

SOMMAIRE

Remerciements	3
Introduction.....	1
1. Présentation de l'entreprise	2
1.1. L'entreprise AQUADEP	2
1.2. Le savoir-faire d'AQUADEP	2
1.3. Le traitement des eaux usées	3
1.4. Le traitement des boues.....	3
1.5. Les marchés	3
1. En France.....	3
2. Et à l'international	4
1.6. L'organisation de l'entreprise	4
2. Les étapes de conception d'une STEP	5
2.1. La nécessité d'une station	5
2.2. Le dossier de consultation.....	5
2.3. Réponse à l'offre.....	6
2.4. Audition	7
2.5. Etude de la station.....	7
2.6. Mise en fonctionnement de l'installation	7
2.7. Réception de la station	8
3. Présentation du projet.....	8
3.1. LOC Maria biscuit	8
1. L'entreprise	8
2. Situation actuelle	8
3.2. Description du dossier de consultation	9
1. Données entrée	9
2. Données sorties.....	9

3.	La problématique	10
3.3.	Elaboration du projet	10
3.4.	Etude des sols	10
4.	Caractérisation de l'effluent	12
4.1.	Les différents critères	12
4.2.	Caractéristique de l'effluent à traiter	13
1.	Charger à traiter.....	14
4.3.	Filière retenue.....	14
5.	Dimensionnement d'une station pour le traitement d'effluent d'une biscuiterie	16
5.1.	Le poste de relevage	16
1.	Fonctionnement.....	16
2.	Dimensionnement.....	16
5.2.	Le tamisage	18
1.	Fonctionnement.....	18
2.	Conception.....	18
5.3.	Bassin tampon	19
5.4.	Traitement physico-chimique	19
1.	Fonctionnement [6].....	19
5.5.	Flottateur [5].....	20
1.	Fonctionnement [9].....	21
2.	Dimensionnement.....	22
5.6.	Le traitement biologique	22
1.	Rôle de cet ouvrage	23
2.	Fonctionnement.....	23
3.	Les mécanismes de l'épuration [7].....	23
4.	Les différents types de bassin.....	25
5.	Dimensionnement d'un bassin biologique	26

5.7.	Décantation.....	28
5.8.	Comptage et quantification des effluents [8].....	29
6.	La filière boue	31
6.1.	Production de boues.....	31
1.	Les différents types de boues	31
2.	Estimation de la production journalière	31
6.2.	Le traitement des boues	32
1.	Le rôle	32
2.	Concentration des boues attendues	32
3.	Système de déshydratation.....	32
4.	Conditions de stockage [9].....	34
6.3.	Lit planté de roseaux	34
1.	Rôle.....	35
2.	Fonctionnement.....	35
3.	Dimensionnement.....	36
7.	Réponse à une offre	38
7.1.	Chiffrage	38
7.2.	Rédaction d'un mémoire technique.....	38
7.3.	Plan d'ensemble et PID	39
7.4.	Audition	39
7.5.	Attribution du marché	40
8.	Conclusion	40

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Synoptique de la station d'épuration	15
Figure 2 : Schéma d'un tamis rotatif à alimentation externe	18
Figure 3 Principe de fonctionnement d'un flottateur à air pressurisé	21
Figure 4 Les différentes phases d'un cycle SBR	29
Figure 5 Fonctionnement d'une table d'égouttage	34
Figure 6 Coupe d'un lit planté de roseau.....	35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I Charge à traiter par la station	14
Tableau II Résultats des tests de coagulation / floculation / décantation	20
Tableau III Les charges du bassin d'aération	26
Tableau IV Caractéristiques des aérateurs AQUAFEN 15 kW	28
Tableau V Les différents canaux de comptage	30
Tableau VI Les différents types de déshydratation	33
Tableau VII La conception des cycles de séchage en fonction de la charge appliquée	36

Abréviation/glossaire

STEP : Station d'épuration

DCE : Dossier de consultation des entreprises

ICPE : Installation classée pour la protection de l'environnement

MES : Matière en suspension

Introduction

En Europe, la directive cadre sur l'eau a durci les contraintes liée au rejet d'eau industrielle et urbaine. En France, la loi sur l'eau et les milieux aquatiques découle de cette directive, ce qui a pour but d'accélérer la mise en place de système de dépollution pour les eaux de rejet notamment par les industriels.

J'ai eu l'occasion d'effectuer mon stage au sein de l'entreprise AQUADEX, spécialisée dans la conception et la construction d'usine de traitement de l'eau, au sein d'une équipe composée d'ingénieurs d'affaires et de dessinateur projeteur.

Durant ce stage, il m'a été possible de participer aux différentes étapes de la conception d'une station, et ce, pour différentes missions portant sur des effluents variés de l'industrie agroalimentaire et de l'urbain. Ce rapport présentera la méthode de dimensionnement et de conception d'une station de traitement des eaux usées appliquées au cas concret d'une usine produisant des crêpes.

J'effectuerai, dans un premier temps, une présentation de l'entreprise dans laquelle j'ai réalisé mon stage. Dans un second temps, j'expliquerai le déroulement de la conception d'une STEP, de la réception du dossier de consultation, à la mise en service.

Une grande partie de ce rapport sera consacrée au dimensionnement des différentes opérations unitaires conduisant à l'épuration de l'eau. Enfin, je détaillerai un projet en particulier, que j'ai pu réaliser du début à la fin, en présentant le projet et la méthode de dimensionnement de la station.

Le but de ce rapport est la mise en avant du métier d'ingénieur d'affaire et de montrer les différentes faces de ce métier ainsi que les différentes étapes aboutissant à la mise en route de la station.

1. Présentation de l'entreprise

Spécialisée dans l'ingénierie de l'eau, AQUADEF utilise ses compétences pour fournir des installations de traitement clés en mains et assurer l'entretien technique de ses stations. Présente sur le marché de l'eau depuis plus de 20 ans, elle utilise son expérience et son savoir-faire afin de répondre au mieux aux demandes des clients.

Fort de cette expérience acquise et de son esprit innovant, la société a su conjuguer ces atouts pour concevoir et fabriquer, en adéquation avec les besoins du marché, ses propres équipements des eaux, tels qu'un flottateur à eau pressurisée ou des aérateurs de surface vitesse lente.

1.1. L'entreprise AQUADEF

L'entreprise AQUADEF est une société par action simplifiée indépendante créée en 1992 et basée à la Chapelle sur Erdre en Loire Atlantique. AQUADEF conçoit et réalise des installations clés en main de traitement des eaux et des odeurs pour les industriels et les Collectivités Locales, aussi bien en France qu'à l'étranger (Espagne, Tunisie, Maroc...).

Sa structure de P.M.E. lui donne la souplesse et la réactivité nécessaires au succès des réalisations qu'elle entreprend. L'entreprise compte actuellement 17 personnes regroupant les différents corps de métier nécessaire à la réalisation de station. Ses équipes assurent l'ensemble de la conception, de la réponse à la consultation, allant jusqu'à la mise en route des installations réalisées. Elle forme le personnel en charge de l'exploitation ainsi que l'assistance technique, le suivi et l'entretien des stations conçues. L'ensemble des plans d'exécution est également réalisé en interne.

La société réalise un chiffre d'affaire stabilisé de 4 millions d'euros en moyennes avec une rentabilité solide sur son marché. Son actionnariat est consolidé par la présence de 2 fonds d'investissement locaux : Arkéa et Ouest Croissance.

1.2. Le savoir-faire d'AQUADEF

Le traitement de l'eau est devenu, au fil des années, une préoccupation forte de la part des entreprises et des collectivités qui doivent faire face à une réglementation de plus en plus contraignante.

C'est dans cette optique qu'AQUADEF utilise son savoir-faire afin de concevoir des filières de traitement performantes, en alliant la maîtrise des différentes techniques d'épuration, du traitement des eaux usées jusqu'à la filière boue.

En premier lieu, le traitement primaire (coagulation/flocculation, décantation/flottation) avec, notamment, un flottateur de conception interne, mais également le traitement biologique des eaux (bassin de syncopage, SBR, MBBR), le traitement tertiaire et de la filière boues.

AQUADEP est capable de proposer des solutions en béton, lagune avec géomembrane mais également conteneurisée prêt à l'emploi pour le marché à l'export notamment.

1.3. Le traitement des eaux usées

Le traitement des eaux usées voit son cadre législatif se durcir au fil du temps. Cette augmentation des normes provient de la prise de conscience des pouvoirs publics, mais également des populations qui voient la qualité des ressources en eaux s'affaiblir.

C'est pour répondre à ce besoin grandissant qu'AQUADEP réalise les stations de traitement de l'eau, en s'appuyant sur les différentes formes de dépollution. Le traitement primaire dans un premier temps (coagulation/flocculation, décantation/flottation) avec, notamment, un flottateur de conception interne, mais également le traitement biologique des eaux (bassin de syncopage, SBR, MBBR) et le traitement tertiaire.

1.4. Le traitement des boues

Véritable enjeu du traitement de l'eau, le traitement des boues est primordial dans chaque réalisation de station. Véritable déchet provenant de l'épuration de l'eau, l'entreprise AQUADEP est capable d'accompagner le client afin de lui proposer une solution en adéquation avec ses directives d'élimination des boues.

AQUADEP est apte à fournir des solutions de stabilisation et déshydratation des boues pour un stockage des boues liquides ou solides en fonction de leur devenir.

1.5. Les marchés

L'entreprise AQUADEP travaille principalement avec les industries agroalimentaires, puisqu'elles représentent 80% du chiffre d'affaire de l'entreprise. Le reste provient d'usine de chimie non agroalimentaire et du communal. Elle possède des références dans la plupart des domaines de l'alimentation comme les légumes, plats cuisinés, laiterie, biscuiterie, abattoir...

1. En France...

Le secteur géographique est éclaté en France, il se répartit principalement sur le nord, et notamment le nord-ouest de la France.

2. Et à l'international

La présence de l'entreprise à l'international permet d'agrandir le domaine de travail. Parmi ses clients, elle compte des pays Européens comme la Pologne, l'Espagne ou encore des départements d'Outre-mer (Martinique, Guadeloupe) mais également des pays de l'Afrique du Nord comme l'Algérie.

1.6. L'organisation de l'entreprise

La structure de l'entreprise repose sur une répartition de chaque étape de la conception d'une station de traitement de l'eau. Elle possède :

- Des Ingénieurs d'Affaires assurant un véritable rôle d'interface entre clientèle et équipes techniques, pour proposer les solutions technico-économiques les plus adaptées, afin de garantir l'efficacité du projet ;
- Un Bureau d'Etudes Techniques responsable de la formalisation précise et détaillée sur plans des installations conçues ;
- Les Conducteurs de Travaux sont en charge du suivi et de la coordination des chantiers ;
- Les Equipes de Chantiers expérimentées, sont dédiées à la construction des ouvrages de traitement ;
- Les Metteurs en Route spécialisés en automatisme et en épuration des eaux, assurent le démarrage et le contrôle de la bonne marche des stations réalisées ;
- Les Techniciens Spécialisés ont pour objectif la formation complète du personnel d'exploitation, l'assistance technique, le suivi et l'entretien des stations.

Cette stratégie permet à AQUADEP S.A.S. de maîtriser l'ensemble de la chaîne, allant de la conception initiale jusqu'à la réalisation finale, dans le but de respecter l'ensemble de ses engagements : budget, délais et garanties de rejet.

2. Les étapes de conception d'une STEP

La conception d'une station de traitement de l'eau pour un industriel relève du marché privé. Le client désigne un maître d'ouvrage, souvent extérieur à l'entreprise, son rôle est de définir les objectifs du marché, le calendrier des travaux, il produit également le dossier de consultation des entreprises (DCE).

La construction d'une station d'épuration pour un industriel prend généralement du temps, elle fait intervenir de nombreux intervenants. Il commence par l'envoi du DCE à des entreprises spécialisées qui répondront à l'appel d'offre.

2.1. La nécessité d'une station

La motivation de diverses entreprises provient principalement de la fin de la convention de rejet dans la station communale, ou du changement de la réglementation concernant les rejets de l'usine. Celle-ci ne pouvant plus rejeter ses eaux usées, elle doit s'équiper elle-même d'un système de traitement sous peine de sanction financière voir d'un arrêt obligatoire de la production.

Dans la plupart des cas, les stations communales ne sont pas ou plus dimensionnées pour ce genre de rejet et ne peuvent assurer le traitement des eaux usées. Elle peut également provenir de l'envie de l'usine de faire des économies en réalisant leurs propres stations, pouvant ainsi s'affranchir de la taxe sur les rejets.

L'agence de l'eau oblige donc, dans ces cas-là, l'industriel à se munir d'un système de traitement de l'eau afin d'obtenir des rejets dans les normes.

2.2. Le dossier de consultation

Pour le marché privé, la conception d'une station de traitement de l'eau est moins complexe, d'un point de vue réglementaire. Dans la majeure partie des cas, l'entreprise qui souhaite une station de traitement de l'eau missionne un maître d'ouvrage responsable de la conception du dossier de consultation.

En général, le DCE est composé d'un certain nombre de rubriques définissant les limites du projet et l'ensemble des règles à respecter. Il contient les parties suivantes :

- Une première partie sur les clauses administratives. Elle définit l'objet du marché, le mode de paiement, le délai d'exécution des travaux et les pénalités de retard, ainsi que l'intégralité des règles du client pour le déroulement des travaux. Cette partie indique également la date de remise de l'offre.
- Une seconde partie sur les clauses techniques. Elle reprend l'objet des travaux, une définition du lieu où la station sera réalisée, ainsi qu'un rapport sur l'activité de

l'usine, les charges entrantes en fonction des périodes de production, et la norme de rejet à respecter.

Cette dernière contient une préconisation du maître d'ouvrage sur la conception de la station avec un détail des ouvrages à prévoir. Cette solution constitue une solution de base mais n'est pas exclusive.

- Une étude de sol est également fournie, elle sera détaillée dans une autre partie de ce rapport.

Ce dossier nous permet de répondre à l'offre.

2.3. Réponse à l'offre

Une fois la réception du dossier de consultation, le dimensionnement ainsi que le chiffrage de la station peut commencer.

L'étude passe différentes étapes de conception qui vont conduire à la réponse à l'offre. Ce rapport va détailler un cas concret en reprenant chacune de ces étapes, et définissant les caractéristiques de chacune.

Pour répondre à une offre, les étapes sont généralement les suivantes :

- 1) Caractérisation de l'effluent et visite du site : Il est indispensable de connaître le terrain où est prévue l'installation de la STEP, de même que différents tests complémentaires sur l'effluent sont primordiaux. Ces informations vont permettre d'identifier les différents traitements nécessaires.
- 2) Dimensionnement de la station : Cette étape va permettre le dimensionnement, poste par poste de la solution choisie et des différentes variantes.
- 3) Chiffrage des différents postes : Chaque poste fera l'objet d'un chiffrage financier.
- 4) Rédaction d'un mémoire technique : Il est rédigé pour le client, il contient l'ensemble des caractéristiques techniques des équipements, description du génie civil et toutes autres informations utiles.
- 5) Réalisation d'un plan d'implantation : Il est généralement fourni en annexe par une projection de la station dans l'environnement prévu.
- 6) Réponse à l'appel d'offre : L'ensemble est envoyé au client dans le délai imparti.

Durant ce stage, j'ai eu la chance de me confronter à divers appels d'offre avec de nombreux types d'effluent, allant de l'urbain à l'industriel.

2.4. Audition

Si l'offre fournie est acceptable, tant en terme de prix que de technologie, le client procède à une audition des différentes solutions présentées par les entreprises consultées. Elle consiste dans l'explication et la justification des techniques proposées. Le but de cette étape est de convaincre le client que notre solution est la meilleure.

Dans la majorité des cas, l'audition est suivie d'une modification, afin de fournir une offre plus précise et définitive.

2.5. Etude de la station

L'étude ne commence que lorsque le contrat est attribué et signé. L'ensemble des plans sont réalisés. Ces études ont une durée variable en fonction de la taille de l'installation, elle peut varier d'une semaine à plusieurs mois.

Chaque équipement est commandé et vérifié avec les données définitives.

L'ensemble de ces plans conduisent à la construction de la station.

2.6. Mise en fonctionnement de l'installation

Les travaux terminés, la mise en fonction de la station est réalisée. Elle consiste en plusieurs étapes :

- Dans un premier temps, une mise en eau des différents éléments béton dans le but, de vérifier l'étanchéité des bassins.
- Formation du personnel de l'entreprise à la conduite de la station.
- Ensemencement du bassin biologique et mise en régime de la station. Lors de cette étape, la station doit atteindre son régime permanent et fonctionner dans des conditions normales.
- Réglages des paramètres et période d'observation de la station. Le client prend possession de la STEP, de nombreux tests sont effectués pour s'assurer du bon fonctionnement.

Après la mise en fonctionnement, une période de stabilisation, de surveillance et de réglages est observée pour s'assurer du bon fonctionnement de l'installation. Cette partie, à la charge du constructeur, doit se dérouler parfaitement avant la réduction du procès verbale et la remise définitive de la station.

2.7. Réception de la station

Une fois les travaux terminés, un procès-verbal est dressé avec le client et le maître d'ouvrage afin de vérifier le bon fonctionnement de l'installation, et d'émettre éventuellement des réserves qui devront être levées.

3. Présentation du projet

Lors de mon stage, j'ai eu l'opportunité de travailler sur diverses offres pour des clients variés, tel que des laiteries, des rejets urbains d'usines ou encore de la restauration collective. Cette partie aura pour but la présentation du DCE et de son contenu.

Pour ce rapport, je prendrai l'exemple de l'entreprise LOC MARIA biscuit que je vous présenterai dans un premier temps, avant de détailler le dimensionnement de l'installation et les choix réalisés au fur et à mesure de la réflexion.

3.1. LOC Maria biscuit

1. L'entreprise

La société LOC Maria biscuit est spécialisée dans la conception de crêpes, galettes et crêpes dentelles. Elle est située à l'Est de la ville de Lanvallay dans les Côtes d'Armor (22). Le site comprend l'usine de fabrication, une plateforme logistique ainsi que le siège social.

Actuellement, l'usine comporte cinq lignes de production mais une montée en charge est prévue dans l'avenir, il sera donc nécessaire d'en tenir compte dans la conception de la station. La production actuelle est de 1500 tonnes de produits par an.

Pour ce chantier, la maîtrise d'ouvrage est assurée par le client LOC MARIA Biscuit. Il sera chargé de la passation des commandes, la réception et le règlement des travaux. Le bureau CBE (Cabinet Bretagne Environnement), bureau d'étude en environnement situé à St Malo jouera le rôle d'assistant à la maîtrise d'œuvre. Ils seront en charge de la rédaction du cahier des charges, de la consultation des entreprises, et le suivi des travaux.

2. Situation actuelle

A l'heure actuelle, l'usine rejette ses eaux dans le réseau d'eaux usées de la ville de DINAN. Elles sont traitées dans la station communale d'une capacité totale de 52 000 EH. Néanmoins, la variation de charge, et la spécificité de l'effluent a poussé la ville à rompre la convention de rejet et oblige l'industriel à se munir d'une station propre à son usine.

C'est dans ce contexte que l'entreprise LOC MARIA biscuit a lancé une consultation pour la conception d'une station de traitement des eaux usées.

3.2. Description du dossier de consultation

Le dossier de consultation est similaire à ce qui a été décrit dans la partie précédente. Il contient, dans un premier temps, une partie portant sur les clauses administratives qu'il est nécessaire de respecter. Cette partie fixe les limites liées au marché.

Une seconde partie présente les clauses techniques, définies par l'entreprise, pour la mise en place d'une filière de traitement des eaux usées.

Celle-ci va nous permettre de proposer une solution de traitement adaptée, d'effectuer le dimensionnement des différents postes de traitement. Elle contient notamment :

- L'objet des travaux
- Les données de bases du projet, tel que l'emplacement de l'usine et son évolution future
- Emplacement de la nouvelle station
- Les caractéristiques ainsi que la provenance des eaux usées, les charges à prendre en compte pour le dimensionnement
- La qualité du traitement exigé, notamment à travers le respect des normes de rejet

Une troisième partie comprend les contraintes particulières qu'il faudra respecter lors des travaux mais également un détail complet de ce que comprennent les travaux.

1. Données entrée

La particularité de cet effluent provient de la faible utilisation d'eau, le débit journalier est de $13\text{m}^3/\text{j}$ avec une pointe horaire pouvant atteindre $10\text{m}^3/\text{h}$ lors de période de lavage.

Pour réaliser le dimensionnement d'une station de traitement de l'eau, il est indispensable d'avoir une idée très précise de l'effluent à traiter. Cette règle est d'autant plus vraie dans le milieu industriel où la composition peut varier dans de grande proportion suivant les périodes de l'année. Par exemple, une usine de fabrication de crêpe augmente considérablement sa production lors de la chandeleur.

Une campagne de prélèvement ainsi que d'analyse est réalisé afin d'avoir une idée assez large de la teneur de l'effluent à traiter.

2. Données sorties

Les normes de rejet sont imposées par la Convention Spéciale de Déversement et les normes de rejet applicables aux installations soumises à la rubrique 2220 de la réglementation ICPE.

Ces valeurs sont présentées dans la partie suivante.

3. La problématique

La problématique de ce rapport sera donc le dimensionnement de la station de traitement de l'eau, adapté aux besoins et aux exigences de l'entreprise. Cette offre devra aboutir sur un rapport technico-économique de la solution proposée, avec, le cas échéant, les variantes possibles quant au process mis en place.

3.3. Elaboration du projet

Le DCE contient également des préconisations du maître d'ouvrage quant aux types de traitement à mettre en place. Cette partie décrit brièvement une version de base de la station à concevoir, mais ne constitue pas une obligation de réalisation.

Lors de la conception de cette station, nous avons pris en compte pour la conception un certain nombre de ces caractéristiques qui sont les suivantes :

- Mise en place d'un poste de relevage qui recevra gravitairement les effluents bruts de l'usine.
- Mise en place d'un tamis rotatif afin d'éliminer les matières grossières/
- Conception d'un bassin tampon pouvant stocker les eaux sur 3 jours (soit d'environ 40m³).
- Mise en place d'un traitement de coagulation/flocculation et flottation.
- Les eaux prétraitées transiteront vers un bassin d'aération.
- Installation d'un canal de comptage et d'un préleveur d'effluent
- Un stockage des boues dans un silo de 180m³, avec un système de déshydratation à prévoir.

L'ensemble de ces caractéristiques tient compte de l'emprise au sol d'une telle station et le terrain disponible par l'industriel. La conception de la station devra prendre en compte ces paramètres techniques mais également ceux concernant l'étude de sol et la place disponible pour la construction.

3.4. Etude des sols

Lors de la conception d'une usine, il est indispensable de penser à l'implantation de l'usine et particulièrement à la composition du sol.

L'étude des sols réalisée ici consiste dans le sondage, à différent endroit du site, afin de répertorier la topographie, la lithologie, la présence d'eau ainsi que diverses recommandations quant à la construction d'ouvrage sur ce site.

Ici, le dossier de consultation des entreprises contient un rapport détaillé du sous-sol, il nous donne les informations indispensables pour la conception des ouvrages. Il contient les éléments suivants :

- Lithologie du sol : Le sol est composé de 3 couches superposées. La première couche de 10 à 20 cm est composée de terre végétale, la seconde de limons sableux

jusqu'à 80cm d'épaisseur. Au-delà de cette profondeur, le sous-sol est composé d'arène granitique.

- Les sondages permettent également de mettre en évidence de l'eau présente dans le sous-sol. Cette étape est primordiale, lors de période de crue, les niveaux d'eau souterrains augmentent et peuvent atteindre les ouvrages. Dans ce cas, si cela n'a pas été prévu, les ouvrages enterrés peuvent flotter et entraîner la destruction de la station. Dans notre cas, les niveaux d'eaux maximums relevées étaient à 3.0m de profondeur. L'enterrement des ouvrages à des profondeurs autour de 2 m est impossible.
- Les caractéristiques mécaniques du sol : ce paramètre nous donne des indications sur la solidité des sols. Une trop faible résistance pourrait conduire à un affaissement du sol lorsque les ouvrages béton seront dessus.
- Des indications sur la perméabilité des roches sont également données. Ici, les roches sont très peu perméables ce qui empêche la mise en place d'un bassin d'imprégnation comme traitement tertiaire.

Pour terminer, le dossier contient des recommandations concernant la conception d'ouvrages béton sur ces sols. L'entreprise ayant effectué les sondages préconisent la mise en place de système d'évacuation des eaux de pluies, et d'envisager les travaux de terrassement lors de période de faible pluie.

La présence de matériaux rocheux peut nécessiter l'utilisation de moyens adaptés afin de creuser.

A la vue de l'étude des sols et des recommandations, nous envisagerons plutôt des ouvrages hors sol afin d'éviter le problème de monter des eaux et les couts élevés nécessaires pour creuser dans de tels sols.

L'étape suivante consiste à caractériser l'effluent afin de dimensionner une filière adaptée à l'effluent.

4. Caractérisation de l'effluent

Pour la conception d'une usine de traitement des eaux industrielles, la première étape est la caractérisation de l'effluent. Dans le cas d'un effluent industriel cette étape est importante notamment pour connaître les variations de charges, au cours de la journée, ou des différentes périodes de l'année.

Le premier travail réalisé lors de la conception d'une station est la caractérisation de l'effluent. Pour cela, le maître d'ouvrage réalise une quantification ainsi qu'une qualification de l'effluent sur plusieurs jours, afin d'obtenir une représentation fidèle des charges à traiter.

4.1. Les différents critères

Dans le traitement de l'eau, différents critères permettent la description de l'effluent, ils sont définis ci-après :

- Le débit : Il représente le volume d'eau qui arrive à la station par unité de temps.
- La demande chimique en oxygène (DCO) [3]: Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toute la matière organique contenue dans l'eau. [1]
- La demande biologique en oxygène à 5 jours (DBO5) [4]: Elle représente la quantité d'oxygène consommée par un échantillon après 5 jours. Elle rend compte de la pollution organique carbonée biodégradable. [6]
- Les matières en suspension (MES) [1] : Elle désigne l'ensemble des matières solides contenues dans une eau usée et pouvant être retenue par centrifugation ou filtration.
- L'azote total kjeldahl (NTK) : Elle représente la teneur en azote non oxydés telle que l'azote organique (N_{org}) et ammoniacal ($N-NH_4$) d'un échantillon, déterminée dans les conditions définies par la méthode Kjeldahl. [1].

Ce critère ne doit pas être confondu avec l'azote total qui regroupe toutes les formes de l'azote : organique, ammoniacal, nitrate (NO_3-N) et nitrite (NO_2-N).

- Le phosphore total [2] : Il représente l'ensemble du phosphore présent dans l'effluent, il peut être sous forme dissoute ou particulaire. [4]
- La matières/Substances extractibles à l'Hexane (MEH/SEH) : Elle représente les matières organiques en suspension dans l'eau extractible à l'hexane telles que les huiles et les graisses.

L'ensemble de ces analyses sont réalisées par un laboratoire extérieur.

4.2. Caractéristique de l'effluent à traiter

Afin de pouvoir dimensionner et chiffrer une installation, il est indispensable de connaître la composition de l'effluent ainsi que sa charge en entrée et en sortie. De plus, certains critères peuvent nous donner des informations importantes sur le type de traitement à appliquer.

Ces critères sont :

- L'aspect de l'effluent brut : Une inspection visuelle de l'effluent brute nous permet de distinguer une éventuelle phase décantable ou surnageant, il sera possible ensuite d'orienter le traitement vers de la décantation/flottation. Pour cela, on effectue un test de décantabilité.

Ici, l'effluent possède une grosse proportion de matière décantable (principalement de la pâte à crêpe), nous auront donc intérêt à mettre en place un système de décantation efficace afin de réduire la taille du bassin biologique.

- Biodégradabilité de l'effluent [7] : Afin d'obtenir un abattement conséquent de la pollution, il est généralement mis en place un traitement biologique des eaux. Pour cela, il est nécessaire de se renseigner sur la biodégradabilité de la pollution que contient l'effluent. Pour cela, on utilise le facteur DCO/DBO5 qui nous donne les renseignements suivants :

DCO/DBO5<2 : L'effluent est bien biodégradable

2<DCO/DBO<4 : l'effluent est moyennement biodégradable

4<DCO/DBO : l'effluent est difficilement biodégradable

Dans le cas où l'effluent est peu biodégradable, cela signifierai que la part de DCO dure est très importante et qu'un traitement biologique ne serait pas efficace.

Dans notre cas, ce rapport donne 1.72, notre effluent est donc bien biodégradable, la filière biologique est donc envisageable.

Des tests de coagulant/flocculation sont réalisés afin de connaître la part d'abattement qu'il est possible d'obtenir, ainsi que les doses des différents produits chimiques qu'il est nécessaire d'appliquer.

Pour cela, une entreprise extérieure effectue une série de jar-test et l'ensemble des analyses nécessaires afin de connaître l'abattement réalisé, et la réaction de l'effluent en fonction des produits chimiques appliqués.

1. Charger à traiter

L'entreprise LOC Maria nous a donc fourni le résultat de leur analyse sur leur effluent en ce qui concerne le débit ainsi que la valeur des différents polluants à éliminer. Pour cela, elle a effectué 3 analyses sur 24h et nous a fourni les résultats. Ils sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau I Charge à traiter par la station

Paramètres	Situation future en pointe (effluent à traiter)		Normes de rejet ICPE (mg/L)
	Concentration (mg/L)	Flux (kg/j)	
Débit	13 m ³ /j		
DCO	19 002	247	2 000
DBO ₅	10 938	142.2	800
MES	6 128	80.8	600
NTk	238	3.1	48
Pt	20	0.26	50
Graisses	1 378	17.9	-

Le pH, quand à lui, peut varier de 2 à 12. La moyenne se situe à 3.5. On a donc un effluent acide qu'il va falloir neutraliser en début de traitement pour se situer dans la plage de pH favorable aux autres traitements. De plus, ce genre de pH est nocif pour les équipements et attaque le béton.

Les différentes analyses, en comparaison avec les normes de rejets, permettent de fixer les différents critères qu'il sera nécessaire de traiter. On remarque qu'en sortie d'usine, la DCO, DBO₅, les MES et l'azote total Kjedhal devront être réduites avant rejet dans l'eau pluviale.

Ce tableau présente une moyenne des résultats obtenus. Les récapitulatifs des différents tests sont présentés en annexe.

Il nous est donc possible d'effectuer rapidement des calculs pour connaître :

- La biodégradabilité de l'effluent
- La mise en évidence de carence en nutriments qui conduirait à une mauvaise efficacité du traitement biologique.

4.3. Filière retenue

La caractérisation de l'effluent nous permet de connaître les différents polluants à éliminer et d'en déduire les différentes opérations unitaires de traitement.

Pour cela, il est nécessaire de réaliser les traitements suivants :

- Réduction des MES: Mise en place d'un traitement physique et physico-chimique (décantation primaire, flottation)
- Réduction de la DCO: mise en place de traitement physico-chimique (coagulation/flocculation, décantation / flottation)
- Suppression de l'azote totale: Deux possibilités sont possibles ici, l'utilisation de l'azote par les micro-organismes va réduire leur teneur. Si la valeur reste au-dessus de la norme, un traitement chimique sera nécessaire.
- Réduction de la DBO5: Mise en place d'un traitement biologique (bassin d'aération)

On peut donc en déduire une première synoptique de la station qui nous permettra de réduire ces différentes pollutions. Il est susceptible d'évoluer au fur et à mesure de la conception du dossier, il permet seulement de se faire une idée sur les différents postes que devra contenir la station.

La figure n°1 montre la première filière retenue. Elle est amené à évoluer au fur et à mesure du dimensionnement et de la réalisation de la station.

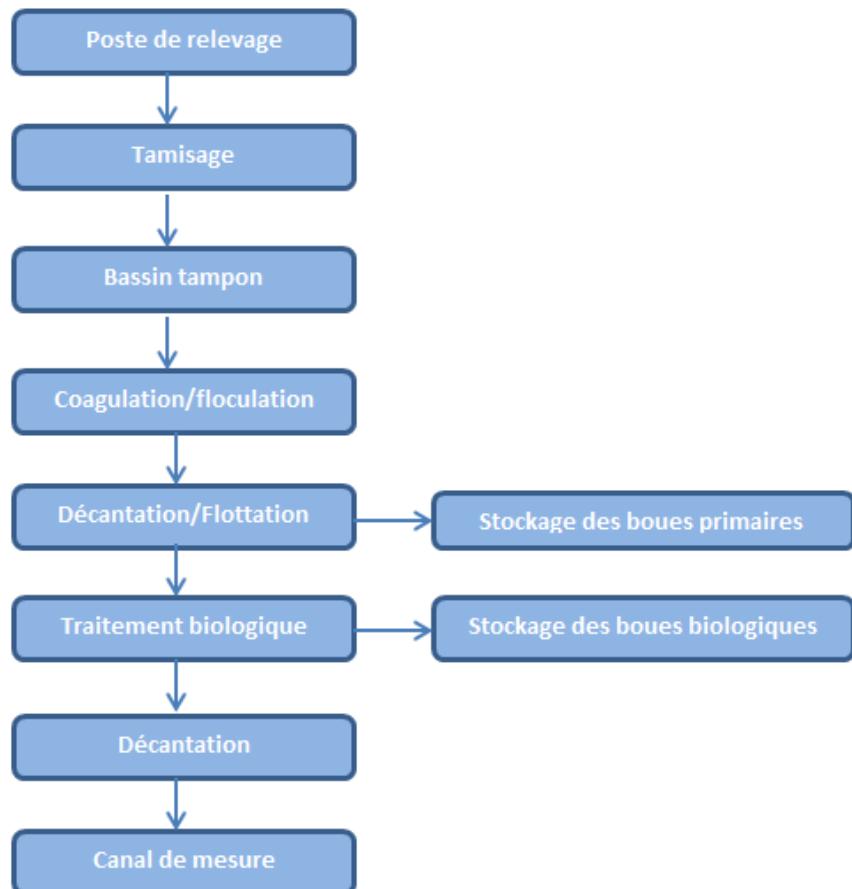


Figure 1 Synoptique de la station d'épuration

L'étape suivante consiste au dimensionnement de la station, en prenant chaque étape du traitement, pour atteindre les objectifs dans la norme.

5. Dimensionnement d'une station pour le traitement d'effluent d'une biscuiterie

L'étape suivante consiste dans le dimensionnement des différents ouvrages de la station. Ils doivent permettre le traitement de l'eau en atteignant la norme de rejet imposée. Nous pourrons ensuite proposer une solution technico-économique viable. Cette étape est importante car elle permet de fixer la base du traitement, et de pouvoir définir les équipements ainsi que le génie civil à réaliser.

Nous détaillerons ici le fonctionnement, le dimensionnement ainsi que les différentes techniques permettant l'épuration de cette eau. Nous suivrons le « fil d'eau » pour permettre une meilleure compréhension. L'ensemble des diamètres calculés seront des diamètres intérieurs et les volumes des volumes utiles.

5.1. Le poste de relevage

Les effluents rejetés par l'usine transitent, dans un premier temps, par un poste de relevage.

1. Fonctionnement

La fonction principale de cet ouvrage est le relevage des eaux. Dans notre cas, il doit assurer un débit minimal nécessaire en entrée de tamis, ainsi qu'un écoulement gravitaire dans le reste de la station.

Ce poste est équipé de 2 pompes fonctionnant en alternance (normal et secours), elles sont asservies à une mesure de niveau telle qu'une sonde à ultrasons, sonde piézométrique ou encore poire de niveau. Il est également équipé d'un trop plein en cas de défaillance des pompes (coupure de courant par exemple) qui permet l'évacuation du surplus d'effluent directement dans le rejet.

Dans certains cas, une régulation de pH est également effectuée, elle permet notamment de protéger les équipements ainsi que le poste lui-même. De même, le poste est équipé d'un panier dégrilleur permettant d'enlever les matières volumineuses et déchets qui pourraient arriver dans le poste.

2. Dimensionnement

Pour cet ouvrage, le but du dimensionnement est la détermination de la hauteur du poste, et de la puissance des pompes. Pour cela, il est nécessaire de déterminer le volume de marnage. Il nous permettra d'en déduire la hauteur du poste. Elle dépend de plusieurs facteurs comme le débit à assurer, le placement de la canalisation d'arrivée d'eau et la hauteur d'eau minimum à maintenir pour les pompes.

Nous allons dans un premier temps déterminer le volume de marnage.

- Dimensionnement des pompes

Pour le dimensionnement des pompes, le constructeur a besoin de la hauteur géométrique des pompes par rapport au tamis. La pompe fournie doit respecter un point de fonctionnement optimal entre le débit souhaité, le rendement entre la puissance absorbée et la puissance à l'arbre.

L'ensemble de ces caractéristiques sont fournis à un fournisseur qui se charge de nous émettre un devis pour un équipement possédant toutes les conditions nécessaires.

- Volume de marnage

Il correspond à la différence entre le volume haut de la bâche, de mise en marche des pompes, et le niveau bas d'arrêt des pompes. Il est calculé, en temps normal, avec la formule suivante :

$$V_{marnage} = \frac{(Q \times \frac{1}{n})}{4(N - 1)} = \frac{(10 \times \frac{1}{1})}{4(2 - 1)} = 2.5m^3$$

Avec : N : le nombre de pompe dans le poste n : le nombre d'allumage par heure

Nous avons donc un volume minimal de marnage de 2,5m³.

Il existe différents diamètres standards pour un poste en béton, la présence de 2 pompes et d'un agitateur nous oblige à utiliser un diamètre 1800mm.

La hauteur d'immersion des pompes, fournit par le constructeur, est de 0.4m. Ces pompes doivent rester en eau afin d'éviter le cavitage des pompes.

Enfin, la dernière donnée à prendre en compte est la cote du tuyau d'arrivé d'eau. Ici, il se situe à 1.70m en dessous du niveau du sol, il faut donc l'ajouter à la profondeur du poste.

On peut donc en déduire la hauteur de marnage puis la hauteur totale du poste.

$$H_{marnage} = \frac{V_{marnage}}{\text{Section}} + H_{immersion des pompes} + H_{arrivée eau} = \frac{4,5}{2,5} + 0,3 + 1,75 = 3,85m$$

L'ouvrage est ensuite fermé avec une trappe et des barreaux anti-chute.

Pour terminer l'ouvrage, une chambre à vannes est mise en place afin d'accueillir les vannes ainsi que les clapets anti-retour.

5.2. Le tamisage

1. Fonctionnement

Le tamis permet l'élimination des particules les plus grossières, ayant une taille supérieure aux mailles. L'avantage de ce type de matériel est l'auto lavage qui permet une autonomie complète.

Il existe deux types de tamis : le premier à alimentation interne, c'est-à-dire que l'eau usée est introduite sur le tambour, et le second à alimentation externe, l'eau brute est introduite à l'intérieur du tambour.

2. Conception

C'est un équipement assez simple, il est composé d'un tambour filtrant de maille assez faible. Toutes les particules de tailles supérieures seront refusées et convoyées vers une benne de récupération.

L'effluent est amené sur le tambour via le réservoir de distribution (tank distribution), l'eau passe au travers des mailles du tamis alors que les particules trop grosses restent à l'extérieur.

Les refus sont raclés et envoyés dans une benne à l'aide d'une vis convoyeuse. La figure 2 présente le schéma d'un tamis rotatif à alimentation interne.

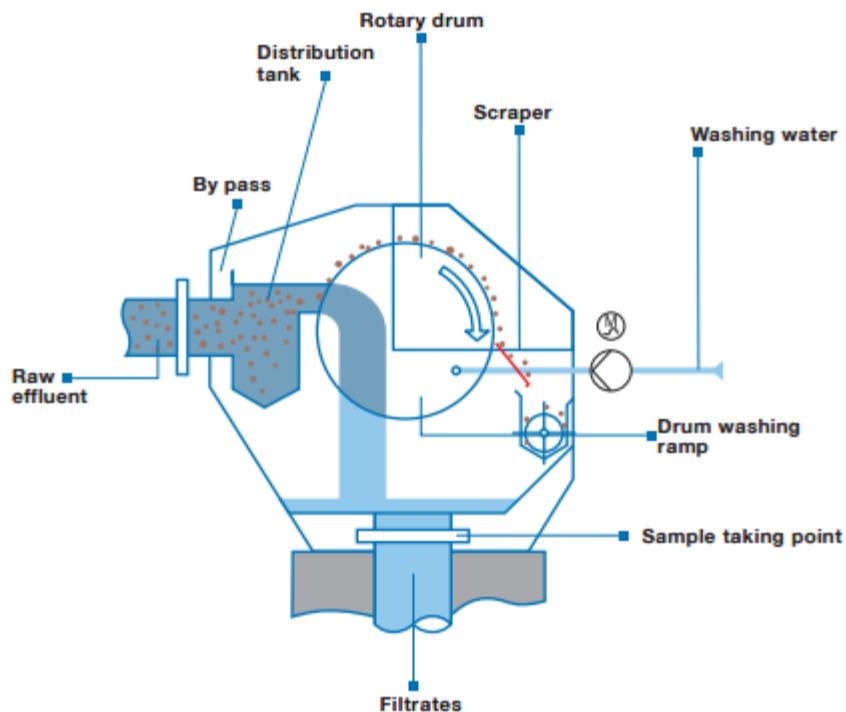


Figure 2 : Schéma d'un tamis rotatif à alimentation externe

Le filtrat est récupéré et envoyé directement dans le bassin tampon par le bas de la machine. On obtient donc un effluent débarrassé de toutes les particules grossières présentes.

5.3. Bassin tampon

Le bassin tampon permet de stocker les effluents. Dans la plupart des cas, il est équipé de pompes permettant le relevage des effluents. Ici, elles assureront le débit prévu dans la lyre de mélange pour le traitement physico-chimique. Il est généralement dimensionné pour avoir deux ou deux jours de stockage en cas de panne sur la station. Il permet également de lisser les débits, les concentrations et le pH.

En fonction de l'effluent, un système d'aération évitera la fermentation de celui-ci.

5.4. Traitement physico-chimique

Le but du traitement physico-chimique, associé à une décantation et flottation, permet l'abattement des particules colloïdales, des particules décantables et flottables.

Le problème des particules colloïdales provient de leur taille trop faible pour décanter. Le but de cette étape est l'agrégation de ces particules sous forme de flocs pour permettre une bonne décantation.

Il va consister, généralement, dans l'ajout d'un coagulant, ainsi que d'un floculant puis d'une remise à pH. Dans d'autres cas, nous pouvons également ajouter une déphosphoration chimique lorsque la concentration en phosphore est trop importante.

1. Fonctionnement [6]

La coagulation-flocculation permet l'élimination des solides en suspension et des particules colloïdales. Pour cela, on utilise deux types de produits chimiques que sont les coagulants et les floculants. Ils possèdent les caractéristiques suivantes :

- La coagulation consiste dans la désstabiliisation de particules colloïdales par addition d'un réactif chimique appelé coagulant.
- La flocculation est due à la polymérisation des flocs par formation de pont OH entre les molécules.

Des essais en laboratoire sont exécutés par un organisme externe à Aquadep, ils réalisent des essais des polymères sur l'effluent afin d'obtenir plusieurs résultats :

- Type de coagulant/floculant ayant le meilleur rendement
- Abattement obtenu après traitement
- Capacité des flocs à décanter ou flotter

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau II Résultats des tests de coagulation / flocculation / décantation

Coagulation-flocculation					
Coagulant	Type	FeCl ₃	FeCl ₃	FeCl ₃	FeCl ₃
	Dosage en ppm	200	300	300	600
Floculant	Type	AN910	AN910	AN910	AN910
	Dosage en ppm	1	1	1	1
Aspect des flocs		Petits flocs			
Flottation					
Qualité flottation		Bonne qualité			
Abattement en DCO en %		42%	51%	58%	52%

Les jar-test ont permis de déterminer la quantité de polymère optimale nécessaire au traitement physico-chimique. Ils ont également pu montrer que l'effluent formait des flocs flottants et donc la mise en place d'un flottateur.

Concernant l'injection des produits chimiques, dans le but d'économiser de la place au sol, l'ensemble des produits chimiques est injecté dans une lyre de mélange et directement envoyé dans le flottateur.

5.5. Flottateur [5]

Une fois l'agglomération des différentes particules sous forme de flocs réalisées, il est nécessaire de les séparer de la phase liquide. Les ouvrages permettant cette opération sont le décanteur et le flottateur. Les tests physico-chimiques ont montré que les particules

étaient flottantes, c'est donc ce type de système qui sera mis en place. Dans le cas contraire, un décanteur primaire aurait été installé.

Cette étape est réalisée, chez AQUADEP, dans un ouvrage de conception de l'entreprise.

1. Fonctionnement [9]

Le fonctionnement de ce type d'ouvrage est articulé autour de 2 paramètres : la vitesse ascensionnelle des particules et l'injection d'air sous forme de fines bulles. L'utilisation d'un tel système permet d'augmenter l'efficacité de l'ouvrage, et par conséquent, de diminuer la taille de la filière biologique.

L'injection d'air s'effectue grâce à un système de pressurisation. Une pompe va dissoudre de l'air sous pression dans l'eau traitée, dite « eau blanche ». Cette eau est ensuite introduite, à l'aide de buse, dans le fond du flottateur. Les fines bulles ainsi créées vont permettre la flottation des particules.

Le schéma suivant présente la méthode utilisée.

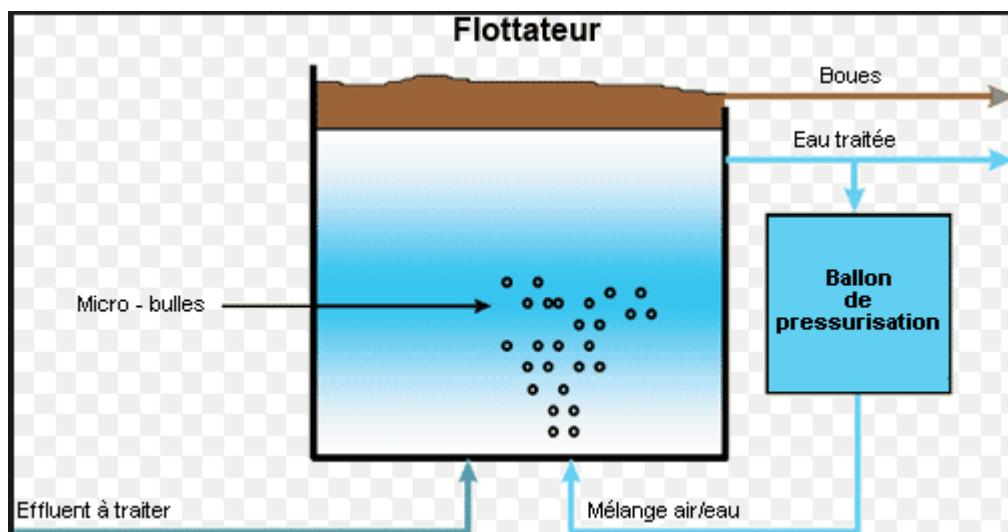


Figure 3 Principe de fonctionnement d'un flottateur à air pressurisé

Ce type d'ouvrage tire parti de l'aptitude de certaines particules solides à s'unir à des bulles de gaz (air ou azote) pour former un complexe particule-gaz moins denses que le liquide, grâce aux phénomènes de tension de surface. Elles flotteront et pourront être éliminées à l'aide d'un raclage de surface.

L'effluent comporte également une bonne partie décantable, dans cet ouvrage, un système de purge automatique est également présent pour éliminer les dépôts dans le fond du flottateur.

2. Dimensionnement

Cet ouvrage ressemble à un décanteur à la seule différence que le système de raclage est situé à sa surface de l'ouvrage. Le flottateur AQUADEP est à pressurisation indirecte, c'est à dire que l'air est dissout dans de l'eau en recirculation. Le dimensionnement s'effectue de la manière suivante :

Dans un premier temps, le diamètre est calculé. Le critère important à respecter est la vitesse ascensionnelle, elle représente la vitesse de remontée des particules dans l'ouvrage. La valeur que l'on doit atteindre est de 3.5m/h. Cette valeur est communément utilisée au sein de l'entreprise, et provient de la loi de STOCK.

On effectue le calcul suivant :

$$S = \frac{Q}{v} = \frac{15m^3/h}{3.5m/h} = 3,7m^2$$

On peut ensuite en déduire le diamètre de l'ouvrage :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = 2.2m$$

Cet ouvrage possèdera un diamètre standard de 2.3m au minimum. On remarquera qu'il suffit d'une heure de fonctionnement journalière pour traiter l'ensemble du débit arrivant à la station.

Le taux de recirculation doit ensuite être réglé.

Le taux de recirculation : Il correspond à la quantité d'eau traitée utilisée pour l'injection d'air.

Un dernier critère important dans ce genre de situation, le pH de l'effluent reste important, la présence de graisse associée à un liquide basique permet une réaction de saponification, créant des sous-produits solubles impossibles à enlever

Pour terminer, ce genre d'ouvrage permet un abattement de 90% sur les graisses et de 50% sur la DCO en fonction de l'efficacité du coagulant-floculant. Le traitement biologique est dimensionné sur ces résultats, il est donc primordial d'obtenir un rendement d'élimination optimale dans le flottateur.

5.6. Le traitement biologique

Lorsque la pollution de l'effluent est trop importante, le prétraitement physico-chimique ne suffit pas. Une épuration biologique est donc mise en place, réalisée par les micro-organismes, qui vont dégrader la pollution.

Ce genre d'ouvrage doit être dimensionné avec rigueur. En effet, dans le traitement d'effluent industriel, la grande variété de polluants et la variation continue de charge, notamment en fonction des périodes de production nous offre un effluent de charge très variable. La formation de la flore microbienne est donc instable.

1. Rôle de cet ouvrage

Le rôle de cet ouvrage est la dégradation de la matière polluante grâce au développement d'une biomasse bactérienne à action épuratrice (boues activées). Il permet la dégradation de la pollution carbonée et azotée.

Une aération ainsi qu'une agitation sont indispensables dans ce type d'ouvrage afin de mettre les bactéries dans des conditions optimales

2. Fonctionnement

Son fonctionnement consiste au développement de la biomasse dans le but de dégrader la pollution d'un effluent. Cette étape est effectuée dans un bassin équipé d'un système d'aération.

La conception technique de ce bassin est basique. Différents types de bassin d'aération existent, ils dépendent du type d'aération, de l'agitation ou de l'utilisation. Les principaux problèmes engendrés par cet ouvrage sont le bruit dû aux projections d'eau de la turbine d'aération. Des systèmes peuvent être mis en place pour pallier à ce problème comme des jupes en béton, en périphérie du bassin, ou encore des systèmes d'aération plus silencieux tel que des dispositifs fines bulles.

3. Les mécanismes de l'épuration [7]

L'épuration biologique est assurée par un grand nombre de micro-organismes tels que des plantes, des animaux ou encore des bactéries. Ces différents organismes utilisent les différents polluants (carboné, azoté, phosphoré) comme source de nutriment afin de croître et se multiplier.

C'est ce mécanisme qui est employé afin d'éliminer la pollution de l'eau. Deux types de traitement biologiques sont utilisés : la dégradation de la pollution carbonée et l'élimination de matières azotées avec la nitrification-dénitrification.

i. La dégradation de la pollution carbonée

La dégradation de la pollution carbonée est assurée par des bactéries hétérotrophes (incapables de réaliser la synthèse de sa propre matière organique et l'obtient par la nourriture). En présence d'oxygène, les micro-organismes dégradent la matière organique et utilisent de l'oxygène afin de subvenir à ses besoins et produire de nouvelles cellules.

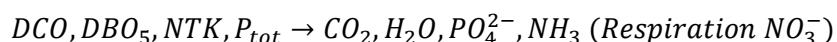
Cette étape permet l'élimination de la pollution carbonée biodégradable.

ii. La nitrification-dénitrification

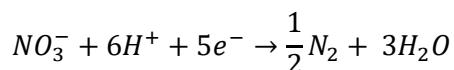
La nitrification et dénitrification sont deux étapes permettant l'élimination de la matière azotée contenue dans l'effluent. Comme pour la matière carbonée, les micro-organismes utilisent ces ressources afin de subvenir à leur besoin et produire de nouvelles cellules.

Ici, deux étapes sont utilisées, elles sont assurées par des bactéries différentes. Le mécanisme est le suivant :

- En zone anoxie, c'est la dénitrification qui s'opère. En absence d'oxygène, les bactéries hétérotrophes utilisent les nutriments présents dans l'eau, dont l'azote organique, pour se développer. Leur action peut être résumée avec l'équation suivante :



Cette réaction, nécessite un accepteur final d'électron, pour cela elle utilise du NO_3^- pour la respiration. Cette action conduit à la formation de diazote inerte. La réaction s'opère selon l'équation suivante :



Nous avons donc éliminé la trop grande quantité d'azote présente dans l'effluent. Cette épuration nécessite une nitrification de l'azote en présence d'oxygène.

- En zone aérobie, des bactéries autotrophes permettent la nitrification de l'azote ammoniacal. Elles utilisent uniquement du carbone minéral comme source de carbone et ne respirent que de l'oxygène. Elles sont, de plus, inhibées par la matière organique. Il est donc indispensable d'effectuer cette phase de traitement après la dégradation de la matière organique.

On utilise ce type de bactéries pour nitrifier l'azote ammoniacal suivant l'équation suivante :



Les nitrates produits servent à la respiration des bactéries autotrophes de la dénitrification.

iii. Carence en nutriment :

Pour permettre une bonne dégradation des polluants, il est nécessaire que les bactéries aient l'intégralité des nutriments nécessaires à leur développement. Elles ont besoin principalement de carbone, d'azote et de phosphore dans des proportions de 100/5/1, c'est-à-dire pour 100kg/j de carbone, il leur faut 5kg/j d'azote et 1kg de phosphore

Lorsque ces proportions ne sont pas respectées, l'effluent est carencé, un ajout d'urée (pour l'azote) et d'acide phosphorique (pour le phosphore) est réalisé. Sans cela, la

biomasse ne pourrait se développer correctement et le traitement biologique ne serait pas efficace voire impossible.

Dans le cas de LOC Maria Biscuit, nous sommes en présence d'une carence en phosphore et azote. Une injection de ces produits, à l'aide de pompe doseuse, dans le bassin d'aération est réalisé.

Les flux d'acide phosphorique et d'urée nécessaire sont calculés en annexe 2.

4. Les différents types de bassin

La spécificité du site et le faible débit orientent la conception du bassin d'aération vers 2 types d'ouvrage : le bassin d'aération classique ou le SBR (sequencing batch reactor).

1. Le bassin d'aération

Le bassin d'aération est divisé en 2 parties distinctes que sont :

- le traitement de la pollution carbonée
- La nitrification-dénitrification

Dans une très grande majorité des cas, ces deux phases sont réalisées dans un seul bassin, cette méthode s'appelle le syncopage. Le bassin est soumis à deux périodes, une première en aérobiose et une seconde en anoxie afin d'obtenir les deux types de bassins.

Le suivi de l'oxygénation est assuré par une sonde redox et une sonde oxygène.

2. Le SBR (sequencing batch reactor)

Le bassin SBR se dimensionne de manière similaire au bassin d'aération classique. La différence vient de sa fonction puisqu'il assure le traitement biologique des eaux mais également la décantation.

Pour obtenir ce résultat, le bassin est soumis à des périodes de forte agitation (aération et nitrification/dénitrification) et des périodes sans agitation pour la décantation.

Ce genre de bassin s'applique pour des effluents ne contenant que peu de pollution azotée puisque la nitrification/dénitrification reste peu efficace.

Au vu de la faible quantité d'azote présente dans l'effluent, associée au faible volume de rejet journalier, un bassin d'aération de type SBR semble la meilleure approche tant technique que économique.

Ce type de bassin permet également de nous affranchir de la recirculation des boues, mais engendra un suivi et un pilotage de l'installation plus important, afin de maintenir une concentration correcte des boues dans l'ouvrage.

5. Dimensionnement d'un bassin biologique

Le dimensionnement d'un bassin biologique revient à déterminer son volume, l'âge des boues présentes dans l'ouvrage et la taille de l'aérateur, à travers la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique et de l'azote.

3. Détermination du volume du bassin

La détermination du volume d'un bassin d'aération dépend principalement de 2 critères :

- La charge de polluant en entrée : DBO₅ et DCO
- La charge volumique appliquée : elle représente la pollution journalière par mètre cube d'effluent dans le bassin, elle s'exprime en kgDBO₅/m³.j

C'est cette charge volumique qui va nous permettre de déterminer le volume du bassin d'aération, il nous suffit de fixer la charge souhaitée. La charge volumique dans le bassin peut prendre plusieurs valeurs, elles sont définies dans le tableau suivant présentant les différentes charges volumiques et leur degré :

Tableau III Les charges du bassin d'aération

Type de charge	Charge volumique appliquée (kgDBO ₅ /m ³ .j)	Charge massique (kgDBO ₅ /kgMVS .j)	Avantages / Inconvénients
Aération prolongée	0,3< Cv	0,07< Cm	<ul style="list-style-type: none">• Temps de séjour supérieur à 24h• Les boues sont minéralisées, et en plus faible quantité
Faible charge	0,3 < Cv < 0,7	0,07<cm<0,2	
Moyenne Charge	0,7 < Cv < 1,5	0,2 < Cm < 0,5	<ul style="list-style-type: none">• Temps de séjour inférieur à 10h• Epuration biologique sous forte température (80°C)• Boues peu minéralisées
Forte charge	1.5 < Cm	0.5< Cm	

Source : <http://traitementdeseaux.fr/techniques-traitement/traitements-biologiques/>

La détermination du volume du bassin d'aération s'effectue à partir de ces critères. Dans le domaine de l'épuration d'effluent industriel, AQUADEP utilise la charge volumique en aération prolongée afin de minimiser la production de boue et d'obtenir un bassin d'aération capable de gérer les augmentations de charges.

Le flux de DBO₅ correspond au flux en entrée de bassin biologique et donc en sortie de prétraitement. Par rapport à la charge initiale, cette valeur a été abaissée de 58% par rapport aux données d'entrée grâce au traitement physico-chimique. Cette étape nous permet de voir l'influence d'un bon prétraitement dans la conception d'un bassin d'aération.

La formule suivante permet de calculer le volume du bassin d'aération.

$$V_{\text{bassin d'aération}} = \frac{\text{Flux de DBO}_5}{\text{Charge Volumique}} = \frac{60}{0.3} = 200 \text{ m}^3$$

Les dimensions du bassin d'aération dépendront du type d'aérateur à installer et par conséquent de la quantité d'oxygène à fournir.

4. Age des boues

L'âge des boues nous permet de confirmer le volume du bassin d'aération. Pour ce type d'effluent, une valeur supérieure à 14 jours est attendue. Cette valeur dépend de la masse de biomasse (MVS) produite et de l'extraction des boues journalières. Le calcul suivant montre l'âge des boues pour ce bassin d'aération :

$$\text{Age des boues} = \frac{\text{Masse de biomasse}}{\text{Masse de biomasse extraite/j}} = \frac{[\text{MVS}] \times V}{\Delta P/j} = \frac{3.5 \times 200}{51} = 13,7 \text{ jours}$$

Avec :

- MVS : Matière volatile en suspension, elle représente la biomasse présente dans l'effluent, elle est calculé comme une fraction des MES. Au contraire des stations communales, où cette valeur vaut 60%, cette valeur peut varier pour l'industriel, AQUADEP utilise une valeur 50% lorsque les analyses ne sont pas effectuée.
- La production de boue journalière est calculée dans la partie 6.

L'âge des boues est correct et confirme le dimensionnement du bassin d'aération. Dans le cadre d'effluent industriel, cette caractéristique dépend de la masse de MVS qui peut vraiment varier d'un effluent à un autre .

5. Aération du bassin

Le dernier paramètre à contrôler dans un bassin biologique est l'aération. En absence d'oxygène, les bactéries aérobies sont incapables de survivre et d'effectuer leur action épuratrice. Il est donc nécessaire de calculer la quantité d'oxygène nécessaire et d'en déduire le type d'aérateur.

L'annexe 1 montre le calcul de la quantité journalière d'oxygène nécessaire aux bactéries aérobies. Nous obtenons une quantité horaire d'O₂ à fournir en conditions standard de 6kgO₂/h.

Pour l'aération de ces bassins, AQUADEP travaille principalement avec un fournisseur capable de répondre aux critères pour leur turbine. Sa taille, ainsi que la puissance de la turbine d'aération va dépendre de la quantité d'oxygène à fournir et des dimensions du bassin.

La consultation du fournisseur nous a orientés vers une turbine flottante rapide d'une puissance de 15kW ayant les caractéristiques suivantes :

Tableau IV Caractéristiques des aérateurs AQUAFEN 15 kW

Modèle	Hauteur d'eau		Diamètre gerbe	Capacité d'oxygénation
AQUAFEN 15kw	Mini (m)	Maxi (m)	Maxi (m)	kgO ₂ /h
	1	2.9	6	19.5

Les caractéristiques de la turbine nous permettent de dimensionner le bassin d'aération. Il devra avoir une hauteur d'eau proche de 2m, et un diamètre supérieur à 6m afin d'empêcher les gerbes d'eau de sortir du bassin.

Avec un volume de 200m³, le bassin d'aération aura les dimensions suivantes :

- Hauteur d'eau : 2m
- Diamètre : 11.5m

Ici, la turbine et la configuration du bassin ne nécessitent pas la mise en place d'un agitateur. Dans le cas contraire, où l'effluent entier ne sera pas brassé par la mise en place d'une turbine, un système d'agitation de fond sera mis en place.

5.7. Décantation

La décantation s'effectue ici dans le bassin d'aération. Plusieurs phases sont mises en place suivant des cycles allant de 8 à 12h. La figure n°2 montre les différentes phases d'un cycle d'un bassin SBR :

<u>Bassin SBR</u>	Heure du cycle	1	2	3	4	5	6	7	8
Remplissage									
Aération									
Décantation									
Soutirage boue									
Pompage eau traitée									

Figure 4 Les différentes phases d'un cycle SBR

Pour cette usine, nous avons décidé de mettre en place 3 cycles de 8h par jour. Ils se décomposent en trois phases distinctes :

- Une phase d'aération, où l'effluent est agité. Cette période permet également le remplissage du bassin. La spécificité de cette étape concerne le dimensionnement des équipements, la pompe d'alimentation doit être capable d'envoyer les 8 heures de production d'eaux usées en 2h. L'aérateur doit lui pouvoir fournir une quantité d'oxygène suffisante durant les 3 heures d'aération.
- La phase de décantation, de 3h permet de récupérer les boues
- Les deux dernières heures du cycle permettent le soutirage des boues décantées et de l'eau traitée.

Les boues sont envoyées dans une filière de traitement spécifique et l'eau traitée passe par le canal de comptage.

5.8. Comptage et quantification des effluents [8]

Le suivi de la station d'épuration est effectué par l'exploitant. Ces installations doivent être conformes aux normes et validées par des organismes extérieurs. Ils comprennent des dispositifs de mesures de débit et prélèvements des échantillons représentatifs pour une analyse en laboratoire.

Le prélèvement des échantillons est réalisé par un échantillonner placé en sortie de canal.

L'évaluation du débit est réalisée dans un canal de comptage, il doit respecter des normes AFNOR de « mesures de débit de l'eau dans les canaux découverts au moyen de déversoir en mince paroi ». Ils permettent de quantifier le volume d'eau en sortie de station.

Le tableau suivant montre les deux types de canaux installés chez AQUADEP :

Tableau V Les différents canaux de comptage

Types de canal	Canal lame en V	Canal venturi
Plage de débit	$0,5 < Q < 14\text{m}^3/\text{h}$	$14\text{m}^3/\text{h} < Q$
Sources :		

Le canal de comptage est le dernier ouvrage où l'eau épurée passe avant son rejet hors de la station. Dans le cas où le traitement aurait besoin d'être affiné (pour des rejets dans le réseau pluvial par exemple) un traitement tertiaire peut être proposé. Il est généralement composé d'un filtre à sable, d'une lagune d'imprégnation ou d'autres ouvrages permettant une amélioration de la qualité de l'eau.

Pour terminer le dimensionnement de la station, il est indispensable de penser à la conception de la filière boue.

6. La filière boue

Une des problématiques majeures dans la conception d'une station de traitement de l'eau est la gestion des boues. La mise en place de traitement de l'eau conduit à la production de déchet d'épuration par la station.

Lors de la conception, il est indispensable d'estimer la quantité de boues produites et de proposer un système de traitement adapté. Il peut varier du simple stockage, à la déshydratation en passant par un système d'élimination naturelle.

6.1. Production de boues

1. Les différents types de boues

Les boues de STEP peuvent être de natures différentes suivant l'opération dont elles proviennent. Il existe différents types de boues :

- Les boues issues du traitement primaires, sont composées généralement de graisses et de matière décantable. Elles sont riches en matières organiques ayant un fort pouvoir fermentescible et calorifique, elles ne peuvent donc pas être stockées à long terme sans stabilisation. Ces boues sont principalement envoyées dans un système d'incinération ou de production de méthane mais peuvent également être utilisées pour épandage.
- Les boues issues du traitement physico-chimique subissent le même traitement, néanmoins, la présence de produit chimique nécessite de prêter attention au type de traitement.
- Les boues issues de l'épuration biologique sont plus facilement valorisables et sont plus minéralisées. L'épandage est souvent utilisé.

Dans notre cas, le client souhaite séparer les boues primaires des boues biologiques. Les premières seront envoyées dans un petit silo de stockage pour une valorisation énergétique. Les secondes, issues du traitement biologiques, seront destinées à l'épandage.

2. Estimation de la production journalière

Le calcul de production des boues biologiques est fourni par l'IRESTEA. Il prend en compte le flux journalier de DBO₅ associé à un coefficient. Pour un bassin d'aération, de faible charge, le coefficient est de 0,8.

Le calcul suivant permet d'estimer la quantité de boue journalière :

$$\Delta P/j = Q \times [DBO_5] \times 0.8 = 48kgMS/j$$

Cette valeur de production de boue journalière, exprimée en kgMS/j, va nous permettre de dimensionner une filière boue adaptée à la demande du client. Dans ce cas particulier, nous étudierons la solution fournis par le client pour de l'épandage, et une solution alternative via la conception de lit planté de roseaux.

6.2. Le traitement des boues

Le DCE contient une estimation du volume des boues qui pourront être éliminées par épandage. D'après le cahier des charges, un volume de boues de 200m³ devra être prévu pour une période de stockage de 6 mois.

1. Le rôle

Le principal rôle du traitement des boues est la réduction de leur volume, par épaississement et/ou déshydratation. Cette étape permet de réduire la quantité d'eau qu'elles contiennent.

Le second rôle est leur inertage afin d'empêcher la fermentation durant la période de stockage.

2. Concentration des boues attendues

Pour atteindre cet objectif, il nous faut calculer la siccité des boues à atteindre afin de pouvoir choisir le meilleur système de déshydratation. Cette valeur représente le pourcentage massique de matière sèche dans les boues, à 4% elles seront composées de 96% d'eau et 4% de matière sèche. De même, cela représente une concentration des boues de 40g/L.

$$[MS]_{boue} = \frac{\text{Masse de boues (6 mois)}}{\text{Volume de stockage}} = \frac{48 \times 30 \text{ jours} \times 6 \text{ mois}}{200 \text{ m}^3} = 44 \text{ kgMS/m}^3$$

La concentration attendue des boues sera donc de 44g/l soit une siccité proche de 5%, nous permettant de garder une marge de sécurité en cas d'augmentation de la production, et donc des rejets.

Ce genre de siccité n'est pas atteignable dans un épaisseur statique de type silo, il faut donc mettre en place un système de déshydratation des boues afin de réduire leurs volumes.

3. Système de déshydratation

1. La déshydratation

Il existe différents systèmes de déshydratation des boues. Le choix de ce type d'appareil dépend du débit qu'elles peuvent traiter, et de la siccité en sortie. Deux technologies sont principalement utilisées : les tables d'égouttages et les centrifugeuses.

Le tableau suivant compare les rendements de ces deux machines pour des boues biologiques standards :

Tableau VI Les différents types de déshydratation

Méthodes de déshydratation et séchage	Siccité obtenue
Epaississement statique	2 - 2,5%
Table d'égouttage	6 – 7%
Centrifugation	18 – 25%
Séchage thermique	90 – 95%

D'un point de vue de la rentabilité, on peut remarquer que la centrifugeuse permet une déshydratation plus poussée. Néanmoins, ce genre d'appareil possède un prix élevé en comparaison avec les autres systèmes, et nécessite de grand volume de boue à traiter pour être rentabilisé. Ce type de matériel est réservé aux grosses stations.

La table d'égouttage est un bon compromis entre la rentabilité souhaitée et le prix de l'équipement proposé. C'est sur ce choix que nous nous sommes porté. Une consultation chez un fournisseur de système de déshydratation nous a orientés vers un modèle précis.

2. Fonctionnement d'une table d'égouttage :

Le fonctionnement d'une table d'égouttage est le suivant :

Les boues sont introduites, grâce à une pompe, sur le tapis de la table. Les boues passent dans une zone de pressage constituée du tapis et d'un cylindre en INOX, qui va enlever l'eau par pressage. Le filtrat est récupéré et renvoyé dans le bassin biologique.

Ce genre de système possède un auto-lavage ainsi qu'une injection de polymère, réalisé avant l'introduction des boues dans le table, afin d'augmenter son efficacité.

La figure suivante illustre le fonctionnement d'une table d'égouttage.

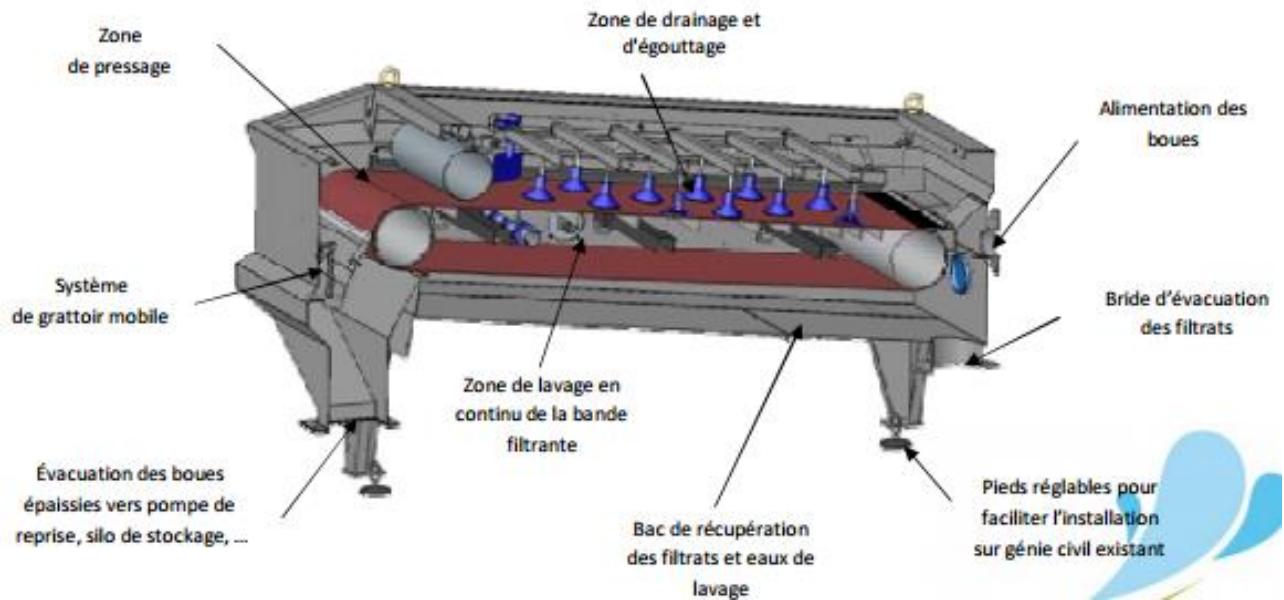


Figure 5 Fonctionnement d'une table d'égouttage

Une fois la siccité obtenue, les boues épaissies sont envoyées dans un silo de stockage.

4. Conditions de stockage [9]

Le type de stockage qui sera mis en place sera assez simple. Il sera constitué d'une cuve en béton d'un volume de 200m³, fermée. Ce système doit permettre un stockage pour une durée de 6 mois. En effet, les périodes d'épandage se situent à l'hiver et au printemps, en été et automne, cette pratique est interdite.

Cette cuve est munie d'un système de désodorisation au charbon actif. Il sera doté d'un système de purge des eaux surnageantes qui retourneront en tête de station. Il sera également équipé d'un agitateur permettant une homogénéisation des boues avant leur soutirage pour épandage.

La mise en place de ce type de système permet d'économiser de la place et ne demande que peu d'entretien. Néanmoins, le cout financier est plus important du fait de l'utilisation d'une presse de déshydratation. Nous avons donc proposé, en variante, une solution moins chère, mais plus difficile d'exploitation et nécessitant une grande surface : les lits plantés de roseaux.

6.3. Lit planté de roseaux

L'installation de lits plantés de roseaux peut également être une alternative au traitement des boues. Ce système est différent de la déshydratation classique.

1. Rôle

Le rôle de cette opération est la réduction du volume des boues biologiques de la station par des plantes et bactéries.

L'avantage de ce traitement provient du faible cout d'exploitation par rapport au système mécanique, et donne la possibilité de stocker des boues épandables sur plusieurs années. D'un autre côté, de nombreux inconvénients sont également présents comme la nécessité de posséder une surface importante pour être mise en œuvre, et les différentes nuisances qu'elles dégagent pour le voisinage. C'est pour cela que ce système est destiné à de petites stations plutôt isolées.

2. Fonctionnement

Le séchage des boues sur lits plantés de roseaux repose sur la mise en place d'un massif filtrant sur lequel des boues sont progressivement disposées et dans lequel des roseaux se développent. Ils possèdent une action de déshydratation et d'épuration.

Le fonctionnement tient au fait qu'autour de chaque tige de roseaux, il existe en permanence un anneau libre pour le passage de l'eau interstitielle de la boue activée alors que les MES sont retenues en surface et s'accumulent. Cette eau s'écoule le long des tiges, rhizomes et racines de roseaux et va percoler à la base du massif drainant et être renvoyée en tête de station.

Le bon fonctionnement du procédé repose donc sur un développement dense des roseaux de manière à ce que l'eau puisse être évacuée en permanence ce qui permet la minéralisation des boues et la réduction de leur volume.

Pour que les roseaux se développent au mieux dans ce milieu chargé en matière organique et pouvant rapidement devenir fermentescible, il est nécessaire de maintenir des conditions aérobie. La figure 6 présente la coupe d'un lit planté de roseaux et ses différentes couches :

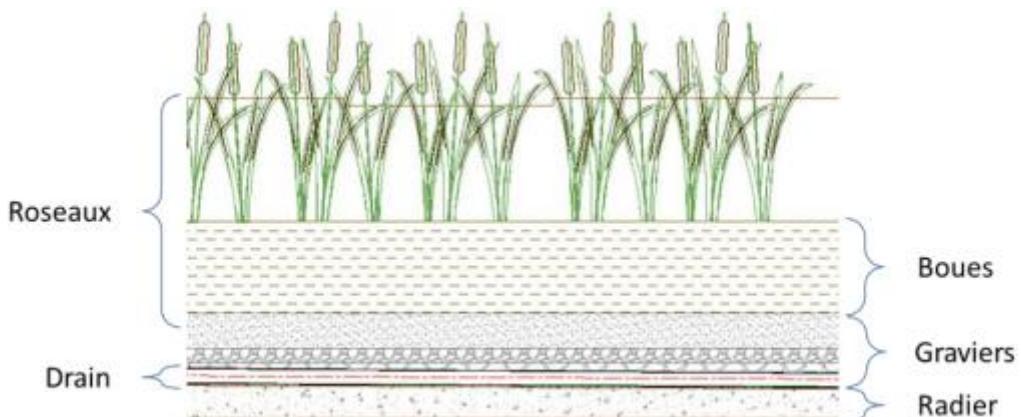


Figure 6 Coupe d'un lit planté de roseau

La conception des lits est sous forme de casier béton contenant les différents massifs drainants. L'alimentation en boue se fait par des canalisations équipées de plusieurs points de répartition situées le long de chaque lit. Les lits sont alimentés durant une semaine pendant que les autres sont au repos et ainsi de suite.

Une fois l'action épuratrice et drainante des roseaux effectuées, les boues minérales peuvent être revalorisées en engrais par exemple.

3. Dimensionnement

Le dimensionnement des lits plantés de roseaux s'appuie sur plusieurs critères :

- La production annuelle de boue biologique
- La surface des casiers béton
- Le nombre de casiers
- Le nombre de plants de roseaux par m² de lit filtrant
- Le dispositif d'alimentation en boue

Dans un premier temps, la surface des casiers bétons est calculée par rapport à la production de boue et la charge appliquées par m² de lit de séchage. La valeur de celle-ci est de 50kgMES/m²/an. Il est donc possible de calculer la surface nécessaire à l'aide de la formule suivante :

$$S_{lits \ de \ séchage} = \frac{Production \ de \ boue \ biologique \ annuelle}{Charge \ surfacique} = \frac{17\ 520}{50} = 350m^2$$

Dans le cas de notre usine, la surface nécessaire sera de 350m², répartie en plusieurs casier béton permettant l'alimentation et le séchage dans de bonne condition.

Le nombre de casier béton dépend notamment de la charge appliquée et du nombre d'année de stockage qu'il est nécessaire de prévoir. Le tableau suivant nous donne des indications sur ce critère :

Tableau VII La conception des cycles de séchage en fonction de la charge appliquée

Nombre. total de lits	Durée d'un cycle complet de vidange	Charge dimensionnement/surface de filtration (50 cm au-dessus si déblai-remblai) kg de MS.m ⁻² .an ⁻¹	Charge maximum reçue en phase de curage kg de MS.m ⁻² .an ⁻¹
6	3 ans	48 (42,8)	60,7
8	4 ans	50 (45)	60,1
10	5 ans	50 (44,5)	56

Avec une charge surfacique de 50kgMS/m²/an, et une durée de stockage maximale, il nous faudra au minimum 8 lits.

Nous pouvons désormais dimensionner les lits. Nous sommes donc partis sur 8 lits d'une surface unitaire de 45m² permettant une surface de filtration totale de 350m². La hauteur des lits devra prévoir l'augmentation de la hauteur de boue au fil du temps.

La largeur des casiers ne doit pas excéder 6m ce qui permettra un curage à la pelle mécanique.

7. Réponse à une offre

Le dimensionnement des différents postes constituent le cœur de la réponse à un appel d'offre. Néanmoins, de nombreuses autres étapes sont nécessaires à la réponse, comme le chiffrage financier des différents postes, la rédaction d'un mémoire technique des différents postes ainsi que la conception des plans hydrauliques, PID ou encore une étude de l'implantation.

Dans un second temps, et après la remise de l'offre, une audition portant sur la solution technico-économique a été réalisée entre AQUADEP, le client et l'assistant au maître d'ouvrage. Après une série de questions et une évolution du projet, le client a attribué le marché.

7.1. Chiffrage

L'étape suivante est le chiffrage financier de la station. Il s'agit ici de définir le prix de la vente de la station en décomposant poste par poste.

Ce chiffrage prend en compte l'ensemble des couts de la station qui regroupe :

- Le cout des équipements
- Le génie civil qui regroupe : le terrassement du terrain, la mise en place des différents postes bétons ou encore le coulage de la dalle béton.
- Le cout de la main d'œuvre chargée de la construction, et de la pause des équipements jusqu'à la mise en route de la station.
- Le cout de la partie électrique et automatisme de la station
- Le cout nécessaire à l'étude et à la conception des plans d'exécution
- La formation du personnel au pilotage de l'installation

Avec l'ensemble de ces informations, un tableau Excel est complété, indiquant le détail de chaque poste ainsi que toutes les informations nécessaires à l'établissement du prix de vente de la station. Une marge est appliquée, sa valeur fait l'objet d'une discussion entre le chargé d'affaire et le chef de l'entreprise, afin d'obtenir un prix à la fois compétitif et permettant de dégager un bénéfice.

Pour terminer, un DPGF (décomposition du prix global et forfaitaire) est renseigné avec le prix final (hors taxe) pour le remettre au client avec le mémoire technique.

7.2. Rédaction d'un mémoire technique

On effectue ensuite la rédaction d'un mémoire technique. Ce dossier est rédigé en dernier lieu, lorsque l'ensemble des prix est connu ou au moins estimé.

Ce dossier regroupe, pour chaque poste, l'ensemble des équipements mis en place comme la marque, la puissance, le débit des pompes ou encore de l'instrumentation (sonde pH,

redox...). Il détaille également le prix du génie civil, la dimension des dalles béton, bassin et leur conception (type de béton, matériaux...). Il définit ce qui sera vendu au client et justifie les différents choix effectués.

L'offre comporte également une estimation du coût annuel d'utilisation de la station qui regroupera le prix des réactifs, le coût d'élimination des boues, le temps nécessaire au pilotage de la station et l'électricité indispensable à son fonctionnement.

Ce mémoire est accompagné d'un plan d'ensemble de la station sur le terrain et d'un PID (piping and instrumentation diagram) afin de rendre compte de la station et du type de traitement proposé.

7.3. Plan d'ensemble et PID

La dernière étape, avant la remise de l'offre, est la conception d'un plan d'ensemble de la station regroupant les différents postes et leur implantation prévu. Dans d'autres cas, si le client à fournir les pièces nécessaires, ce schéma est implanté sur un plan de l'usine afin de montrer l'implantation possible.

L'annexe 3 présente le PID définitif de la station.

7.4. Audition

L'audition se déroule devant les responsables de l'entreprise LOC Maria ainsi que CBE conseil, assistant à la maîtrise d'œuvre ayant fourni le DCE.

La première étape de l'audition consiste dans la présentation de notre solution, en détaillant chaque poste, les différents choix de dimensionnement et de technologie réalisés. Le but ici est de convaincre que notre solution est la plus adaptée et que l'entreprise est la plus à même de concevoir cette station.

La seconde étape est consacrée aux questions, et aux améliorations éventuelles. Lors de cette réunion, le responsable de l'usine a rejeté la mise en place d'un lit planté de roseaux, prenant trop de place par rapport à ce qui est disponible. Ce temps est également prévu pour une mise en accord sur certain point de conception. Pour ce dossier, le client désirait mettre en place un système d'ultrafiltration à la place d'un système de clarification en sortie de bassin biologique. Cette solution technique, difficile à piloter, assez chère est abandonnée par le client après discussion et exposition des avantages d'un système de type SBR.

L'audition se termine souvent par la modification de certains points de conception et la demande de remise d'une offre mise à jour avec les dernières données et un prix définitif.

7.5. Attribution du marché

Suite à cette audition, le client examine les offres et sélectionne, selon ses critères, l'entreprise la mieux à même d'effectuer la construction de l'usine. Après délibération, l'entreprise AQUADEP n'a pas obtenu le marché.

Conclusion

La construction d'une station de traitement de l'eau est l'aboutissement d'un long travail faisant intervenir de multiples interlocuteurs. Une grande partie de ce temps est consacré au dimensionnement et à l'étude technico-économique de la station, l'objectif étant de remporter le contrat ce qui n'est pas toujours le cas.

De nombreux aspects sont primordiaux dans la remise d'une offre. Il est indispensable d'être en accord avec le DCE, en respectant les demandes du client vis-à-vis des technologies employés, mais également dans le respect des normes de rejets. L'aspect technique de l'ingénierie du traitement de l'eau reste le critère dominant, notamment lors du dimensionnement, qu'il faut mettre en relation avec le critère économique, souvent déterminant dans le choix du client.

L'ingénieur d'affaire est l'interlocuteur avec le client, il est responsable de chaque étape du projet, de la formulation de l'offre à la réception de l'installation, en passant par la vérification des plans et le suivi des travaux. Ce métier demande un domaine de compétence étendu puisqu'il est nécessaire de connaître les ficelles du dimensionnement, du génie civil et de tous les corps de métier qui interviendront sur le chantier. La partie commerciale du métier n'est pas à négliger, puisque le but est avant tout de vendre.

Au cours de ce stage, j'ai eu l'opportunité de répondre à une dizaine d'offre provenant de milieu industriel très différent. La spécificité de ce métier provient de la grande variété des effluents, chaque station est unique et nécessite une étude plus approfondie pour répondre au mieux à la demande du client.

Ce stage m'a permis de découvrir le métier d'ingénieur d'affaire et sa grande diversité de compétences. La variété des effluents nécessite une connaissance approfondie des différentes techniques d'épuration, et une connaissance des matériaux des équipements poussée. Le stage m'a également permis de rencontrer d'autres interlocuteurs du domaine de l'eau et d'échanger avec eux, l'occasion pour moi de renforcer mon projet professionnel dans le traitement des eaux usées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Définition des matières en suspension. *Dictionnaire de l'environnement*. [En ligne]. Disponible sur :
http://www.dictionnaire-environnement.com/matiere_en_suspension_mes_ID278.html (12/07/2017)
- [2] Les différentes formes du phosphore, [En ligne]. Disponible sur :
<http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD9598/travaux/optsee/bei/nome33/n33a15.htm> (12/07/2017)
- [3] Demande chimique en oxygène. *Futura sciences* [En ligne] : <http://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-demande-chimique-oxygene-6372/> (12/07/2017)
- [4] Demande Biochimique en oxygène à 5 jours. *Dictionnaire de l'environnement*. [En ligne] http://www.dictionnaireenvironnement.com/demande_biochimique_en_oxygene_5_jours_dbo5_ID1635.html (12/07/2017)
- [5] Pierre BLAZY, El-Aid JDID (2000), Flottation – Mécanisme et réactifs. *Techniques de l'ingénieur*
- [6] La coagulation floculation théorie et méthode, [En ligne]
<http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0304/optsee/bei/5/binome4/coag.htm> (15/07/2017)
- [7] Alain JADAS HECART, Les procédés à culture libre
- [8] Joseph PRONOT, Rakha PRONOST, Laurent DEPLAT, Jacques MALRIEU, Jean-Marc BERLAND (2002) *FNDAE N°22 Bis*, Fiche 4 : Autosurveillance In : Station d'épuration : Disposition constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation
- [9] Céline ROLLAND (2005), Le devenir des boues de stations d'épuration, *ENSAIA*
- [10] Bliefert, Perraud (2009), Traitement et élimination des boues d'épuration. In Chimie de l'environnement (Chapitre 19)
- [11] Mathieu Barreau (2014), Lits plantés de roseaux In : Conception de station d'épuration des eaux usées

Sommaire des annexes

ANNEXE 1 : Calcul de l'oxygénation du bassin d'aération.....	Page 1
ANNEXE 2 : Calcul des flux d'azote et de phosphore.....	Page 3
ANNEXE 3 : PID de la station.....	Page 5
ANNEXE 4 : Plan de masse de la station.....	Page 7

**Annexe 1 : Calcul de l'oxygénation du bassin
d'aération**

Données

a' : Vaut 0,66 à faible charge

Q(S₀) : Flux de substrat (DBO₅) journalier, Q(S₀) = 90 kg/j

b' : Vaut à 0.07 à faible charge

XV : masse de biomasse dans le système, XV= [MVS] x V = 3,5 x 200 = 700kg

Ici le taux de MVS est obtenu grâce au MES. L'hypothèse d'un de taux de MVS égal à 50% des matières en suspension a été utilisé.

Calcul du besoin en oxygène

Dans le cas de ce projet, le besoin en oxygène se calcule uniquement pour la dégradation de la matière carbonée, elle se calcule avec la formule suivante :

$$\text{Besoin en oxygène} = a'Q(S_0) + b'XV = 0,66 \times 90 \times 0,07 \times 700 = 110\text{kgO}_2/\text{j}$$

On applique ensuite à cette valeur un coefficient pour convertir ce besoin pour des conditions standard, c'est-à-dire en eau clair à 20°C. La valeur du coefficient dépend du type d'aération, décrite dans le tableau suivant :

Type d'aérateur	Turbine lente	Turbine rapide	Aérateur de surface	Aération fines bulles
Valeur du coefficient	1,55	1,5	0,7	0,5

On déduit de ce tableau, le coefficient à appliquer. Le calcul de l'apport horaire dans ces conditions, pour un fonctionnement de 14h par jour.

$$AH_s(\text{eau claire}, 20^\circ\text{C}) = \frac{110 \times 0.7}{14} = 6\text{kgO}_2/\text{h}$$

Il sera donc nécessaire d'apporter 6 kgO₂/h dans le bassin d'aération.

**Annexe 2: Calcul des flux de phosphore et
d'azote**

A partir du moment où les carences ont été mises en évidence, il est nécessaire de calculer la quantité d'azote et de phosphore qu'il faudra introduire dans le bassin d'aération afin de permettre une croissance optimale des bactéries.

Nous allons détailler le calcul de la consommation hebdomadaire d'urée permettant de réduire les carences en azote. Concernant le phosphore, la méthode de calcul est relativement similaire avec du phosphate trisodique hydraté.

Données

Rapport DBO5/N : 1,3

Rapport DBO5/N visée : 5

Masse molaire de l'azote : 14 g/mol

Masse molaire de l'urée ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) : 64 g/mol

Quantité d'azote par kg d'urée : 467 gN/kg produit

Calcul du flux de phosphore journalier à ajouter

- Quantité d'azote à ajouter :

$$\text{Flux d'azote} = (5 - \frac{\text{DBO}_5}{N} \times \text{Flux DBO}_5) \div 100 = 6,7 \text{ kgN/j}$$

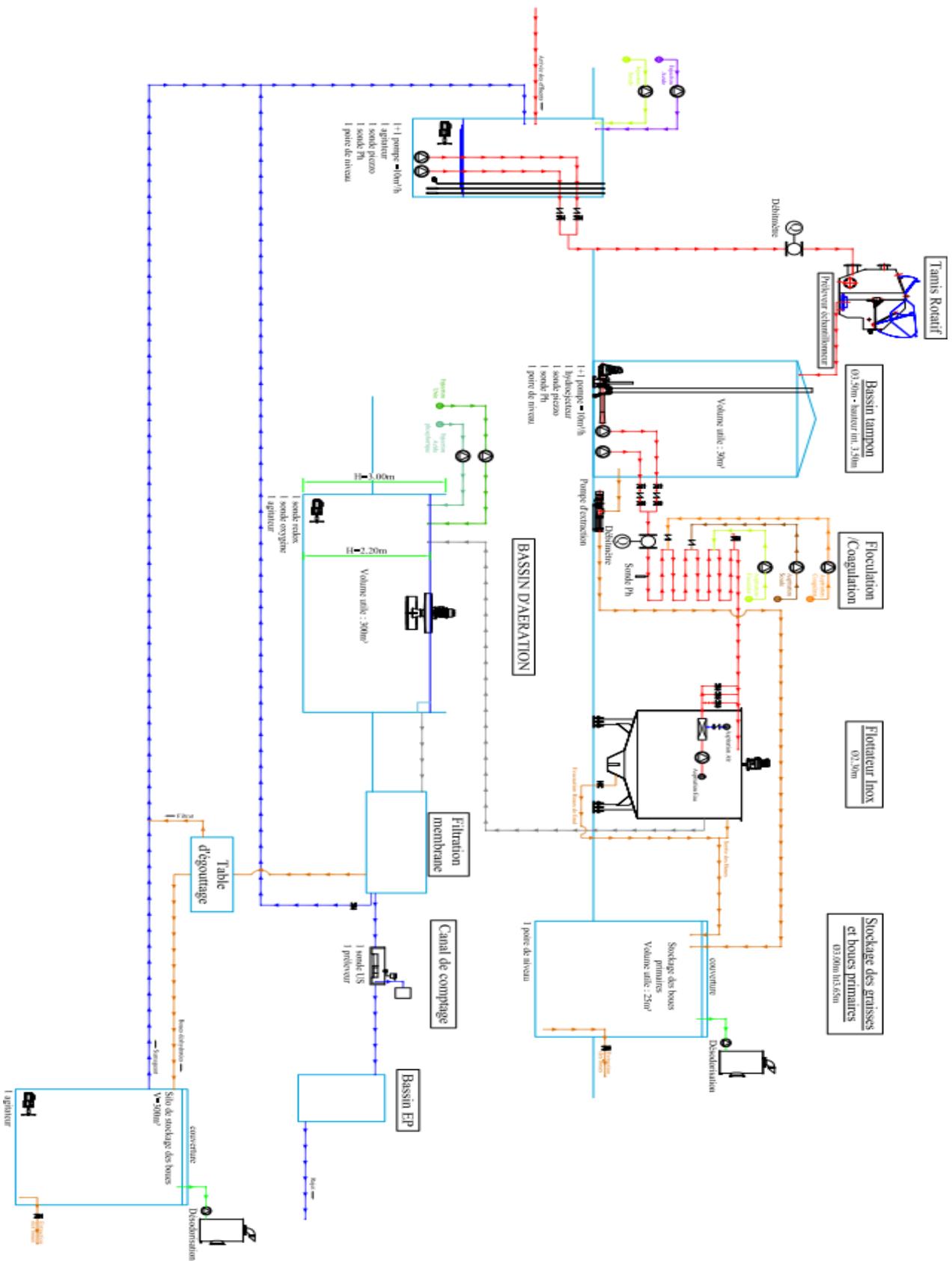
Pour obtenir un rapport DBO5/N égal à 5, il est nécessaire d'ajouter chaque jour 6.7 kg d'azote. Ce composé se présente sous forme de pastille durée solide, on peut donc en déduire la quantité d'urée hebdomadaire à utiliser et ainsi l'inclure dans le bilan d'exploitation.

$$\text{Masse d'urée hebdomadaire} = \frac{\text{Qté d'azote à ajouter}}{\text{Qté d'azote par kg d'urée}} = \frac{6.7}{467} * 1000 * 7 = 98 \text{ kg d'urée}$$

L'injection d'urée s'effectue à l'aide d'une pompe doseuse sous forme liquide, le débit journalier d'urée se calcule grâce à la densité du produit :

$$\text{Débit d'urée journalier} = \frac{\text{Flux d'urée}}{\text{Densité du produit}} = \frac{14}{1.32} = 11 \text{ L/j}$$

Annexe 3: Le PID de la station



Annexe 4: Implantation de la station

Le plan de masse de la station présente les différentes canalisations, leur profondeur et leur emplacement. Il contient aussi la projection de la station est les endroits de raccordement au réseau actuel.

