

BONNEAU Jérôme

Ingénieur 3^{ème} Année

DEMARRAGE ET SUIVI D'UNE
STATION, EN PHASE DE LANCEMENT,
TYPE BIOREACTEUR A MEMBRANE



Promotion 1996 - 1999



SOMMAIRE

RESUME	4
INTRODUCTION	5
I. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	6
II. PRESENTATION RAPIDE DE LA SOCIETE	7
III. LE CONTEXTE LEGISLATIF	7
1. l'arrêté d'autorisation d'exploiter	7
2. L'autosurveillance	8
IV. L'EFFLUENT	10
1. Volume et homogénéité de l'effluent à traiter	10
2. Nature de l'effluent à traiter	10
3. Situation avant la construction de la nouvelle unité de traitement	11
4. Paramètres de la pollution	11
V. DESCRIPTION DU PROCESS "BOSCHER VOLAILLES"	13
1. le Pré-Traitement	13
a) Généralités	13
b) Description	13
2. Traitement Biologique	14
a) Généralités	14
b) Description	15
3. Ultrafiltration	16
a) Généralités	16
b) Description	17
4. Osmose Inverse	19
a) Généralités	19
b) Description	20
VI. LA MISE EN PLACE DU LABORATOIRE D'AUTOCONTROLE	21
1. Une obligation réglementaire	21
2. Critères de choix	21

3.	Matériels achetés	22
4.	Principe d'analyses	24
VII.	SUIVI DE L'EXPLOITATION	25
1.	Le suivi maintenance	25
2.	Le suivi par le service qualité	26
3.	Paramètres de suivi analytique	26
4.	Paramètres de suivi mécanique / électrique	27
VIII.	MISE AU POINT D'UNE SUPERVISION EFFICACE ET FACILE D'UTILISATION	27
1.	L'aspect efficacité	27
2.	L'aspect ergonomie	28
IX.	EXPERTISE, REGLAGES EFFECTUES ET PROPOSITIONS D'AMELIORATION	28
1.	L'élimination de l'azote	29
a)	aspects théoriques	29
b)	éléments d'explication et proposition de solutions	30
2.	L'élimination du phosphore	31
X.	MISE EN PLACE DU TRAITEMENT DES BOUES	34
1.	Mise en place d'une unité de déshydratation des boues en excès	34
a)	définition des besoins	34
b)	recherche d'une solution adaptée	35
c)	mise en place et exploitation d'une centrifugeuse à boues en déshydratation	39
2.	Mise en place d'une plate-forme de compostage	40
a)	définition des besoins	40
b)	Volontés de Boscher Volailles pour ce compostage	41
XI.	CONCLUSION	42
XII.	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	43
XIII.	REMERCIEMENTS	44
XIV.	ANNEXES	45

RESUME

Cette étude présente la mise en route d'une station de traitement d'effluents industriels type abattoirs de volailles.

La station, en place depuis quelques mois mais pas encore réceptionnée présente des points de process à changer et d'autres à améliorer. Les dysfonctionnements engendrent notamment des résultats hors normes qu'il convient de régulariser au plus vite.

C'est l'objet de l'autocontrôle, qu'il a fallu mettre en place entièrement du choix du matériel et de la méthode d'analyse à la formation du personnel, de pouvoir s'assurer que les résultats de rejets sont conformes à la norme

L'autocontrôle, obligation réglementaire, ne se justifie cependant que par la mise en place d'un suivi efficace d'exploitation permettant de pouvoir savoir où et quand agir devant l'apparition d'un dysfonctionnement pouvant perturber le traitement épuratoire.

N'ayant pour diverses raisons pas été installée en même temps que la station, l'unité de traitement des boues en excès était à dimensionner et à mettre en place. Tributaire des délais de réalisation, il a fallu mettre en place pendant ce temps une solution provisoire de déshydratation des boues

Après déshydratation des boues, la solution choisie pour l'élimination de ces boues a été le compostage sur site, lequel doit encore être mis en place.

INTRODUCTION

La société Boscher Volailles, filiale du groupe agro-alimentaire GLON, en constante expansion depuis quelques années, a depuis peu, investi dans la construction d'une nouvelle unité de traitement de ses effluents. Cette nouvelle construction répond à une nécessité puisque l'extension de son activité y était subordonnée.

Avant son extension, Boscher Volailles envoyait la totalité de ses effluents vers la station communale de Guergadic. L'accroissement des flux polluants, consécutif à l'augmentation de l'activité de l'usine et à l'impossibilité d'augmenter la taille de l'ancienne station, déjà à pleine charge, a obligé l'usine à se doter de sa propre unité de traitement des eaux.

Le choix s'est porté, pour un certain nombre de raisons tant économiques que techniques, sur un procédé innovant type Bioréacteur à membranes. La mise en eau de cette unité, construite par le consortium Rhodia Orélis/AMF, est intervenue mi-février 1999.

Devant la nouveauté du procédé, Boscher Volailles a souhaité confier le suivi de la phase de lancement, l'optimisation des réglages process et l'exploitation au quotidien à un stagiaire ingénieur environnement.

Telles ont été, tout au moins dans un premier temps, les grandes lignes de la mission qui m'a été confiée.

I. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

Il est important et nécessaire de rappeler ici que le process envisagé est pratiquement au stade prototype, puisque il s'agit de la première installation de cette taille regroupant à la fois un bioréacteur type ABR et un système d'ultrafiltration par membranes. Ainsi, un certain nombre de point ne sont pas encore totalement validés par les constructeurs.

Boscher Volailles compte bien entendu réceptionner cette nouvelle installation que lorsque que tout les points sujets à caution seront résolus. Aussi est-il nécessaire de suivre l'installation au jour le jour afin dans un premier temps de bien assimiler le fonctionnement complet du process, dans un second temps de déceler les points à améliorer ou à changer, puis enfin de proposer d'éventuels changements à opérer.

Ainsi, le but premier de la mission consiste à déceler, par un suivi rigoureux, les éventuels dysfonctionnements de cette nouvelle station, tant au niveau, hydraulique, process, automatisme, que biologique.

La station a été mise en eau à la mi-février ; début mars la station était en boue et commençait à fonctionner. Le fonctionnement et la biomasse n'étaient pas encore stabilisés.

Ceci nous amène au second but de la mission qui est de commencer à réfléchir sur un système permettant de traiter les boues en excès, puisqu'aucun système n'avait à l'origine été prévu.

Par la suite, on le verra, et au fur et à mesure de l'avancement de la mission, les objectifs ont augmenté et se sont diversifiés.

II. PRESENTATION RAPIDE DE LA SOCIETE

La société LE PLENIER BOSCHER S.A., filiale du groupe agro-alimentaire GLON-SANDERS, est implantée au lieu-dit « Guergadic » à Mûr-de-Bretagne depuis 1991. Elle emploie près de 250 employés.

Son activité se décompose en deux parties :

- l'abattage de volailles (90 000 poulets abattus par jour)
- la découpe de viandes de volailles
(Cf. ci contre photo d'une salle de découpe)



Aujourd'hui, le site (Cf. plan de masse en annexe) est spécialisé dans la viande désossée pour l'industrie et la restauration.

III. LE CONTEXTE LEGISLATIF

1. L'ARRETE D'AUTORISATION D'EXPLOITER

Le site, en activité depuis octobre 1991, soumis à la législation sur les Installations Classées, était autorisé par le précédent arrêté préfectoral, en date du 16 janvier 1996, à une production annuelle de 20 000 tonnes de carcasses en abattage (80 tonnes/jour), et de 15 000 tonnes de carcasses en découpe (60 tonnes/jour).

L'extension de son activité a donné lieu à un nouvel arrêté préfectoral, lequel autorise depuis le 31 mars 1999 une activité de 40 000 tonnes de carcasses en abattage et

35 000 tonnes en découpe et de respectivement 50 000 et 45 000 à compter du 1^{er} Mai 2000.

Cette extension d'activité était soumise à la construction d'une nouvelle unité de traitement des effluents, puisque la station communale ne pouvait accepter un flux polluant plus élevé.

Le nouvel arrêté impose bien évidemment des conditions particulières d'exploitation pour la nouvelle station et des valeurs limites de rejet dans l'environnement, tant en terme quantitatif que qualitatif. Ces valeurs sont soumises à un autocontrôle strict (complété périodiquement par le contrôle d'un laboratoire extérieur) et font l'objet d'un rapport transmis régulièrement à la DSV (Direction des Services Vétérinaires).

2. L'AUTOSURVEILLANCE

L'autosurveillance n'est pas en soi une nouveauté. C'est le terme qui qualifie le mieux la tâche de l'exploitant qui vérifie quotidiennement la bonne marche des ouvrages et des équipements dont il est responsable et qui en tire des informations et des enseignements pour les maintenir au niveau optimal d'efficacité et de fiabilité.

Ce qui a changé, avec les arrêtés du 22 décembre 1994 qui transposent concrètement la directive européenne 91/271 relative au traitement des eaux résiduaires, c'est la place que prend cette autosurveillance dans les procédures de vérification de l'efficacité des systèmes d'assainissement ; l'administration déroge en effet ici au principe que l'on ne peut être à la fois juge et partie dans le contrôle des performances. Cependant elle introduit en contrepartie une définition précise des actions et des moyens qui y sont associés et conduit, de fait, à imposer une démarche de type Assurance Qualité.

Ainsi, le programme d'autosurveillance des consommations et des rejets est réalisé dans les conditions suivantes :

	PARAMETRES	PERIODICITE DU CONTROLE	VALEURS GUIDES	
			(pour 40 000 tonnes autorisées)	(pour 50 000 tonnes autorisées)
CONSOMMATION	Volume (m ³)	Continu	510 (5.5 jours)	640 (5.5 jours)
REJETS (Points 1, 2, 3)*	Volume (m ³)	Continu	400 (7 jours)	500 (7 jours)
	pH	Continu	5.5 à 8.5	5.5 à 8.5
	MES (mg/L et kg/j)	1 fois/semaine	30	30
	DCO (mg/L et kg/j)	1 fois/jour	90	90
	DBO ₅ (mg/L et kg/j)	1 fois/semaine	20	20
	NTK (mg/L et kg/j)	1 fois/mois	10	10
	P _T (mg/L et kg/j)	1 fois/mois	3	3

(*) Point 1 : entrée Bassin Tampon, Point 2 : sortie effluent traité, Point 3 : sortie vers ruisseau.

Le suivi est ainsi réalisé sur chacun des points 1, 2 et 3 (pour le point 3 valable uniquement à partir de 50 000 tonnes) à partir d'échantillons prélevés sur une durée de 24 heures, à jours décalés, proportionnellement au débit et conservés en enceinte réfrigérée.

Les résultats de ces mesures sont transmis mensuellement à l'inspecteur des installations classées, accompagnés de commentaires sur les causes des dépassements constatés ainsi que sur les actions correctives mises en œuvre ou envisagées.

Quatre visites seront effectuées chaque années aux frais de l'exploitant par un organisme agréé par le Ministère de l'Environnement.

C'est ainsi qu'un autre volet de ma mission se dessine : la mise en œuvre de l'autosurveillance sur la station.

IV. L'EFFLUENT

1. VOLUME ET HOMOGENEITE DE L'EFFLUENT A TRAITER

L'abattoir Boscher Volailles, produit exclusivement du poulet, et ceci à raison d'environ 90 000 volailles par jour (soit environ 160 tonnes/jour). La production est à ce titre très constante en quantité et totalement monoproduit, de là découle donc une qualité d'effluent sortie usine relativement constante. Les consommations d'eau sont elles aussi relativement constantes, se situant autour de 600 m³/jour. Nous obtenons donc un flux de pollution entrant à la station relativement constant.

L'abattoir fonctionne 15h en journée de 4h du matin à 19 h le soir, une phase de lavage de 9h est ensuite initiée, par une société extérieure.

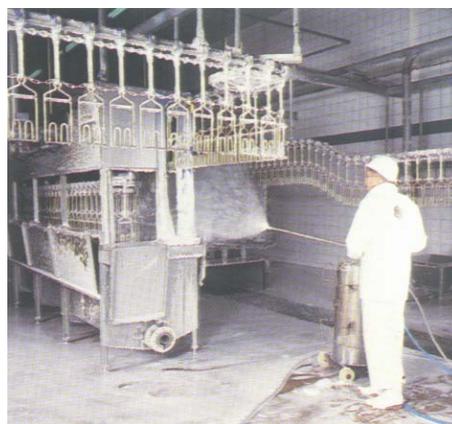
Pendant la journée, les lignes de production fonctionnent en continu, l'effluent brut est acheminé directement à la station à un débit voisin de 30 m³/h.

Pendant la nuit, la société de nettoyage consomme entre 110 et 120m³ d'eau.

2. NATURE DE L'EFFLUENT A TRAITER

Outre l'eau utilisée pour la production (bacs d'échaudage, lavages carcasses après éviscération, etc ...), on distinguera entre autres, l'eau utilisée pour le lavage des camions et du quai de déchargement des volailles vivantes, l'eau des laveuses de caisses, les eaux de dégivrages des congélateurs, les eaux issues du ressuage, les eaux domestiques et eaux vannes ainsi que les eaux de lavages du process en nuit (*Cf. ci-contre photo de moussage des machine lors du nettoyage nocturne*).

Il est à noter que le sang est récupéré en cuve et ne rentre pas dans l'effluent à traiter.



3. SITUATION AVANT LA CONSTRUCTION DE LA NOUVELLE UNITE DE TRAITEMENT

Après prétraitement au sein de l'usine (tamis rotatif), les eaux usées industrielles étaient rejetées dans le réseau d'assainissement collectif rejoignant un bassin tampon, puis la station d'épuration communale située sur la zone d'activité.

De même, les eaux usées domestiques étaient collectées, puis rejoignaient la station d'épuration communale.

Les eaux pluviales étaient évacuées par un réseau eaux pluviales vers le ruisseau « Saint-Guen »

4. PARAMETRES DE LA POLLUTION

Au vue de la complexité de caractérisation précise d'une eau usée industrielle, certains paramètres communs à toutes les stations, ont été retenus (ils sont généralement exprimés en mg/L).

Les Matières en Suspension (MES) : c'est la fraction non dissoutes de la pollution. La circulaire du 4 novembre 1980 relative aux conditions de détermination de la qualité minimale d'un rejet d'effluents précise : " Les matières en suspension, et particulièrement la fraction décantable de celles-ci, peuvent constituer, à l'aval du rejet, des dépôts qui empêchent la vie d'une faune et d'une flore benthiques normales et qui dégradent la qualité de l'eau sous-jacente par le produit des fermentations. Les MES contribuent aussi à déséquilibrer le milieu aquatique en accroissant la turbidité et peuvent avoir un effet néfaste direct sur l'appareil respiratoire des poissons."

La Demande Biologique en Oxygène (DBO) : est un paramètre global qui exprime la quantité d'oxygène qu'une biomasse épuratrice va consommer pour décomposer les matières organiques contenues dans l'effluent. Elle est donc représentative de la somme des matières organiques biodégradables. Elle est généralement mesurée en 5 jours (DBO₅).

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) : est, elle, représentative de la quantité de matière organique oxydable par voie chimique. Le rapport entre ces deux paramètres peut donner une idée de la biodégradabilité de l'effluent. La circulaire déjà citée rappelle :

"La DBO et la DCO sont deux moyens d'apprécier la teneur en matières organiques oxydables. La dégradation de celles-ci dans le milieu naturel s'accompagne d'une consommation d'oxygène et peut entraîner un abaissement excessif de la concentration d'oxygène dissous."

L'Azote : peut se trouver sous forme minérale (ammoniacal, nitrate) ou organique. La présence d'azote organique ou ammoniacal se traduit par une consommation d'oxygène dans le milieu naturel et par une entrave à la vie des poissons.

Le Phosphore : peut également se trouver sous forme minérale en provenance des détergents ou des rejets industriels ou organique. Élément indispensable à la vie des algues, la présence de phosphore entraîne un risque d'eutrophisation du cours d'eau ou du lac, c'est à dire qu'il peut se voir envahi par un développement excessif de la population algale.

V. DESCRIPTION DU PROCESS "BOSCHER VOLAILLES"

L'installation comporte essentiellement 4 stades que l'on distinguera pour rendre compte du process. Tout d'abord le pré-traitement, puis le traitement biologique, l'ultrafiltration et enfin l'osmose inverse.

1. LE PRE-TRAITEMENT

a) Généralités

Les objectifs du pré-traitement sont de trois ordres :

- Débarrasser l'effluent des grosses particules en suspension de manière à n'endommager ni les pompes ni les membranes,
- Séparer le maximum d'huiles et graisses du reste de l'effluent pour les valoriser à part et/ou ne pas pénaliser le rendement épuratoire global,
- Lisser les variations de débit et de concentration pour régulariser le flux et le traitement.

Toute cette partie de l'installation a été dimensionnée pour le débit de pointe de 50 m³/h.

b) Description

L'effluent est généré au rythme de la production du site et passe tout d'abord sur un tamis rotatif grossier installé dans l'usine et permettant de le débarrasser des plumes et têtes de poulet. Le refus de dégrillage est alors évacué dans une benne de stockage puis détruit.

L'effluent passe ensuite par sécurité sur un tamis statique puis est acheminé vers la station à proprement dite. Il arrive ainsi dans une fosse de relevage de 10 m³ dans laquelle il est relevé par 3 pompes vers un tamis rotatif de maille 50 microns permettant d'éliminer ce qui n'aurait pas été enlevé au préalable.

L'effluent dégrillé alimente ensuite un flottateur ayant pour but d'éliminer le maximum d'huiles et de graisses par flottation à l'air dissous.

Le flottateur possède un compresseur et un réservoir d'air comprimé. L'effluent sorti du flottateur est repompé en partie, l'air comprimé est injecté à la sortie de cette pompe et l'ensemble effluent + gaz dissous est renvoyé à la base du flottateur pour entraîner les flottants à la surface.

Ainsi donc, les flottants sont raclés périodiquement par un système d'écope rotative et envoyés dans une fosse à boues grasses pour être traités séparément.

Cet appareil est en outre équipé d'une reprise des boues décantables (volume négligeable) qui sont envoyées dans une fosse à boues lourdes.

Ainsi débarrassé d'environ 20% de sa pollution, l'effluent clarifié alimente gravitairement un bassin tampon agité qui efface globalement les arrêts de production du week-end et des jours fériés, puisqu'il a un volume de 850 m³.

A partir de ce point le dimensionnement a été réalisé sur un débit moyen de 15 m³/h.

Deux pompes de reprise centrifuges submersibles sont installées dans le bassin tampon (une en fonctionnement, une en secours), de manière à alimenter le traitement biologique. Cette alimentation se fait par niveau dans l'anoxie.

2. TRAITEMENT BIOLOGIQUE

a) Généralités

La concentration en azote de l'effluent étant au dessus de la concentration assimilée lors de la biodégradation de la matière carbonée ($C/N = 20$), le traitement biologique est constitué de deux étapes distinctes de culture de micro-organismes qui permettent l'élimination spécifique de l'azote en excès tout en garantissant l'élimination de la DCO habituelle.

Le bassin aéré avec sa biomasse, permet d'abattre la DCO traditionnelle et de transformer l'azote organique en azote ammoniacal (ammonification) puis en nitrates (nitrification).

Le bassin non aéré (anoxie) permet ensuite de transformer les nitrates de l'effluent brut et les nitrates produits dans le bassin aéré, en nitrites puis en azote gazeux rejeté dans l'atmosphère (dénitrification).

Le bassin d'anoxie est placé en amont du bassin aéré et reçoit un recyclage des boues, intense, de l'ordre de 400%.

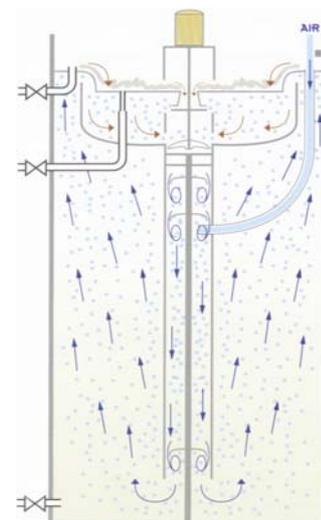
b) Description

Le bassin d'anoxie (tête du traitement biologique) est alimenté par niveau en effluent brut par l'intermédiaire de pompes immergées dans le bassin tampon. Ce réacteur possède une agitation immergée et une mesure de potentiel d'oxydo-réduction permettant de s'assurer que le milieu est bien désaturé en oxygène.

Une pompe de reprise submersible permet de renvoyer l'effluent dénitrifié vers le bassin aéré.

Le bassin aéré, est constitué d'un ABRéacteur de 500 m³ (cf. annexe et ci-contre) lequel contient un système interne de chutes d'eau et de cheminée d'accélération qui permet d'apporter environ 70 % de l'oxygène nécessaire en brisant les mousses simultanément. Une petite soufflante permet l'apport complémentaire d'air nécessaire. L'injection se fait alors directement dans la cheminée centrale. (Ci-contre : Schéma de principe du système d'aération ABR)

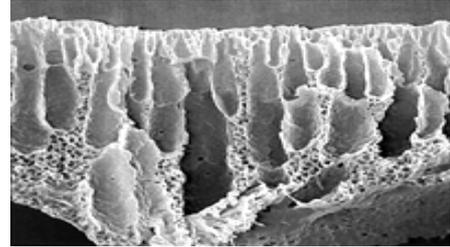
Ce système d'aération est basé en grande partie sur la loi de Henry relative au transfert de gaz dans un liquide en fonction de la pression (ou de la hauteur d'eau).



3. ULTRAFILTRATION

a) Généralités

La séparation physique de la biomasse et de l'effluent par ultrafiltration tangentielle utilise une membrane organique semi-perméable avec un seuil de coupure de 40 kD. (cf. ci-contre une vue de la membrane en microscopie électronique à balayage)



Cette séparation est basée sur le principe de la filtration tangentielle (cf. schéma ci-dessous).

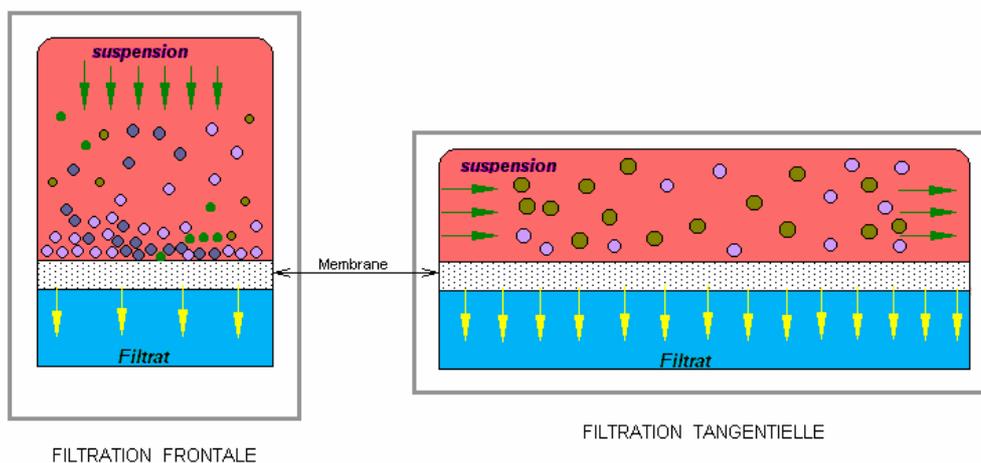


fig. 1 : deux principes de filtration

Les effluents à épurer s'écoulent parallèlement à la surface membranaire afin d'assurer le balayage de la membrane par un écoulement turbulent.

Ceci permet d'éviter l'accumulation des matières organiques et/ou des matières en suspension sur la surface membranaire et donc de réduire le phénomène de polarisation et de retarder le colmatage de la membrane.

Le perméat ou filtrat traverse la membrane. Il est constitué de l'effluent épuré et de matières dissoutes de faible poids moléculaire.

Le rétentat ou concentrat est constitué de la masse biologique qui tourne en rond sur le bassin aéré sans surconcentration significative.

La membrane d'ultrafiltration est une barrière étanche entre la biomasse et l'effluent épuré. (cf. schéma ci dessous)

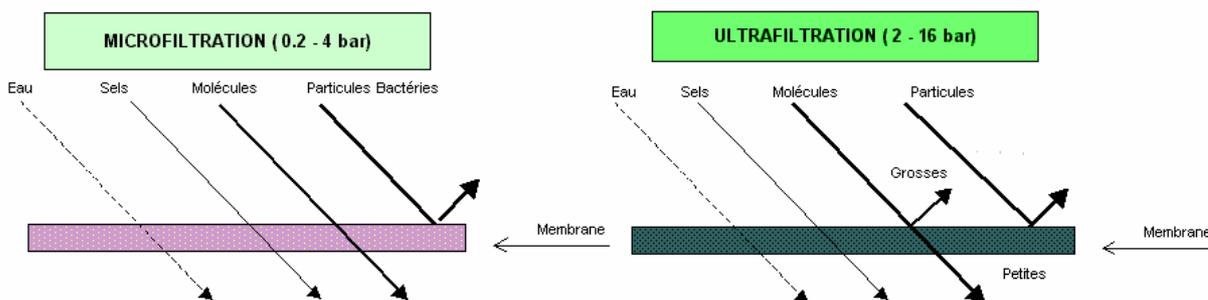


fig. 2 : schéma de comparaison de 2 techniques de filtration

b) Description

L'ultrafiltration, installée dans le bâtiment technique, se répartit sur 3 lignes de modules indépendantes, qui fonctionnent en boucle sur le bassin aéré.

L'effluent traité, issu de la boucle par passage à travers les membranes, est envoyé dans un bac de stockage de perméat qui permet l'aiguillage de l'effluent dans la direction voulue.

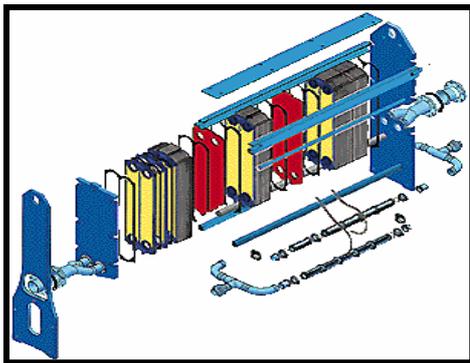
Le perméat est utilisé par ordre préférentiel au lavage périodique des modules (ainsi que les pousses à l'eau avant chaque démarrage en boues), à l'alimentation des circuits de refroidissement de l'usine (via une osmose inverse) et au lavage des camions. Enfin, le reste est rejeté dans le milieu naturel.

Le rétentat, constitué de boue concentrée, retourne alimenter le bassin aéré.

Les modules d'ultrafiltration utilisés (*PLEIADE*) sont constitués d'un empilement de plaques portes membranes (*cf. photo ci-contre*) et de plaques séparatrices serrées à l'aide de 6 tirants entre les plateaux d'une presse de contention qui sert également de support à l'ensemble.



fig. 3 : schéma éclaté d'un module d'ultrafiltration et photo d'un module réel



Le fluide à traiter circule en lames liquides minces entre les plaques qui sont agencées en séries et en parallèles. (*cf schéma ci-dessous*)

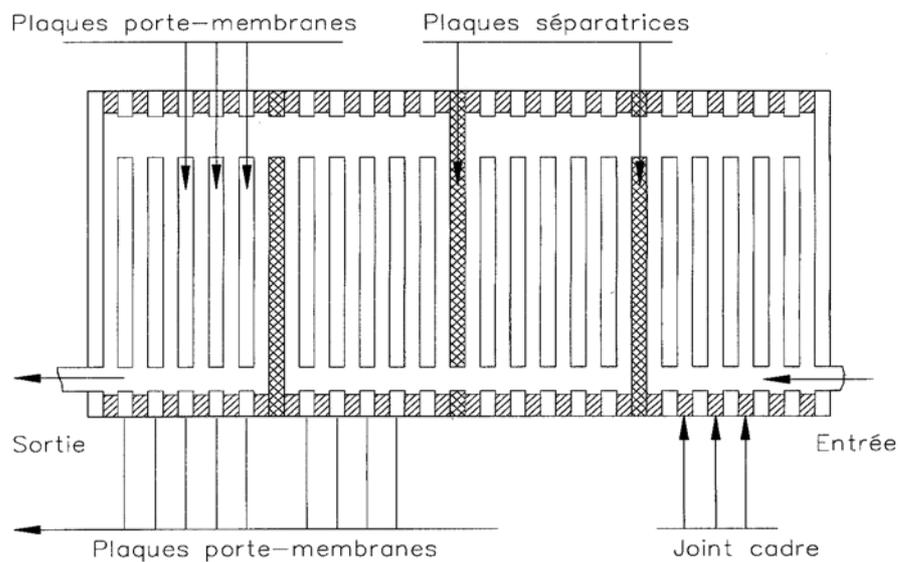


fig 4 : sens de circulation dans un module

Les plaques porte membranes (*cf. schéma ci-dessous*) comportent sur chacune de leurs faces des rainures transversales sur lesquelles sont disposées les membranes.

Ces rainures ont un double rôle :

- conduire l'ultrafiltrat vers les canaux de collecte,
- augmenter les turbulences du fluide à traiter ce qui a pour avantage d'améliorer très nettement les performances.

Les membranes sont maintenues sur les plaques par deux paires d'anneaux de fixation qui assurent aussi le passage du liquide à traiter.

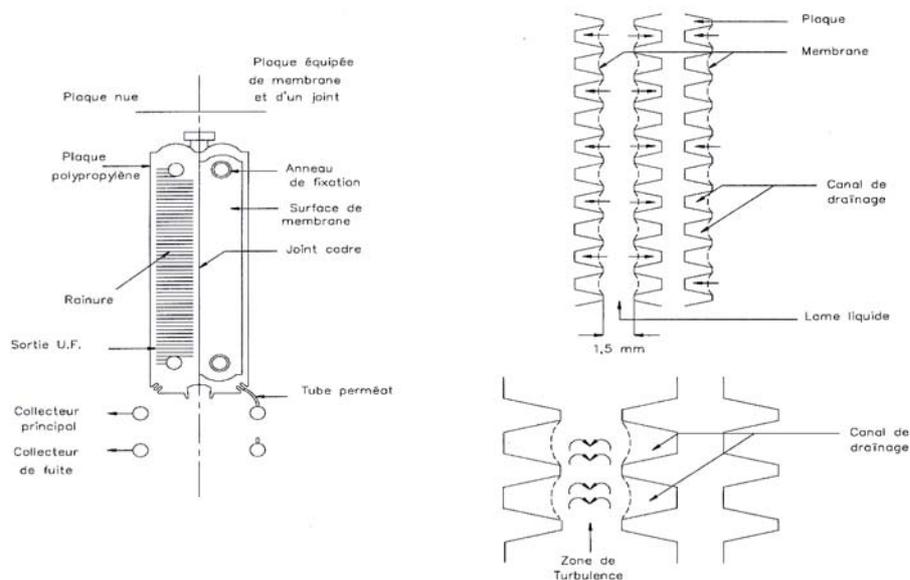


Fig 5 : plaque porte-membranes

4. OSMOSE INVERSE

a) Généralités

L'osmose inverse est une méthode de filtration tangentielle utilisant des membranes denses laissant passer l'eau en arrêtant les sels.

La technique de l'osmose inverse présente un seuil de coupure en poids moléculaire très bas. Elle retient tous les sels dissous, les molécules inorganiques et les molécules organiques dont la taille est comprise entre 0,01 et 1 nm. (cf. schéma ci après)

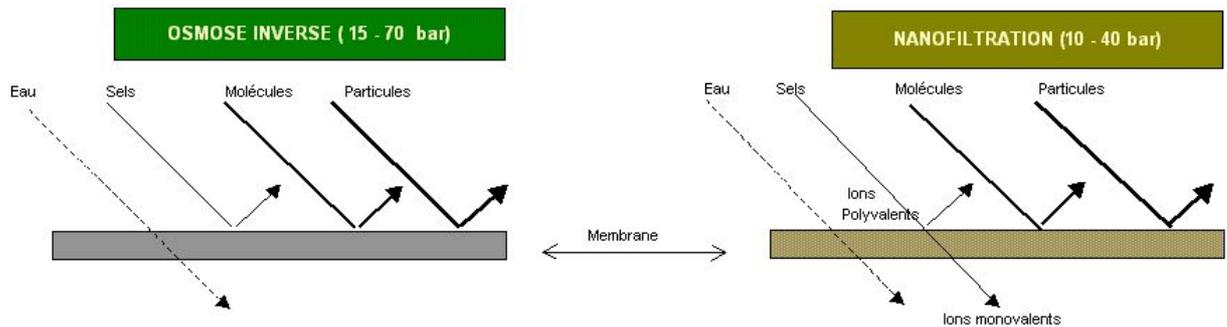


Fig. 6 : Comparaison osmose inverse et nanofiltration

La technique consiste à filtrer l'eau par son passage à travers une membrane semi-perméable, d'un milieu concentré vers un milieu dilué par l'action d'une pression (exercée côté solution concentrée) supérieure à la pression osmotique du système.

Les pressions appliquées sont élevées (de 10 à 80 bars selon les applications) et limitent d'un point de vue économique l'utilisation de ce procédé au dessalement d'eau de mer ou d'eau saumâtre, à l'élimination des nitrates et fluorures en eau potable et à la production d'eau industrielle ultra-pure.

b) Description

L'effluent ultrafiltré, stocké provisoirement dans le bac de stockage de perméat, est pompé par la pompe d'alimentation du poste Osmose Inverse, qui fournit le volume d'effluent nécessaire dans la boucle.

Après une micro-filtration de sécurité, vis à vis des tubes d'Osmose, l'effluent est repris par une pompe de pressurisation qui impose à la boucle de filtration la pression de travail.

De manière à ce que le tourne-en-rond sur les tubes se réalise à la vitesse tangentielle adéquate, la boucle est munie d'une pompe de circulation délivrant l'énergie voulue.

VI. LA MISE EN PLACE DU LABORATOIRE D'AUTOCONTROLE

1. UNE OBLIGATION REGLEMENTAIRE

Dans l'arrêté d'autorisation d'exploiter, il était précisé que la surveillance des rejets se ferait par autocontrôle. Les résultats d'analyses obtenus sont transmis mensuellement à l'inspecteur des installations classées

Dans le choix que l'on réalisera on vérifiera la conformité de la méthode retenue avec les méthodes normalisées suivantes :

- DBO₅ : norme NF T 90-103
- DCO : norme NF T 90-101
- MES : norme NF T 90-105
- NTK : (azote Kjeldahl) qui correspond à la somme de l'azote sous forme ammoniacale et organique, norme NF T 90-110
- NH₄ : norme NF T 90-015
- NO₃ : norme NF T 90-045
- PT : norme NF T 90-023

2. CRITERES DE CHOIX

La société Boscher Volailles utilise, pour l'analyse bactériologique de ses produits et quelques analyses chimiques d'eau, les services d'un laboratoire agréé, qui au vu des volumes concernés lui consent des prix négociés très compétitifs. Il était donc important de savoir si l'achat d'un mini laboratoire était rentable et pouvait être amortis en un temps raisonnable par rapport à l'envoi d'échantillons pour analyses à ce laboratoire.

Plusieurs critères sont à prendre en compte, outre l'investissement initial pour le matériel d'analyse, il faut compter, le temps nécessaire à la réalisation de celle-ci et les charges dues aux divers consommables nécessaires à la réalisation des analyses.

Enfin il faut compter que même dans cette hypothèse un contrôle périodique des résultats est obligatoire et ainsi, l'envoi d'analyses à un laboratoire extérieur agréé reste nécessaire.

En ce qui concerne l'achat, il est à noter que le matériel de laboratoire destiné à un autocontrôle est subventionné par l'agence de l'eau à hauteur de 30 %. Ceci implique donc un achat global dès le début et non en plusieurs fois vu qu'un seul dossier est accepté à la subvention.

L'avantage essentiel de cette hypothèse est la grande réactivité possible due à la rapidité d'obtention des résultats, contrairement aux 6 à 10 jours nécessaires entre la prise d'échantillons et l'envoi des résultats d'analyses pour un laboratoire extérieur.

Ainsi, une simulation uniquement basée sur le minimum requis d'analyses annuelles montre que l'option achat de matériel est plus intéressante que l'option analyses en externe. L'intérêt est considérablement accru si l'on compte que lors de la phase de lancement, les analyses devront être effectuées quasi quotidiennement notamment pour les paramètres azote et phosphore et que certaines analyses non obligatoires réglementairement seront cependant nécessaires à réaliser pour une meilleure exploitation au quotidien de l'installation.

Le temps nécessaire à la réalisation de ces analyses a été calculé à 30 minutes par jour.

3. MATERIELS ACHETES

L'achat de matériel a fait l'objet d'un choix entre plusieurs fournisseurs (*Bioblock, Merck, AES laboratoires...*) afin de choisir le meilleur compromis qualité/prix/simplicité d'utilisation. (*Cf documentations fournisseur en annexe*).

Le matériel à considérer pour l'achat est bien entendu directement lié aux analyses réglementaires demandées. Ainsi, un ou des systèmes pour l'analyse de la DCO, la DBO₅, le NTK, le P_T, le pH et les MES était requis.

Il était également important, pour un soucis de commodité et de meilleure conduite des réactions biologiques, de pouvoir analyser en interne des paramètres comme l'ammonium, les nitrates, les nitrites ou encore les phosphates. Le double avantage résidait ici dans l'obtention de résultats quasi instantanés et surtout très révélateurs de processus biologiques donnés. En effet une mesure de NTK ne nous renseigne pas lors d'un dysfonctionnement, laquelle des deux réactions de nitrification ou de dénitrification ne se fait pas ou se fait mal.

Dans les critères de choix, outre le prix, notamment des consommables, les critères important restaient l'efficacité et la simplicité d'utilisation. Finalement, après tout ces critères, que l'on pourrait qualifier de majeurs, le choix se réalise aussi lors des démonstrations des fournisseurs et par l'impression générale qui s'en suit. Ainsi, la robustesse globale du matériel, la qualité du service après-vente, la réactivité du fournisseur, le service clientèle, la reprise des consommables usagés, l'ergonomie du matériel... sont autant de critères qui jouent dans le choix final.

Le choix s'est finalement porté sur la société *AES laboratoires* chez qui nous avons fait l'acquisition d'un spectrophotomètre permettant entre autres la mesure, moyennant les kits d'analyses appropriés, de la DCO, du P_T , du NTK, du NH_4 , du NO_3 et du NO_2 . Un module de chauffe pour la DCO, le NTK et le P_T était également requis.

Pour la mesure de la MES, une étuve 105°C et une microbalance ont été achetées. En effet il aurait été possible de prendre une thermobalance (ou épiradiateur), regroupant les deux appareils en un seul, mais dans ce cas là une seule mesure était possible à la fois ce qui d'un point de vue organisation était impossible à gérer. De plus, la différence de prix très faible ne justifiait pas l'achat d'une thermobalance comme il nous avait été proposé à l'origine.

Un kit de filtration sous vide (trompe à eau, support de filtre, filtres..) a également été acheté afin de réaliser les MES du perméat.

Le matériel proposé par *AES laboratoires*, pour la mesure de DBO_5 ne nous semblant pas convenir à nos besoins, nous avons choisi le matériel *Oxitop* proposé par *Merck*.

Enfin pour la mesure de pH, nous avons souhaité un appareil qui pouvait nous donner outre le pH, une mesure de Redox et de conductivité, ceci uniquement dans un

soucis de contrôle périodique des sondes déjà en place sur le process. Nous avons acheté ce matériel chez *Bioblock*, seul fournisseur à pouvoir répondre à notre demande sur ce point.

4. PRINCIPE D'ANALYSES

La solution choisie pour nos analyses fait intervenir le principe de la spectrophotométrie. Il s'agit en substance, de transformer le composé mesuré en un composé coloré, l'intensité de la coloration donnera alors la concentration du composé recherché. A titre d'exemple, on obtient une coloration verte en présence d'ammonium et jaune dans le cas contraire, une coloration bleue en présence de phosphore et incolore en son absence ou encore une coloration rose en présence de nitrates et incolore dans le cas contraire.

Le spectrophotomètre donne alors directement une concentration massique sans passer par une Densité Optique ni une courbe d'étalonnage, celui-ci étant d'origine pré-calibré et pré-étalonné.

Le principe est on le voit assez simple et permet d'être réalisé par des « non chimistes », un minimum d'attention et de minutie est simplement requis.

VII. SUIVI DE L'EXPLOITATION

Deux types de suivi sont à prendre en compte, d'une part le suivi mécanique, électrique et hydraulique, et d'autre part le suivi analytique. L'un sera réalisé par le service de maintenance et l'autre par le service qualité. Une communication efficace entre les deux permettra d'avoir une gestion process optimale.

1. LE SUIVI MAINTENANCE

Il s'agit ici d'un suivi comprenant de la maintenance préventive et corrective, permettant de s'affranchir le plus possible d'éventuelles pannes et casses.

Le service maintenance tourne en 3 x 8 heures du lundi au vendredi et une équipe est présente le samedi matin. Chaque équipe doit passer faire un contrôle de l'installation et remplir une fiche indiquant ce qui a été fait ou constaté (*Cf. feuilles de suivi en annexe*)

Les équipes du matin et de la nuit remplissent la même feuille intitulée « feuille journalière tours de garde », celle-ci comprend outre la date, l'heure et la durée d'intervention, un certain nombre de contrôles à réaliser obligatoirement, une partie nettoyage/entretien et une partie interventions permettant d'indiquer le type d'intervention effectué.

L'équipe de l'après-midi remplit quant à elle une feuille beaucoup plus détaillée, où elle doit relever certains paramètres du process (débits, niveaux, état de fonctionnement, pH, température, Redox, alarmes, ...). Cette feuille est un outil de suivi permettant le diagnostic de divergence de fonctionnement par le service qualité. Elle permettra d'expliquer d'éventuelles déviations des rendements de traitement.

Enfin, outre ces 3 passages quotidiens obligatoires, un système d'alarme par voyants et sirène est installé à l'usine dans l'atelier de *maintenance* (*Cf. feuille d'alarmes en annexes*). Ceci permet à la maintenance d'être prévenu immédiatement d'un dysfonctionnement sur l'installation et de pouvoir intervenir très rapidement sur la station.

2. LE SUIVI PAR LE SERVICE QUALITE

Il s'agit ici d'un suivi analytique des valeurs de pollution entrée et sortie. Ce service est responsable des résultats d'analyses et à ce titre réalise et transmet mensuellement les tableaux récapitulatifs d'autocontrôle (*Cf. tableau en annexe*) à l'inspection des installation classées (dans notre cas Direction des Services Vétérinaires), ainsi qu'un *tableau (Cf. en annexe)* plus succinct à la SAUR leur permettant de calculer le coefficient de pollution intervenant directement dans la facturation.

Un tableau de bord des résultats de rejets est également transmis hebdomadairement, accompagné de remarques sur les dysfonctionnement rencontrés, au maître d'œuvre, Orélis, pour qu'il puisse agir dans les meilleurs délais. (Cf. en annexe les tableaux de bords hebdomadaires).

3. PARAMETRES DE SUIVI ANALYTIQUE

Paramètres	Entrée station	Sortie station
DCO	4000 - 6000 mg/L	40 - 90 mg/L
DBO5	2500 - 3500 mg/L	0 - 20 mg/L
NTK	150 - 400 mg/L	0 - 10 mg/L
NH4	150 - 350 mg/L	0 - 2 mg/L
NO3	0 - 50 mg/L	0 - 10 mg/L
PT	30 - 60 mg/L	0 - 2 mg/L
PO4	90 - 180 mg/L	0 - 6 mg/L
MES	1000 - 2500 mg/L	3 - 30 mg/L
pH	6 - 8 unité pH	7 - 8 unité pH

En ce qui concerne la concentration des boues activées nous maintenons une concentration inférieure à 13 g/L.

Il est à noter que les paramètres en entrée sont relativement constants étant donné le type de production (monoproduit et tonnage constant sur l'année) et que les valeurs en sortie varient également dans une fourchette assez restreinte.

4. PARAMETRES DE SUIVI MECANIQUE / ELECTRIQUE

Le process de l'installation est assez classique si on prend chaque élément séparément, et un certain nombre d'appareils peut s'apparenter à ceux utilisés dans l'usine. Ainsi par exemple, pour les pompes, la maintenance peut contrôler, en cas de dysfonctionnement, les débits, les presses étoupes, les intensités aux bornes de chaque enroulement (pompes en 380 V),et ainsi trouver la cause du problème, afin de revenir à un état de marche satisfaisant.

Sur ce plan, ma tâche était plus facile en effet puisque j'ai plus appris d'eux qu'ils ont appris de moi en mécanique et électricité !

VIII. MISE AU POINT D'UNE SUPERVISION EFFICACE ET FACILE D'UTILISATION

1. L'ASPECT EFFICACITE

Une supervision est un outil informatique permettant de suivre et d'agir sur tout ou partie d'un process. Elle se présente le plus souvent sous la forme d'un synoptique du process sur lequel on rajoute des boutons d'actions. Après, il est possible d'y trouver des courbes, un journal de bord, un suivi maintenance ou encore des pages d'alarmes.

Dans un premier temps le travail a consisté à éliminer tous les bogues, et à tester tous les cas de figures possibles afin de s'assurer de la fiabilité de cette supervision.

La supervision installée à l'origine ne permettait pas un suivi correct de tous les paramètres, j'ai donc participé à la modification du cahier des charges et la modification de certaines parties du logiciels lui même afin de petit à petit obtenir un outil efficace.

Il est désormais possible d'agir sur absolument tout le process et de passer en mode manuel ou automatique sur chacun des éléments installés.

Un suivi analytique était indispensable, il a donc fallu rajouter tout un système de courbes instantanées et de courbes historiques, mettre en place un système sur ces courbes permettant de faire des statistiques, installer un système d'archivage des manipulations effectuées (journal d'exploitation), etc..

Un certain nombre de variables a été rajouté afin d'améliorer l'efficacité ; de bonnes notions de programmation m'ont d'ailleurs été utiles.

L'aspect sécurité n'était pas non plus à négliger étant donné que de nombreuses personnes pouvaient être amenées à manipuler le superviseur. Il était donc indispensable de se protéger de toutes fausses manipulations. Il a donc fallu mettre des mots de passe sur toutes les actions pouvant porter à conséquence sur le process, ceci non dans un but de secret mais plus afin d'éviter les erreurs de manipulation et que la personne agissant sur le process le fasse sciemment en ayant eu le temps de réfléchir à son action.

2. L'ASPECT ERGONOMIE

Désormais la question que je me suis posé fut : « Est-ce que mon superviseur est utilisable et compréhensible rapidement par n'importe qui ». Vu l'organisation en équipe 3x8 du service maintenance il devait être possible en cas de besoin à n'importe qui dans n'importe quelle équipe de pouvoir agir sur le superviseur, après une petite formation.

L'aspect esthétique et homogénéité était donc important, une certaine logique dans les couleurs et les représentations était indispensable. Une page récapitulative sur laquelle il était possible de changer les consignes de marche a été rajoutée. Cette page est d'ailleurs utilisée pour remplir les feuilles de suivi journalier.

(Cf. pages de supervision en annexe)

IX. EXPERTISE, REGLAGES EFFECTUES ET PROPOSITIONS D'AMELIORATION

Après mise en route de la station, modification sur le process et stabilisation de la biomasse à une concentration donnée, il s'est avéré que les rejets n'étaient pas conformes à l'arrêté préfectoral. Il était donc nécessaire de comprendre la raison de ces dysfonctionnements afin d'y remédier rapidement.

Afin de bien comprendre les phénomènes mis en jeu et les réactions biologiques en cause, des analyses journalières ont été effectuées.

Les dysfonctionnements se situant d'une part sur l'élimination de la pollution azotée, des analyses ont été faites pour connaître les concentrations en NH₄, NO₃, NO₂, N_T et d'autre part sur la pollution phosphatée, des analyses ont été réalisées afin de connaître

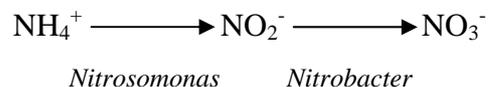
les concentrations en PO_4 et P_T . Pour effectuer des bilans il a été nécessaire de réaliser les analyses en entrée et en sortie de station.

1. L'ELIMINATION DE L'AZOTE

a) aspects théoriques

Elle se réalise en deux étapes qui sont chronologiquement la nitrification et la dénitrification.

* La nitrification consiste en l'oxydation de NH_4 en NO_3 par l'intermédiaire de deux espèces de bactéries autotrophes :



Ces bactéries sont dites autotrophes car elles utilisent du carbone minéral pour constituer leurs cellules.

Le taux de croissance de ces bactéries est plus faible que celui des bactéries dégradant la pollution carbonée (bactéries hétérotrophes).

Les cultures mixtes ne pourront se maintenir de façon stable que si le taux de croissance des bactéries hétérotrophes est ramené, par diminution de la charge carbonée, au même taux que celui des bactéries autotrophes.

L'effet de la température est très important. La cinétique de nitrification, dans une plage de 10 à 20 °C, varie linéairement avec la température, la cinétique à 20 °C étant 2 fois plus élevée qu'à 10 °C. Au-dessous de 10 °C et au-dessus de 30 °C, l'activité nitrifiante chute rapidement.

La présence de CO_2 ou de carbonate est indispensable. La réaction ne peut se faire qu'en milieu aérobie.

* La dénitrification consiste en la réduction des nitrates formés en azote gazeux par des bactéries hétérotrophes placées dans un milieu pauvre en oxygène. L'oxygène combiné des nitrates sert à dégrader le carbone organique nécessaire à la croissance de ces bactéries. Pour une bonne dénitrification, il faut un rapport pollution carbonée $\text{DBO}_5 / \text{NO}_3$ minimal > 2 .

b) éléments d'explication et proposition de solutions

Sur notre process on note tout d'abord une température de l'effluent relativement élevée de l'ordre de 30 °C. Cette température plus élevée par rapport à celles rencontrées habituellement sur des bassins biologiques est directement liée à la conception du process, lequel présente une faible surface d'échange à l'air au niveau de l'ABR et qui présente de par le circuit d'ultrafiltration, une recirculation intense à travers des pompes puissantes qui communiquent des calories à la boue.

Lors du traitement de notre effluent, l'oxygène dissous est préférentiellement utilisé pour oxyder le carbone : il faut de 1.3 à 2 kg d'O₂ par kg de DBO₅ éliminée. Afin qu'il en reste suffisamment pour l'azote, il faut dans le cas d'une nitrification seule (sans dénitrification), doubler la quantité de départ. La quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder 1 kg d'azote est de 4.18 kg. Pendant l'opération de dénitrification, on récupère de l'oxygène à partir des nitrates. Cette quantité est de 2.85 kg d'O₂ par kg d'azote nitrifié. Ainsi, on le voit, pour réaliser une nitrification/dénitrification correcte, un minimum de $1.3+(4.18-2.85) = 2.63$ kg d'O₂ par kg de DBO₅ éliminée est requis.

Habituellement, des concentrations en oxygène dissous dans la boue de l'ordre de 2 mg/L sont rencontrées ; dans notre cas, la concentration résiduelle est inférieure à 0.5 mg/L, il paraît donc probable qu'un manque d'oxygène soit la cause de l'absence de nitrification.

Cette hypothèse pourrait être validée en augmentant cette concentration en oxygène et en suivant l'évolution des concentrations en NH₄ et NO₃. L'augmentation de la concentration en oxygène peut se faire de deux manières, soit en augmentant le rendement de la cascade soit en augmentant le rendement de la soufflante.

Il paraît risqué, tant au niveau résistance des matériaux (coupole en fibres composites) qu'au niveau matériel (motoréducteur prévu pour une certaine gamme de travail), de vouloir augmenter les puissances de brassages en jouant sur les fréquences. En effet, une augmentation du brassage conduit, certes à une élévation du niveau de la cascade et donc permet un meilleur rendement, en revanche cette montée de niveau s'accompagne d'efforts accrus au niveau de la coupole.

Une augmentation de la puissance de la soufflante et donc du débit d'air envoyé, va provoquer des cavitations de l'agitateur et provoquera ainsi la perte de l'apport d'oxygène de la cascade.

En revanche il est envisageable d'augmenter le rendement de cette cascade en créant un maximum de turbulences. Il est ainsi possible de créer un deuxième étage à cette cascade et de créneler ses bords afin de créer des turbulences horizontales. La mise en œuvre est relativement aisée et présente l'avantage de ne pas générer de consommations énergétiques supplémentaires. Enfin il s'agit d'une modification réversible qui ne peut qu'aller dans le sens d'une amélioration.

En ce qui concerne la soufflante, il est techniquement possible d'augmenter son rendement en augmentant le pourcentage d'oxygène de l'air qu'elle injecte, c'est à dire enrichir l'air injecté en oxygène pur par une bouteille d'oxygène pur. On le voit techniquement c'est faisable mais économiquement il s'agit d'un tout autre problème...

Une dernière solution pour permettre à la concentration résiduelle en oxygène d'augmenter reste évidemment la diminution de la masse de bactéries par diminution de la concentration en boues des bassins. Mais là encore, il s'agit d'une solution qui est à envisager en regard du contrat et des engagements de performances pris par le constructeur...

2. L'ELIMINATION DU PHOSPHORE

Afin d'être en conformité avec l'arrêté d'autorisation, nous avons la contrainte d'être à une concentration de rejet en phosphore total de 3 mg/L. Face à cette contrainte réglementaire il était impératif de trouver une solution même transitoire afin d'être dans la norme.

Afin d'être en mesure de tenir les normes de rejet, la première solution consistait à réduire la teneur en phosphore de l'effluent d'entrée. Cette concentration, de l'ordre de 45-50 mg/L, est en effet au delà des valeurs maximum de dimensionnement de l'installation. Après étude, il est apparu que l'impact des détergents utilisés lors des phases de lavages nocturnes étaient négligeables. En revanche, il semblerait que les fientes des volailles soient des sources majeures de pollution phosphorée. Il a donc été demandé aux laveurs de racler à la raclette et à la pelle les quais d'attente et de déchargement afin de

pouvoir récupérer le maximum en bac et non de faire suivre le tout au jet jusqu'à l'égout et donc d'impacter directement la station.

Ce changement, testé sur plusieurs jours, avec récupération journalière de près de 1 tonne de fientes, est désormais acquis. En effet, cette nouvelle procédure de lavage, présente l'avantage, outre la réduction des teneurs en phosphore, d'abaisser notablement les taux de MES, DCO et DBO5 en entrée de station et ainsi d'améliorer le traitement global.

Il s'est avéré que ce changement ne fut malheureusement pas suffisant, il fallait donc pouvoir aller plus loin. Biologiquement, la réponse n'était pas évidente à trouver immédiatement : en effet la déphosphatation biologique naturelle qui aurait du permettre une élimination totale du phosphore sous réserve que la teneur en phosphore n'excède pas le fameux rapport 100/5/1 indiquant les teneurs de MO/N/P, n'était pas suffisamment efficace.

Il est à noter cependant que le process n'a pas été construit pour une déphosphatation biologique à proprement parler. En effet le principe de la déphosphatation biologique consiste en une suraccumulation de phosphore dans une biomasse. Si des teneurs de 2 à 3 % en phosphore dans les boues sont obtenues sous des conditions normales de dégradation d'un substrat organique, le mécanisme de suraccumulation nécessite de placer la biomasse alternativement en phase anaérobie (sans oxygène même lié à un composé chimique) et aérobie. Nous n'avons pas dans notre cas de zone anaérobie.

Il est donc apparu indispensable de mettre en place une déphosphatation chimique par ajout de réactif.

La précipitation chimique du phosphore peut se réaliser à plusieurs étapes dans la filière de traitement :

- au niveau du flottateur, sur l'effluent brut,
- dans le bac tampon, sur l'effluent prétraité,
- dans le réacteur biologique, dans la boue activée,
- en sortie de station sur l'effluent ultrafiltré.

La solution la plus facile à mettre en œuvre compte tenu des circuits hydrauliques existants et des équipements installés, consistait à injecter par pompe doseuse (déjà

présente pour une éventuelle correction de pH) le produit sous forme liquide sur une boucle de recirculation entre l'aérobie et l'anoxie.

Le produit retenu a été un sulfate d'aluminium polymérisé alcalinisé, car il était important de ne pas acidifier le milieu, lequel présentait déjà un pH très peu alcalin (< 7.5).

Par calcul il a été possible de déterminer la dose optimale à rajouter. En effet, pour éliminer 1g de P, il faut entre 0.8 et 2.6 g d'Al, soit, exprimé en sulfate d'alumine, de 9.3 à 28 g de produit commercial $[Al_2(SO_4)_3, 18 H_2O]$. Au vu des caractéristiques du produit choisi (AquaRhône 18D, *cf. fiche produit en annexe*), la dose à rajouter était de 1.3 l/h.

L'ajout massif de produit risquait de perturber durablement et profondément la biomasse, aussi, une acclimatation progressive a été mis en place en laissant les bactéries s'habituer à ce nouveau produit.

L'ajout de ce séquestrant a permis en quelques jours, de piéger dans les boues, le phosphore et de tenir les normes de rejet imposées sur l'eau traitée.

X. MISE EN PLACE DU TRAITEMENT DES BOUES

La station a été construite à l'origine sans unité de traitement de boues en excès puisque le constructeur n'envisageait pas d'extraction avant au moins 6 mois et même éventuellement pas du tout. En effet, une installation en place, sur un autre site, utilisant uniquement un Bioréacteur type ABR, n'a toujours pas extrait de boues depuis sa mise en route (près de 2 ans).

Pourtant, il est apparu assez vite, dans notre cas, (moins de 2 mois après la mise en route) la nécessité d'extraire afin de maîtriser la concentration en boues du bassin biologique, celle-ci augmentant régulièrement et tendant à dépasser les 13 g/L contractuels. Cette augmentation de concentration du bassin biologique risquait de créer des problèmes d'aération, de brassage, d'ultrafiltration (colmatage de membranes et débits de filtration trop faibles) et bien entendu risquait de compromettre le traitement et finalement les rendements épuratoires.

Ainsi, dans un premier temps, surpris par cette rapide augmentation de concentration non prévue, il a été nécessaire de déconcentrer les bassins par pompage de boues liquides dans des tonnes à lisier. Cette méthode présentait, outre l'avantage d'être mis en œuvre très rapidement et d'avoir une efficacité immédiate, de nous permettre d'avoir le temps de la réflexion pour la mise en œuvre d'une solution plus pérenne. Il est à noter, en outre, que cette solution présentait l'inconvénient d'une extraction massive au coup par coup plutôt qu'en continu de façon régulière, risquant de gêner le traitement.

1. MISE EN PLACE D'UNE UNITE DE DESHYDRATATION DES BOUES EN EXCES

a) définition des besoins

La première démarche réalisée pour le choix d'une unité de déshydratation fut la détermination, dans un premier temps, approximative, des quantités de boues en excès à extraire journalièrement. Cette détermination n'était pas facile d'accès vu que les modèles appliqués habituellement ne fonctionnait pas dans une station telle que celle-ci. Le constructeur n'était lui même pas en mesure de nous fournir une réponse claire à ce sujet, même si sur les engagements il est stipulé 320 kg/j d'extraction de Matières Sèches. Ce

chiffre reste cependant à valider par essais. Le contrat d'achat de cette nouvelle station prévoit une concentration nominale de 13 g/L dans les bassins. Le but a donc été d'extraire suffisamment afin de maintenir cette concentration.

Un autre déchet, jusqu'ici éliminé par un prestataire extérieur, était intéressant de pouvoir être éliminé : les graisses issues du flottateur. La quantité non négligeable générée chaque jour, de l'ordre de 10 m³ présentait un coup majeur d'élimination. Il semblait intéressant de pouvoir essayer de l'éliminer en même temps que les boues en excès.

Enfin, des critères d'exploitation et des critères techniques étaient à prendre en compte. Il était important pour l'entreprise de pouvoir automatiser au maximum ce futur process afin de ne pas employer une personne même à temps partiel pour faire fonctionner la solution qui serait retenue. Le coût d'exploitation était un critère très important, plus que l'investissement initial (lequel serait en partie subventionné par l'agence de l'eau). La teneur en matières sèches des boues après déshydratation devait être maximisée étant donné que celles-ci iraient en compostage par la suite. La puissance installée ne devait pas être trop élevée afin de ne pas, d'une part, être obligé de retirer une nouvelle ligne électrique entre l'usine et la station (coût non négligeable) et d'autre part obliger l'usine déjà juste sur un plan électrique, à changer son abonnement EDF.

b) recherche d'une solution adaptée

Au vu des délais d'installation envisageables (supérieurs à 3 mois), et face à l'urgence de la situation, il devenait obligatoire de mettre en place une solution provisoire type location.

Aussi, l'objectif était de pouvoir réaliser avec différents constructeurs, des essais de déshydratation, afin de choisir une solution fonctionnelle sur notre type particulier de boues (boues très colloïdales peu décantables).

Dès l'origine certaines voies ont été écartées, c'est le cas des filtres à bandes qui présentaient l'inconvénient majeur de ne pas atteindre des siccités assez élevées (14 % maximum) et de nécessiter beaucoup d'entretien.

Un certain nombre de solutions ont cependant été étudiées, des plus courantes aux moins répandues.

Filtres presse

Basé sur le principe de la filtration sous pression dans des chambres de filtration ce procédé a fait l'objet d'essais sur pilote. (Cf. photo d'un filtre presse ci-contre).

Cette solution n'a pas été écartée d'emblée car elle présentait l'avantage d'obtenir des siccités élevées. L'inconvénient de l'exploitation importante nécessaire pour les débatissages des gâteaux de filtration pouvaient être supprimé par le choix d'une solution en débatissage automatique (secouage des plateaux ou toiles à système peau de banane).



Il s'agissait d'une solution bien connue en unités de traitement d'eaux urbaines pour collectivités, il s'agissait donc de savoir si pour une petite installation telle que la nôtre, cette solution restait rentable.

Les propositions qui nous ont été faites étaient sur à une enveloppe globale supérieure à ce que l'entreprise était prête à investir.

Enfin les délais de réalisation étaient de près de 4 mois avec aucune possibilité alternative, type location, pendant ce temps.

Cette solution a été en conséquence abandonnée.

Filtration sous vide

Cette solution, ayant fait l'objet d'essais sur site, est basée sur le principe de la filtration sur filtre rotatif sous vide avec précouche en farine de bois. (Cf. photos en annexe : ATE)

La mise en œuvre est assez aisée, la consommation électrique très faible et les résultats obtenus étaient assez prometteurs (supérieurs à 30%). Il faut cependant noter que cette forte siccité est surtout due à la farine de bois, médium de filtration. Le principe relativement simple, présentait une certaine rusticité, qualité souvent intéressante pour des procédés de traitement de boues.

Cependant un inconvénient majeur était d'une part, l'impossibilité de par le principe même de fonctionnement, de produire en continue et de façon automatisée.

D'autre part, le second point négatif était le coût élevé de la farine de bois, produit travaillé, beaucoup plus cher que la sciure laquelle n'est qu'un déchet brut de l'industrie du bois.

Enfin, même si l'enveloppe globale était inférieure à d'autre solution, le montant d'une location était démesuré (350 F/m³ de boue liquide pompée).

Filtration sous faible dépression

Cette voie, pratiquement à l'état de prototype, est basée sur le principe d'une filtration sous faible dépression dans une chambre de compression. (*Cf. photos en annexe : Ecoliz*).

La boue doit subir un conditionnement important avant passage en chambre de compression, puisqu'elle doit subir l'ajout de coagulant, de flocculants et d'agents de structure (chlorure ferrique (FeCl₃), polymère organique, sciure de bois).

Cette solution n'est pas encore implantée en milieu industriel, puisqu'elle a été conçue à l'origine pour le traitement des lisiers de porcs. Outre le coût en réactifs, l'obligation d'une certaine exploitation, le peu de références, le manque de recul et le manque de fiabilité du procédé nous ont amené à écarter cette solution pourtant à première vue innovante.

Concentration à chaud sur membranes

Basée sur le principe d'une ultrafiltration tangentielle et d'un chauffage ohmique, cette solution est à l'état de développement par EDF.

Nous avons voulu essayer cette solution vis à vis de l'intérêt qu'elle présentait par rapport à l'absence totale de réactifs ajoutés. Des essais sur site sur un pilote à échelle réduite ont été menés afin de s'assurer de la faisabilité. Les essais n'ont pas été à la hauteur des prévisions du constructeur et il était de toute manière obligatoire de passer par la suite par une phase de séchage plus poussée. Il est possible que nos boues ne soient pas bien adaptées à ce procédé.

L'investissement globale déjà important présentait un risque en terme de garanties, or ce risque n'était même pas compensé par un investissement plus faible par rapport à d'autres solutions.

Cette solution a donc été finalement écartée.

Divers procédés

Beaucoup d'autres constructeurs ont été contacté, mais leur solution a été rapidement éliminée ; souvent pour des questions de taille d'installation, mais aussi parfois pour des raisons de procédés inadaptés à nos types de boues, enfin, aussi par manque de réactivité de leur part.

Citons entre autres Neyrtec pour les procédés Taster (vis presseuse), ou Andritz Sprout-Bauer pour les tambour égoutteur et filtres à bande haute pression (Cf. annexe).

Centrifugation

Basée sur le principe de la décantation accélérée par une force centrifuge intense, cette solution a fait également l'objet d'essais sur site. (Cf. ci dessous schéma de principe)

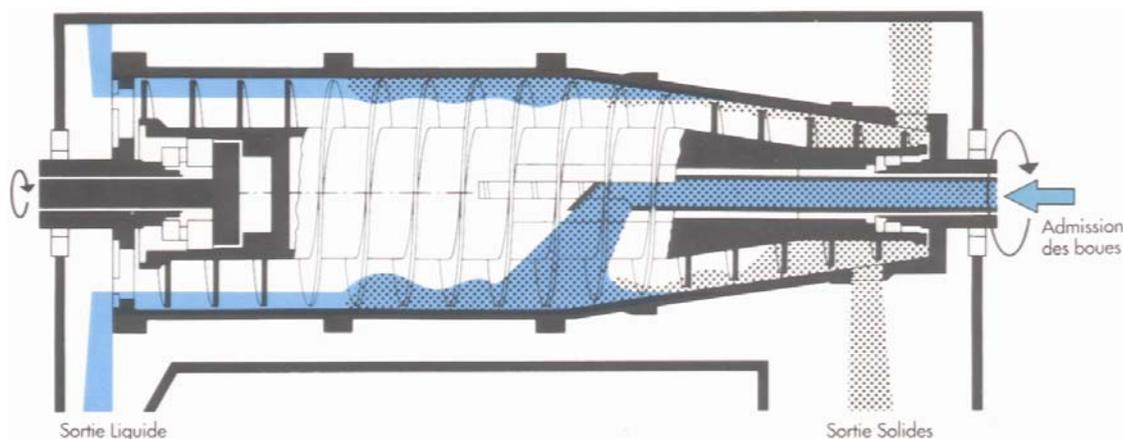


Fig 7 : Schéma de principe de la décantation centrifuge:

La solution déshydratation par centrifugation présente l'avantage d'être automatisable, flexible, fiable et d'un coût raisonnable au vue des performances garanties.

Cette solution est en revanche plus gourmande en énergie que d'autres solutions précédentes mais elle présente l'avantage énorme de pouvoir être mis en route et arrêtée assez facilement, ceci permettant facilement d'opérer à des délestages de courant.

Plusieurs constructeurs ont été contactés, Alfa Laval, Wesphalia Séparator, Pierralisi et Guinard centrifugation. En première approche, seul Guinard se plaçait bien par rapport aux critères de choix que nous avons établis, nous avons donc décidé de poursuivre plus avant dans cette direction et réaliser des essais sur site.

Les essais réalisés, de floculation et ensuite de centrifugation, ont permis de connaître les résultats réellement envisageables sur notre boue en terme de siccité finale et en terme de consommation de réactif (polymère fortement cationique).

Cette solution semblait ne présenter aucune contre indication à l'ajout de graisses avec les boues, cependant aucun constructeur de décanteuses centrifuges ne voulait nous garantir des résultats sur un mélange de graisses + boues, ceci n'ayant semble-t-il jamais été fait auparavant.

Lors des essais, il est apparu que les rendements obtenus sur le mélange étaient bien supérieurs à ceux obtenus avec la boue seule. La graisse (issues du flottateur) apportait donc un pouvoir de floculation meilleure et une tenue des floccs accrues. Lors des essais de centrifugation, les teneurs en MS obtenus sont passées de 17-19% à plus de 25% et même sur certains essais à près de 30%.

La solution était on peut le voir assez séduisante puisqu'elle présentait outre l'avantage d'obtenir de bons résultats avec un minimum d'exploitation, l'avantage également de traiter dans le même temps, les graisses. Le coût d'élimination de ces graisses qui devaient obligatoirement aller en destruction est en effet de près de 500 Frs/tonne auquel il faut ajouter la prestation de service.

L'enveloppe globale du budget pour cette voie correspondait à ce que l'entreprise était prête à investir au vu des résultats attendus.

Le délai de réalisation était de l'ordre de 3 mois mais une solution d'attente, type location nous a été proposée en attendant.

Cette solution a été retenue, la location a été contractée et l'achat de la machine réalisé (*Cf proposition d'achat en annexe*). La machine achetée doit arriver avec son environnement courant novembre.

c) mise en place et exploitation d'une centrifugeuse à boues en déshydratation

Afin de démarrer au plus vite sur la voie de la location nous avons réalisé, en interne, une bonne partie de l'environnement de la machine de location (tapis d'extraction de boues, cuve de lancement et de mélange boues + graisses, alimentation électrique, reprise des centrats, pompage de la graisses dans la cuve de mélange, pompage de la boue en excès dans la cuve de mélange, systèmes de contrôle de niveaux dans les différentes cuves...). Ainsi, lorsque celle-ci est arrivée nous avons auparavant pu mettre en place son environnement.

A l'exploitation cette solution de location s'est avérée relativement souple, même si, une exploitation minutieuse et fréquente sont nécessaire sur cette machine de location. En effet, il s'agit ici d'une machine de location, où toutes les commandes sont manuelles puisqu'aucun automate ne gère le fonctionnement de la machine. Il a donc été primordial de bien connaître le fonctionnement de ce process afin de ne pas risquer d'endommager le matériel par une erreur de manipulation.

Les boues déshydratées en sortie de machine, sont reprise par un tapis convoyeur jusqu'à une benne de location que l'on fait enlever périodiquement par un prestataire de service en vu d'une élimination.

Devant les fortes nuisances olfactives occasionnées par cette boues déshydratée non stabilisée qui rentre en fermentation, il a fallu mettre en place rapidement un système de pulvérisation de produits surodorants neutralisants d'odeurs. Dans l'avenir des systèmes plus aboutis seront sans doutes mis en place permettant de traiter l'ensemble du site et pas seulement la partie boue. (Cf. photo ci-contre de brumisateurs de neutralisants d'odeurs).



2. MISE EN PLACE D'UNE PLATE-FORME DE COMPOSTAGE

a) définition des besoins

Le compostage permet à Boscher Volailles de pouvoir traiter en interne la totalité de ses boues et graisses ainsi que les refus de dégrillage et matières récupérées sur les quais d'attente.

La première étape consistait là encore à évaluer au mieux les quantités qui seront générées et qui rentreront donc dans le compostage.

En ce qui concerne les boues on se basera sur 320 kg de matières sèches par jour sur 7 jours. Pour les graisses, on dimensionnera avec un volume de 10 m³/jour à 3% de siccité, soit 300 kg/j sur 5 jours, soit finalement 215 kg/jour sur 7 jours. Les refus de dégrillage sont évalués à environ 500 kg / mois soit environ 25 kg/jour à 40% de siccité, soit finalement 10 kg/j. Enfin, les matières raclées sur les quais d'attente représente une quantité de l'ordre de 1500 kg/jour à 25% de siccité soit 375 kg/jour sur 7 jours.

On arrive au final à 920 kg/jour de matières sèches, il faut considérer que le tout aura une siccité de 22% après déshydratation ; ceci nous amène à 4,2 tonnes/jour.

On considère désormais que l'on ajoutera un structurant type fumier de volailles permettant de créer une certaine porosité nécessaire à l'aération du produit lors du compostage. Le ration sera de 2 volumes de structurant pour un volume de produit soit ici 8,5 m³ de fumier par jour (soit environ 2,5 tonnes par jour). On obtient ainsi 6,7 tonnes de produit par jour à composter.

b) Volontés de Boscher Volailles pour ce compostage

Ce compostage, une fois installé doit répondre à certains impératifs :

- il doit permettre d'absorber la totalité des boues, graisses et refus de dégrillage produit sur la station d'épuration ainsi que les fientes récupérées sur les quais d'attente et de déchargement,
- Il doit permettre de produire un produit final présentant une siccité finale supérieure à 70% (ceci en raison du type de reprise ultérieure du produit),
- Il doit être automatisé au maximum et ne nécessiter qu'un minimum de manutention,
- Ne pas engendrer de nuisances olfactives trop importantes,
- Pouvoir être mis en œuvre rapidement (mise en route au plus tard en février 2000),
- Il doit être facile à exploiter et flexible.
- Il doit pouvoir s'intégrer dans la surface restante derrière la station,
- Bien évidemment il doit répondre aux normes en vigueur sur ce type de réalisations,

- Enfin, le coût reste en toile de fond bien évidemment un élément important dans le choix de telle ou telle solution.

Après avoir défini ces impératifs, il était possible de contacter différents acteurs dans le domaine, pour étudier au cas par cas les propositions faites.

XI. CONCLUSION

Le suivi au quotidien de l'installation de traitement des eaux industrielles de l'abattoir Boscher Volailles, a été dans un premier temps, l'objet de cette étude.

Face aux dysfonctionnements de celle-ci, j'ai été très vite, amené à communiquer énormément avec le maître d'œuvre, souvent dans des conditions particulières, afin de régler les problèmes au fur et à mesure de leur apparition. Actuellement, la station n'est toujours pas réceptionné par Boscher Volailles, laquelle considère qu'un certain nombre de points sont à améliorer.

La situation est à l'heure actuelle quasiment en phase de litige, et devant le manque de réactivité d'Orélis, maître d'œuvre de cette installation, Boscher Volailles se doit pourtant de trouver une issue rapide à cette situation, afin d'être au plus vite en totale conformité avec les normes de rejet.

Très vite, se sont greffé à ma mission initiale, laquelle avait d'ailleurs pas mal évolué, des missions connexes. Ce fut la mise en place de l'autosurveillance (choix et achats de matériels, mise en route, validation des résultats, formation du personnel...), puis la mise en place d'une unité de déshydratation des boues en excès (choix et achats de matériels, exploitation d'une solution d'attente...), enfin le lancement d'une unité de compostage des boues déshydratées. Dans le même temps, la gestion des différentes situation et problèmes au quotidien, m'a obligée à m'organiser au mieux afin que la station soit pour Boscher Volailles le plus « transparente » possible.

XII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Station d'épuration :

- Cours EME, M. Huillery, Mme Djelal, Mme Ricordel, M. Lebouc, Mme Legrans Lorens
- Mémento Technique de l'eau – Degrémont
- Office international de l'eau – Stage Mars 98 sur l'exploitation des eaux résiduaires urbaines
- Etude technique inter-agence N°27 sur le traitement de l'eau
- Normes de rejet dans le milieu naturel
- Normes relatives aux méthodes normalisées d'analyse d'un effluent
- Documentation rapportée du colloque sur le traitement des graisses, à Saint Briec
- Documentation du constructeur de la station
- Documentation constructeur : Dr LANGE, Merck, Bioblock, ...

Unité de déshydratation :

- Documentations constructeurs
 - Guinard, Alfa Laval, Wesfalia Separator, Peralisi, Flottweg, Rousselet centrifugation,
 - Société Poitevine de Filtration, Andritz Sprout Bauer, Neyrtec Environnement, Nexus Technologies, R&O Dépollution, EMO, Faure, Ecofit, Novelect, AMF, ATE.....
 - Endress + Hauser, Krohne, Kobold, Milltronics, Burkert, Ponselle Mesure...
 - PCM, Flyght, Volumax Jonhson, Wemco, Allweiller, Seepex, Steiblé, PCR pompes, Grundfos,
- Mémento Technique de l'eau – Degrémont
- Cours EME, Mr Kraeutler

Unité de compostage :

- Documentation constructeurs :
 - Greenworld, Agro Développement, Lobial, Linde,
 - Jeantil, Acémo,
 - Gamlen, Planiff

XIII. REMERCIEMENTS

Paul LOPEZ : pour m'avoir proposé un stage intéressant par sa diversité, un stage qui m'a permis de plonger au cœur d'une station d'épuration, un stage qui finalement m'a appris beaucoup d'un milieu industriel de production, ses contraintes, ses attentes, ses besoins, ses difficultés et ses atouts. Pour m'avoir à plusieurs reprises éclairé et guidé par des conseils judicieux notamment sur mon organisation de travail.

Pascal BERLIVET : Pour m'avoir suivi tout au long de cette étude en m'apportant de précieux conseils techniques, en m'apprenant une foule de choses dans des domaines très variés, m'initiant aux contraintes énormes des procédés de production en continue. Pour m'avoir à maintes reprises éclairé de conseils judicieux dont j'espère avoir su profiter au maximum et avoir su en tirer le meilleur. Pour m'avoir fait confiance, en me laissant souvent gérer tout seul des situations riches en enseignements.

Le Service Maintenance : Pour sa patience et son efficacité lors des nombreuses interventions que j'ai été amené à lui demander. Pour son sens pratique et son sens du process qui m'a permis d'apprendre un certain nombre de « petits trucs ».

Enfin, Philippe BOSCHER, Thierry Le MORVAN, Laurence, Pierrick, Stéphane, Patrick, Yannick, Manu, Erwan, Sébastien, Et bien d'autres que j'oublie, et pourtant qui ont tous été très sympathiques à mon égard s'intéressant souvent à mes travaux.

XIV. ANNEXES