



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option : REUTILISATION DES EAUX USEES NON CONVENTIONNELLES**

**THEME :**

**CONCEPTION D'UNE STATION D'EPURATION DE LA LAITERIE EL-AMIR  
COMMUNE TIZI (W. MASCARA)**

**Présenté par :**

**Bendada Oussama Elrached**

**Devant les membres du jury**

<b>Nom et Prénoms</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
D. DJOUDAR	M.C.A	Présidente
Y. DERNOUNI	M.A.A	Examinateur
M.BOUKHELIFA	M.A.A	Examinateur
A. HACHEMI	M.C.B	Promoteur

**Session :2020**

# Dédicaces

À chaque fois qu'on achève une étape importante dans notre vie, on fait une pose pour regarder en arrière et se rappeler toutes ces personnes qui ont partagé avec nous tous les bons moments de notre existence, mais surtout les mauvais. Ces personnes qui nous ont aidés sans le leur dire, soutenus sans réserve, aimés sans compter, ces personnes à qui notre bonheur devient directement le leur, à qui un malheur en nous, en eux se transforme en pleur. Rien n'est aussi beau à les offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur.

A ceux que j'aime jusqu'à la frontière de l'imagination.

A ma mère qui est un être cher et celle qui m'a bercé d'un amour sincère.

A mon père de qui je tiens ma fierté et ma persévérance.

A mes frères et ma sœur, ma richesse sur cette terre.

A tous mes Amis que je considère comme frères.

A ceux qui se sont sacrifiés et qui se sont donnés pour les études et dont je rends un vibrant hommage.

A celle qui partagera le reste de ma vie.

# Remerciements

Ce travail est l'aboutissement d'un dur labeur et de beaucoup de sacrifices ; mes remerciements vont d'abord à dieu qui nous a doté d'intelligence, et nous a maintenu en santé pour mener à bien ces années d'étude. Je tiens aussi à adresser mes remerciements à ma famille. Ce présent travail a pu voir le jour grâce à leur soutien.

Toute ma gratitude pour mon promoteur Monsieur ABDELKADER HACHEMI pour ses judicieux conseils ainsi que ses disponibilités tout au long de l'élaboration de ce travail. Ces quelques lignes ne vont jamais exprimer à la juste valeur ma reconnaissance à l'égard de nos professeurs et enseignants qui nous ont guidés au cours de la formation d'ingénieur et en particulier Madame BETATACHE pour ses précieux conseils et orientations.

Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers les amis et collègues qui m'ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de ma démarche. Surtout Adel bg pour ses précieux conseils et orientations ainsi que Soheib, Mehdi, Reda, Hamdani, Farouk, Sara bls, Marwa, Hajar et tout le groupe Sachra et Blockmates

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, mes sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire.

BENDADA OUSSAMA

# ملخص

يركز عملنا على معالجة مياه الصرف الصناعي غير التقليدية من منتجات الملبنة من أجل تقليل كمية الملوثات لهذه النفايات السائلة قبل إعادة استخدامها في الري. ستعمل هذه الدراسة على تصميم وتحجيم محطة معالجة مياه الصرف الصحي المخطط لها داخل المصنع. سيتم إجراء دراسة نهائية لخصائص المياه المعالجة لاختيار المحاصيل المراد سقيها.

الكلمات الرئيسية: معالجة المياه ؛ مياه الصرف. إعادة استخدام مياه الري. تحجيم. التصميم؛ المحاصيل

## Résumé

Notre travail porte sur le traitement des eaux usées industrielle non conventionnelle d'une laiterie afin de réduire les charges polluantes de ces effluents avant leur réutilisation dans l'irrigation. Cette étude fera la conception et le dimensionnement de la station d'épuration projeté au sein de l'usine. Une dernière étude des caractéristiques de l'eau traitée aura lieu pour choisir les cultures à irriguer.

**Les mots clés** : traitement des eaux ; effluents ; réutilisation des eaux ; irrigation ; dimensionnement ; conception ; les cultures.

## Abstract

Our work focuses on the treatment of unconventional industrial wastewater from a dairy plant in order to reduce the pollution load of this effluent before it is reused in irrigation. This study will design and dimension the projected wastewater treatment plant within the plant. A final study of the characteristics of the treated water will take place to select the crops to be irrigated.

Key words: water treatment; effluents; water reuse; irrigation; dimensioning; design; crops.

# TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I. GENERALITES SUR LE FONCTIONNEMENT DES STATIONS D'EPURATION	2
I.1 INTRODUCTION	3
I.2 DEFINITION DES EAUX RESIDUAIRE INDUSTRIELLE	3
I.3 DIFFERENTS TYPES DE REJETS INDUSTRIELS	3
I.3.1 EAUX DES DE CIRCUITS REFROIDISSEMENT	3
I.3.2 EAUX DE LAVAGE DES SOLS ET DES MACHINES	3
I.3.3 EAUX DE FABRICATION	4
I.3.4 REJETS DES SERVICES GENERAUX	4
I.4 CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES INDUSTRIELLES :	4
I.4.1 DEFINITIONS DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES	4
I.5 ELEMENTS TRACES METALLIQUES (ETM) :	5
I.5.1 DEFINITION	5
I.5.2 LE PRETRAITEMENT	6
I.5.2.1 Dégrillage	7
I.5.2.2 Tamisage	8
I.5.2.3 Dessablage	9
I.5.3 LE TRAITEMENT PRIMAIRE	10
I.5.3.1 Coagulation	11
I.5.3.2 Flocculation	11
I.5.3.3 Neutralisation	11
I.5.3.4 Décantation	11
I.5.4 LE TRAITEMENT BIOLOGIQUE (SECONDAIRE)	14
I.5.4.1 Le lagunage	14
I.5.4.2 L'épandage des eaux	16
I.5.4.3 Lits bactériens	17
I.5.4.4 Disques biologiques	18
I.5.4.5 Boues activées.	19
I.5.5 TRAITEMENT TERTIAIRE	21
I.5.5.1 Traitement de l'azote :	21
I.5.5.2 Traitement du phosphore :	21
I.5.5.3 Réduction de la DCO dure :	22
I.6 CONCLUSION	22
CHAPITRE II. LA LAITERIE EL-AMIR (ZONE D'ETUDE)	23

II.1 INTRODUCTION :	24
II.2 GENERALITES SUR L'EAU :	24
II.2.1 COMPOSITIONS DE L'EAU :	24
II.2.2 MODES D'UTILISATION DES COURS D'EAU :	25
II.3 PRESENTATION DE LA WILAYA DE MASCARA	26
II.3.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA WILAYA DE MASCARA	26
II.3.1.1 Situation géographique de la laiterie EL AMIR	26
II.3.1.2 Situation géologique	26
II.3.1.3 La sismicité de la wilaya de mascara	28
II.3.2 SITUATION CLIMATIQUE	29
II.3.2.1 La température	30
II.3.2.2 Les vents	30
II.3.2.3 L'humidité	30
II.3.3 SITUATION DEMOGRAPHIQUE	31
II.4 LA FABRICATION DU LAIT :	32
II.4.1 PROCESSUS DE FABRICATION DU LAIT :	32
II.4.2 PROCESSUS DE FABRICATION DES YAHOURTS :	33
II.5 UTILISATION DE L'EAU A L'INTERIEUR DE LA LAITERIE	33
II.5.1 BESOINS :	33
II.5.2 EAUX DE PROCES :	33
II.5.3 EAUX DE CHAUDIERES :	34
II.5.4 EAUX DE REFROIDISSEMENT :	34
II.5.5 EAUX DESTINEES A D'AUTRES USAGES :	35
II.5.6 LES EAUX RESIDUAIRES :	35
II.6 LES CARACTERISTIQUES PRINCIPALES D'EAU UTILISEE EN LAITERIE :	35
II.6.1 LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES :	35
II.6.2 LES CARACTERISTIQUES CHIMIQUES :	36
II.6.2.1 Salinité :	36
II.6.2.2 Alcalinité :	36
II.6.2.3 Hydrotimétrie :	36
II.6.2.4 Sels dissous :	37
II.6.2.5 Les oligo-éléments :	39
II.6.2.6 Gaz dissous :	39
II.7 TRAITEMENT DES EAUX DANS L'OROLAIT DE TIZI :	39
II.8 PRATIQUE DE NETTOYAGE DANS L'OROLAIT DE TIZI :	40
II.9 CONCLUSION	41
CHAPITRE III. TRAITEMENT DES BOUES	42
	VI

III.1 INTRODUCTION	43
III.2 TRAITEMENT DES BOUES	43
III.2.1 DEFINITION DES BOUES	43
III.2.2 OBJECTIF DE TRAITEMENT DES BOUES	43
III.2.3 ORIGINE DES BOUES	43
III.2.4 ETAPES DE TRAITEMENT DES BOUES	44
III.2.4.1 Epaissement	44
III.2.4.2 Stabilisation	44
III.2.4.3 Conditionnement	45
III.2.4.4 Déshydratation	46
III.3 DESTINATION FINALE DES BOUES	47
III.3.1 VALORISATION DES BOUES	48
III.3.1.1 Valorisation agricole	48
III.3.1.2 Valorisation énergétique	48
III.3.1.3 Mise en décharge	49
III.3.1.4 L'incinération	49
III.4 CONCLUSION	49
CHAPITRE IV. CONCEPTION DE LA STATION D'EPURATION	50
IV.1 INTRODUCTION :	51
IV.2 LES ETAPES DE CONCEPTION D'UNE STEP	51
IV.2.1 DONNEE ENTREE	51
IV.2.2 LA PROBLEMATIQUE	51
IV.2.3 ELABORATION DU PROJET	51
IV.2.4 ETUDE DES SOLS	52
IV.3 CARACTERISTIQUE DE L'EFFLUENT A TRAITE	53
IV.3.1 CHARGE A TRAITER	53
IV.4 FILIERE DE TRAITEMENT	55
IV.5 DIMENSIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION DE LAITERIE EL-AMIR	56
IV.5.1 CALCUL DE BASE POUR LE DIMENSIONNEMENT	56
IV.5.2 LE POSTE DE RELEVAGE	57
IV.5.2.1 Fonctionnement	57
IV.5.2.2 Dimensionnement	58
IV.5.3 LE TAMISAGE	59
IV.5.3.1 1. Fonctionnement	59
IV.5.3.2 2. Conception	59
IV.5.4 BASSIN TAMPON	60
IV.6 TRAITEMENT PHYSICO-CHIMIQUE	60

IV.6.1 FONCTIONNEMENT	61
IV.6.2 FLOTTATEUR.	62
IV.6.2.1 Fonctionnement	63
IV.6.2.2 Dimensionnement	63
IV.6.3 LE TRAITEMENT BIOLOGIQUE	64
IV.6.3.1 Rôle de cet ouvrage	65
IV.6.3.2 Fonctionnement	65
IV.6.3.3 Les mécanismes de l'épuration	65
IV.6.4 LE BASSIN D'AERATION	66
IV.6.4.1 Dimensionnement d'un bassin biologique	66
IV.6.5 DECANTATION	70
IV.6.6 LA FILIERE BOUE	71
IV.6.6.1 Le traitement des boues	71
IV.6.6.2 Système de déshydratation	72
IV.6.6.3 Fonctionnement d'une table d'égouttage :	72
IV.7 CONCLUSION	75
<b>CHAPITRE V. LA REUTILISATION DES EAUX EPUREES EN AGRICULTURE</b>	<b>76</b>
V.1 INTRODUCTION	77
V.2 LA REUTILISATION DES EAUX USEES EN AGRICULTURE EN ALGERIE	77
V.2.1 OBJECTIFS DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES EN ALGERIE	78
V.2.2 VALORISATION AGRICOLE DES EUT	78
V.2.3 SITUATION DE LA REUTILISATION DES EAUX USEES BRUTES EN IRRIGATION EN ALGERIE	79
V.2.4 SITUATION HYDRIQUE ACTUELLE DE LA WILAYA DE MASCARA	79
V.2.4.1 Ressource en eau souterraine	79
V.2.4.2 Ressource en eau superficielle	80
V.2.4.3 Alimentation en eau d'irrigation	80
V.2.4.4 Bilan hydrique de la wilaya de MASCARA	81
V.2.5 UTILISATION DES EUE POUR L'IRRIGATION	81
V.3 CHOIX DES TECHNIQUES D'IRRIGATION	82
V.4 NORMES DE QUALITE DES EAUX EN IRRIGATION	83
V.4.1 LA SALINITE	83
V.4.2 L'ALCALINITE	86
V.5 AVANTAGES DE LA REUE EN IRRIGATION	86
V.6 INCONVENIENTS	87
V.7 CONCLUSION	87
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	<b>88</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>89</b>

# Table des figures

Figure I.1: Schéma représentant les étapes du traitement d'eau usée.....	6
Figure I.2: Dégriilleur mécanique.....	8
Figure I.3:Dessablage, déshuilage et dégraissage dans un seul ouvrage.....	10
Figure I.4: Photo d'un racleur d'huiles et graisses. ....	10
Figure I.5:Décanteur lamellaire. ....	13
Figure I.6:Décanteur cylindro-conique. ....	13
Figure I.7: Les mécanismes mis en jeu dans le lagunage naturel. ....	15
Figure I.8: lagunage aéré. (www.isma.fr).....	16
Figure I.9: système d'épandage des eaux.....	17
Figure I.10: lit bactérien avec sprinkler. ....	18
Figure I.11: Procédé d'épuration par disque biologique. ....	18
Figure I.12: procédé d'épuration par boues activées. ....	20
Figure I.13: bassin d'aération (procédé à boues activées). ....	20
Figure I.14: étape de dégradation biologique de l'azote.....	21
Figure II.1:Situation géographique de la wilaya de mascara. ....	26
Figure II.2 : Carte géologique de la wilaya de MASCARA (Benfetta. H. 1997).....	27
Figure II.3: situation sismique de la région nord-ouest.....	28
Figure II.4: situation climatique de la wilaya de mascara.....	29
Figure II.5:La Répartition de la population par commune. (www.aniref.dz).....	31
Figure II.6 : La machine NEP de la laiterie EL-AMIR « nettoyage en place ».....	40
Figure II.7 : tank à lait de la laiterie EL-AMIR.....	40
Figure III.1: une centrifugeuse (source : www.directindustry.fr).....	47
Figure IV.1: Synoptique de la station d'épuration.....	56
Figure IV.2: Schéma d'un tamis rotatif à alimentation externe).....	60
Figure IV.3: Principe de fonctionnement d'un flottateur à air pressurisé. ....	63
Figure IV.4: Les différentes phases d'un cycle SBR. ....	71
Figure IV.5: Fonctionnement d'une table d'égouttage.....	73
Figure IV.6: lit planté de roseaux. ....	74
Figure V.1: les domaines d'utilisation des eaux usées épurés.....	82

# Liste des tableaux

Tableau II.1: composition de l'eau.....	25
Tableau II.2:la variation de la température de la wilaya de MASCARA .....	30
Tableau II.3: fréquences des vents. Source : notice d'impact de la laiterie.....	30
Tableau II.4:humidité relative. Source : notice d'impact de la laiterie.....	31
Tableau II.5:Classification hydrotimétrique des eaux. ....	37
Tableau II.6: les teneurs recommandées des eaux de chaudières .....	37
Tableau IV.1: Charge à traiter par la station. Source : bulletin d'analyse de la laiterie .....	54
Tableau IV.2: les normes de rejets (corps gras).....	54
Tableau IV.3: Résultats des tests de coagulation / floculation / décantation.....	62
Tableau IV.4: les concentrations après le traitement primaire .....	64
Tableau IV.5: Les charges du bassin d'aération.....	67
Tableau IV.6: valeur des coefficients a' et b' en fonction de la charge massique.....	70
Tableau IV.7: les concentrations après le traitement biologique.....	70
Tableau IV.8: Les différents types de déshydratation .....	72
Tableau V.1: Capacité et envasement des barrages de la Wilaya de Mascara. ....	80
Tableau V.2: Bilan hydrique de la Wilaya de Mascara. ....	81
Tableau V.3: la comparaison entre Les principaux systèmes d'irrigation.....	83
Tableau V.4: Tolérance des cultures à la salinité du sol CEe (FAO, Bulletin n° 29).....	85

# Liste des planches

Planche 1 : plan de masse

Planche 2 : profil hydraulique

Planche 3 : ouvrages de la station

Planche 4 : plan d'implantation

# Introduction générale

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et ses activités. Elles peuvent détériorer l'environnement, causer l'altération des ressources en eau de surface et souterraines et engendrer des graves problèmes pour la santé publique d'où la nécessité de traiter ces eaux usées avant de les rejeter dans le milieu récepteur.

L'épuration des eaux usées industrielle a donc pour objectif de réduire la charge polluante qu'elles véhiculent. Par conséquent elles devraient être dirigées vers une station d'épuration dont le rôle est de traiter ces eaux pour atteindre des normes bien précises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques et biologiques. L'objectif de ce travail est de :

- Proposer une filière de traitement du rejet de laiterie
- Dimensionner la filière de traitement des eaux et des boues.
- L'étude des caractéristiques de l'eau traitée pour choisir les cultures à irriguer

Pour ce faire, Ce mémoire est scindé en 5 chapitres nous avons structuré notre travail comme suit :

Introduction Général

Chapitre I : généralités sur le fonctionnement des stations d'épuration

Chapitre II : l'OROLAIT (zone d'étude)

Chapitre III : Traitement des boues.

Chapitre IV : Conception et dimensionnement de la station d'épuration

Chapitre V : La réutilisation des eaux épurés en Agriculture.

Conclusion Générale.

# **Chapitre I. Généralités sur le fonctionnement des stations d'épuration**

## **I.1 Introduction**

L'eau est l'une des ressources fondamentales de notre planète et nous devons absolument faire tout notre possible pour la protéger. Les eaux résiduaires englobent les eaux usées des ménages ainsi que l'eau utilisée dans les procédés industriels. Lorsqu'elles ne sont ni traitées ni purifiées, elles polluent les mers et les rivières avec les conséquences négatives inévitables pour l'environnement. Afin de remédier à ce problème de pollution et ainsi contribuer à la protection de notre environnement, on procède au traitement de ces eaux par l'intermédiaire d'ouvrages spécifiques appelés Station d'épuration (STEP). Le processus d'épuration des eaux usées se fait en trois étapes principales : primaire, secondaire et tertiaire.

Dans ce chapitre, on va définir en premier les différents types d'eaux usées ainsi que leurs caractéristiques, puis on présentera les STEP ainsi que leur fonctionnement.

## **I.2 Définition des eaux résiduaires industrielles**

Sont toutes les eaux rejetées par l'usine dans le milieu extérieur, après avoir contribué à la fabrication, au nettoyage, au transport, au refroidissement...etc. On exclue généralement les eaux pluviales sauf si elles sont polluées suite aux lessivages des toitures d'usines fortement polluées (par exemple, cimenteries, centrales thermiques, etc.) ou des sols de sites industriels en activité ou à l'abandon, contaminés par des substances diverses (composés azotés, hydrocarbures, sels métalliques).

Les caractéristiques des eaux résiduaires industrielles se différencient en fonction de l'origine de l'eau et de son utilisation dans l'usine.

## **I.3 Différents types de rejets industriels**

### **I.3.1 Eaux des circuits de refroidissement**

En générale elles ne sont pas polluées, car elles ne sont pas en contact direct avec les produits fabriqués et peuvent être recyclées. Sauf dans le cas des rejets des purges des circuits d'eau de réfrigération qui peuvent contenir une quantité plus ou moins importante de produits chimiques comme des anti-tarte, anticorrosion, antibactérien, eau de javel...etc. [1]

### **I.3.2 Eaux de lavage des sols et des machines**

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. La production et le degré de pollution de ces effluents résiduaires sont souvent importants à la fin de la période de travail et au cours des nettoyages de fin de semaine et des périodes de congés.

### I.3.3 Eaux de fabrication

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. C'est dans l'industrie alimentaire, l'industrie chimique, celle des pâtes et papiers, ainsi que dans certaines branches de l'industrie textile qu'on trouve l'essentiel de la pollution organique dissoute, qui peut avoir un caractère plus ou moins biodégradable et un degré de pollution plus ou moins important.

### I.3.4 Rejets des services généraux

Ce sont essentiellement les eaux usées domestiques de l'usine qui présentent des caractéristiques particulières et sont biodégradable.

## I.4 Caractéristiques des eaux usées industrielles :

La caractérisation des eaux résiduaires industrielles est assez délicate du fait de leur caractère multiple de la pollution. En effet On a affaire généralement à des mélanges de produits organiques et minéraux qui peuvent être présents sous trois formes : soluble, colloïdale ou en suspension. Donc leur caractérisation se fait en se reflétant à quelques paramètres tels que :

- PH (acidité, basicité),
- Température,
- Salinité, minéralisation (par des mesures de conductivité),
- Oxygène dissous.

### I.4.1 Définitions des principales caractéristiques des eaux usées

- **Les matières en suspension (MES)** : c'est la fraction non dissoute (minérale et organique) de la pollution. Les MES contribuent aussi à déséquilibrer le milieu aquatique en accroissant la turbidité et peuvent avoir un effet néfaste direct sur l'appareil respiratoire des poissons
- **La demande biologique en oxygène (DBO)** : est un paramètre global qui exprime la quantité d'oxygène qu'une biomasse épuratrice va consommer pour décomposer les matières organiques contenues dans l'effluent. Elle est donc représentative de la somme des matières organiques biodégradables. Elle est généralement mesurée en 5 jours (DBO5)
- **La demande chimique en oxygène (DCO)** : elle représente de la quantité de matières organiques oxydables par voie chimique. Elle est exprimée en mg de O<sub>2</sub>/L.
- **La DTO ou demande totale en oxygène** : (exprimée en mg O<sub>2</sub>/L) elle représente

consommation d'oxygène par une technique instrumentale qui réalise l'oxydation directe des matières organiques par une combustion catalytique à 900 °C.

- **Les matières oxydables ou MOX** : (exprimées en mg O<sub>2</sub>/L) correspondent à une moyenne pondérée de la DCO et de la DBO<sub>5</sub>, mesurées après décantation 2 h suivant la formule :

$$MOX = \frac{DCO + DBO5}{3} \quad (I. 1)$$

- **Le COT (ou Carbone Organique Total)** : La mesure du carbone organique total permet de donner une indication directe de la charge organique d'une eau. Les composés organiques sont 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...etc.

### **I.5 Eléments traces métalliques (ETM) :**

ceux sont des substances toxiques regroupant les métaux lourds et d'autres composés inorganiques non biodégradables. Les plus contrôlés sont le : Arsenic, Cadmium, Chrome, Cuivre, Mercure, Nickel, Plomb, Sélénium, Zinc. Le fonctionnement d'une station d'épuration

#### **I.5.1 Définition**

Une station d'épuration est une usine de dépollution des eaux usées avant leur rejet au milieu naturel, en général dans une rivière ou cours d'eau. Elle est installée généralement à l'extrémité d'un réseau de collecte, sur l'émissaire principal, juste en amont de la sortie des eaux vers le milieu naturel. [1]

Elle ressemble une succession de dispositifs, empruntés tour à tour par les eaux usées. Chacun de ces dispositifs est conçu pour extraire un ou plusieurs polluants contenus dans ces eaux usées.

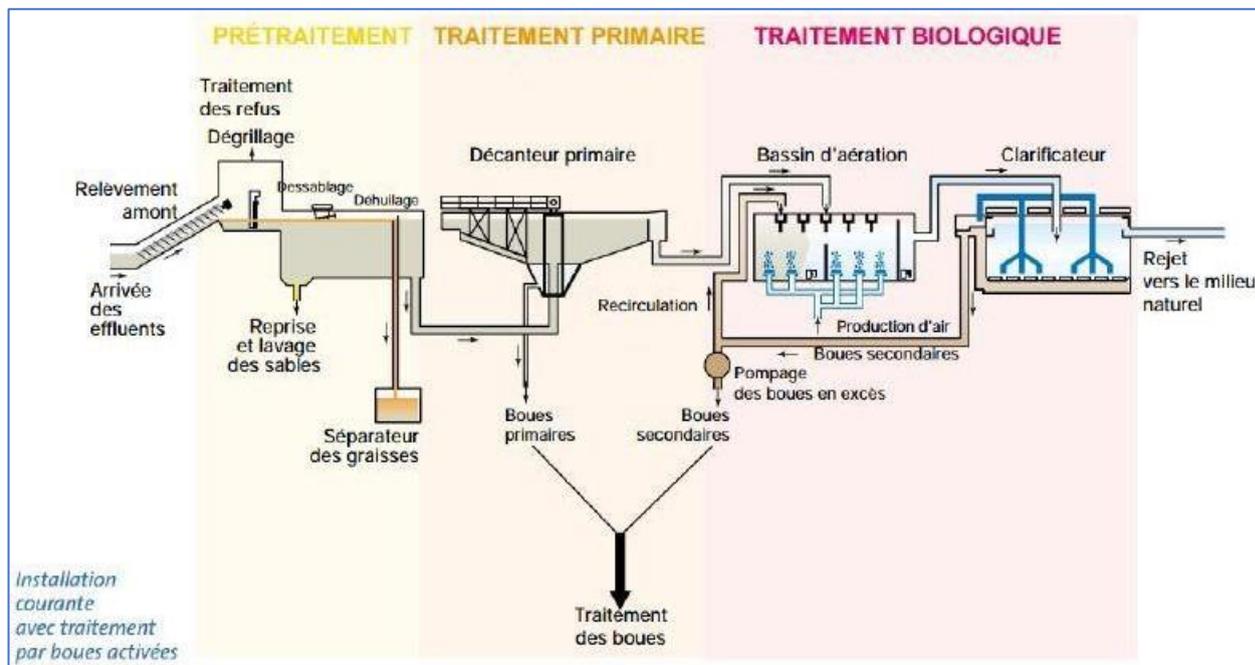


Figure I.1: Schéma représentant les étapes du traitement d'eau usée. (cours épuration )

D'une manière générale, une installation de traitement centralisée des rejets industriels comporte classiquement la succession des stades de traitement suivants :

### I.5.2 Le prétraitement

Les eaux usées transportent des matières en suspension très hétérogènes et souvent volumineuses. Les prétraitements ont un rôle déterminant sur les conditions de fonctionnement de la station d'épuration. Ils doivent servir à éliminer la partie de la pollution la plus visible, gênante sur le plan de l'exploitation des ouvrages.

Les prétraitements sont composés d' :

- Un dégrillage.
- Un dessablage.
- Un dégraissage.
- Un tamisage

**Remarque :** Généralement, le transport des eaux usées vers la station d'épuration est de façon gravitaire mais si la station d'épuration se situe à un point plus élevé que le point de rejet des eaux usées, un

---

relevage est utilisé. Le relevage se fait soit avec une vis d'Archimède soit par un poste de relevage (des pompes).

### **I.5.2.1 Dégrillage**

Le dégrillage est implanté à l'amont de toute installation de traitement d'eaux usées, parmi ses fonctions :

- Protection de la station contre l'arrivée intempestive des gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.
- Séparation et évacuation des matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements.

En effet, pour ce système de grille c'est l'espacement entre les barreaux qui permet de fixer la taille des déchets à éliminer, pour cela, on distingue trois types de dégrillage en fonction de la taille des détritiques à éliminer :

- Le dégrillage fin pour un écartement de 3 à 10 mm.
- Le dégrillage moyen pour un écartement de 10 à 25 mm.
- Le pré dégrillage pour un écartement de 50 à 100 mm.

Le dégrillage est assuré par une grille à nettoyage normal ou par une grille mécanique.



Figure I.2: Dégrilleur mécanique (source : [www.hellopro.fr](http://www.hellopro.fr))

### I.5.2.2 Tamisage

Cette opération utilise des grilles de plus faible espacement, peut parfois compléter cette phase du prétraitement ; elle est mise en œuvre dans le cas d'eaux résiduaires chargées de matières en suspension de petite taille. On distingue :

- Le macro-tamisage (dimensions de mailles  $> 250\mu$ )
- Le micro-tamisage ( $30\mu < \text{vide de maille} < 150\mu$ ).

On distingue principalement trois fonctions du tamisage :

- La récupération des déchets utilisables.
- La protection des canalisations ou des pompes (en évitant l'obstruction).
- La limitation des risques de dépôts et de fermentation.

### **I.5.2.3 Dessablage**

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, sable, et particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites et conduites, à protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion.

Cette opération s'effectue grâce à la vitesse de sédimentation élevée des particules devant être supérieure à la vitesse de passage de l'eau de manière à éviter l'entraînement par le courant d'eau.

On distingue divers types de dessableurs :

- Dessableurs à couloir simple.
- Dessableurs à couloir à vitesse d'écoulement constante.
- Dessableurs circulaires.
- Dessableurs rectangulaires aérés.

L'extraction du sable est réalisée automatiquement :

- Par un ensemble d'émulseurs d'air à fonctionnement synchronisé.
- Par raclage vers une fosse de collecte d'extrémité, suivi d'une reprise par pompage.
- Directement par pompe suceuse montée sur le pont roulant.

### **I.5.2.4 Le dégraissage-déshuilage**

Le déshuilage est destiné à extraire les graisses et huiles figées et émulsionnées dans les eaux brutes.

Cette opération fait appel phénomène de la flottation, basé sur la notion de différence de masse volumique des constituants de l'effluent, en tirant profit de l'aptitude qu'ont les graisses à s'unir avec les bulles d'air pour former un ensemble « graisse-air » moins dense que l'eau, engendrant ainsi un déplacement ascendant de cet ensemble qui se concentrera sur la surface de l'ouvrage. Les graisses sont alors extraites par un système de raclage mécanique de la surface du dégraisseur. Pour qu'un dégraissage soit efficace, il faut que la température de l'eau soit inférieure à 30°C.

En générale les opérations de dessablage et dégraissage-déshuilage sont concentrées dans un même ouvrage ; les sables sont récupérés au fond de l'ouvrage par un raclage de fond (sédimentation) et les huiles et graisses sont raclées sur l'eau puisque leur densité est inférieure à celle de l'eau (elles flottent soit naturellement soit accélérées à l'aide d'aérateurs de dégraissage) à l'aide d'un racleur de surface.



Figure I.3: Dessablage, déshuilage et dégraissage dans un seul ouvrage (Source : [www.u-picardie.fr](http://www.u-picardie.fr))



Figure I.4: Photo d'un racleur d'huiles et graisses ([www.u-picardie.fr](http://www.u-picardie.fr)).

### I.5.3 Le traitement primaire

Le traitement primaire fait appel à des procédés physiques, comme la décantation, et de procédés physico-chimiques, tels que la coagulation- floculation. La principale opération effectuée dans le traitement primaire est la décantation. Cette opération vise à extraire de l'eau les matières en suspension d'origine

---

minérale ou organique décantables de la fraction liquide par sédimentation permettant d'éliminer jusqu'à 30 % de la **DBO<sub>5</sub>** et 60 % environ de **MES** de l'effluent prétraité.

La vitesse lente de l'eau permettra le dépôt des matières en suspension au fond du décanteur constituant des boues primaires fraîches. Celles-ci doivent être rapidement éliminées afin d'éviter la fermentation. Elles rejoindront alors les boues secondaires (provenant du traitement secondaire) qui seront traitées par la suite.

La décantation s'effectue dans des ouvrages rectangulaires ou circulaires, munis de racleurs de fond et de surface pour extraire les boues recueillies. Les principaux coagulants minéraux utilisés en eaux résiduaires urbaines sont le sulfate d'alumine, le chlorure ferrique, le sulfate ferreux et le chlorosulfate de fer. Les flocculants organiques les plus employés sont des polymères synthétiques de haut poids moléculaire.

Le traitement se déroule en 4 phases :

#### **I.5.3.1 Coagulation**

Elle Consiste à déstabiliser des suspensions pour faciliter leur agglomération. Il faut neutraliser leurs charges de manière à réduire leurs forces de répulsion. Ainsi, les colloïdes présents dans les eaux de rivière sont généralement chargés négativement. Il faut donc ajouter des coagulants de charge positive, tels que les sels métalliques (de fer et d'aluminium) afin de former des flocons. Ces derniers sont petits et fragiles donc instables, c'est à ce moment qu'intervient la floculation.

#### **I.5.3.2 Floculation**

La floculation a pour but de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées lors de la coagulation pour former des flocs facilement décantables par ajout d'un flocculant, généralement un polymère. La coagulation-floculation permet ainsi l'élimination des particules très petites et difficilement décantables.

#### **I.5.3.3 Neutralisation**

A pour objet de modifier le pH d'une eau résiduaire pour l'amener à une valeur déterminée pour favoriser un traitement ultérieur ou permettre le rejet dans un milieu récepteur. Il s'agit d'une opération dans laquelle on ajoute à une eau à caractère basique ou acide une quantité suffisante soit d'acide soit de base, de manière à réaliser un échange protonique complet entre les deux constituants. L'introduction automatique du réactif dans le milieu réactionnel est asservie à une chaîne de régulation de pH.

#### **I.5.3.4 Décantation**

La décantation a pour rôle d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en général des particules de floc ou des particules résultant de la précipitation qui

a lieu lors des traitements d'adoucissement ou d'élimination du fer et du manganèse. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement.

Le traitement primaire se fait dans un décanteur primaire. Il existe plusieurs types de ce dernier :

- Décanteur rectangulaire avec raclage de boues.
- Décanteur cylindro-conique.
- Décanteur circulaire avec raclage de boues.
- Décantation lamellaire.



Figure I.5: Décanteur lamellaire. (Source : [ecolycee.e-monsite.com](http://ecolycee.e-monsite.com))



Figure I.6: Décanteur cylindro-conique. (source : [www.actibio.fr](http://www.actibio.fr))

## **I.5.4 Le traitement biologique (secondaire)**

L'épuration des eaux usées fait généralement appel au processus biologique qu'il s'agisse de procédé par boues activées, par lits bactériens ou par lagunage. La pollution organique comprend une fraction biodégradable estimée par la demande biologique en oxygène ou DBO<sub>5</sub> et une fraction non biodégradable estimée par la demande chimique en oxygène ou DCO (paramètre de référence) de l'eau brute.

Les traitements biologiques ne s'attaquent évidemment qu'à la fraction biodégradable de la pollution organique. Cette opération n'est rendue possible que par l'existence d'une flore bactérienne, dans laquelle on retrouvera des champignons, des larves... etc., qui dégradent les matières organiques présentes dans l'eau brute pour leurs besoins spécifiques (nutrition, croissance, reproduction). La dégradation des matières organiques est le résultat du métabolisme bactérien.

Dans la pratique, l'épuration biologique est mise en œuvre de la façon suivante :

- Un réacteur biologique (bassin d'aération, disques ou lits. Lagune aéré) dans lequel l'eau usée est mise en contact avec la biomasse aérée artificiellement ou naturellement.
- Un clarificateur dont le rôle est de séparer l'eau épurée et la boue biologique. Dans le cas d'un lagunage aéré, le dernier bassin (non aéré) fait office de clarificateur.

Les différents procédés d'épuration biologique sont les suivants :

- Le lagunage. -
- L'épandage des eaux
- Les lits bactériens. -
- Les boues activées.
- Les disques biologiques.

### **I.5.4.1 Le lagunage**

Le lagunage est un procédé épuratoire naturel des eaux usées. Son principe est d'utiliser la végétation aquatique comme agent épurateur. Ces plantes sont des supports ou des colonies bactériennes. Ce procédé est basé sur l'autoépuration et la photosynthèse.

Le lagunage est simple, écologique, fiable et peu onéreux du fait de son fonctionnement non-mécanisation avec des résultats satisfaisants en matière de décontamination.

- **Lagunage naturel**

L'épuration est assurée grâce à un long temps de séjour, dans plusieurs bassins étanches disposés en série. Le nombre de bassin le plus communément rencontré est de 3. Cependant, utiliser une configuration avec 4 voire 6 bassins permet d'avoir une désinfection plus poussée. Le mécanisme de base sur lequel repose le lagunage naturel est la photosynthèse. La tranche d'eau supérieure des bassins est exposée à la lumière. Ceci

permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et maintien des bactéries aérobies. Ces bactéries sont responsables de la dégradation de la matière organique.

Le gaz carbonique formé par les bactéries, ainsi que les sels minéraux contenus dans les eaux usées, permettent aux algues de se multiplier. Il y a ainsi prolifération de deux populations interdépendantes : les bactéries et les algues planctoniques, également dénommées "microphytes". Ce cycle s'auto-entretient tant que le système reçoit de l'énergie solaire et de la matière organique.

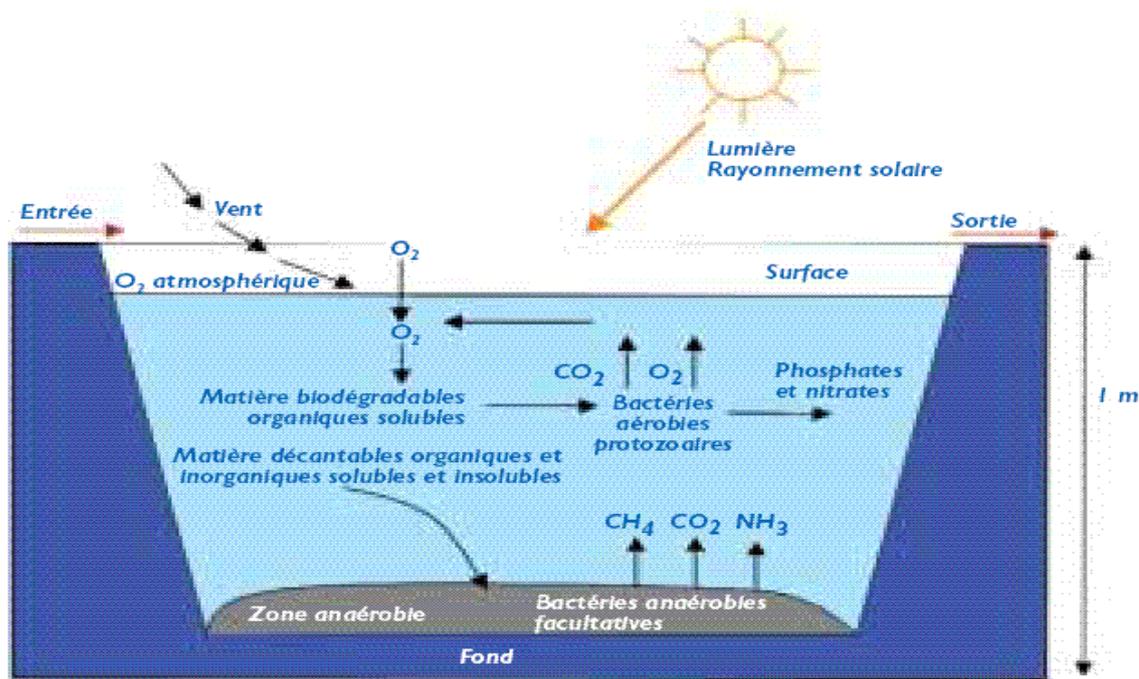


Figure I.7: Les mécanismes mis en jeu dans le lagunage naturel. (Memoireonline.com)

- **Lagunage aéré**

L'oxygénation est, dans le cas du lagunage aéré, apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Ce principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu.

La consommation en énergie des deux filières est, à capacité équivalente, comparable (1,8 à 2 kW/kg DBO5 éliminée).



*Figure I.8: lagunage aéré. (www.isma.fr)*

#### **I.5.4.2 L'épandage des eaux**

La première technique d'épuration des eaux usées des agglomérations a été celle des champs d'épandage, son principe consiste à déverser directement sur le sol perméable de l'eau usée. L'utilisation des sols comme système épurateur met à profit :

- Ses propriétés physiques et physico-chimiques : filtration adsorption échange d'ions et pouvoir de rétention.
- Ses propriétés biologiques : action de la microflore et des végétaux. Le système épurateur est donc composé à la fois du sol et des cultures.



Figure I.9: système d'épandage des eaux ([assainissement.comprendrechoisir.com](http://assainissement.comprendrechoisir.com))

### Avantages

- Coûts globaux souvent plus faibles.
- Exploitation et entretien simples.
- Possibilité d'utiliser le site à des fins récréatives.
- Fiabilité des installations lorsque bien construites dans un site propice.
- Rendement élevé et uniforme.

### Inconvénients

- Coûts des dommages environnementaux en cas de mal fonctionnement importants.
- Risque de colmatage et de remontée de nappe.
- Grande superficie.

#### I.5.4.3 Lits bactériens

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs. Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et

des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux.



Figure I.10: lit bactérien avec sprinkler. (Source : [www.ricom-web.com](http://www.ricom-web.com))

#### I.5.4.4 Disques biologiques

Une autre technique faisant appel aux cultures fixées est constituée par les disques biologiques tournants. Les micro-organismes se développent et forment un film biologique épurateur à la surface des disques. Les disques étant semi-immergés, leur rotation permet l'oxygénation de la biomasse fixée. Il convient, sur ce type d'installation, de s'assurer :

- De la fiabilité mécanique de l'armature (entraînement à démarrage progressif, bonne fixation du support sur l'axe),
- Du dimensionnement de la surface des disques (celui-ci doit être réalisé avec des marges de sécurité importantes).

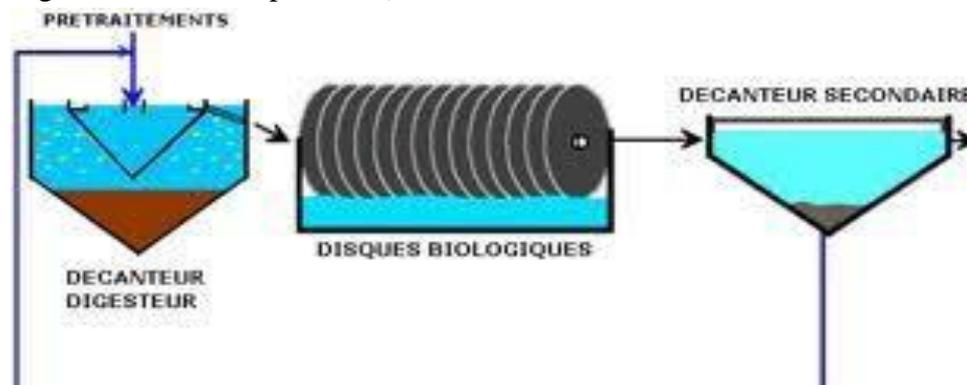


Figure I.11: Procédé d'épuration par disque biologique. (Cours épuration)

### **Avantages des lits bactériens et disques biologiques**

- Faible consommation d'énergie.
- Fonctionnement simple demandant moins d'entretien et de contrôle que la technique des boues activées.
- Bonne décantabilité des boues.
- Généralement adaptés pour les petites collectivités.
- Résistance au froid (les disques sont toujours protégés par des capots ou par un petit bâtiment).

### **Inconvénients des lits bactériens et disques biologiques**

- Sensibilité au colmatage.
- Ouvrages de taille importante si des objectifs d'élimination de l'azote sont imposés
- Coûts d'investissement assez élevés (peuvent être supérieurs d'environ 20 % par rapport à une boue activée).
- Nécessité de prétraitements efficaces.

#### **I.5.4.5 Boues activées.**

Le procédé d'épuration par boues activées a été mis au point par ARDEN et LOCKETT en 1914. Le principe des boues activées réside dans une intensification des processus d'autoépuration que l'on rencontre dans les milieux naturels.

Le procédé "boues activées" consiste à mélanger et à agiter des eaux usées brutes avec des boues activées liquides, bactériologiquement très actives. La dégradation aérobie de la pollution s'effectue par mélange intime des microorganismes épurateurs et de l'effluent à traiter. Ensuite, les phases "eaux épurées" et "boues épuratrices" sont séparées. Une unité de traitement par boues activées est composée essentiellement de :

- Un bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec la masse bactérienne épuratrice.
- Un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation d'eau épuré et de la culture bactérienne.
- Un dispositif de recirculation des boues assurant le retour vers le bassin d'aération des boues biologique récupérées dans le clarificateur, cela permet de maintenir la quantité de micro-organisme constante pour assurer le niveau d'épuration recherché.
- Un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération.

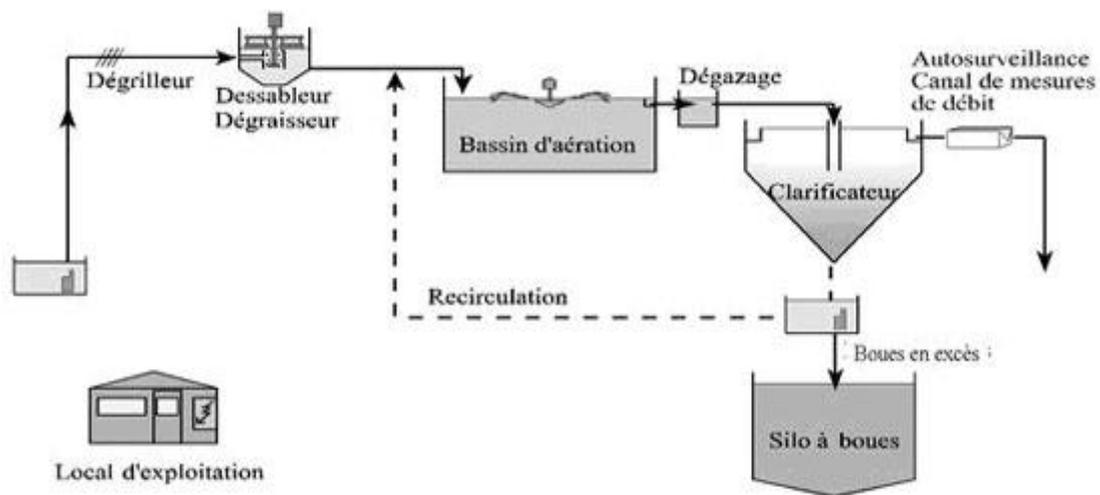


Figure I.12: procédé d'épuration par boues activées. (Source : [www.eau.seine-et-marne.fr](http://www.eau.seine-et-marne.fr))



Figure I.13: bassin d'aération (procédé à boues activées). Source : [www.champagnoleporteduhautjura.fr](http://www.champagnoleporteduhautjura.fr)

### Avantages

- Adaptée pour toute taille de collectivité (sauf les très petites).
- Bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution.
- Adapté pour la protection de milieux récepteurs sensibles.
- Boues légèrement stabilisées.

### Inconvénients

- Coûts d'investissement assez importants.
- Consommation énergétique importante.
- Nécessité de personnel qualifié et d'une surveillance régulière.
- Sensibilité aux surcharges hydrauliques.
- Décantabilité des boues pas toujours aisées à maîtriser.

### I.5.5 Traitement tertiaire

Le traitement tertiaire est un procédé complémentaire qui intervient soit pour Améliorer la qualité de l'eau rejetée quand cette dernière ne répond pas aux normes de rejet, Soit dans un usage industriel (lavage de sols ou de produits, systèmes d'incendie, circuits de refroidissement, eau de procédé, voire alimentation de chaudières), agricole (irrigation) ou municipal (arrosage de golfs, de pelouses ou de terrains de jeu....) ou leur recyclage (partiel ou total) vers les ateliers de fabrication d'où elles proviennent.

Le traitement tertiaire comprend des procédés divers et spécifiques pour éliminer des polluants qui résistent au traitement primaire et secondaire.

#### I.5.5.1 Traitement de l'azote :

On parle de traitement tertiaire de l'azote lorsque, après un traitement biologique secondaire qui permet éventuellement un abattement partiel des formes azotées, le taux d'azote dans l'effluent reste élevé est nécessite une étape de dénitrification. La dégradation bactérienne de la pollution azotée s'effectue en plusieurs étapes

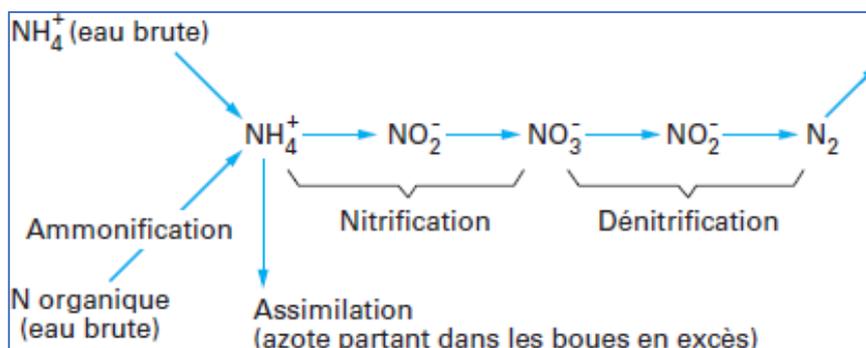


Figure I.14: étape de dégradation biologique de l'azote. (Source : cours épuration)

Le traitement biologique de l'azote est étroitement lié au traitement de la DBO<sub>5</sub> : les bactéries dénitrifiantes sont hétérotrophes et nécessitent donc la présence d'une source carbonée organique. On pourra retenir qu'il faut généralement de l'ordre de 3 g de DBO<sub>5</sub> par gramme de N-NO<sub>3</sub> à dégrader.

#### I.5.5.2 Traitement du phosphore :

Les normes de rejet sur le phosphore sont de plus en plus sévères pour limiter les phénomènes d'eutrophisation, dus aux phosphates, dans les lacs et les cours d'eau. Dans un effluent industriel, le phosphore est en excès lorsque, le phosphore résiduel demeure supérieur à la norme de rejet. Dans ce cas un traitement spécifique du phosphore s'impose.

### **I.5.5.3 Réduction de la DCO dure :**

La DCO dure appelée aussi DCO ultime ou bien DCO réfractaire est une DCO qui résiste aux traitements précédents (primaire et secondaire). Elle est généralement due à la présence de molécules organiques difficiles à dégrader, issues de la chimie de synthèse : phénols, composés organohalogénés (AOX), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), huiles minérales, pesticides, détergents, colorants, solvants, ou encore tensioactifs. Il existe deux techniques pour éliminer la DCO dure :

- Les techniques chimiques ou bien destructives dont les principes consistent en l'oxydation des composés responsable de la DCO dure, l'oxydant le plus utilisé dans ces techniques
- Les techniques physiques, dites séparatives, qui permettent d'extraire de l'effluent les substances responsables de la DCO dure pour un traitement ultérieur. L'adsorption sur charbon actif est la technique la plus utilisée.

## **I.6 Conclusion**

Le traitement des eaux usées industrielles décrit les procédés utilisés pour traiter les eaux usées produites par les industries en tant que sous-produits indésirables. Le but de ces méthodes est de minimiser une telle production ou de recycler les eaux usées traitées dans le processus de production.

## **Chapitre II. La laiterie EL-AMIR (zone d'étude)**

---

## **II.1 Introduction :**

Dans les industries, l'eau peut être considérée comme une matière première de base. Les usines peuvent avoir besoin des types d'eaux industrielles très divers selon les usages prévus : eau de procès, eau de chaudière, eau de refroidissement etc.

Un des objectifs de ces industries est de conserver les qualités organoleptiques et l'aspect des produits traités.

## **II.2 Généralités sur l'eau :**

L'eau est un liquide incolore, inodore, sa saveur a été pure, il joue un rôle essentiel dans la nature. 1.34 Milliards de kilomètres cubes d'eau est sous forme d'eau salée dont les océans (2.4%) constituent les glaciers et les calottes polaire et 0.6% forment les fleuves, les rivières, les étangs, les lacs et surtout les nappes souterraines.

L'eau est considérée comme un milieu conducteur des substances organiques minérales utiles et nutritives aux êtres vivants. La présence des chlorures confère à l'eau une saveur désagréable. Ils peuvent provoquer une corrosion des canalisations et réservoirs. Ils limitent aussi les rendements des terres agricoles.

### **II.2.1 Compositions de l'eau :**

Les constituants de l'eau peuvent être résumés comme l'indique le tableau suivant :

**Tableau II.1: composition de l'eau. (Cours épuration)**

La formule des matières	La nature des matières
Matière en suspension (insoluble ou colloïdale)	–Sable, argile, fer –Débris, des roches et végétaux -matières organiques -sels minéraux –Anions : –Hydrate ( $OH^-$ ) -Carbonates ( $CO_3$ ) –Silicates ( $SiO_3^-$ ) –Sulfates ( $SO_4^{2-}$ ) –Chloreuses ( $Cl^-$ ) –Cations : –Magnésium ( $Mg^{2+}$ ) –Calcium ( $Ca^{2+}$ ) – Fer ( $Fe^{2+}$ ) -potassium ( $K^+$ ) –Sodium ( $Na^{2+}$ ) –Gaz dissous ou combines -Oxygène
Micro organique	-Gaz carbonique + azote

### II.2.2 Modes d'utilisation des cours d'eau :

Parmi les principaux modes d'utilisation on peut citer :

- L'alimentation en eau potable et l'évacuation des eaux usées des villes et des communes.
- L'alimentation en eau industrielle et le rejet des eaux résiduaires dans l'industrie.
- L'alimentation de l'agriculture.
- Le transport des marchandises par bateaux.
- L'exploitation de centrales hydro-électriques.

## II.3 Présentation de la wilaya de mascara

### II.3.1 Situation géographique de la wilaya de mascara

La Wilaya de MASCARA se situe au nord-ouest de l'Algérie à 360 km à l'ouest d'Alger et à 90 km au sud d'est d'Oran sur la pente Sud des Monts des Beni-Chougrane qui font partie de la chaîne de l'Atlas tellien et dominant la plaine de Gheris au Sud. Avec une superficie de 5 135 km<sup>2</sup>

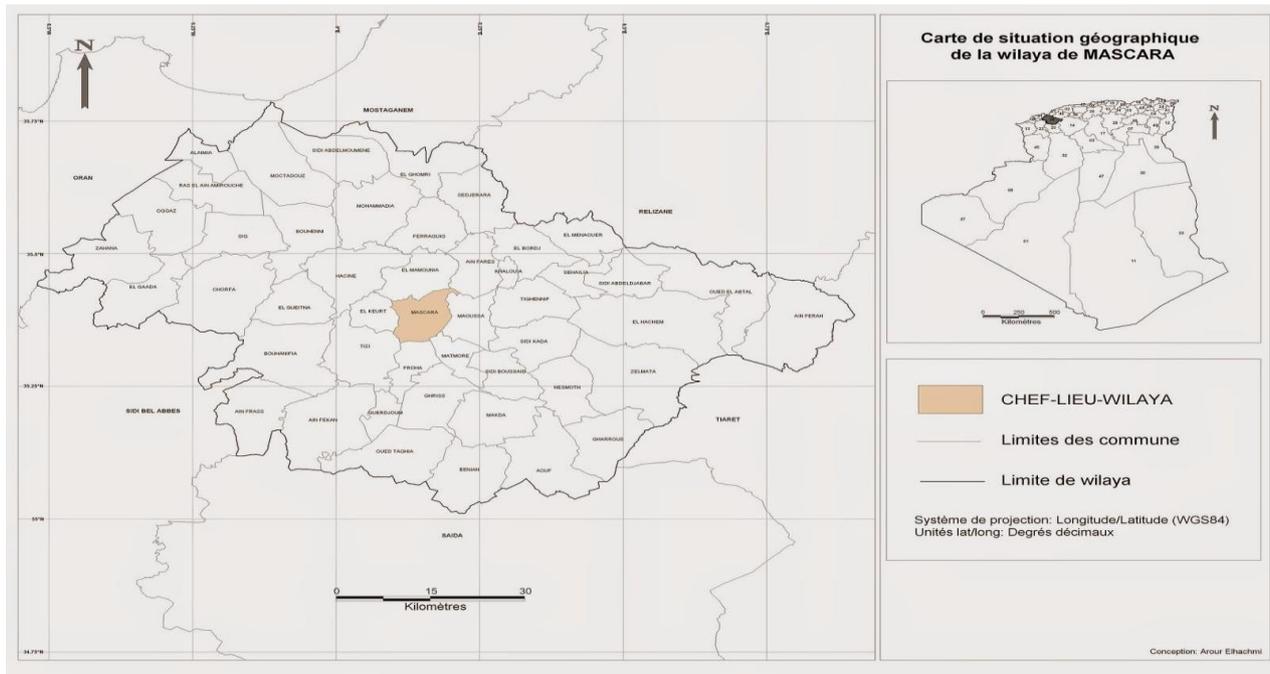


Figure II.1: Situation géographique de la wilaya de mascara. (Source : <http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com>)

#### II.3.1.1 Situation géographique de la laiterie EL AMIR

La laiterie EL AMIR est située à 1km à l'est de la commune de TIZI et à 8 km du chef-lieu de la wilaya de MASCARA. La laiterie EL-EMIR est délimité par :

- Au Nord : par la RN°7.
- A l'ouest : par un chemin de fer.
- A l'est : par une route.
- Au sud : par un terrain agricole

#### II.3.1.2 Situation géologique

Avant la réalisation de la station d'épuration de la laiterie EL-EMIR, on s'est basé essentiellement sur la synthèse des données de prospection géophysique, de l'extrait de la carte géologique des différentes régions de la wilaya de MASCARA et des coupes de forages réalisés dans les parages de l'unité. Donc les données sont les suivants : (d'après le cabinet d'étude et expertises en environnement MASCARA SARL TRD).

- **Le Quaternaire** : Le Quaternaire récent correspond à des alluvions dont le caractère essentiel est la prédominance des éléments fins (limons), ces limons correspondent à d'anciennes vase asséchées qui recouvrent les plaines de Ghriss, vallée de l'Oued TAGHIA, jusqu'à Mascara. Le Quaternaire ancien est représenté par des sédiments : alluvionnaires. Sable, grès, galets, des passages argileux et limoneux.
- **Le Pliocène continental** : Cette formation affleure entre Mascara et Saïda et à l'Ouest aux environs de Mascara.
- **Le Mio-Pliocène** : Cet étage affleure largement dans la région de s'étalant entre Mascara et Sidi Bel Abbes. Il est représenté par des grès argileux à marneux.
- **Le Miocène supérieur** : Cette formation affleure dans la région entre Ain Frass et Ain Fékan au Nord de la 'allée de l'Oued TAGHIA. Il est constitué principalement par des terrains marneux.
- **Le Miocène moyen** : Il affleure dans la région de Sidi Bel Abbes, 2000 33s terrains argilo-sableux.
- **Le Crétacé intérieur** : Il correspond à des grès calcaires 11 0318318 dans la région entre Saïda et Mascara t localement à l'Ouest de Oued TAGHIA.

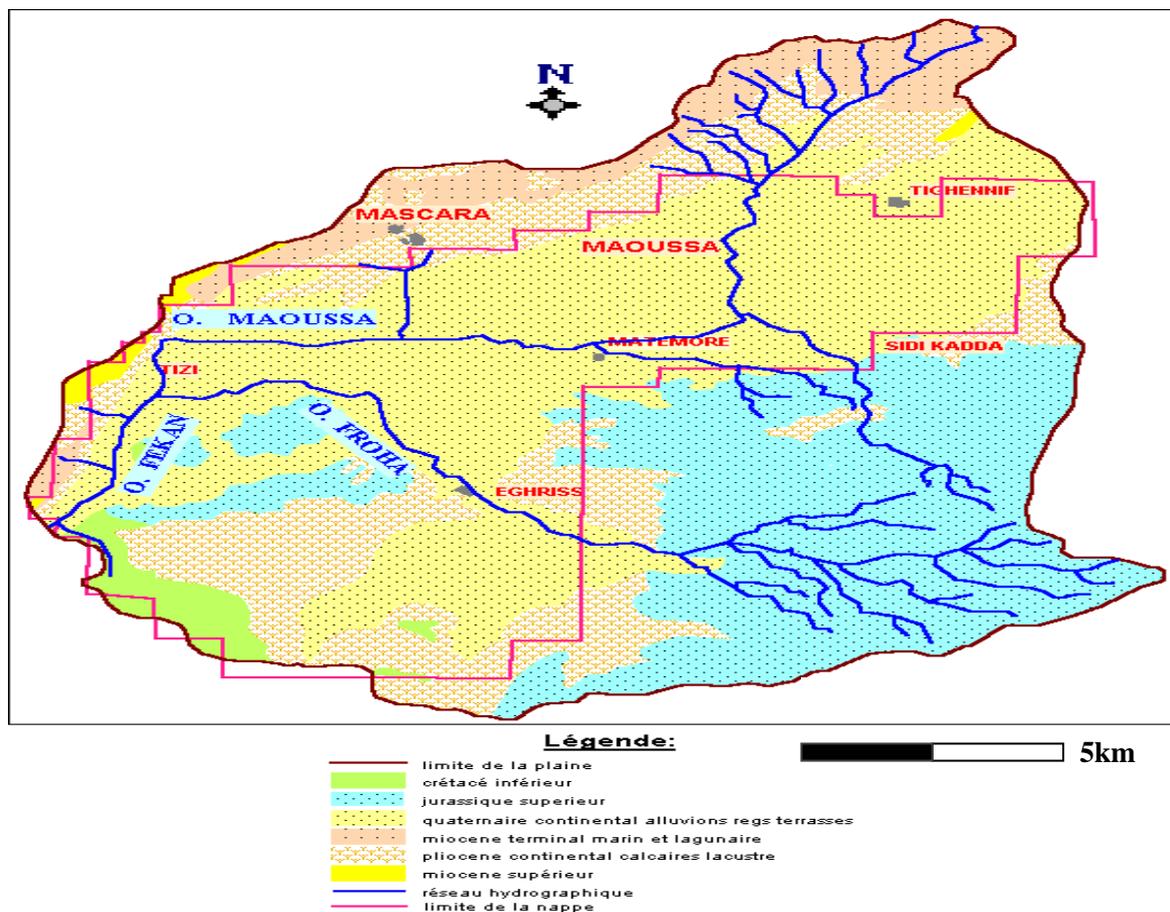


Figure II.2: Carte géologique de la wilaya de Mascara (Benfetta. H. 1997).

### II.3.1.3 La sismicité de la wilaya de mascara

Cette région est incluse dans la zone sismique II qui est de sismicité moyenne. elle a été le siège d'un séisme de magnitude 5,7 le 18 août 1994, qui a fait 22 victimes et des dégâts importants. Le mécanisme focal inverse traduit le régime compressif de la sismicité des monts de Beni Chougrane, un faisceau de plis anticlinaux et de chevauchements qui bordent la région de Mascara. Tout récemment, un séisme de magnitude 4,4 s'est produit le 17 août 2005. Ce séisme a été localisé à l'extrémité est des monts des Beni Chougrane, non loin de la zone épiscopale du séisme du 17 août 1994. (Comptes Rendus Géoscience Volume 338, Issues 1-2, January 2006, Pages 126-139).

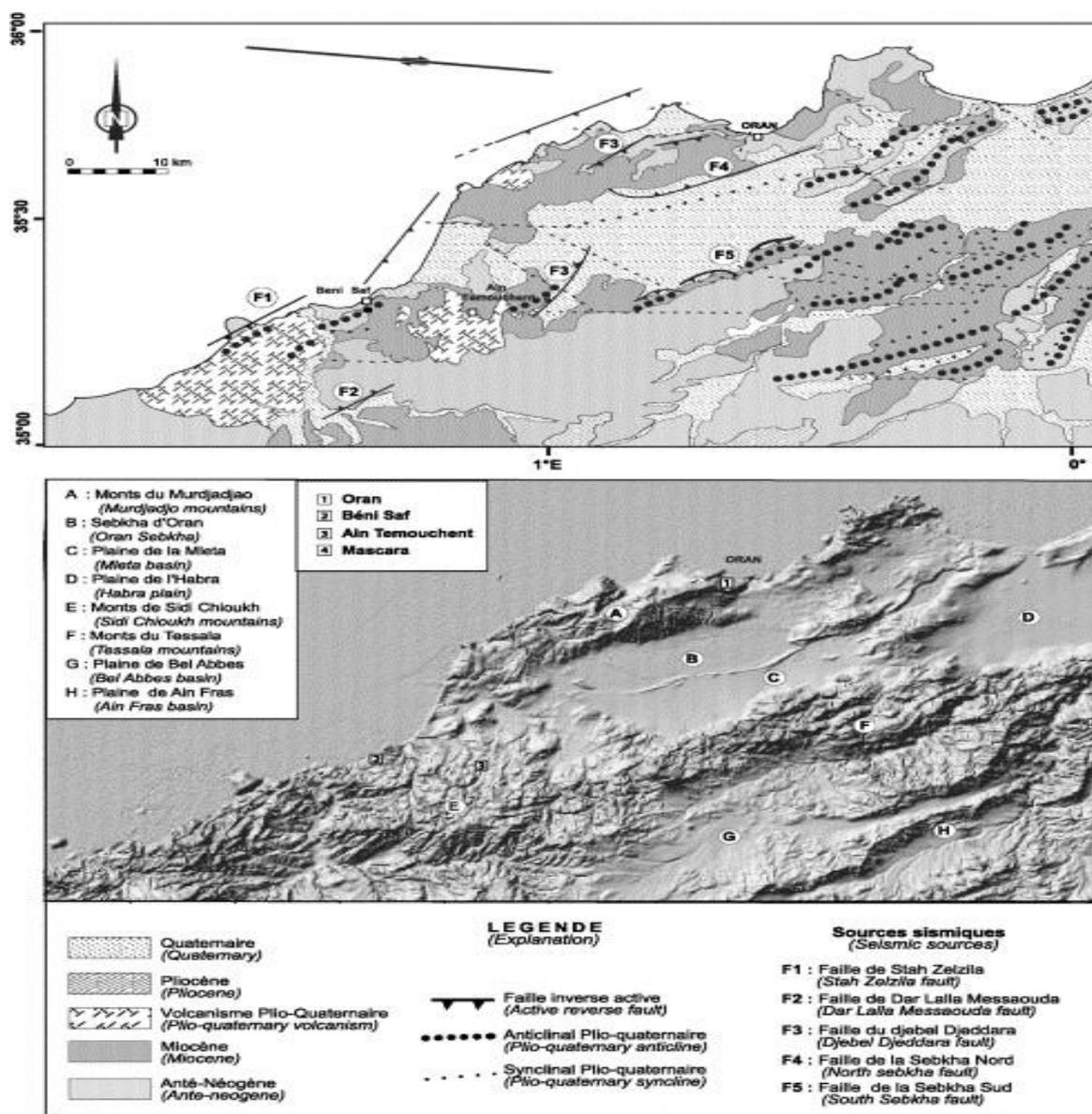


Figure II.3: Carte sismique de la région nord-ouest

### II.3.2 Situation climatique

Le climat est de type méditerranéen avec une tendance à la semi- aridité. Les changements de temps et les chutes de pluies se manifestent surtout à la fin de l'automne et au début du printemps. Au Nord, l'influence des vents marins régularise les pluies pendant une partie de l'année. La présence de brouillard très épais à la fin du printemps. La pluviométrie est en moyenne de 450 mm/an. Au niveau des monts des Beni-chougrane et des monts de Saïda, l'influence de l'altitude et des vents d'ouest apporte à la région une humidité très bénéfique.

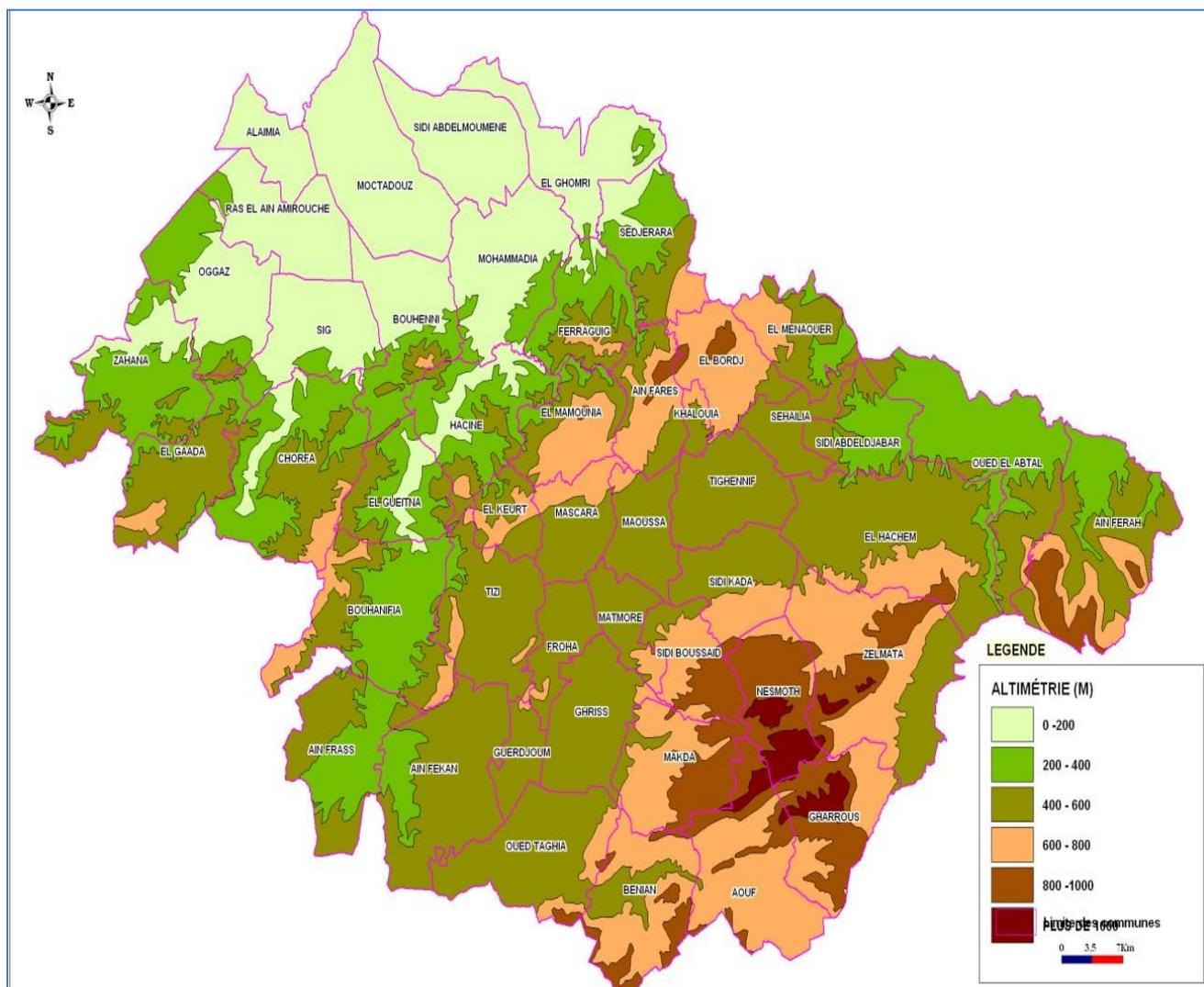


Figure II.4: situation climatique de la wilaya de mascara. Source : aniref.dz

### II.3.2.1 La température

Le tableau suivant représente la variation de la température de la wilaya de MASCARA pour l'année 2018.

**Tableau II.2: la variation de la température de la wilaya de MASCARA (Aniref.dz 2018)**

Mois	Température Moyenne	Température moyenne min/max	Record des températures min/max
<u>Janvier</u>	9	4 / 15	-5 / 24
<u>Février</u>	9	4 / 15	-4 / 29
<u>Mars</u>	12	6 / 18	-3 / 32
<u>Avril</u>	15	8 / 22	0 / 37
<u>Mai</u>	19	12 / 26	2 / 40
<u>Juin</u>	24	16 / 32	5 / 43
<u>Juillet</u>	28	19 / 37	11 / 44
<u>Août</u>	27	19 / 36	12 / 45
<u>Septembre</u>	23	16 / 31	7 / 40
<u>Octobre</u>	19	13 / 26	3 / 39
<u>Novembre</u>	13	8 / 19	0 / 32
<u>Décembre</u>	10	5 / 16	-6 / 28

### II.3.2.2 Les vents

Les vents dominants sont du nord-ouest. L'action des vents est surtout desséchante et augmente l'évapotranspiration.

*Tableau II.2: fréquences des vents. Source : notice d'impact de la laiterie*

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
17%	5%	4%	3%	6%	7%	35%	23%

### II.3.2.3 L'humidité

L'humidité relative régnante dans la région est modérément élevée en hiver et au printemps. Elle se situe entre 37.5% et 68.4 %.

Tableau II.3: humidité relative. Source : notice d'impact de la laiterie.

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
HR%	49.4	59.3	63	68.4	66.4	66	64	62.2	58.3	48	37.5	38.5

### II.3.3 Situation démographique

La wilaya de Mascara s'étend sur un vaste territoire d'une superficie de 5.135 km<sup>2</sup> avec une population estimée à 968 446 habitants (2010), soit une densité de 189 habitants par Km<sup>2</sup>.

La Répartition de la population par commune : (Source : <http://www.aniref.dz/>)

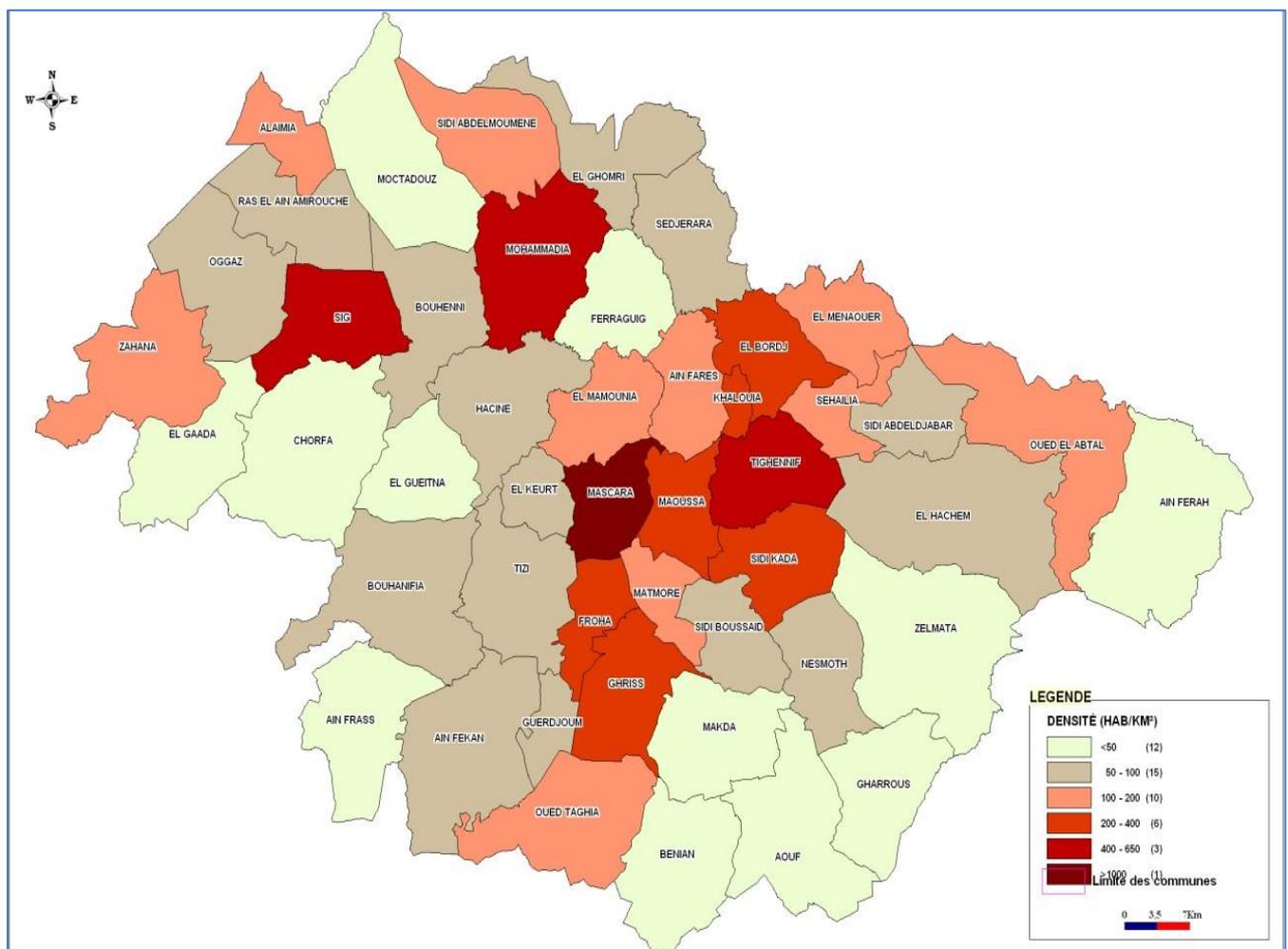


Figure II.5: La Répartition de la population par commune. ([www.aniref.dz](http://www.aniref.dz/)).

## II.4 La fabrication du lait :

Les deux fonctions principales de la laiterie sont la fabrication du lait et la fabrication des yaourts.

### II.4.1 Processus de fabrication du lait :

Le lait reconstitué est obtenu par mélange d'eau, de poudre et de matières grasses de lait anhydre (M.G.L.A). Partant de l'eau qui est stockée dans des tanks à une température de 45°C qui rejoint la poudre déversée jusqu'à dissolution complète de la poudre. Cette dissolution dépend essentiellement du pouvoir mouillant, de la disponibilité des particules de poudre ainsi que des caractéristiques physico-chimiques de l'eau. Le reconstituant du lait comprend plusieurs phases :

- L'hydratation des particules de poudre se fait à une température de 45°C dans le tri Blender et jusqu'à dissolution complète. Une poudre de bonne qualité physico-chimique s'hydrate facilement en présence d'une eau probablement traitée. Après cette phase, il est nécessaire de filtrer le lait reconstitué afin d'éliminer toutes les grosses particules en suspension.
- La deuxième phase dans la recombinaison du lait consiste à faire passer ce dernier dans un gazeur (élimination de la mauvaise odeur et tous les gaz contenus dans le lait).
- La phase suivante est définie sous le nom de la phase du mélange : consiste à introduire la M.G.L.A probablement fondue, au lait reconstitué.
- L'étape de l'homogénéisation, qui est d'ailleurs la plus importante dans la recombinaison du lait, consiste à faire passer le mélange obtenu dans la phase précédente (lait reconstitué M.G.L.A) dans un homogénéisateur de pression de 200Kg/cm<sup>2</sup> pour éclater les globules gras et faire une émulsion stable. Dans ce cas la température du produit est de 50°C à 60°C.
- La phase de refroidissement du lait reconstitué se fait avec l'eau glacée (4° à 0°C) pour le préserver d'éventuelles proliférations microbiennes.
- Le stockage du lait reconstitué dans des tanks à une température comprise entre 4° et 0°C.

Après les différentes opérations, le lait ainsi préparé sera pasteurisé puis conditionné dans des sachets en polyéthylène.

### II.4.2 Processus de fabrication des yahourts :

La fabrication des yoghourts peut être divisée en deux phases :

- La préparation du milieu lacté destiné à la fermentation (lait enrichi par extrait sec par addition de poudre éventuellement sucrée).

-Le traitement thermique (45°C).

-Ensemencement par des levains lactiques.

- Le conditionnement, la fermentation en chambre chaude, le refroidissement et le stockage.

Nous distinguons deux catégories de yahourts :

- **Les yahourts étuvés (fermés)** : sont conditionnés (mis en pots) avant fermentation.
- **Les yahourts brassés** : le schéma de fabrication est le même que celui des yahourts fermés, né au moins le caillé est brassé avant le conditionnement en pots thermoformés automatiquement à partir des rouleaux en polystyrène.

## II.5 Utilisation de l'eau à l'intérieur de la laiterie

### II.5.1 Besoins :

L'eau est un élément indispensable au fonctionnement de tout établissement industriel ; L'industrie laitière est considérée parmi les plus importantes industries consommatrices d'eau.

En effet, l'eau intervient comme matière premières grasses (O.R.L.A.C). Il est à noter que la consommation en eau varie suivant la production. D'après les mesures effectuées par la S.E.D.L (société des eaux et de distribution d'Alger) pour l'année écoulée. La consommation en eau varie entre 65.540 m<sup>3</sup> pour le mois de janvier et 65.655 m<sup>3</sup> pour le mois de juin. La consommation annuelle en eau est de l'ordre de 675000 m<sup>3</sup>. Le volume journalier moyen est estimé à 1880 m<sup>3</sup>, ce qui correspond à une consommation globale moyenne de 4 litres d'eau par litre de lait traité, tout en considérant que la quantité de lait traité est constante et estimé à 470000 l/j (O.R.L.A.C).

### II.5.2 Eaux de procès :

En industrie laitière, l'eau intervient comme matière première, qui doit répondre à certaine norme fixée par la législation pour la recombinaison du lait et la fabrication des produits laitiers (yahourts, fromage, beurre ...).

Dans le contexte actuel, l'eau de fabrication (eau de procès) utilisée à la laiterie de TIZI est une eau brute, qui ne respecte pas certaines normes de qualité fixées par la fédération International de laiterie (F.I.L).

Le seul traitement que subit cette eau l'opération de décoloration sur filtre à charbon actif. Afin d'améliorer les qualités physico-chimiques de l'eau brute répondant aux normes fixées par la législation, une installation d'adoucissement a été mise en place, et il a été projeté également de convertir ou de remettre on marche l'actuelle installation de déminéralisation.

### **II.5.3 Eaux de chaudières :**

Il faudrait pouvoir disposer en permanence pendant le fonctionnement de l'usine. D'une quantité suffisante d'eau chaude : on estime les besoins d'eau chaude du complexe laitier de TIZI à environ de 100 m<sup>3</sup>/j actuellement. Le complexe met en service deux chaudières avec une production moyennes de 8 tonnes de vapeur par heure (chacune), une troisième similaire sera mise en en place prochainement. La pression de service est de 12 bars. L'eau produite sous forme de vapeur par les chaudières à une température supérieure à 130 °c, intervient dans les différentes phases du procès de fabrication et de soutien tels que :

- Préchauffage des eaux de reconstitution.
- Pasteurisation du lait.
- Chauffage des solutions d'acide et de nettoyage des circuits de production.
- Maturation des fromages.
- Chauffage des barattes de beurre.

### **II.5.4 Eaux de refroidissement :**

Ce sont des eaux qui servent le refroidissement de certaines installations de production d'utilités :

- Refroidissement progressif du lait stérilisé.
- Refroidissement des compresseurs de froid, et leur condenseur.
- Refroidissement des tanks de levures.

Il est à signaler que les besoins en eau refroidis sont estimés à 3000 m<sup>3</sup>/j. La température de l'eau refroidie varie entre 10°C et 20°C. Le circuit de refroidissement utilisé est du type fermé, avec un appoint de compensation des pertes dues aux fuites dans le réseau et à l'évaporation dans les tours de refroidissement subit deux traitements.

- Traitement de complexassions afin de diminuer les risques d'entartage des circuits.

- Traitement d'oxydations ou de stérilisation, pour éliminer tous risques de prolifération bactérienne dans le circuit, qui provoque le colmatage des canalisations de faible diamètre ou une corrosion bactérienne qui est très redoutable.

### **II.5.5 Eaux destinées à d'autres usages :**

Ce sont des eaux :

- Utilisées pour l'entretien (eau de nettoyage des locaux et des appareils)
- Utilisées par le personnel (cantine, toilette)

### **II.5.6 Les eaux résiduaires :**

Les auteurs définissent les eaux résiduaires comme étant les produits obtenus lors de l'extraction de la transformation des matières premières en produits industriels, ainsi que lors de l'utilisation de ces produits pour la fabrication d'articles de consommation.

Les eaux résiduaires de la laitière proviennent essentiellement :

- Des eaux procès (recombinaison du lait, fabrication des Yaourts, etc.)
- Des eaux de rinçage.
- Des eaux diverses (eaux de cuisine, eaux de toilette)

## **II.6 Les caractéristiques principales d'eau utilisée en laiterie :**

### **II.6.1 Les caractéristiques physiques :**

La température de l'eau est une caractéristique qui joue un rôle dans la solubilité des gaz (oxygène, et oxydrique carbonique de l'eau). Pour que l'eau potable désaltérante, sa température doit se situer entre 8 et 15°C, elle désaltère mal suivant la réglementation française, la température de l'eau de consommation dont l'optimum est entre 9 et 12°C ne devrait pas dépasser 15°C.

Une température supérieure à 15°C favorise le développement des micro-organismes dans les canalisations en même temps qu'elle peut intensifier les odeurs et les saveurs. Par contre une température inférieure à 10°C ralentit, les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux. La valeur de la température de l'eau utilisée en laiterie est la même que pour une eau potable.

## **II.6.2 Les caractéristiques chimiques :**

### **II.6.2.1 Salinité :**

La salinité représente la teneur globale des sels dissous d'une eau. Les limites de l'eau de boisson diffèrent de celles des eaux industrielles. Selon les normes internationales (O.M.S.1965), une eau destinée à la boisson, ne doit pas présenter une salinité de plus de 500mg/l.

Dans le cas des eaux industrielles, il n'existe pas de normes. Les exigences à une autre (certaines chaudières nécessitant une eau exempte de tous sels). Toujours d'après les normes françaises, la salinité totale maximale d'une eau de Chaudière destinée à la recombinaison ou la reconstitution du lait est de l'ordre de 2.500 mg/l.

### **II.6.2.2 Alcalinité :**

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates, carbonates et hydroxydes.

On distingue deux titres d'alcalinité :

- Titre alcalimétrique simple note T.A, mesure la totalité des ions hydroxydes (OH)<sup>-</sup>, une valence des carbonates (CO<sub>3</sub>)<sup>-</sup> et 1/3 des phosphates.
- Titre alcalimétrique complet note T.A.0 correspond a la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates bicarbonates et les phosphates.

L'alcalinité d'une eau peut être appréciée par son PH. D'après les normes françaises, les eaux destinées a l'alimentation des chaudières doivent avoir une valeur de T.A.C. comprise entre 25 et 140 degrés française, pour un PH minimal de 9 (mesure a 25°C).

### **II.6.2.3 Hydrotimétrie :**

La dureté totale ou titre hydrotimétrique note TH, représente la somme des concentrations en cations calcium et magnésium.

On distingue :

- La dureté calcique qui correspond a la teneur globale en sels de calcium.
- La dureté magnésienne qui ne mesure que les ions de magnésium.
- La dureté permanente ou non carbonatée étant la concentration en calcium et magnésium qui reste en solution après ébullition de 15 a 30 minutes de l'eau. La dureté permanente est influencée par la présence d'autres sels solubles de calcium et de magnésium (principalement les sulfates).

- La dureté temporaire montre la différence entre la dureté totale et la dureté permanente. Elle indique la concentration en calcium et magnésium précipite après ébullition prolongé d'une eau (15 à 30).

Le tableau suivant représente la Classification hydrotimétrique des eaux

**Tableau II.4: Classification hydrotimétrique des eaux.**

Eaux	TH° Fr
Eaux très douces	0-70
Eaux douces	7-14
Eaux moyennement douces	14-22
Eaux assez dures	22-32
Eaux dures	32-54
Eaux très dures	Plus de 54

**Source :** cours polycopié d'hydrogéologie I.N.A.2000. Fr°: Degrés française

D'après la fédération internationale des laiteries (F.I.L), la valeur de la dureté totale recommandée pour les eaux utilisées en industries laitières est de l'ordre de 15° Fr.

Dans l'usine, les chaudières en eau adoucie (dureté résiduelle inférieure à 1°fr), nous avons jugé intéressant de présenter sous forme d'un tableau les teneurs recommandées (Dureté totale) pour les eaux de chaudières à différentes pressions.

**Tableau II.5: les teneurs recommandées des eaux de chaudières**

Pression (kg/cm <sup>2</sup> )	0-105	105-175	175-280	Plus de 200
Dureté totale (mg/l) CaCO <sub>3</sub>	80	40	10	2
T.H °ft	8	4	1	0.2

**Source :** Fédération internationale de laiteries.

#### II.6.2.4 Sels dissous :

Les sels dissous dans l'eau proviennent de la dissolution de la roche rencontrée par l'eau au cours de leur infiltration ou ruissellement. lorsque le sel est en solution dans l'eau, il se produit une dissociation de ses éléments constitutifs avec libération des ions classés en deux groupes à savoir

- Les cations.
- Les anions.
- **Les cations :**

### **1-Calcium (ca<sup>++</sup>) :**

Le calcium est un élément très abondant dans une eau souterraine et il est responsable de la dureté. Il se trouve en grande quantité à l'état de bicarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates et chlorures. Les eaux potables de bonne qualité renferment de 100 à 140 mg de calcium par litre (O.M.S.).

D'après RODIER (1975), si l'eau contient une quantité supérieure à 200 mg/l de calcium, sa présence dans l'eau pose de nombreux problèmes (entartrage) à l'intérieur des chaudières et sur les réseaux de distribution et plus particulièrement dans les circuits de chauffage et de refroidissement. Des recherches et des études statistiques réalisées par experts de calcium dans l'eau n'a aucun effet sur la santé de l'individu.

### **2- Magnésium (Mg<sup>++</sup>) :**

Le magnésium est aussi un élément de la dureté. Les sels de magnésium ont un effet Laxatif à partir de certaines teneurs, il donne un goût désagréable à l'eau. Le taux de magnésium dans l'eau est en liaison avec la teneur des sulfates. Les normes européennes conseillent ne pas tolérer plus de 30mg/l si l'eau contient en même temps 250 mg/l de sulfates. Sa présence dans l'eau, en grande quantité provoque des incrustations sur les installations (canalisations, chaudières etc.).

### **3- Sodium et Potassium (Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup>) :**

Ils sont plus rares que les éléments précédents dans les eaux ordinaires, le sodium étant lui-même plus fréquent que le potassium. Le sodium est un élément très fréquent, toute fois les concentrations peuvent être extrêmes variables. Les quantités de sodium dans l'eau doivent être reliés aux teneurs en sulfates et en chlorures, à cause du goût et de l'action laxative. L'adoucissement de l'eau entraîne une augmentation de la teneur en sodium.

Des quantités élevées de sodium dans l'eau ne présente aucun danger sur la santé de l'individu sauf pour certains malades (accidents vasculaires, cérébraux, de thrombose coronaire...).

### II.6.2.5 Les oligo-éléments :

Ils ont pour origine des minéraux. Ils se trouvent dans l'eau en faible quantité, parfois à l'état de traces. Le Fer présent sous forme ferreux ( $\text{Fe}^{++}$ ) dans l'eau précipité en présence de l'oxygène et en milieu basique, donnant  $\text{Fe}^{++}$  qui joue un rôle important dans le phénomène de corrosion.

La concentration limite en Fer (Fe) contenue dans une eau utilisée en laiterie est de l'ordre de 0.1 mg/ l. De plus l'eau ne doit pas contenir de Cuivre, qui est un catalyseur de l'oxydation des matières grasses et de l'hydrolyse des constituants du lait. Sa présence dans l'eau donne à l'eau un goût indésirable et peut provoquer à la longue en fortes doses des maladies hépatique.

### II.6.2.6 Gaz dissous :

Les principaux gaz dissous rencontrés dans l'eau appelés gaz de l'eau sont le gaz carbonique et l'oxygène.

- **Oxygènes :**

L'oxygène dissous est lié aux activités biologiques se développant dans l'eau. L'oxygène dissous est fonction de l'origine de l'eau (eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes). La sollicité dans l'eau est liée à plusieurs facteurs en particulier température, pression atmosphérique et salinité.

Les normes européennes ont indiqué comme concentration limite minimale approximative le chiffre de 5 mg/l. En ce qui concerne les eaux utilisées en inductrices, on doit veiller à maintenir une concentration en oxygène dissous ne dépassant pas un certain seuil afin d'éviter le phénomène de corrosion.

- **Gaz carboniques ( $\text{CO}_2$ ) :**

L'origine du gaz carbonique réside en fait le plus souvent dans l'activité intense des bactéries des sols traversés par les eaux ou des bactéries des eaux elles-mêmes.

## II.7 Traitement des eaux dans l'Orolait de TIZI :

L'origine de l'eau c'est l'ADE (L'Algérienne des Eaux) ; après le pompage de ces eaux, ils sont stockés dans des grandes bâches d'eaux. Ces eaux soumises à des traitements comme suit

- **La désinfection :** addition de l'eau de javel.
- **La filtration :** pour éliminer les impuretés.
- **Décoloration :** pour éliminer le chlore à l'aide charbon-active.
- **Adoucissement :** pour éliminer le calcium et le magnésium.

## II.8 Pratique de nettoyage dans l'Orolait de TIZI :

### Les moyens utilisés :

- L'eau de rinçage ; la soude caustique, Acide nitrique et hydrochlorate de sodium.
- La machine **NEP** « nettoyage en place ».
- Le matériel qu'il faut le nettoyer : tanks, pasteurisation, le sol et conditionneuse.



Figure II.6 : La machine NEP de la laiterie EL-AMIR « nettoyage en place »



Figure II.7 : tank à lait de la laiterie EL-AMIR

---

**Exemple :** nettoyage d'un tank automatique :

- **Phase 1 :** passage d'eau et rinçage afin d'éviter le reste du lait par exemple la mousse.
- **Phase2 :** passage de soude (PH=11-12) à 70°C cette matière de nettoyage à tendance d'éliminer le dépôt de matière grasse sur les parois du tank, la concentration de soude utilisée est 1 à 1.5 g/l.
- **Phase3 :** passage d'eau et rinçage afin d'éliminer les traces de la soude.
- **Phase4 :** passage d'acide (PH=1 à 2) à 65°C cette matière utilisée afin d'éliminer la pierre du lait « points blanc ».

La concentration utilisée est de 1.5 à 2 g/l.

- **Phase5 :** rinçage par l'eau : pour éliminer le reste d'acide.

N'oubliez pas qu'après chaque phase il faut éliminer les gouttes d'eau par un soufflage d'air.

## II.9 Conclusion

L'OROLAIT EL-EMIR est responsable des rejets d'eau à taux de pollution élevé comparant avec celle des normes, donc le but est de réduire cette charge polluante et obtenir une eau de procès ou autre type d'eau qui répondre à certaine norme fixée par les législations.

## **Chapitre III. Traitement des boues**

### **III.1 Introduction**

Inévitablement, la quasi-totalité des procédés d'épuration appliqués aux effluents résiduaires des secteurs industriel et urbain, qu'ils soient biologiques ou physico-chimiques, aboutissent à concentrer les polluants sous forme de suspension aqueuses ou de boues. Ces boues constituent des déchets volumineux, puisqu'elles contiennent généralement 95 à 99 % d'eau, et sont génératrices de nuisances dans la mesure où, souvent, elles contiennent des matières organiques fermentescibles et/ou des matières toxiques.

Le but du traitement des boues est de réduire le volume et de rendre les boues inertes. La diminution du volume est obtenue par l'élimination de l'eau. Il faut réduire la teneur en matières organiques pour éviter toute fermentation. Le choix du traitement est en fonction de l'origine et de la qualité des boues.

### **III.2 Traitement des boues**

#### **III.2.1 Définition des boues**

Les boues sont des effluents liquides fortement chargés en matières solides (avec des concentrations en solide de 1 à 10 %, soit 10 à 100 g/l). Elles sont constituées essentiellement d'eau et de matières organiques et minérales (éléments fertilisants). Ces boues liquides subissent des traitements supplémentaires avant toute utilisation, afin de réduire leur teneur en eau, supprimer les mauvaises odeurs, etc.

Il faut savoir qu'en moyenne,

- 1000 litres d'eaux usées donnent au final 20 litres de boues.
- Chaque individu produit 3 litres de boues par jour.

#### **III.2.2 Objectif de traitement des boues**

Les principaux buts visés lors du traitement des boues sont :

- Réduire la teneur en eau jusqu'à 5 à 10 %.
- Stabiliser la matière organique en diminuant sa fermentescibilité pour réduire ou même supprimer les mauvaises odeurs.
- Hygiéniser si nécessaire en détruisant les micro-organismes pathogènes.
- Valoriser ces boues dans le domaine agricole et industriel.

#### **III.2.3 Origine des boues**

Les boues issues d'une station d'épuration se présentent sous forme de quatre catégories :

- **Les boues de traitement primaire (boues primaires) :** C'est les boues issues d'une décantation physique dans le décanteur primaire.
- **Les boues physico-chimiques :** c'est des boues primaires mais obtenues à l'aide d'ajout de réactifs dans le but d'une floculation puis une décantation rapide (procédé de coagulation floculation).
- **Les boues secondaires :** récupérées après traitement biologique dans le clarificateur.
- **Les boues mixtes :** c'est le mélange de boues secondaires avec les boues primaires; c'est les boues issues de toute la filière de traitement (de la station).

### III.2.4 Etapes de traitement des boues

#### III.2.4.1 Epaissement

L'épaissement constitue le premier stade d'une réduction importante du volume des boues issues des traitements biologiques ou physico-chimiques des effluents urbains, il est conçu pour séparer l'eau interstitielle de boues suivant le mode de séparation solide liquide. On distingue principalement deux types d'épassements :

##### a. Epaissement par flottation :

Dans ce type d'épassement, les fines bulles d'air formées par dépressurisation s'accordent aux floes des boues, le mélange air matière s'élève à la surface où il est éliminé par raclage de surface.

##### b. Epaissement par gravitation :

C'est le procédé d'épassement des boues qui est le plus utilisé. Les boues décantent gravitairement et se rassemblent au fond de l'ouvrage ce qui entraîne une concentration supérieure à la concentration initiale. Les boues sont soutirées et envoyées vers l'étape suivante du traitement, tandis que l'eau surnageant est évacuée de l'ouvrage et renvoyée en tête de station.

#### III.2.4.2 Stabilisation

Le rôle assigné à la stabilisation est d'assurer la réduction du caractère fermentescible des boues organiques, pour éviter les nuisances, notamment l'émission de mauvaises odeurs lors de leur stockage et de leur traitement de déshydratation. La destruction des germes pathogènes peut parfois être aussi un objectif. Les boues produites à l'état liquide peuvent être stabilisées par des procédés de traitement chimiques ou biologiques (aérobies ou anaérobies).

##### a. Stabilisation chimique

Elle est obtenue par adjonction massive de chaux aux boues. L'élévation de pH a pour effet de bloquer les fermentations et d'éviter ainsi le dégagement de mauvaises odeurs. On procède généralement à l'adjonction de chaux éteinte (sous forme de lait de chaux) soit en amont d'un épaisseur de boues pour y stopper les

fermentations, soit sur les boues liquides épaissies avant valorisation agricole. Même avec des fortes doses de chaux allant jusqu'à 30 % en masse de la matière sèche, il ne s'agit en réalité que d'une stabilisation temporaire, qui n'autorise pas un stockage de longue durée. C'est pourquoi, on préfère, très souvent, employer des procédés biologiques de stabilisation, qui éliminent la matière organique facilement biodégradable, à l'aide de bactéries spécifiques aérobies ou anaérobies.

### **b. Stabilisation biologique**

- **Stabilisation aérobie**

Ce procédé consiste à aérer la boue pendant une période prolongée, au cours de laquelle les microorganismes aérobies, placés en phase de respiration endogène, dégradent les matières organiques libres ou stockées dans la masse bactérienne. La disparition de la masse active suit une loi exponentielle :

$$M = M_0 e^{-bt} \quad (III. 1)$$

Avec  $b = 0,18$  si  $t$  est exprimé en jours.

Comme tout processus biologique, la stabilisation est fortement influencée par la température. La durée d'aération des boues est au minimum de 10 jours à 20 °C et 14 jours à 12 °C.

- **Stabilisation anaérobie (digestion anaérobie)**

La digestion anaérobie, qui se réalise par fermentation méthanique des boues dans des cuves fermées, à l'abri de l'air, nommés digesteurs, permet d'atteindre un taux de réduction des matières organiques de 45 à 50 % en masse. La stabilisation anaérobie comprend deux phases, le premier est la liquéfaction qui conduit à la production d'acides volatiles ; La seconde est la phase de gazéification où les acides volatiles produisent du gaz méthane.

### **III.2.4.3 Conditionnement**

La rupture de la stabilité colloïdale des boues peut être obtenue en appliquant plusieurs principes de nature physique, chimique ou thermique, ou leurs combinaisons. Les techniques les plus souvent mises en œuvre sont les conditionnements chimique et thermique.

- **Conditionnement chimique**

Les sels ferriques [ $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{FeSO}_4\text{Cl}$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ] et d'aluminium [ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{AlCl}_3$ ], généralement utilisés conjointement avec la chaux, restent les plus efficaces et les plus couramment utilisés dans la déshydratation des boues organo- colloïdales par filtration sous vide ou sous pression élevée. Les doses sont rapportées, en produit pur, à la teneur en matières sèches de la boue.

- **Conditionnement thermique**

Il consiste à traiter les boues organo- colloïdales par cuisson par des procédés technologiquement différents. Si la boue est chauffée à une température variante entre 160 et 210 °C sa structure est irréversiblement transformée en libérant la majeure partie de l'eau liée ou combinée. Le temps de cuisson varie de 30 à 90 min.

Le conditionnement thermique est particulièrement adapté aux stations importantes équipées de digesteurs. Le gaz produit peut alors être utilisé directement dans les chaudières fournissant la chaleur nécessaire au conditionnement. Les dépenses de fonctionnement sont alors réduites.

### **III.2.4.4 Déshydratation**

La déshydratation est destinée à diminuer le taux d'humidité et donc le volume de ces boues, de façon à faciliter les opérations d'évacuation.

#### **a. Déshydratation artificielle**

Pour les stations d'épuration physico-chimique ou biologiques des eaux résiduaires urbaines et industrielles, produisant des volumes de boues importants, on est évidemment conduit à rechercher des techniques de séchage plus élaborées, permettant d'aboutir plus rapidement à un résultat.

On distingue :

- **La filtration**

L'essorage des boues par filtration est le mode de déshydratation jusqu'ici le plus utilisé dans le traitement des boues provenant de l'épuration de l'eau. Cette filtration peut consister en un simple drainage sur lits de sable, ou en une filtration sous vide ou sous pression, faisant appel à des matériaux plus élaborés.

- **La centrifugation**

La boue floculée est introduite dans un bol cylindro-conique à axe horizontal entraîné à très grande vitesse de rotation (variable suivant le diamètre du bol) qui provoque, sous l'effet de la force centrifuge, la séparation des phases liquides et solides.

Les matières déposées sur la paroi interne du bol sont entraînées en continu par une vis racleuse hélicoïdale (tournant à une vitesse légèrement différente du bol) pour être évacuées à une extrémité du rotor, tandis que le centrifugat déborde par un déversoir à l'extrémité opposée.



Figure III.1: une centrifugeuse (source : [www.directindustry.fr](http://www.directindustry.fr))

### **b. Déshydratation naturelle (séchage)**

- **Les lits de séchage**

Le séchage des boues sur lits de sable est une technique de déshydratation naturelle. Elle n'est à retenir que sur des boues bien stabilisées (digérées anaérobies ou éventuellement d'aération prolongée). L'aire de séchage comprend deux couches :

- Une première couche support de graviers ou sont aménagés des drains.
- Une deuxième couche filtrante de sable.

Cette technique est basée sur une première phase de drainage et une deuxième de séchage atmosphérique. Cette dernière demeure tributaire des conditions climatiques. Ces lits de séchage sont mis sous serre pour non seulement tirer parti du phénomène d'évaporation naturelle, mais aussi de l'accélérer par les rayons du soleil. On parle alors de séchage solaire. En sortie des lits de séchage, les boues sont solides.

- **Lits de séchage plantés de roseaux**

C'est un procédé de traitement des boues qui permet l'épaississement, la minéralisation et le stockage. Les boues produites par les stations d'épurations sont directement extraites du bassin d'aération et alimentent le lit planté de roseaux. L'eau contenue dans les boues s'infiltré à travers le massif filtrant constitué de plusieurs couches de matériaux (sable, gravier, galets...) et est récupérée ensuite par des drains. La boue est retenue à la surface du massif.

### **III.3 Destination finale des boues**

Actuellement trois destinations ultimes sont possibles et pratiquées :

### III.3.1 Valorisation des boues

#### III.3.1.1 Valorisation agricole

L'épandage agricole est une pratique ancienne, qui a connu un essor important ces 30 dernières années du fait de l'augmentation de la population et de la généralisation des stations d'épuration dans les villes.

L'épandage a un double objectif :

- Utiliser les sols pour "digérer" les boues.
- Faire bénéficier les agriculteurs des capacités fertilisantes des boues. Les boues sont susceptibles de contenir des éléments biologiques ou chimiques pouvant avoir un impact sur l'environnement ou la santé (bactéries, hydrocarbures, etc.), La réglementation impose donc des analyses avant épandage et fixe des teneurs limites pour éviter toute contamination.

Il faut savoir que :

- Tous les sols ne sont pas adaptés à recevoir des boues (sols argileux) ;
- L'utilisation agricole n'est possible que durant certaines périodes de l'année. On doit prendre en considération les types de cultures pratiquées et le climat.

#### III.3.1.2 Valorisation énergétique

La valeur thermique produite par le gaz généré lors de la stabilisation anaérobie dans un digesteur anaérobie est d'environ 6,5 kWh/m<sup>3</sup>. Cela correspond à la moitié de la capacité de chauffage du gaz naturel (~10 kWh/m<sup>3</sup>). Lorsque le biogaz est utilisé en tant qu'énergie, il peut fournir de l'électricité et de la chaleur pour alimenter la propre consommation des stations d'épuration voire alimenter le réseau public en courant électrique.

- Production d'électricité et de chaleur dans une centrale de cogénération : 35-40 % d'énergie électrique, ~60 % d'énergie thermique. 1 m<sup>3</sup> de biogaz = 6,5 kWh = 2,3 kWh électriques + 4,2 kWh thermiques.
- Utilisation directe par les moteurs à gaz.
- Utilisation thermique par la production de vapeur ou d'eau chaude :

Avec une valorisation efficace, il est possible d'alimenter en électricité une station d'épuration de manière autonome, pour aérer, par exemple, les bassins d'aération, réchauffer les bioréacteurs, chauffer les bâtiments ou l'eau d'utilisation.

### **III.3.1.3 Mise en décharge**

Les boues doivent être stabilisées ; (siccité minimum : 30 % et / ou conditionnées à la chaux par exemple). C'est une solution de plus en plus coûteuse (manque de place, aménagement de plus en plus strict des décharges) et mal adaptée.

### **III.3.1.4 L'incinération**

Il s'agit en général de la solution d'élimination considérée comme le dernier recours, à n'utiliser que si les autres voies sont techniquement ou réglementairement impossibles (boues non valorisables, car non conformes à la norme ; mise en décharge interdite ou trop coûteuse, car site trop éloigné du lieu de production).

L'incinération est souvent utilisée pour les stations des grandes agglomérations urbaines, pour lesquelles se pose le problème des surfaces disponibles à dégager dans les plans d'urbanisme pour l'épandage ou la décharge des déchets boueux. Elle ne se justifie sur les boues organiques industrielles que si les installations de traitement d'eaux résiduaires produisent d'importantes quantités de boues (> 20 t MS/j) dont le bilan thermique n'est pas trop défavorable.

## **III.4 Conclusion**

On peut affirmer que l'exigence de la qualité et de la fiabilité du traitement de l'eau se répercute directement sur la gestion des boues qui s'avère particulièrement onéreuse et doit être optimisée en tenant compte plus particulièrement des destinations finales possibles pour les boues.

En Algérie la valorisation agricole des boues est mal connue, malgré qu'elles soient données gratuitement. La valorisation énergétique, qui est un tout nouveau créneau dans le monde du recyclage des boues, est quant à elle inconnue ou presque.

# **Chapitre IV. Conception de la station d'épuration**

## **IV.1 Introduction :**

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

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

## **IV.2 Les étapes de conception d'une STEP**

La construction d'une station d'épuration pour un industriel prend généralement du temps, elle fait intervenir de nombreux intervenants.

### **IV.2.1 Donnée entrée**

La particularité de cet effluent provient de la faible utilisation d'eau, le débit journalier est de 350 m<sup>3</sup>/j. Pour réaliser le dimensionnement d'une station de traitement de l'eau, il est indispensable d'avoir une idée très précise de l'effluent à traiter. Cette règle est d'autant plus vraie dans le milieu industriel où la composition peut varier dans de grande proportion suivant les périodes de l'année. Une campagne de prélèvement ainsi que d'analyse est réalisé afin d'avoir une idée assez large de la teneur de l'effluent à traiter.

### **IV.2.2 La problématique**

La problématique de cette étude sera donc le dimensionnement de la station de traitement de l'eau, adapté aux besoins et aux exigences. Cette étude devra aboutir sur un rapport technico-économique de la solution proposée.

### **IV.2.3 Elaboration du projet**

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

- Mise en place d'un poste de relevage qui recevra gravitairement les effluents bruts de l'usine.
- Mise en place d'un tamis rotatif afin d'éliminer les matières grossières
- Conception d'un bassin tampon pouvant stocker les eaux sur 3 jours (soit d'environ 40m<sup>3</sup>).
- Mise en place d'un traitement de coagulation/floculation et flottation.
- Les eaux prétraitées transiteront vers un bassin d'aération.
- Un stockage des boues dans un silo de 200m<sup>3</sup>, avec un système de déshydratation à prévoir.

La conception de la station devra prendre en compte ces paramètres techniques mais également ceux concernant l'étude de sol et la place disponible pour la construction.

#### IV.2.4 Etude des sols

Lors de la conception d'une usine, il est indispensable de penser à l'implantation de l'usine et particulièrement à la composition du sol. L'étude des sols réalisée ici consiste dans le sondage, à différents endroits du site, afin de répertorier la topographie, la lithologie, la présence d'eau ainsi que diverses recommandations quant à la construction d'ouvrage sur ce site.

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

- Lithologie du sol : Le sol est composé de 3 couches superposées. La première couche de 10 à 20 cm est composée de terre végétale, la seconde de limons sableux jusqu'à 80cm d'épaisseur. Au-delà de cette profondeur, le sous-sol est composé d'arène granitique.
- Les sondages permettent également de mettre en évidence de l'eau présente dans le sous-sol. Cette étape est primordiale, lors de période de crue, les niveaux d'eau souterrains augmentent et peuvent atteindre les ouvrages. Dans ce cas, si cela n'a pas été prévu, les ouvrages enterrés peuvent flotter et entraîner la destruction de la station. Dans notre cas, les niveaux d'eaux maximums relevées étaient à 3.0m de profondeur. L'enterrement des ouvrages à des profondeurs autour de 2 m est impossible.
- Les caractéristiques mécaniques du sol : ce paramètre nous donne des indications sur la solidité des sols. Une trop faible résistance pourrait conduire à un affaissement du sol lorsque les ouvrages béton seront dessus.

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

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

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

### IV.3 Caractéristique de l'effluent à traité

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

- **L'aspect de l'effluent brut** : Une inspection visuelle de l'effluent brute nous permet de distinguer une éventuelle phase décantable ou surnageant, il sera possible ensuite d'orienter le traitement vers de la décantation/flottation. Pour cela, on effectue un test de décantabilité. Ici, l'effluent possède une grosse proportion de matière décantable, nous aurons donc intérêt à mettre en place un système de décantation efficace afin de réduire la taille du bassin biologique.
- **Biodégradabilité de l'effluent** : Afin d'obtenir un abattement conséquent de la pollution, il est généralement mis en place un traitement biologique des eaux. Pour cela, il est nécessaire de se renseigner sur la biodégradabilité de la pollution que contient l'effluent. Pour cela, on utilise le facteur DCO/DBO5 qui nous donne les renseignements suivants :

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

$2 < DCO/DBO5 < 3$  : effluent moyennement biodégradable

$3 < DCO/DBO5$  : l'effluent est difficilement biodégradable

Dans notre cas, ce rapport donne 1.84, notre effluent est donc bien biodégradable, la filière biologique est donc envisageable.

$$\frac{DCO}{DBO5} = \frac{2200}{1193} = 1.84 \quad (IV.1)$$

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

#### IV.3.1 Charge à traiter

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

**Tableau IV.1: Charge à traiter par la station. Source : bulletin d'analyse de la laiterie**

Paramètres	Concentration (mg/l)
Débit	350 m <sup>3</sup> /j
DCO	2200
DBO <sub>5</sub>	1193
MES	350
PH	5.6
T	20°C
N-NTK	40

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

Voici ci-dessous les normes de rejets pour les corps gras (Décret exécutif n 06-141. LE 24 AVRIL 2006 JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26).

**Tableau IV.2: les normes de rejets (corps gras)**

Paramètres	Unité	Valeurs limites	TOLERANCE AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
Température	°c	30	30
PH	-	5.5- 8.5	6-9
DBO5	mg/l	200	250
DCO	mg/l	700	800
MES	mg/l	150	200
NTK-K	mg/l	30	40

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

#### **IV.4 Filière de traitement**

La caractérisation de l'effluent nous permet de connaître les différents polluants à éliminer et d'en déduire les différentes opérations unitaires de traitement. Pour cela, il est nécessaire de réaliser les traitements suivants :

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

On peut donc en déduire une première synoptique de la station qui nous permettra de réduire ces différentes pollutions. La figure suivante montre la première filière retenue. Elle est amenée à évoluer au fur et à mesure du dimensionnement et de la réalisation de la station.

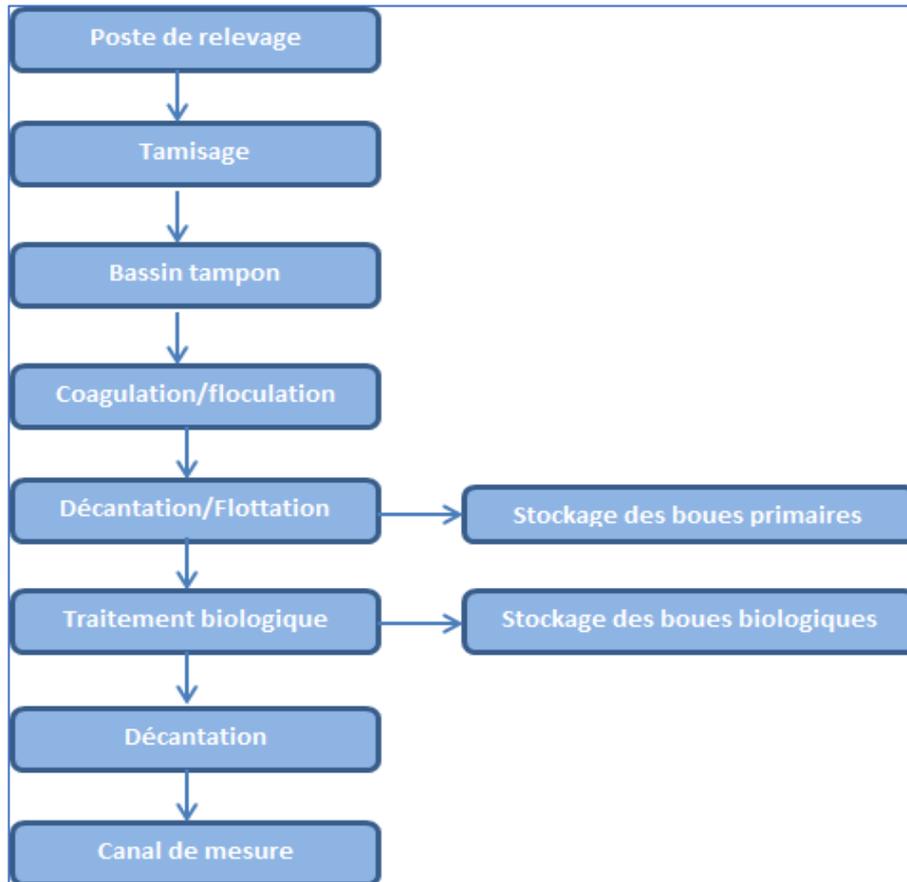


Figure IV.1: Synoptique de la station d'épuration

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

## IV.5 Dimensionnement de la station d'épuration de laiterie EL-AMIR

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

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

### IV.5.1 Calcul de base pour le dimensionnement

- **La charge moyenne journalière en DBO<sub>5</sub>**

Elle est donnée par la relation suivante :

$$(DBO_5)_0 = [DBO_5] * Q_{re} \quad (IV.2)$$

Tel que :

$(DBO_5)_0$  : charge moyenne journalière en DBO5.

$[DBO_5]$  : concentration journalière en DBO5.

$Q_{re}$  : débit du rejet industriel.

$$(DBO_5)_0 = 1193 * 10^{-3} * 350 = 417.55 \text{ kg/j}$$

- **La charge moyenne journalière en MES**

Elle est donnée par la formule suivante :

$$(MES)_0 = [MES] * Q_{re} \quad (IV.3)$$

Avec :

$(MES)_0$  : charge moyenne journalière en MES.

$[MES]$  : concentration journalière en MES.

$$(MES)_0 = 350 * 10^{-3} * 350 = 122.5 \text{ kg/j}$$

- **La charge moyenne journalière en DCO**

Elle est donnée par la formule suivante :

$$(DCO)_0 = [DCO] * Q_{re} \quad (IV.4)$$

$(DCO)_0$  : charge moyenne journalière en DCO

$[DCO]$  : concentration journalière en DCO.

$$(DCO)_0 = 2200 * 10^{-3} * 350 = 770 \text{ kg/j}$$

## IV.5.2 Le poste de relevage

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

### IV.5.2.1 Fonctionnement

La fonction principale de cet ouvrage est le relevage des eaux. Dans notre cas, il doit assurer un débit minimal nécessaire en entrée de tamis, ainsi qu'un écoulement gravitaire dans le reste de la station. Ce poste est équipé de 2 pompes fonctionnant en alternance (normal et secours), elles sont asservies à une mesure de niveau telle qu'une sonde à ultrasons, sonde piézométrique ou encore poire de niveau. Il est également équipé d'un trop plein en cas de défaillance des pompes (coupure de courant par exemple) qui permet l'évacuation du surplus d'effluent directement dans le rejet.

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

#### IV.5.2.2 Dimensionnement

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

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

- Dimensionnement des pompes

Pour le dimensionnement des pompes, le constructeur a besoin de la hauteur géométrique des pompes par rapport au tamis. La pompe fournie doit respecter un point de fonctionnement optimal entre le débit souhaité, le rendement entre la puissance absorbée et la puissance à l'arbre. L'ensemble de ces caractéristiques sont fournis à un fournisseur qui se charge de nous émettre un devis pour un équipement possédant toutes les conditions nécessaires.

- Volume de marnage

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

$$Vmarnage = \frac{Q * \frac{1}{n}}{4(N - 1)} = \frac{350}{24} * \frac{1}{1} = 3.64 m^3 \quad (IV.5)$$

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

Nous avons donc un volume minimal de marnage de 3.64 m<sup>3</sup>.

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

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

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

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

$$S_{marnage} = 3.14 * 0.9^2 = 2.54 m^2$$

$$H_{marnage} = \frac{V_{marnage}}{S_{marnage}} = \frac{3.7}{2.54} = 1.5 \text{ m} \quad (IV.6)$$

$$H_{poste} = H_{marnage} + H_{ommission des pompes} + H_{arrivé d'eau} = 1.5 + 0.4 + 1.7 = 3.6 \text{ m} \quad (IV.7)$$

L'ouvrage est ensuite fermé avec une trappe et des barreaux antichute. Pour terminer l'ouvrage, une chambre à vannes est mise en place afin d'accueillir les vannes ainsi que les clapets anti-retours.

### **IV.5.3 Le tamisage**

#### **IV.5.3.1 1. Fonctionnement**

Le tamis permet l'élimination des particules les plus grossières, ayant une taille supérieure aux mailles. L'avantage de ce type de matériel est l'auto-lavage qui permet une autonomie complète. Il existe deux types de tamis : le premier à alimentation interne, c'est-à-dire que l'eau usée est introduite sur le tambour, et le second à alimentation externe, l'eau brute est introduite à l'intérieur du tambour.

#### **IV.5.3.2 2. Conception**

C'est un équipement assez simple, il est composé d'un tambour filtrant de maille assez faible. Toutes les particules de tailles supérieures seront refusées et convoyées vers une benne de récupération. L'effluent est amené sur le tambour via le réservoir de distribution (tank distribution), l'eau passe au travers des mailles du tamis alors que les particules trop grosses restent à l'extérieur.

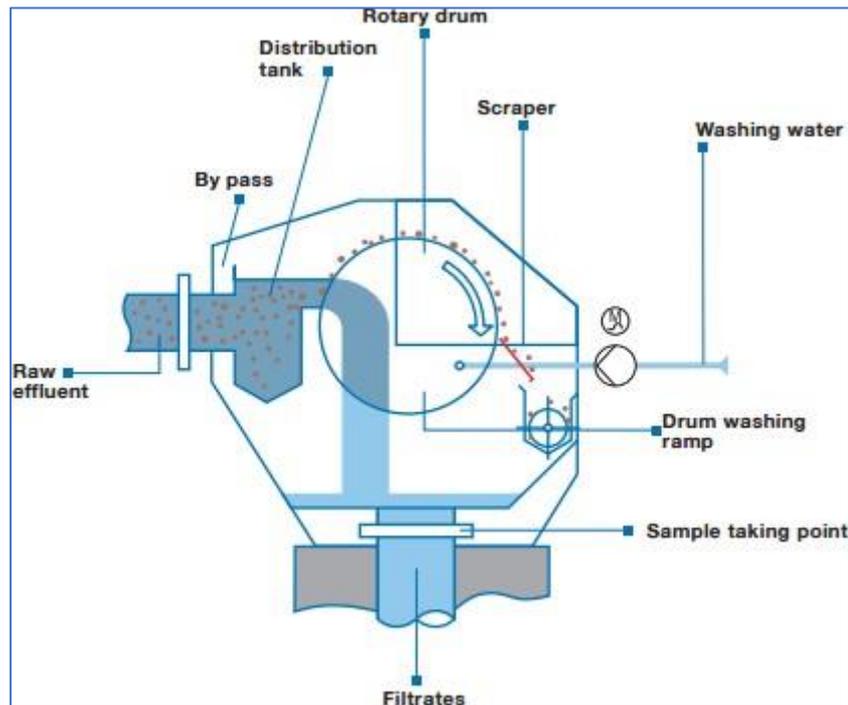


Figure IV.2: Schéma d'un tamis rotatif à alimentation externe (<https://www.hellopro.fr/>)

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

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

#### IV.5.4 Bassin tampon

Le bassin tampon permet de stocker les effluents. Dans la plupart des cas, il est équipé de pompes permettant le relevage des effluents. Ici, elles assureront le débit prévu dans la lyre de mélange pour le traitement physico-chimique. Il est généralement dimensionné pour avoir deux jours de stockage en cas de panne sur la station. Il permet également de lisser les débits, les concentrations et le pH. En fonction de l'effluent, un système d'aération évitera la fermentation de celui-ci.

#### IV.6 Traitement physico-chimique

Le but du traitement physico-chimique, associé à une décantation et flottation, permet l'abattement des particules colloïdales, des particules décantables et flottables. Le problème des particules colloïdales provient de leur taille trop faible pour décantier. Le but de cette étape est l'agrégation de ces particules sous forme de floccs pour permettre une bonne décantation.

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

#### **IV.6.1 Fonctionnement**

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

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

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

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

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau IV.3: Résultats des tests de coagulation / floculation / décantation**

<b>Coagulation-floculation</b>					
<b>Coagulant</b>	Type	FeCl <sub>3</sub>	FeCl <sub>3</sub>	FeCl <sub>3</sub>	FeCl <sub>3</sub>
	Dosage en ppm	200	300	300	600
<b>Floculant</b>	Type	AN910	AN910	AN910	AN910
	Dosage en ppm	1	1	1	1
<b>Aspect des floes</b>		Petits floes			
<b>Flottation</b>					
<b>Qualité flottation</b>		Bonne qualité			
<b>Abattement en DCO en %</b>		42%	51%	58%	52%

**Source** : laboratoire de organisme externe Aquadep .

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

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

#### **IV.6.2 Flottateur.**

Une fois l'agglomération des différentes particules sous forme de floes réalisées, il est nécessaire de les séparer de la phase liquide. Les ouvrages permettant cette opération sont le décanteur et le flottateur. Les tests physico-chimiques ont montré que les particules étaient flottantes, c'est donc ce type de système qui sera mis en place. Dans le cas contraire, un décanteur primaire aurait été installé.

### IV.6.2.1 Fonctionnement

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

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

Le schéma suivant présente la méthode utilisée.

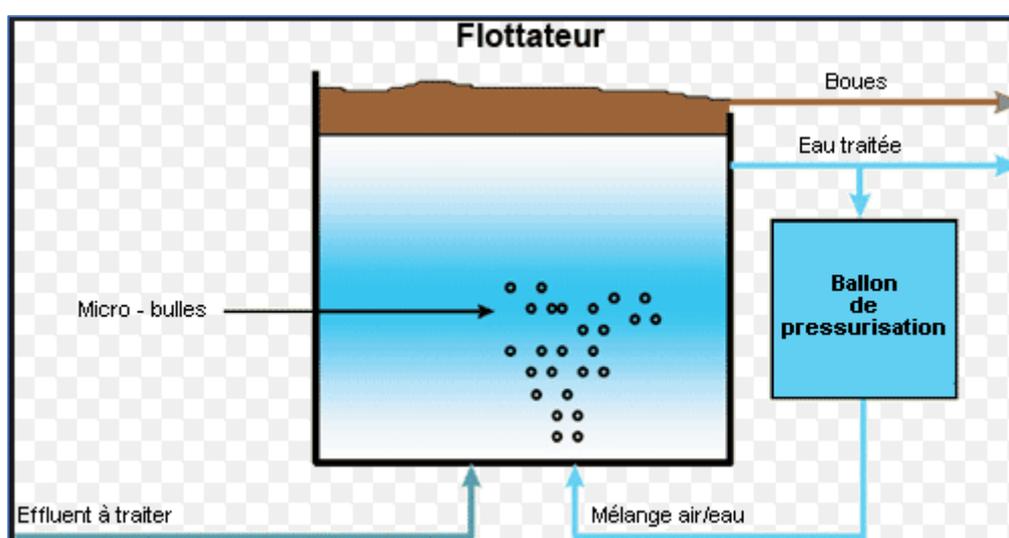


Figure IV.3: Principe de fonctionnement d'un flottateur à air pressurisé.  
(<http://www.cnidep.com>)

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

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

### IV.6.2.2 Dimensionnement

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

Dans un premier temps, le diamètre est calculé. Le critère important à respecter est la vitesse ascensionnelle, elle représente la vitesse de remontée des particules dans l'ouvrage. La valeur que l'on doit

atteindre est de 3.5m/h. Cette valeur est communément utilisée au sein de l'entreprise, et provient de la loi de STOCK. On effectue le calcul suivant :

$$S = \frac{Q}{V} = \frac{350}{24} = 4.16 \text{ m} \quad (IV.8)$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4 * S}{\pi}} = 2.3 \text{ m} \quad (IV.9)$$

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

Pour terminer, ce genre d'ouvrage permet un abattement de 60% sur les MES et de 30% sur la DBO5. Et jusqu'à 58% de la DCO en fonction de l'efficacité du coagulant-floculant. Le traitement biologique est dimensionné sur ces résultats, il est donc primordial d'obtenir un rendement d'élimination optimale dans le flottateur.

- **Les charges après le traitement physico-chimique :**

$$DBO_{5f} = 0.7 * DBO_5 = 0.7 * 1193 = 835.1 \text{ mg/l}$$

$$MES_f = 0.4 * MES = 0.4 * 350 = 140 \text{ mg/l}$$

**Tableau IV.4: les concentrations après le traitement primaire**

Paramètres	Concentration (mg/l)	Normes de rejets (Décret exécutif n 06-141)
NTK	40	30
DCO	660	700
DBO5	835	200
MES	140	150

### IV.6.3 Le traitement biologique

Lorsque la pollution de l'effluent est trop importante, le prétraitement physico-chimique ne suffit pas. Une épuration biologique est donc mise en place, réalisée par les micro-organismes, qui vont dégrader la pollution. Ce genre d'ouvrage doit être dimensionné avec rigueur. En effet, dans le traitement d'effluent industriel, la grande variété de polluants et la variation continue de charge, notamment en fonction des périodes de production nous offre un effluent de charge très variable. La formation de la flore microbienne est donc instable.

### **IV.6.3.1 Rôle de cet ouvrage**

Le rôle de cet ouvrage est la dégradation de la matière polluante grâce au développement d'une biomasse bactérienne à action épuratrice (boues activée). Il permet la dégradation de la pollution carbonée et azotée. Une aération ainsi qu'une agitation est indispensable dans ce type d'ouvrage afin de mettre les bactéries dans des conditions optimales

### **IV.6.3.2 Fonctionnement**

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

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

### **IV.6.3.3 Les mécanismes de l'épuration**

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

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

#### **a. La dégradation de la pollution carbonée**

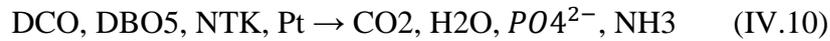
La dégradation de la pollution carbonée est assurée par des bactéries hétérotrophes (incapables de réaliser la synthèse de sa propre matière organique et l'obtient par la nourriture). En présence d'oxygène, les micro-organismes dégradent la matière organique et utilisent de l'oxygène afin de subvenir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

#### **b. La nitrification-dénitrification**

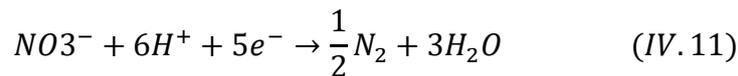
La nitrification et dénitrification sont deux étapes permettant l'élimination de la matière azotée contenue dans l'effluent. Comme pour la matière carbonée, les micro-organismes utilisent ces ressources afin de subvenir à leur besoin et produire de nouvelles cellules.

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

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

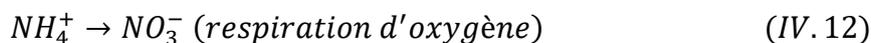


Cette réaction, nécessite un accepteur final d'électron, pour cela elle utilise du  $\text{NO}^-$  pour la respiration. Cette action conduit à la formation de diazote inerte. La réaction s'opère selon l'équation suivante :



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

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



#### IV.6.4 Le bassin d'aération

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

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

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

##### IV.6.4.1 Dimensionnement d'un bassin biologique

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

##### 1. Détermination du volume du bassin

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

- La charge de polluant en entrée :  $\text{DBO}_5$  et  $\text{DCO}$

- La charge volumique appliquée : elle représente la pollution journalière par mètre cube d'effluent dans le bassin, elle s'exprime en  $\text{kgDBO}_5/\text{m}^3\cdot\text{j}$

C'est cette charge volumique qui va nous permettre de déterminer le volume du bassin d'aération, il nous suffit de fixer la charge souhaitée.

La charge volumique dans le bassin peut prendre plusieurs valeurs, elles sont définies dans le tableau suivant présentant les différentes charges volumiques et leur degré :

**Tableau IV.5: Les charges du bassin d'aération**

Type de charge	Charge volumique appliquée	Charge massique appliquée
<b>Aération prolongée</b>	<b><math>0,3 &lt; C_v</math></b>	$0,1 < C_m < 0,2$
<b>Faible charge</b>	<b><math>0,3 &lt; C_v &lt; 0,8</math></b>	$0,2 < c_m < 0,5$
<b>Moyenne Charge</b>	<b><math>0,8 &lt; C_v &lt; 1,8</math></b>	$0,5 < C_m < 1$
<b>Forte charge</b>	$1.8 < C_v$	$1 < C_m$

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

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

Le flux de  $\text{DBO}_5$  correspond au flux en entrée de bassin biologique et donc en sortie de prétraitement. Par rapport à la charge initiale, cette valeur a été abaissée de 30% par rapport aux données d'entrée grâce au traitement physico-chimique. Cette étape nous permet de voir l'influence d'un bon prétraitement dans la conception d'un bassin d'aération.

Pour notre cas on est face d'un traitement a boues activées à faible charge.

- Une charge volumique :  $0,3 < C_v < 0,8 \text{ kg DBO}_5/\text{j}/\text{m}^3$
- On prend une charge volumique :  $C_v = 0,7 \text{ kg DBO}_5/\text{j}/\text{m}^3$
- Une charge massique :  $0,1 < C_m < 0,2 \text{ (kg DBO}_5/\text{kg MVS/j)}$
- On prend une charge massique :  $C_m = 0,2 \text{ kg DBO}_5/\text{kg MVS/j}$

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

$$V_{\text{bassin d'aération}} = \frac{\text{FLUX de DBO5}}{\text{Charge volumique}} = \frac{0.835 * 350}{0.7} = 417.5 \text{ m}^3 \quad (\text{IV. 13})$$

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

## 2. Age des boues

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

Avec :

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

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

## 3. Aération du bassin

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

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

Avec un volume de  $417.5 \text{ m}^3$ , le bassin d'aération aura les dimensions suivantes :

- Hauteur du bassin : 3 m
- Diamètre : 13.3 m

$$S = \frac{V}{H} = \frac{417.5}{3} = 139.2 \text{ m}^2 \quad (\text{IV. 14})$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 139.2}{3.14}} = 13.3 \text{ m} \quad (IV. 15)$$

- **Temps de séjour hydraulique (T<sub>H</sub>)**

$$T_s = \frac{V}{Q} = \frac{417.5}{350} = 1.19 \text{ j} = 28 \text{ h} \quad (IV. 16)$$

V : volume du bassin d'aération

Q : le débit de rejet

- **La masse de boues dans le bassin**

$$Xa = \frac{L_0}{Cm} = \frac{0.835 * 350}{0.2} = 1461.25 \text{ kg} \quad (IV. 17)$$

L<sub>0</sub> : quantité du substrat initial (DBO<sub>5</sub>)

- **Concentration de boues dans le bassin :**

$$[Xa] = \frac{Xa}{V} = \frac{1461.25}{417.5} = 3.5 \text{ g/l} \quad (IV. 18)$$

- **Besoin en oxygène**

Les installations d'épuration biologiques fonctionnent généralement en présence d'oxygène, notant toutefois que la vitesse de dégradation dépend de la qualité d'oxygène nécessaire pour la synthèse cellulaire et la respiration endogène, cela permet de réaliser un bon contact entre l'air et l'eau, la vitesse de dissolution de l'oxygène dans l'eau dépend de : la température, l'altitude, le débit, la concentration de la pollution et la géométrie du bassin.

Les besoins en oxygène sont définis par l'expression suivante :

$$q_{o_2} = a'Le + b'Xa \quad (IV. 19)$$

Avec :

**q<sub>o<sub>2</sub></sub>** : Besoin en oxygène (Kg/j).

**Le** : charge en DBO<sub>5</sub> éliminée (Kg/j).

**X<sub>a</sub>** : la masse totale de boues présente dans le bassin d'aération (Kg).

**a'** : la fraction de pollution transformé en énergie de synthèse au cours de l'épuration et c'est aussi la quantité d'oxygène à fournir aux bactéries pour qu'elles synthétisent la matière vivante à partir d'une pollution

**b'** : coefficient de cinétique de respiration endogène.

Le tableau suivant donne les valeurs de a' et b' suivant la charge massique appliquée.

*Tableau IV.6: valeur des coefficients a' et b' en fonction de la charge massique. (Cours épuration )*

Cm	<0.1	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5>
a'	0.66	0.65	0.63	0.59	0.56	0.53	0.5
b'	0.06	0.07	0.075	0.08	0.085	0.09	0.1 à 1.2

Pour notre cas : a'=0.59    b'=0.08

- **La quantité d'oxygène journalière est :**

$$q_{O_2} = a'(L_0 - lf) + b'Xa = 0.59 * 222.25 + 0.08 * 1461.25 = 248 \text{ kgo}_2/j$$

- **La quantité d'oxygène horaire :**

$$q_{O_2(h)} = \frac{248}{24} = 10.33 \frac{\text{kgo}_2}{h} \quad (IV. 20)$$

Ce mode d'épuration permet d'éliminer 90 % de la DBO, 30 % de l'azote. Le tableau suivant représente les concentrations après le traitement biologique.

*Tableau IV.7: les concentrations après le traitement biologique*

Paramètres	Concentration (mg/l)	Normes de rejets
<b>NTK</b>	28	30
<b>DCO</b>	650	700
<b>DBO5</b>	83.5	200
<b>MES</b>	147	150

#### IV.6.5 Décantation

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

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

Figure IV.4: Les différentes phases d'un cycle SBR. Source : (Omnium de Traitement et de Valorisation OTV)

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

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

#### IV.6.6 La filière boue

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

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

##### IV.6.6.1 Le traitement des boues

- **Rôle :**

Le rôle principal du traitement des boues est la réduction de leur volume, par épaissement et/ou déshydratation. Cette étape permet de réduire la quantité d'eau qu'elles contiennent. Le second rôle est leur inertage afin d'empêcher la fermentation durant la période de stockage.

- **Estimation de la production journalière**

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

$$\Delta P_j = 0.8 * Le \quad (IV.21)$$

0.8 : un coefficient associé à le flux journalier

Le : charge journalière de DBO5 éliminé (kg DBO5/j)

$$\Delta P_j = 0.8 * 222.25 = 177.8 \text{ kg MS/j}$$

#### IV.6.6.2 Système de déshydratation

Il existe différents systèmes de déshydratation des boues. Le choix de ce type d'appareil dépend du débit qu'elles peuvent traiter, et de la siccité en sortie. Deux technologies sont principalement utilisées les tables d'égouttages et les centrifugeuses. Le tableau suivant compare les rendements de ces deux machines pour des boues biologiques standards : (source : emo-France.com)

**Tableau IV.8: Les différents types de déshydratation**

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

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

La table d'égouttage est un bon compromis entre la rentabilité souhaitée et le prix de l'équipement proposé. C'est sur ce choix que nous nous sommes portés.

#### IV.6.6.3 Fonctionnement d'une table d'égouttage :

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

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

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

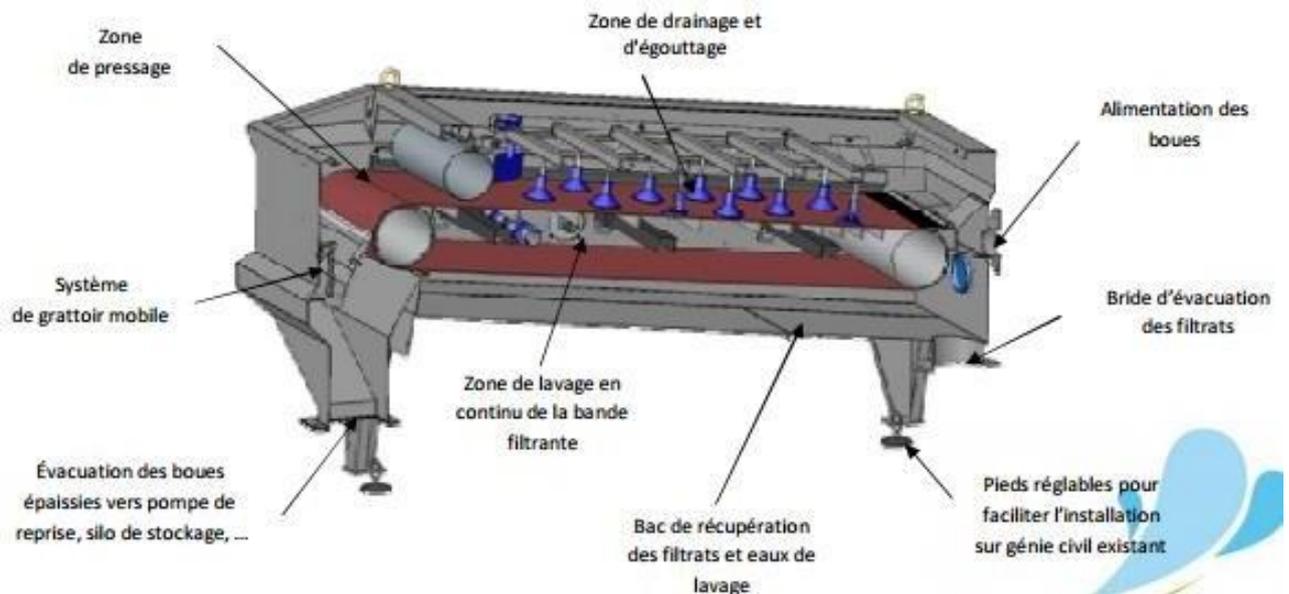


Figure IV.5: Fonctionnement d'une table d'égouttage. (emo-France.com).

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

- **Conditions de stockage**

Le type de stockage qui sera mis en place sera assez simple. Il sera constitué d'une cuve en béton d'un volume de 200m<sup>3</sup> fermée. Ce système doit permettre un stockage pour une durée de 6 mois. En effet, les périodes d'épandage se situent à l'hiver et au printemps, en été et automne, cette pratique est interdite. Cette cuve est munie d'un système de désodorisation au charbon actif. Il sera doté d'un système de purge des eaux surnageantes qui retourneront en tête de station. Il sera également équipé d'un agitateur permettant une homogénéisation des boues avant leur soutirage pour épandage. La mise en place de ce type de système permet d'économiser de la place et ne demande que peu d'entretien. Néanmoins, le cout financier est plus important du fait de l'utilisation d'une presse de déshydratation. Nous avons donc proposé, en variante, une solution moins chère, mais plus difficile d'exploitation et nécessitant une grande surface : les lits plantés de roseaux.

#### IV.6.6.4 Lit planté de roseaux

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

- **Rôle**

Le rôle de cette opération est la réduction du volume des boues biologiques de la station par des plantes et bactéries. L'avantage de ce traitement provient du faible cout d'exploitation par rapport au système mécanique, et donne la possibilité de stocker des boues épandables sur plusieurs années. D'un autre côté, de

nombreux inconvénients sont également présents comme la nécessité de posséder une surface importante pour être mise en œuvre, et les différentes nuisances qu'elles dégagent pour le voisinage. C'est pour cela que ce système est destiné à de petites stations plutôt isolées.

- **Fonctionnement**

Le séchage des boues sur lits plantés de roseaux repose sur la mise en place d'un massif filtrant sur lequel des boues sont progressivement disposées et dans lequel des roseaux se développent. Ils possèdent une action de déshydratation et d'épuration. Le fonctionnement tient au fait qu'autour de chaque tige de roseaux, il existe en permanence un anneau libre pour le passage de l'eau interstitielle de la boue activée alors que les MES sont retenues en surface et s'accumulent. Cette eau s'écoule le long des tiges, rhizomes et racines de roseaux et va percoler à la base du massif drainant et être renvoyée en tête de station. Le bon fonctionnement du procédé repose donc sur un développement dense des roseaux de manière à ce que l'eau puisse être évacuée en permanence ce qui permet la minéralisation des boues et la réduction de leur volume.

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

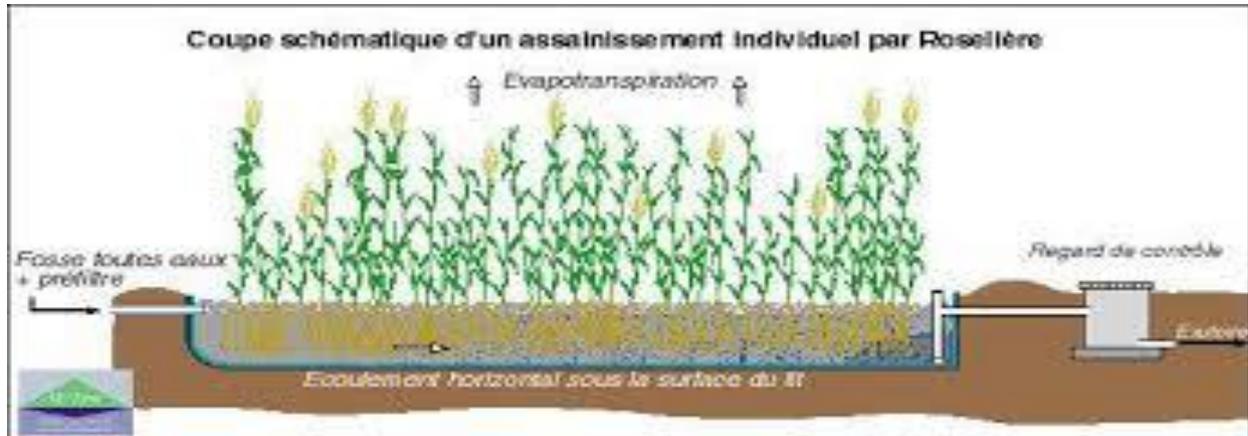


Figure IV.6: lit planté de roseaux. (Source : set-revue.fr)

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

- **Dimensionnement**

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

- La production annuelle de boue biologique
- La surface des casiers béton

- Le nombre de casiers
- Le nombre de plants de roseaux par m<sup>2</sup> de lit filtrant
- Le dispositif d'alimentation en boue

Dans un premier temps, La surface des casiers bétons est calculée par rapport à la production de boue et la charge appliquées par m<sup>2</sup> de lit de séchage. La valeur de celle-ci est de 250kgMES/m<sup>2</sup>/an. Il est donc possible de calculer la surface nécessaire à l'aide de la formule suivante :

$$S_{\text{lit de séchage}} = \frac{\text{production de boue biologique annuelle}}{\text{charge surfacique}} = \frac{177.8 * 365}{250} = 260 \text{ m}^2 \quad (IV.22)$$

Dans le cas de notre usine, la surface nécessaire sera de 260m<sup>2</sup>, répartie en plusieurs casier béton permettant l'alimentation et le séchage dans de bonne condition.

#### IV.7 CONCLUSION

Nous avons établi une conception d'une station d'épuration dans le but diminuer les concentrations des paramètres indésirables. Le résultat nous montre que les paramètres sont inférieurs aux normes indiquées, et la réalisation de la station au sein de la laiterie est possible.

# **Chapitre V. La réutilisation des eaux épurées en agriculture**

## V.1 INTRODUCTION

L'eau est devenue ces dernières années un sujet de préoccupation majeure à l'échelle planétaire. Cette ressource indispensable et irremplaçable est particulièrement mal répartie. Sur la carte des disponibilités mondiales l'Afrique du Nord apparaît comme l'une des zones les plus menacées par les pénuries de ressources en eau et particulièrement dans le Maghreb arabe (Mutin, 2000).

La réutilisation des eaux usées traitée pour l'irrigation pose deux problèmes antagonistes : c'est une source potentielle en éléments nutritifs et source de pollution. La teneur des eaux usées en matières organiques, azote, phosphore et potassium peut améliorer la fertilité du sol et favoriser le développement des cultures. Mais leur teneur en substances minérales, organiques et en agents pathogènes peut engendrer des risques sur la santé humaine et l'environnement.

Ces éléments polluants peuvent être transférés à l'homme ou à l'animal par différentes voies et créer des effets plus ou moins néfastes sur la santé publique en fonction de leur concentration. Donc, les eaux usées doivent être traitées selon des normes strictes puis réutilisées pour assurer la protection sur les utilisateurs, travailleurs, consommateurs (humains et/ou animaux) que pour l'environnement (PNUE, 2005).

## V.2 La réutilisation des eaux usées en agriculture en Algérie

L'Algérie à l'instar d'un grand nombre de pays du bassin méditerranéen accuse un déficit hydrique très important. La situation du pays se caractérise par une demande en eau croissante, alors que les ressources hydriques se raréfient d'une manière permanente pour l'irrigation. En revanche, la production des eaux usées s'accroît et leur réutilisation se présente comme une première réponse à cette situation de pénurie d'eau pour l'irrigation.

La stratégie du ministère des ressources en eau dans le domaine de l'épuration est basée sur la protection de la ressource hydrique, la réutilisation des eaux usées épurées, notamment à des fins agricoles. En outre, la capacité de production en eau usées épurées par les stations d'épurations fonctionnelles (STEP et lagunes) en Algérie représente environ 130000 m<sup>3</sup>/an, en suivant les trois traitements primaires et secondaires et tertiaires.

La réutilisation des eaux usées épurées notamment à des fins agricoles est devenue l'un des axes principaux de la stratégie du secteur des ressources en eau. Presque toutes les ressources accessibles d'eau douce dans le pays sont déjà mobilisées et il est donc logique de se canaliser vers des ressources d'eau non conventionnelles pour satisfaire l'accroissement de la demande telle que l'utilisation des eaux usées traitées.

Le projet de la réutilisation des eaux usées traitées en Algérie, a été lancé au début des années 2000. En 2001, l'ONA a été créé pour assurer sur tout le territoire national, la protection de l'environnement ([www.univ-blida.dz](http://www.univ-blida.dz), 2012) et ne plus procéder aux rejets d'eaux usées sauvages.

Le traitement des eaux usées en Algérie connaît actuellement un grand essor avec la création de nouvelles stations d'épuration (STEP) et le renouvellement et la mise à niveau des anciennes stations d'épuration. Une centaine de STEP existantes ou en voie de réhabilitation permettront de produire un grand volume d'eau qui sera réutilisée au profit de l'irrigation ou de l'industrie. Par conséquent, le développement de l'agriculture irriguée peut être réalisé par la réutilisation des eaux usées traités.

### **V.2.1 Objectifs de la réutilisation des eaux usées en Algérie**

Le but principal de la réutilisation des eaux usées traitées est d'économiser d'importantes quantités d'eau potable qui seraient ainsi destinées pour les besoins de la population en AEP et ainsi permettre de diminuer la pression de mobilisation qui s'exerce sur les nappes, sans pour cela défavoriser les agriculteurs.

Par ailleurs, le traitement des eaux usées génère des boues biologiques, très riches en azote et en phosphore. Leur réutilisation peut constituer un apport d'amendement non négligeable des sols. Le développement de la réutilisation des eaux usées traitées doit se faire en suivant une démarche avisée assurant le meilleur équilibre possible des résultats sur les plans sanitaires, environnementaux et économiques.

En Algérie, l'utilisation des eaux usées épurées en irrigation permettrait :

- L'exploitation d'une ressource durable qui réduira la demande des eaux conventionnelles.
- La valorisation des sols par les nutriments des eaux usées.
- De développer à court et à moyen terme et long terme l'agriculture.

### **V.2.2 Valorisation Agricole des EUT**

Face à la rareté et la mauvaise répartition de l'eau, la réutilisation des eaux usées apparaît comme la solution la plus adaptée. Elle permet d'une part, de fournir des quantités d'eau supplémentaires, d'autre part d'assurer l'équilibre du cycle naturel de l'eau et la protection de l'environnement. Les eaux usées traitées présentent l'avantage de la stabilité par rapport à celles liées à la pluviométrie. La valorisation des eaux usées est à placer dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau, donc du développement durable. Dans les nombreuses régions à climat aride et semi-aride comme l'Algérie, la réutilisation des eaux usées traitées, notamment dans l'agriculture, constitue une alternative intéressante pour la préservation des ressources conventionnelles destinées en priorité à l'Alimentation en Eau Potable (AEP). La réutilisation des eaux usées en agriculture permet d'augmenter le rendement des cultures et d'améliorer l'efficacité des systèmes d'irrigation.

En effet, une lame d'eau épurée de 100 mm (1000 m<sup>3</sup>/ha) peut apporter aux cultures à l'hectare :

- De 16 à 62 kg d'azote,
- De 2 à 69 kg de potassium,
- De 4 à 24 kg de phosphore,
- De 18 à 208 kg de calcium,
- De 9 à 100 kg de magnésium,
- De 27 à 182 kg de sodium (www.eurojournals.com, 2012).

### **V.2.3 Situation de la réutilisation des eaux usées brutes en irrigation en Algérie**

Actuellement, en Algérie, il y a des agriculteurs qui utilisent les eaux usées sans traitement au préalable et sans aucune autorisation des services concernés, pour irriguer particulièrement la pomme de terre, la salade, la tomate, etc.... à partir des bassins de décantation qui se trouvent juste à côté de leurs champs. Ces bassins sont remplis par les eaux des réseaux d'assainissement

Les agriculteurs utilisent des gros moyens techniques pour puiser ces eaux usées en s'équipant de pompes électriques ou motos pompes sophistiquées, avec des centaines de mètre linéaire de tuyaux d'irrigation de diamètres différents et en construisant également des seguias. Ils utilisent aussi des bassins de stockage de ces eaux polluées et hautement nocives pour la santé des agriculteurs.

Les eaux usées véhiculent des éléments polluants qui posent des problèmes sur la santé publique et des risques de contaminer les sols, les plantes, les ouvriers agricoles et les consommateurs. Pour cela, les eaux usées brutes ne doivent pas être directement réutilisées, un traitement est toujours nécessaire.

Pour cette raison il existe déjà des stations d'épuration des eaux usées qui ont été réalisées pour permettre à de nombreux fellahs et producteurs d'en utiliser ces eaux pour l'irrigation de leurs périmètres Mais ces eaux doivent être payées par l'agriculteur pour pouvoir les utiliser.

### **V.2.4 Situation hydrique actuelle de la wilaya de Mascara**

#### **V.2.4.1 Resource en eau souterraine**

Les ressources souterraines sont prélevés essentiellement à partir des trois aquifères de la plaine de Ghriss à savoir : l'aquifère des alluvions du plio-quaternaire, l'aquifère des calcaires dolomitiques du jurassique et l'aquifère des calcaires lacustres et grés du pliocène. Les apports respectifs de ces aquifères sont estimé à 33,8 Hm<sup>3</sup> /an, 5 Hm<sup>3</sup> /an et 22 Hm<sup>3</sup> /an. A ce système aquifère s'ajoutent quelques nappes locales dont les potentialités sont beaucoup moins importantes tel que l'aquifère de Oggaz et du synclinal de Ghomri et la nappe des calcaire de Menaour et de Zahana. Les bilans d'exploitation de ces dernières nappes ne sont pas bien identifiés. D'autre part, le débit total extrait du système aquifère de la plaine de Ghriss a été évalué

par l'ANRH (Agence Nationale des Ressource Hydrique) à environ 33 millions de m<sup>3</sup> /an (Bekkoussa et al., 2018). La Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (DPAT) de la wilaya de Mascara estime la superficie des terres agricoles irriguées à plus de 7500 ha., les besoins en eau des cultures irriguées de la plaine ont été évalués à 7000 m<sup>3</sup> /ha/an. Ceci se traduirait par une consommation de 52,7 millions de m<sup>3</sup> /an pour l'irrigation agricole. L'alimentation en eau potable et les besoins de l'industrie dans cette partie de la wilaya totalisent un volume de 12 millions de m<sup>3</sup> /an. Par conséquent, on extrairait annuellement 64,7 millions de m<sup>3</sup> /an. pour les besoins des différents secteurs de la région. Ce dernier chiffre obtenu à partir de statistiques récentes, est près du double du volume donné antérieurement et officiellement recensé par l'ANRH.

#### V.2.4.2 Ressource en eau superficielle

Le volume des eaux superficielles emmagasinées dans les 4 grands barrages de la région d'étude atteint 213,4 millions de m<sup>3</sup>. Le nombre de retenue collinaires en exploitation est de 6 avec une capacité de 1,89 million de m<sup>3</sup>. Ce volume passera à 2,56 millions de m<sup>3</sup> après l'achèvement de 3 retenues collinaires en phase de réalisation. Néanmoins, la capacité des grands ouvrages hydrauliques de la région, notamment Bouhanifia et Fergoug ont été nettement amoindrie par l'envasement. Les apports solides sont considérables du fait de la lithologie des terrains et de la violence des crues. La capacité utile du barrage de Fergoug a été considérablement réduite. Son taux de comblement atteint plus de 97%. Les services concernés ont opté pour le dévasement du barrage par le procédé de dragage.

*Tableau V.1: Capacité et envasement des barrages de la Wilaya de Mascara. (Aniref.dz 2018)*

Barrages	Capacité initiale (HM <sup>3</sup> )	Capacité actuelle (HM <sup>3</sup> )	Volume (HM <sup>3</sup> )	Taux de remplissage %	Taux d'envasement %
Ouizert	100	95	21.535	22.6	5
Bouhanifia	73	38	14.128	37.1	47.9
Fergoug	17	4	3.5	87.5	97.6
Chorfa	83	80	24.795	31	3.6
Total	273	213.8	60.8	28.5	21.8

#### V.2.4.3 Alimentation en eau d'irrigation

En dépit de la grande demande sur l'eau exercée par le secteur agricole, il ne reçoit que 7430,40 m<sup>3</sup>/j, ce qui est très insuffisant en sachant qu'un hectare de blé consomme en moyenne 5500 m<sup>3</sup>/jan et un hectare de pomme de terre consomme 4870 m<sup>3</sup>/an. Ceci s'est traduit par l'abandon de plus de 30 % des terres agricoles exploitables et par conséquent un taux de chômage important au sein de la population locale

#### V.2.4.4 Bilan hydrique de la wilaya de MASCARA

Le bilan ressource/besoin est nettement négatif sans tenir en compte les besoins de l'industrie. La Wilaya devra compter sur des ressources en eau extérieures et des transferts pour subvenir à ses besoins. On constate que le secteur de l'agriculture est le premier consommateur d'eau. L'utilisation des ressources souterraines dans la plaine de Ghriss pour l'irrigation pose déjà un problème. La diminution remarquable des niveaux piézométrique dans le système aquifère de la plaine de Ghriss est due essentiellement à des pompages incontrôlés notamment durant les périodes des fortes sécheresses. Les agglomérations les plus importantes sont concentrées au nord. La demande en eau de la ville de Mascara est de 10 Hm<sup>3</sup> suivi de Mohammadia avec 7 Hm<sup>3</sup>. Les périmètres irrigués de Sig et Habra sont situés également dans le Nord. Ce qui explique l'action des gestionnaires de l'eau de réserver une partie des eaux de la station de dessalement de la Mactaa à cette zone sujette à un stress hydrique.

*Tableau V.2: Bilan hydrique de la Wilaya de Mascara.*

Ressources (Hm <sup>3</sup> )	Besoins (Hm <sup>3</sup> )
Ressources souterraines : 70	Eau domestique (47 communes):
Eaux de surface :	55 Irrigation :
Prélèvements au fil de l'eau 7.5	Périmètre de Sig : 61
Barrage 101	Périmètre de Habra : 121
	Périmètre de Ghriss : 83
Total : 178.5	Total : 320

Source : Cours polycopie d'hydrogéologie I.N.A.2000

#### V.2.5 Utilisation des EUE pour l'irrigation

Le schéma ci-après représente les domaines d'utilisation des eaux usées épurés

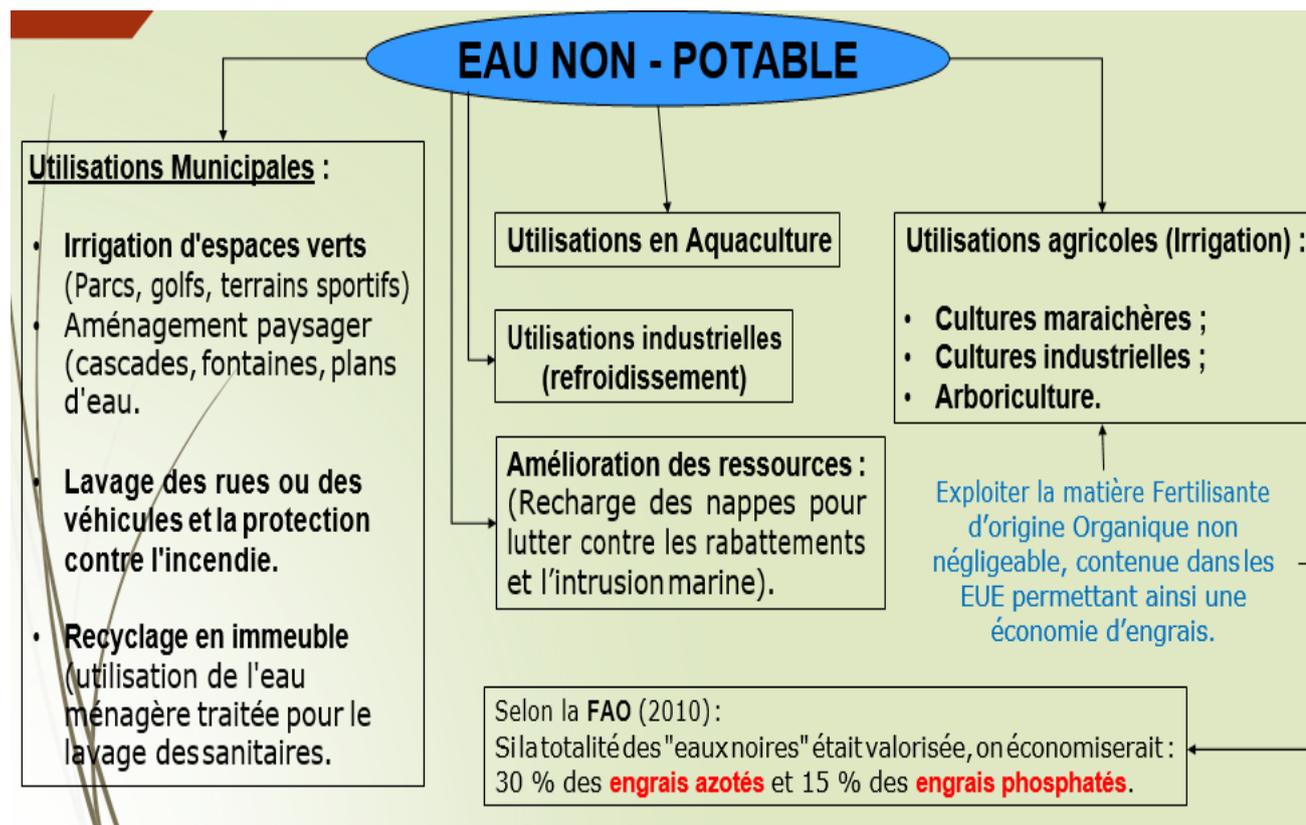


Figure V.1: les domaines d'utilisation des eaux usées épurés

### V.3 Choix des techniques d'irrigation

Plusieurs normes ont été publiées pour définir les bonnes pratiques concernant la REUE en irrigation. Voici la comparaison entre Les principaux systèmes d'irrigation :

*Tableau V.3: la comparaison entre Les principaux systèmes d'irrigation*

<b>Techniques</b>	<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>	<b>Conditions</b>
Irrigation par bassin, et à la raie	-Coût faible. -Nivellement parfait non requis.	-Faible efficacité d'application. -Faible niveau de protection de la santé humaine	-Oblige l'application de mesures de protection pour les travailleurs aux champs, les manutentionnaires et les consommateurs
Irrigation par aspersion	-Coût moyen -Efficacité moyenne d'application	-Nivellement non requis. -Niveau faible de protection de la santé humaine	-50 à 100 mètres de zones publiques -Oblige un certain type de qualité de l'eau -Les eaux produites par traitement anaérobie doivent être évitées
Irrigations localisée et souterraine	-Efficacité élevée d'application. -Haut rendement des cultures. -Haut niveau de protection de la santé humaine.	-Coût élevé.	-Aucune mesures de protection requises. -Oblige un certain type de qualité de l'eau.

#### **V.4 Normes de qualité des eaux en irrigation**

La classification la plus utilisée en ce qui concerne l'irrigation. Proposée par le laboratoire de Riverside (RICHARDS1954), elle est basée essentiellement sur deux (02) paramètres essentiels Selon la salinité et le risque d'alcalinisation des eaux pouvant être destinées à l'irrigation.

##### **V.4.1 La salinité**

Selon la salinité de l'eau, exprimée par sa conductivité électrique CE à 25 °C, on distingue cinq (5) classes :

• **C1 :  $0 < CE < 0,25$  mms/cm ou ds/m** : L'eau à faible salinité. Elle peut être utilisée pour irriguer la plupart des cultures sur la plupart des sols et il est peu probable qu'elle provoque des difficultés. Un certain lessivage est nécessaire, mais celui-ci fait partie des pratiques normales d'irrigation, sauf sur les sols de très faibles perméabilités.

• **C2 :  $0,25 < CE < 0,75$  mms/cm ou ds/m** : l'eau à salinité moyenne, peu de danger si elle est utilisée avec un léger lessivage pour les plantes modérément tolérantes aux sels.

• **C3 :  $0,75 < CE < 2,25$  mms/cm ou ds/m** : l'eau à salinité à prendre en considération, pour les sols à drainage restreint.

• **C4 :  $2,25 < CE < 5$  mms/cm ou ds/m** : l'eau à très forte salinité et inutilisable pour les conditions normales, elle n'est autorisée que si on pratique un lessivage intense et sur des cultures très tolérante.

• **C5 :  $CE > 5$  mms/cm ou ds/m** : l'eau est inutilisable sauf sur des sables lessivés et drainés et pour des cultures extrêmement tolérantes (ex : palmiers et dattiers)

**Remarque :** Dans notre cas le  $CE=1972 \mu\text{s/cm}= 1.372\text{mms/cm}$  (d'après les données de la laiterie) donc elle est de classe C3.

Le tableau ci-après, présente la variabilité de niveau de production des différentes cultures à l'augmentation de la conductivité électrique de la pâte saturée. Nous remarquons que les cultures maraîchères et arboricoles sont généralement les plus sensibles à la concentration de sel dans la zone racinaire, tandis que les céréales et la culture fourragères supportent une concentration plus élevée sans perte significative de rendement.

Tableau V.4: Tolérance des cultures à la salinité du sol CEe (FAO, Bulletin n° 29)

Niveau de production %		100	90	75	50	0
Cultures		Salinité de l'extrait de la pâte saturée CEe (dS/m)				
Céréales	Blé	6	7	10	13	20
	Sorgho	7	8	9	10	13
	Maïs	7	8	9	10	13
Cultures industrielles	Betterave sucrière	7	9	11	15	24
Cultures fourragères	Bersim	2	3	6	10	19
	Luzerne	2	4	6	9	16
	Vesce avoine	4	6	8	12	20
	Orge	6	8	10	13	20
	Sorgho	7	8	9	10	13
	Maïs	7	8	9	10	13
Cultures maraîchères	Haricot	1	1,5	2,3	3,6	6,3
	Carotte	1	1,7	2,8	4,6	8,1
	Petit pois	1	1,5	2,3	3,6	6,3
	Oignon vert	1,2	1,8	2,8	4,3	7,4
	Ail	1,2	1,8	2,8	4,3	7,4
	Salade	1,3	2,1	3,2	5,1	9
	Piment	1,5	2,2	3,3	5,1	8,6
	Pomme de terre	1,5	2,2	3,3	5,1	8,6
	Fève	1,5	2,2	3,3	5,1	8,6
	Chou	1,8	2,8	4,4	7	12
	Tomate	2,5	3,5	5	7,6	13
	Artichaut	2,8	3,9	5,5	8,2	14
	Pastèque /courge	4,7	5,8	7,4	10	15
	Melon	4,7	5,8	7,4	10	15
Arboricultures	Vigne de table	1,5	2,5	4,1	6,7	12
	Agrumes	1,8	5,4	3,4	4,9	8
	Pommier	1,8	2,4	3,4	4,9	8
	Poirier	1,8	2,4	3,4	4,9	8
	Prunier	1,8	2,4	3,4	4,9	8
	Olivier	1,8	2,4	3,4	4,9	8
	Palmier dattier	4	6,8	11	18	32

Le tableau 22 montre aussi la relation entre la valeur de CEE et le niveau de production : en règle générale, un doublement de la valeur de la CEE entraînera une baisse de production de l'ordre de 50 %.

### V.4.2 L'Alcalinité

Estimée par le SAR (Sodium Adsorption Ratio), Le risque d'alcalinisation d'un sol par l'eau d'irrigation est apprécié selon le sodium adsorbable par ce sol. Ainsi, selon le taux adsorbable de sodium (SAR) d'irrigation, on distingue quatre (4) classes :

- **S1 : SAR < 10** : L'eau contenant une faible quantité de sodium, peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans risque d'alcalinisation.
- **S2 : 10 < SAR < 18** : Les eaux contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine, à moins qu'il n'y ait du gypse dans le sol. Ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière ou sur des sols organiques qui absorbent bien l'eau.
- **S3 : 18 < SAR < 26** : Les eaux contenant une quantité de sodium élevée, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales : bon drainage, lessivage important et addition de matières organiques.
- **S4 : SAR > 26** : Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation, sauf pour un degré de salinité très faible et si on ajoute du gypse ou autre source de Ca soluble pour améliorer le bilan ionique.

Le SAR est calculé par la relation suivante

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (V.1)$$

Pour notre cas :

$$SAR = \frac{41}{\sqrt{\frac{110 + 54}{2}}} = 4.53$$

Donc après l'étude de la salinité et l'alcalinité, notre eau nous permet d'irriguer les cultures suivantes :

- Cultures maraîchères : haricot, carotte, petit pois, oignon vert, ail, salade, piment, pomme de terre, fève, chou.
- Arboricultures : vigne de table, agrumes, pommier, poirier, prunier.

### V.5 Avantages de la REUE en irrigation

- Exploitation d'une ressource durable qui réduit la demande en eau conventionnelle.

- Valorisation des nutriments des EUE.
- Évite des investissements coûteux pour la capture et l'entreposage des eaux de ruissellement.
- Améliore la qualité des eaux en aval des sites où les eaux usées étaient déversées (cours d'eau, lacs et eaux littorales).
- Augmente la production agricole.
- Réduit le besoin en fertilisants commerciaux.
- Réduit les coûts de traitement des eaux pour les utilisateurs en aval.

## **V.6 Inconvénients**

- Problèmes de santé humaine et animale associés à une mauvaise utilisation des eaux usées recyclées.
- Peu de lois pour une meilleure utilisation des eaux usées.
- Propriétés souvent complexes des eaux usées.
- Certaines cultures plus difficilement vendues sur le marché (Problème d'acceptabilité sociale).
- Une mauvaise qualité des eaux recyclées peut avoir un impact négatif sur les sols et les cultures.

## **V.7 Conclusion**

La réutilisation des eaux usées traitées en irrigation permet certes de parer à la pénurie d'eau, mais elle doit répondre à des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé pour ne pas engendrer des effets néfastes et des problèmes sanitaires sur les travailleurs, les agricultures, et surtout sur les produits agricoles, les consommateurs et sur l'environnement et les sols irrigués.

La connaissance et le bon choix de systèmes d'irrigation par les EUT sont des facteurs très importants pour assurer l'économie des eaux d'irrigation .et aussi pour un bon fonctionnement du système d'irrigation pour la satisfaction des cultures de leur besoin en eau dans le but d'avoir un rendement acceptable des cultures

# Conclusion générale

A travers cette étude, on a pris conscience de la nécessité de réaliser une station d'épuration au sein de l'usine pour traiter les eaux usées de la laiterie avant leur rejet ou leur réutilisation en irrigation mais elle doit répondre à des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé pour ne pas engendrer des effets néfastes et des problèmes sanitaires sur les travailleurs, les agricultures, et surtout les consommateurs et pour mettre fin au problème de pollution. On a scindé notre travail en quatre étapes essentielles.

En premier lieu, nous avons comparé les charges polluantes des effluents de la laiterie avec celle des normes de rejets. Ensuite, on a établi une conception d'une station d'épuration dans le but de traiter les eaux usées et diminuer les concentrations des charges polluantes. Après, on a dimensionné les ouvrages nécessaires pour traiter ces eaux en basant sur des techniques bien précises. Enfin une dernière étude des caractéristiques de l'eau traitée a eu lieu pour choisir les cultures à irriguer

# Références bibliographiques

**H, Benfetta, A, Sahnoun, B, Achour et A, Ouadja**, 2017. EPURATION DES EAUX USEES DANS LA WILAYA DE MASCARA. LARHYSS Journal. 2 juin 2017. Vol. 14, n° 3, pp. 249 258.

**RAPPORT AU CONSEIL ÉCONOMIQUE ET SOCIAL DES NATIONS UNIES (10 DÉCEMBRE 2004)** - Recherche Google, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 26 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : [www.u-picardie.fr](http://www.u-picardie.fr).

**ROLDAN VILORIA, JOSE SCHMIDT, CAROLINE (2004)** Hydraulique industrielle : aide-mémoire, collection aide-mémoire de l'ingénieur, 310 pages.

**PORTELLI, MICHEL (1995)** Technologie industrielle : cours et exercices, edition Casteilla-Paris, 119 pages.

**DE MARSILY, G.** 2004. Cours d'hydrogéologie. Université paris VI. 2004.

**CNIPED (2020)** Centre National d'Innovation pour le Développement durable et l'Environnement dans les Petites entreprises. [Consulté le 25 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.infogreffe.fr/>

**OTV (2015)** Omnium de Traitement et de Valorisation. [Consulté le 25 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.infogreffe.fr/>

**Revue SET (2020)** la revue Sciences Eaux & Territoires. [Consulté le 25 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : [www.set-revue.fr](http://www.set-revue.fr)

**FIL (2018)** Fédération internationale de laiteries. [Consulté le 25 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : [www.fao.org](http://www.fao.org)

**Notice l'impact et d'environnement de la laiterie el amir commune tizi (2006)**. [en ligne]. [Consulté le 26 novembre 2020].

**(Décret exécutif n 06-141)** les normes de rejets pour les corps gras. [Consulté le 25 novembre 2020]. Disponible sur le JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 26. (23 avril 2006)

**FAO n° 29** le Bulletin FAO d'irrigation et de drainage N° 29. [Consulté le 25 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : [www.fao.org](http://www.fao.org)

**JULIEN, Bertaud.** Assainissement : Le guide pratique. [Consulté le 23 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://assainissement.ooreka.fr/>

**ELHACHMI, Arour.** Découpage administratif de l'Algérie & Monographie. [en ligne]. [Consulté le 23 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/>

**DirectIndustry - La marketplace B2B de l'industrie** : capteurs, automatismes, moteurs, pompes, manutention, emballages.[Consulté le 23 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.directindustry.fr/>

**Hellopro.fr : partenaire de vos achats professionnels**. [en ligne]. [Consulté le 23 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.hellopro.fr/>

**Seine-et-Marne site de l'eau**. [en ligne]. [Consulté le 23 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://eau.seine-et-marne.fr/>

**Soyons éco-citoyens** .19 novembre 2013. [Consulté le 23 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <http://ecolycee.e-monsite.com/>

**ISMA**. - Lagunage aéré. *ISMA* [en ligne]. novembre 2015. [Consulté le 24 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.isma.fr/produits/lagunage-aere/>

**MOHAMED, BOUAISSA**. Memoire Online - Traitement des boues de la station d'épuration d'Alhoceima. - Mohamed BOUAISSA. [en ligne]. 2015. [Consulté le 24 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : [https://www.memoireonline.com/08/17/10011/m\\_Traitement-des-boues-de-la-station-d-epuration-d-Alhoceima13.html](https://www.memoireonline.com/08/17/10011/m_Traitement-des-boues-de-la-station-d-epuration-d-Alhoceima13.html)

**Ricom web**. [en ligne]. [Consulté le 24 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <http://www.ricom-web.com/>

**Traitement des eaux**. [en ligne]. [Consulté le 24 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <http://traitementdeseaux.fr/techniques-traitement/traitements-biologiques/>

**Actibio, le spécialiste des ingrédients bio**, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 26 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <http://www.actibio.net/>

**Eau Claire Assainissement** | Un site utilisant WordPress, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 26 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <http://eau-claire.fr/>

**EMO France, traitement des boues, eaux usées, eaux potables, process, filtre à bandes**, [sans date]. [en ligne]. [Consulté le 26 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.emo-france.com/>

**DEO, John**, [sans date]. Blank. [en ligne]. [Consulté le 26 novembre 2020]. Disponible à l'adresse : <http://www.aniref.dz/>