



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option : Réutilisation des Eaux Non Conventionnelles

THEME :

**Conception d'une STEP des eaux usées de la Laiterie
SOUMMAM W. Béjaïa en vue de leur réutilisation**

Présenté par :

MELLOUT Mohamed

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
KAHLERRAS Djilali	M.C.A	Président
KHALED HOULI Samia	M.A.A	Examineur
MEDJDOUB LEULMI Sonia	M.A.A	Examineur
BETATACHE Hayat	M.C.B	Promoteur

Session Novembre 2021

Remerciements

Je ne laisserai pas cette occasion passer sans remercier l'établissement Laiterie Soummam ainsi que l'ensemble du personnel ENSH et toutes les personnes qui m'ont accordé leur soutien

J'adresse mes vifs remerciements aux membres de jurys pour avoir bien voulu examiner et juger ce travail.

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma gratitude à notre enseignante et encadrante Mme H. Betatache pour son suivi et soutien.

الملخص :

الهدف من مشرونا هو تحديد حجم محطة معالجة مياه الصرف الصحي الصناعي في ملبنة الصومام، والتي ستكون مسؤولة عن معالجة الجميع المياه الناتجة عن هذه المحطة المقدره بـ 2220 م³ / 3 يوم. وهذا بهدف الحفاظ على البيئة والصحة العامة بالإضافة إلى إعادة استخدام هذا المورد الثمين. تنقسم هذه الدراسة الى شطرين الأول هو دراسة خصائص مياه الصرف الصحي الصناعي حيث أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أننا نتعامل مع مياه ملبنة بالملوثات التي يصعب تحللها. الجزء الثاني يتعلق بحجم محطة معالجة مياه الصرف الصحي والقائمة على تحليلات مياه الصرف الصناعي التي يتم تصريفها مباشرة في وادي الصومام بجاية الكلمات المفتاحية: محطة معالجة مياه الصرف الصحي، مياه الصرف الصناعي، الملوثات، القابلية للتحلل

Résumé :

L'objectif de notre projet consiste à dimensionner une station d'épuration des eaux usées industrielles pour la Laiterie Soummam, qui se chargera de traiter toutes les eaux usées produites par cette usine, leurs quantités étant de 2220 m³/J. Et ce dans le but de préserver l'environnement et la santé publique ainsi que de réutiliser partiellement cette précieuse ressource pour le nettoyage des véhicules de transport, les espaces externes, l'alimentation du réseau incendie ainsi que l'irrigation des espace verts.

Cette étude traite deux principales volets :

Le premier consiste à étudier les caractéristiques de ces ERI (eaux résiduelles industrielles) ; les résultats obtenus ont montré que nous sommes face à une eau très chargée en polluants et de nature difficilement biodégradable.

Le deuxième volet concerne le dimensionnement de la station d'épuration des ERI collective en se basant sur les analyses des eaux usées industrielles directement rejetées dans oued Soummam Béjaia.

Mots clés : station d'épuration, eau usée industrielle, polluant, biodégradable

Abstract:

The objective of our project consists in dimensioning an industrial wastewater treatment plant in the Soummam Dairy, which will treat all the wastewater produced by this industry, their quantities are estimated at about 2220 m³/D. And this in order to preserve the environment and public health in addition of internal water reuse. This study deals with two main aspects:

The first one consists in studying the characteristics of this industrial wastewater; the results obtained showed that we are facing a water very loaded with pollutants and of a nature that is not easily biodegradable.

The second part concerns the dimensioning of the wastewater treatment plant based on the analysis of the industrial wastewater directly discharged into Oued Soummam Béjaia

Key words: wastewater treatment plant, industrial wastewater, pollutant, biodegradable.

Sommaire

Introduction générale	9
Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude	11
Introduction.....	11
1.1. La zone industrielle de Akbou	11
1.2. Principale activité humaine.....	11
1.3. Ressources hydriques	11
1.4. Présentation de la laiterie Soummam	11
1.5. Système d'évacuation et traitement des eaux usées rejetées existant	12
Conclusion	12
Chapitre 2 : Généralités sur les eaux usées industrielles.....	14
Introduction.....	14
2.1. Définitions et généralités	14
2.1.1. Définition d'une eau usée.....	14
2.1.2. Définition d'une eau résiduaire industrielle	14
2.2. Caractéristiques des eaux usées industrielles	14
2.2.1. Paramètres de mesure de la pollution	14
2.2.1.1. Couleur.....	15
2.2.1.2. Odeur	15
2.2.1.3. Température(T)	15
2.2.1.4. Turbidité.....	15
2.2.1.5. Matières en suspension (MES)	15
2.2.1.6. Potentiel d'hydrogène	15
2.2.1.7. La conductivité	15
2.2.1.8. Demande chimique en oxygène (DCO).....	16
2.2.1.9. Demande biochimique en oxygène (DBO).....	16
2.2.1.10. Carbone organique total (COT)	16
2.2.1.11. Matières oxydables (MOX).....	16
2.2.1.12. Azote total NT.....	16
2.2.1.13. Phosphore total PT	16
2.2.1.14. La biodégradabilité	16
2.2.2. Procédés utilisant les eaux.....	17
2.2.2.1 Eaux des circuits de refroidissement	17
2.2.2.2 Eaux de lavage des sols et machines	17
2.2.2.3 Eaux de fabrication	17
2.2.2.4 Rejets des services généraux	17

2.3. Normes de rejet des effluents industriels	18
2.4. Caractéristiques des eaux usées de laiterie.....	19
Conclusion	19
Chapitre 3 : Epuration des eaux usées industrielles	21
Introduction.....	21
3.1. Procédés d'épuration des eaux usées industrielles	21
3.1.1. Les prétraitements	22
3.1.1.1. Dégrillage :	22
3.1.1.2. Tamisage	22
3.1.1.3. Dessablage	23
3.1.1.4. Dégraissage-déshuilage	23
3.1.1.5. Autres traitements préliminaires	24
3.1.2. Les traitements primaires.....	25
A) Procédés chimiques	25
B) Procédés de décantation physique.....	26
3.1.3. Les traitements biologiques.....	27
A) Procédés à cultures libres	27
B) Procédés à cultures fixées	28
3.1.4. Les traitements tertiaires.....	30
Nature de la pollution à traiter et les technologies applicables	30
3.2. Traitement des boues	32
3.2.1. Procédés de traitement des boues	32
A. Épaississement et déshydratation des boues.....	32
B. Stabilisation	33
Conclusion	34
Chapitre 4 : Dimensionnement de la station d'épuration	36
Introduction.....	36
4.1. Caractéristiques des eaux usées de la laiterie Soummam	36
4.2. Grille de qualité des ERI.....	36
4.3. Dimensionnement de la station d'épuration.....	38
4.3.1. Evaluation des charges polluantes :	38
4.3.2. Schéma du traitement des ERU de la laiterie Soummam.....	39
4.3.3. Dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration.....	39
4.3.3.1. Bassin d'homogénéisation	40
4.3.3.1. Prétraitement.....	41
4.3.3.3. Traitement physico-chimique	46

4.4.3.4. Traitement biologique	50
4.3.3.5. Traitement tertiaire	57
4.3.3.6. Traitement des boues	61
Conclusion	67
Chapitre 5 : Calculs hydrauliques	69
Introduction.....	69
5.1. Conduite de refoulement	69
Dimensionnement de la conduite.....	69
La hauteur manométrique de la pompe	69
Choix de la pompe :.....	69
Dimensionnement du poste de relevage	70
Profil hydraulique	70
5.2. Dimensionnement des conduites reliant les ouvrages	71
Calculs des longueurs des conduites reliant les ouvrages	71
Calculs des diamètres des conduites reliant les ouvrages	72
Conclusion	73
Conclusion générale.....	75
Références bibliographiques.....	77

Liste des tableaux

Chapitre 2 : Généralités sur les eaux usées industrielles

Tableau 2.1 : Normes de rejet des effluents	18
---	----

Chapitre 3 : Epuration des eaux usées industrielles

Tableau 3.1 : Agents de coagulation et de floculation	25
---	----

Tableau 3.2 : : Caractéristiques techniques et applications des différents procédés de flottation	25
--	----

Tableau 3.3 : Mise en œuvre des différentes technologies a culture libre	28
--	----

Tableau 3.4 : Procédés et technologies applicables en traitement tertiaire	31
--	----

Chapitre 4 : Dimensionnement de station d'épuration

Tableau 4.1 : Caractéristiques des eaux usées de la laiterie Soummam	36
--	----

Tableau 4.2 : Grille de qualité des ERI	37
---	----

Tableau 4.3 : paramètres de base du dimensionnement de la STEP	39
--	----

Tableau 4.4 : Dimensionnement du bassin d'homogénéisation	41
---	----

Tableau 4.5 : Espacement et épaisseur des barreaux	41
--	----

Tableau 4.6 : Données de base du dégrilleur grossier	42
--	----

Tableau 4.7 : Données de base du dégrilleur fin	42
---	----

Tableau 4.8. Les dégrilleurs	44
------------------------------------	----

Tableau 4.9 : Dimensionnement du déshuileur-dégraisseur	45
---	----

Tableau 4.10. Dimensionnement du réacteur de coagulation	47
--	----

Tableau 4.11. Dimensionnement du réacteur de floculation	47
--	----

Tableau 4.12. Dimensionnement du décanteur primaire	49
---	----

Tableau 4.13. Evaluation des charges des polluants à la sortie du décanteur primaire	50
---	----

Tableau 4.14. Dimensions du bassin d'aération	54
---	----

Tableau 4.15. Dimensionnement du décanteur secondaire	57
---	----

Tableau 4.16. Evaluation des charges suite au traitement secondaire	57
---	----

Tableau 4.17 Dimensionnement du traitement CAP	59
Tableau 4.18 Dimensionnement du traitement par Ozonation	60
Tableau 4.19 : Dimensionnement de l'épaississeur et digesteur	64
Tableau 4.20 : Dimensionnement du filtre a bande.....	65

Chapitre 5 : Calculs hydrauliques

Tableau 5.1 Dimensions du poste de relevage	70
Tableau 5.2 Profil hydraulique	71
Tableau 5.3 Longueurs des conduites reliant les ouvrages	72
Tableau 5.4 : Récapitulatifs des calculs hydrauliques	73

Liste des figures

Chapitre 3 : Epuration des eaux usées industrielles

Figure 3.1 : Procédés d'épuration des ERI	21
Figure 3.2 : Grille à nettoyage	22
Figure 3.3 : Dessableur circulaire a alimentation tangentielle	23
Figure 3.4 : Ouvrage longitudinal aéré de dégraissage et déshuilage	24
Figure 3.5 : Décanteur à recirculation de boue.....	26
Figure 3.6 : Schéma de principe de traitement physico-chimique par aéroflottation	26
Figure 3.7 : Principe de fonctionnement de la filtration biologique	29
Figure 3.8 : Les principaux procédés de traitement des boues	32

Chapitre 4 : Dimensionnement de station d'épuration

Figure 4.1 : Evaluation des polluants	37
Figure 4.2 : Traitement biologique à boues activées	51
Figure 4.3 : Schéma du traitement biologique à boue activée	37
Figure 4.4 : Schéma du traitement biologique avec bassin d'anoxie	54
Figure 4.5 : Schéma d'un filtre a bande	65

- 1- Ouvrages de la station
- 2- Vue de plan de la station
- 3- Profil en long de collecteur d'entrée
- 4- Profil hydraulique de la station

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

En Algérie, l'eau revêt un caractère stratégique du fait de sa rareté et d'un cycle naturellement perturbé et déséquilibré. Qu'il s'agisse de l'eau souterraine ou de l'eau de surface, les ressources sont limitées et, compte tenu des problèmes démographiques et de l'occupation de l'espace (sachant que près de 60% de la population algérienne sont concentrés dans la frange septentrionale du territoire qui ne représente que le dixième de la surface totale du pays), d'importants efforts sont nécessaires en matière d'urbanisation intégrée et de gestion rigoureuse dans l'exploitation des réserves, si on veut atteindre la satisfaction des besoins à l'horizon 2010. S'y ajoutent des problèmes de faible mobilisation et de mauvais recyclage par manque de maîtrise des stations d'épuration et l'envasement des retenues.

La qualité chimique des eaux de l'Algérie du Nord est appréciée par les teneurs en nitrates et en chlorures des aquifères côtiers. Cependant, le développement économique et social conduit à une dégradation rapide de cette qualité des eaux, ce qui incite lourdement à œuvrer pour un meilleur recyclage et une meilleure protection des ressources. A défaut, la sanction serait la non satisfaction des besoins en eaux potable, d'irrigation et industrielle. Malheureusement, il semble que l'écart entre disponibilité et besoins soit difficile à réduire.

Les usines et les installations urbaines sont responsables de la pollution des eaux. Celle-ci étant une ressource limitée, il est aujourd'hui indispensable de l'épurer. Ainsi, davantage de monde pourra en profiter, sans risque pour la santé.

L'objectif de ce travail est de proposer un traitement adéquat aux eaux usées résiduelles de la Laiterie Soummam – Bejaïa – afin de ramener les charges des polluants aux normes de rejets et de pouvoir réutiliser une partie de cette ressource précieuse qui est l'eau en certains procédés

et ce présenté comme suit :

- Introduction générale
- Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude
- Chapitre 2 : Généralités sur les eaux usées industrielles
- Chapitre 3 : Epuration des eaux usées industrielles
- Chapitre 4 : Dimensionnement de la station d'épuration
- Chapitre 5 : Calculs Hydrauliques
- Conclusion générale

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude

Introduction

La zone industrielle Akbou Taheracht contribue à l'approvisionnement en produits laitiers au 4 coins du pays, grâce aux multiples organismes qui y sont actifs, pour une région en développement, cette zone industrielle considéré comme un pôle industriel de la région consomme une part importante des ressources en eau.

1.1. La zone industrielle de Akbou

La région abrite un pôle agroalimentaire plus que dynamique, avec plusieurs marques leaders de leurs domaines respectifs sur le marché national : Ifruit (jus de fruits), Soummam, Danone, Ramdy et Ela Fruits (Yaourts et produits laitiers). Le véritable boom, Akbou le connaîtra avec l'implantation de nombreuses unités de transformation de produits laitiers à l'initiative des familles Batouche et Hamitouche qui créeront les marques Danone-Djurdjura, Ramdy, General emballage et Ela Fruit pour la première et le géant Soummam pour la seconde.

1.2. Principale activité humaine

À longueur d'année, l'activité y est intense dans et aux alentours de la zone. Ce ne sont en effet pas moins de 10.000 employés qui s'y rendent quotidiennement pour travailler.

1.3. Ressources hydriques

La région de Béjaia, à savoir Akbou s'exclut du stress hydrique que connaît le pays depuis plusieurs années maintenant en raison d'une pluviométrie abondante ($P_{max.j}$ calculée sur 29 ans = 39mm), la présence de barrages important comme les barrages Tichy-Haf et Ighil Emda et la présence de ressources hydriques souterraines exploitables.

En plus des besoins domestiques, la région connaît une activité industrielle considérable accompagnée par une demande hydrique importante d'où l'importance du suivi de cette ressource, son exploitation ainsi que ses rejets.

1.4. Présentation de la laiterie Soummam

La Laiterie Soummam est une entreprise agroalimentaire algérienne spécialisée dans la production de produits laitiers, créée par Lounis Hamitouche en 1993. En 2011, Soummam est le premier producteur algérien de yaourt avec 42 % de part de marché en Algérie. [1]

La première usine est installée à Chellata, elle employait 20 ouvriers et produisait 20 000 yaourts par jour. Deux années plus tard, ses capacités de production ont triplé

avec 3 lignes de production pour atteindre 12 000 pots/heure et un effectif de 60 salariés. [1]

En 2000, l'usine, baptisée alors Soummam 1, est installée dans la zone industrielle Taharacht d'Akbou, en 2002, une deuxième extension est entreprise sur un terrain mitoyen, nommé Soummam 2. Celle-ci entre en production un an après.

En 2006, une troisième extension est réalisée et donne naissance à Soummam 3.

En 2008, construction d'un 4^e bâtiment Soummam 4 et investissement progressif dans de nouvelles lignes de production.

Une production qui rejette aujourd'hui plus de 2000 m³/j d'eau usée résiduaire. [1]

1.5. Système d'évacuation et traitement des eaux usées rejetées existant

Les eaux usées domestiques ainsi qu'industrielles ne suivent aucun traitement et finissent donc par rejoindre le cours d'eau naturel, à savoir Oued Soummam. Ce qui relève donc la problématique de l'épuration des eaux usées industrielles avant rejet ou réutilisation

Conclusion

L'activité industrielle développée contribue fortement à la production nationale, cependant elle impacte tout autant le milieu naturel via les eaux usées résiduaires non traitées.

CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR LES EAUX USEES INDUSTRIELLES

Chapitre 2 : Généralités sur les eaux usées industrielles

Introduction

Suivant le développement de l'activité industrielle, spécialement au bord des cours d'eau, la consommation des eaux ainsi que leurs rejets augmentent également, ceci constitue un objet de nombreuses recherches avant lesquelles nous devons mieux comprendre les eaux usées industrielles.

2.1. Définitions et généralités

2.1.1. Définition d'une eau usée

Une eau usée, appelée encore une eau résiduaire ou effluent est une eau qui a subi une détérioration. La pollution des eaux dans son sens le plus large est défini comme étant « tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologique ou physico-chimiques) dont des causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines » [2]

2.1.2. Définition d'une eau résiduaire industrielle

L'article n 2 du Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels, définit les eaux résiduaires industrielle comme suit : « on entend par rejet d'effluents liquides industriels tout déversement, écoulement, jet et dépôt d'un liquide direct ou indirect qui provient d'une activité industrielle. ». [2]

Une eau est dite résiduaire industrielle si elle provient d'une usine après avoir servi à une production, nettoyage, refroidissement ou autre procédé.

2.2. Caractéristiques des eaux usées industrielles

Les caractéristiques ainsi que le degré de pollution diffèrent selon le type d'industrie ainsi que les procédés qui y sont présents, à savoir : les eaux des circuits de refroidissement, les eaux de lavage, les eaux de fabrication ou encore les rejets des services généraux.

On détermine la qualité de ces eaux selon leur concentration en éléments ou en mesurant certains paramètres

2.2.1. Paramètres de mesure de la pollution

L'estimation de la pollution industrielle est un problème complexe et délicat qui fait appel à des dosages et des tests de différents paramètres servant à caractériser de manière globale et pertinente le niveau de la pollution présente dans les effluents. Parmi ces paramètres on cite les plus importants

2.2.1.1. Couleur

La couleur des ERI est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de MES, du fer ferrique précipité à l'état d'hydroxyde colloïdale, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes. [3]

2.2.1.2. Odeur

Les ERI se caractérisent par une odeur de moisi. Toute odeur est signe de pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition. [3]

2.2.1.3. Température(T)

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et dénitrification biologique. [3]

2.2.1.4. Turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de pollution indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) présentes dans l'eau [3]

2.2.1.5. Matières en suspension (MES)

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel [3]

2.2.1.6. Potentiel d'hydrogène

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et la flore aquatique n'est pas possible que si valeur est comprise entre 6 et 9. L'influence du pH se fait généralement ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les ions des métaux dont il peut diminuer ou augmenter leur mobilité en solution biodisponible et donc leur toxicité. Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7.5 et 9. [3]

2.2.1.7. La conductivité

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètres et elle est l'inverse de la

résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau [3]

2.2.1.8. Demande chimique en oxygène (DCO)

Ce paramètre permet de quantifier la matière oxydable contenue dans l'eau par la mesure du taux d'oxygène nécessaire pour la dégrader. La DCO est exprimée en mg d'O₂/l. [3]

2.2.1.9. Demande biochimique en oxygène (DBO)

Exprimé la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou la dégradation des matières organiques par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement ensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées. [3]

2.2.1.10. Carbone organique total (COT)

La mesure du carbone organique totale permet de donner une indication directe de la charge organique d'une eau. Les composés organiques dont d'une part les protéines, les lipides, les glucides et les substances humiques et d'autre part, les substances organiques carbonées élaborées ou utilisées par l'industrie chimique, pharmaceutique, pétrolière... [3]

2.2.1.11. Matières oxydables (MOX)

Ce paramètre est utilisé pour caractériser la pollution organique de l'eau. Il se définit à partir de la DBO₅ et la DCO selon la formule suivante

$$\text{MOX} = \frac{2\text{DBO}_5 + \text{DCO}}{3} \quad [3]$$

2.2.1.12. Azote total NT

Exprimé en mg/L, ce paramètre devient de plus en plus important. C'est la somme d'azote de forme réduites (organique et ammoniacal) appelé azote de KJELDAL et la forme oxydée (NO₂⁻, NO₃⁻) [3]

2.2.1.13. Phosphore total PT

Le phosphore se retrouve dans les ERI sous formes

- ✓ D'ortho phosphate, soluble H₂PO₄⁻
- ✓ De poly phosphate qui a tendance à s'hydrolyser en ortho phosphate
- ✓ De phosphate non dissous. [3]

2.2.1.14. La biodégradabilité

La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les microorganismes qui interviennent dans les processus d'épuration biologique des eaux. Elle est exprimée par un coefficient K qui permet de qualifier la biodégradabilité d'un effluent,

avec $K = \frac{\text{DCO}}{\text{DBO}_5}$

- $K < 2$: effluent facilement biodégradable ;
- $2 < K < 4$: effluent moyennement biodégradable ;
- $K > 4$: effluent difficilement biodégradable.

Le coefficient K très élevé se traduit par la présence des éléments inhibiteurs dans l'eau et de la croissance bactérienne, tels que : les sels métalliques, les détergents, les phénols, les hydrocarbures...etc. la valeur du coefficient K détermine le choix de la filière de traitement à adopter. Si l'effluent est biodégradable, on applique un traitement biologique, sinon, on applique un traitement physico-chimique. [3]

2.2.2. Procédés utilisant les eaux

2.2.2.1 Eaux des circuits de refroidissement

Abondantes et généralement pas polluées, car elles ne sont pas en contact avec les produits fabriqués, elles peuvent être recyclées, l'appoint indispensable pouvant être fourni par de l'eau traitée [4]

2.2.2.2 Eaux de lavage des sols et machines

Au contraire des rejets précédents, la qualité et le débit des eaux de lavage sont très variables.

Ces eaux sont chargées de produits divers : matières premières ou liqueurs de fabrication, hydrocarbures et huiles de machines, produits détergents, bactéricides ou bactériostatiques utilisés en désinfection [4]

2.2.2.3 Eaux de fabrication

La nature de ces eaux est très variable d'une industrie à l'autre ; la plupart des procédés industriels conduisent à des rejets polluants qui proviennent du contact de l'eau avec des solides, des liquides ou des gaz [4]

2.2.2.4 Rejets des services généraux

Ce sont essentiellement les eaux usées domestiques de l'usine qui présentent des caractéristiques particulières et sont biodégradables [4]

2.3. Normes de rejet des effluents industriels

Les rejets d'effluents liquides industriels dans le milieu naturel sont réglementés en Algérie par le décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006

Les valeurs limites maximales de rejet des installations de déversement industrielles sont illustrées d'une manière détaillée dans le tableau suivant :

N°	Paramètres	Unité	Valeurs limites
1	Température	°C	30
2	pH	-	6,5-8,5
3	MES	mg/L	35
4	Azote KJELDAHL	//	30
5	Phosphore total	//	10
6	DCO	//	120
7	DBO ₅	//	35
8	Aluminium	//	3
9	Substances toxiques bioaccumulables	//	0,005
10	Cyanures	//	0,1
11	Fluor et composés	//	15
12	Indice de phénols	//	0,3
13	Hydrocarbures totaux	//	10
14	Huiles et graisses	//	20
15	Cadmium	//	0,2
16	Cuivre total	//	0,5
17	Mercure total	//	0,01
18	Plomb total	//	0,5
19	Chrome total	//	0,5
20	Etain total	//	2
21	Manganèse	//	1
22	Nickel total	//	0,5
23	Zinc total	//	3
24	Fer	//	3
25	Composés organiques chlorés	//	5

1Tableau 1.1 Normes de rejet des effluents[3]

2.4. Caractéristiques des eaux usées de laiterie

On peut trouver dans les effluents de laiterie deux catégories principales de polluants :

- Les produits laitiers eux-mêmes, matières premières ou produits finis.
 - Les réactifs utilisés pour les lavages et qui sont le plus souvent des produits acides (acide nitrique), des produits basiques (à base de soude) et des produits stérilisants (eau de javel).
- [5]

Par contre, ils peuvent entraîner des pointes de pH soit dans le domaine basique, soit dans le domaine acide. Il faut également signaler le risque de pollution accidentelle qui peut exister du fait de la présence de compresseur à ammoniac. Il est souhaitable de prendre des précautions préliminaires pour éviter le rejet massif d'ammoniac en cas de rupture de tuyauteries. [5]

Les ERI de l'industrie laitière se caractérisent par [5] :

- Lait entier (à 3,6 p. 100 de mat. grasses) : 103mg/l de DBO_5
- Lait écrémé (à 0,1 p. 100 de mat. grasses) : 73mg/l de DBO_5
- Lait concentré (à 7,9 p. 100 de mat. grasses) : 208mg/l de DBO_5
- Lait en poudre écrémé (à 0,9 p. 100 de mat. grasses) : 737mg/kg de DBO_5
- Crème (à 40 p. 100 de mat. grasses) : 399mg/l de DBO_5
- Petit lait : 32000mg/l de DBO_5
- Babeurre : 72000mg/l de DBO_5 .

Conclusion

Les procédés de fabrication, lavage et autres exploitations à caractère industriel contribuent à la pollution des eaux résiduaires et ont un impact direct sur l'environnement, d'où la nécessité d'un traitement poussé et adéquat à chaque polluant.

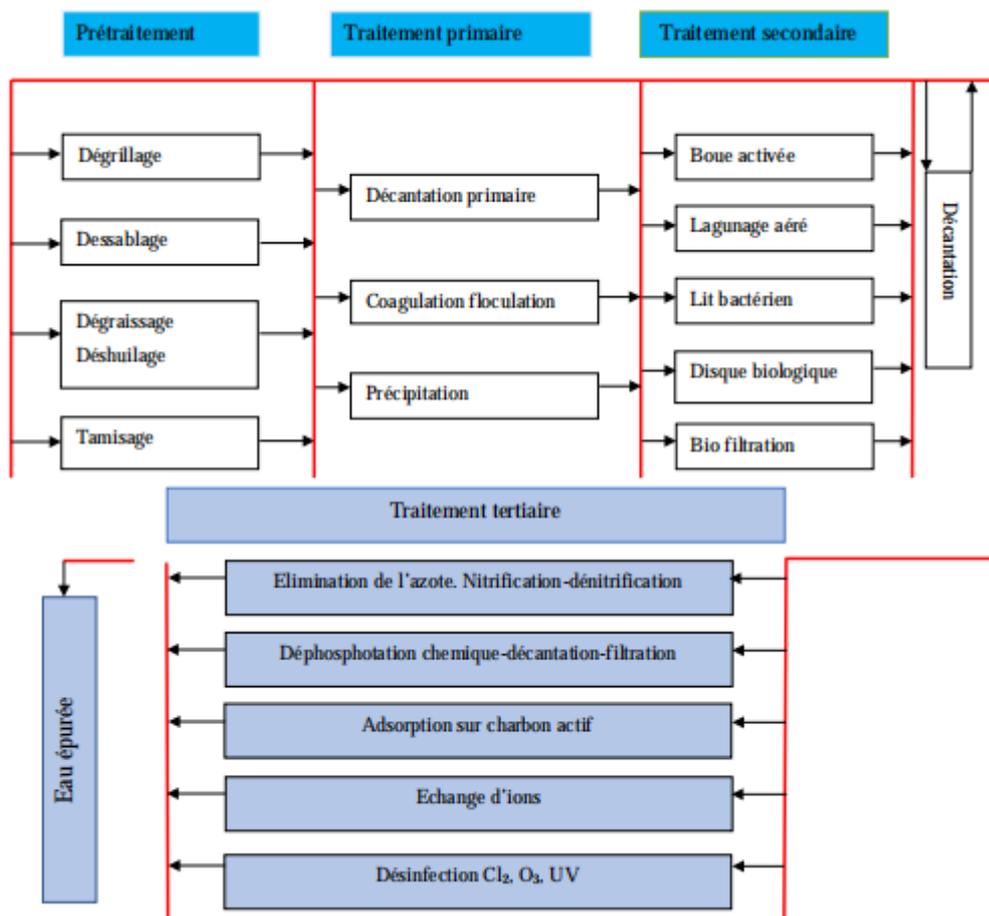
CHAPITRE 3 : EPURATION DES EAUX USEES INDUSTRIELLES

Chapitre 3 : Epuration des eaux usées industrielles

Introduction

L'épuration des ERI a pour objectif de réduire la charge polluante qu'elles véhiculent, afin de rendre au milieu aquatique qui est le milieu récepteur une eau de qualité, respectueuse des équilibres naturels et normes. Dans une STEP l'épuration des eaux passe par différentes étapes ; dont on va les présenter ci-dessous : les prétraitements suivis des traitements physicochimiques puis les traitements biologiques et enfin les traitements tertiaires.

3.1. Procédés d'épuration des eaux usées industrielles



1Figure 3.1 : Procédés d'épuration des ERI [3]

3.1.1. Les prétraitements

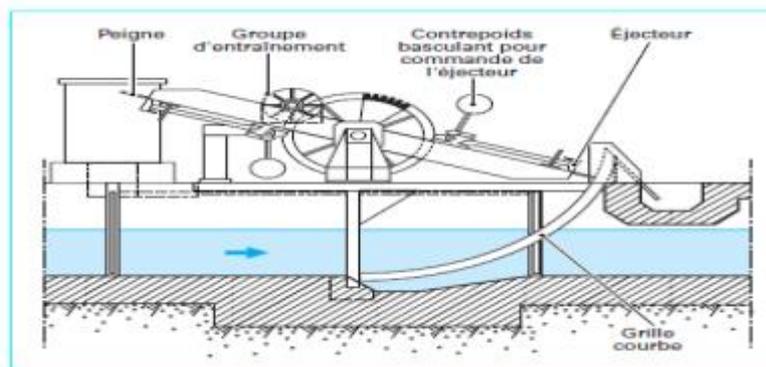
Les prétraitements constituent l'ensemble des opérations physique et mécanique : dégrillage, dessablage dégraisage-déshuilage. Ils dépendent de la nature et des caractéristiques des rejets industriels et de la ligne d'épuration prévue en aval.

3.1.1.1. Dégrillage :

Il permet de séparer les matières volumineuses. Son principe est extrêmement simple, puisqu'il consiste à faire passer l'eau brute à travers des grilles composés de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale. L'espacement des barreaux varie de 10 à 100 mm. La vitesse moyenne de passage de l'eau entre les barreaux est comprise entre 0.6 et 1 m/s . On distingue :

A. Grilles à nettoyage par l'amont

Les grilles courbes : avec un ou deux bras diamétraux rotatifs de nettoyage, équipées de râteau (éventuellement de brosses sur des grilles très fines), avec éjection automatique des détritrus dans une goulotte de réception



2Figure 3.2 : Grille à nettoyage

B. Grilles mécaniques à nettoyage par l'aval

Elles sont équipées de râteaux peignes, montés sur chaîne sans fin, elles peuvent traiter des eaux chargées. Le fonctionnement du dispositif de nettoyage peut être commandé par une temporisation ou/et à partir d'un indicateur de perte de charge différentiel

3.1.1.2. Tamisage

Le tamisage assure un dégrillage poussé par filtration des eaux brutes sur toile, treillis ou tôles perforée, à mailles plus ou moins fins.

On distingue classiquement, selon la dimension des mailles de la toile, le macro-tamisage, qui est destiné à retenir les particules supérieures à 200 μm et le micro-tamisage, qui retient les particules plus petites, dont l'application aux prétraitements des eaux résiduaires est très limitée en raison d'un colmatage trop rapide. Par contre, le macro-tamisage est souvent utilisé dans le prétraitement de certaines eaux résiduaires industrielles, pour séparer des

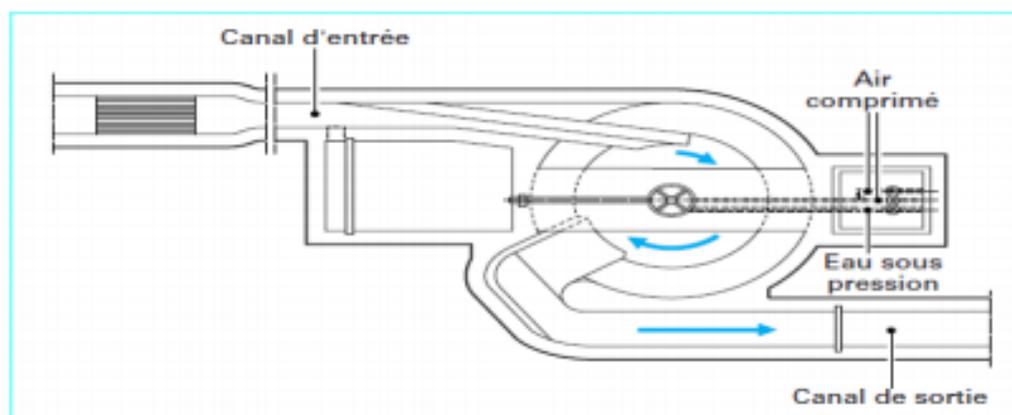
matières flottantes diverses, des débris végétaux et animaux et les fibres comme dans l'industrie papetière

3.1.1.3. Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des rejets industriels, les graviers, les sables et autres matières minérales denses de façon à éviter les dépôts dans les conduites et canaux, et à protéger les pompes contre l'abrasion. Il peut devenir indispensable lorsque les usines sont desservies par un réseau unitaire, et notamment pour les industries métallurgiques ou mécaniques. Le domaine usuel du dessablage porte sur les particules supérieures à 200 μm . Une granulométrie inférieure sera du ressort de la décantation

Sur le plan technologique on distingue :

- Le dessableur couloirs (à écoulement rectiligne), dont la vitesse d'écoulement est variable ou constante ;
- Les dessableurs circulaires, à alimentation tangentielle (Figure II-6), à brassage mécanique ou à insufflation d'air (pour éviter les dépôts de matières organiques, en heures creuses, avec faible débit) ;
- Les dessableurs rectangulaires à insufflation d'air, on insuffle de l'air qui provoque une rotation de liquide et crée ainsi une vitesse constante de balayage du fond, à la vitesse du transit, laquelle, beaucoup plus faible, peut alors être variable inconvenient. Le sable est extrait soit mécaniquement par raclage vers poste de réception, puis repris par pompage, soit directement par pompe suceuse montée sur pont roulant. Ces sont calculés par des temps de séjour d'environ 3 à 5 min, et une charge hydraulique superficielle de décantation de l'ordre de 50 m³ d'eau par mètre carré de surface et par heure.



3 Figure 3.3 : Dessableur circulaire à alimentation tangentielle

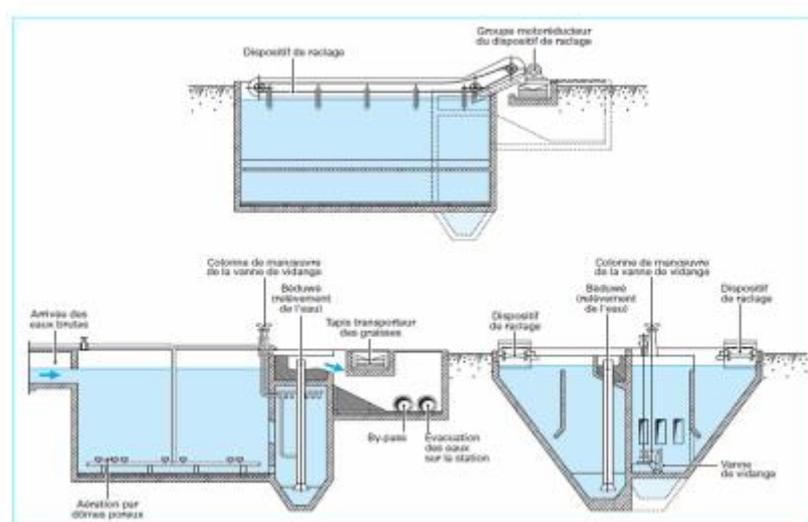
3.1.1.4. Dégraissage-déshuilage

Ces opérations concernent bon nombre d'eaux résiduares issues des industries alimentaires, mais aussi des raffineries de pétrole et les industries mécaniques. On peut considérer que le déshuilage-dégraissage se rapporte à l'extraction de toutes matières flottantes d'une densité

inférieure à celle de l'eau. Ces matières sont de nature très diverse et leur quantité s'estime par la mesure des matières extractibles par solvant. Contrairement aux eaux usées domestiques, dans le cas d'eaux usées industrielles, ces deux procédés se font séparément pour un meilleur rendement.

Les inconvénients des graisses et huiles sont notamment :

- Envahissement des décanteurs ;
- Diminution des capacités d'oxygénation des installations des traitements biologiques ;
- Mauvaise sédimentation des boues dans le clarificateur ;
-
- Bouchage des canalisations et des pompes.



4Figure 3.4 : Ouvrage longitudinal aéré de dégraissage et déshuilage

3.1.1.5. Autres traitements préliminaires

A) Homogénéisation, égalisation des débits et des charges polluantes

La composition et le débit des rejets industriels varient beaucoup en fonction du temps, car bon nombre d'opérations constituant le processus de fabrication sont discontinus. Pour faciliter les traitements ultérieurs et optimiser le dimensionnement des installations, la régularisation du débit hydraulique et de la charge polluante est souvent recherchée [11]. On utilise pour cela des bassins d'homogénéisation, sorte de capacité tampons placés en tête d'installation qui stockent pendant quelques heures, sinon quelques jours, la totalité des effluents produits par une unité ou par toute une usine [11].

B) Prétraitements chimiques

La neutralisation pratiquée en amont d'un traitement biologique est indispensable si on veut éviter l'intoxication de la biomasse épuratrice. La cinétique de la neutralisation par des acides où la soude s'avère beaucoup plus rapide (temps de contact maximum de 5 min) qu'avec de la chaux (temps de contact pouvant atteindre 1 h) [11]

3.1.2. Les traitements primaires

Le traitement primaire constitue une prééparation non négligeable pour garantir la qualité du rejet en milieu naturel. Il fait appel à différentes procédés physiques et chimiques.

A) Procédés chimiques

Les procédés physico-chimique de décantation consiste à alourdir les particules en suspension.

Ils sont appelés aux techniques de coagulation et floculation facilitent l'élimination de MES et colloïdes, celle-ci est réalisée une étape ultérieure de séparation solide liquide.

A.1) La coagulation

La coagulation est la déstabilisation de particules colloïdales par addition d'un réactif chimique appelé coagulant.

A.2) Floculation

La floculation est le processus de grossissement et d'uniformisation des petits flocons formés de l'introduction du coagulant. Elle a pour but d'augmenter la probabilité des contacts entre les particules colloïdales déstabilisées et leur agglomération, pour accroître son volume, sa masse et sa cohésion. Une bonne floculation est favorisée par :

- Une coagulation préalable aussi parfaite que possible ;
- Une augmentation de la quantité du floc dans l'eau ;
- Un brassage homogène et lent pour tout le volume d'eau ;
- L'emploi de certains produits appelés floculants ou adjuvants de coagulation.

Le tableau suivant donne les différents agents de coagulation et de floculation :

2Tableau 3.1 : Agents de coagulation et de floculation[3]

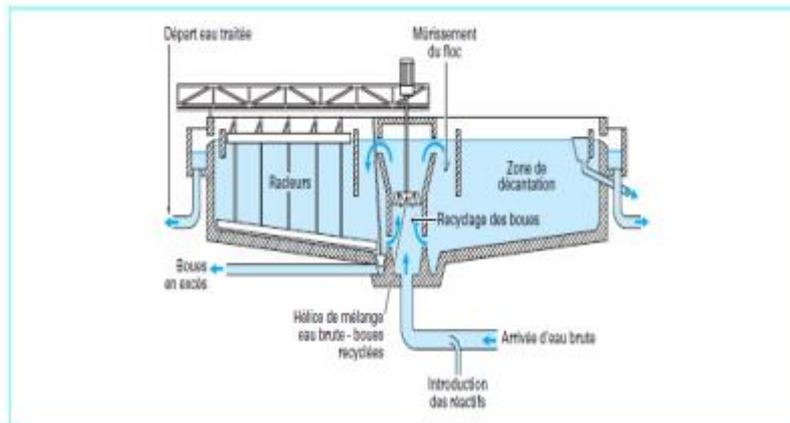
Produit	Formule	Forme commerciale
Coagulant		
Sulfate d'alumine	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$	Poudre et solution à 48%
Chlorure d'aluminium	$AlCl_3 \cdot 6H_2O$	Liquide
Aluminate de sodium	$NaAlO_2$	Poudre et solution à 50% en Al_2O_3
Sulfate ferreux	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	Cristallisé
Chlorure ferrique	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	Solution à 40%
Chaux	$Ca(OH)_2$	Poudre
Floculant		
Produit	Mode d'action	Utilisation
Poly électrolyte cationique	- Neutralisation de charge ; - Absorption ; - Réticulation.	Coagulant adjuvant
Poly électrolyte anionique	- Absorption ; - Réticulation.	Adjuvant essentiellement
Poly électrolyte non anionique	- Réticulation ; - Absorption.	-
Bentonite	- Absorption.	-
Silice activée	- Réticulation.	-

B) Procédés de décantation physique

La décantation est la méthode de séparation la plus fréquente de MES et des colloïdes (rassemblés sous forme de floc après une étape de coagulation –floculation).

B.1. Décantation

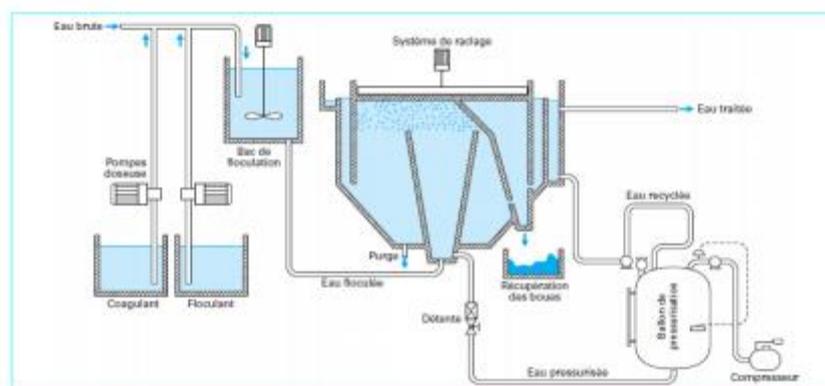
La décantation peut être définie comme une technique de séparation des matières solides du liquide qui les contenait, sous l'influence des forces de gravité. L'addition de réactifs chimiques, la décantation n'assure que la séparation des matières en suspension d'écartables qui présentent une granulométrie à 50 µm [11].



5Figure 3.5 : Décanteur à recirculation de boue

B.2. La flottation :

Une technique qui peut remplacer la sédimentation est la flottation. C'est un procédé de séparation liquide-solide basé sur la formation d'un ensemble appelé attelage, formé des particules à éliminer, plus léger que l'eau. Cette technique convient principalement pour éliminer les particules de diamètre compris entre 1 et 40 µm. Les solides sont transportés à la surface, fixés à des bulles, et sont ensuite écumés [11]



6Figure 3.6 : Schéma de principe de traitement physico-chimique par aéroflottation

Le tableau suivant résume les caractéristiques techniques et les principales applications au traitement des eaux, des différents procédés de flottation :

3Tableau 3.2 : Caractéristiques techniques et applications des différents procédés de flottation

Procédé	Tailles des bulles (μm)	Consommation d'énergie (Wh/m^3 traité)	Temps de séjour (min)	Principales applications
Flottation par insufflation d'air	100 à 500	20 à 30	2 à 5	Elimination : huiles, graisses...
Flottation mécanique	100 à 1000	100 à 200	2 à 15	Dégrossissages des suspensions de polymères
Aero-flottation avec 20 % de recirculation	40 à 70	45 à 60	20 à 30	Hydrocarbures Solvants Fibres
Electro-flottation	50 à 100	150 à 200	--	Mêmes applications que pour la flottation par air dissous

3.1.3. Les traitements biologiques

A) Procédés à cultures libres

Les techniques à cultures libres, de par leurs performances au niveau rendement et leur souplesse vis-à-vis de variation de charge, sont utilisées [12].

Les procédés les plus répandus en cultures libres sont [12] :

- L'élimination de la pollution carbonée en simple ou double étage ; pour les effluents difficiles, le double étage permet d'augmenter les performances de traitement ;
- La nitrification/dénitrification avec zone anoxique en tête, généralement appliquée pour traiter les concentrations élevées en azote ;
- La nitrification/dénitrification en un seul bassin, procédé d'alternance, mis en œuvre pour de faibles concentrations en azote ;
- Les procédés en deux étapes ou en série s'utilisent pour respecter des normes de rejet en DCO ou en azote total relativement sévères.
- Les procédés à cultures libres sont classés en fonction de la charge polluante (DCO, DBO5) appliquée sur le traitement biologique. En fonction de la charge massique, l'installation de traitement permettra ou non le traitement de l'azote.

A.1) Techniques principales utilisées

- Boues activées forte charge ;
- Boues activées moyenne charge ;
- Boues activées faible charge ;
- Boues activées en aération prolongée ;
- Procédés d’alternance ; aération/décantation dans le même bassin ;
- Boues activées en série ;

Les principales caractéristiques et performances sont résumées dans le tableau suivant :

4Tableau 3.3 : Mise en œuvre des différentes technologies a culture libre

		Forte charge	Moyenne charge	Faible charge	Aération prolongée	Procédés d’alternance	Boues activées en série
	Charges appliquées globales (kgDBO ₅ .m ³ .j ⁻¹)	1 à 5	0,5 à 1	0,1 à 0,5	0,35	0,07 à 0,3	0,75 à 1,5
	Rendement (% DBO ₅)	70/80	85	≥ 90	≥ 90	≥ 90	≥ 90
Avantages	Fiabilité d’exploitation	++	+	+++	+++	++	++
	Volume d’aération (investissement)	+++	++	+	+	+	++
	Consommation d’énergie	+++	++	+	+	+	++
	Production de boues	Forte	Forte	Limitée	Limitée	Limitée	Limitée
	Stabilisation des boues	+	+	+++	+++	++	++
	Nitrification	+	+	+++	+++	+++	+++
	Dénitrification (*)	+ (sauf nitrate eau brute)	+ (sauf nitrate eau brute)	+++	+++	+++	+++
	Décantabilité des boues	++	+	+++	++	+++	++
	Résistance vis-à-vis des pointes de pollution (**)	++	+	+++	+++	++	+++
(*) Sous réserve d’une zone anoxie (**) Sous réserve d’apporter l’oxygène nécessaire +++ Très favorable ++ Favorable + Peu favorable							

B) Procédés à cultures fixées

B.1) Cultures fixées sur matériau support minéral

Ces procédés mettent en œuvre la filtration biologique à travers un lit de matériau granulaire fixe immergé de densité supérieure à 1 a flux d’eau et d’air a co-courants ascendants ou à contre-courant.

Ces procédés permettent de réaliser simultanément deux fonctions épuratoires qualifiées globalement de biofiltration :

- Rétention physique de matières en suspension par filtration ;

- Adsorption et transformation biologique de la pollution dissoute et colloïdale par la biomasse active fixée.

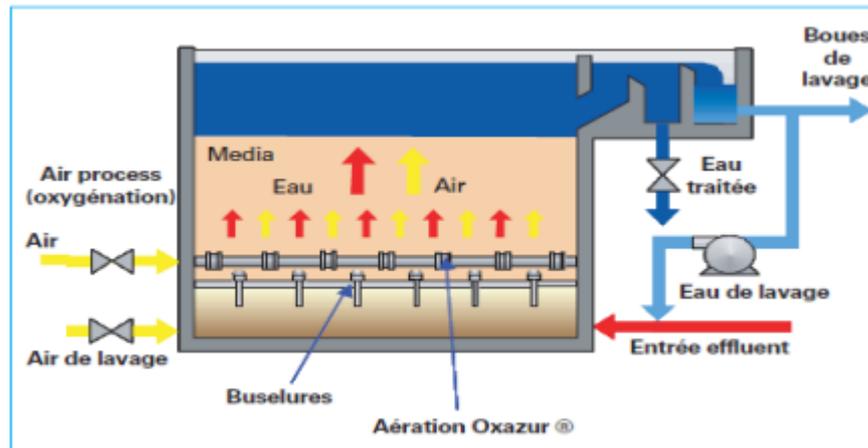


Figure 3.7 : Principe de fonctionnement de la filtration biologique

B.2) Cultures fixées sur support plastique : les lits bactériens

- Description et principe de fonctionnement

Les lits bactériens, ou lits à ruissellement, sont des réacteurs biologiques à cultures fixées utilisant un matériau support généralement en PVC ou polypropylène ; les garnissages se présente en système ordonné sous forme des modules en vrac [12].

L'effluent à traiter est distribué en continu au niveau supérieur du lit par un distributeur rotatif (cas de filtres circulaires) constitué de plusieurs rampes percées d'orifices et monté sur un pivot central qui tourne dans un plan horizontal.

Les performances épuratoires du lit bactérien dépendent de l'épaisseur du biofilm et de la bonne répartition des effluents à traiter ; l'hydraulique du système est primordial pour l'optimisation de ces paramètres. La recirculation d'une partie des effluents traités doit permettre l'obtention d'un taux d'arrosage suffisant afin de réaliser un autocurage efficace. L'aération est généralement réalisée par tirage naturel ou par ventilation forcée. En sortie du lit bactérien, le mélange (eau traitée + biomasse) transite par une étape de décantation.

Avantages et inconvénients comparés aux boues activées

- Principaux avantages :
 - Surveillance réduite ;
 - Faibles consommations énergétiques ;
 - Moindre sensibilité aux variations de charge.
- Principaux Inconvénients :
 - Rendement d'élimination de la DBO5 très inférieur ;
 - Risques potentiels de colmatage ;
 - Production de boues biologiques non stabilisées ;

B.3) Procédés avec bioréacteur à membranes

Le bioréacteur à membranes est une synergie entre un traitement biologique et une séparation physico-chimique par filtration membranaire [12].

Le réacteur est le lieu de dégradation biologique : des microorganismes transforment la pollution organique carbonée et azotée en CO₂, H₂O, N₂ et en biomasse.

Le bloc membranes peut être constitué de membranes organiques ou céramiques de microfiltration tangentielle ou d'ultra filtration.

Comparés à l'emploi de la seule épuration biologique par boues activées, les réacteurs biologiques à membranes présentent de nombreux avantages :

- Ils se caractérisent par la compacité de l'installation (surface au sol pouvant être divisée par 4).
- La concentration élevée en biomasse, obtenue de par la capacité des membranes à séparer la biomasse et les macromolécules de l'eau traitée, favorise une dégradation des effluents difficiles et concentrés.
- En suite de membrane, la qualité de l'eau peut permettre un rejet en milieu récepteur fragile et une possibilité de réutiliser l'eau (process, eau de refroidissement, séquences de lavage).
- Enfin, la filtration permet le traitement d'effluents peu favorables à l'obtention d'une biomasse suffisamment floculée et ne pouvant pas, ou difficilement, être séparée par décantation.

3.1.4. Les traitements tertiaires

Suite aux traitements du schéma classique comme étalé, les eaux usées industrielles, selon le type et catégorie d'industrie, subissent un traitement complémentaire (Tertiaire) afin d'éliminer les résidus et polluants résistants aux traitements : primaire et secondaire.[9]

Nature de la pollution à traiter et les technologies applicables

Suivant la nature de l'effluent, la ligne de traitement globale à concevoir et l'objectif de qualité fixé, le traitement tertiaire consiste à effectuer une ou plusieurs des opérations suivantes [9] :

- Amélioration de l'élimination des paramètres classiques MEST, DBO₅, DCO ;
- Désphosphatation (précipitation par sels féeriques ou d'aluminium, plus rarement par de la chaux) ;

Elimination de l'azote subsistant après les étapes principales du traitement (nitrification et/ou dénitrification) ;

- Réduction poussée des MEST et de la DCO colloïdales ;
- Réduction de la DCO dur ;
- Décoloration ;

- Désinfection au chlore, à l’ozone et/ou aux UV ;
- Elimination de composés spécifiques : métaux, certains anions, pesticides....

Le tableau n résume les différents procédés et technologies les mieux adaptés à la pollution spécifique à traiter.

5Tableau 3.4 : Procédés et technologies applicables en traitement tertiaire [7]

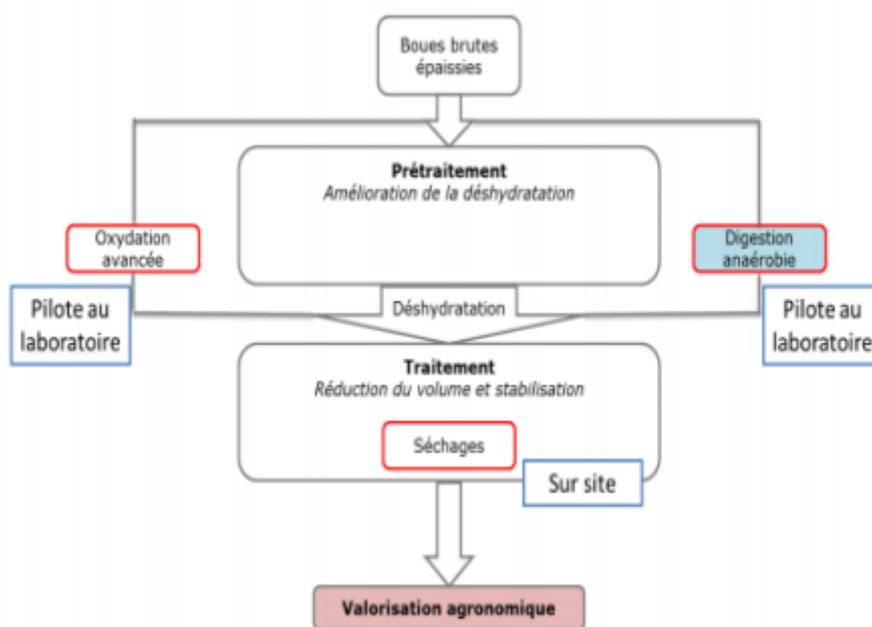
Paramètres éliminés ou traitement	Techniques utilisées								
	Traitement biologique	Oxydation			Membranes (1)		Adsorption sur charbon actif	Résines ou adsorbants spécifiques (1)	Séparation physico-chimique (2)
		O ₃ , H ₂ O ₂ , catalytique	O ₃ + biologique	UV, O ₃ , Cl ₂	UF	NF/OI			
DBO résiduelle	*								
Phosphore						*			*
Azote	*								
MEST et DCO colloïdale					*				*
DCO dure		*	*			*	*		*
AOX		*	*			*	*		
Décoloration		*	*			*	*		*
Désinfection				*					
Anions, cations						*		*	*
Métaux metalloïdes						*	*	*	*

(1) L'utilisation de membranes ou de résines présente l'avantage de produire une eau traitée de parfaite qualité mais impose des prétraitements adaptés et, surtout, produit des concentrats salins qu'il faut gérer (évacuation pour traitement extérieur ou retraitement sur site)

(2) Décantation, flottation a l'air dissous et filtration sur matériau granulaire, après tout ou partie des étapes de neutralisation, coagulation, floculation

3.2. Traitement des boues

Les techniques actuelles d'épuration des eaux usées industrielles ainsi que les seuils de rejet de plus en plus exigeants et les quantités à traiter de plus en plus grandes, entraînant, au cours des différentes phases de traitement, une importante production de boues. Les boues contiennent en général 95 % à 98 % d'eau. Les traitements imposés aux boues d'effectuent classiquement en différentes étapes : épaissement, digestion anaérobie, déshydratation, séchage et valorisation [10].



8Figure 3.8 : Les principaux procédés de traitement des boues

3.2.1. Procédés de traitement des boues

A. Épaississement et déshydratation des boues

Cette première étape permet d'améliorer les caractéristiques physiques des boues et de réduire de trois à six fois le volume des boues, diminuant ainsi les volumes à épandre, les coûts de stockage, d'élimination et de transport. Cette diminution de volume peut se faire suivant différents procédés : l'épaississement, la déshydratation et le séchage (par ordre croissant de coût et d'efficacité). L'épaississement a pour effet d'augmenter la proportion en matières sèches dans les boues, il peut se faire par des moyens mécaniques (égouttage, centrifugation, ...) ou simplement par voie gravitaire. On ne cherche pas lors de ce traitement à modifier le caractère liquide de la boue. La déshydratation est une étape de réduction de volume d'eau également, mais encore plus poussée que l'épaississement. Dans ce cas, les boues passent de l'état liquide à un état solide (pâteux). [10]

Au moyen de centrifugeuses, de filtre-presse ou de filtres à bandes, la siccité des boues est augmentée. Selon les techniques utilisées, elle varie de 15 à 20%, au terme de cette étape. Le séchage élimine l'eau en totalité ou presque par chauffage (siccité environ 65%), lits de séchage (à l'air libre sur une couche filtrante de sable ou de graviers) ou évaporation. A l'issue du séchage, les boues se présentent sous forme de poudre ou de granulés. [10]

B. Stabilisation

Les boues de STEP contiennent des matières organiques (dégradables ou non), des matières minérales et des organismes pathogènes. Comme son nom l'indique, la technique de stabilisation induit la stabilisation du caractère fermentescible des boues, en dégradant les matières organiques ou en bloquant les réactions. Elle jouit d'avantages majeurs tels que la valorisation énergétique du biogaz produit, lorsque la stabilisation s'effectue par voie anaérobie. On distingue, en effet, différents procédés de stabilisation utilisant les voies aérobie, anaérobie, et chimique. La stabilisation par voie aérobie peut se faire dans des bassins d'aération. Le compostage est également un procédé de stabilisation par voie aérobie. Il reproduit en accéléré le processus de décomposition de la matière organique dans le sol. [12]

Brièvement, le procédé s'effectue en trois étapes par les bactéries. Dans la première étape, la matière organique fraîche est dégradée pouvant entraîner une augmentation de température (50 à 70 °C) sous l'action de bactéries. Cette étape est suivie d'une phase de stabilisation. La troisième phase dite de maturation correspond à une phase d'humification de la matière organique. La matière organique stabilisée et riche en composés humiques obtenue par compostage peut être utilisée comme amendement pour les sols. La stabilisation par voie chimique est également employée et se réalise par chaulage. Contrairement au compostage, le chaulage ne transforme pas la matière organique mais inhibe l'activité bactérienne par augmentation du pH. Les boues sont ainsi déshydratées et stabilisées. Par ailleurs, le chaulage ne modifie pas le caractère nutritif des boues pour le sol. [12]

C. Hygiénisation

Les boues de STEP contiennent des micro-organismes vivants en provenance des eaux usées et des processus de traitement. Cette étape de traitement thermique des boues permet d'obtenir un résidu dépourvu d'agents pathogènes et encourage un épandage contrôlé et sans risques. Elle est indispensable dans certains contextes d'épandages agricoles. Le chaulage représente un mode d'hygiénisation puisque les organismes potentiellement pathogènes sont rendus inertes par l'augmentation de pH. De même, la première phase de compostage détruit les organismes pathogènes du fait de la forte augmentation de la température [12]

Conclusion

Les procédés de fabrication, lavage et autres exploitations à caractère industriel contribuent à la pollution des eaux résiduaires et ont un impact direct sur l'environnement, d'où la nécessité d'un traitement poussé et adéquat à chaque polluant.

CHAPITRE 4 : DIMENSIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION

Chapitre 4 : Dimensionnement de la station d'épuration

Introduction

L'épuration des ERI a pour objectif de réduire la charge polluante qu'elles véhiculent, afin de rendre au milieu aquatique qui est le milieu récepteur une eau de qualité, respectueuse des équilibres naturels et normes. Dans une STEP l'épuration des eaux passe par différentes étapes ; dont on va les présenter ci-dessous : les prétraitements suivis des traitements physicochimiques puis les traitements biologiques et enfin les traitements tertiaires.

4.1. Caractéristiques des eaux usées de la laiterie Soummam

Tableau 4.1 : Caractéristiques des eaux usées de la laiterie Soummam

Caractéristique	Unité	Valeurs
Ph		10.8
Température	°C	32.1
Conductivité	mS/cm	4.9
DCO	mg/l	819
DBO ₅	mg/l	150
Rapport DCO/ DBO ₅		5.46
MES	mg/l	243.8
Huiles et graisses	mg/l	1000
Azote global	mg/l	133.6
Phosphore total	mg/l	16.4
Nitrite	mg/l	2.1
Nitrate	mg/l	37.8
Chlore	mg/l	0.1
Calcium	mg/l	68.3
Débit moyen Journalier	m ³ /j	2220

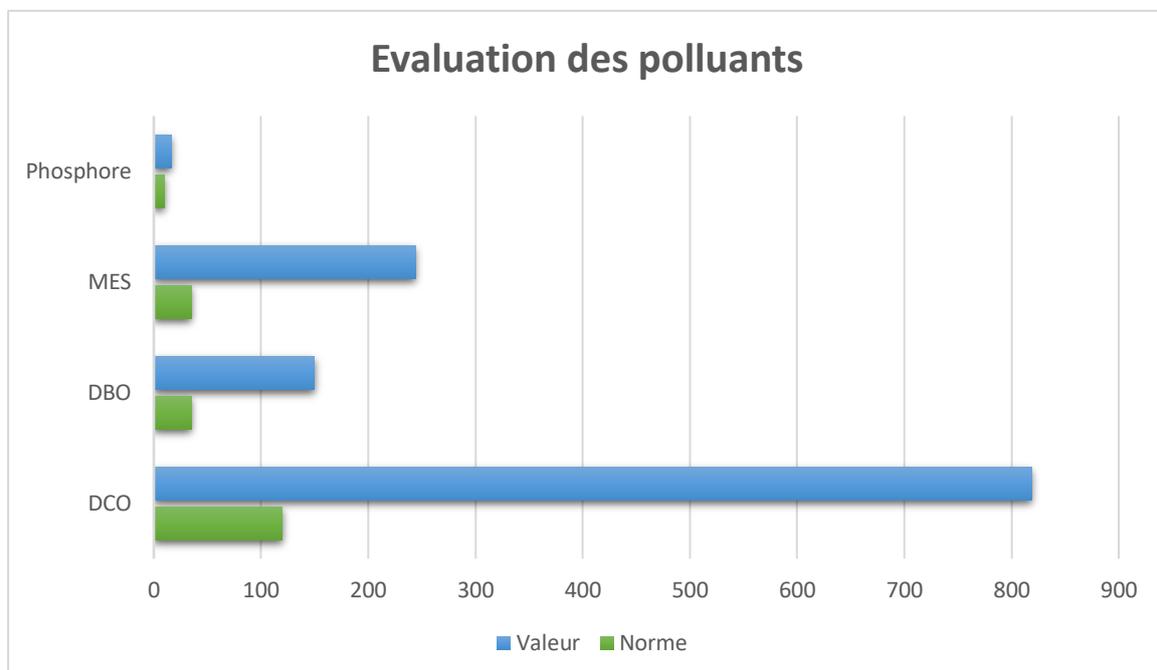
4.2. Grille de qualité des ERI

La grille de qualité récapitule de manière simplifiée la qualité de l'eau à savoir les concentrations des principaux polluants, comme présenté dans le tableau suivant :

7Tableau 4.2 : Grille de qualité des ERI[3]

Désignation	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0-00,1	0,01-0,1	0,1-3	>3
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0-00,1	0,01-0,1	0,1-3	>3
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0-10	10-20	20-40	>40
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0-00,1	0,01-0,1	0,1-3	>3
DBO ₅ (mg/l)	5	5-10	10-15	>15
DCO (mg/l)	20	20-40	40-50	>50
Traitement	A utiliser sans exigence particulière	Utilisable après traitement	Traitement poussé	Traitement spécifique

Comme nous pouvons le constater, l'eau résiduaire industrielle à traiter comporte des polluants à présence considérée comme étant comprises entre ' Mauvaise et très mauvaise ' concernant les polluants : DCO, DBO₅, PO₄³⁻ nécessitant donc un traitement poussé voir spécifique



9Figure 4.1 : Evaluation des polluants

La figure précédente expose clairement la situation ainsi que l'intérêt de cette intervention sur les polluants dépassant les normes, à noter que la DCO, DBO et MES sont nettement au-delà des valeurs limites.

4.3. Dimensionnement de la station d'épuration

4.3.1. Evaluation des charges polluantes :

Charge polluante C (kg/j) = Concentration (mg/l) x Q_{rej} (l/j)

Calcul de la charge polluante de la DCO

$$C_{DCO} = \frac{819 \times 2220}{1000}$$

$$C_{DCO} = 1818.18 \text{ kg/j}$$

Calcul de la charge polluante de la DBO₅

$$C_{DBO5} = \frac{150 \times 2220}{1000}$$

$$C_{DBO5} = 333 \text{ kg/j}$$

Calcul de la charge polluante de l'azote total

$$C_{NT} = \frac{133.6 \times 2220}{1000}$$

$$C_{NT} = 296.6 \text{ kg/j}$$

Calcul de la charge polluante du phosphore total

$$C_p = \frac{16.4 \times 2220}{1000}$$

$$C_p = 36.4 \text{ kg/j}$$

Calcul de la charge polluante des MES

$$C_{MES} = \frac{243.8 \times 2220}{1000}$$

$$C_{MES} = 541.2 \text{ kg/j}$$

Calcul de la charge polluante des huiles et graisses

$$C_{huiles} = \frac{1000 \times 2220}{1000}$$

$$C_{huiles} = 2220 \text{ kg/j}$$

Le tableau suivant récapitule les charges polluantes par jour

8Tableau 4.3 : paramètres de base du dimensionnement de la STEP

Paramètre	Unité	Valeur
Q_{rej}	m ³ /j	2220
DBO ₅	kg/j	333
DCO	Kg/j	1818.18
NT	Kg/j	296.6
P	Kg/j	36.4
MES	Kg/j	541.2
Huiles et graisses	kg/j	2220

4.3.2. Schéma du traitement des ERU de la laiterie Soummam

En se basant sur ces données, nous allons dimensionner une STEP des eaux usées industrielles de charge nominale de 2220 m³/J en vue de réutiliser l'eau traitée comme eau de lavage des sols et camions, arrosage des espaces verts, refroidissement et en lutte contre les incendies. La STEP comprendra les ouvrages de traitement suivant :

- Un poste de relevage des eaux brutes ;
- Un bassin d'homogénéisation ;
- Un prétraitement (Dégrillage, Déshuilage/dégraissage) ;
- Traitement primaire (Coagulation-Floculation-Décantation) ;
- Un traitement biologique (boue activée)
- Traitement tertiaire (charbon actif en poudre + désinfection) ;
- Traitement de boues (Epaississement, Digesteur anaérobie, filtre à bande)

4.3.3. Dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration

Le dimensionnement se fait en se basant sur le débit des ERU ainsi que les charges des polluants comme suit :

4.3.3.1. Bassin d'homogénéisation

L'ensemble des effluents est mélangé dans un bassin d'égalisation, retenant la totalité des eaux usées qui s'écoulent en une journée, ce qui permet d'obtenir un effluent parfaitement homogénéisé, mais aussi de réguler le débit à une valeur constante et indépendante des écoulements. Généralement, afin d'obtenir un mélange homogène et d'éviter les dépôts de matières décantables, il est nécessaire d'assurer un brassage vigoureux de la masse liquide ainsi qu'une légère aération pour éviter la formation d'odeurs. Cependant, étant donné le débit élevé d'eaux usées que nous traitons, nous avons estimé que le simple écoulement des eaux permettrait un mélange suffisant des différents effluents.

En pratique, le bassin d'égalisation permet, en plus d'homogénéiser le mélange, de réguler son pH par ajout de chaux ou d'acide sulfurique selon le pH en entrée (mesures régulières sur place) et selon le pH optimal de l'étape suivante de coagulation/floculation.

Le débit à la sortie du bassin d'égalisation sera constant et sera fixé en fonction du débit journalier d'effluents de l'industrie qui est de $Q = 2220 \text{ m}^3/\text{j}$

En ce qui concerne le volume de ce bassin, par sécurité, nous l'avons dimensionné pour qu'il puisse contenir 150% du volume total d'effluents par jour.

- Calcul du volume

$$V = 150\% Q = 1.5 \times 2220$$

$$V = 3330 \text{ m}^3$$

Pour une hauteur $H = 3\text{m}$

- Calcul de la surface

$$S = V/H = 3330/3$$

$$S = 1110 \text{ m}^2$$

- Calcul du diamètre

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 1110}{3.14}}$$

$$D = 37.6\text{m}$$

- Calcul du temps de séjour T_s

$$T_s = V/Q = 3330/2220 \times 24$$

$$T_s = 36\text{h}$$

9 Tableau 4.4 : Dimensionnement du bassin d'homogénéisation

Paramètres	Unité	Valeur
Volume	m ³	3330
Surface	m ²	1110
Diamètre	m	37.6
Temps de séjour	h	36

4.3.3.1. Prétraitement

A. Dégrillage

Calcul de la longueur de la grille

Pour le calcul de la grille, on utilise la méthode de KIRSCHMER. La largeur de la grille est donnée par l'expression suivante :

$$L = \frac{s \times \sin(\alpha)}{h_{\max}(1-\beta) \times \sigma}$$

L : Largeur de la grille (m)

S : Surface de passage de l'effluent (m²) α : Angle d'inclinaison de la grille avec l'horizontal = (60° à 80°)

h_{\max} : Hauteur maximum admissible de l'eau sur une grille (m),

$h_{\max} = (0.15 \text{ à } 1.5 \text{ m})$.

β = Fraction de surface occupée par les barreaux.

$$\frac{d}{d + e}$$

Tel que :

d : épaisseur des barreaux (cm)

e : espacement des barreaux (cm)

10 Tableau 4.5 : Espacement et épaisseur des barreaux

Paramètres	Grille grossière	Grille fine
d (cm)	2	1
e (cm)	5 à 10	0.3 à 1

Surface de passage de l'effluent :

$$S = \frac{Q_{rej}}{V}$$

Q : Débit de la station(m³/s)

V : Vitesse de passage à travers la grille(m/s).

- Pour un réseau séparatif, v = (0.1 à 1 m/s)
- Pour un réseau unitaire, v = (1.2 m/s)

On obtient donc :

$$\frac{Q_{rej} \times \sin(\alpha)}{V \times h_{max}(1 - \beta) \times \sigma}$$

A.1. Dégrillage grossier :

Données de départ

11 Tableau 4.6 : Données de base du dégrilleur grossier

Paramètre	Q_e (m ³ /s)	V(m/s)	α (°)	h_{max} (m)	d (cm)	e (cm)	σ	β
Valeur	0,579	0,8	60	0,9	2	8	0,5	0,2

On obtient donc :

$$L = \frac{0.026 \times \sin(60)}{0.8 \times 0.9(1 - 0.2) \times 0.5}$$

$$L = 0.078m$$

On prend $L = 0.25m$

$$S = \frac{0.026}{0.8}$$

$$S = 0.0325m^2$$

On prend $S = 0.13 m^2$ et $l = 0.50m$

A.2. Dégrillage fin :

12 Tableau 4.7 : Données de base du dégrilleur fin

Paramètre	Q_e (m ³ /s)	V(m/s)	α (°)	h_{max} (m)	d (cm)	e (cm)	σ	β
Valeur	0.579	0.8	60	0.9	1	1	0.5	0.5

On obtient donc :

$$L = \frac{0.026 \times \sin(60)}{0.8 \times 0.9(1-0.5) \times 0.5}$$

$$L = 0.125m$$

On prend $L = 0.25m$

$$S = \frac{0.026}{0.8}$$

$$S = 0.0325m^2$$

On prend $S = 0.13 m^2$ et $l = 0.50m$

Calcul de nombre de barreaux

La largeur de la grille égale : $L = N_e * e +$ Avec :

: Nombre des barreaux.

N_b : Nombre d'espacement

e : espacement entre les barreaux

b : diamètre des barreaux

$$\text{Or : } N_e = N_b + 1$$

On obtient donc :

$$N = \frac{L - e}{e + b}$$

- Grillage grossier :

$$N = \frac{0.25 - 0.08}{0.08 + 0.01} = 2$$

On prend **$N = 4$ barreaux**

- Grillage fin

$$N = \frac{0.25 - 0.01}{0.01 + 0.01} = 12$$

On prend **$N = 12$ barreaux**

Nous récapitulons les paramètres liés aux dégrilleurs dans le tableau suivant

13Tableau 4.8. Les dégrilleurs

Paramètre	Unité	Grillage grossier	Grillage fin
Débit de rejet Q_{rej}	m^3/s	0.026	0.026
Hauteur d'eau H	m	0.9	0.9
Epaisseur des barreaux	cm	2	1
Espacement des barreaux	cm	8	1
Largeur de la grille	cm	0.25	0.25
Surface de la grille	m^2	0.13	0.13
Nombre de barreaux	/	4	12

B. Déshuilage-dégraissage

Les ouvrages de déshuilage et de dégraissage sont dimensionnés pour une vitesse ascensionnelle de 15 m/ h maximum et des temps de séjour de 8 à 15 min. Le débit d'air insufflé est de l'ordre de 0,3 m³ par mètre cube d'eau et par heure. [11]

Le dégraisseur **élimine 80%** de graisse et la graisse.

B.1. Dimensionnement du déshuileur-dégraisseur

On prend un temps de séjour de $t_s = 15\text{min}$ avec une hauteur $H = 3\text{m}$

On a $V = Q_{rej} \times t_s$

V : Volume du déshuileur-dégraisseur

Q_{rej} : Débit d'eau usée résiduaire

On obtient

$$V = 0.026 \times 15 \times 60 = 23.4 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{V = 23.4 \text{ m}^3}$$

On a également :

$$V = H \times \pi \times \frac{D^2}{4}$$

Avec :

H : Hauteur du déshuileur-dégraisseur

D : Diamètre

En outre

$$D = \sqrt{\frac{4 \times V}{H \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 23.4}{3 \times 3.14}}$$

$$D = 3.15 \text{ m}$$

On prend **D = 3.5 m donc r = 1.75 m**

Calcul du volume d'air à insuffler

$$Q_{\text{air}} = 0.3 \text{ m}^3 \text{ air} / \text{m}^3 \text{ ERI.h}$$

$$Q_{\text{air}} = 0.3 \times 92.5 = 27.75 \text{ m}^3 \text{ air} / \text{h}$$

$$Q_{\text{air}} = \mathbf{27.75 \text{ m}^3 \text{ air} / \text{h}}$$

Le déshuileur-dégraisseur élimine 80% des huiles et graisses des ERI

$$C = C_0 \times (1 - 0.8)$$

C : charge des huiles et graisses

C₀ : Charge initiale des huiles et graisses

$$\text{Donc : } \mathbf{C = 2220 \times 0.2 = 444 \text{ kg/j}}$$

Le tableau suivant récapitule le Dimensionnement du déshuileur-dégraisseur

14 Tableau 4.9 : Dimensionnement du déshuileur-dégraisseur

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	m ³	23.4
Hauteur	m	3
Q _{air}	m ³ /h	27.75
Diamètre	m	3.5
Temps de séjour	min	15

4.3.3.3. Traitement physico-chimique

Ce traitement dit primaire se fait via un décanteur primaire suivant le principe de la Coagulation floculation pour optimiser le traitement des MES, DCO, DBO₅ ainsi qu'un traitement du phosphore dit déphosphatation qui consiste en la précipitation des ions orthophosphate PO₃-4. [11]

Après l'adjonction de réactifs, le phosphore se retrouvant essentiellement dans les matières en suspension (MES), donc une séparation liquide/solide est nécessaire qui se fera dans notre cas par décantation [11]

Coagulation

La neutralisation des charges colloïdes (coagulation) nécessite un mélange homogène des réactifs coagulants (sels métalliques ou poly-électrolytes cationiques) avec l'eau à traiter, ce qui implique une agitation rapide de forte intensité avec une période relativement brève

Le réacteur de coagulation est équipé par [11] :

- Hélico-mélangeur a vitesse de rotation élevée (100 à 500 tr/min selon les applications) est conçu pour des temps de passage de 1 à 3 min.
- Un régulateur de pH

$$V_{RC} = Q_{rej} \times T_{contact}$$

V_{RC} : Volume du réacteur de coagulation

$T_{contact}$: Temps de contact (on prend $T = 3\text{min}$)

$$V_{RC} = 0.026 \times 3 \times 60$$

On a donc $V_{RC} = 4.68 \text{ m}^3$

Pour une hauteur $H = 2\text{m}$

On obtient une surface $S = V/H$

$$S = 2.34 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times V}{H \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 4.68}{2 \times 3.14}}$$

$D = 1.71 \text{ m}$ on prend $D = 1.8\text{m}$

Donc les nouvelles valeurs seront

$$S = 2.54 \text{ m}^2$$

$$V = 5.09 \text{ m}^3$$

$$T_{contact} = 3.2 \text{ min}$$

Paramètres du réacteur de coagulation**15**Tableau 4.10. Dimensionnement du réacteur de coagulation

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	m ³	5.09
Hauteur	m	2
Surface	m ²	2.54
Diamètre	m	1.8
Temps de contact	min	3.2

Floculation

La floculation a pour but de favoriser l'agglomération des colloïdes en un floc, elle est réalisée par une agitation variable (de 10 à 50 tr/min). Les réacteurs sont dimensionnés généralement pour des temps de passage de 10 à 20 min. [11]

On prend le temps de passage $T_p = 20$ min.

$$V_f = Q_{rej} \times T_p$$

V_f : Volume du réacteur de floculation

T_p : Temps de passage (on prend $T = 20$ min)

$$V_f = 0.026 \times 20 \times 60$$

On a donc $V_f = 31.2 \text{ m}^3$

Pour une hauteur $H = 3$ m

On obtient une surface $S = V/H$

$$S = 10.4 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times V}{H \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 31.2}{3 \times 3.14}}$$

$$D = 3.64 \text{ m} \quad \text{on prend } D = 3.7 \text{m}$$

Donc les nouvelles valeurs seront

$$S = 10.75 \text{ m}^2$$

$$V = 32.26 \text{ m}^3$$

$$T_p = 20.6 \text{ min}$$

Paramètres du réacteur de floculation**16**Tableau 4.11. Dimensionnement du réacteur de floculation

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	m ³	32.26
Hauteur	m	3
Surface	m ²	10.75
Diamètre	m	3.7
Temps de passage	min	20.6

Décanteur primaire

On opte pour un décanteur d'une forme circulaire, les éléments de conception du décanteur sont [11] :

- La vitesse de chute (v_c : charge superficielle) est comprise entre 1 à 2 m/h;
- Le temps de séjour (T_s) compris entre 1 à 2 heures ;
- La hauteur d'eau dans l'ouvrage est entre 2 à 6 m ;

C.1. Dimensionnement

- Calcul du volume du décanteur : $V = Q_{rej} \times T_s$

$$V = 0.026 \times 2 \times 3600$$

$$V = 187.2 \text{ m}^3$$

- Calcul de la surface horizontale : $S_h = \frac{Q_{rej} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)}{v_c \left(\frac{\text{m}}{\text{h}}\right)}$

$$S_h = \frac{2220}{24 \times 2} = 46.25 \text{ m}^2$$

$$S_h = 46.25 \text{ m}^2$$

- Calcul de la hauteur : $H = V / S_h$

$$H = 187.2 / 46.25 = 4.05 \text{ m}$$

On rajoute à cela une revanche de 0.75m

On obtient la hauteur du décanteur H :

$$H = 4.05 + 0.75 = 4.8 \text{ m}$$

$$H = 4.8 \text{ m}$$

$$\text{Calcul du diamètre : } D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 46.25}{3.14}} = 7.67 \text{ m}$$

On prend **D = 7.7 m**

17Tableau 4.12. Dimensionnement du décanteur primaire

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	m³	187.2
Surface horizontale	m²	46.25
Vitesse de chute	m/h	2
Diamètre	m	7.7
Hauteur + revanche	m	4.8
Temps de séjour	h	2

Evaluation des charges éliminées ainsi que les boues générées

Le traitement primaire (physico-chimique) proposé élimine 75% de la DCO et DBO₅ ainsi que 90% des MES comme décrit dans le tableau suivant et génère une boue primaire.

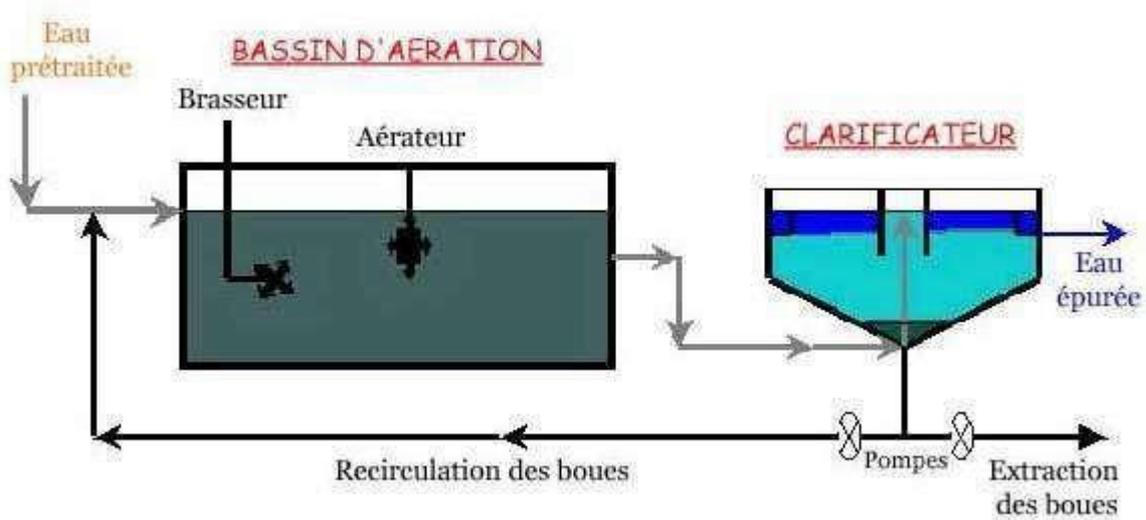
18 Tableau 4.13. Evaluation des charges des polluants à la sortie du décanteur primaire

Polluant	Unité	Valeur	Normes
<ul style="list-style-type: none"> À l'entrée DCO DBO MES 	kg/j	1818.18 333 541.24	
<ul style="list-style-type: none"> Éliminée DCO DBO MES 	kg/j	1363.64 249.75 487.12	
<ul style="list-style-type: none"> À la sortie DCO DBO MES 	kg/j	454.55 83.25 54.12	

4.4.3.4. Traitement biologique

Le traitement secondaire dit biologique dépend principalement de la biodégradabilité des ERI à traiter ainsi que de la finalité souhaitée en termes de charges de DBO₅ et DCO, il existe multiples procédés de traitement biologique, nous optons dans notre cas pour le traitement par boue activée à cultures libres. [12]

Le traitement biologique à culture libre a pour principe qu'une quantité contrôlable d'air est insufflée dans le bassin biologique, ce qui permet de garder la biomasse et les microorganismes épurateurs en flottation et de leur apporter l'oxygène nécessaire à la dégradation aérobie de la matière carbonée et azotée. [12]



10Figure 4.2 : Traitement biologique à boues activées

Calcul de biodégradabilité

La biodégradabilité est un facteur clé concernant le traitement biologique qui représente le rapport entre la DCO et la DBO₅

Dans notre cas

$$\frac{DCO}{DBO} = \frac{454.55}{83.25} = 5.46$$

$\frac{DCO}{DBO} > 2$ ce qui signifie une biodégradabilité difficile nécessitant donc une correction du rapport dans notre cas.

Pour ce faire nous proposons une pré-oxydation à l’ozone afin d’avoir une bonne biodégradabilité à savoir $\frac{DCO}{DBO} = 1.5$

Une quantité de la DCO sera donc transformée en DBO corrigeant ainsi le rapport suivant l’équation suivante :

$$DCO_2 = 1.5 \times [DBO_5]_2$$

Nous avons également :

$$[DBO_5]_2 = [DCO]_{e.2} + [DBO_5]_1 = [DCO]_1 - [DCO]_2 + [DBO_5]_1$$

[DCO]_{e.2} : C’est la DCO éliminée par pré-ozonation, transformée en DBO.

DBO₅]₁ : DBO₅ à la sortie du décanteur primaire

Nous obtenons

$$[DBO5]_2 = [DCO]_1 - 1.5 [DBO5]_2 + [DBO5]_1$$

$$2.5 [DBO5]_2 = [DCO]_1 + [DBO5]_1$$

$$\text{Donc } [DBO5]_2 = [DCO]_1 + [DBO5]_1 / 2.5$$

$$[DBO5]_2 = 215.12 \text{ kg/j}$$

$$[DCO]_{e.2} = [DBO5]_2 - [DBO5]_1$$

$$[DCO]_{e.2} = 215.12 - 83.25$$

$$[DCO]_{e.2} = 138.87 \text{ kg/j}$$

$$\text{Et donc } [DCO]_2 = [DCO]_1 - [DCO]_{e.2}$$

$$[DCO]_2 = 316.68 \text{ kg/j}$$

Le rapport devient :

$$\frac{DCO}{DBO} = \frac{316.68}{215.12} = 1.5 < 2$$

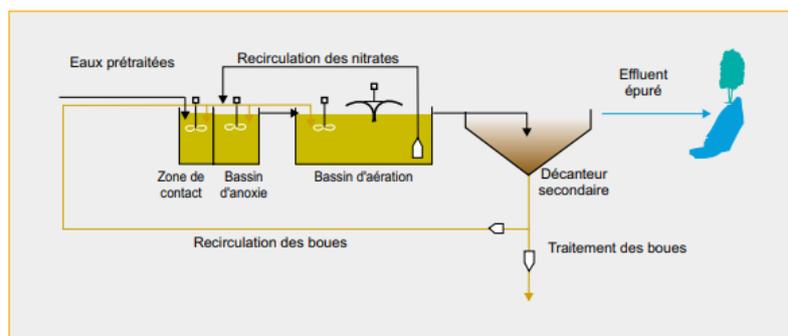
Ce qui représente une bonne biodégradabilité nous permettant de traiter biologiquement.

Dimensionnement des ouvrages du traitement biologique

Nous souhaitons rabattre les charges de 80% afin de répondre aux normes de rejet ainsi que réutilisation comme cité auparavant

Pour cela nous procédons à un traitement a moyenne charge avec les caractéristiques suivantes [12] :

- Temps de séjour : T = 4 à 6 heures
- Rendement : $\eta = 85\%$
- $Cv = 1.3 \text{ kg DBO}_5 / m_3 J$
- $Cm = 0.3 \text{ kg DBO}_5 / \text{kg MES J}$



11 Figure 4.3 : Schéma du traitement biologique à boue activée

Dimensionnement du bassin d'aération

Le bassin d'aération permet l'activation des boues via l'injection d'air qui permet le contrôle des microorganismes et se dimensionne comme suit [12] :

$$V = Q_{\text{rej}} \times T_s$$

V : volume du bassin d'aération

Q_{rej} : Débit des eaux à traiter

T_s : temps de séjour (On prend $T_s = 5$ heures)

On obtient :

$$V = 0.026 \times 5 \times 3600 = 468 \text{ m}^3$$

Pour une hauteur **H = 5m**

$$\text{On obtient : } S = V/H = 468 / 5 \Leftrightarrow S = 93.6$$

Une forme rectangulaire nous donne les dimensions suivantes

$$L = 13.37\text{m pour } l = 7\text{m}$$

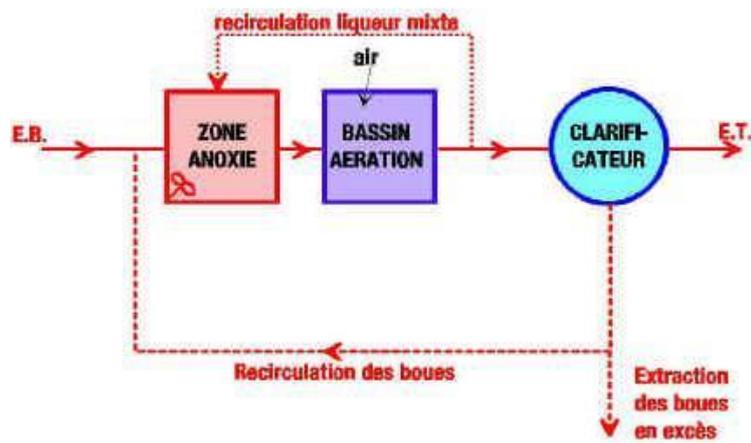
On prend le couple : L = 13.4m ; l = 7m

Traitement de l'azote :

Le traitement nitrification/dénitrification est nécessaire dans notre cas afin de rabattre le taux de l'azote dissout dans les eaux usées résiduelles et se fera suivant deux étapes : aérobie et anoxie

La zone aérobie encourage la nitrification de l'azote sous forme $\text{NH}_3 - \text{NH}_4^+$ pour donner des nitrite-nitrates suivant un ratio de 4g d' O_2 pour 1g de NO_2 ainsi que 3g DBO pour 1g de NO_2 .

La dénitrification en zone anoxie vient transformer les NO_2 , NO_3 en Azote libre N_2 qui se libère dans l'atmosphère sous forme complètement inoffensive, cette étape nécessite une zone anoxie qui peut être assurée via les réglages des injecteurs d'air ou sous forme de micro zones anoxies au niveau des basses couches de la boue activée. La dénitrification nécessite également une quantité suffisante de BDO_5 qui est assurée par la recirculation de la boue dans la zone anoxie. [15]



12 Figure 4.4 : Schéma du traitement biologique avec bassin d'anoxie

19 Tableau 4.14. Dimensions du bassin d'aération

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	m ³	468
Surface	m ²	93.6
Hauteur	m	5
Longueur	m	13.4
Largeur	m	7
Cv	kg DBO ₅ / m ₃ J	1.3
Cm	kg DBO ₅ / kg MES J	0.3
Rendement η	/	85%
Temps de séjour	h	5

On sait également que

$$V = V_{aérobie} + V_{anoxie} = 468 \text{ m}^3$$

- Calcul du volume d'anoxie :

$$V_{anoxie} = \frac{Q \times (S[NO_3]_{entrée} - S[NO_3]_{sortie})}{x \times V_{dénitification}}$$

V_{anoxie} : Volume du bassin d'anoxie (m³).

Q_{rej}: le débit entrant dans le bassin (Q = 2220 m³/j).

$S(\text{NO}_3)$ entrée: Concentration en NO_3 à l'entrée du bassin, tel que :

$S(\text{NO}_3)$ entrée = $(\text{NT})_e$ = quantité d'azote nitrifiant = $296.5 \text{ kg/j} = 133.6 \text{ mg/L}$.

$S(\text{NO}_3)$ sortie: Concentration en NO_3 à la sortie du bassin.

$S(\text{NO}_3)$ sortie = 30 mg/L .

X : la concentration de la boue $x=15\text{g/l}$

$V_{\text{dénitrification}} = 3.17 \text{ mg N-NO}_3/\text{g MVS.h}$

On obtient donc :

$$V_{\text{anoxie}} = \frac{2220 \times (133.6 - 30)}{15 \times 3.17 \times 24} = 201.53 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{anoxie}} = 201.53 \text{ m}^3$$

Pour $H = 4\text{m}$

$$S = V/H = 201.53 / 4 = 50.4$$

$$S = 50.4 \text{ m}^2$$

On prend le couple : $L = 10.1 \text{ m}$; $l = 5 \text{ m}$

- Besoin en O_2

Il a été montré que l'application d'une aération comprise entre 15 et 30 m^3 air/kg de DBO_5 appliqué est suffisante pour assurer une élimination maximale de la pollution carbonée. L'augmentation de l'aération n'améliore pas l'abattement de la pollution carbonée mais induit une intensification du processus de nitrification. [15]

La consommation d'oxygène est donnée par la formule suivante :

$$\text{Le besoin } \text{O}_2 = a' \cdot \text{Le} + b' \cdot \text{Xt} + 4.3 \text{ Nn} - 2.85 \text{ Ndn} \cdot c'$$

a' : Quantité de O_2 nécessaire à l'oxydation de 1 kg de DBO_5 . $a' = 0,6$

b' :Quantité de O_2 nécessaire à la respiration endogène de 1 kg de MVS de boues par jour.

$$b' = 0,1$$

c' : Fraction de l'oxygène des nitrates récupérée par dénitrification (entre 60-70%). En moyenne 70%.

Le : Qte de BDO à éliminer en $\text{Kg/J} = 182.85$

Xt : Masse de la biomasse dans le bassin d'aération en $\text{Kg} = 1500\text{kg}$

N_n : Flux d'azote à nitrifier (kg/J) = 296 – 66 = 230 kg/j

N_{dn} : Flux d'azote à dénitrifier (kg/J) = $N_n \times 0.8 = 184$ kg/j

AN :

Le besoin $O_2 = 0.6 \times 182.85 + 0.1 \times 1500 + 4.3 \times 230 - 2.85 \times 184 \times 0.7$

Le besoin $O_2 = 881.63$ kg/j

Dimensionnement du clarificateur :

On opte pour un clarificateur d'une forme circulaire, les éléments de conception du décanteur secondaire sont [11] :

- Le temps de séjour (T_s) compris entre 1 à 2.5 heures, On prend $T_s = 2$ h ;

- La hauteur d'eau dans l'ouvrage est entre 3 à 5 m, on prend $H = 3$ m ;

- Volume du décanteur

$$V = Q_r \times T_s$$

On a

$$T_s = 2 \text{ heures}$$

$$Q_r = 0.026 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 0.026 \times 2 \times 3600 = 187.2 \text{ m}^3$$

- Surface du décanteur

$$S = V/H = 187.2/3$$

$$S = 62.4 \text{ m}^2$$

$$\text{Calcul du diamètre : } D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 62.4}{3.14}} = 8.9 \text{ m}$$

$$\mathbf{D = 8.9 \text{ m}}$$

20Tableau 4.15. Dimensionnement du décanteur secondaire

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	m ³	187.2
Surface	m ²	62.4
Diamètre	m	8.9
Hauteur	m	3
Temps de séjour	h	2

Evaluation des charges :

Comme mentionné précédemment, le traitement biologique choisi rabat les charges de la DBO ainsi que la DCO de 85% selon le traitement à moyenne charge, il permet également d'éliminer 80% de la pollution azotée ce qui nous ramène jusqu'en dessous des normes de rejet et réutilisation et donc de l'objectif comme l'illustre le tableau suivant [12] :

21Tableau 4.16. Evaluation des charges suite au traitement secondaire

Paramètre	Unité	Valeur
Débit	m ³ /s	0.026
DBO ₅ éliminée	kg/j	182.85
DBO ₅ restante		32.26
DCO éliminée	kg/j	269.18
DCO restante		47.5
NT éliminé	kg/j	237.3
NT restant		59.32

4.3.3.5. Traitement tertiaire

Afin d'améliorer la qualité de l'eau traitée en termes de couleur ainsi que l'élimination de la DCO dure nous proposons un traitement au charbon actif en poudre.

Le charbon actif est un carbone microporeux possédant une très grande surface spécifique, pouvant aller de 500 à 1500 m²/g. Il a ainsi une grande capacité d'adsorption et peut être le catalyseur de réactions chimiques. Il est produit par pyrolyse de matière organique végétale (bois, écorces, coques de noix de coco, noyaux d'olive, etc.) ou de matières organiques fossiles (houille, tourbe, lignite, résidus pétroliers), puis il est activé (développement de la structure poreuse), soit par des gaz oxydants à haute température (environ 1000°C), soit à l'aide d'acide phosphorique. Le charbon actif peut être séparé en différentes granulométries : **le charbon actif en poudre (CAP)** avec des diamètres compris entre 5 et 50 µm est notre choix pour ce traitement de finition pour les raisons suivantes [13] :

- Les charbons actifs en poudre sont environ 2 à 3 fois moins chers que les charbons en grains ;
- Leur dosage en quantité réglable peut suivre la concentration des polluants si celle-ci est connue ;
- Leur emploi ne nécessite qu'un investissement réduit quand le traitement ne comporte qu'une étape de floculation-décantation (il suffit de prévoir un simple poste de dosage de charbon actif)
- Leur cinétique d'adsorption est rapide, une grande surface étant directement accessible

La poudre de charbon actif, stockée en « big bag » de 200 à 500 kg, est préparée dans un réservoir de 500 L avec de l'eau provenant du réservoir d'eau filtrée pour obtenir une solution de charbon concentrée à 3-5% (30-50 gCAP/L). Cette solution est ensuite injectée par une pompe à membrane dans la conduite d'eau brute venant du traitement secondaire, selon un dosage déterminé (entre 10 et 20 mgCAP/l d'eau brute). Puis le tout est mélangé dans un réacteur agité afin de permettre l'adsorption des micropolluants. [13]

Calcul du besoin journalier en CAP

La dose du CAP nécessaire pour l'adsorption des micropolluants est de 10 mgCAP/L pour un temps de contact de 30 min. [13]

$$\text{Besoin} = Q_e \times [\text{CAP}]$$

$$\text{Besoin} = 2220 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-3} = 22.2 \text{ kg/j}$$

Dimensionnement du réacteur du CAP

$$V = (Q_e/24) \times (T_c/60)$$

$$V = (2220/24) \times (30/60)$$

$$\mathbf{V = 46.25 \text{ m}^3}$$

$$\text{Pour } H = 3\text{m}$$

$$\text{On a la surface } S = V/H$$

$$S = 15.42 \text{ m}^2$$

22 Tableau 4.17 Dimensionnement du traitement CAP

Paramètre	Unité	Valeur
Concentration du CAP ([CAP])	mgCAP/L	10
Le temps de contact (Tc)	min	30
La dose journalière (Dj)	kg/j	22.2
Le volume du bassin (V)	m ³	46.25
La hauteur du bassin (H)	m	3
La surface horizontale du bassin (S)	m ²	15.42

La désinfection

La désinfection permet d'éliminer les micro-organismes pathogènes de l'eau. La désinfection des ERI épurées est une nécessité car on prévoit :

- Une réutilisation pour des opérations d'arrosage ;
- Une réutilisation pour des opérations de lavage (sols, camions...) ;
- Une réutilisation pour des eaux de refroidissement ;

Ozonation

On procèdera par ozonation afin de réaliser la désinfection, l'ozone étant un oxydant puissant qui attaque de façon sélective les doubles liaisons et certains groupements fonctionnels dans les molécules exposées, étant donné que le processus d'ozonation agit également sur les microorganismes, il est également utilisé dans la désinfection. [16]

La dose nécessaire est de 2g d'O₃ pour 1g de DCO dans le but d'assurer une bonne désinfection pour un temps de contact de 20 à 30 min

Le besoin journalier en O₃ est donc calculé comme suit :

$$\text{Besoin } O_3 = [DCO]_r \times [O_3]$$

$$[DCO]_r : \text{DCO restante en kg/j} = 47.5$$

$$[O_3] : \text{La dose nécessaire d}'O_3 \text{ pour 1g de DCO} = 2\text{g}$$

$$\text{On prend un temps de contact } T_c = 30\text{min}$$

$$\text{Besoin } O_3 = 47.5 \times 1000 \times 2 = 95\,000 \text{ kg/j}$$

Pour assurer le temps de contact nécessaire nous avons besoin d'un volume V

$$V = Q_r \times T_c$$

$$V = 0.026 \times 30 \times 60 = 46.8 \text{ m}^3$$

$$\text{Pour un } H = 2\text{m}$$

$$\text{On obtient une surface } S = 23.4 \text{ m}^2$$

$$\text{On prend la paire : } L = 5.85\text{m ; } l = 4\text{m}$$

23 Tableau 4.18 Dimensionnement du traitement par Ozonation

Paramètre	Unité	Valeur
Concentration du O ₃	gO ₃ /gDCO	2
Le temps de contact (Tc)	min	30
La dose journalière (Dj)	kg/j	95000
Le volume du bassin (V)	m ³	46.8
La hauteur du bassin (H)	m	2
La surface horizontale du bassin (S)	m ²	23.4

4.3.3.6. Traitement des boues

Le traitement des boues a pour but de diminuer leur teneur en eau et à réduire de manière efficace leur charge polluante et fermentescible. Les boues sont des particules solides non retenues par les procédés de traitement de l'eau (dégradation et séparation des polluants de l'eau). [7]

Le traitement des eaux usées urbaines et industrielles génèrent des quantités variables de boues, boue primaire issue du décanteur primaire et boue secondaire issue du traitement biologique. Ces boues sont très liquides, souvent fermentescibles, porteuses de germes et d'agents pathogènes et génératrices de mauvaises odeurs, d'où la nécessité de les traiter.

Les objectifs du traitement sont [7] :

- la réduction du volume des boues
- la réduction voire l'élimination du pouvoir fermentescible.
- la Réduction du risque sanitaire et environnemental

La filière de traitement des boues comprend en générale un traitement d'épaississement, une étape de stabilisation suivie d'une filtration, le séchage puis l'élimination (incinération, réutilisation). Le choix des traitements apportés aux boues des eaux résiduaires industrielles dépend fortement de leurs origines et caractéristiques (teneur en matières sèche, teneur en MO et MVS, concentration en ETM...etc.)

Production journalière des boues

- **Boue primaire :**

$$DX_p = DBO_{5e} + MES_e$$

$$DX_p = 249.75 + 487.12 = 736.87$$

$$DX_p = 736.87 \text{ kg/j}$$

Avec une concentration de 20 à 30 mg/l

$$Q_p = 736.87/25 = 29.47 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Boue secondaire :**

$$DX_s = DBO_{5e} + DCO_e + NT_e$$

$$DX_s = 172.67 + 283.05 + 237.3$$

$$DX_s = 729.02 \text{ kg/j}$$

Avec une concentration de 10 à 30 mg/l

$$Q_s = 729.02/20 = 36.45 \text{ m}^3/\text{j}$$

- **Boue tertiaire**

$DX_t = 15\%$ Besoin journalier en CAP

$$DX_t = 0.15 \times 22.2$$

$$\mathbf{DX_t = 3.33 \text{ kg/j}}$$

Avec une concentration de 10 à 20 mg/l

$$Q_t = 3.33/15 = 0.22 \text{ m}^3/\text{j}$$

- Production totale des boues

$$DX_t = DX_p + DX_s + DX_t = 736.87 + 729.02 + 3.33$$

$$\mathbf{DX_t = 1469.22 \text{ kg/j}}$$

A. Volume de l'épauisiseur

$$V = Q \times T_s$$

Q : débit total journalier = 66.14 m³/j

T_s : temps de séjour 2 jours

$$\mathbf{V = 132.28 \text{ m}^3}$$

B. Surface de l'épauisiseur

$$S = V/H$$

On prend H = 3m

$$\mathbf{S = 44.1 \text{ m}^2}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 44.1}{\pi}}$$

$$\mathbf{D = 7.5 \text{ m}}$$

Hauteur du cône = D x 0.15

$$\mathbf{H = 1.125 \text{ m}}$$

Digesteur anaérobie

Dans le but de diminuer le volume des boues et augmenter leurs quantités, les boues épaissies arrivent au digesteur avec une concentration de 80 g/l.

- Débit des boues arrivant au digesteur

$$Q_b = DXt/80 = 1469.22 / 80$$

$$Q_b = 18.36 \text{ m}^3/\text{j}$$

- Temps de séjour

$$T_s = 175 \times 10^{-0.03 \times t}$$

Avec $t=30^\circ\text{C}$ On obtient : **$T_s = 22$ Jours**

- Volume du digesteur

$$V = Q_b \times T_s = 18.36 \times 22$$

$$V = 404.5 \text{ m}^3$$

- Surface du digesteur

$$S = V / H$$

On prend $H = 5\text{m}$

$$S = 404.5 / 5$$

$$S = 80.9 \text{ m}^2$$

- Diamètre du digesteur

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 80.9}{\pi}}$$

$$D = 10.15\text{m}$$

24 Tableau 4.19 : Dimensionnement de l'épaississeur et digesteur

Paramètre	Unité	Valeur
Epaississeur :		
Volume	m ³	132.28
Surface	m ²	44.1
Diamètre	m	7.5
Hauteur du cône	m	1.125
Hauteur	m	3
Digesteur :		
Débit	m ³ /j	18.36
Volume	m ³	404.5
Surface	m ²	80.9
Diamètre	m	10.15
Hauteur	m	5

C. Filtre a bande

- Quantité des boues extraites

Pour une durée de fonctionnement retenue : T= 8 h/j, la quantité de boue à traiter par heure est donnée par la formule suivante :

$$DXt_h = DXt/T = 1469.22/8$$

$$DXt_h = \mathbf{183.53 \text{ m}^3/h}$$

- Quantité de boue extraite

Pour une suscité finale de Sf = 18%

$$Q = DXt/Sf = 1469.22 / 0.18 \times 1000$$

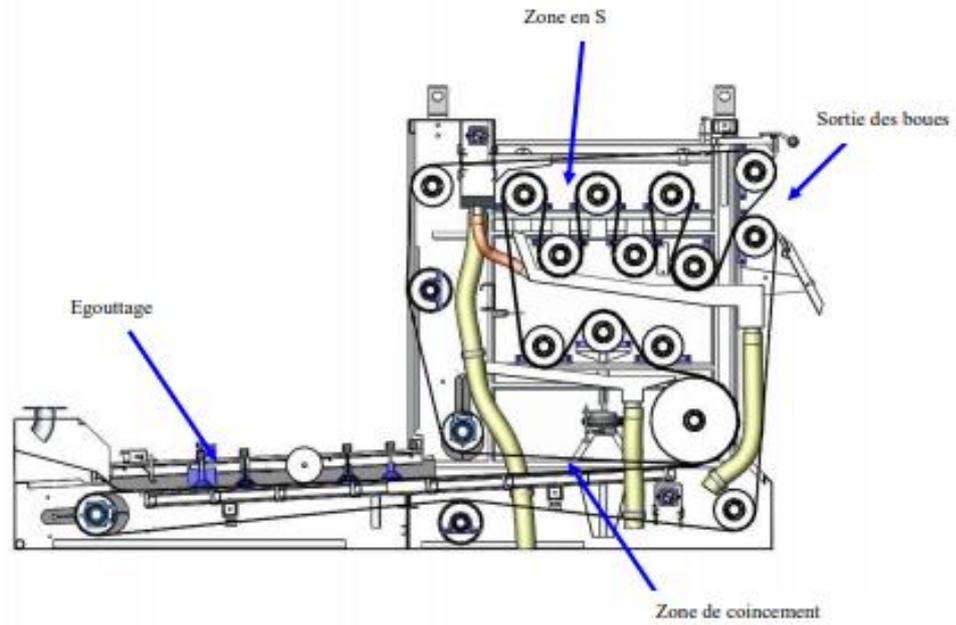
$$Q = \mathbf{8.16 \text{ m}^3/j}$$

- Largeur de la bande

Pour une capacité de filtration de 150 kg MS/h/m, la largeur de la bande est donnée par la relation suivante :

$$L = DXt_h / 150 = 183.53/150$$

$$L = \mathbf{1.22m}$$



13 Figure 4.5 : Schéma d'un filtre à bande

25 Tableau 4.20 : Dimensionnement du filtre à bande

Paramètre	Unité	Valeur
Temps de fonctionnement	h	8
Quantité de boue extraite par heure	m ³	183.53
La Suscite finale	-	18 %
Largeur de la bande	m	1.22

4.3.4. Evaluation des charges après traitement

Suite a cette série de traitements adaptés dans le but de répondre aux normes de rejets ainsi que de pouvoir réutiliser ces eaux, voici un tableau qui récapitule les charges polluantes relativement aux normes de rejet.

26Tableau 4.21 : Evaluation des charges polluantes

Paramètre	Unité	Valeur	Norme
Q_{rej}	m ³ /j	2220	N/A
DBO₅	kg/j	32.26	77.7
DCO	Kg/j	< 47.75	266.4
NT	Kg/j	59.32	66.6
P	Kg/j	9.12	22.2
MES	Kg/j	24.38	77.7
Huiles et graisses	kg/j	40	44.4

D'une part le tableau montre bien que les valeurs des charges polluantes sont nettement inférieures aux normes de rejet prévenant ainsi tout impact négatif sur l'environnement lors du rejet au milieu naturel.

D'autre part, les eaux résultantes à cette composition de traitements peuvent en effet être réutilisées en arrosage des espaces verts de proximité ainsi que pour les lavages des sols, camions et véhicules de transport en plus de l'alimentation du réseau incendie de l'usine et ce en second objectif de réutilisation.

La variante de réutilisation en process limité à certaines étapes suite au traitement membranaire que subissent déjà les eaux provenant de l'ADE, est envisageable théoriquement mais reste mal perçue au sein d'une industrie agroalimentaire.

Conclusion

Les ERI de diverses origines contiennent des polluants dangereux qu'il faut éliminer avant le rejet en milieu naturel par des procédés adéquats en fonction des caractéristiques des eaux usées ainsi que les normes de rejet et/ou de réutilisation. Ces polluants sont éliminés par le biais de différentes techniques et étapes réalisées dans une station d'épuration comme décrit en détails au long de ce chapitre.

Le traitement répond aux normes de rejet au milieu naturel ainsi qu'à la réutilisation en lavage, refroidissement et autres besoins cités précédemment.

CHAPITRE 5 : CALCULS HYDRAULIQUES

Chapitre 5 : Calculs hydrauliques

Introduction

L'objectif de ce chapitre suite au dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration est de déterminer et dimensionner les branchements assurant le flux des ERU de l'entrée de la STEP, entre les différents compartiments et traitements jusqu'à la sortie.

5.1. Conduite de refoulement

La conduite de refoulement a pour but de relier le poste de relevage à la chaîne de traitement de la STEP à commencer par le dégrilleur.

Dimensionnement de la conduite

Le diamètre économique est donné par la formule de BONNIN [13] :

$$D = \sqrt{Q} = \sqrt{0.026}$$

$D = 0.161$ m on prend le diamètre normalisé :

$D = 200$ mm

La hauteur manométrique de la pompe

$$HMT = Hg + \Delta H + P_{\text{exh}}$$

Avec :

Hg : différence des cotes de plan d'eau entre le puisard et le dégrilleur, $Hg = 3$ m

ΔH : les pertes de charges totales, tel que $\Delta H = 0.012$

P_{exh} : pression à l'exhaure, tel que P_{exh} (1 :1.5) m, on prend $P_{\text{exh}} = 1$ m

$$HMT = 3 + 0.012 + 1$$

$$HMT = 4.012 \text{ m}$$

Choix de la pompe :

On utilise des pompes relevage pour le des eaux usées de puisard vers le dégrilleur. Donc pour choisir le type de pompe on utilise le catalogue Caprari (logiciel Caprari). On opte pour 2 pompes en parallèles et une de secours, de type KCD300R 22062RN-E.

Dimensionnement du poste de relevage

- Volume

$$V = \frac{Q \times T}{4(N-1)} \text{ avec}$$

Q : Débit à pomper

T : Durée du cycle de la pompe : T = 30min

N : Nombre de pompes

$$V = \frac{0.026 \times 30 \times 60}{4(3-1)}$$

$$\mathbf{V = 5.58 \text{ m}^3}$$

S = V/H on prend **H = 2**

$$\mathbf{S = 2.93}$$

On choisit la paire **L = 2m ; l = 1.46m**

27 Tableau 5.1 Dimensions du poste de relevage

Paramètre	Unité	Valeur
Volume	m ³	5.58
Surface	m ²	2.93
Hauteur	m	2
Largeur	m	1.46
Longueur	m	2

Profil hydraulique

Le profil hydraulique consiste à calculer les différents niveaux d'eau le long de la chaîne de traitement, qui nous renseigne sur la position de la ligne de charge.

Les cotes moyennes de terrain naturel des zones d'implantation des ouvrages sont représentées dans le tableau suivant :

28 Tableau 5.2 Profil hydraulique

Désignation	CTN (m)
Dégrilleur	21
Déshuileur-dégraisseur	19.5
Bassin de coagulation	19.2
Bassin de floculation	19
Décanteur primaire	18.8
Bassin d'aération	18
Décanteur Secondaire	18
Bassin du CAP	18
Ozonation	18

5.2. Dimensionnement des conduites reliant les ouvrages

$$\Delta H = \frac{K \cdot L \cdot Q_e^\beta}{D^m} = C_{PA} - C_{PB}$$

K : Coefficient de perte de charge, K = 0,001052

Q : Débit entrant, Q = 0,578 m³/s. L : Longueur de la conduite en (m).

β : Coefficient dépendant du régime d'écoulement, β = 1,77.

m : Coefficient dépendant du type de matériau de la conduite, m = 4,774.

D : Diamètre de la conduite en mm.

C_{PA}: Cote du plan d'eau au point A (m).

P_{PB} : Cote du plan d'eau au point B (m).

Calculs des longueurs des conduites reliant les ouvrages

Les longueurs des conduites sont calculées à partir du plan de masse de la station d'épuration et pour tous nos calculs on utilisera les longueurs équivalentes pour tenir compte des pertes de charges singulières tel que :

$$L_{eq} = 1.05 \times L_{réelle}$$

29 Tableau 5.3 Longueurs des conduites reliant les ouvrages

Désignation	L _{réelle}	L _{eq}
Dégrilleur-déshuileur	10	10.5
Déshuileur-bassin de coag	15	15.75
Bassin de coag-bassin de floculation	15	15.75
Bassin de floc-décanteur primaire	20	21
Décanteur p-B.aération	20	21
B.aération-déc secondaire	20	21
déc secondaire - Bassin du CAP	20	21
Bassin du CAP-Ozonation	20	21

Calculs des diamètres des conduites reliant les ouvrages

$$D(m) = \sqrt[m]{\frac{K \cdot L \cdot Q_e^B}{C_{PA} - C_{PB}}}$$

On sait que selon l'équation de Bernoulli

$$C_{p1} = H_1 + Z_1 \text{ et } C_{p2} = H_2 + Z_2$$

On obtient donc le résultat exprimé sous forme de tableau suivant

30 Tableau 5.4 : Récapitulatifs des calculs hydrauliques

Désignation	CTN (m)	Cr (m)	He (m)	CFE (m)
Dégrilleur	20	22	0.9	22.9
Déshuileur-dégraisseur	19.5	20.5	2	22.5
Bassin de coagulation	19.2	19.8	2	21.8
Bassin de floculation	19	19.5	2	21.5
Décanteur primaire	18.8	17	4	21
Bassin d'aération	18	16.5	4	20.5
Décanteur sec	18	16	3	18.5
Bassin du CAP	18	15	3	18
Ozonation	18	15	2	17

L (m)	Cp1 – Cp2 (m)	D (mm)
10.5	0.4	400
15.75	0.7	450
15.75	0.3	400
21	0.5	450
21	0.5	450
21	2	500
21	0.5	400
21	1	400

Conclusion

Au cours de ce chapitre nous avons suivi l'acheminement de l'effluent en ERI de la laiterie Soummam au cours de son traitement en termes de longueur, cotes et diamètres assurant ainsi son écoulement d'une étape de traitement à une autre jusqu'à sa sortie

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Le traitement proposé étant adéquat aux eaux usées résiduelles de la Laiterie Soummam – Bejaïa – non seulement limite les dégâts sur le milieu externe mais procure également une opportunité de réutilisation à la fois écologique et économique pour l'entreprise.

La laiterie Soummam fait partie de ces usines responsables de la pollution de l'environnement, afin de remédier à ce problème nous avons proposé une stratégie de traitement et de réutilisation de ses eaux usées par le biais d'une station d'épuration. Nous avons commencé par un bassin d'homogénéisation qui permet de réguler le débit entrant pour entamer la série à commencer par un pré-traitement mécanique, un traitement physico-chimique suivi par un traitement biologique à boue activée pour conclure avec un traitement tertiaire comportant une désinfection par ozonation.

Ce traitement permet à la fin d'obtenir une eau qui répond non seulement aux normes de rejets des eaux usées en milieu naturel mais aussi une réutilisation au sein de l'industrie pour le lavage des véhicules de transports, des espaces internes, l'alimentation du réseau incendie ainsi que l'irrigation des espaces verts de proximité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- 1- SARL Laiterie Soummam Documentation, 2010
- 2- Journal officiel de la république algérienne N°26, 23 avril 2006.
- 3- Authors: Chris Binnie, Martin Kimber, Hugh Thomas - Source: Basic Water Treatment, 1 Jan 2017 (61–83)
- 4- Joseph PRONOST, STATIONS D'EPURATION : DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES POUR AMELIORER LEUR FONCTIONNEMENT ET FACILITER LEUR EXPLOITATION, FNDAE N° 22 bis
- 5- J.L. Burgaud. Les eaux résiduaires dans l'industrie laitière. Le Lait, INRA Editions, 1969, 49 (487),pp.417-433. hall-00928495f
- 6- WateReuse Association, 635 Slaters Lane, Alexandria, VA, USA Received 17 December 2004, Accepted 29 April 2005, Available online 25 January 2006.
- 7- Sarina J. Ergas, M.ASCE; Brian M. Therriault; and David A. Reckhow, M.ASCE, Journal of Environmental Engineering Volume 132 Issue 3 - March 2006
- 8- Pollution industrielle de l'eau : Stratégie et méthodologie. Technique de l'ingénieur.Volume G1220.
- 9- Traitements tertiaires des effluents industriels. Technique de l'ingénieur. Volume G1310.
- 10- Forafrance, Construction, Installation et mise en service d'une step.
- 11- Traitement physicochimique de la pollution insoluble. Technique de l'ingénieur.Volume G1270
- 12- Traitement biologiques aérobies des effluents industriels. Technique de l'ingénieur.Volume G1300.
- 13- Margot, J., Magnet, A., Thonney, D., Chèvre, N., de Alencastro, F., Rossi, L. 2011. Traitement des micropolluants dans les eaux usées – Rapport final sur les essais pilotes à la STEP de Vidy (Lausanne). Ed. Ville de Lausanne.
- 14- Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau potable (FNDAE)
- 15- DOCUMENT TECHNIQUE FNDAE n° 10 (1990), Elimination de l'azote dans les stations d'épuration biologiques des petites collectivités. Optimisation de la conception et du dimensionnement – Ministère de l'Agriculture, CEMAGREF QEPP Paris, décembre 1990, 60 p.
- 16- Marc Bohlr EAWAG : l'institut de recherche sur l'eau du domaine des EDF, Avril 2012