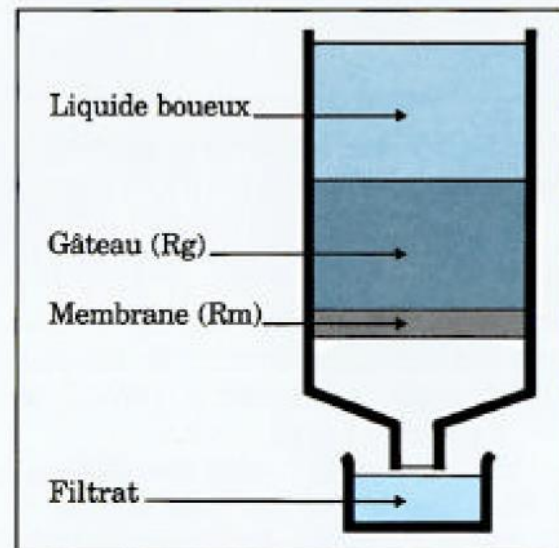


Figure 8 - Filtre avec gâteau

Dans ce processus de traitement il est important de prendre en compte le pH et le temps de coagulation floculation.

Pendant cette phase de traitement que l'on peut considérer comme primaire, une grande quantité de pollution va être éliminée (Source [Thèse de doctorat en Automatique Productique sur Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers - Cindy Bassompierre, 2007]) :

- les matières en suspension MES à hauteur de 90%
- la demande biochimique en oxygène (DBO) à hauteur de 35%
- la demande chimique en oxygène (DCO) peut aussi être abattue

Traitement biologique

Nous nous intéresserons uniquement au traitement biologique par voie aérobie puisque l'effluent est produit par des eaux aérées.

Le traitement biologique consiste à mettre en contact l'effluent (matières organiques) avec une population bactérienne. C'est au contact de la biomasse que la matière organique va être consommée au profit des bactéries.

Ce traitement revient à reproduire ce qui se passerait dans le milieu naturel. Un microcosme simplifié, reproduit mais contrôlé et maîtrisé.

2 grandes familles existent : les procédés à culture fixe et les procédés à culture libre. Dans chaque famille plusieurs techniques existent. Elles répondront en fonction des besoins aux contraintes rencontrées par l'industriel.

En fonction de l'emplacement de l'ouvrage, du poids sur le génie civil, du volume à traiter, une technique sera favorisée par rapport à une autre.

Traitement biologique à culture libre ou boues activées

(Source : [Degrémont, 2021])

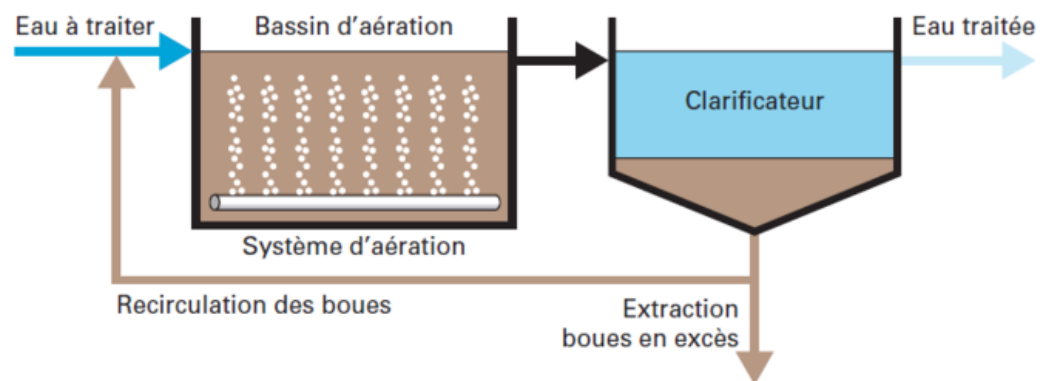


Figure 9 - Traitement biologique

L'ouvrage est constitué :

- d'un bassin d'aération dans lequel l'eau est épurée par la biomasse
- d'un système de fourniture d'oxygène pour les bactéries
- d'un système de brassage pour la mise en contact des bactéries et de l'effluent à traiter et l'oxygène généré par le système
- d'un clarificateur qui va permettre la séparation de l'eau épurée et des bactéries
- d'un système d'extraction des boues en excès
- d'un système de recirculation des boues du clarificateur vers le bassin

d'aération

Il existe une variante au système à culture libre, le réacteur biologique séquentiel (RBS) plus communément appelé SBR (Sequencing Batch Reactor).

Le procédé regroupe en un seul et même bassin les différentes phases d'aération clarification et décantation.

Un cycle classique comprend cinq séquences en trois phases.

- alimentation en effluent et réaction par brassage aération du réacteur
- décantation
- vidange par siphonage de l'effluent traité et extraction des boues

Cycle ci-dessous

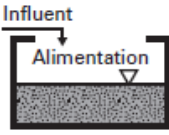
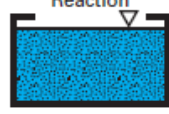
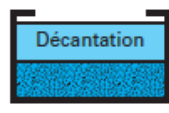
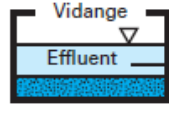

Séquence	Volume occupé (en % du volume)	Durée de la séquence (en % durée du cycle)	Étape du cycle	But de la séquence	Air
1	60 à 100	33		Apport de substrat (dénitrification)	Avec ou sans (optionnel)
2	100	33		Élimination carbone (et nitrification)	Avec
3	100	16		Clarification	Sans
4	100 à 65	14		Évacuation eau traitée	Sans
5	65 à 60	4		Boues en excès	Sans

Figure 10 - Cycle classique d'un SBR

Traitement biologique à culture fixe

Le traitement biologique à culture fixe consiste à fixer les bactéries sur un support.

Dans la nature la plupart des micro-organismes sont capables de coloniser tout type de support. Une fois le support colonisé, il y a développement d'un biofilm.

Coupe d'un biofilm. (Source : [Degrémont, 2021])

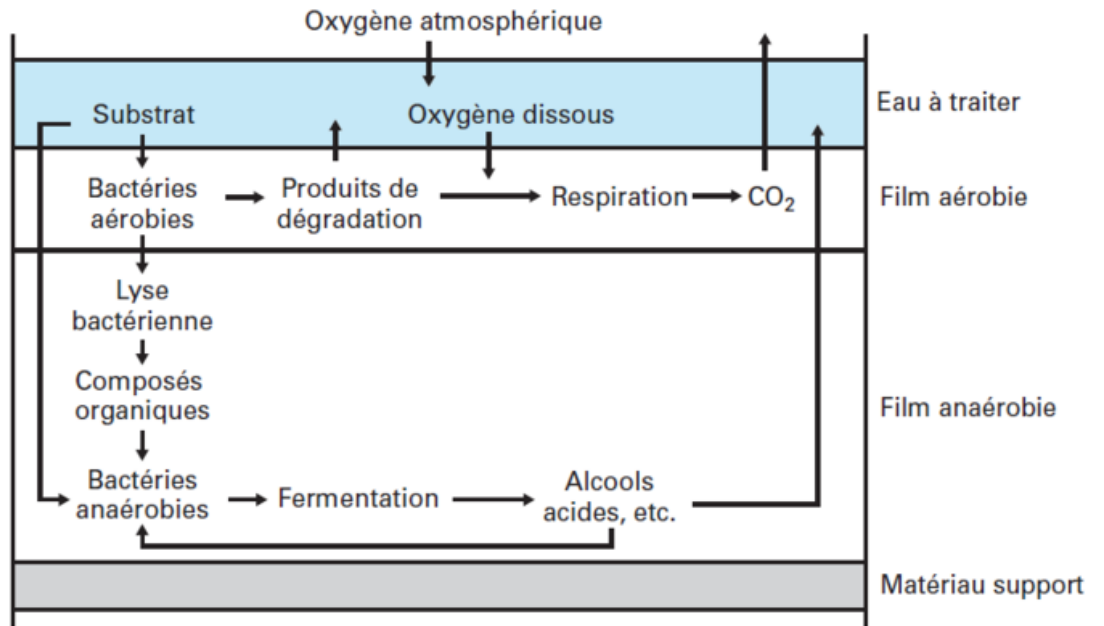


Figure 11 - Coupe d'un bio film

C'est cette couche de biofilm qui va se nourrir de l'effluent à traiter.

Plusieurs procédés utilisent ce principe de biofilm :

- les lits bactériens ou lits à ruissellement. L'eau à traiter ruisselle sur le biofilm
- les filtres biologiques ou biofiltres

Les biofiltres permettent d'augmenter la surface de contact avec l'effluent à traiter.

Mode de fonctionnement d'un biofiltre

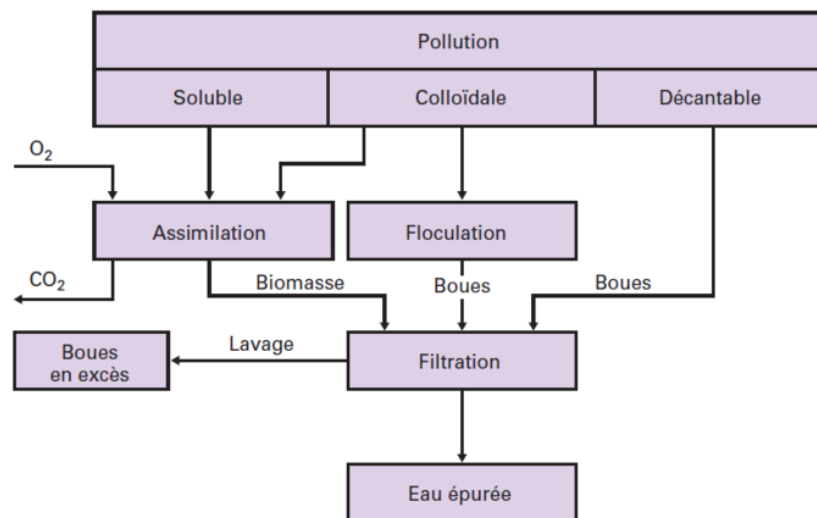


Figure 12 - Mode de fonctionnement d'un biofiltre

2.2 Réglementation

La réglementation en vigueur (Arrêté Préfectoral d'Autorisation d'Exploiter) impose aux industriels de respecter les valeurs de rejet soit en milieu naturel soit en milieu urbain (station communale).

Ces valeurs de rejet sont fixées par un arrêté d'autorisation de déversement qui engage les différentes parties prenantes que sont :

- l'entreprise utilisatrice du réseau communal
- le service d'assainissement local responsable de l'ouvrage
- la société d'exploitation des réseaux

Cet arrêté regroupe :

- les types d'eaux de rejet, usées, pluviales
- les points de rejets de l'entreprise
- le plan des installations de la voirie et réseaux divers (VRD)
- les prescriptions en termes de flux et concentrations de matières polluantes
- la surveillance des rejets par contrôles externes et autocontrôles internes
- les dispositifs de comptage
- la conduite à tenir en cas de pollution accidentelle

2.3 Méthodes et moyens d'analyse

L'analyse est indispensable pour mesurer et évaluer la performance d'un ouvrage en matière de normes de rejet, elle permet ainsi de rendre compte de l'efficacité de la station d'épuration en termes de traitements des effluents. De plus, elle permet de s'assurer du respect de la législation en vigueur mais aussi de mesurer son impact sur la faune et la flore.

En fonction de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter, plusieurs analyses spécifiques sont demandées avec des méthodes associées :

- le pH
- la température
- la demande chimique en oxygène (DCO)
- la demande biochimique en oxygène (DBO)
- les matières en suspension (MES)
- les métaux lourds
- l'azote (N)
- le phosphore (P)

Pour ce faire, l'analyse doit être réalisée en amont et en aval de l'ouvrage concerné afin de mesurer le rendement de l'installation.

Un autocontrôle doit être effectué mensuellement et fait appel à un laboratoire d'analyses sous-traitant du site.

Ce prélèvement doit être représentatif et s'effectuer proportionnellement au débit sur 24h glissantes dans un environnement réfrigéré (4°C).

Des mesures ponctuelles peuvent être faites en interne pour suivre et détecter une dérive dans le traitement.

2.4 Mesures, contrôle et régulation

Dans tout système complexe, le contrôle de certains paramètres est indispensable au bon fonctionnement de ce dernier afin d'en assurer sa pérennité et son efficacité.

Dans le cas d'une station d'épuration il est important de contrôler 2 types de paramètres :

2.4.1 Les paramètres de base

Les niveaux, les débits, les températures, les pressions sont des paramètres de base. Dans le traitement de l'eau, cela nécessite d'introduire différents produits sous forme liquide ou solide avec des dosages précis. Les niveaux de ces produits doivent être maîtrisés de façon à ne pas stopper un traitement en cours de dosage. Il en est de même des niveaux, des cuves et des bassins de retentions. La pression est importante pour déterminer des niveaux, des seuils de colmatage de filtres et des pompes. Le contrôle de la température est aussi important.

2.4.2 Les paramètres spécifiques au traitement de l'eau

Le contrôle du pH, du débit et de la température sont primordiaux pour la bonne réaction des produits de traitements mais aussi en aval de rejet de la station de traitement des eaux.

La turbidité permet de déterminer la réduction de transparence d'un liquide en présence de matières en suspension non dissoutes.

Tous ces mesures sont faites à l'aide de capteurs connectés à un automate et une supervision.

Cette supervision permet un dialogue simplifié entre l'opérateur et la machine.

III. Description de la station d'épuration de Vernon / étude empirique

3.1 Cartographie de la station

La STEP¹ a été construite en 1997 et fonctionne selon le procédé physico-chimique avec filtre presse.

Principe de fonctionnement actuel des différentes phases

Stockage des effluents bruts

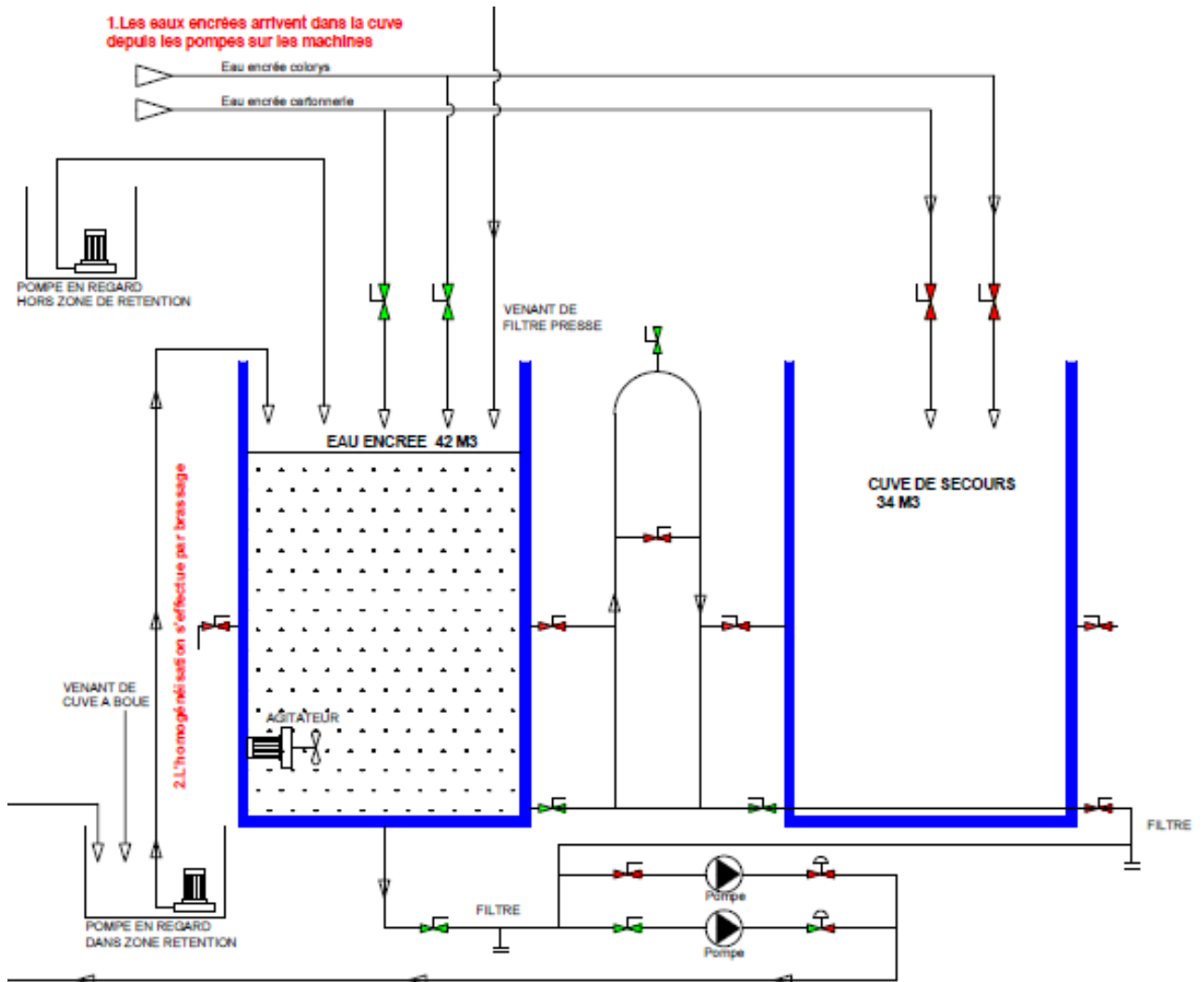


Figure 13 - Cuves de stockage des effluents Cartonnerie et Colorys

Les effluents arrivant de la cartonnerie et de Colorys sont stockés dans une cuve principale C1 de 42 m³, il est possible en cas de dysfonctionnement de stocker les effluents dans une cuve de secours C2 de 34 m³. Un agitateur dans la cuve principale permet d'avoir en permanence un mélange homogène pour le traitement futur.

¹ Station de traitement des eaux

L'ensemble de l'ouvrage se trouve à l'intérieur d'une rétention qui est équipée d'une pompe de relevage. En cas de fuite dans cette même rétention, la pompe relève les eaux dans la cuve C1.

Une pompe identique se trouve à l'extérieur de la rétention et assure la même fonction en relevant les eaux de ruissellement suite à un lavage ou à une fuite dans la cuve C1.

Neutralisation pH des effluents et injection de coagulant

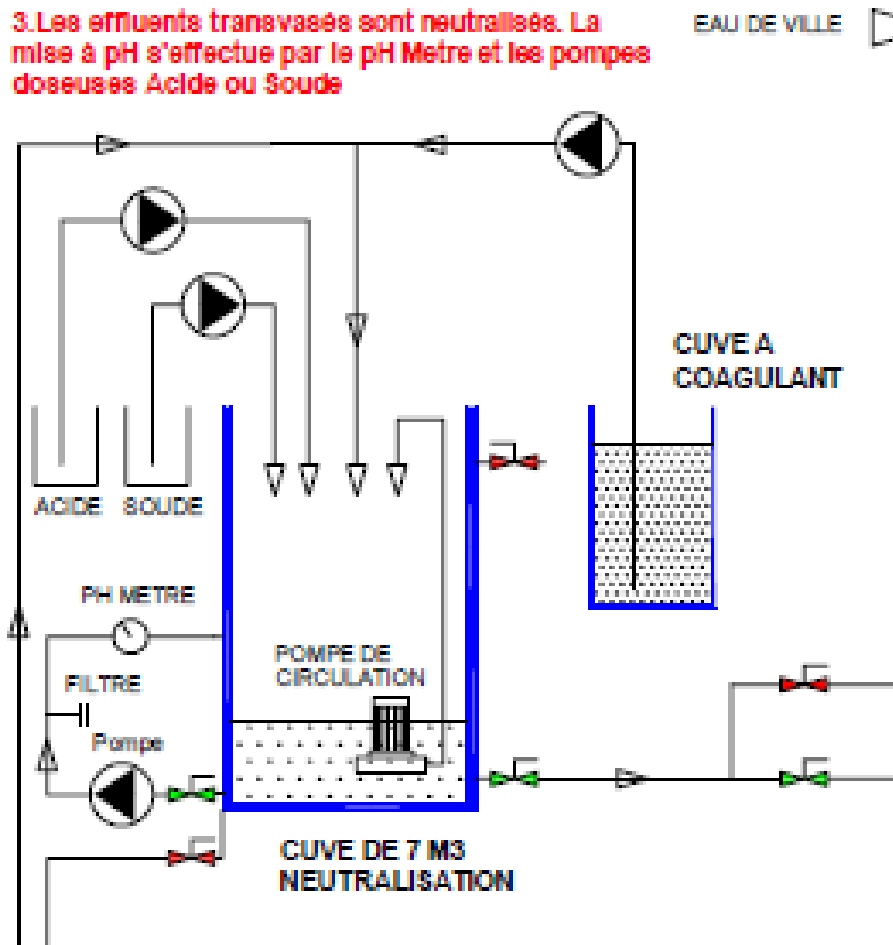


Figure 14 - Cuve de neutralisation pH et injection de Coagulant

1- L'effluent venant de la cuve C1 remplit la cuve de neutralisation par appel au niveau bas de celle-ci. Pendant le remplissage, une injection de coagulant est faite par une pompe doseuse.

2- Une fois la cuve remplie, un cycle de neutralisation de pH se déclenche :

En fonction de la lecture du pH-mètre en boucle, de l'acide ou de la soude est injectée dans la cuve. La régulation situe la valeur de pH entre 7,5 et 8,5. Ces butées sont réglables via un écran sur l'armoire électrique principale.

La lecture du pH se fait en continu. L'effluent tourne en canard dans le pH mètre dont la sonde est protégée par un filtre.

3- Lorsque le niveau baisse dans la cuve de neutralisation, un appel sur perte de niveau haut permet à la pompe de la C1 de redémarrer et d'alimenter en effluent la cuve de neutralisation jusqu'à niveau haut de celle-ci.

Réacteur de floculation

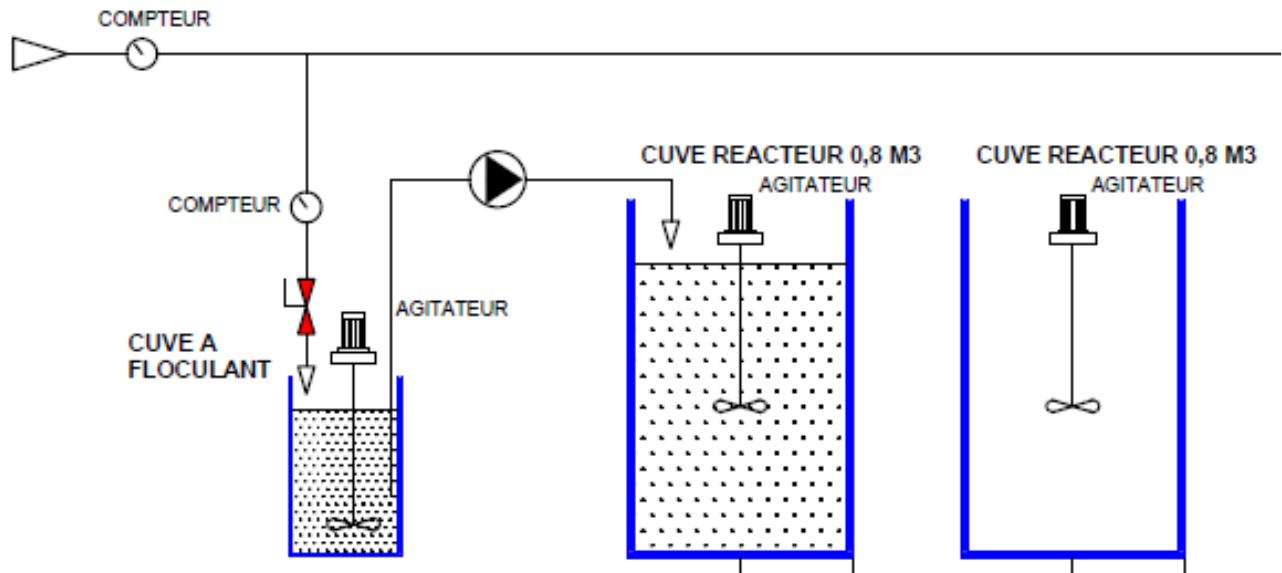


Figure 15 - Cuve réacteur

Sur appel niveau bas, le réacteur se remplit jusqu'au niveau haut. Une fois le réacteur rempli, une pompe doseuse envoie du flocculant dans le réacteur pendant un temps donné.

La préparation du flocculant se fait manuellement par un technicien.

L'agitateur commandé par une temporisation agite le mélange (effluent, coagulant, flocculant) à petite vitesse pour permettre un temps de contact suffisant. Avant la fin de l'agitation, une pompe doseuse délivre du séquestrant². Un temps de pose supplémentaire est activé avant de vidanger le réacteur dans la cuve à boues. A ce stade, le processus chimique de coagulation/floculation transforme l'effluent en boues par création de floccs.

Un second réacteur existe mais n'est pas utilisé pour l'instant.

² Produit réactif permettant de piéger les métaux contenus dans l'effluent.

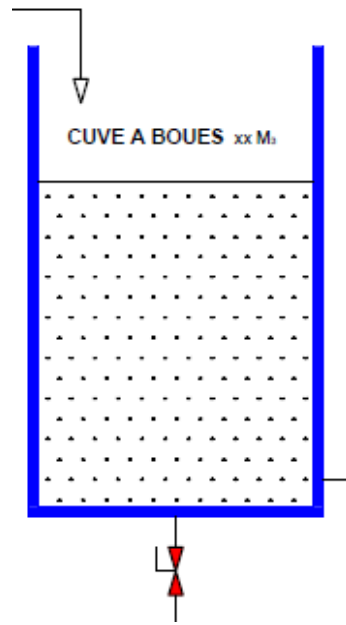
Cuve à boues

Figure 16 - Cuve à boues

La cuve à boues reçoit les boues/flocs du réacteur. Sur niveau très haut, le cycle du réacteur s'arrête. Sur niveau haut, le cycle du réacteur pourra reprendre. En cas de problème sur la cuve à boues, il est possible de la vidanger.

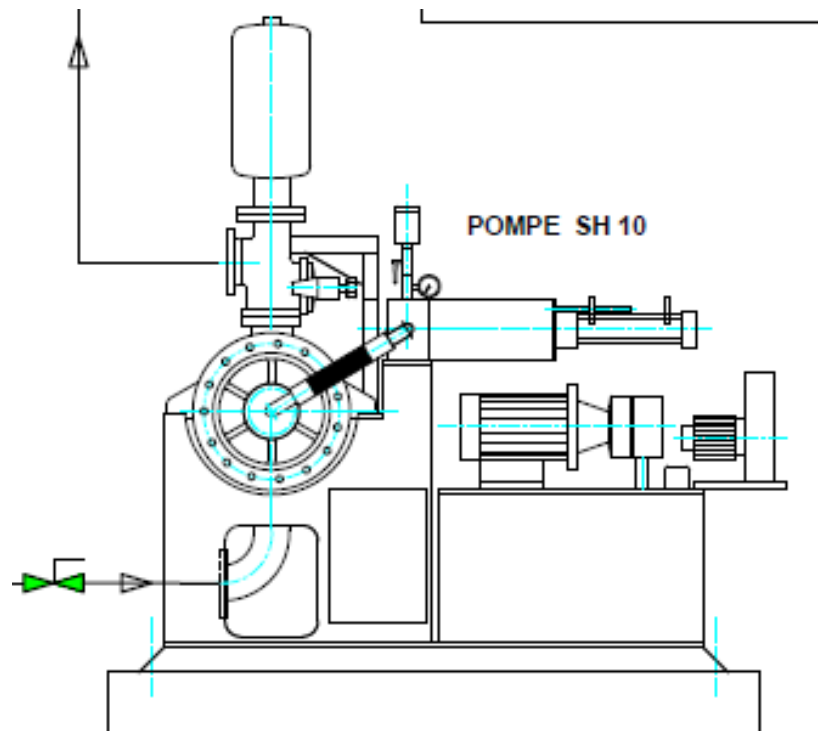
Pompe à boues

Figure 17 - Pompe à boues SH10

La pompe à boues a pour fonction de vider la cuve à boues et de remplir sous pression le filtre presse. Deux seuils de pression existent pour la poussée des boues dans le filtre.

Filtre presse

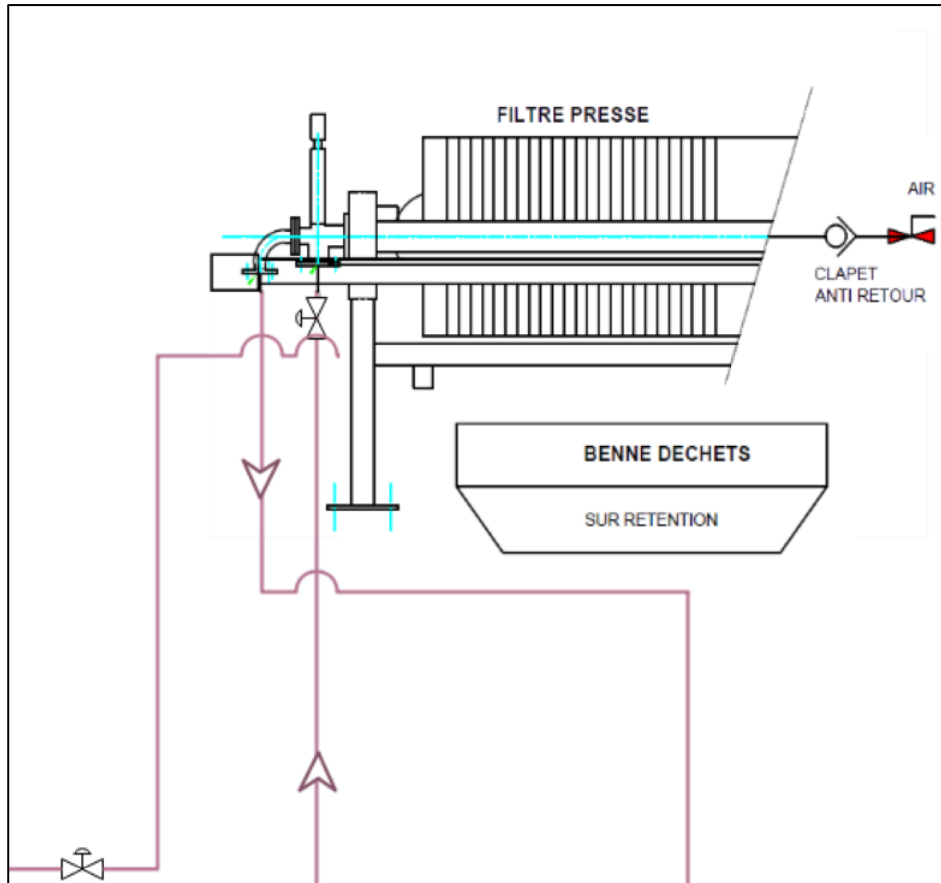


Figure 18 - Filtre presse

Le filtre presse filtre les boues de la cuve à boues. La pompe gave le filtre sous pression au travers de 72 filtres comprimés par un vérin hydraulique qui ferme le tout en le maintenant sous pression. Les filtres vont ainsi piéger les floccs et les retenir dans les filtres sous forme de gâteaux. Ceux-ci seront évacués ensuite lors d'une opération de débatissage. Un technicien ouvre le filtre presse et décolle les gâteaux ainsi formés dans les 72 filtres. Les gâteaux tombent alors dans une benne prévue à cet effet sous le filtre presse.

Canal de comptage

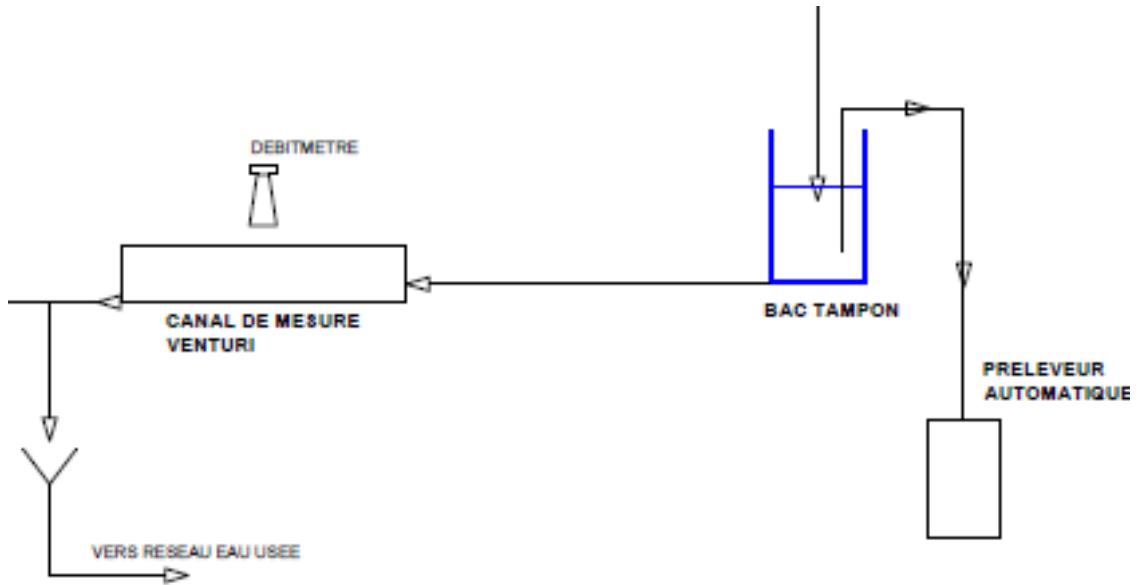


Figure 19 - Canal de comptage

L'effluent ainsi traité et filtré part via un bac tampon de tranquillisation au travers d'un canal venturi (débitmètre) dans l'égout des eaux usées vers la station intercommunale d'assainissement de la ville de Saint-Marcel en vue d'un ultime traitement avant de rejoindre le milieu naturel qu'est la Seine.

3.2 Analyse des flux entrants en quantité et qualité

La STEP reçoit et doit traiter les eaux de processus de l'atelier de transformation de la cartonnerie et de Colorys. Ces 2 unités utilisent le même processus d'impression flexographique des décors. La différence est que Colorys imprime sur les bobines de papier (pré impression) et la cartonnerie sur les caisses de produits finis (post impression). Colorys est le plus gros consommateur d'encre par rapport à la cartonnerie, voir dans le graphique suivant.

Les fournisseurs de matières premières sont les mêmes pour les 2 unités (fournisseurs groupe SMURFIT KAPPA).

Graphique des consommations d'encre et vernis sur les 2 sites de 2017 à aujourd'hui.

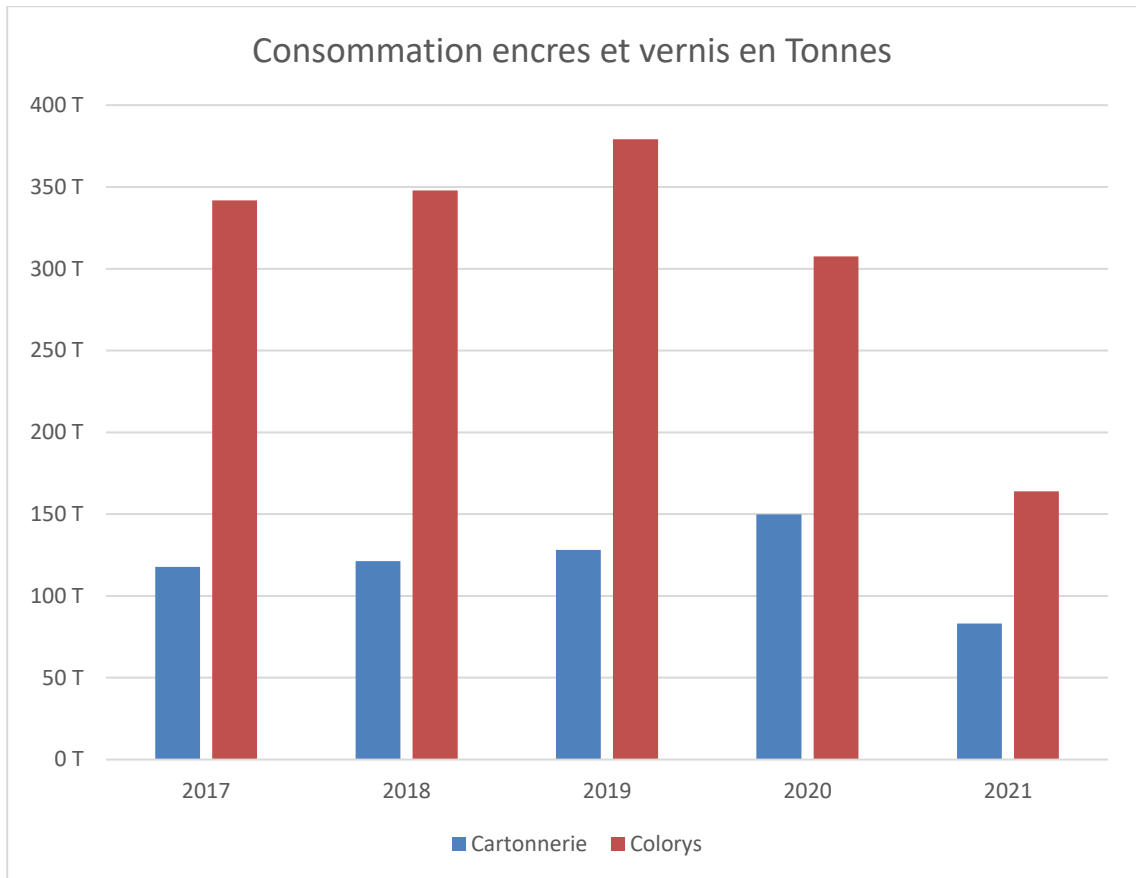


Figure 20 - Consommations des encres et vernis

Quantité des flux entrants

Dans le cadre du projet, j'ai donc pris les consommations d'eau des 2 sites pour évaluer la charge entrante vers la STEP depuis 2017 à courant 2021.

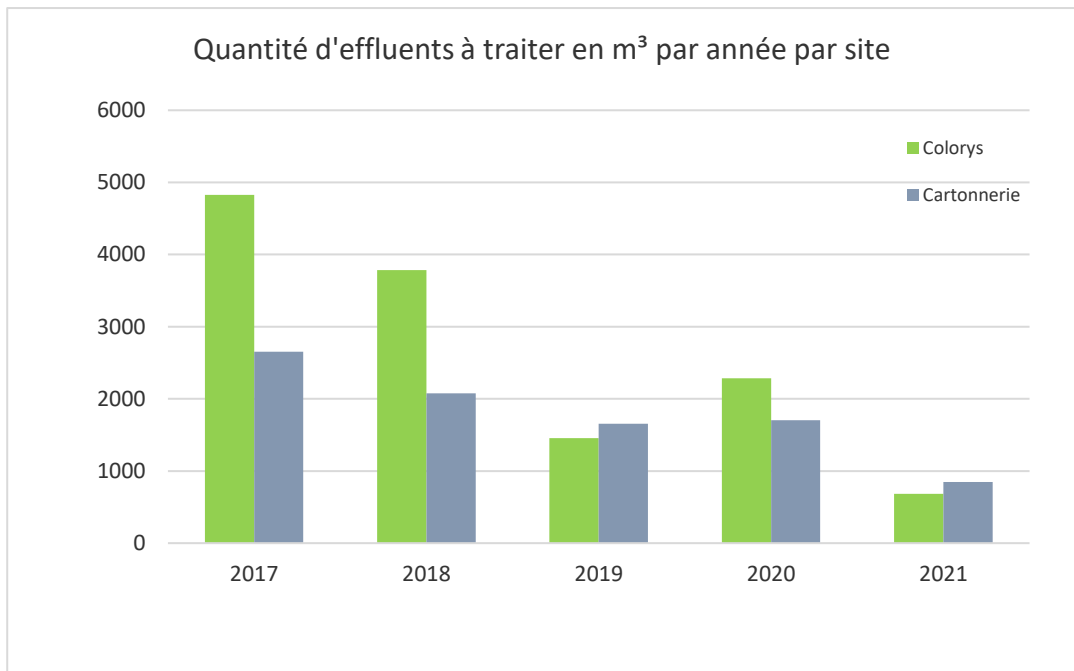


Figure 21 - Quantité d'effluents par site en m³

Qualité des flux entrants

Dans la mesure où les effluents cartonnerie et Colorys arrivent dans la même cuve C1, il est difficile de séparer la qualité des flux entrants dans la STEP par rapport aux 2 sites.

J'ai repris les valeurs moyennes de DCO analysées sur les effluents avant traitement physico-chimique depuis 2017 à courant 2021. Ci-dessous le graphique des mesures de DCO en amont de la STEP depuis 2017.

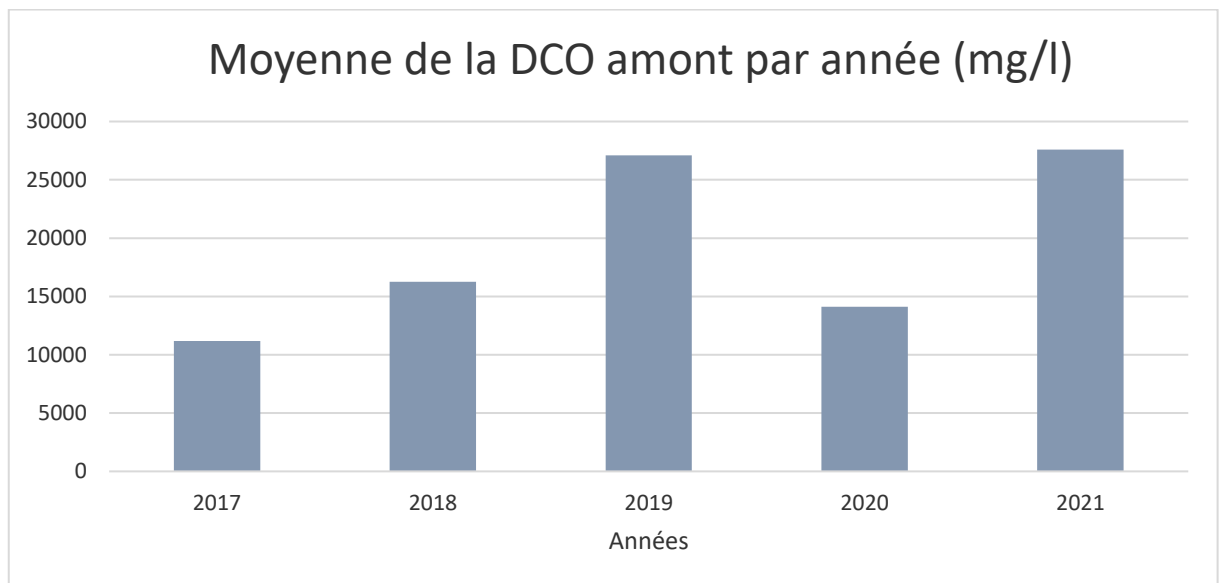


Figure 22 - Moyenne de la DCO amont

J'ai effectué la même opération des moyennes de DCO sur les effluents en aval de la STEP après le traitement physico- chimique.

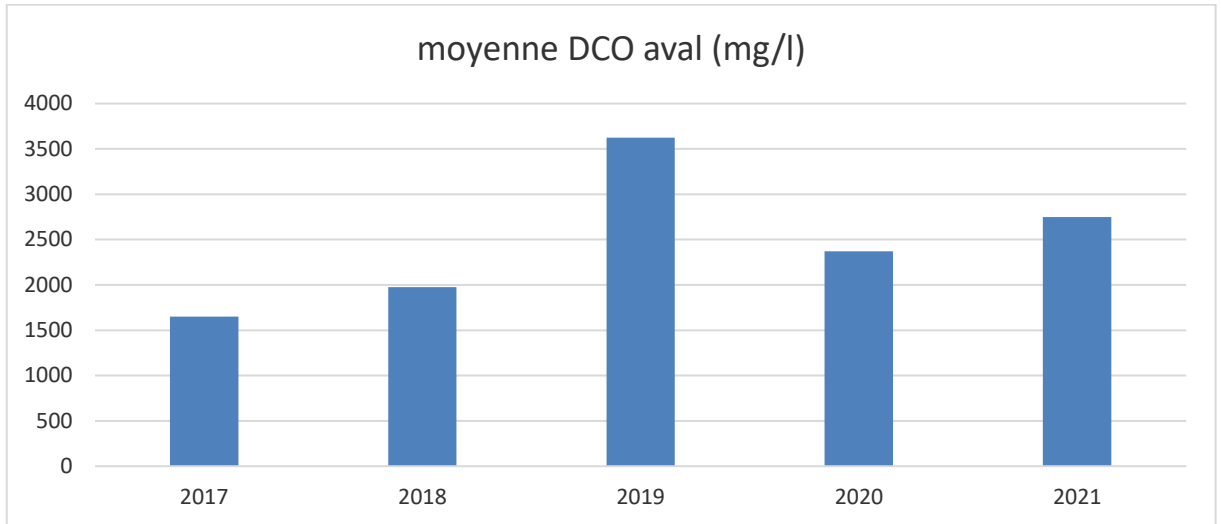


Figure 23 - Moyenne de la DCO aval

Pour évaluer/commenter ces 2 graphiques, je me suis posé la question suivante : qu'en est-il des autres cartonneries du Groupe en terme de résultats d'abattement, de type de STEP et de consommation d'encre. J'ai donc contacté les 19 autres cartonneries situées en France pour m'apporter des éléments de comparaison. Le retour de cette synergie ne m'a pas apporté de réponses satisfaisantes pour les raisons suivantes : les types de STEP sont différents, les consommations d'encre loin des nôtres et ils n'ont pas de site de pré-impression.

3.3 Collecte des données

Pour m'aider à comprendre le fonctionnement de la station en termes d'efficacité et de rendement, je ne disposais pas forcément des outils nécessaires. Il a fallu que j'adapte des éléments existants et que j'en ajoute de nouveaux. J'avais à disposition les capteurs logiques et analogiques propres au fonctionnement de la STEP ainsi que les résultats d'analyses des autocontrôles faits mensuellement depuis plusieurs années sur les effluents amont et aval de la STEP.

Les éléments dont j'avais besoin :

- les débits entrants et sortants
- la valeur de pH des effluents amont
- la Demande Chimique en Oxygène (DCO)
- la Demande Biologique en Oxygène (DBO)
- les Matières En Suspension (MES)

Certains des équipements installés sur la STEP étaient défectueux et /ou non raccordés pour assurer un suivi pertinent de l'installation comme le débit de rejet en sortie de station.

A titre d'exemple, le débitmètre à ultrasons en sortie de station qui permet de mesurer les m³ rejetés à la SIA³ n'était relié à aucun enregistreur. Il existe bien un enregistreur papier mais qui ne fonctionne plus. Cette information étant très importante pour comprendre l'état de la station comme le taux de remplissage du filtre ou tout simplement connaître le débit moyen 24h de la STEP, j'ai donc créé un prototype d'enregistreur numérique connecté pour m'aider dans mes recherches et qui servirait aussi d'outil d'aide au diagnostic pour mes collaborateurs en charge de l'exploitation h24 de la STEP. Ce prototype a pour but d'être intégré dans le processus industriel de la cartonnerie. Pour cela, j'ai utilisé un raspberry PI 4b, un automate Siemens 1200 avec port ethernet RJ45 avec entrées analogiques et un moniteur 42 pouces installé dans les bureaux de la maintenance.

Puis, j'ai eu recours aux logiciels suivants : TIA PORTAL de Siemens pour l'automate 1200, Rasbian desktop pour le système d'exploitation sous Linux du raspberry, une base de données temporelle InfluxDB, un éditeur de graphiques et tableaux de bord Grafana, un serveur MQTT Mosquitto et un logiciel de programmation NODE RED basé sur la programmation graphique des objets connectés.

Configuration des adresses IP

Dans un premier temps, il a fallu configurer le réseau pour connecter l'automate au raspberry via leur port Ethernet. Compte tenu de la taille du bâtiment, j'ai eu l'idée d'utiliser le réseau interne de l'usine pour éviter de tirer des centaines de mètres de câble informatique. Avec le logiciel TIA Portal, j'ai pu donner une adresse IP fixe à l'automate. Ensuite, il est nécessaire d'adresser le raspberry pour qu'il soit visible sur le réseau de l'usine. Pour cela, j'ai renseigné la ligne de commande arp -a sous l'invite de commande de mon PC pour mapper l'ensemble des adresses IP utilisées ainsi que leur adresse MAC correspondante de façon à trouver des adresses IP disponibles pour connecter le raspberry.

³ Station Intercommunale d'Assainissement

```

C:\Users\pjpetit>arp -a

Interface : 10.176.163.170 --- 0xb
Adresse Internet      Adresse physique      Type
10.176.162.1         00-00-5e-00-01-05     dynamique
10.176.162.2         18-80-90-b5-e1-94     dynamique
10.176.162.6         00-15-5d-a2-87-01     statique
10.176.162.18        00-15-5d-a2-87-00     dynamique
10.176.162.19        d0-94-66-53-04-26     dynamique
10.176.162.100       d4-6e-0e-d6-b4-63     dynamique
10.176.162.102       64-00-6a-2e-90-a6     dynamique
10.176.162.103       d8-9e-f3-78-02-a6     dynamique
10.176.162.109       10-65-30-54-ba-68     dynamique
10.176.162.114       5c-f9-dd-71-62-f1     dynamique
10.176.162.122       18-66-da-04-44-41     dynamique
10.176.162.128       10-65-30-54-bc-9a     dynamique
10.176.162.129       b0-83-fe-8f-44-54     dynamique
10.176.162.133       a4-bb-6d-4d-f6-23     dynamique
10.176.162.144       b0-83-fe-bb-79-a8     dynamique
10.176.162.147       10-65-30-bc-ac-7b     dynamique
10.176.162.156       e4-b9-7a-f8-19-5e     dynamique
10.176.162.170       d8-9e-f3-78-02-bd     dynamique
10.176.162.182       14-b3-1f-20-2c-83     dynamique
10.176.162.183       a4-bb-6d-76-77-2b     dynamique
10.176.162.188       e4-b9-7a-7c-3e-71     dynamique
10.176.162.189       b0-83-fe-8e-c7-6d     dynamique
10.176.162.199       64-00-6a-2e-91-0c     dynamique
10.176.162.200       10-65-30-37-8c-e0     dynamique
10.176.162.201       10-65-30-41-71-ae     dynamique
10.176.162.202       a4-4c-c8-9b-c9-fe     dynamique
10.176.162.203       f8-ca-b8-16-f5-a0     dynamique
10.176.162.204       18-db-f2-0e-f7-79     dynamique
10.176.162.206       8c-04-ba-36-8b-2a     dynamique
10.176.162.213       00-4e-01-bc-20-86     dynamique
10.176.162.214       d8-9e-f3-78-01-1c     dynamique
10.176.162.215       b4-96-91-37-dc-0e     dynamique
10.176.162.216       b0-83-fe-68-b0-c9     dynamique
10.176.162.217       f8-b1-56-be-1b-3f     dynamique
10.176.162.245       18-66-da-2d-d5-81     dynamique
10.176.162.0         00-15-5d-f1-0e-00     dynamique

```

Figure 24 - Mappage des adresses IP du réseau

J'ai pu donc voir que l'adresse IP 10.176.162.137 était disponible. Pour m'assurer de cette disponibilité, j'ai envoyé la commande *ping 10.176.162.137* pour confirmer la vacance de l'adresse. Il a suffi ensuite de déclarer cette adresse fixe dans le fichier de configuration *dhcpcd.conf* du raspberry. Cela me permet ensuite de pouvoir accéder via mon pc portable au raspberry en tapant l'url suivante : <http://10.176.162.137>

A partir de cette adresse, il m'est facile d'avoir accès soit à :

Node red sur le port 1880
<http://10.176.162.137:1880>

Influxdb sur le port 8086
<http://10.176.162.137:8086>

Grafana sur le port 3000
<http://10.176.162.137:3000>

Description du procédé (exemple sur le débit, valable aussi pour les autres données)

L'automate reçoit sur une entrée analogique le signal (4-20 mA) correspondant au capteur analogique de débit. Ce signal est disponible sous forme de variable (mot d'entrée IW98) dans l'automate.

Le logiciel NODE RED va lire cette valeur à intervalle régulier et va la publier sur le réseau via un topic (debit_rejet) du serveur MQTT. Ce topic va ensuite renseigner le champ [debit_rejet] de la base de données [STEP] InfluxDB. Cette base de données sera ensuite exploitable sur Grafana sous forme de graphiques et de tableaux.

Vue d'un écran de programmation graphique sous NODE RED

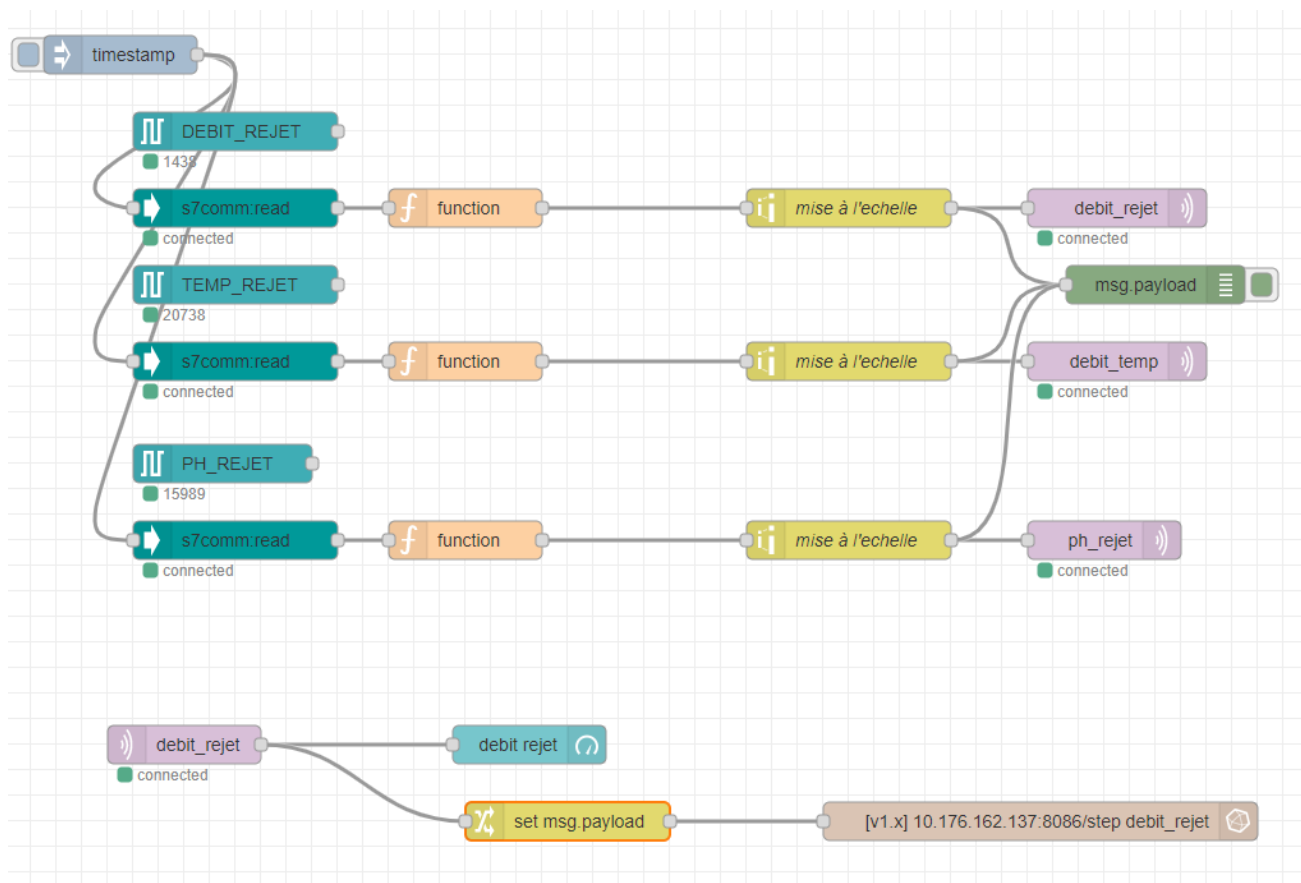


Figure 25 - Ecran de programmation sous NODE RED

Le moniteur étant installé dans le bureau du technicien, cela lui permet d'avoir en permanence les informations de débit température et valeur de pH. Les graphes correspondants défilent sous forme de playlist en mode présentation toutes les minutes.

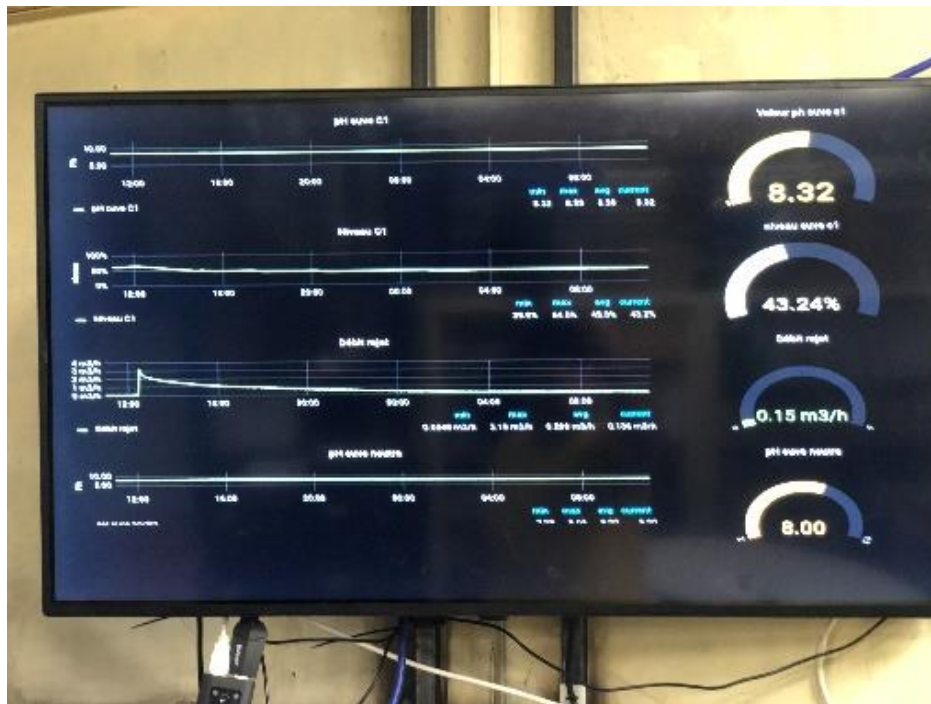


Figure 26 - Moniteur avec vue générale de la STEP



Figure 27- Moniteur avec vue du rejet

J'ai aussi installé une caméra de surveillance (camera IP) qui permet en temps réel de contrôler la turbidité du filtrat en sortie du filtre presse afin de pouvoir agir en cas de coulée noire ce qui peut arriver à la suite d'un débatissage qu'une toile soit pincée ou mal installée. J'utilise le même réseau interne via un boîtier dédié avec une adresse IP fixe en reprenant la même procédure que pour le raspberry.



Figure 28 - Filtrat sortie filtre presse

J'ai créé des accès personnalisés (identifiant et mot de passe), ce qui permet à chaque utilisateur d'afficher sur son pc via une URL en raccourci sur un navigateur WEB les différentes informations de Grafana et de la caméra.

Il est aussi possible pour chacun de sauvegarder toutes données disponibles sur Grafana sous format CSV et XLS.

Synoptique du procédé

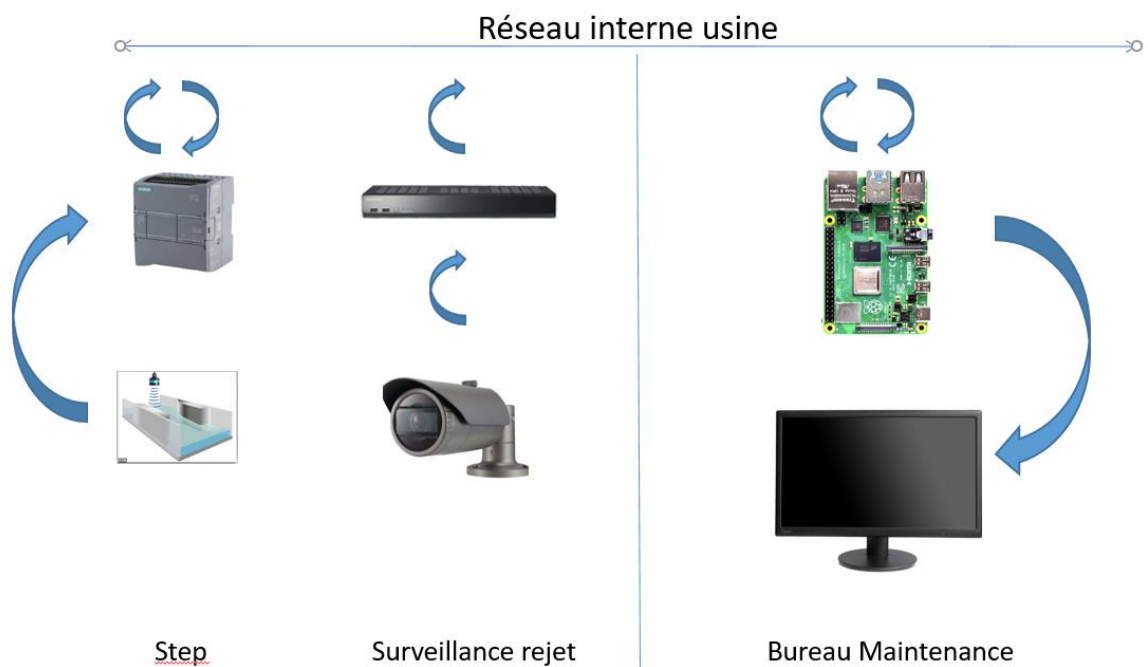


Figure 29 - Architecture du réseau créé

3.4 Etat de la structure et du flowsheet

Flowsheet de la STEP

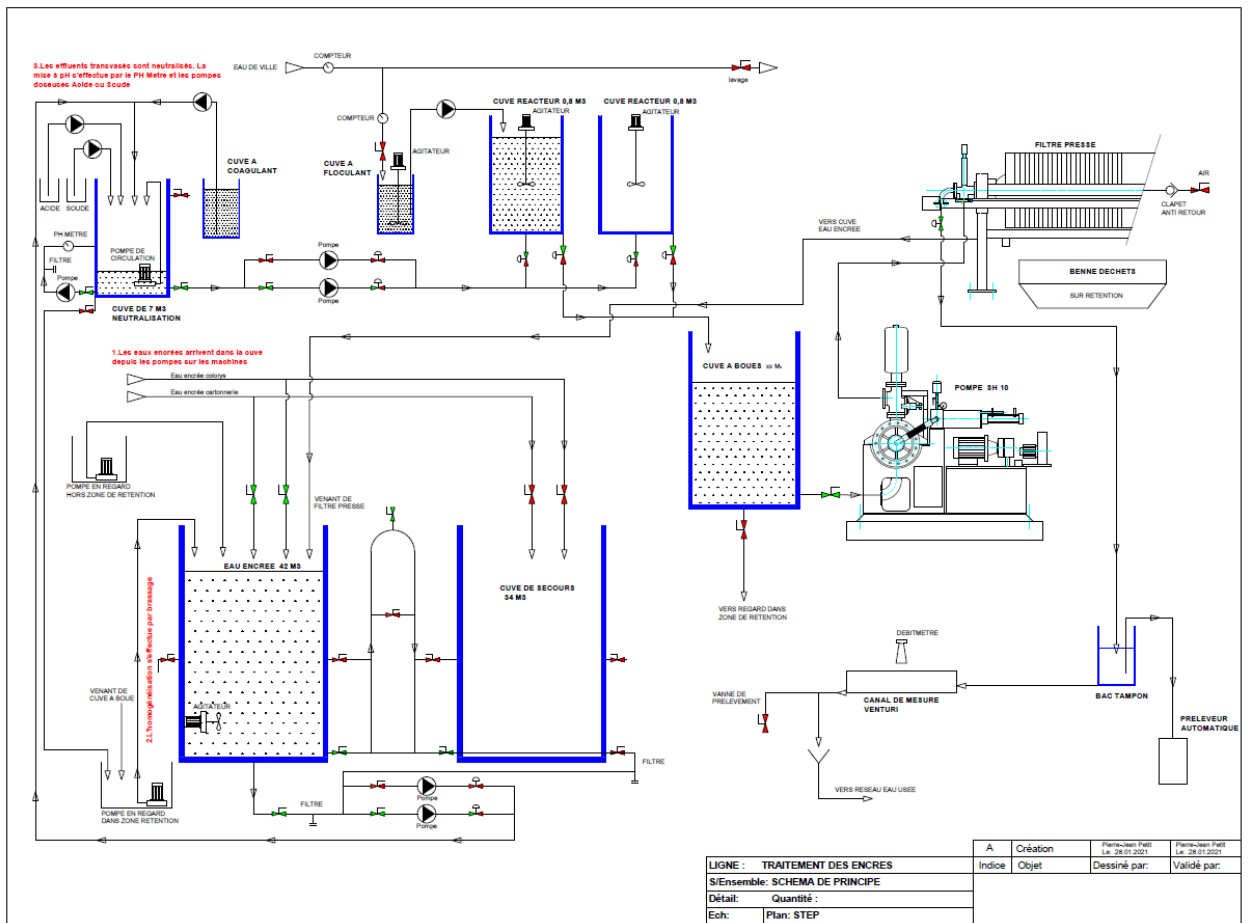


Figure 30 - Flowsheet de la STEP physico chimique

La STEP se trouve dans le bâtiment principal entre le site de production de la cartonnerie et celui de Colorys.

Implantation de la STEP dans son environnement

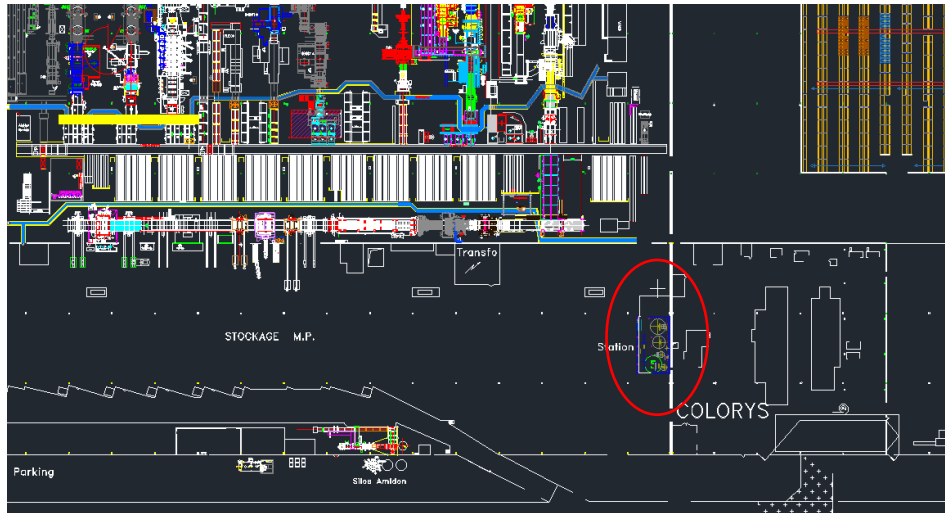


Figure 31 - Implantation de la STEP



Figure 32 - Vue aérienne de la STEP

L'ensemble de l'installation se trouve sur rétention et occupe au sol 152 m² sur 2 niveaux. En élévation, la STEP est équipée d'une mezzanine accessible par un escalier. Les cuves de stockage C1 et C2, la cuve de neutralisation et la benne à déchets pour les boues d'encre et la cuve à boues ainsi que la pompe se trouvent au sol. Le filtre presse, le réacteur, l'armoire principale de commande, l'accès au-dessus des cuves se situent sur la mezzanine. La structure est faite en charpente métallique couverte d'un bardage simple peau. L'ensemble des réseaux fluides eau, air, effluents amont/aval sont en PVC pression. Les énergies qui alimentent la STEP sont : l'électricité 380v triphasé, l'air sous 7.5 bars et l'eau sous 3.5 bars.

L'automatisme est assuré par un automate Télémécanique équipé d'une unité centrale, de cartes d'entrées/sorties logiques et analogiques et d'un module d'extension équipé lui-même de cartes d'entrées/sorties logiques et analogiques. La boutonnerie permet les modes de marche et d'arrêt, un écran de dialogue homme-machine permet de modifier quelques cycles de marche comme des modifications de temporisations.

3.5 Identification des améliorations et développements à apporter

La STEP conçue et installée en 1997 est de conception ancienne. La partie processus qui va concerner les contenants, les éléments propres au traitement comme le filtre presse les pompes et leurs éléments constitutifs n'ont pas souffert des années car régulièrement changés et entretenus. Par contre, pour la partie contrôle commande, l'ensemble est vétuste et peu automatisé. Les seuls paramètres modifiables sur le IHM⁴ sont les temporisations du temps du séquestrant et l'injection du coagulant, l'heure et la date, les RAZ⁵ du nombre de bâchées liés au filtre presse.

D'autres modifications nécessiteraient l'utilisation d'une console de programmation que nous ne possédons pas.

A ce jour par exemple, le remplacement d'un capteur de pression du niveau de réacteur ne peut se faire sans l'aide de cette console pour étalonner le capteur de niveau par rapport à l'entrée analogique. L'ajout même d'un nouveau capteur est aujourd'hui impossible.

Il est donc important de travailler et d'optimiser cette partie dialogue homme-machine pour améliorer les échanges entre l'opérateur et la STEP. Pour rappel, la STEP est loin de l'atelier maintenance et la priorité des techniciens est la production de plaques de carton à l'onduleuse et sur les machines de transformation. Par conséquent, il est important d'apporter de manière synthétique et pertinente les informations nécessaires pour la conduite de la station d'épuration.

Analyse fonctionnelle

Pour m'aider dans ce retrofit, j'ai repris l'ensemble des données entrées sorties TOR⁶ et analogiques de façon à réaliser une analyse fonctionnelle pour connaître et conduire la STEP de manière efficace avec un temps minimum d'intervention et un maximum

⁴ Interaction homme machine

⁵ Remise à zéro

⁶ Tout Ou Rien

d'information. Le but de ce travail que vous trouverez en annexe A m'a permis de quantifier les besoins pour un retrofit système en informatique industrielle comme le remplacement de l'armoire de gestion automate, le retrait de l'inutile, de l'impertinent, de la boutonnerie, du remplacement et de l'ajout de nouveaux actionneurs et indicateurs. J'ai d'ailleurs pu me rendre compte de la puissance de mon enregistreur numérique et de caméra de surveillance, son écran déporté pour le confort de travail de mes techniciens. De façon claire et précise, ils ont une vue sur l'essentiel de la STEP et peuvent intervenir en toute connaissance de cause en fonction des besoins de la STEP et de leur disponibilité. D'une manière prédictive, ils peuvent anticiper une panne majeure de l'installation.

J'ai aussi prévu d'une part d'installer une vanne trois voies asservie par un turbidimètre qui permettra de renvoyer le filtrat vers la cuve C1 en cas de problème. Cette analyse fonctionnelle a fait l'objet d'une offre chiffrée auprès de sous-traitants notamment en électricité/automatisme et instrumentation. Ce chiffrage viendra s'ajouter au projet/budget global.

D'autre part, le remplacement du filtre en sortie de la cuve C1 et C2 par un plus gros et plus pratique car très souvent le filtre actuel s'encrasse et la cuve de neutralisation se remplit mal et le dosage du coagulant n'est pas respecté. Le contrôle de l'encrassement du nouveau filtre se fera à l'aide d'un débitmètre placé en aval et pourra arrêter l'installation et prévenir d'un nettoyage de crépine.

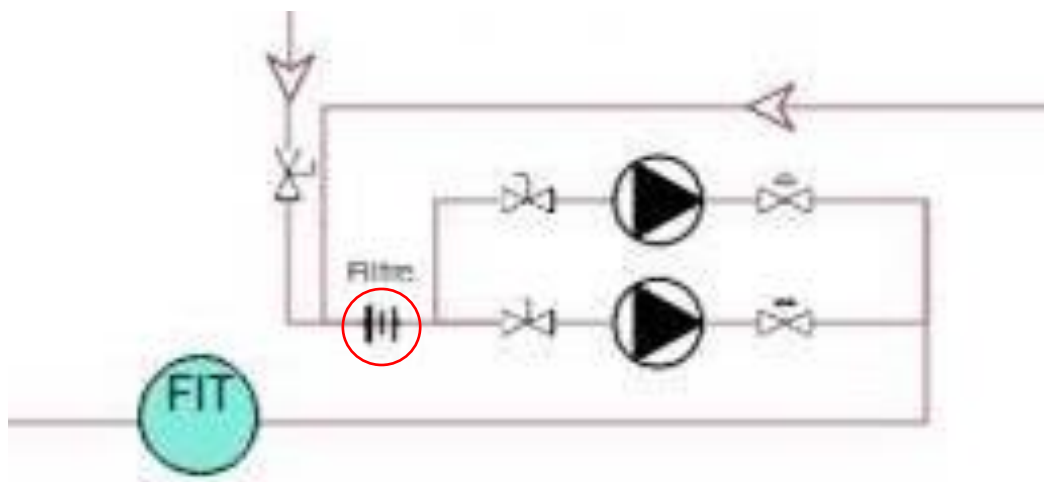


Figure 33 - Remplacement du filtre et ajout du débitmètre



Figure 34 - Nouveau filtre à tamis

DEVIS RETROFIT STEP ACTUELLE		
	COHIN	AEMI
fourniture instrumentation	20 800,00 €	
montage instrumentation	9 172,37 €	
automatisme		80 749,00 €
TOTAL		110 721,37 €

Figure 35 - Tableau des devis du retrofit

IV. Recherche de solutions

4.1 QQQQCP

J'ai utilisé la méthode QQQQCP pour aborder le problème de la station d'épuration du site en tenant compte de l'aspect environnemental. Cette méthode est utilisée sur le site sous la forme nominative d'une analyse PAC⁷.

Description de la problématique

Comment la STEP peut répondre de manière fiable et performante aux besoins d'expansion du site en tenant compte de l'aspect environnemental ?

- ▶ Problème : dépassements réguliers des seuils autorisés sur les rejets en DCO et DBO5.
- ▶ DBO5 dépend de la DCO (relation entre les deux)

⁷ Poser Analyser Corriger

► Donc problème = dépassements réguliers en DCO

Le QQQQCP m'a permis de poser le problème suivant cette affirmation « régulièrement nos rejets dépassent le seuil autorisé pour la DCO⁸ ».

Les eaux de lavage de nos groupes imprimeurs sont collectées et passent par une station de traitement avant rejet vers le réseau communal.

L'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter impose une mesure par mois du taux de DCO rejeté depuis notre station de traitement vers le réseau communal. Le seuil à respecter est de 2000 mg/l.

Régulièrement, nos rejets dépassent le seuil autorisé pour la DCO.

Les situations bonnes :

2019 : 0 fois la teneur en DCO est < 2000 mg/l.

2020 : 5 fois la teneur en DCO est < 2000 mg/l avec un rejet moyen de 1524 mg/l.

Les situations mauvaises :

2019 : 12 fois le seuil est dépassé, avec des teneurs moyennes de 3530 mg/l.

2020 : 7 fois le seuil est dépassé, avec des teneurs moyennes de 2952 mg/l.

Quoi ?

Que s'est-il passé ? (faits et données)

Dépassement du seuil réglementaire DCO, 19 mois sur 24 (en 2019 et 2020) avec une teneur moyenne de 2988 mg/l, soit 67% de dépassement.

Quelles sont les difficultés rencontrées ?

L'identification des difficultés sont l'objet de cette analyse.

Qui ?

Qui est concerné par le problème ?

L'entreprise Smurfit Kappa Vernon est concernée par ce problème car non-respect des prescriptions de l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter (APAE).

Qui a décelé le problème ?

Problème décelé par le laboratoire d'analyses (Eurofins).

⁸ Demande Chimique en Oxygène

Où ?

Où le problème a-t-il été détecté ?

Le dépassement du seuil en DCO provient de notre station de traitement.

Quand ?

Quand le problème a-t-il été détecté ?

A réception des résultats d'analyses.

A quel stade de fabrication a-t-il été détecté ?

Le dépassement du seuil en DCO provient de notre station de traitement.

Combien ?

Combien de fois le problème est-il survenu ?

Depuis janvier 2019 : 19 fois

Pourquoi ?

Pourquoi y a-t-il un problème ?

Dépassement du seuil en DCO prescrit par notre APAE⁹ en date de 2011

Pourquoi doit-on résoudre le problème ?

La situation est non conforme vis-à-vis de l'APAE et de notre responsabilité sociétale des entreprises

4.2 Brainstorming

Pour m'aider dans cet exercice, j'ai constitué un groupe de travail dont chaque participant aura la même voix/ écoute et dont chaque idée aura le même poids. Aucune idée ne sera ni censurée ni rejetée. Pour cela, je me suis entouré d'un technicien maîtrisant la STEP, un technicien automaticien, une personne totalement étrangère à mon service et au domaine technique et moi-même. Aucun a priori n'a été de mise. Une fois la liste des idées établies, nous avons repris chacune des idées pour effectuer une présélection listée en les hiérarchisant par ordre de probabilité de 1 à 3 ayant un impact sur le problème de base. Seules les idées de niveau 1 ont été retenues comme causes potentielles pour la suite du projet et de sa problématique.

⁹ Arrêté Préfectoral d'Autorisation d'Exploiter

Listes des idées (1 = très probable ; 2 = probable ; 3 = peu probable) :

- pas d'organisation claire de l'entreprise par rapport à la STEP (3)
- suivi quotidien du fonctionnement de la STEP (2)
- factionnaire maintenance prend sur son temps de dépannage pour assurer fonctionnement STEP (2)
- pas de vision instantanée sur teneurs des paramètres des eaux à traiter (2)
- pas de vision instantanée sur les teneurs des paramètres des eaux de rejets (2)
- variation quotidienne du flux d'effluent à traiter (2)
- Colorys génère un tiers de la charge en DCO dans l'effluent (3)
- augmentation depuis plusieurs mois du nombre de groupes imprimeurs (2)
- augmentation des fabrications avec impression (2)
- augmentation de la quantité d'encre utilisée (2)
- réduction des consommations d'eau, notamment lors lavage (2)
- augmentation de la concentration des effluents (1)
- STEP fonctionne en physico-chimique (1)
- limites d'un traitement physico-chimique en termes d'abattement polluant DCO (1)
- fonctionnement de la STEP par batch (3)
- traitement actuel ne tient pas compte de la charge en DCO de l'effluent (1)
- la STEP ne donne aucune info (suivi par monitoring) (3)
- validation de la qualité du filtrat à « l'œil » (3)
- validation de la qualité du filtrat par expérience (3)
- toujours la même quantité de produit de traitement utilisé car dosage par temporisation (1)
- encrassement des tuyauteries / pompes de transfert / pompes de dosage (3)
- traitement physico-chimique actuel pas efficace pour DCO pas suffisant par rapport à nos prescriptions (1)
- charge entrante en DCO trop élevée par rapport au process traitement (1)
- type d'encre utilisé génère forte charge DCO (2)
- pas de vision instantanée sur l'état des éléments de la STEP (3)
- temps de séjour de l'effluent dans la cuve C1 (estimée à 5 jours) (2)
- dysfonctionnement pompe circulation cuve neutralisation (2)
- dysfonctionnement système régulation pH cuve neutralisation (1)
- pH cuve neutralisation pas à la bonne valeur (1)
- analyse fonctionnelle de la STEP réalisée et résultat incohérent (2)
- pas de détection niveau bas des cuves coagulant et floculant (1)
- pas d'étalonnage des instruments de mesure (sonde pH) (1)

- technicien maintenance pas formé à la conduite de la STEP (2)
- Colorys : augmentation de la concentration en DCO dans les effluents (1)
- le maillage du filtre presse laisse passer une partie de la DCO (1)
- une partie de la DCO reste dissoute après traitement chimique (1)
- une partie de la DCO dissoute présente dans l'effluent passe à travers le filtre presse (après traitement physique) (1)
- principe de fonctionnement : Pour que le traitement coagulant / flocculant fonctionne l'effluent doit être à un pH voisin de 7,5

Listes des idées de niveau 1 retenues :

- augmentation de la concentration de nos effluents
- STEP fonctionne en physico-chimique
- limites d'un traitement physico-chimique en terme abattement polluant DCO
- traitement actuel ne tient pas compte de la charge en DCO de l'effluent
- toujours la même quantité de produit de traitement utilisé car dosage par temporisation
- traitement physico-chimique actuel pas efficace pour DCO pas suffisant par rapport à nos prescriptions
- charge entrante en DCO trop élevée par rapport au process de traitement
- dysfonctionnement système régulation pH cuve neutralisation
- pH cuve neutralisation pas à la bonne valeur
- pas de détection niveau bas des cuves coagulant et flocculant
- pas d'étalonnage des instruments de mesure (sonde pH)
- Colorys : augmentation de la concentration en DCO dans les effluents
- le maillage du filtre presse laisse passer une partie de la DCO
- une partie de la DCO reste dissoute après traitement chimique
- une partie de la DCO dissoute présente dans l'effluent passe à travers le filtre presse (après traitement physique)

4.3 Diagramme d'Ichikawa

Le diagramme d'Ichikawa m'a permis de classer les causes potentielles par famille. Sur l'ensemble des 5 M seules 3 sont impactées : les Méthodes 3, les Moyens 8, Matières 4.

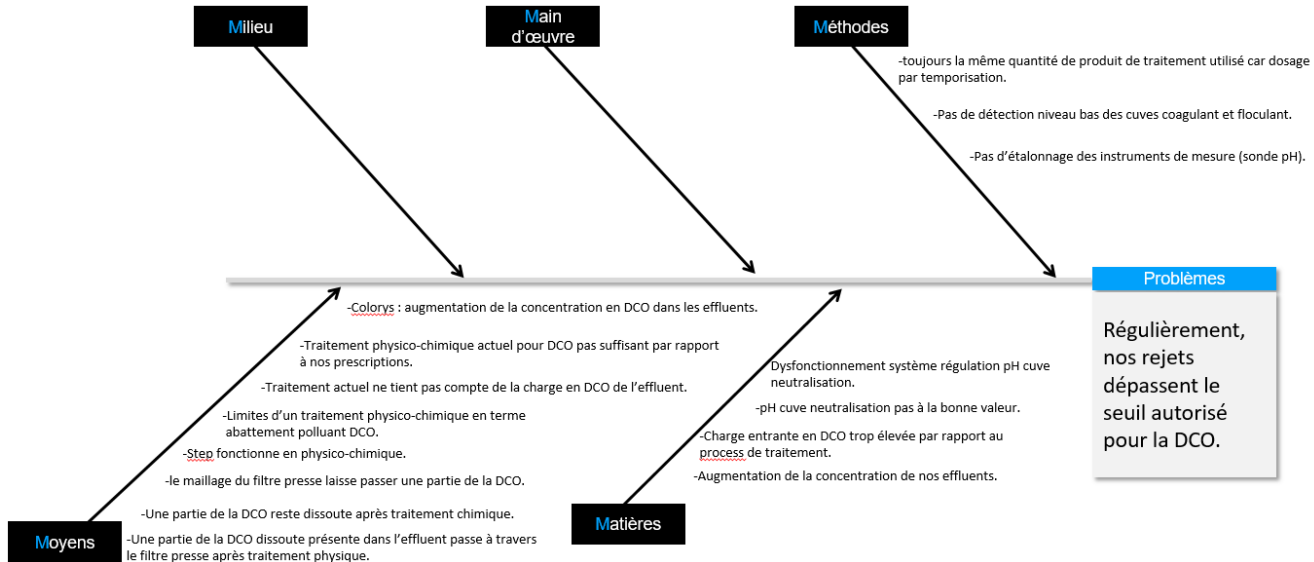


Figure 36 - Diagramme d'Ichikawa

4.4 Causes apparentes

Les causes apparentes au nombre de 15 feront l'objet d'une méthode plus poussée pour remonter à la cause racine.

4.5 5 Pourquoi ?

La méthode des 5 pourquoi va me permettre de remonter à la cause racine et est une suite logique du brainstorming. Aux 15 idées retenues, j'ai appliqué les 5 pourquoi. Toutes n'ont pas pu trouver réponses aux 5 pourquoi parce qu'il est impossible d'y répondre comme par exemple : « limites d'un traitement physico chimique en termes d'abattement polluant DCO ».

Nous verrons plus tard comment répondre à ce problème. Ce point fera l'objet d'une étude ultérieure.

CAUSE	ENONCÉ	Pourquoi 1 ?	Pourquoi 2 ?	Pourquoi 3 ?	Pourquoi 4 ?	Pourquoi 5 ?
Cause A	Dysfonctionnement système régulation pH cuve neutralisation (= sonde + programme automate)	Dysfonctionnement de la sonde pH	Dérive de l'équipement dans le temps liée à sa conception (obsolescence naturelle)	durée de vie de la sonde (indiquée par le fabricant) dépassée	Pas de surveillance de la durée de vie de la sonde	Organisation du suivi de la sonde pH non définie
Cause B	Traitement physico-chimique actuel pour DCO pas suffisant par rapport à nos prescriptions	Charge entrante trop importante (<u>carto + Colorys</u>)	charge importante venant de <u>Colorys</u> .	Concentration des effluents de <u>Colorys</u> .	Réduction des quantités d'eau utilisées pour le lavage	Changement des chambres à racles <u>Colorys</u> .
Cause C	<u>Colorys</u> : augmentation de la concentration en DCO dans les effluents	Réduction de la quantité d'eau nécessaire au lavage d'un groupe imprimeur	Modification du <u>process</u> d'application d'encre (chambre à racles) en 2018	Besoin de supprimer le phénomène de <u>batonnage</u> sur les impressions	Besoin d'augmenter la qualité d'impression	Besoin de se positionner sur marchés gamme d'impression supérieure
Cause D	Traitement actuel ne tient pas compte de la concentration en DCO de l'effluent	Pas de système de mesure de DCO amont existant sur notre <u>step</u>	Non prévu à l'origine du projet	Pas identifié comme nécessaire	Non existant sur le marché pour une concentration en DCO > 25 000 mg/L	
Cause E	Le maillage du filtre presse laisse passer une partie de la DCO	Maillage (30 µm) supérieur à la taille de la DCO dissoute (0,45 µm)	Conception des toiles utilisées pour ce filtre presse	Maillage des toiles indiqués par le fabricant du filtre presse	Nécessité d'assurer un débit minimal en sortie du filtre presse	Garantir un écoulement proportionnel au débit d'entrée
Cause F	Une partie de la DCO reste dissoute après traitement chimique	Présence possible de détergent	Produit détergent utilisé pour nettoyer nos groupes imprimeurs	Solution du détergent retenue	Efficacité démontrée	
CAUSE	ENONCÉ	Pourquoi 1 ?	Pourquoi 2 ?	Pourquoi 3 ?	Pourquoi 4 ?	Pourquoi 5 ?
Cause G	Une partie de la DCO dissoute présente dans l'effluent passe à travers le filtre presse	Diamètre de la DCO dissoute (0,45 µm) inférieur au maillage du filtre (30 µm)				
Cause H	Limites d'un traitement physico-chimique en terme abatement polluant DCO					
Cause I	<u>Step</u> fonctionne en physico-chimique	Choix technique depuis 2015 (en remplacement de l' <u>électroflocculation</u>)	Raison technico-économique	Recherche de réduction de coûts		
Cause J	pH cuve neutralisation pas à la bonne valeur	Réservoir acide / soude vide	Pas de détection niveau bas	Pas de programme niveau bas	Pas de modification de l'installation possible	Automate obsolète
Cause K	Charge entrante en DCO trop élevée par rapport au <u>process</u> traitement	Quantité de produits traitement toujours la même (vs concentration DCO entrante)	Traitement de l'effluent par batch	Pas de mesure de DCO de l'effluent amont	Pas de sonde de mesure de DCO	Non existant sur le marché pour une concentration en DCO > 25 000 mg/L
Cause L	Augmentation de la concentration de nos effluents	<u>Colorys</u> utilise moins d'eau pour le lavage de ses groupes	Remplacement des chambres à racles en 2018			
CAUSE	ENONCÉ	Pourquoi 1 ?	Pourquoi 2 ?	Pourquoi 3 ?	Pourquoi 4 ?	Pourquoi 5 ?
Cause M	Toujours la même quantité de produit de traitement utilisé	Dosage par temporisation	Pas de mesure de la concentration en DCO dans effluent à traiter	Pas d'analyseur installé	Analyseur inexistant sur le marché pour une DCO > 25000 mg/L	
Cause N	Pas de détection niveau bas des cuves coagulant et floculant	Surveillance du niveau par technicien maintenance	Besoin non identifié lors de l'installation de la station	Fonctionnement de la station par intermittence	Station sur capacitaire lors installation	Impression <u>flexographique</u> peu développée sur nos marchés lors de l'installation de la station
Cause O	Pas d'étalonnage des instruments de mesure (sonde pH)	Travail à l'heuristique opératoire	Pas de formation spécifique de nos techniciens maintenance	Pas de documentation formalisée	Culture de l'oral	
Cause P						
Cause Q						

Figure 37 – Causes apparentes

4.6 Causes racines

Les principales causes racines qui ressortent de la méthode des 5 pourquoi sont les suivantes :

- pas d'organisation définie du suivi de la sonde pH et de l'ensemble des instruments de mesure
- changement des chambres à racles de Colorys
- le besoin de se positionner sur des marchés à gamme supérieures
- impact de nos détergents sur le fonctionnement de la STEP
- le maillage des toiles du filtre presse est-il bon ?
- l'automatisme de la STEP est obsolète
- efficacité de la STEP par rapport à la DCO amont
- une partie de la DCO dissoute présente dans l'effluent passe à travers le filtre presse.

V. Résultats et discussion

5.1 Analyse des données

Pour répondre à la problématique des causes racines et de celle de la STEP en prônant les mots suivants : performance, évolution, environnement, j'ai repris les causes du diagramme d'Ichikawa pour y répondre.

5.1.1 Les Moyens

Changement des chambres à racles de Colorys

L'atelier Colorys (division Smurfit Kappa Colors) est présent et prospère sur le site depuis 1988 et fait partie intégrante de notre environnement ; la configuration et l'organisation du site fait que nous devons prendre en charge ses effluents. En 2018 et 2019, Colorys a investi dans le remplacement de ses chambres à racles qui limitaient la vitesse de leurs machines d'impression. Cela leur a permis aussi de limiter les consommations d'eau pour le lavage de ces chambres à racles nouvelle génération. Pour bien comprendre l'impact de ce changement sur l'efficacité de la STEP, j'ai recueilli depuis 2017 à 2019 les données suivantes : les eaux de lavage arrivant dans la station ainsi que les analyses de DCO amont, aval entrantes dans la STEP. J'ai ensuite regroupé les résultats sur le graphique ci-dessous.

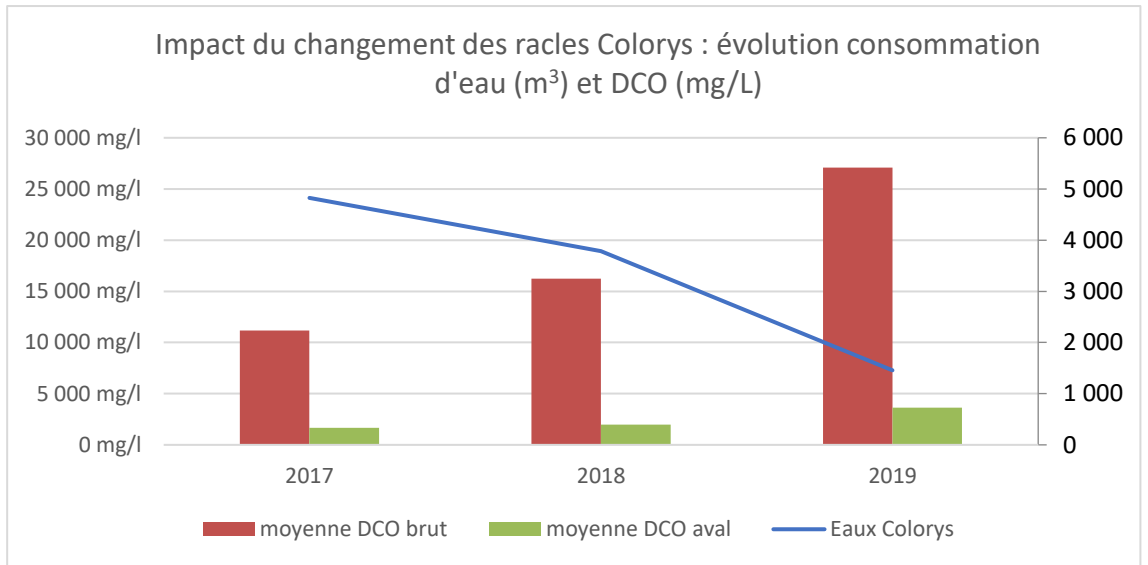


Figure 38 - Impact du changement des racles de Colorys

On voit très nettement une augmentation de la DCO amont et aval par rapport aux eaux de lavage de Colorys avec un dépassement de notre seuil en DCO > à 2000 mg/l en 2019.

Pour comprendre au mieux l'impact de Colorys sur le fonctionnement de la STEP, j'ai séparé les effluents de la cartonnerie de ceux de Colorys en mettant les effluents cartonnerie dans la cuve C1 et ceux de Colorys dans la cuve C2. Pour des contraintes de stockage dans les cuves, je n'ai pu effectuer ces analyses que sur 5 jours. Il est tout aussi difficile d'obtenir les analyses, le laboratoire Eurofins, avec lequel je travaille, a fourni les résultats que 3 semaines après les prélèvements, en voici les résultats.

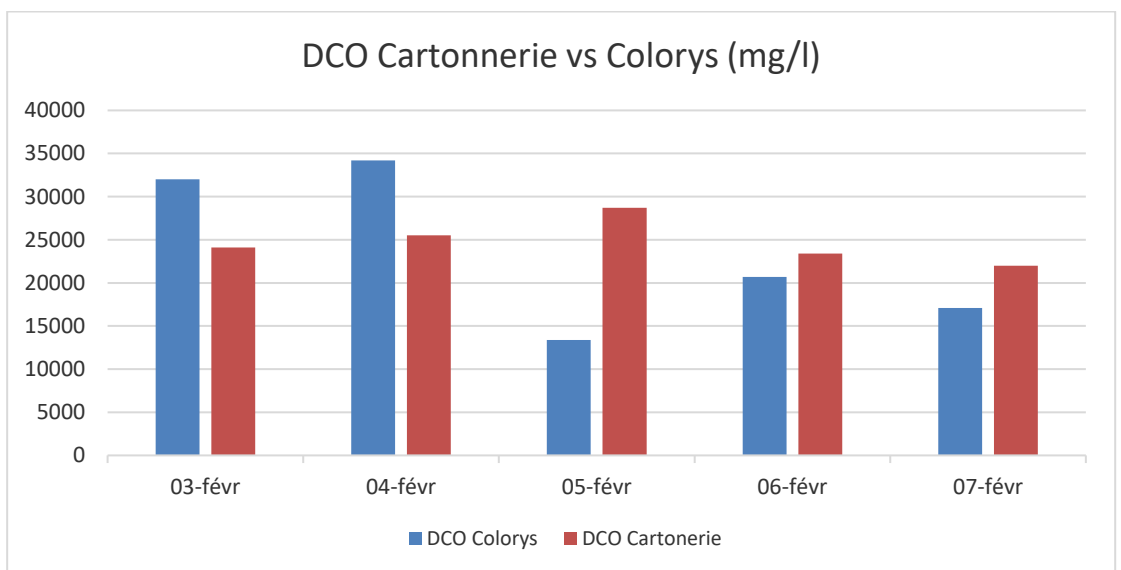


Figure 39 - Résultats DCO amont Cartonnerie et Colorys

A la lecture des résultats, ce n'est pas une piste exploitable pour la suite du projet, puisque les résultats sont aléatoires d'un jour sur l'autre. In fine, les analyses de DCO amont et aval se faisant dans la cuve C1, je vais donc intégrer les eaux de lavage de la cartonnerie sur le graphique ci-dessous.

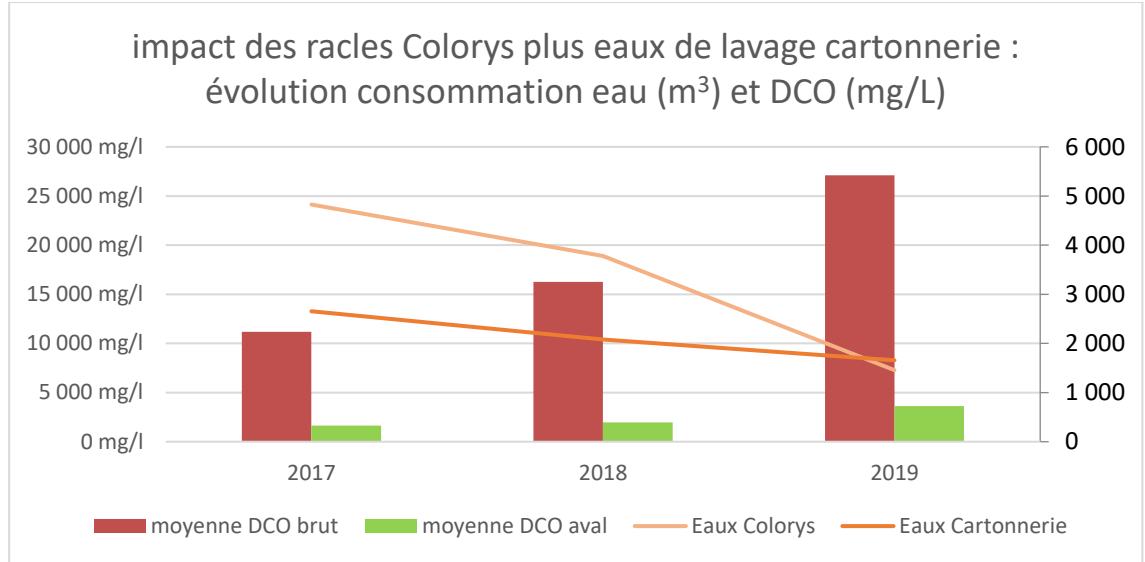


Figure 40 - Impact des chambres à racles plus eaux de lavage cartonnerie

On peut constater l'impact de la réduction des eaux de lavage de Colorys sur la quantité de DCO amont et aval des 2 sites. Il est à noter la baisse de consommation d'eau aussi sur la cartonnerie en 2019 liée à l'installation d'une unité d'impression HD en 6 couleurs avec une nouvelle génération de chambres à racles à structure en carbone plus légère et plus rigide. Sur le graphique ci-dessous, j'ai représenté la consommation des encres par site sur les 3 années de 2017 à 2019. On voit très nettement que la consommation d'encre de Colorys est presque 3 fois plus importante que celle de la cartonnerie.

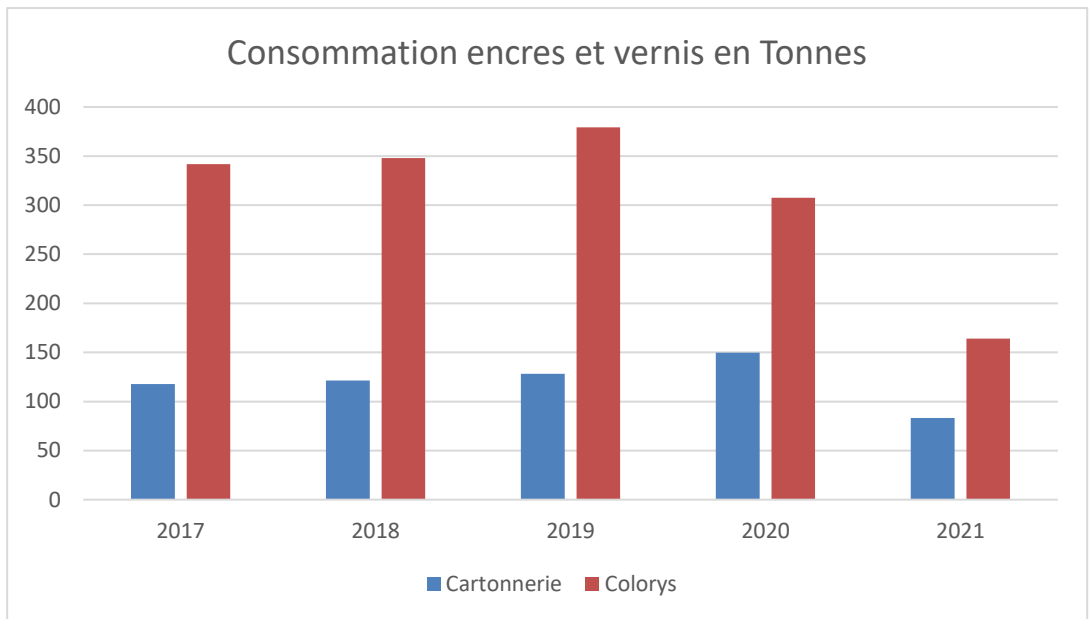


Figure 41 - Consommation des encres en Tonnes

J'ai aussi fait un focus sur la concentration des encres par rapport aux eaux de lavage des 2 sites et la DCO aval.

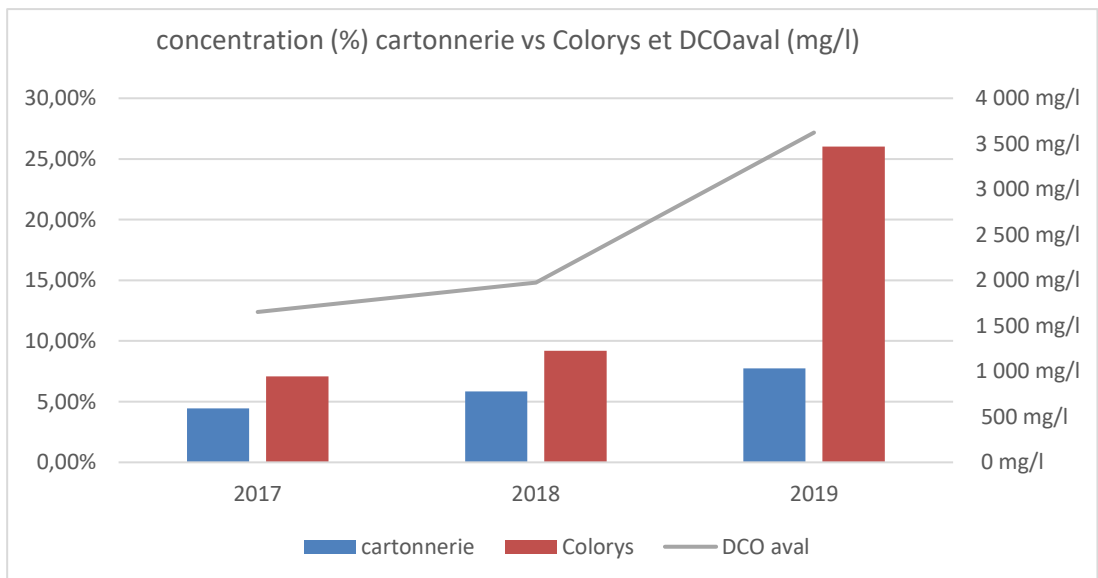


Figure 42 - Concentration des encres Cartonnerie/Colorys et DCO aval

Je peux donc affirmer que le remplacement des chambres à racles chez Colorys a un impact négatif sur l'efficacité de la STEP en termes d'abattement de la DCO par rapport aux prescriptions de 2000 mg/l de DCO sur l'année 2019.

Force est de constater que le fait que Colorys se positionne sur de nouveaux marchés à gamme supérieure en 2018 montre que la réduction de consommation d'eau de lavage par l'utilisation de chambres à racles plus performantes comme le démontre le graphique

ci-dessus a aussi un impact sur nos résultats en termes de DCO. La concentration de Colorys prend plus de 16% entre 2018 et 2019 et la cartonnerie prend 1.9%. Ainsi il existe un impact de nos détergents sur le fonctionnement de la STEP. En effet, l'utilisation d'encre implique le recours à des produits nettoyants et détergents pour laver les clichés, les cylindres tramés, les circuits d'encre, les bâtis de machines, les chambres à racles et les seaux d'encre. La STEP est donc indispensable et incontournable dans le processus de fonctionnement des 2 sites de production de la cartonnerie et de Colorys. L'efficacité des détergents est démontrée et permet un lavage efficace avec un minimum d'eau. Il faut considérer et prendre en compte ces détergents dans les effluents à traiter. La courbe sur les dernières 24h ci-dessous montre que l'utilisation des détergents n'a que peu d'influence sur le pH.



Figure 43 - pH de la cuve C1 sur 24h

Maillage des toiles du filtre presse est-il le bon ?

La STEP est équipée d'un filtre presse lui-même équipé de 72 toiles qui vont filtrer et piéger les floccs issus du traitement chimique par floculation coagulation. Les filtres actuels ont une capacité de filtration de 30 μ m pour un débit moyen de 25 m³/jour ce qui correspond en moyenne à la charge de l'effluent entrant, la cuve C1 étant là pour absorber d'éventuels pics liés à un éventuel dysfonctionnement. Bien qu'il existe des toiles plus filtrantes jusqu'à 1 μ m, il n'est pas envisageable de réduire la filtration actuelle pour des raisons de capacité de stockage et de fluidité du traitement.

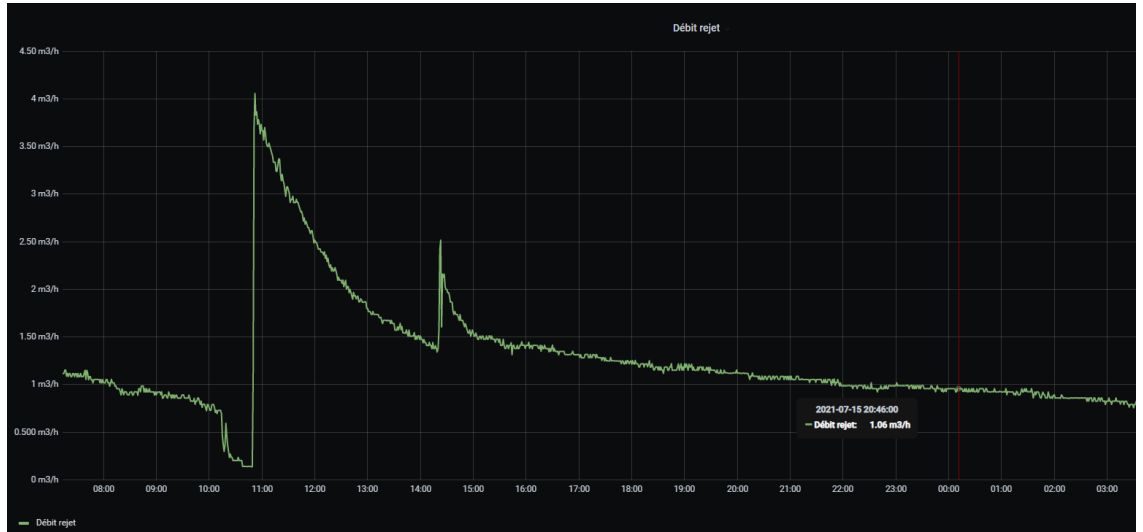


Figure 44 - Débit en m³ du filtre sur 24h

Se pose alors l'efficacité de la STEP par rapport à la DCO amont. Elle utilise le principe de coagulation floculation (chimique) suivi d'une séparation des solides (flocs) contenus dans l'effluent par un système de filtration (physique) pour en extraire un filtrat qui ensuite est rejeté à la station d'épuration de la ville. Je vais donc m'intéresser au rendement de la STEP pour mesurer son efficacité.

Pour rappel, les normes de rejet à respecter en :

- DCO : 2000 mg/l
- MES : 600 mg/l

Les analyses à prendre en compte :

- la DCO amont
- la DCO aval
- la MES, Matières en suspension

Ainsi, sur le graphique ci-dessous est représenté la DCO amont et aval depuis 2017 à fin juin 2021.

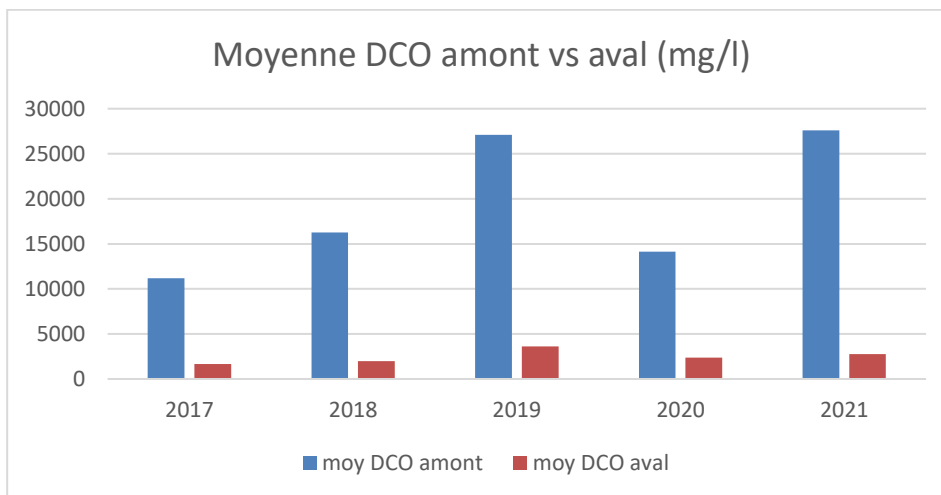


Figure 45 - DCO amont et aval depuis 2017

Remarque : en 2020, et suite à la pandémie de la Covid-19, le site de Colorys a connu beaucoup de chômage technique avec de nombreux arrêts et redémarrage de production. Ce qui eut pour conséquence une surconsommation d'eau de lavage et mécaniquement a fait chuter la concentration des effluents et la DCO amont et aval sur cette année-là sur le graphique ci-dessous entouré en rouge. On peut constater que l'effet de dilution par ajout d'eau de lavage a un impact positif sur l'abattement de le DCO mais n'est pas une solution en soi.

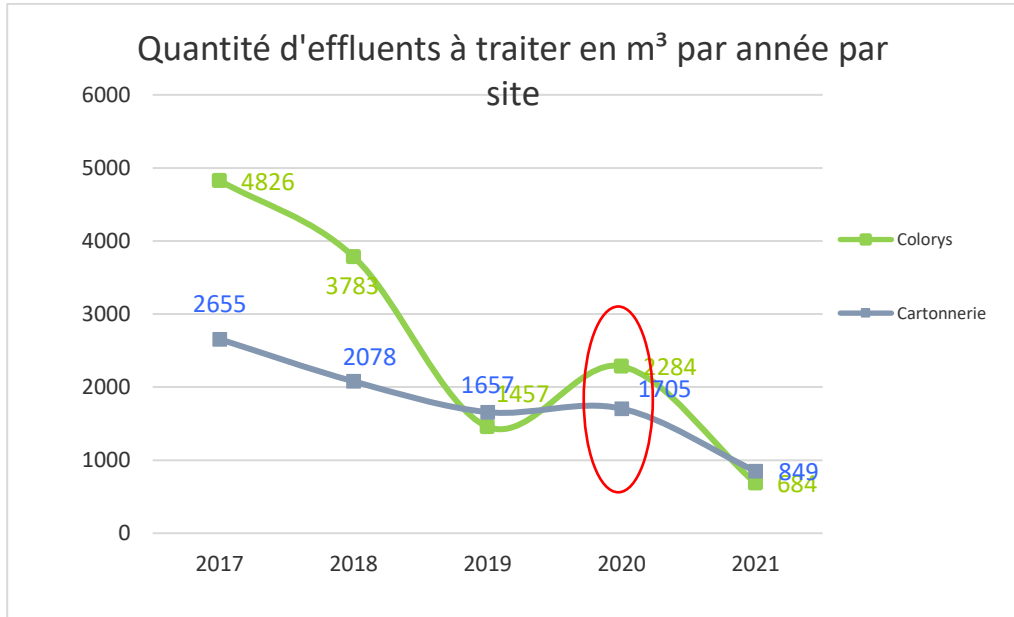


Figure 46 - Quantité d'effluents à traiter en m³

Sur le graphique suivant, est représenté le rendement épuratoire de la STEP physico-chimique.

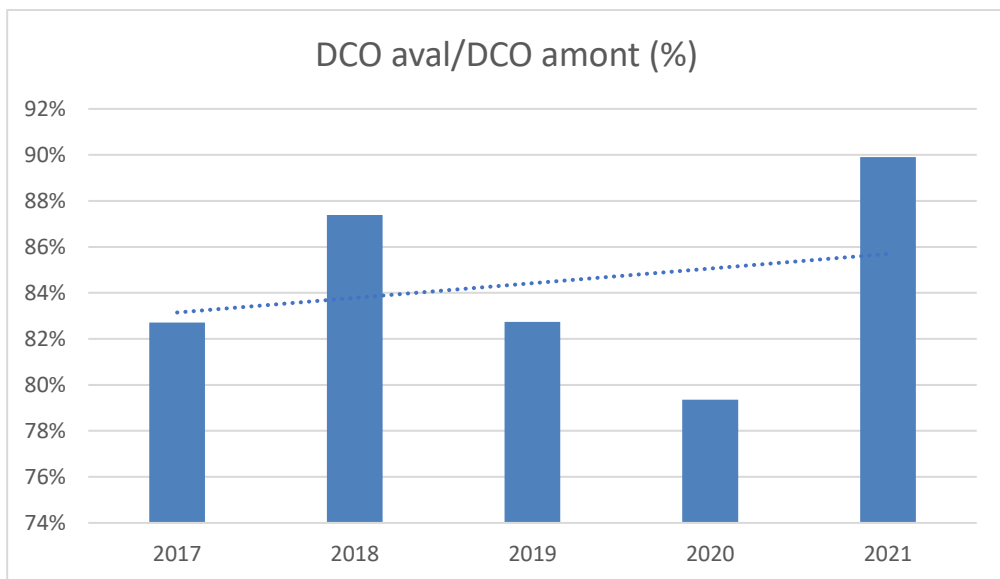


Figure 47 - Rendement de la DCO aval/amont

On retrouve une perte de rendement en 2020 lié à la baisse de concentration de Colorys. Le rendement de la STEP est en moyenne depuis 2017 de 84% ce qui est excellent pour un traitement physico-chimique dit primaire (source : [Suezwaterhandbook.fr Memento DEGREMONT]).

Sur le graphique suivant, est représentée la Matière en suspension en sortie du filtre presse.

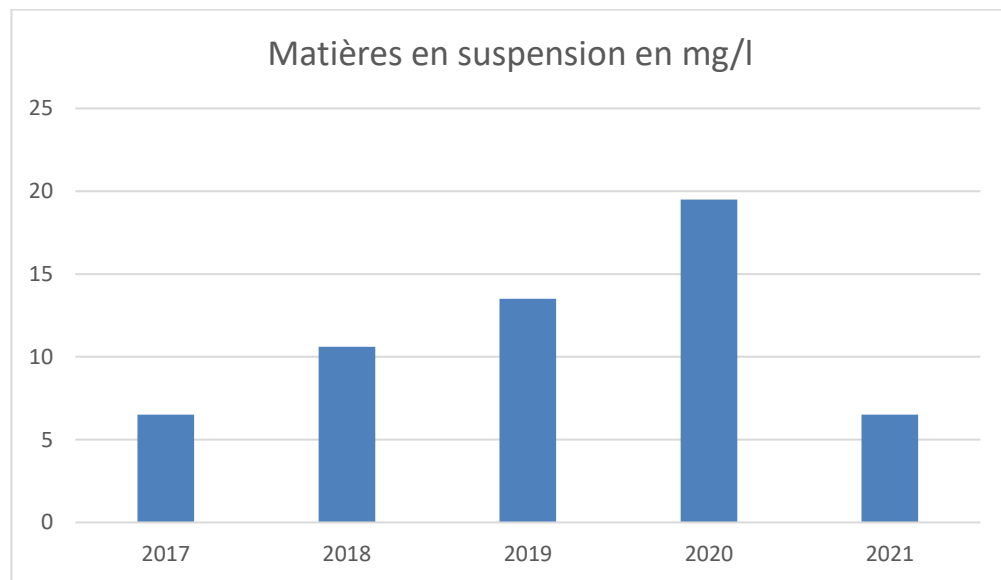


Figure 48 - Matières en suspension en mg/l

Les résultats sont aussi excellents et montrent que la STEP bloque un maximum de MES. La limite des 600 mg/l est largement respectée avec une moyenne de 11 mg/l depuis 2017.

Après l'analyse du rendement de la DCO amont/aval de l'abattement de la MES, je peux affirmer que la STEP a un rendement optimal dans l'état actuel de son fonctionnement. Cependant, force est de constater que malgré le rendement excellent de la STEP, la norme de rejet en DCO aval est dépassé >2000 mg/l.

Une partie de la DCO dissoute présente dans l'effluent passe à travers le filtre presse. La STEP est efficace dans son traitement physico-chimique mais la norme de rejet est dépassée depuis 2019, illustré par le graphique ci-dessous.

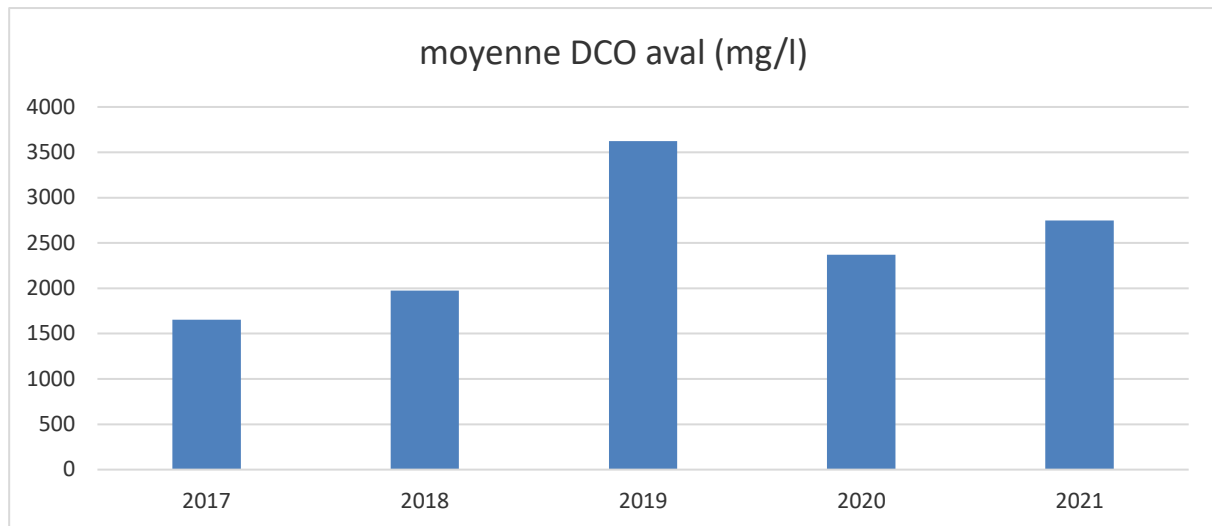


Figure 49 - Moyenne DCO après traitement STEP physico chimique.

Par définition, le procédé physico-chimique est fait pour faciliter l'élimination des MES et des colloïdes ; des particules vont de plus de 100 μm à 0.08 μm . On peut donc en déduire que des particules plus fines passent au travers du filtre presse. Le choix de la filtration des toiles à 30 μm n'étant pas à mettre en cause, j'ai donc cherché à analyser et comprendre si cette piste était la bonne. Pour cela, j'ai ajouté dans mes analyses mensuelles réglementaires, l'analyse de la DCO soluble par déduction de la figure ci-dessous :

$$\text{DCO totale} = \text{DCO décantable} + \text{DCO soluble} + \text{DCO coagulable}$$

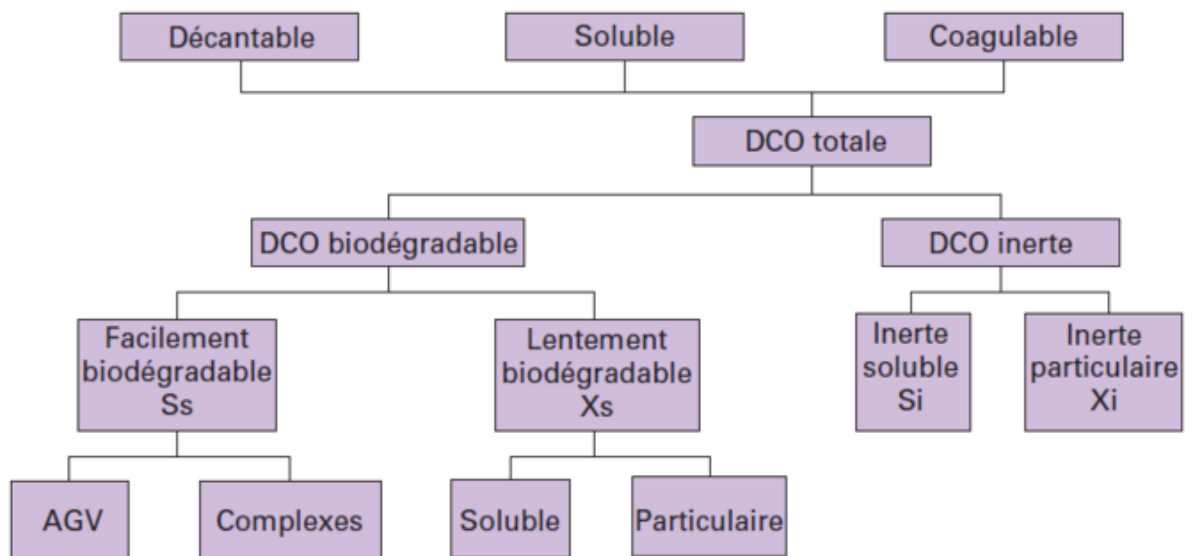


Figure 50 - Décomposition de la DCO (Source : [Degremont, 2021])

La méthode utilisée pour la mesure de la DCO soluble est la même que la mesure de DCO totale mais avec une filtration préliminaire pour ne conserver que la partie soluble de l'échantillon. Le protocole de filtration consiste à filtrer un volume de 10 ml d'échantillon à l'aide d'un filtre en fibre de verre, de porosité 0.45 µm et de diamètre 47 mm.

Voici les résultats des analyses sur la DCO soluble ci-dessous :

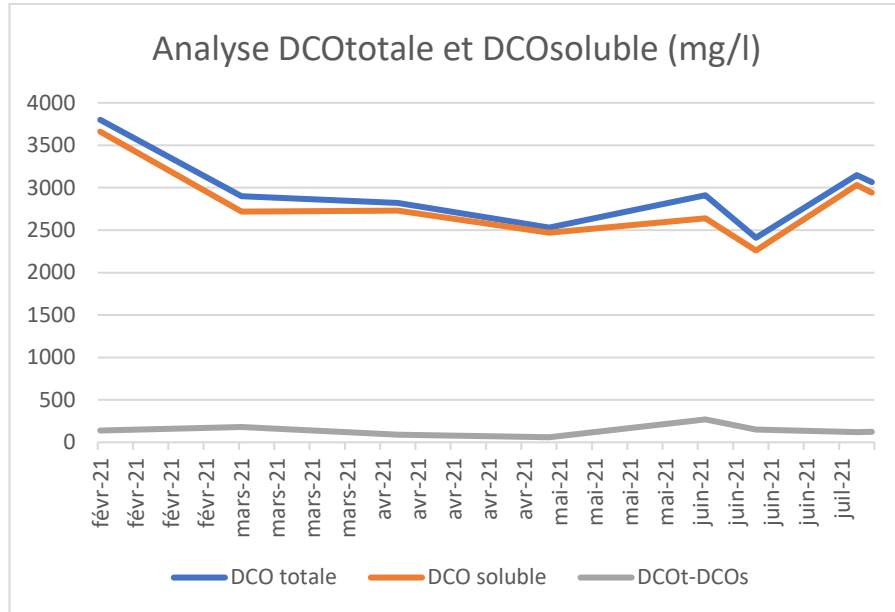


Figure 51 - Analyse de la DCO soluble vs DCO totale

	DCO totale (mg/l)	DCO soluble (mg/l)	DCOt-DCOs (mg/l)
5-févr.-21	3800	3660	140
5-mars-21	2900	2720	180
5-avr.-21	2820	2730	90
5-mai-21	2530	2470	60
5-juin-21	2910	2640	270
15-juin-21	2410	2260	150
5-juil.-21	3150	3030	120
8-juil.-21	3064	2940	124

Tableau 52 - Résultats des analyses de DCO solubles

Sur le tableau ci-dessus, on voit très nettement que la DCO soluble représente en moyenne 95% de la DCO totale. Cela prouve d'une part que la STEP physico-chimique fonctionne très bien car il reste en moyenne 142 mg/l (particules >0.45 µm) et d'autre part, qu'il existe 95% de DCO soluble que la STEP ne saura éliminer de par sa conception (toiles à 30 µm).

5.1.2 Les Méthodes

Actuellement, il n'y a pas d'organisation définie du suivi de la sonde pH et de l'ensemble des instruments de mesure

Pour un fonctionnement optimal de la coagulation/floculation, il est important de maintenir le pH à une valeur donnée autour de 7.5. Le pH-mètre a donc un rôle très important dans la chaîne de fonctionnement. Il est tout aussi nécessaire d'avoir une trace de manière temporelle pour comprendre et agir en conséquence en cas de dérive.

La STEP est dotée actuellement d'un pH-mètre pour la cuve de neutralisation, d'un débitmètre, d'un pH-mètre et d'une sonde de température sur le rejet général. Le pH-mètre de la cuve de neutralisation est un appareil dont la sonde pH est intégrée à l'électronique embarquée sur le capteur en figure 47 et se trouve sur un circuit fermé en PVC collé.



Figure 53 - Sonde pH actuelle de la STEP

Il est donc impossible de pouvoir faire une vérification/étalonnage de la sonde sans être obligé de démonter de manière destructive l'ensemble du capteur et ceci de manière régulière. Je vais donc prévoir dans le projet le remplacement de cette sonde de pH par un modèle dont la sonde sera branchée par connecteur et dont l'électronique sera séparée pour une maintenance et un étalonnage aisés.

5.1.3 Les Matières

Il a été constaté que l'automatisme de la STEP est obsolète. Comme déjà énoncé au paragraphe 3.5, il est compliqué voire impossible d'entreprendre des modifications ou

améliorations avec l'état actuel de l'automatisme et de l'instrumentation comme l'étalonnage du pH-mètre de la cuve de neutralisation. J'ai donc prévu dans le projet de remplacer l'automate ainsi que certains équipements obsolètes.

5.2 Recommandations

Pour mémoire : la STEP fonctionne efficacement dans sa configuration actuelle.

La réduction des eaux de lavage principalement dû à Colorys a un impact négatif sur le résultat de la DCO. Avec le remplacement de machines d'impression récente, la cartonnerie favorise cette tendance à la réduction des eaux de lavage. On ne peut que se féliciter de ces économies d'eau.

Le retrofit de l'automatisme contrôle/commande est incontournable pour pérenniser la STEP actuelle et son fonctionnement.

Il est alors nécessaire de trouver une solution pour éliminer la DCO soluble responsable du dépassement de la DCO totale.

5.3 Propositions de solutions

Comme chaque année, je participe à l'Energy Class Factory.

Le principe de cette journée de speed meetings est d'organiser des rendez-vous one to one de 30 minutes avec des fournisseurs ciblés en rapport avec les enjeux du moment. Cette année, j'ai participé en distanciel à celui de Lyon en focalisant mes RDV autour du processus de traitement des eaux résiduaires industrielles, avec à l'esprit, une question majeure :

Comment abattre la DCO totale dont la DCO soluble en dessous des 2000 mg/l ?

J'ai pu échanger avec les professionnels du traitement de l'eau ce jour-là. Une fois le premier tri fait, j'ai repris contact avec 3 sociétés COHIN Environnement, I-TECH et KWI toutes les trois spécialisées dans le traitement d'eau dans les processus de fabrication industrielle. Chacune m'a proposé un procédé de traitement dit biologique secondaire pour traiter la DCO excédentaire.

En préambule à mes entretiens, j'ai présenté la problématique de la DCO et le fonctionnement actuel de la STEP physico-chimique. Tous m'ont confirmé que le

traitement physico-chimique était un prétraitement efficace et nécessaire avant tout type de traitement biologique mais pas suffisant pour éliminer la DCO soluble. La future STEP biologique viendra en traitement secondaire à la suite du traitement physico chimique.

5.3.1 Présentation des solutions

Première approche de la société COHIN Environnement

La société COHIN me propose un procédé breveté SBR¹⁰ UNIBIOCELL qui est une variante du système aérobie par boues activées par traitement biologique. Le principe de fonctionnement est le suivant : la dégradation de la pollution est faite par des micro-organismes avec apport d'oxygène. Le procédé est fait dans un seul et unique bassin ; l'alimentation du bassin se fait grâce à une paroi siphonide qui canalise l'effluent vers le bas du bassin et en continu avec des vitesses de circulation faibles, garantissant le fonctionnement du bassin sans court-circuit hydraulique du filtrat traité.



Figure 54 - Exemple de paroi siphonide

L'évacuation du filtrat se fait simplement par siphon de reprise par gravité et par l'ouverture d'une vanne vers le rejet communal. L'autre avantage du siphon réside dans le siphonage entre 2 eaux pour éviter d'évacuer les flottants présents en surface et assurer ainsi un fonctionnement continu de l'ouvrage.

¹⁰ Sequencing Batch Reactor



Figure 55 - Siphon de reprise de l'eau traitée

Le fonctionnement se fait en 3 étapes :

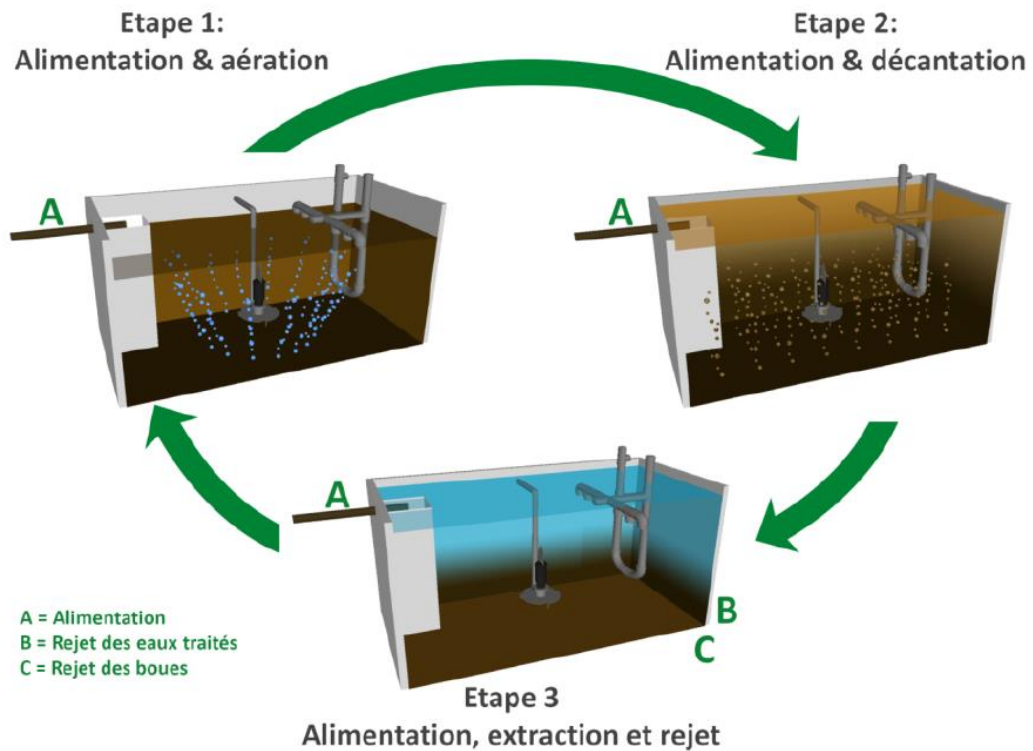


Figure 56 - Principe de fonctionnement du SBR

Le niveau d'eau varie d'environ 500 mm pendant la phase de fonctionnement, à l'étape 1, l'aération et l'alimentation permettent de faire travailler les bactéries par leur rôle épuratoire ; à l'étape 2, la décantation permet de séparer les bactéries en suspension pour les précipiter vers le bas avec les boues ; la 3^{ème} étape extrait les boues et rejette les effluents traités vers la station communale. Les boues seront extraites et réinjectées en amont du filtre presse dans la cuve à boues pour être déshydratées par celui-ci dans le fonctionnement normal de la STEP existante. Ce mode de fonctionnement nécessite

d'avoir des MES en quantités suffisantes pour servir de support aux bactéries dites en culture libre. Ce qui est le cas des effluents de l'usine (~11mg/l) depuis 2017.

Première approche de la société I-TECH

La société I-TECH me propose le procédé de traitement biologique BIOCLEAN. Leur technologie de bioréacteur à lit fixé permet d'apporter une réponse excellente à des variations de charge et permet de traiter de fortes charges organiques de l'effluent. Contrairement à un réacteur à culture libre, le bioréacteur à lit fixé est beaucoup plus compact et est composé de paniers sur lesquels sont montés des écouvillons garnis de fils en polypropylène. Ce procédé nécessite une cuve tampon en amont du réacteur pour réguler l'apport en effluents du bassin biologique.



Figure 57 - Surface de fixation de la biomasse

La surface développée représente jusqu'à 1000 m²/panier. Le rapport surface vs compacité est élevé ce qui évite aussi les risques de colmatage. Le principe du réacteur consiste à utiliser une population bactérienne fixée qui transforme la matière organique soluble en matière organique insoluble. Au fur et à mesure du développement bactérien, une régénération du biofilm s'effectue et permet d'en réguler l'épaisseur sous forme de MES. Pour assurer les besoins en oxygène de la biomasse (respiration des bactéries), il est prévu 2 surpresseurs d'air avec redondance.



Figure 58 - Diffuseurs d'oxygène

L'élimination des boues faite sous forme de MES se réalise au moyen d'un filtre à déroulement de média. Un papier, type buvard, se déroule au fur et à mesure du débit pour éliminer les MES en suspension dans le filtrat.



Figure 59 - Filtre à déroulement de media

Première approche de la société KWI

La société KWI me propose un procédé par traitement biologique SBR en culture libre avec un bassin tampon en amont du réacteur biologique. Contrairement à COHIN Environnement, le réacteur est de forme ronde. KWI propose 2 réacteurs pour une meilleure flexibilité et un mode de fonctionnement série ou parallèle en fonction de l'effluent d'entrée. Pour assurer l'aérobie des bactéries, il est prévu également 2 surpresseurs d'air en redondance. L'approche de la société KWI a été extrêmement succincte, faite par une approche je cite « issue de notre expérience sur ce type d'installation » sans plus de détails.



Figure 60 - Réacteur SBR KWI

5.3.2 Première conclusion à chaud des 3 propositions et l'approche du problème par les entreprises concernées

La STEP actuelle est une STEP de prétraitement, en aucun cas elle ne peut répondre à la problématique visée. Et comme prétraitement, elle fonctionne très bien.

Elle doit donc être maintenue dans l'état et doit être fiabilisée pour assurer la base du traitement biologique futur.

La solution du principe d'abattement de la DCO par traitement biologique ressort unanimement des 3 propositions.

Ce futur traitement met en jeu des bactéries, des micro-organismes vivants qui nécessitent de l'attention et du suivi au quotidien. Une logistique devra être mise en place. Comme tout être vivant, il faut s'assurer que les bactéries soient dans de bonnes conditions pour qu'elles prospèrent et qu'elles dégradent correctement les polluants. Il faut s'assurer que les bactéries aient suffisamment de nutriments en l'absence de polluants lors de l'arrêt de la STEP le week-end. Les besoins en nutriments sont le phosphore et l'azote. L'analyse que j'ai effectuée sur un échantillon de filtrats montre une carence sur ces 2 éléments, il faut donc prévoir une solution nutritive injectable sous une forme à définir.

Avant de passer aux visites sur site avec les 3 sociétés pour la suite du projet et valider un futur traitement biologique, je dois réaliser des tests de biodégradabilité. Par définition le rapport de la DCO sur la DBO5 nous donne une première idée de la biodégradabilité de l'effluent.

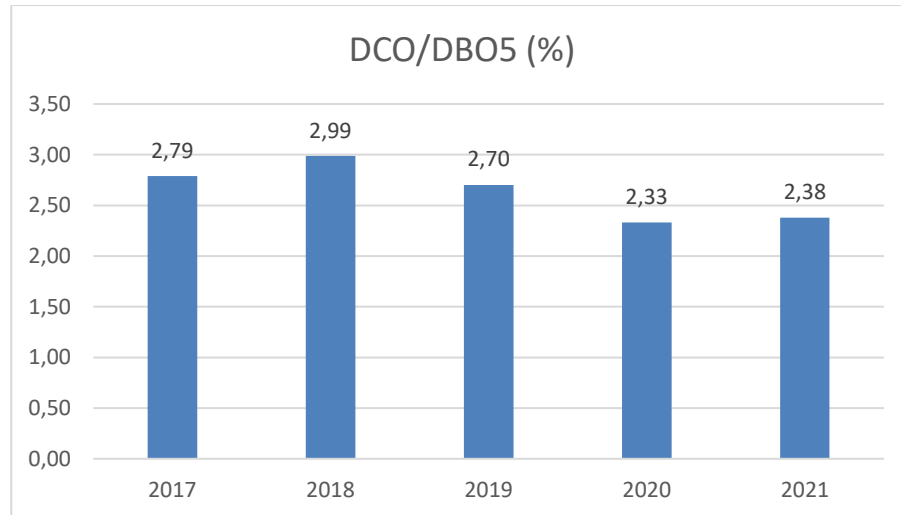


Figure 61 - DCO/DBO5

Le graphe ci-dessus nous montre que le rapport en moyenne est de 2,64. Dans les pays développés, environ un tiers de la pollution est dissoute, les deux tiers restants sont liés aux particules (décantables ou non), le rapport se situant entre 2.2 à 2.8. (Source : Degremont, 2021]).

De façon à ne pas perdre de temps, j'ai aussi réalisé une analyse sur la DCO dure sur 28 jours. La DCO dure est la DCO qui restera au bout du 28^{ème} jour et qui ne sera donc pas biodégradable. Cette analyse consiste à mettre en contact un échantillon de notre effluent (environ 10 litres issus de notre préleveur automatique sur 24h) en contact avec une boue activée. Je me suis donc rapproché du laboratoire SGS de Rouen. Ce laboratoire a mis en contact mon effluent avec la boue activée de la STEP de Rouen. Le rapport se trouve en annexe B. En voici les résultats ci-dessous :

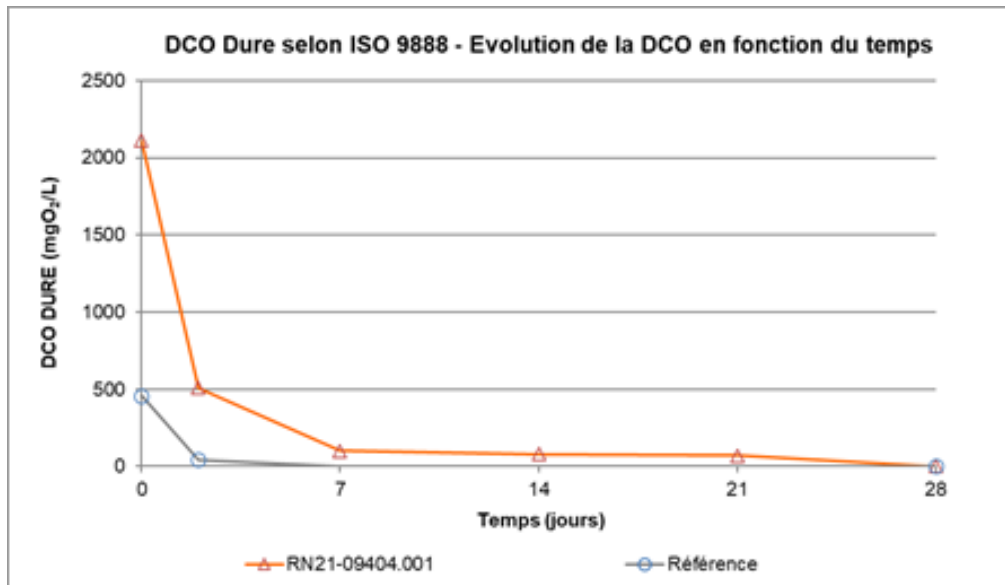


Figure 62 - Evolution de la DCO sur 28 jours

Cette courbe montre que notre effluent est parfaitement biodégradable par un procédé biologique. A l'issue du 28^{ème} jour, la DCO dure est de 66mg/l.

5.3.3. Une 2^{ème} approche des 3 entreprises réalisée sur site avec une définition des objectifs suivants

Finalité du projet

Abattre la DCO sous les normes requises par l'arrêté préfectoral ci-dessous avec un débit moyen de 25 m³/j pouvant aller à 30 m³/j pour des besoins futurs.

Paramètres	Concentrations maximales
pH	Entre 5.5 et 8.5
MES	600
DBO5	800
DCO	2000
Azote global (exprimé en N)	150
Phosphore total (exprimé en P)	50
Température	< 30°C
Zinc (Zn)	2
Cuivre (Cu)	0.5
Nickel (Ni)	0.5
Chrome (Cr)	0.5
Plomb (Pb)	0.5
Cadmium (Cd)	0.2
Mercure (Hg)	0.05
Agents de surface anioniques	10
Agents de surface cationiques	3
Matières extractibles à l'hexane	150
Indice hydrocarbures	10

Figure 63 - Normes de rejet du site de Saint Marcel

Contexte du projet

Des contraintes techniques sont à prendre en compte, notamment le fait de ne pas perturber la production de la cartonnerie par l'arrêt de la STEP pendant la phase travaux. Si le besoin est émis, il est possible de prévoir des travaux sur les horaires de week-end.

Identification des besoins et des caractéristiques du projet

Le projet de la future STEP biologique va nécessiter la construction d'un ouvrage composé de cuves et accessoires et va concerner la zone qui jouxte la STEP actuelle qui sera dégagée le moment venu. La place au sol ainsi libérée sera de 12 m par 5 m. ; le passage piéton devra être conservé pour un accès aisé du personnel intervenant.



Figure 64 - Zone disponible pour le projet

Prise en charge de la sécurité

Les actions à mettre en place :

- faire participer le CSSCT¹¹ des entreprises concernées
- nommer un préventeur sécurité pendant toute la durée du chantier pour la maîtrise d'œuvre et d'ouvrage
- déterminer les responsables de chantiers

¹¹ Commission Santé Sécurité et Conditions de Travail

Conditions de réalisation du projet

L'organisation du travail se fera en journée ou le week-end pour des besoins spécifiques de sécurité ou de production.

Planning et phasage

Un planning sera établi avec la société retenue pour le projet.

Répartition des missions et compétences requises

Je serai le maître d'ouvrage par délégation du directeur général. Un superviseur sera nommé pour chaque entreprise sous-traitante. En fonction des besoins, je nommerai en interne un suppléant auprès de mes collaborateurs pour me seconder.

Critères techniques

Concernant les travaux de terrassement ainsi que la mise en œuvre de fondations spéciales (si nécessaire), j'ai prévu une étude de dalle béton existante pour confirmer le supportage des installations.

L'ouvrage devra être équipé d'une télégestion pour être connecté 24h/24 et 7j/7 (alarmes par SMS, mail...).

Il est nécessaire d'anticiper les travaux de génie civil comme les dalles supports, fosses, bassin, dalle de propreté regards ou caniveaux.

Enfin, le démontage et le déplacement du bardage pour l'intégrer en façade du nouvel ouvrage doit également être prévu.

Conditions particulières

Conditions particulières		
Tâches	Charge Cartonnerie	Charge Fournisseur
Livraison franco de port		oui
Déchargement et manutention du matériel	oui	oui
Voirie et réseaux divers	oui	
Fourniture réactifs et consommables	oui	
Frais de campagne d'analyses pour validation du traitement	oui	
Alimentation électrique	oui	

Tableau 65 - Conditions particulières

Formation

Une formation sera délivrée au personnel exploitant en charge du suivi quotidien de la station suivant une liste que je fournirai. Un support de formation devra être prévu reprenant la présentation du fonctionnement, l'exploitation des modes opératoires, des procédures et de la maintenance préventive et curative de l'ouvrage et les actions à réaliser.

5.3.4 Eléments pour la prise de décision

Point sur les propositions techniques des 3 sociétés après revue des objectifs et visite sur site.

Proposition COHIN Environnement

COHIN propose d'installer une WWB (Waste Water Box)



Figure 66 - Exemple d'une WWB

Suivant le principe SBR et leur procédé breveté UniBioCell ® à boues activées, l'implantation est la suivante :

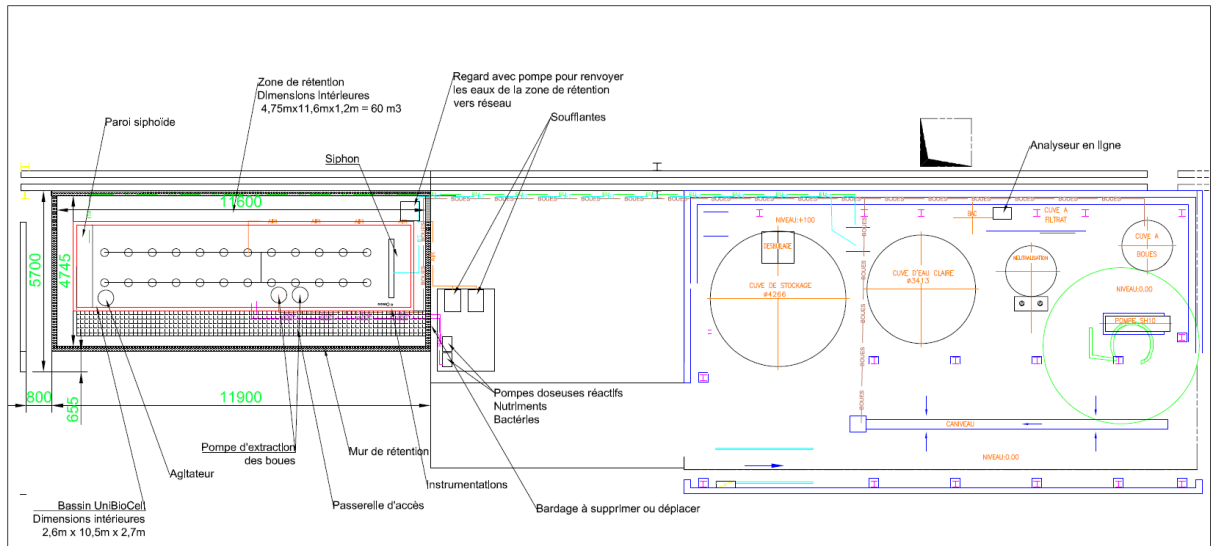


Figure 67 - Proposition Cohin Environnement

La WWB en acier fibres de verre cloisonné fait 2.6m 10.5 mx 2.7 m d'une capacité utile de 60 m³. Le tout sera intégré dans une rétention équipée d'un regard pour les eaux de drainage.

Proposition ITECH

ITECH propose son procédé BioClean avec une cuve tampon et un réacteur biologique à lit fixé. L'ensemble sera sur rétention et équipé d'un regard.

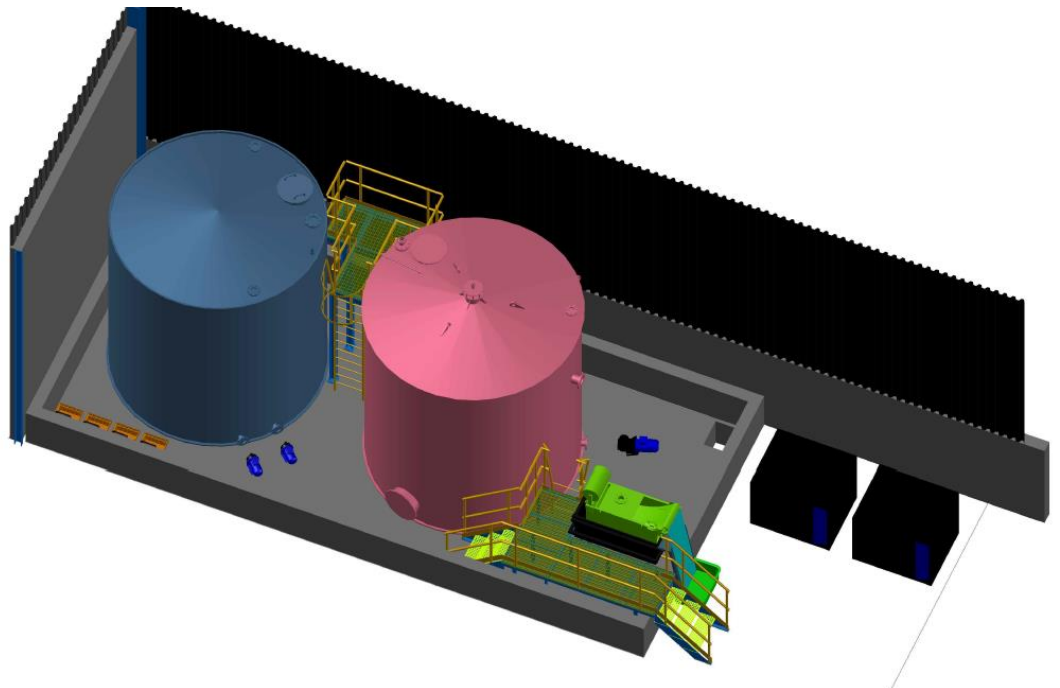


Figure 68 - Proposition ITECH en 3D

Proposition KWI

KWI propose son procédé biologique de type SBR avec une cuve tampon et 2 réacteurs biologiques.

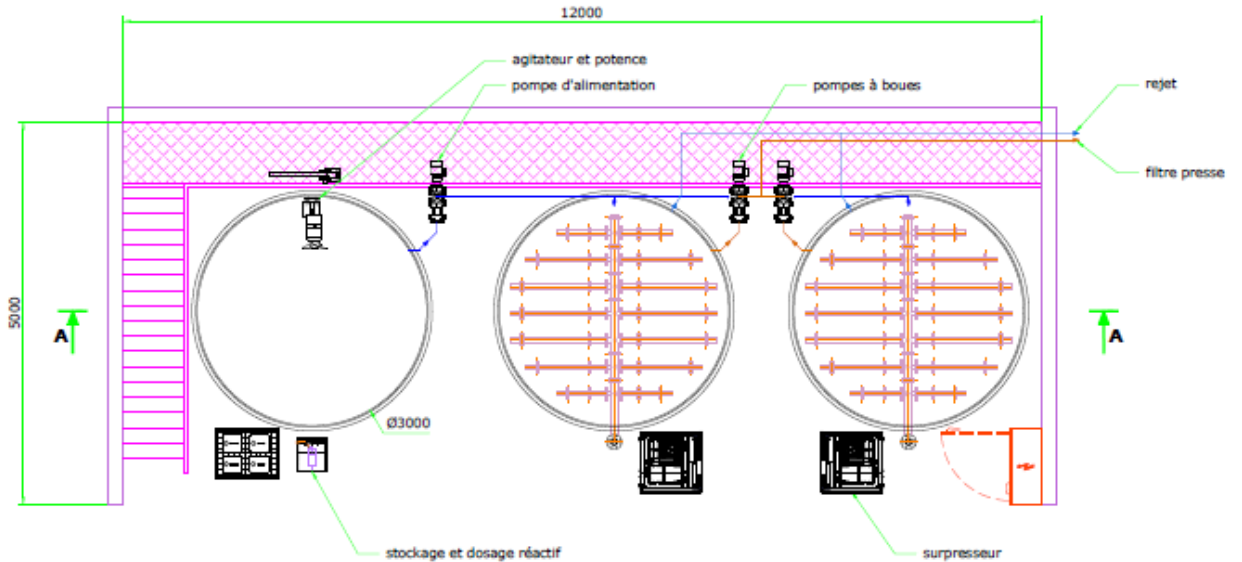


Figure 69 - Proposition KWI

Remarque : Poids des ouvrages

Au regard du poids important lié au sol des différentes propositions, je prévois donc de faire une étude de sol pour valider ou pas la capacité de charge de la dalle. Pour cela, je mets en option l'étude de sol et le renfort de dalle si nécessaire.

Alimentation électrique

J'ai fait contrôler par une note de calcul en annexe C la capacité électrique du départ du tableau général basse tension jusqu'à l'armoire actuelle de la STEP. La STEP actuelle consomme 11 ampères par phase en moyenne et 13 ampères max sur un interrupteur de 160A. La note précise qu'il y a 100A de disponible, ce qui suffit largement pour les 29A demandées (15kw).

Récapitulatif et détails de prix des trois propositions :

DEVIS STEP BIOLOGIQUE			
	COHIN	KWI	ITEC
STEP biologique	147 340,00 €	288 950,00 €	234 000,00 €
Rétention	41 689,44 €	41 689,00 €	41 689,00 €
Bardage	29 188,08 €	29 188,00 €	29 188,00 €
Etude béton	7 657,66 €	7 657,66 €	7 657,66 €
Montage	45 671,49 €	COMPRIS	COMPRIS
Armoire de commande	22 064,00 €	COMPRIS	COMPRIS
TOTAL	293 610,67 €	367 484,66 €	312 534,66 €

Tableau 70 - Montant des devis

5.4 Sélection du Fournisseur / Décision

Pour être le plus rationnel dans le choix du fournisseur, j'ai sélectionné les critères suivants sans application de coefficient.

Garantie des performances

Le fournisseur doit me garantir de respecter les normes de rejet de notre arrêté préfectoral.

Consommables

Les produits de traitement doivent être réduits à leur minimum pour éviter le moins de manipulations dangereuses et de dépendance pour les intervenants.

Simplicité de conduite

La conduite de la STEP biologique doit être simple et intuitive.

Génie civil

L'empreinte au sol en Tonnes au m² doit être la minimale possible pour ne pas alourdir la facture en cas de renforcement de dalle.

Recirculation des boues

Je privilégie l'utilisation du filtre presse via la cuve à boue pour recycler les boues de la STEP biologique afin d'éviter une nouvelle filière de traitement de déchets et ainsi minimiser les temps de manipulations pour les intervenants.

Volume absorbé

Le débit doit être de 25 m³/j pouvant être poussé à 30m³/j pour des besoins futurs sans modification ni rajout à l'ouvrage.

Respect de l'emplacement

La surface disponible représente 12 m par 5 m et doit être respectée.

Résultat du comparatif

COMPARATIF DES CRITERES			
Critères	COHIN	KWI	ITEC
Garantie de performance	1	1	1
Consommables	0	1	0
Simplicité de conduite	1	0	0
Génie civil	1	0	0
Recirculation des boues	1	1	0
volume absorbé 25-30m ³ /j	1	1	0
Emplacement respecté	1	1	0
Total des critères respectés	6	5	1

Tableau 71 - Choix du fournisseur

Au regard des différents éléments fournis par les prestataires et le résultat du tableau comparatif, mon choix s'est porté sur la société COHIN qui me présente un maximum de critères au regard de la capacité d'abattement de DCO par son grand bassin de 60 m³ permettant d'accepter de grandes variations de charge, son système tout en 1 qui permet de respecter la contrainte d'encombrement du projet. Une de leur dernière réalisation pour le compte de la métropole Nice Côte d'Azur est celle du remplacement de la STEP de Saint Martin de Vésubie détruite par la tempête Alex dans les vallées de la Roya et de la Vésubie en octobre dernier, traite les eaux usées à hauteur de 280 m³/jour équivalent à 1200EH¹² et rejette en milieu naturel. Le projet de l'usine de Vernon utilisera le même procédé UniBioCell®.

¹² Equivalent Habitant

VI. Gestion du projet

6.1 Identification des tâches

Les principales tâches du projet sont les suivantes :

La sécurité

Il est nécessaire de planifier une visite préalable du chantier, de procéder à la rédaction des plans de prévention et de l'analyse des risques. Dès le début du projet, un contrôle à réception devra être organisé par un bureau vérificateur.

Le suivi du budget

J'utilise un fichier Excel pour suivre les coûts liés au projet.

CapEx N° : FRVEC-2021-XXX-XX		Total CapEx : 463000€		
STEP BIOLOGIQUE	budget	463 000,00	% décaissé du CapEx	% réalisé sur budget
	reste sur engagé	463 000,00	0%	-100%
	reste sur négociés	463 000,00	0%	
Item	Estimé	Négocié	Engagés	dif NEG/ENG
MATERIEL TRAITEMENT BIOLOGIQUE	147 340,00 €			
CREATION RADIER	41 689,44 €			
ETUDE BETON	7 657,66 €			
BARDAGE	29 188,08 €			
POSE CUVE	10 050,53 €			
MODIFICATION RETENTION EXISTANTE	5 697,17 €			
POSE DES EQUIPEMENTS	19 687,01 €			
DIVERS RESEAUX DE RACORDEMENTS	10 236,98 €			
CABLAGES ELECTRIQUES	22 064,00 €			
RETROFIT STEP PHYSICO CHIMIQUE	20 800,00 €			
FOURNITURE MATERIEL				
POSE DES EQUIPEMENTS RETROFIT	9 172,37 €			
RETROFIT CABLAGE ET AUTOMATISME	80 749,58 €			
OPTION DALLE RENFORCEE	48 422,61 €			
RACORDEMENTS EAU ELECTRICITE AIR	10 000,00 €			
COMPRIME				
	462 755,43 €	0,00	0,00	0,00

Figure 72 - Tableau des coûts

Les moyens de levage

L'élément le plus lourd se trouve être la cuve principale pesant à elle seule 10 Tonnes. J'ai donc prévu une grue pour décharger et positionner la cuve à son emplacement. Le reste des éléments plus petits seront manipulés avec mes moyens internes de levage classique : chariots élévateurs et transpalettes.

La communication

Comme tout nouveau chantier et investissement, et en tant que maître d'ouvrage, je serai en charge de prévenir, informer et mobiliser les parties prenantes que sont les services internes comme le responsable HSE et les collaborateurs impactés et participant au projet.

6.2 Budget CapEx

De façon à pouvoir demander un investissement au groupe SMURFIT KAPPA, j'ai d'abord présenté le projet à mon directeur général afin de lui apporter un maximum de réponses à la problématique du traitement de la DCO par la solution que j'ai retenue. Une fois la présentation faite, nous avons conjointement présenté le projet au directeur technique France lors d'une conférence téléphonique. Au regard des montants engagés, j'ai dû faire une présentation à notre Président Directeur General France lors de la revue du budget semestriel de l'usine de Vernon. Pour établir le CapEx, j'utilise une application sur l'intranet SMURFIT KAPPA qui s'appelle CapEx Pipeline. J'y renseigne les éléments en anglais, l'ensemble des CapEx est traité à notre siège monde à Dublin en Irlande.

Le montant global du CapEx : 463 K€ pour la nouvelle STEP biologique, le retrofit de la STEP existante et le renfort de la dalle.

CAPEX	
STEP BIOLOGIQUE	293 610,87 €
RACORDEMENT ELEC AIR EAU	10 000,00 €
SS TOTAL	303 610,87 €
DALLE RENFORCE	48 422,61 €
MISE A NIVEAU STEP ACTUELLE	110 721,95 €
TOTAL	462 755,43 €

Figure 73 - Détail des coûts du CapEx

Au moment où je rédige ce mémoire, je n'ai pas de retour de la part du Groupe.

Résumé du projet

Sur la figure ci-dessous est résumé l'ensemble du projet :

Retrofit de la STEP physico-chimique, ajout de l'instrumentation, ajout de la vanne 3 voies asservie par la sonde de turbidité, remplacement du filtre à panier du débitmètre et installation de la STEP biologique reprenant les eaux du filtre presse.

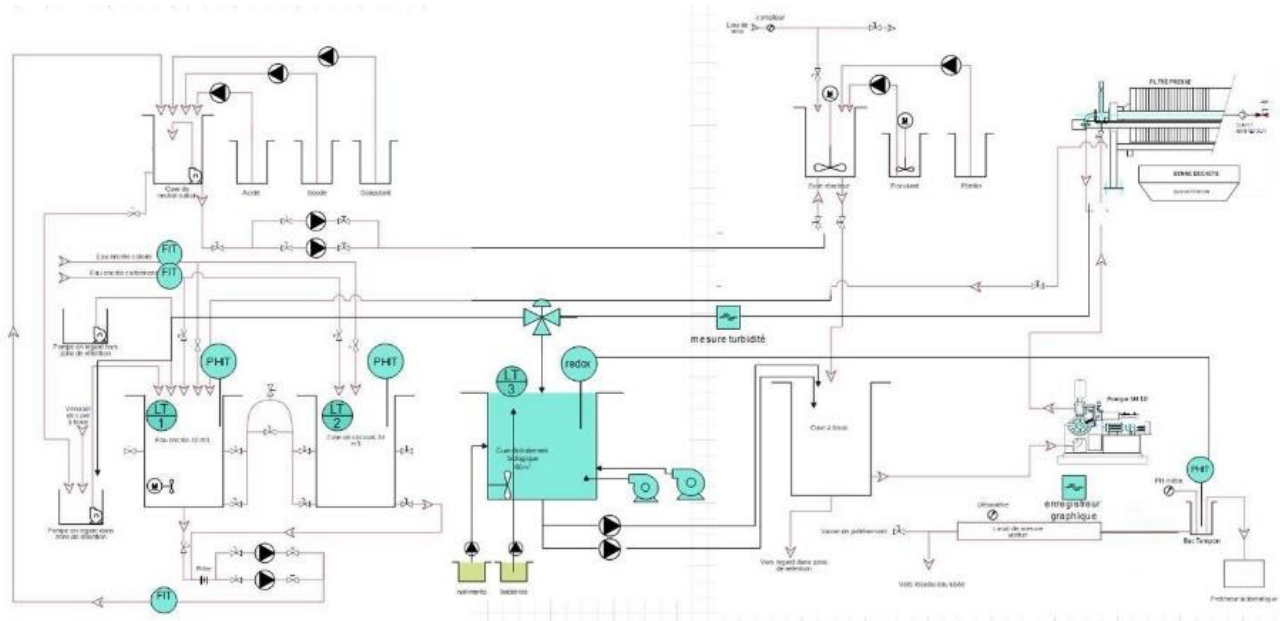


Figure 74 - Synoptique complet du projet

6.3 Organisation des tâches et des ressources

L'ensemble des tâches est repris dans les plannings de GANTT sur Microsoft Project.

6.4 Risques et contraintes

J'estime que ce projet peut concerner l'éventualité improbable mais non négligeable que la DREAL nous impose des valeurs plus strictes malgré le fait que nous ne rejetons pas en milieu naturel. J'ai donc demandé à la société COHIN d'étudier différents scénarios avec les valeurs de DCO suivantes 1500 et 1000mg/l vs 2000mg/l, le but est de voir si le dimensionnement du projet serait capable d'accepter ces contraintes plus strictes. La réponse se trouve en page 11 de la note de calcul où il faudra augmenter le débit d'air (variation de vitesse) des soufflantes à 189.4 m³/h ce qui reste dans sa plage de fonctionnement.

La note de calcul se trouve en annexe D.

Une des contraintes du projet va concerner là un problème de responsabilité. Notre groupe SMURFIT KAPPA comporte différents business comme la fabrication et transformation du carton (cartonnerie de Vernon) et la pré impression (Colorys). Or ces 2 entités présentes sur le même site n'ont pas le même directeur général. Mon directeur général est responsable de l'usine de Vernon et est pénalement responsable pour tout ce qui concerne l'environnement donc les rejets de la STEP actuelle vers la station communale. Lors de ma recherche de solution, j'ai pu prouver que l'évolution des chambres à racles de Colorys avait un impact négatif sur les mauvais résultats de DCO. Or le directeur général de la cartonnerie ne peut être tenu responsable des choix faits par un autre cluster du groupe mais il est responsable des rejets du site. Des réunions conjointes se sont tenues et se tiennent toujours pour trouver une solution qui satisfasse les 2 entités. L'idée principale serait de partager le projet : la cartonnerie le retrofit de la STEP et Colorys la STEP biologique.

Une contrainte supplémentaire réside dans le fonctionnement même de la future STEP biologique qui va contenir des bactéries donc des micro-organismes vivants. Il va falloir continuer de les oxygéner même pendant une phase d'arrêt de traitement par manque d'effluents ou arrêt durant le week-end. C'est pour cela que j'ai prévu la télégestion (mail ou SMS) sur l'installation complète du traitement primaire et secondaire.

6.5 Planification et suivi du projet

Pour suivre le projet, j'utilise le logiciel Microsoft Project. Le planning du retrofit de la STEP existante en annexe E et le planning pour la STEP biologique ainsi que le renfort de la dalle en annexe F. Les dates sont des dates prévisionnelles en fonction d'une part de la réalisation de la dalle renforcée si nécessaire et d'autre part de la date de validation du CapEx.

VII. Retour d'expérience

Aujourd'hui plus que jamais, j'ai conscience que la situation ne peut perdurer concernant la STEP. Depuis mes recherches de solution et mon approche terrain du problème cela m'a permis de mieux comprendre la situation et l'état de vétusté de la STEP physico-chimique. Malgré cela, elle fonctionne à plein régime mais a ses limites. J'ai pu aussi constater que l'ergonomie n'était pas la meilleure pour une conduite sereine par mon personnel. Avec le développement de mon prototype d'interface PI/Grafana, j'ai pu contribuer à améliorer la conduite.

VIII. Conclusion

A l'issue de la conduite de ce projet, mon intention était de mettre en avant mes compétences et mes connaissances dans le domaine du génie industriel tout en répondant aux ambitions de mon entreprise en termes d'évolution de la STEP pour favoriser le développement du site SMURFIT KAPPA de Vernon-St Marcel.

Comme dans le cadre de nombreux projets pilotés depuis plusieurs années, mes compétences en conception, informatique industrielle, installation de système intégré, gestion de projet, management, communication m'ont permis d'aborder les sujets avec confiance et expérience. De plus, j'ai développé de nouvelles connaissances en ce qui concerne les sujets de la chimie et de la biologie du projet. Le groupe SMURFIT KAPPA n'ayant pas d'installation similaire, j'ai conduit ce projet en toute responsabilité et autonomie me permettant d'être à l'initiative de potentiels projets pour de futurs sites selon ma direction générale. En effet, ce projet de traitement biologique épuratoire sera unique en France dans les cartonneries, j'ai alors reçu comme mission d'aller auditer le site d'Etampes qui n'a pas de station d'épuration.

Ainsi l'objectif de ce travail était de trouver une solution technique et pérenne pour permettre au site de Vernon de maintenir son activité, lui permettre de se développer sur les nouveaux marchés de l'impression HD avec une démarche écologique, renforcer l'image en intégrant une partie de la RSE au sein de la production et des produits mis sur le marché.

En menant ce projet en parallèle de mes autres missions, j'ai amélioré le quotidien de mon équipe et apporté des réponses immédiatement transposables pour le process industriel.

Je sors grandi de cette expérience où la problématique spécifique du traitement de l'eau industrielle m'était jusqu'à ce jour totalement inconnu. J'ai dû me challenger, sortir de ma zone de confort et à force de lecture d'ouvrages de références, de questionnements auprès des spécialistes du traitement d'eau, j'ai pu me remettre en cause et renforcer mes capacités à apprendre.

Comme autre futur projet, je pense à réutiliser l'eau ainsi traitée par la STEP biologique comme eau industrielle de lavage pour la réinjecter dans l'usine de façon à laver les machines plutôt que de la renvoyer à l'égout. Avec cet exemple d'économie circulaire, l'ingénieur en génie industriel humaniste et responsable prend tout son sens. J'aspire à être un de ces hommes.

Bibliographie

- Bassompierre, C. Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble, France. 2007.
- BERLAND J.M. et C. JUERY (2002). *Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau*. Document technique, FNDAE, N° 14, Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des Affaires rurales, Direction de l'Espace Rural et de la Forêt, France, 71 p.
- Binnie C. & Kimber M. (2013). Basic water treatment. Fifth edition. Institution of civil engineers, UK.
- Suez. (15 Janv. 2021). L'édition digitale du Memento technique de l'eau pour les professionnelles du traitement de l'eau. suezwaterhandbook.fr. Source du 05 Juin 2021, de www.suezwaterhandbook.fr

Glossaire

Abattre : verbe utilisé dans le traitement des eaux usées pour faire chuter les valeurs de pollution des eaux à traiter

APAE : Arrêté Préfectoral d'Autorisation d'Exploiter

CapEx : Investissement d'immobilisation des entreprises Abréviation du terme anglais (Capital Expenditure)

DBO : La Demande Biologique en Oxygène est la quantité de matières biodégradables contenues dans l'effluent

DCO : La Demande Chimique en Oxygène est la quantité de l'ensemble de la matière oxydable. Elle correspond à la quantité d'oxygène qu'il faut fournir pour oxyder les matières contenues dans l'effluent

Effluent : ensemble d'eaux usées résultant d'un processus de fabrication voué à être évacué vers un égout d'eaux usées

Débatissage : opération manuelle ou automatique qui consiste à retirer les gâteaux des filtres du filtre presse

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

Flexographie : procédé d'impression en relief avec forme imprimante photopolymère

Flowsheet : schéma de procédés décrivant le flux de matières et leurs équipements

Linux : système d'exploitation open source

MES : ensemble des matières solides contenues dans une eau usée et pouvant être retenues par filtration ou centrifugation. L'unité de mesure est le mg/l.

Raspberry : nano ordinateur

Raspbian : système d'exploitation sous Linux

Retrofit : terme anglais voulant dire rénovation/amélioration d'un processus ou équipement

RSE : Responsabilité Sociétale des Entreprises

SIA : Station Intercommunale d'Assainissement de Saint Marcel

STEP : Station de Traitement des Eaux

Tia Portal : logiciel de programmation et de configuration pour automate Siemens

Turbidité : définition d'une eau trouble chargée de particules en suspension

Annexes

A Analyse fonctionnelle de la STEP

Analyse Fonctionnelle

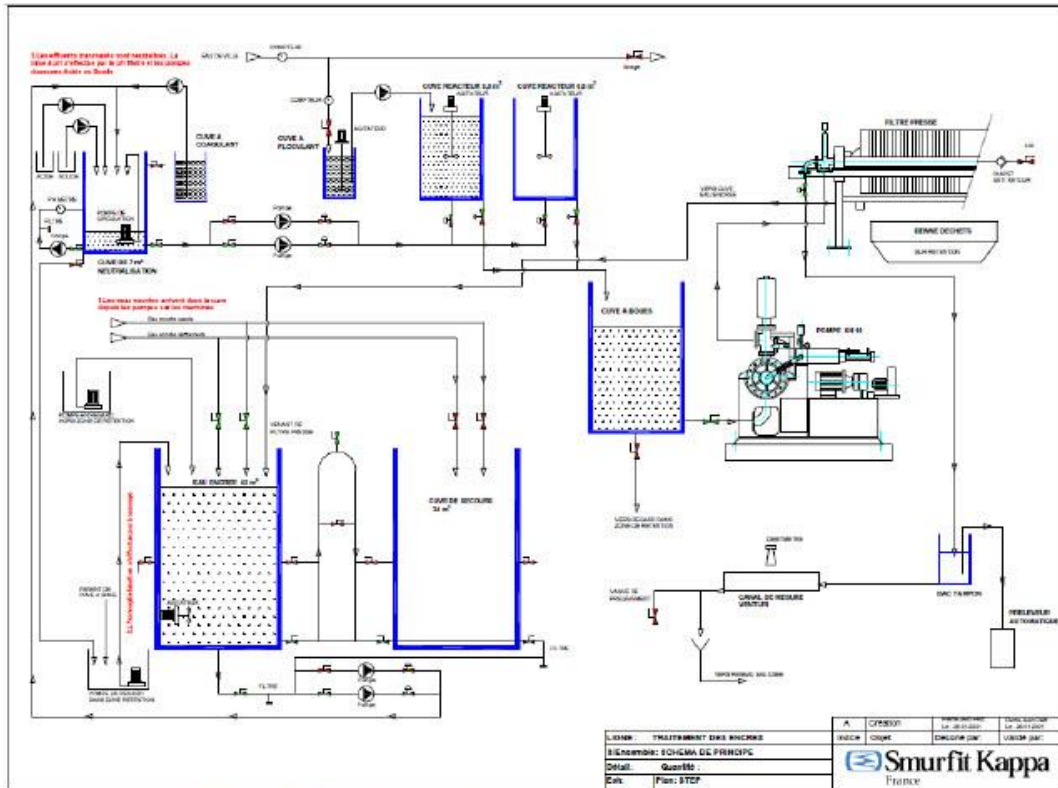
I

Table des matières

1.	Description de la STATION	2
2.	Découpage en Sous-ensembles fonctionnels	3
➤	Sous-ensemble cuves de réception des eaux	3
➤	Sous-ensemble cuve de neutralisation	4
➤	Sous-ensemble cuves de réaction	5
➤	Sous-ensemble cuve a boues	5
➤	Sous-ensemble Pompe SH10	6
➤	Sous-ensemble Filtre presse	7
➤	Sous-ensemble mesure en sortie	8
3.	Signalisation et boutonnerie	9
4.	Mode de marche	11
5.	Cycles de marches automatiques	11
6.	Liste des défauts	13
7.	Liste des actionneurs	13
➤	Sous-ensemble cuves de réception des eaux	13
➤	Sous-ensemble cuve de neutralisation	13
➤	Sous-ensemble cuves de réaction	14
➤	Sous-ensemble cuve a boues	14
➤	Sous-ensemble Pompe SH10	14
➤	Sous-ensemble Filtre presse	14
8.	Liste des détecteurs	14
➤	Sous-ensemble cuves de réception des eaux	14
➤	Sous-ensemble cuve de neutralisation	14
➤	Sous-ensemble cuve de réaction	14
➤	Sous-ensemble cuve a boues	15
➤	Sous-ensemble Pompe SH10	15
➤	Sous-ensemble Filtre presse	15
➤	Sortie système	15
9.	Nombre d'entrée/sortie	15
10.	Configuration automate pour rétrofit	17
11.	Départ moteur, type et intensité	17
12.	Amélioration proposée lors du retrofit	18

1. Description de la STATION

➤ Synoptique de l'installation actuelle

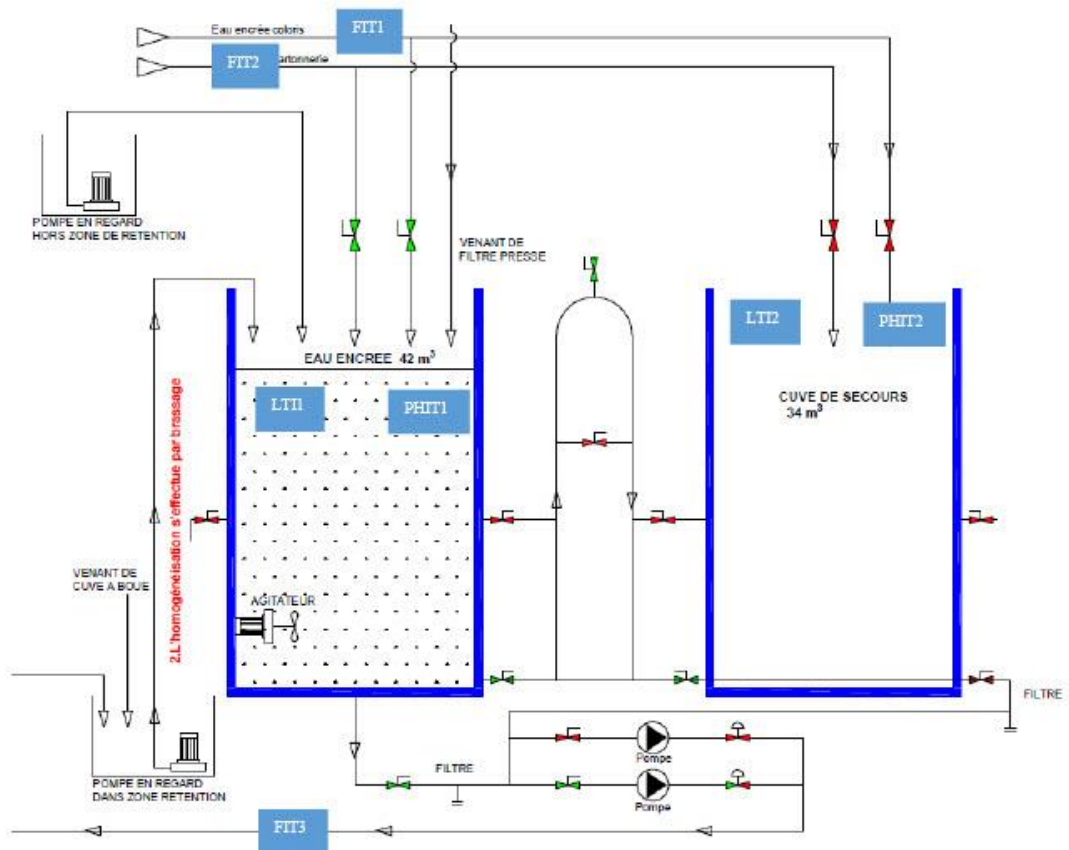


➤ Descriptif de la fonction

- La station a pour but le traitement des eaux venant de la cartonnerie et de Colorys.
- Le traitement des eaux est effectué selon l'enchaînement suivant:
 - Stockage des eaux à l'arrivée dans une cuve de 42 m³ couplée à une cuve de secours de 34 m³
 - Transfert dans une cuve de neutralisation de 7 m³, avec mélange à un coagulant pendant le transfert, puis équilibrage de la valeur pH réglable par butées sur une consigne par ajout d'acide ou de soude
 - Transfert dans une cuve réacteur 0.8 m³ pour précipitation des encres à l'aide de deux produits floculant et séquestrant selon un cycle défini modifiable.
 - Transfert dans une cuve à boue avant passage dans un filtre presse
 - Passage dans un filtre presse pour évacuation des boues
 - Evacuation des eaux vers le réseau d'eaux usées de la ville de Saint-Marcel

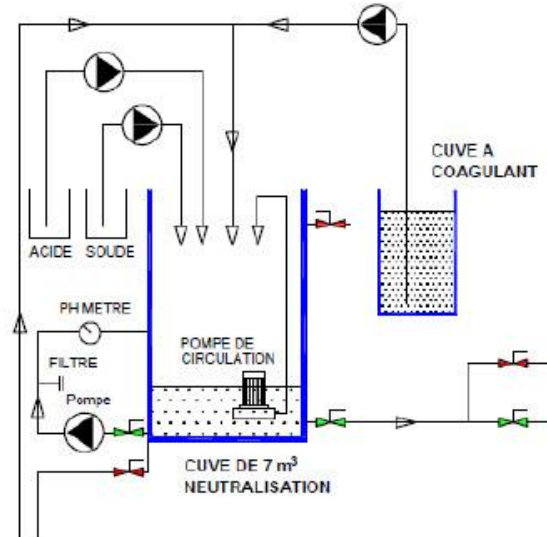
2. Découpage en Sous-ensembles fonctionnels

➤ Sous-ensemble cuves de réception des eaux



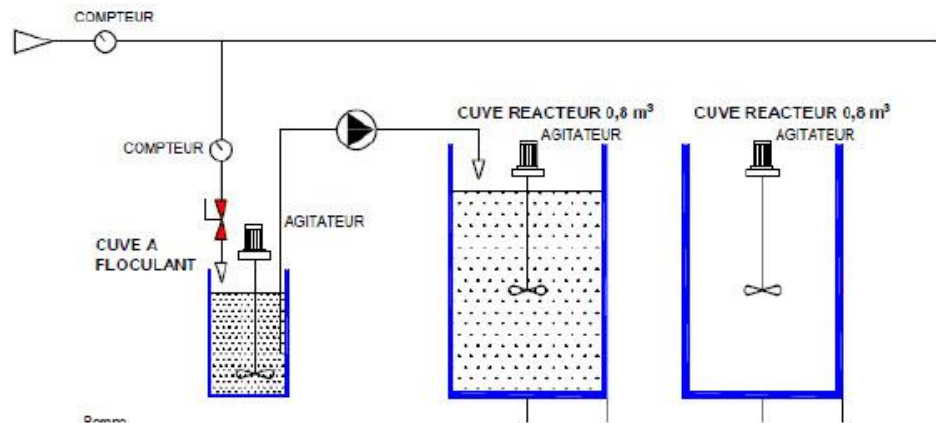
- Ce dernier est constitué de :
 - La cuve principale de 42 m³ équipée de :
 - Quatre détecteurs de niveau plus 1 sonde US LTI1 et 1 sonde de pH PHIT1
 - Un agitateur
 - Deux pompes de vidange des retentions
 - La cuve de secours de 34 m³ équipée de
 - Quatre détecteurs de niveau plus 1 sonde US LTI2 et 1 sonde de pH PHIT2
 - Deux pompes pour le transfert (normal secours) vers la cuve de neutralisation
 - Deux vannes à commande pneumatique
 - Rajout de 2 débitmètres FIT1 FIT2 pour quantifier les flux venant de la cartonnerie et de Colorys
 - Rajout d'un débitmètre FIT3 (récupération) en aval du pompage C1 et C2

➤ Sous-ensemble cuve de neutralisation



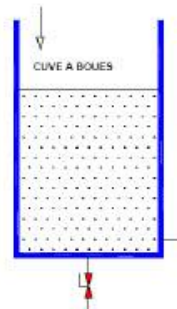
- Ce dernier est constitué de :
 - Une cuve de 7 m³
 - Une poire de détection de niveau haut
 - Une pompe de circulation en canard
 - Une pompe pour la mesure du pH
 - Un pH-mètre
 - Trois pompes de dosage pour :
 - L'acide
 - La soude
 - Le coagulant
 - Trois détections cuve vide (acide, soude, coagulant)
 - Deux pompes (normal secours) pour le transfert vers la cuve de réacteur
 - Deux vannes à commande pneumatique

➤ Sous-ensemble cuves de réaction



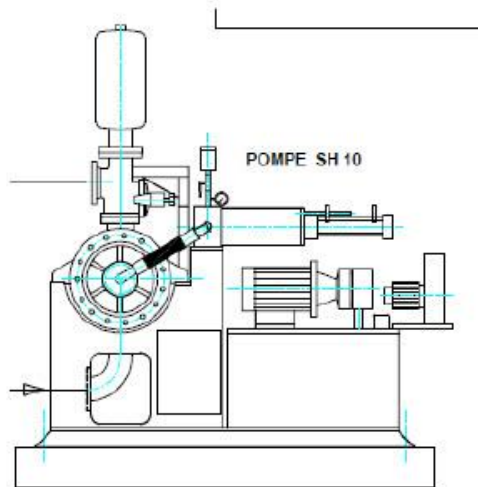
- Ce dernier est constitué :
 - Une cuve « réacteur »
 - Une cuve floculant
 - Un agitateur pour la cuve à floculant (préparation à base de poudre)
 - Un agitateur piloté par variateur sur la cuve de réaction
 - Une mesure de niveau effectuée par un détecteur de pression (poids de liquide = pression)
 - Deux pompes de dosages pour :
 - Le Floculant
 - Le séquestrant
 - Deux détections cuve vide (floculant par poire, séquestrant par système de dosage)
 - Deux vannes à commande par électrovanne dont une avec détection de position ouverte.

➤ Sous-ensemble cuve a boues



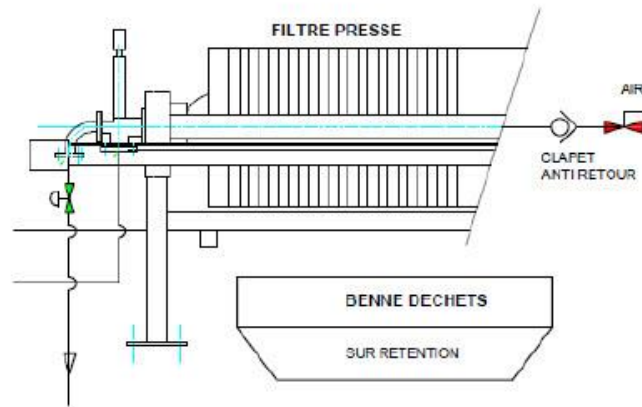
- Ce dernier est constitué :
 - Une cuve
 - Quatre détecteurs de niveau.

➤ Sous-ensemble Pompe SH10



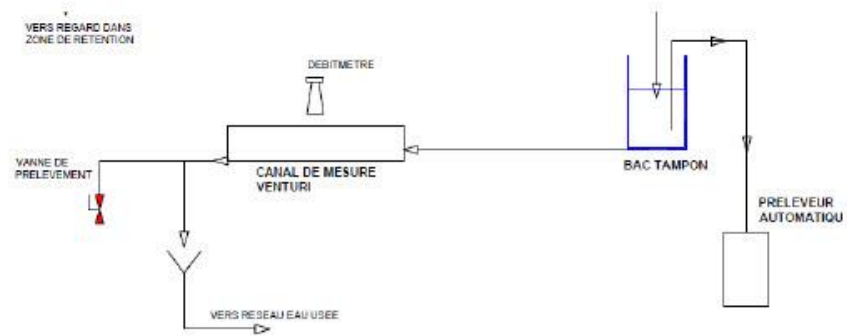
- Ce dernier est constitué :
 - Un groupe hydraulique constitué de :
 - Un moteur groupe hydraulique
 - Un moteur de ventilateur de refroidissement
 - Un distributeur bistable pour la commande du vérin
 - Un vérin hydraulique de pompage
 - Un pressostat
 - Deux détecteurs de position vérin

➤ Sous-ensemble Filtre presse



- Ce dernier est constitué :
 - Un groupe hydraulique constitué de :
 - Un moteur groupe hydraulique
 - Un moteur de ventilateur de refroidissement
 - Trois distributeurs bistables pour la commande du vérin, de la trappe et du chariot (bobine 115 V)
 - Un distributeur de mise en pression (bobine 115 V)
 - Un vérin hydraulique pour l'ouverture et la fermeture de la trappe
 - Deux détecteurs de position trappe
 - Un vérin hydraulique de mise en pression des étages de filtres
 - Un détecteur de position presse ouverte
 - Un chariot de dépilage/empilage de filtre
 - Un détecteur position initiale chariot
 - Deux vannes à commandes par distributeur pneumatique bistable contrôlées en position
 - Une électrovanne de commande d'air
 - Trois pressostats
 - Une boîte à bouton de commande
 - Deux câbles de sécurité
 - Une barrière immatérielle à remettre en état

➤ Sous-ensemble mesure en sortie



- Ce dernier est constitué :
 - Un bac tampon
 - Un canal de mesure venturi
 - Un pH-mètre et sonde de température
 - Un débitmètre
 - Un préleveur automatique
 - Un enregistreur graphique

3. Signalisation et boutonnerie

SIGNALISATION Armoire	Etat	
Voyant Alimentation Marche	Allumé fixe	Alimentation en marche
	Éteint	Alimentation a l'arrêt
Voyant Réacteur Marche	Allumé fixe	Cycle de réaction démarré
	Éteint	Cycle de réaction arrêté
Voyant Alarme incidents	Allumé fixe	Défaut détecté
	Éteint	Pas de défaut actif

SIGNALISATION Filtre presse	Etat	
Voyant Sous tension	Allumé Fixe	Filtre sous tension
	Eteint	Filtre Hors tension
Voyant Pression HY	Allumé Fixe	Pression groupe hydraulique OK
	Eteint	Pression groupe hydraulique NOK
Voyant défaut barrière	Allumé Fixe	Défaut sécurité
	Eteint	Pas de défaut sécurité

BOUTONNERIE Armoire	Action	Fonctions
BP Alimentation marche	Appui	Mise en marche alimentation
BP Alimentation arrêt	Appui	Mise en Arrêt alimentation
BP Réacteur marche	Appui	Mise en marche réacteur
BP Réacteur arrêt	Appui	Mise à l'arrêt réacteur
BP Arrêt station	Appui	Mise à l'arrêt de la station
Acquittement alarme	Appui	Acquittement des alarmes actives
Commutateur pompe alimentation réacteur	Position 1	Marche pompe 1 lors du cycle de transfert de la cuve de neutralisation vers la cuve réacteur
	Position 2	Marche pompe 2 lors du cycle de transfert de la cuve de neutralisation vers la cuve réacteur
Commutateur brassage effluent marche	Position marche	Marche de l'agitateur cuve d'arrivé
	Position arrêt	Arrêt de l'agitateur

	Position marche	Le brassage s'effectue pendant le cycle de neutralisation
	Position arrêt	Le brassage ne s'effectue pas pendant le cycle
Commutateur brassage neutral marche		
	Position 1	Marche pompe 1 lors du cycle de transfert de la cuve d'arrivée vers la cuve de neutralisation
	Position 2	Marche pompe 2 lors du cycle de transfert de la cuve d'arrivée vers la cuve de neutralisation
Commutateur alimentation neutral		
	Position marche	Le brassage ne s'effectue pas pendant le cycle de précipitation des encres
	Position arrêt	Le brassage ne s'effectue pas pendant le cycle
Commutateur brassage réacteur marche		
	Position marche	Marche du cycle de remplissage de la cuve neutralisation
	Position arrêt	Arrêt du cycle de remplissage de la cuve neutralisation
Commutateur remplissage cuve neutra		
	Action	Mise en marche de la pompe SH10 en dehors du cycle (sans gestion niveau)
Commutateur retour au centre forçage pompe SH10		
	Action	Autorise le débatissage du filtre presse
Commutateur à clef forçage débatissage		

BOUTONNERIE Filtre	Action	Fonctions
BP Fermeture filtre	Appui	Acquittement des défauts à l'automate
BP ouverture filtre	Appui	Mise en Arrêt d'urgence de la machine
BP marche pompe	Appui	Mise en Arrêt d'urgence de la machine
	Position Auto	Débatissage automatique (arrêt en fin de débatissage de tous les étages de filtration)
	Position Semi-auto	Débatissage semie-auto (débatissage des étages de filtration un par un avec appuie BP entre chaque)
Commutateur Semi auto/auto		
BP Arrêt filtre	Appui	Arrêt de la filtration
BP Arrêt Pompe	Appui	Arrêt De la pompe SH10
BP départ débatissage	Appui	

4. Mode de marche

- Il y a 3 modes de marche :
 - ARRET
 - MACHINE EN DEFAUT
 - MODE AUTOMATIQUE

5. Cycles de marches automatiques

➤ Neutralisation

- Pompes d'alimentation cuve de neutralisation :
 - L'alimentation se fait seulement si :
 - La cuve n'est pas pleine (niveau à poire).
 - L'alimentation vers le réacteur n'est pas active.
 - La cuve de stockage des eaux à l'arrivée n'est pas vide.
 - La sélection de la pompe se fait par commutateur avec basculement automatique sur l'autre pompe en cas de défauts
- Pompes acide et soude :
 - Si le pH descend en dessous d'une valeur mini, on actionne la pompe à soude jusqu'à ce que le pH revienne dans les limites voulues
 - S'il est trop élevé on actionne la pompe d'acide
 - Les limites hautes et basses sont définissables à l'écran
- Pompes de mesure pH
 - Elle permet de mesurer le pH de la cuve neutralisation, elle ne fonctionne qu'à partir d'un certain niveau.
- Pompe de brassage neutralisation :
 - Le brassage s'effectue à partir d'un certain niveau si le commutateur correspondant est en position marche

➤ Réacteur

- Pompes d'alimentation réacteur :
 - L'alimentation se fait seulement si :
 - La cuve neutralisation n'est pas pleine (niveau a poire)
 - Une demande d'alimentation vers le réacteur est active
 - Le pH de la cuve de neutralisation est bon
 - La sélection de la pompe se fait par commutateur avec basculement automatique sur l'autre pompe en cas de défauts.
- Le réacteur :
 - Il suit le cycle suivant :
 - Remplissage
 - Agitation lorsque le niveau est suffisant
 - Ajout du séquestrant (temps de marche pompe lors de l'ajout paramétrable sur l'IHM)
 - Attente réaction (temps paramétrable sur l'IHM)
 - Ajout Flocculant (temps de marche pompe lors de l'ajout paramétrable sur l'IHM)
 - Attente réaction (temps paramétrable sur l'IHM)
 - Vidange vers cuve à boue

➤ Filtration

- La pompe Hydraulique SH10
 - Elle fonctionne suivant les conditions suivantes :
 - La cuve à boue n'est pas vide a minima 3 réacteurs.
 - Le filtre est fermé et la vanne vers le filtre est ouverte
 - Pas de défauts filtre ou pompe SH10

- Le filtre presse
 - Son fonctionnement et le suivant :
 - Lors de la marche normale
 - Le filtre est fermé et il est maintenu fermé (commande fermeture si perte pressostat)
 - La vanne vers la cuve eau encreée est fermée
 - La vanne venant de la cuve à boue est ouverte
 - Pour le débatissage (Ouverture manuelle de la vanne d'air puis commande départ cycle par commutateur à clef).

 - les étapes sont les suivantes :
 - Fermeture vanne venant de la cuve à boue.
 - Ouverture de la vanne vers la cuve eau encreée.
 - Ouverture de la vanne d'air pour chasser le noyau.
 - Temporisation 1 pour chasser le noyau
 - Temporisation 2 pour séchage avant ouverture
 - Autorisation d'ouverture presse
 - Ouverture de la presse par commande BP
 - Recul du vérin jusqu'au détecteur position filtre ouvert
 - Ouverture de la trappe
 - Autorisation débatissage
 - Débatissage (Appui sur BP pour départ cycle):
 - Déplacement vers la droite du chariot jusqu'au seuil de pression
 - Déplacement vers la gauche pour dépiler les sections de filtration jusqu'au seuil de pression ou détection retour chariot position initiale.
 - Déplacement à droite si arrêt sur pression (Appui BP si mode semi-auto pour départ cycle sinon départ automatique)

o

6. Liste des défauts

	Défauts
1	Station hors tension
2	Défaut air comprimé
3	Cuve de stockage trop pleine
4	Cuve de neutralisation trop pleine
5	Cuve de réacteur trop pleine
6	Cuve a boue trop pleine
7	Défauts thermique moteurs brassages (1 par moteur)
8	Défauts thermique pompes de transferts (1 par pompe)
9	Défaut contrôle retour de marche contacteur de puissance moteur (1 par moteur/pompe)
10	Cuve acide vide
11	Cuve soude vide
12	Dépassement temps d'alimentation réacteur
13	Dépassement temps d'évacuation réacteur
14	pH filtration trop élevé
15	pH filtration trop faible
16	Barrière immatérielle filtre
17	Niveau huile groupe hydraulique filtre
18	Défaut pression filtre presse (rotule)
19	Défaut thermique groupe hydraulique filtre presse
20	Défaut thermique pompe hydraulique
21	Défaut thermique ventilateur pompe hydraulique
22	Niveau huile groupe hydraulique pompe
23	Défaut temps de fermeture filtre presse

7. Liste des actionneurs

➤ Sous-ensemble cuves de réception des eaux

- Un agitateur
- Deux pompes de vidange des rétentions
- Deux pompes pour le transfert vers la cuve de neutralisation
- Deux vannes à commande par électrovanne

➤ Sous-ensemble cuve de neutralisation

- Une pompe de circulation
- Une pompe pour la mesure du pH
- Trois pompes de dosage pour :
 - o L'acide
 - o La soude
 - o Le coagulant.
- Deux pompes pour le transfert vers la cuve de réacteur
- Deux vannes à commande par électrovanne

➤ Sous-ensemble cuves de réaction

- Un agitateur pour la cuve à floculant
- Un agitateur piloté par variateur sur la cuve de réaction
- Deux pompes de dosages pour :
 - Le Floculant
 - Le séquestrant
- Deux vannes à commande par électrovanne dont une avec détection de position ouverte

➤ Sous-ensemble cuve a boues

Pas d'actionneur

➤ Sous-ensemble Pompe SH10

- Un moteur groupe hydraulique
- Un moteur ventilateur de refroidissement
- Deux électrovannes de commande du vérin hydraulique de pompage (bobine 24 VAC)

➤ Sous-ensemble Filtre presse

- Un moteur groupe hydraulique
- Un moteur ventilateur de refroidissement
- Six électrovannes de commande hydraulique pour (bobine 115 VAC)
 - Le vérin hydraulique
 - Le chariot de dépilage/empilage de filtre
 - La trappe
- Une électrovanne de commande de mise en pression du système hydraulique
- Quatre électrovannes de commande d'ouverture/fermeture des vannes

8. Liste des détecteurs

➤ Sous-ensemble cuves de réception des eaux

- Quatre détecteurs de niveau cuve principale
- Quatre détecteurs de niveau cuve de secours
- 2 sondes ultrasons de niveau avec leur transmetteur
- 2 sondes de pH avec leur transmetteur
- 3 débitmètres

➤ Sous-ensemble cuve de neutralisation

- Une poire de détection de niveau haut
- Un pH-mètre
- Trois informations cuves (acide, soude et coagulant) vides

➤ Sous-ensemble cuve de réaction

- Une mesure de niveau effectuée par un détecteur de pression (poids de liquide = pression)
- Une Détection de position vanne ouverte
- Une poire de niveau vide pour la cuve de floculant
- information cuve séquestrant vide

➤ Sous-ensemble cuve a boues

- Quatre détecteurs de niveau.

➤ Sous-ensemble Pompe SH10

- Un pressostat
- Deux détecteurs de position de vérin pompe
- Un pressostat

➤ Sous-ensemble Filtre presse

- Quatre détections positions vannes électriques
- Un détecteur de position vérin presse
- Deux détecteurs de position volet
- Un détecteur de position initiale chariot
- Trois pressostats
- deux câbles de sécurité
- Une barrière immatérielle

➤ Sortie système

- Un pH-mètre et température
- Un débitmètre
- Un préleveur automatique pour mesure réglementaire

9. Nombre d'entrée/sortie

Sous-ensemble cuves de réception des eaux				
	entrée	sortie	entrée ana	sortie ana
détecteurs de niveau	4			
agitateur	2	1		
pompes de vidanges regard	4	2		
pompes transfert	4	2		
électrovanne de commande pneumatique		2		
Niveaux US			2	
Débitmètres			3	
Mesures pH			2	

Sous-ensemble cuve de neutralisation				
	entrée	sortie	entrée ana	sortie ana
poire de niveau	1			
pompe de circulation	2	1		
pompe filtre/mesure	2	1		
mesure pH			1	
pompes dosage	6	3		
pompes transfert	4	2		
électrovanne de commande pneumatique		2		

Sous-ensemble cuves de réaction				
	entrée	sortie	entrée ana	sortie ana
agitateur flocculant	2	1		
variateur agitateur réacteur	2	1		1
mesure de niveau			1	
pompes de dosage	4	2		
poire de niveau bas flocculant	1			
électrovanne de commande pneumatique	1	2		

Sous-ensemble cuve à boues				
	entrée	sortie	entrée ana	sortie ana
détection niveau	4			

Sous-ensemble Pompe SH10				
	entrée	sortie	entrée ana	sortie ana
pompe groupe hydraulique	2	1		
ventilateur groupe	2	1		
électrovanne hydraulique		2		
détecteur position vérin	2			
Niveau huile	1			
Pressostat	1			

Sous-ensemble Filtre presse				
	entrée	sortie	entrée ana	sortie ana
pompe groupe hydraulique	2	1		
ventilateur groupe	2	1		
électrovanne hydraulique		6		
pressostat	3			
vanne pilotée	4	4		
détection position vérin/chariot	4			
Niveau huile	1			
sécurité	3			
Signalisation/boutonnerie	7	3		

Sortie système				
	entrée	sortie	entrée ana	sortie ana
pH-mètre			1	
Température			1	
préleveur automatique	1			

Armoire				
	entrée	sortie	entrée ana	sortie ana
Signalisation/boutonnerie	14	3		
Pressostat air EV	1			

	entrée	sortie	entrée ana	sortie ana
total	93	42	13	1

10. Configuration automate pour rétrofit

La configuration automate nécessaire pour le rétrofit de l'installation est la suivante :

TYPE	REF	QT
IHM TP1200 Comfort	6AV2124-0MC01-0AX0	1
CPU 1511-1 PN	6ES7 511-1AK01-0AB0	1
DI 16x24VDC HF	6ES7 521-1BH00-0AB0	6
DQ 16x24VDC/0.5A HF	6ES7 522-1BH01-0AB0	3
AI 4xU/I/RTD/TC ST	6ES7 531-7QD00-0AB0	4
AQ 2xU/I ST	6ES7 532-5NB00-0AB0	1

11. Départ moteur, type et intensité

- Il y a Trois types de moteur

- Les moteurs pilotés en 400 V triphasés commandes TOR
- Les moteurs pilotés en 400 V triphasés commandes sur **variateur**
- Les pompes de dosage **Régulées** dont le boîtier de pilotage alimenté en 220 V Monophasé sur prise

Sous ensemble	N° moteur	type de départ	fonction	Protection	réglage Intensité
Réception	1	TOR	Pompe 1 transfert réception vers neutralisation	GV2ME07	2,5 A
	2	TOR	Pompe 2 transfert réception vers neutralisation	GV2ME07	2,5 A
	3	TOR	Agitateur cuve principale	GV2ME08	4 A
	4	TOR	pompe en regard 1	GV2ME08	3,5 A
	5	TOR	pompe en regard 2	GV2ME08	3,5 A
Neutralisation	6	TOR	Pompe 1 transfert neutralisation vers réacteur	GV2ME07	1,6 A
	7	TOR	Pompe 2 transfert neutralisation vers réacteur	GV2ME07	2,5 A
	8	Régulé	Pompe de dosage coagulant	Disjoncteur 10A	
	9	Régulé	Pompe de dosage acide	Disjoncteur 10A	
	10	Régulé	Pompe de dosage soude	Disjoncteur 10A	
	11	TOR	Pompe de circulation	GV2ME08	3,5 A
	12	TOR	Pompe filtration/mesure pH	GV2ME07	2,5 A
Réacteur	13	TOR	Agitateur Flocculant	GV2ME05	1 A
	14	VARIATEUR	Agitateur Réacteur	GV2ME08	3,75 A
	15	TOR	Pompe de dosage flocculant	GV2ME04	0,55 A
	16	Régulé	Pompe de dosage séquestrant	Disjoncteur 10A	
Pompe SH10	17	TOR	Groupe hydraulique pompe SH 10	GV2ME16	10 A
	18	TOR	Ventilateur Groupe hydraulique pompe SH 10	GV2ME07	3 A
Filtre	19	TOR	Groupe hydraulique Filtre	GV2ME14	9 A
	20	TOR	Ventilateur Groupe hydraulique Filtre	GV2ME07	2,5 A

12. Amélioration proposée lors du retrofit

- Automatisation
 - Création des défauts de contrôle mouvement (discordance)
 - Création de contrôle de fonctionnement des relais
 - Mise en place d'un écran 12" pour :
 - Visualisation du processus en temps réel (niveau cuve, états des actionneurs, transfert en cours, etc...)
 - Amélioration de la messagerie (état processus, attente condition, etc...)
 - Visualisation des défauts sur une page dédiée
 - Accès au paramétrage simplifié (une ou deux pages de paramétrage)
- Télégestion, supervision
 - Option : Visualisation du processus au local maintenance, par le biais du Raspberry et de Grafana, signalisation en temps réel des défauts (alarme sonore et visuelle), paramétrage à distance, visualisation des mesures avec possibilité d'alarme si mesure en dehors de la plage de tolérances
 - Ajout d'une passerelle pour :
 - Prise en main à distance
 - Possibilité d'envoi de SMS sur défaut
- Ajout de niveau analogique en parallèle des poires de niveau
 - Visualisation du niveau des cuves et du pH
 - Sécurisation processus (mise en parallèle des deux informations de niveau pour la gestion transfert) et détection d'un défaut sur des poires TOR (discordance entre la lecture niveau analogique et le niveau TOR)
 - Ajout de 3 débitmètres
- Ajout d'une deuxième barrière immatérielle sur le filtre presse

B Rapport DCO28



REFERENCES

Cde : N° 48207 / 2377221
Devis : DR21-03851_1
Reçu Rouen, le : 25/06/2021
Demandeur : M. BERTHIAUD Stéphane
Client ID : SMURFIT DU 24/06/2021
Description : EAU PRETRAITEE
Nature : EAU
Commentaire :
Etat à réception : Réfrigéré 7°C

AQUAPROX I-TECH
 28 AVENUE DES BETHUNES
 BP 19060
 SAINT-OUEN-L'AUMONE
 95071 CERGY-PONTOISE CEDEX
 FRANCE

Rouen, le 12 août 2021

RAPPORT D'ESSAI
RN21-09404.001 Page 1 / 4

Paramètre :

I- DCO SOLUBLE DURE
SELON LA METHODE DE BIODEGRADABILITE AEROBIE ULTIME
DES COMPOSES ORGANIQUES

- NF EN ISO 9888 ADAPTEE -

Principe : L'échantillon brut, utilisé à une concentration initiale en DCO (Demande Chimique en Oxygène) approximativement comprise entre 100 mg/L et 1000 mg/L (si possible) selon sa solubilité dans l'eau et sa toxicité vis-à-vis des bactéries de l'inoculum, estensemencé à l'aide d'une boue activée urbaine et aéré pendant 28 jours maximum.

Le suivi de la DCO s'effectue sur échantillon filtré à 0,45 µm, selon la norme ISO 15705. Les valeurs obtenues à l'issue des 28 jours d'essai sont représentatives de celles que l'on peut obtenir lors d'un traitement biologique à faible charge.

La substance de référence pour cet essai est le benzoate de sodium.

Inoculum : Boue activée prélevée à la station d'épuration de l'agglomération de Rouen le 25/06/2021 et conservée sous aération en milieu nutritif.

(1) Essai sous traité dans un laboratoire SGS

(2) Essai sous traité dans un laboratoire partenaire.

(1)(2) Rapport d'essai disponible sur demande

Ce document est émis par la Société conformément à ses Conditions Générales de Service, disponibles sur demande ou accessibles sur http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm et, pour les documents sous format électronique, conformément aux termes et conditions régissant l'émission et l'utilisation de documents électroniques sur <http://www.sgs.com/clients/Informations/Conditions/Informations/Document.aspx>. Nous attirons votre attention sur les clauses de limitation de la responsabilité, d'indemnisation et de juridiction et d'utilisation des marques SGS et CDFRAC qui y sont définies. Tout détenteur de ce document est informé que son contenu reflète uniquement les faits tels qu'ils sont relevés par la société au moment de son intervention uniquement et le cas échéant dans le limite des instructions reçues par son client. La société n'est tenue responsable qu'envers son client. Ce document ne saurait exonérer toute partie à une transaction d'essayer préalablement tous ses droits et remplir ses obligations légales et contractuelles. Ce document ne peut pas être reproduit, excepté dans son intégralité, sans accord préalable écrit de la Société. Toute modification non autorisée, addition ou falsification du contenu ou de la forme du présent document est illégale et les contrevenants sont passibles de toutes poursuites prévues par la loi. A moins qu'il en soit disposé autrement, les résultats présentés dans ce document se rapportent seulement à (aux) échantillon(s) analysé(s). Ces (ces) échantillon(s) est (sont) conservé(s) 60 jours seulement (voire moins selon la nature de l(es) échantillon(s)) ou plus les 60 jours selon demande spécifique du client.

ATTENTION : (les) échantillon(s) dont les résultats enregistrés ici se rapportent à (ont) été prélevé(s) et/ou fourni(s) par le client ou par un tiers agissent pour le compte du client. Les résultats ne constituent aucune garantie de la représentativité de tous les produits de l'échantillon et surtout liés à l'échantillon(s). La Société n'assume aucune responsabilité à l'égard de l'origine ou de la source à partir de laquelle l'échantillon(s) est/ont été être extraite(s).

SGS France

Laboratoire de Rouen - 65 rue Etienne Bugatti - BP 90014 - 76801 St Etienne du Rouvray - t +33 (0)2 35 07 91 91 - www.fr.sgsroup.fr

Membre du groupe SGS

Siège social : 29 Avenue Aristide Briand 94111 ARCUEIL CEDEX - SAS au capital de 3 172 813 € - APE 7010Z - SIREN 552 031 650 - N° TVA Intracommunautaire : FR 91 55 20 316 80

- Echantillon :**
- Echantillon d'eau « SMURFIT DU 24/06/2021 »
 - Echantillon prélevé par le client le 24/06/2021
 - Mode de conservation avant essai : réfrigéré

Echantillon	RN21-09404.001
DCO sur échantillon brut (mg O ₂ /L)	2238
DCO sur échantillon filtré (mg O ₂ /L)	2210

NB : Une prise d'essai de 226 mL d'échantillon est mise en contact avec 133 mL de boue activée et le volume d'essai est ajusté à 1 L avec du milieu minéral.

Matériels utilisés :

Balances
 Salle d'essai thermostatée
 Système d'eau déminéralisée
 Table d'agitation
 Burette et tubes à DCO

Réactifs utilisés :

DCO

Dichromate de potassium 0,04 mol/L avec sulfate de mercure
 Sel tétrasodique de l'acide phthalocyanine tétrasulfonique de cuivre (II) en solution à 0,666 g/L
 Sulfate d'argent à 10 g/L dans l'acide sulfurique
 Acide sulfurique 4 mol/L
 Sulfate de fer(II) et d'ammonium hexahydraté
 Acide sulfurique 98%
 Ferroïne

Milieu d'essai

Dihydrogénophosphate de potassium
 Monohydrogénophosphate de dipotassium
 Monohydrogénophosphate de disodium
 Chlorure d'ammonium
 Chlorure de calcium
 Sulfate de magnésium
 Chlorure de fer(III)

Dates d'analyse :

J=0 : 30/06/2021 J=2 : 02/07/2021 J=7 : 07/07/2021
 J=14 : 14/07/2021 J=21 : 21/07/2021 J=28 : 28/07/2021

(1) Essai sous traité dans un laboratoire SGS (2) Essai sous traité dans un laboratoire partenaire. (1)(2) Rapport d'essai disponible sur demande
 Ce document est émis par la Société conformément à ses Conditions Générales de Service, disponibles sur demande ou accessibles sur http://www.sgs.com/fr/terms_and_conditions.htm et, pour les documents sous format électronique, conformément aux termes et conditions régissant l'émission et l'utilisation de documents électroniques sur <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Terms-e-Document.aspx>.
 Nous attirons votre attention sur les clauses de limitation de la responsabilité, d'indemnisation et de juridiction et d'utilisation des marques (SGS et CDPRAC) qui y sont définies. Tout détenteur de ce document est informé que son contenu reflète uniquement les faits tels qu'ils sont relevés par le spécialiste au moment de son inspection uniquement et le cas échéant dans la limite des instructions reçues par son client. La société n'est ainsi responsable qu'envers son client. Ce document ne saurait constituer toute partie à une transaction d'acheter, pleinement tous ses droits et remplir ses obligations légales et contractuelles. Ce document ne peut pas être reproduit, excepté dans son intégralité, sans accord préalable écrit de la Société.
 Toute modification non autorisée, altération ou falsification du contenu ou de la forme du présent document est, légal(e) et, les contrevenants sont passibles de toutes poursuites prévues par la loi.
 A moins qu'il en soit disposé autrement, les résultats présentés dans ce document se rapportent seulement à l'(aux) échantillon(s) analysé(s). Ce(s) échantillon(s) est (sont) conservé(s) 60 jours seulement (voire moins selon la nature de l'(des) échantillon(s)) ou plus de 60 jours selon demande spécifique du client.
 ATTENTION : l'(es) échantillon(s) dont les résultats enregistrés ici se rapportent à l'(ont) été prélevé(s) et/ou fourni(s) par le client ou par un tiers agissant pour le compte du client. Les résultats ne constituent aucune garantie de la représentativité de tous les produits de l'échantillon et, strictement liés à l'échantillon(s). La Société n'assume aucune responsabilité à l'égard de l'origine ou de la source à partir de laquelle l'échantillon(s) est/sont été être extraite(s).

Résultats :

 > Evolution de la DCO dans les flacons d'essai au cours du temps (en mg O₂/L) :

	J0	J2	J7	J14	J21	J28
Témoïn	5	7	15	14	14	8
Référence	463	50	13	11	11	7
RN21-09404.001	482	122	38	32	30	23

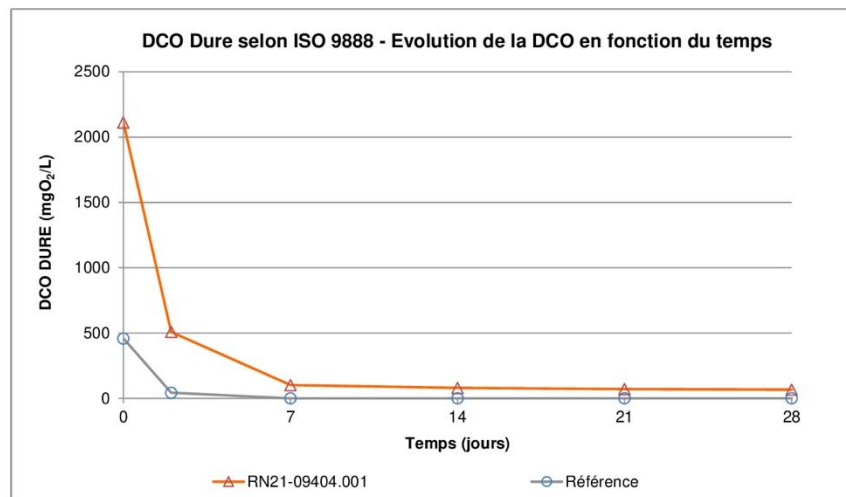
 > Evolution de la **DCO dure** calculée au cours du temps (en mg O₂/L) :

	J0	J2	J7	J14	J21	J28
Référence	458	43	<10	<10	<10	<10
RN21-09404.001	2210	509	102	80	71	66

 > **Biodégradation** au cours du temps (en %) :

	J0	J2	J7	J14	J21	J28
Référence	0	90,6	100	100	100	100
RN21-09404.001	0	77,0	95,4	96,4	96,8	97,0

> Courbes :


 Remarques : Le temps de latence est inférieur à 2 jours (durée nécessaire pour atteindre 10% de biodégradation),
 La DCO de la référence a diminué de plus de 70% en moins de 14 jours (essai valide).

(1) Essai sous traité dans un laboratoire SGS (2) Essai sous traité dans un laboratoire partenaire. (1)(2) Rapport d'essai disponible sur demande
 Ce document est émis par la Société conformément à ses Conditions Générales de Service, disponibles sur demande ou accessibles sur http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm et, pour les documents sous format électronique, conformément aux termes et conditions régissant l'émission et l'utilisation de documents électroniques sur <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Terms-e-Documents.aspx>.
 Nous attirons votre attention sur les clauses de limitation de la responsabilité, d'indemnisation et de juridiction et d'utilisation des marques (SGS et CDPRAC) qui y sont définies. Tout détenteur de ce document est informé que son contenu reflète uniquement les faits tels qu'ils sont relevés par le spécialiste au moment de son inspection uniquement et le cas échéant dans la limite des instructions reçues par son client. La société n'est ainsi responsable qu'envers son client. Ce document ne saurait constituer toute partie à une transaction d'acheter, pleinement tous ses droits et remplir ses obligations légales et contractuelles. Ce document ne peut pas être reproduit, excepté dans son intégralité, sans accord préalable écrit de la Société.
 Toute modification non autorisée, altération ou falsification du contenu ou de la forme du présent document est illégale et les contrevenants sont passibles de toutes poursuites prévues par la loi.
 A moins qu'il en soit disposé autrement, les résultats présentés dans ce document se rapportent seulement à l'(aux) échantillon(s) analysé(s). Ces (ces) échantillon(s) est (sont) conservé(s) 60 jours seulement (voire moins selon la nature de l'(des) échantillon(s)) ou plus de 60 jours selon demande spécifique du client.
 ATTENTION : l'(es) échantillon(s) dont les résultats enregistrés ici se rapportent à l'(ont) été prélevé(s) et/ou fourni(s) par le client ou par un tiers agissant pour le compte du client. Les résultats ne constituent aucune garantie de la représentativité de tous les produits de l'échantillon et surtoutment liés à l'échantillon(s). La Société n'assume aucune responsabilité à l'égard de l'origine ou de la source à partir de laquelle l'échantillon(s) est/ont été être extraite(s).

Interprétations :

Le taux de biodégradation de la référence atteint 70% en moins de 14 jours. L'essai est donc valide et la boue biologique utilisée est bien active dans les conditions du test.

Après 28 jours d'essai, une diminution de 97,0% de la teneur en DCO a été observée pour l'échantillon « SMURFIT DU 24/06/2021 » RN21-09404.001 dans les conditions du test, correspondant à une DCO soluble dure de 66 mgO₂/L.

Conclusion :

SMURFIT DU 24/06/2021 RN21-09404.001	
DCO soluble dure	66 mgO ₂ /L
Taux de biodégradabilité	97,0%
Durée d'essai	28 jours
Boue biologique utilisée	STEP de Rouen / active

Paramètre :
**II- DBO5 - BEMANDE BIOLOGIQUE EN OXYGENE
- NF EN ISO 5815-1 -**

A l'issue de l'essai de DCO dure (J28), des prélèvements aliquotes dans les flacons Témoin et Echantillon ont été filtrés et congelés en vue d'une mesure de DBO5.

Aliquote prélevé	Dates d'analyse	Resultat	
		Prélèvement de DCO dure	Echantillon natif RN21-09404.001
Témoin J28	du 06 au 11/08/2021	DBO5 < 1 mg/L	DBO5 < 5 mg/L
Echantillon J28		DBO5 < 1 mg/L	

Résultats validés électroniquement par

**Aline JOURDAN
Responsable Projet**

Tel : +33 6 23 73 30 86



Cette validation est une signature électronique ; elle est réalisée conformément aux exigences du référentiel ISO 17025

(1) Essai sous traité dans un laboratoire SGS (2) Essai sous traité dans un laboratoire partenaire. (1)(2) Rapport d'essai disponible sur demande
 Ce document est émis par la Société conformément à ses Conditions Générales de Service, disponibles sur demande ou accessibles sur http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm et, pour les documents sous format électronique, conformément aux termes et conditions régissant l'émission et l'utilisation de documents électroniques sur <http://www.sgs.com/en/Forms-and-Conditions/Forms-e-Documents.aspx>.
 Nous attirons votre attention sur les clauses de limitation de la responsabilité, d'indemnisation et de juridiction et d'utilisation des marques (SGS et CDPRAC) qui y sont définies. Tout détenteur de ce document est informé que son contenu reflète uniquement les faits tels qu'ils sont relevés par le spécialiste au moment de son inspection uniquement et le cas échéant dans la limite des instructions reçues par son client. La société n'est ainsi responsable qu'envers son client. Ce document ne saurait constituer toute partie à une transaction d'achat, ni remplir ses obligations légales et contractuelles. Ce document ne peut pas être reproduit, excepté dans son intégralité, sans accord préalable écrit de la Société.
 Toute modification non autorisée, altération ou falsification du contenu ou de la forme du présent document est, légal et, les contrevenants sont passibles de toutes poursuites prévues par la loi.
 A moins qu'il en soit disposé autrement, les résultats présentés dans ce document se rapportent uniquement à l'(aux) échantillon(s) analysé(s). Ces (ces) échantillon(s) est (sont) conservé(s) 60 jours seulement (voire moins selon la nature de l'(des) échantillon(s)) ou plus de 60 jours selon demande spécifique du client.
 ATTENTION : l'(es) échantillon(s) dont les résultats enregistrés ici se rapportent à l'(aux) échantillon(s) prélevé(s) et/ou fourni(s) par le client ou par un tiers agissant pour le compte du client. Les résultats ne constituent aucune garantie de la représentativité de tous les produits de l'échantillon et, surtout, liés à l'échantillon(s). La Société n'assume aucune responsabilité à l'égard de l'origine ou de la source à partir de laquelle l'échantillon(s) est/est ont été obtenu(s).

DEPART SUR TR4

SMURFIT KAPPA

Mr PETIT

27 VERNON

IND	DATE	MODIFICATIONS	
		SLTE MOLINAS 28 VERNOUILLET	Créé le 16/8/2021 par MOLINAS
			Vérifié le par
No Affaire : <small>Conception - Mode manuel</small>			INDICE 1/8
<small>Dessin généré par Elec Calc version : 3.8.2.9</small>		<small>Référentiel : NF C 15-100 < 2015</small>	<small>Avis technique UTE 15L604</small>
<small>Ce document est la propriété de : SLTE</small>		<small>Imprimé le : 16/08/2021 - 13:42</small>	

Sommaire

Titre	Page
DEPART SUR TR4	1
Sommaire	2
Résultats des sources	3
Circuit1	4
Circuit2	5
Camet de câbles	6
Récapitulatif des longueurs de cable	7
Camet de réglage	8

SLTE
MOLINAS
28 VERNOUILLET

DEPART SUR TR4

INDICE

No Affaire :
Conception - Mode manuel

2/8

Résultats des sources

Repère	Type		Max	Min	
TR1	Transformateur HTBT				
Puissance: 1600 kVA		Ik3	34.73 kA	31.42 kA	Couplage: Triangle-Etoile (Dy)
S.L.T.: ITAN		Ik2	30.08 kA	27.21 kA	Dielectrique: Huile
Tension: 400 V		Ik1	35.86 kA	32.44 kA	Ucc: 6.00 %
Courant: 2309 A		Ief	--- kA	32.44 kA	

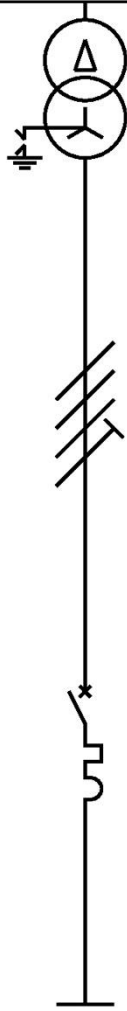
SLTE
MOLINAS
28 VERNOUILLET

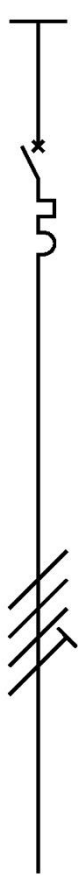
DEPART SUR TR4

INDICE

No Affaire :
Conception - Mode manuel

3/8

Circuit1		Référentiel: NF C 15-100 < 2015 Désignation: TR4																																
Venant de: TR1 Allant vers: TD1																																		
Polarité: Triphasé Régime du neutre: ITAN Delta U max: 8 % Correct Puissance: 1274.79 kW Tension: 400 V Th: 15 % < TH < 33 % Ib: 2300 A Cos: 0.8																																		
	TR1 Correct																																	
	Fréquence: 50 Hz																																	
	Puissance: 1600 kVA																																	
	Courant d'emploi: 2309 A																																	
	Tension: 400 V																																	
	Ucc: 6.00 %																																	
C1 Correct																																		
Type: Multiconducteur avec PE																																		
Longueur: 10 m																																		
Mode de pose: 13																																		
Pose symétrique: Oui																																		
Groupement: Nbr cable/couche : 1 Nbr couche : 1																																		
Température: 30 °C																																		
Présence LES/LEL: Non																																		
Tension sécurité: 50 V																																		
Tolérance: 0 %																																		
Coeff client: 1.00																																		
Risque BE3: Non																																		
Risque BE2: Non																																		
Coeff déclass: 1.00																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 30%;">Phase</th> <th style="width: 30%;">Neutre</th> <th style="width: 10%;">Pe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Section</td> <td>4*500 mm2 Cuivre</td> <td></td> <td>1*300 mm2 Cuivre</td> </tr> <tr> <td>Smin Cu</td> <td>4*303.39 mm2</td> <td></td> <td>1*143.49 mm2</td> </tr> <tr> <td>Smin Alu</td> <td>4*467.84 mm2</td> <td></td> <td>218.29 mm2</td> </tr> <tr> <td>C. th.</td> <td>4.238 s</td> <td></td> <td>9.666 s</td> </tr> <tr> <td>Tf</td> <td>0.020 s</td> <td></td> <td>0.020 s</td> </tr> <tr> <td>I2t</td> <td>24</td> <td></td> <td>3.808</td> </tr> <tr> <td>K2S2</td> <td>81796</td> <td></td> <td>1840</td> </tr> </tbody> </table>				Phase	Neutre	Pe	Section	4*500 mm2 Cuivre		1*300 mm2 Cuivre	Smin Cu	4*303.39 mm2		1*143.49 mm2	Smin Alu	4*467.84 mm2		218.29 mm2	C. th.	4.238 s		9.666 s	Tf	0.020 s		0.020 s	I2t	24		3.808	K2S2	81796		1840
	Phase	Neutre	Pe																															
Section	4*500 mm2 Cuivre		1*300 mm2 Cuivre																															
Smin Cu	4*303.39 mm2		1*143.49 mm2																															
Smin Alu	4*467.84 mm2		218.29 mm2																															
C. th.	4.238 s		9.666 s																															
Tf	0.020 s		0.020 s																															
I2t	24		3.808																															
K2S2	81796		1840																															
Ik3 max: 33.73 kA																																		
Ik2 max: 29.21 kA																																		
Ik1 max:																																		
Ief min: 13.8 kA																																		
Imag Ph/Ph: 22000 A																																		
Imag Ph/N:																																		
Imag Ph/Pe: 22999 A																																		
Critère: Surcharge																																		
Delta U: 0.21 %																																		
Delta U totale: 0.21 %																																		
Zpe: 1.12 mOhms																																		
TL: 5.00 s																																		
Uc: 15.51 V																																		
Iz: 3436.75 A																																		
L max: 14 m																																		
D1 Correct																																		
Dispositif: D.U.G.																																		
Charge du neutre: 0.0																																		
Calibre:																																		
DDR: Non																																		
Type:																																		
Seuil:																																		
Temps de fonctionnement:																																		
I thermique: 2500 A																																		
I magnétique: 21399 A																																		
Temps de fonctionnement: 0.02 s																																		
I instantané: Off																																		
Temps de l'instantané: 0																																		
Pouvoir de coupure: 36 kA																																		
En filiation avec:																																		
PdC IT/TN: 36 kA																																		
TD1 Correct																																		
Delta U totale: 0.21 %																																		
Max Min																																		
Ik3 33.73 kA 30.48 kA																																		
Ik2 29.21 kA 26.4 kA																																		
Ik1																																		
Ief --- kA 13.8 kA																																		
SLTE MOLINAS 28 VERNOUILLET		DEPART SUR TR4	INDICE																															
		No Affaire : Conception - Mode manuel	4/8																															
Dessin généré par Elec Calc version : 3.8.2.9 Ce document est la propriété de : SLTE		Référentiel : NF C 15-100 < 2015 Imprimé le : 16/08/2021 - 13:42																																
		Avis technique UTE 15L604																																

Circuit2		Référentiel: NF C 15-100 < 2015 Désignation:																																																	
Venant de: TD1 Allant vers:																																																			
Polarité: Triphasé Puissance: 55.43 kW		Régime du neutre: ITAN Tension: 400 V Th: 15 % < TH < 33 % Ib: 100 A																																																	
		Delta U max: 6 % Correct Cos: 0.8																																																	
	TD1 Correct																																																		
	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Max</td> <td style="text-align: center;">Min</td> <td colspan="2" style="text-align: right;">Delta U totale: 0.21 %</td> </tr> <tr> <td>Ik3 33.73 kA</td> <td>30.48 kA</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Ik2 29.21 kA</td> <td>26.4 kA</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Ik1</td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Ief --- kA</td> <td>13.8 kA</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>		Max	Min	Delta U totale: 0.21 %		Ik3 33.73 kA	30.48 kA			Ik2 29.21 kA	26.4 kA			Ik1				Ief --- kA	13.8 kA																															
	Max	Min	Delta U totale: 0.21 %																																																
	Ik3 33.73 kA	30.48 kA																																																	
Ik2 29.21 kA	26.4 kA																																																		
Ik1																																																			
Ief --- kA	13.8 kA																																																		
D2 Correct																																																			
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Dispositif: D.U.G.</td> <td style="width: 50%;">I thermique: 125 A</td> </tr> <tr> <td>Charge du neutre: 0.0</td> <td>I magnétique: 346 A</td> </tr> <tr> <td>Calibre:</td> <td>Temps de fonctionnement: 0.02 s</td> </tr> <tr> <td>DDR: Non</td> <td>I instantané: Off</td> </tr> <tr> <td>Type:</td> <td>Temps de l'instantané: 0</td> </tr> <tr> <td>Seuil:</td> <td>Pouvoir de coupure: 36 kA</td> </tr> <tr> <td>Temps de fonctionnement:</td> <td>En filiation avec:</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right;">PdC IT/TN: 36 kA</td> </tr> </table>		Dispositif: D.U.G.	I thermique: 125 A	Charge du neutre: 0.0	I magnétique: 346 A	Calibre:	Temps de fonctionnement: 0.02 s	DDR: Non	I instantané: Off	Type:	Temps de l'instantané: 0	Seuil:	Pouvoir de coupure: 36 kA	Temps de fonctionnement:	En filiation avec:	PdC IT/TN: 36 kA																																			
Dispositif: D.U.G.	I thermique: 125 A																																																		
Charge du neutre: 0.0	I magnétique: 346 A																																																		
Calibre:	Temps de fonctionnement: 0.02 s																																																		
DDR: Non	I instantané: Off																																																		
Type:	Temps de l'instantané: 0																																																		
Seuil:	Pouvoir de coupure: 36 kA																																																		
Temps de fonctionnement:	En filiation avec:																																																		
PdC IT/TN: 36 kA																																																			
C2 Correct																																																			
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Type: Multiconducteur avec PE</td> <td>Tension sécurité: 50 V</td> <td>Coeff client: 1.00</td> </tr> <tr> <td>Longueur: 200 m</td> <td>Température: 30 °C</td> <td>Risque BE3: Non</td> </tr> <tr> <td>Mode de pose: 13</td> <td>Tolérance: 4 %</td> <td>Risque BE2: Non</td> </tr> <tr> <td>Pose symétrique: Oui</td> <td>Présence LES/LEL: Oui</td> <td>Coeff déclasst: 1.04</td> </tr> <tr> <td>Groupement: Nbr cable/couche : 1</td> <td>Nbr couche : 1</td> <td></td> </tr> </table>				Type: Multiconducteur avec PE	Tension sécurité: 50 V	Coeff client: 1.00	Longueur: 200 m	Température: 30 °C	Risque BE3: Non	Mode de pose: 13	Tolérance: 4 %	Risque BE2: Non	Pose symétrique: Oui	Présence LES/LEL: Oui	Coeff déclasst: 1.04	Groupement: Nbr cable/couche : 1	Nbr couche : 1																																		
Type: Multiconducteur avec PE	Tension sécurité: 50 V	Coeff client: 1.00																																																	
Longueur: 200 m	Température: 30 °C	Risque BE3: Non																																																	
Mode de pose: 13	Tolérance: 4 %	Risque BE2: Non																																																	
Pose symétrique: Oui	Présence LES/LEL: Oui	Coeff déclasst: 1.04																																																	
Groupement: Nbr cable/couche : 1	Nbr couche : 1																																																		
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 20%;">Phase</th> <th style="width: 20%;">Neutre</th> <th style="width: 30%;">Pe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Section</td> <td>1*35 mm2 Cuivre PRC</td> <td></td> <td>1*35 mm2 Cuivre PRC</td> </tr> <tr> <td>Smin Cu</td> <td>90°C 1*29.39 mm2</td> <td></td> <td>90°C 1*13.65 mm2</td> </tr> <tr> <td>Smin Alu</td> <td>1*46.70 mm2</td> <td></td> <td>20.76 mm2</td> </tr> <tr> <td>C. th.</td> <td>0.022 s</td> <td></td> <td>145 s</td> </tr> <tr> <td>Tf</td> <td>0.020 s</td> <td></td> <td>0.020 s</td> </tr> <tr> <td>I2t</td> <td>23</td> <td></td> <td>3.466 x 10e-3</td> </tr> <tr> <td>K2S2</td> <td>25.050</td> <td></td> <td>25.050</td> </tr> <tr> <td>Ik3 max: 2.3 kA</td> <td>Imag Ph/Ph: 1191 A</td> <td>Delta U: 5.11 %</td> <td>TL: 5.00 s</td> </tr> <tr> <td>Ik2 max: 2 kA</td> <td>Imag Ph/N:</td> <td>Delta U totale: 5.32 %</td> <td>Uc: 0.00 V</td> </tr> <tr> <td>Ik1 max:</td> <td>Imag Ph/Pe: 347 A</td> <td>Zpe: 0.00 mOhms</td> <td>Iz: 164.49 A</td> </tr> <tr> <td>Ief min: 0.42 kA</td> <td>Critère: Chute de tension</td> <td></td> <td>L max: 700 m</td> </tr> </tbody> </table>					Phase	Neutre	Pe	Section	1*35 mm2 Cuivre PRC		1*35 mm2 Cuivre PRC	Smin Cu	90°C 1*29.39 mm2		90°C 1*13.65 mm2	Smin Alu	1*46.70 mm2		20.76 mm2	C. th.	0.022 s		145 s	Tf	0.020 s		0.020 s	I2t	23		3.466 x 10e-3	K2S2	25.050		25.050	Ik3 max: 2.3 kA	Imag Ph/Ph: 1191 A	Delta U: 5.11 %	TL: 5.00 s	Ik2 max: 2 kA	Imag Ph/N:	Delta U totale: 5.32 %	Uc: 0.00 V	Ik1 max:	Imag Ph/Pe: 347 A	Zpe: 0.00 mOhms	Iz: 164.49 A	Ief min: 0.42 kA	Critère: Chute de tension		L max: 700 m
	Phase	Neutre	Pe																																																
Section	1*35 mm2 Cuivre PRC		1*35 mm2 Cuivre PRC																																																
Smin Cu	90°C 1*29.39 mm2		90°C 1*13.65 mm2																																																
Smin Alu	1*46.70 mm2		20.76 mm2																																																
C. th.	0.022 s		145 s																																																
Tf	0.020 s		0.020 s																																																
I2t	23		3.466 x 10e-3																																																
K2S2	25.050		25.050																																																
Ik3 max: 2.3 kA	Imag Ph/Ph: 1191 A	Delta U: 5.11 %	TL: 5.00 s																																																
Ik2 max: 2 kA	Imag Ph/N:	Delta U totale: 5.32 %	Uc: 0.00 V																																																
Ik1 max:	Imag Ph/Pe: 347 A	Zpe: 0.00 mOhms	Iz: 164.49 A																																																
Ief min: 0.42 kA	Critère: Chute de tension		L max: 700 m																																																
SLTE MOLINAS 28 VERNUILLET		DEPART SUR TR4	INDICE																																																
		No Affaire : Conception - Mode manuel	5/8																																																
Dessin généré par Elec Calc version : 3.8.2.9 Ce document est la propriété de : SLTE		Référentiel : NF C 15-100 < 2015 Imprimé le : 16/08/2021 - 13:42																																																	
		Avis technique UTE 15L604																																																	

Carnet de câbles

Repère	Circuit	Neutre	Type	Polarité
Longueur	Phase		Pe	
C1	Circuit1		Multiconducteur avec PE	Triphasé
10 m	4*500mm2 Cuivre PRC 90°C		1*300mm2 Cuivre PRC 90°C	
C2	Circuit2		Multiconducteur avec PE	Triphasé
200 m	1*35mm2 Cuivre PRC 90°C		1*35mm2 Cuivre PRC 90°C	
SLTE MOLINAS 28 VERNOUILLET			DEPART SUR TR4	INDICE
			No Affaire : Conception - Mode manuel	6/8

Dessin généré par Elec Calc version : 3.8.2.9
Ce document est la propriété de : SLTE

Référentiel : NF C 15-100 < 2015 Avis technique UTE 15L604
Imprimé le : 16/08/2021 - 13:42

Récapitulatif des longueurs de cable

Type	Longueur
1*35mm2 Cuivre PRC 90°C	200
4*500mm2 Cuivre PRC 90°C	40

SLTE MOLINAS 28 VERNOUILLET	DEPART SUR TR4	INDICE
	No Affaire : Conception - Mode manuel	7/8

Carnet de réglage

Repère I th.	I mag.	Dispositif		Référence commerciale		DDR
		Calibre	PdC	Filiation	Tf	
D1 2500 A	21399 A	D.U.G.	36 kA		0.02 s	Non
D2 125 A	346 A	D.U.G.	36 kA		0.02 s	Non
SLTE MOLINAS 28 VERNOUILLET				DEPART SUR TR4		INDICE
				No Affaire : Conception - Mode manuel		8/8



PROJET : Optimisation et amélioration de la STEP industrielle

NOM DU DOCUMENT : Note de calcul process de l'unité de traitement des eaux
 REFERENCE : P2110

0	17/08/2021	Première diffusion	J. FILTZ
Indice	Date	Description de la révision	Rédaction

NOTE DE CALCUL PROCESS



Personne en charge du dossier:
Sandrine NOEL
Mail: s.noel@cohin-environnement.com
Tél: 01.84.73.21.21
Port: 07.68.12.20.00

Bureaux France:
COHIN ENVIRONNEMENT
2 Impasse des Gendarmes
78000 VERSAILLES
FRANCE
Tél: 01.84.73.21.21
Fax: 01.84.73.21.22
Mail: contact@cohin-environnement.com
Site internet: www.cohin-environnement.com

Sommaire

1.	FILIERE RETENUE	4
2.	SYNOPTIQUE DE L'INSTALLATION....	5
3.	NOTE DE CALCUL.....	6
3.1.	CRITERES DE CONCEPTION	6
3.2.	ABATTEMENT	7
3.3.	TRAITEMENT BIOLOGIQUE	8
3.3.1.	BASSIN UNIBIOCELL	9
3.3.2.	CYCLE	9
3.3.3.	OXYGENATION	10
3.3.4.	REACTIFS	12
3.4.	PRODUCTION DES BOUES.....	13

1. FILIERE RETENUE

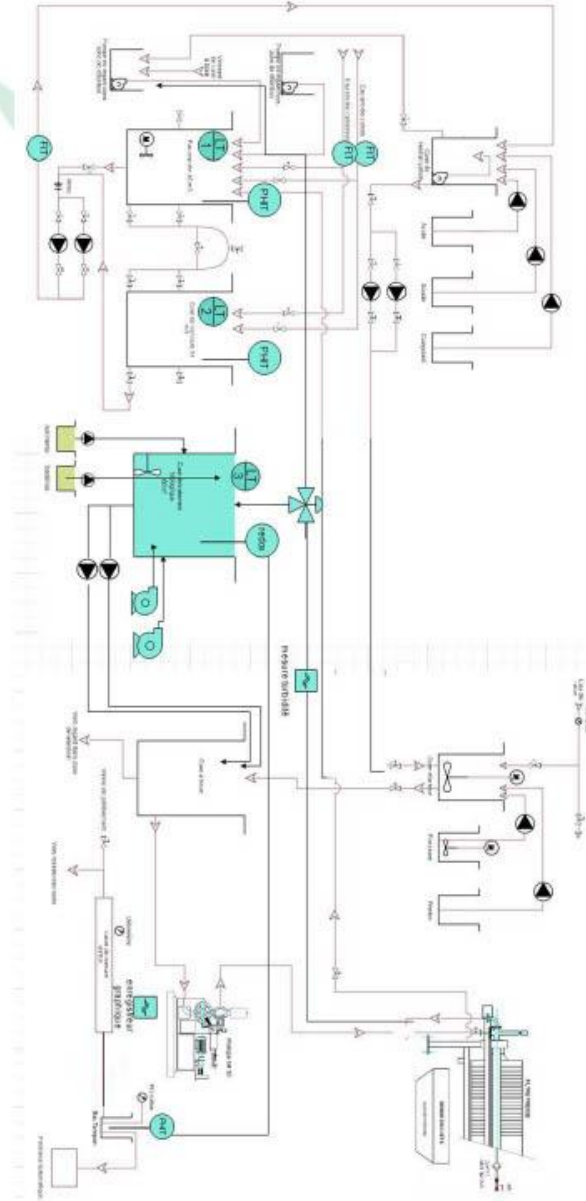
Les eaux issues de la fabrication d'emballage carton et impression carton subissent un premier traitement existant consistant à un traitement physico-chimique avec filtration sur filtre presse.

Les effluents sont ensuite dirigés de manière gravitaire vers le bassin de traitement biologique de type SBR avant d'être rejeté dans le réseau.

Pour l'ensemble du projet, le process de traitement prévu est:

- Poires de niveau cuve de neutralisation
- Sonde turbidité avec adaptation piquage en ligne sur tuyauterie et transmetteur
- Débitmètre électromagnétique DN160 en sortie de filtre presse
- WWB A60 comprenant:
 - 1 Cuve hors sol 10,7x2,8x2,9m en acier fibre de verre 60m3 utile
 - 1 Cloison siphon
 - 1 Siphon UniBioCell avec armoire de contrôle et vannes
 - 2 soufflantes avec système d'aération disques diffuseurs
 - 2 Pompe d'extraction des boues avec potence
 - 1 agitateur
 - 1 Sonde redox
 - 4 Poires de niveau
 - 1 Sonde hydrostatique
 - 1 vanne de purge
 - 1 accès cuve avec passerelle
 - 1 pompe doseuse nutriment
 - 1 pompe doseuse bactérie
 - 1ère charge de bactérie (bidon 20 l)
 - 1ère charge de nutriment (bidon 20 l)
 - 1 Plateforme d'accès cuve
- Enregistreur
- 1 Sonde pH avec 1 transmetteur et support de fixation pour sonde et transmetteur en sortie de traitement
- Vanne pneumatique 3 voies (sortie filtre presse + sortie UniBioCell)

2. SYNOPTIQUE DE L'INSTALLATION



P2110-Note de calcul-REV0

3. NOTE DE CALCUL

3.1. CRITERES DE CONCEPTION

La station a été dimensionnée sur la base des concentrations moyennes en entrée suivantes :

REGIME HYDRAULIQUE		
Paramètres	Unité	Valeurs
Volume moyen journalier	m ³ /j	25
Volume journalier future	m ³ /j	30
Débit moyen Qm	m ³ /h	2
Débit de pointe Qp	m ³ /h	4

CHARGES A TRAITER				
Paramètres	Unité	Moyenne (2018-2021)		
		minimum	maximum	moyenne
pH		7,3	7,9	7,6
MES	mg/l	2	87	12
DBO5	mg/l	410	2060	1057
DCO	mg/l	1200	5850	2736
ratio DCO/DBO5		1,6	3,9	2,6
Azote global (exprimé en N)	mg/l	42	350	180
Phosphore total (exprimé en P)	mg/l			0,142
Température	°C	18	23	20
Zinc (Zn)	mg/l	0,01	515	65
Cuivre (Cu)	mg/l	0	5	0,45
Nickel (Ni)	mg/l	0,0	0,1	0,0
Chrome (Cr)	mg/l	0,0	0,0	0,0
Plomb (Pb)	mg/l	0,0	0,1	0,0
Cadmium (Cd)	mg/l	0,0	0,1	0,0
Mercuré (Hg)	mg/l	0,1	0,1	0,1
Agents de surface anioniques (SABM)	mg/l	0,0	9,7	1,1
Matières extractibles à l' hexane (SEH)	mg/l	10,0	70,0	21,6
Indice hydrocarbures	mg/l	0,1	13,0	0,7

Les normes de rejets à respecter :

Paramètres	Concentrations maximales (m2/l)
pH	Entre 5.5 et 8.5
MES	600
DBO5	800
DCO	2000
Azote global (exprimé en N)	150
Phosphore total (exprimé en P)	50
Température	< 30°C
Zinc (Zn)	2
Cuivre (Cu)	0.5
Nickel (Ni)	0.5
Chrome (Cr)	0.5
Plomb (Pb)	0.5
Cadmium (Cd)	0.2
Mercuré (Hg)	0.05
Agents de surface anioniques	10
Agents de surface cationiques	3
Matières extractibles à l' hexane	150
Indice hydrocarbures	10

3.2. ABATTEMENT

Abattement nécessaire pour respecter les normes de rejets actuels

Paramètres	concentration en entrée en mg/L	concentration en sortie en mg/L	charge en entrée en kg/j	charge en sortie en kg/j	charge à éliminer en kg/J	ABATTEMENT épuratoire à atteindre
DBO5	1 057	800	32	24	8	25%
DCO	2 736	2 000	82	60	22	27%
MES	12	600	0	18	0	0%
NTK	180	150	5	5	1	17%

Abattement nécessaire pour des scénarios avec convention plus stricte

Paramètres	concentration en entrée en mg/L		concentration en sortie en mg/L		charge en entrée en kg/j		charge en sortie en kg/j		charge à éliminer en kg/J		ABATTEMENT épuratoire à atteindre	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
DBO5	1 057	1 057	600	400	32	32	18	12	14	20	44%	63%
DCO	2 736	2 736	1 500	1 000	82	82	45	30	37	52	46%	64%
MES	12	12	450	300	0	0	14	9	0	0	0%	0%
NTK	180	180	113	75	5	5	3	2	2	3	38%	59%

P2110-Note de calcul-REV0

3.3. TRAITEMENT BIOLOGIQUE

0 = scénario avec convention actuelle

DBO5	mg/l	800
DCO	mg/l	2 000
MES	mg/l	600
NTK	mg/l	150

1 = scénario 1 avec convention plus stricte

DBO5	mg/l	600
DCO	mg/l	1 500
MES	mg/l	450
NTK	mg/l	113

2= scénario 1 avec convention plus stricte

DBO5	mg/l	400
DCO	mg/l	1 000
MES	mg/l	300
NTK	mg/l	75

3.3.1. BASSIN UNIBIOCELL

Paramètres	Abréviation	Unités	Valeurs		
			0	1	2
DBO5 charge entrante Unibiocell	DBO5 _{entrée}	kg/j	32	32	32
DBO5 concentration entrante Unibiocell	[DBO5 _{entrée}]	mg/l	1057	1057	1057
DBO5 charge sortante Unibiocell	DBO5 _{sortie}	kg/j	24	24	24
DBO5 concentration sortante Unibiocell	[DBO5 _{sortie}]	mg/l	800	600	400
Débit horaire	Q _{trait}	m ³ /h	2	2	2
DBO5 à éliminer	DBO5	kg/j	7,7	13,7	19,7
Forme du bassin		/	rectangulaire		
Largeur intérieure	I	m	2,6		
Longueur intérieure	L	m	10,5		
Hauteur d'eau moyenne	H _{moy}	m	2,10		
Hauteur d'eau min	H _{min}	m	1,75		
Hauteur d'eau max	H _{max}	m	2,20		
Hauteur revanche	H _r	m	0,5		
Hauteur totale intérieur	H _t	m	2,7		
Surface	S	m ²	27,3		
Volume moyen utile	V	m ³	57,33		
Taux de boue / MEST	MEST	g/l	5		
MVS	MVS	%MeS	70		
Vitesse ascensionnelle sur débit de pointe	V _a	m/h	0,07		
Charge massique réelle	C _m	kgDBO ₅ /kgMVS.j	0,158		
Charge volumique réelle	C _v	kgDBO ₅ /m ³ .j	0,553		
Temps de rétention hydraulique	Th	j	1,9		

3.3.2. CYCLE

Paramètres	Abréviation	Unités	Valeurs		
			0	1	2
Aération	Ac	min/cycle	328	328	328
Décantation	Dc	min/cycle	60	60	60
Vidange	Vc	min/cycle	33,7	33,7	33,7

P2110-Note de calcul-REV0

3.3.3. OXYGENATION

Paramètres	Abréviation	Unités	Valeurs		
			0	1	2
Dégradation de la matière organique					
Quantité de DBO5 à éliminer	Le	kgDBO5/j	7,7	13,7	19,7
Quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder 1 kg de DBO5	a'	kgO ₂ /kgDBO ₅	0,624	0,624	0,624
Respiration endogène					
Quantité de biomasse épuratrice	Sv	kgMVS	200,66	200,66	200,66
Coefficient respiration endogène de la biomasse épuratrice	b'	kgO ₂ /kgMVS	0,074	0,074	0,074
Besoins en oxygène pour la dégradation des composés carbonés	QO _{2j}	kgO ₂	19,7	23,5	27,2
Oxydation des composés azotés					
Nitrification					
NTK _{entrée}	NTK _{entrée}	kg/j	5,4	5,4	5,4
N _{org} particulaire rétractR (boues)	N _{op}	kg/j	0,16	0,16	0,16
N _{org} soluble rétractR (rejeté)	N _{os}	kg/j	0,16	0,16	0,16
N _{ass} (par bactéries du carbone)	N _{ass}	kg/j	0,5	0,9	1,3
N _{ammoniacal} rejet	N _a	kg/j	0,13	0,10	0,06
Azote à nitrifier	N _N	kg/j	4,4	4,0	3,7
Oxygène nécessaire pour la conversion de l'azote en nitrate	C _{N-NO₃}	gO ₂ /gN	4,30		
Besoins en oxygène pour la nitrification	QO _{2j} '	kgO ₂	19,0	17,4	15,8
Dénitrification					
N _{nitrite}	N _N	kg/j	4,4	4,0	3,7
N-NO ₃ rejet	N _{N-NO_{3r}}	kg/j	0,2	0,2	0,2
Quantité de nitrate/ azote à dénitrifier	N _{DN}	kg/j	4,2	3,8	3,5
Taux de conversion du nitrate en azote	T _n	gO ₂ /gN	2,86		
Pourcentage de l'oxygène récupéré de la transformation du nitrate en N ₂	c'		0,60		
Apport en oxygène par la dénitrification	QO _{2j} ''	kgO ₂	7,2	6,6	6
Besoins en oxygène total en eaux usées					
Besoin en oxygène	QO _{2j} '''	kgO _{2j}	31,6	34,3	37,0

P2110-Note de calcul-REV0

Temps de fonctionnement de l'aération	Aj'	h/j	12,0	12,0	12,0
Besoin horaire total en oxygène	QO2h	kgO ₂ /h	2,6	2,9	3,1
Besoins en oxygène total en eaux claires/ conditions standard					
Besoin horaire total en oxygène	QO2h'	kgO ₂ /h	5,3	5,7	6,2
Débit d'air	QO2	m ³ /h	161,3	175,3	189,4
Pression différentielle	Pdif	mbar	380		

3.3.4. REACTIFS**Bactérie**

Paramètre	Unité	Moyenne – Scénario avec convention existante
DCO en entrée de bassin	mg/l	2736
Débit journalier	m3/j	30
Charge en entrée de bassin	kg/j	82,08
Ratio	l/kg	0,005
Consommation de bactérie	l/j	0,4
Coût produit	€HT/l	60
Coût journalier	€HT/j	25
Nombre de jours de rejet mensuel	j/mois	21
Coût mensuel	€HT/mois	517

Nutriment

Paramètre	Unité	Moyenne
Charge DBO en entrée de bassin	kg/j	31,7
Charge NTK en entrée de bassin	kg/j	5,4
Charge Pt en entrée de bassin	kg/j	0,0043
Ratio NTK		5
Azote nécessaire	kg/j	1,5855
Azote manquant	kg/j	0
Ratio Pt		1
Phosphore nécessaire	kg/j	0,3171
Phosphore manquant	kg/j	0,31
Produit sélectionné		acide phosphorique 75%
Ratio produit	kgP/l	0,4
Consommation produit	l/j	0,8
Coût produit	€HT/l	7
Coût journalier	€HT/j	5
Nombre de jours de rejet mensuel	j/mois	21
Coût mensuel	€HT/mois	115

P2110-Note de calcul-REV0

3.4. PRODUCTION DES BOUES

Paramètres	Abréviation	Unités	Valeurs	
DBO5 éliminé	Le	kgDBO5/j	7,7	
Ratio de production de boues	Ratio		0,8	
Production totale de boue	PBj	kg/j	6,17	
Concentration des boues	[B]	g/l	6	8
Volume de boue à rejeter	V _{boue}	m3/j	1,03	0,77

**Adresse**

2 Impasse des Gendarmes
78000 VERSAILLES - France

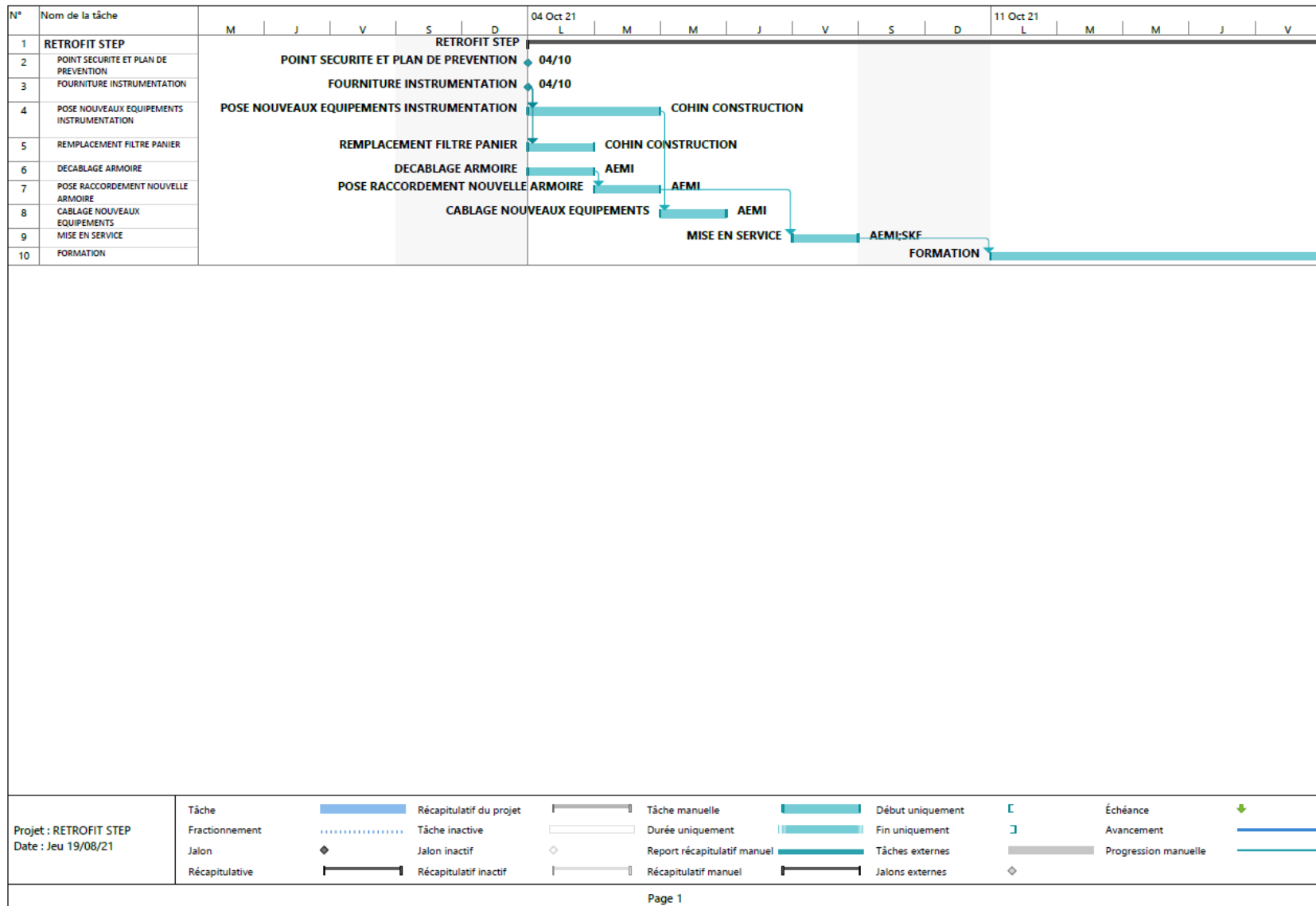
Téléphone

Tél : 01.84.73.21.21
Fax : 01.84.73.21.22

Site Web & contact

www.cohin-environnement.com
contact@cohin-environnement.com

E Planning Gantt retrofit STEP physico chimique



F Planning Gantt STEP biologique

