

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Blida 1



Faculté des Science de la Nature et de la vie

Département Agro-alimentaire

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en

**Spécialité : sécurité agroalimentaire et assurance qualité**

**Filière : Sciences Alimentaires**

**Domaine : Sciences de la Nature et de la vie**

*La problématique des effluents de l'industrie fromagère en Algérie et impact sur l'environnement (Cas de « La vache qui rit » de Kolea)*

**Présenté par :**

**SABBAGH Nadhira**

**AIDER Zineb**

**Devant le jury:**

<b>Dr. MEGATLI</b>	<b>Smain</b>	<b>MCA</b>	<b>Président</b>
<b>Dr. KADRI</b>	<b>Brahim</b>	<b>MCB</b>	<b>Examineur</b>
<b>Dr. TLEMSANI</b>	<b>Amine</b>	<b>MCB</b>	<b>Promoteur</b>

**Année universitaire 2019/ 2020**

# REMERCIEMENTS

Avant tout, Nous remercions dieux tout puissant pour nous avoir donné la santé, la force et la volonté pour achever se modeste travail.

Nos vifs remerciement et profonde gratitude s'adressent a notre promoteur Mr TLEMSANI Amine pour ses précieux conseils et son aide durant toutes les étapes de la réalisation du présent travail.

Nous tenons à remercier particulièrement les membres du jury, Smain MEGATLI pour avoir accepté de présider le jury et de juger ce travail et à Mr KADRI Brahim d'avoir voulu examiner ce modeste travail.

Enfin, nous remercions tous ce qui ont aidés de prés ou de loin a la réalisation de se travaille  
Merci infiniment.

# DEDICACES

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail à :

Mes parents à qui je dois énormément, qui ont cru en moi et qui ont tout donné pour que j'arrive où je suis aujourd'hui, ils m'ont beaucoup aidé dans ma vie et durant mes études. Ce travail est le fruit de leur sacrifice, leurs prières et leur bénédiction.

À tous les membres de ma famille petits et grands pour leur encouragement.

À mes adorables et précieux amis avec qui j'ai partagé des moments de joie et de bonheur, qui sont restés à mon côté et qui m'ont soutenu quand j'en avais besoin.

À tous mes amis et collègues du long parcours scolaire et universitaire, à tous mes enseignants/enseignantes de l'université.

Enfin à toutes les personnes qui comptent pour moi, intervenues dans ma vie à un moment ou un autre et qui m'ont accompagné et soutenu, et m'ont donné la force de continuer.

# Résumé

Le développement industriel et le développement technologique ont conduit à l'augmentation des besoins humains et y compris le lait et ses dérivés. La filière lait et dérivés est l'une des filières les plus polluantes et la plus consommatrice d'eau au cours du processus de fabrication entraînant divers déchets qui constituent une menace pour l'homme et l'environnement.

Nous avons donc choisi notre thème sur l'étude des effets des effluents générés par l'industrie fromagère sur l'environnement, Ces effluents contiennent une charge importante de matière organique et minérale, les plus importants sont le lactosérum et les eaux blanches qui ont un pH élevé, une forte demande biochimique en oxygène (DBO) et une demande chimique en oxygène (DCO).

Dans le cas de La vache qui rit, les effluents passent par des analyses physico-chimiques (Température, pH, matière en suspension, DCO, DBO...etc.) Ensuite sont envoyés vers une station de traitement des eaux usées ou ils sont valorisés et réutilisés. Dans le cadre du développement durable.

## **Les mots clés :**

Effluent, industrie fromagère, environnement, pollution, analyses physico-chimiques, traitement des eaux usées, développement Durable.

## ملخص

أدى التطور الصناعي و التطور التكنولوجي إلى زيادة الحاجيات البشرية بما فيه الحليب و مشتقاته يعد قطاع الحليب و مشتقاته من أكثر القطاعات تلويثا و الأكثر استهلاكاً للمياه خلال عملية التصنيع مما ينتج عنه نفايات مختلفة تشكل خطراً للإنسان و البيئة

و منه اخترنا موضوعنا لدراسة النفايات السائلة الناتجة عن صناعة الأجبان و أثارها على البيئة هذه النفايات السائلة تحتوي على حمل مهم من المواد المعدنية و العضوية أهمها مصل اللبن و المياه البيضاء اللذان يحتويان على درجة حموضة عالية و حاجة بيوكيميائية عالية للأكسجين و حاجة كيميائية للأكسجين

في حالة البقرة الضاحكة النفايات السائلة تمر بتحليل فيزيوكيميائية ( حرارة حموضة جزيئات صلبة معلقة حاجة كيميائية و بيوكيميائية للأكسجين و الخ ) بعدها ترسل إلى محطة معالجة المياه المستعملة حيث يتم تقييمها و إعادة استعمالها في إطار التطوير المستدام

### الكلمات المفتاحية

التطور المستدام , معالجة المياه المستعملة , تحليل فيزيوكيميائية , التلوث , البيئة , مصنع الاجبان , النفايات السائلة

# Abstract

Industrial development and technological development has led to an increase in human needs, including milk and its derivatives. The milk and derived products sector is one of the most polluting and water-consuming sectors during the manufacturing process, resulting in various wastes that pose a threat to man and the environment .

We have therefore chosen our theme of studying the effects of these liquid wastes on the environment, these liquid wastes contains a load of important metal and organic matter , the most important are : the lactosérum and white water who has a high PH , a biochemical oxygen demand (BOD) and a chemical oxygen demand (COD) .

In case of « la vache qui rit » the liquid wastes go through a physico-chemical analyses ( temperature , PH , plankton , BOD , COD ) then its sent to the used water treatment plant which its valued and reused in the frame of durable development .

## Key words

liquid wastes , cheese industry , environment , pollution , physico-chemical analyses , used water treatment , durable development .

## **Sommaire**

### **Remerciements**

### **Dédicaces**

### **Liste des figures et tableaux**

### **Liste des abréviations**

## **Introduction générale .....1**

## **L'analyse bibliographique**

### **Chapitre I : La filière fromage en Algérie**

#### **I. La filière fromage en Algérie :**

- I.1 Le fromage.....
- I.2 Les mécanismes de la transformation en fromage.....
- I.3 Classification des fromages.....
- I.4 Les effluents de fromagerie.....
  - I.4.1 .Composition du lactosérum.....
- I.5 Les paramètres des effluents dans l'industrie fromagère.....
  - I.5.1 Matières En Suspension (MES).....
  - I.5.2 Matières Volatiles Sèches (MVS).....
  - I.5.3 Les composés organiques.....
    - I.5.3.1 Demande Chimique en Oxygène (DCO).....
    - I.5.3.2 Demande Biochimique en Oxygène .....
  - I.5.4 Les composés azotés (N).....
  - I.5.5 Le Phosphore P.....
  - I.5.6 Température T° .....

#### **II. Le développement durable et l'étude d'évaluation environnementale :**

- II.1 Aspect environnementale.....
- II.2 Développement durable.....
- II.3 Analyse cycle de vie :

#### **III. La problématique de l'industrie fromagère et son impact sur l'environnement**

- III.1 La pollution de l'environnement.....

III.1.1	La pollution de l'eau.....
III.1.2	Pollution du sol.....
III.1.3	Pollution atmosphérique.....
III.2	Nuisance olfactif .....
III.3	Nuisance sonore.....
<b>IV.</b>	<b>Traitement des effluents :</b>
IV.1	Procédés physiques (Le prétraitement).....
IV.1.1	Le dégrillage.....
IV.1.1.1	Principales caractéristiques techniques des principaux dégrilleurs et tamis.....
IV.1.1.2	Conditions d'utilisation des dégrilleurs.....
IV.1.2	Dessablage/-désuilage.....
IV.2.	Procédés physico-chimiques (Le traitement primaire).....
IV.2.1	La coagulation- floculation.....
IV.3	Le traitement biologique.....
IV.3.1	Le procédé à cultures fixes.....
IV.3.1.1	Les disques biologiques.....
IV.3.1.2	Les lits bactériens.....
IV.3.2	Le procédé à cultures libres.....
IV.3.2.1	Le traitement aérobie.....
IV.3.2.1.1	Le Lagunage.....
IV.3.2.2	Le traitement anaérobie.....
IV.4	Procédé à boues activées.....
IV.5	La technique membranaire.....
IV.5.1	Phénomène du colmatage.....
IV.5.1.1	Nettoyage chimique.....
IV.5.1.2	Nettoyage mécanique.....
<b>V.</b>	<b>La valorisation des effluents :</b>
V.1	LACTOSERUM.....



V.1.1	Valorisation du lactosérum.....
V.1.2	Utilisation du lactosérum et de ses constituants.....
V.1.2.1	Industrie laitière.....
V.1.2.2	Industrie de boisson .....
V.1.2.3	Utilisation dans les glaces et crèmes.....
V.2	LES BOUES.....
V.2.1	Composition des boues résiduaires.....
V.2.2	Les différentes filières de traitement des boues.....
V.2.3	Utilisation agricole des boues.....
<b>VI.</b>	<b>Le contexte juridique:</b>

## **PARTIE 2 : Evaluation des impacts**

### **I. Présentation de l'usine la vache qui rit Algérie**

<b>I.1</b>	Historique .....
------------	------------------

### **II. Impact de la laiterie sur l'environnement :**

II.1	Évaluation de la pollution hydrique .....
II.1.1	L'eutrophisation .....
II.2	Les méthodes de diminution de la pollution hydrique.....
II.2.1	Le débit des eaux contaminées.....
II.2.1.1	Mesure du débit.....
II.2.1.2	Classification des écoulements de débit.....
II.2.2	L'échantillonnage .....
II.2.2.1	Mode de prélèvement et de mesure.....
II.2.2.2	Paramètres mesurés sur le terrain.....
II.2.2.3	Paramètres mesurés en laboratoire.....
II.2.2.4	Préparation des Échantillons.....
II.2.2.5	Les points d'échantillonnage.....
II.2.3	Mesure des paramètres des rejets.....
II.2.3.1	La température (T°).....
II.2.3.2	Détermination du PH.....
II.2.3.3	L'analyse bactériologique.....
a)	Dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (flore totale).
b)	Recherche et dénombrement des germes de contamination fécale.....
c)	Recherche des Coliforme totaux.....

	d)	Recherche des streptocoques fécaux.....
	e)	Recherche des Clostridium sulfite –réducteurs.....
	f)	Indice de Qualité Microbiologique (IQM).....
II.2.3.4		La Dureté ou titre hydrotimétrique (TH).....
II.2.3.5		Demande chimique en oxygène DCO.....
II.2.3.6		Azote total Kjeldhal NTK ou NK.....
II.2.3.7		Phosphore total PT.....
II.2.3.8		La matière grasse.....
II.2.3.9		La matière en suspension.....

### **PARTIE 3 : Résultats et discussion**

#### **I. Les résultats de la laiterie fromagerie BOUDOUAOU LFB**

I.1	Les traitements de la laiterie.....
I.2	Interprétation.....

#### **II. Les résultats de la laiterie de L'EDOUGH**

II.1	Matériels et méthodes.....
II.1.1	Lieu de prélèvement.....
II.1.3	Analyse physico-chimique.....
II.1.3	Le potentiel d'hydrogène (pH).....
II.1.4	Le titre hydrotimétrique TH.....
II.1.5	Les matières en suspension.....
II.1.6	L'Azote ammoniacal.....
II.1.7	Demande chimique en oxygène DCO.....
II.1.8	Demande biochimique en oxygène.....
II.1.9	Détermination des graisses et huiles MG.....
II.1.10	Germes totaux (GT) 10 <sup>6</sup> /m.....

**Conclusion Général.....**

#### **Références Bibliographiques**

#### **Annexe**

## LISTE DES FIGURES

- Figure 01** : Les différents types de fromages
- Figure 2** : Le processus de traitement des eaux usées
- Figure 3** : Refus de dégrillage compactés
- Figure 4** : Schéma d'un dessaleur
- Figure 5** : Schéma représente la coagulation
- Figure 6** : Schéma représentatif du disque biologique
- Figure 7** : Schéma représentatif de l'opération de lagunage
- Figure 8** : Schéma simplifié d'une opération de séparation membranaire
- Figure 9** : Mécanisme de colmatage
- Figure 10** : Schéma de valorisation de lactosérum
- Figure 11** : Les différents produits de la vache qui rit Algérie
- Figure 12** : Carte de localisation de la fromagerie la vache qui rit Algérie
- Figure 13** : Le déversement des effluents laitier dans une rivière
- Figure 14** : Schéma explicatif de mesure et calcul de débit
- Figure 15** : Classification des écoulements à surface libre
- figure 16** : échantillon envoyé au laboratoire
- Figure 17** : centrifugeuse pour eaux usées
- Figure 18** : Appareil De Filtration sous Vide
- Figure 19** : représentant le fonctionnement d'un spectrophotomètre
- Figure 20** : un PHmètre
- Figure 21** : Les différents types d'azote
- Figure 22** : Spectrophotomètre HACH DR 3900
- Figure 23** : Variations du potentiel d'Hydrogène

**Figure 24:** Variations spatiotemporelles du titre Hydrotimétrique

**Figure 25:** Variations spatiotemporelles des matières en suspension

**Figure 26 :** Variation spatiotemporelles de l'azote ammoniacal

**Figure 27 :** Variations spatiotemporelles de la demande chimiques en oxygène

**Figure 28 :** Variations de la demande biochimiques en oxygène

**Figure 29:** Evolution de la masse microbienne

## **LISTE DES TABLEAUX**

**Tableau01** : Les mécanismes de la coagulation

**Tableau 02** : La classification de fromage selon la consistance

**Tableau 03**: Composition d'un lactosérum doux et lactosérum acide

**Tableau04**: Les paramètres des effluents

**Tableau 5** : Familles des composés malodorants et leur formation.

**Tableau 06**: Données techniques générales des principaux dégrilleurs

**Tableau 07**: Classification des dégrilleurs et des tamis selon la maille de dégrillage et le procédé de traitement des eaux usées associé

**Tableau 8** : Comparaison des procédés de traitement aérobie et anaérobie

**Tableau 9** : Présentation de produits de la vache qui rit Algérie.

**Tableau 10** : Fiche synthétique de l'industrie « Fromagerie Bel Algérie ».

**Tableau 11** : Les bactéries pathogènes dans les eaux usées

**Tableau alcalimétrique 12**: Plage de valeurs du titre hydrotimétrique

**Tableau 13** : Les données de bases pour dimensionnement de la station d'épuration de l'unité

**Tableau 14** : Traitement des eaux usées (station épuration)

**Tableau 15** : Les différents rejets obtenus

**Tableau 16** : Evaluation de la pollution des eaux de la laiterie.

**Tableau 17** : Valeurs de la matière grasse dans le rejet brut de la laiterie Edough ONEDD 2012

## LISTE DES ABREVIATIONS

- g** : L'unité de gramme.
- PH** : Le potentiel d'hydrogène.
- MES** : Les matières en suspension.
- MVS** : Les matières volatiles suspension.
- DCO** : Demande chimique en oxygène.
- DCOT** : Demande chimique en oxygène Totale.
- DCOS** : Demande chimique en oxygène soluble.
- DCOP** : Demande chimique en oxygène particulaire.
- DBO** : Demande biochimique en oxygène.
- N** : L'Azote.
- C** : Le carbone.
- P** : Le Phosphore.
- Ca** : Le calcium.
- Mg** : Le magnésium.
- T°** : La Température.
- ° C** : L'unité de Celsius
- °f** : Degré Français
- MG** : La matière grasse.
- ISO** : International Standardisation Organisation (Organisation Internationale de la normalisation)
- ACV** : L'analyse de cycle de vie.
- CO** : Monoxyde de carbone.
- Qm** : Le débit massique.
- Qv** : le débit volumique.
- ρ** : la masse volumique.
- V** : la vitesse.
- t** : le temps.

<b>m<sup>3</sup></b> :	le mètre cube.
<b>s</b> :	Le seconde.
<b>S</b> :	la surface.
<b>GT</b> :	les germes totaux.
<b>CF</b> :	les coliformes fécaux.
<b>GT</b> :	Germes totaux.
<b>SF</b> :	les streptocoques fécaux.
<b>UFC</b> :	Unité formant colonie.
<b>NPP</b> :	Le nombre le plus probable.
<b>BCPL</b> :	Bouillon Lactosé au Pourpre
<b>D/C</b> :	Double concentré.
<b>S/C</b> :	Simple concentré.
<b>VF</b> :	Gélose viande foie.
<b>TH</b> :	La Dureté ou titre hydrotimétrique.
<b>L'EDTA:</b>	Acide Ethylène Diamine Tétra Acétique
<b>CO<sub>2</sub></b> :	Dioxyde de carbone.

# **Introduction générale**



## **Introduction Générale :**

Les industries agro-alimentaires en Algérie ont connues un énorme développement depuis les années 70 du 20<sup>ème</sup> siècle. Les plus importantes sont celles des filières céréales, eau et boissons et lait et ses dérivés. Notre présente étude portera sur cette dernière filière.

L'industrie laitière florissante, génératrice de richesse et d'emplois et mettant à la disposition du citoyen un produit de base mais à un prix financier et écologique exorbitant camouflé par des subventions massives des pouvoirs publics.

La consommation laitière passe de 35 litres-équivalent-lait par an et par habitant en 1967 à plus de 147 en 2012 (Makhlouf et al, 2015)

Aussi, l'industrie fromagère a connue une grande évolution vue l'augmentation de la consommation chez les citoyens, une plus grande demande retient une plus grande production. Le volume de production de fromage en 2014 est égal à 84,600 tonnes et la valeur de production a atteint 77.3 milliard de dinars (CEFAM, 2005). Les études prévisionnelles annoncent une augmentation des ventes de 10%, en termes de valeur à prix constant de 2014, au cours de la période de prévision.

Le fromage fendu est le fromage le moins cher en Algérie, il est le principal fromage produit dans le pays et il est largement consommé (CEFAM, 2015)

Comme toute production, l'industrie fromagère nécessite l'utilisation d'importante quantité de matières première d'énergie pour faire fonctionner l'appareillage en général et une énorme quantité d'eau : une usine traite approximativement 70000 litres de lait /an et fabrique des fromages à pâte dure, semi – dure et molle, beurre et produits laitiers déshydratés. Des quantités excessives d'eau ont été appliquées aux besoins technologiques (J.L Burgaud, 1969).

Le problème du rejet des eaux usées industrielles prend chaque jour davantage d'importance et cette évolution est particulièrement nette dans les usines de transformation laitières qui doivent toutes envisager d'avoir à épurer, dans un avenir plus ou moins proche, leurs eaux polluées (J.L. Burgaud, 1969)

En Algérie, il existe maintenant des usines de petites ou moyennes tailles mais qui utilisent de grandes quantités d'eau et qui rejettent des masses de polluants qui sont sans commune mesure avec celles provenant des petites installations d'autrefois. Il en résulte que les tolérances qui étaient alors admissibles ou les méthodes qui étaient utilisées ne sont plus actuellement possibles.

Les effluent de cette production peuvent affecter l'entourage de l'entreprise et causer des changements environnementaux : Elles entraînent également dans de nombreux cas une érosion des terres, de la déforestation, une perte de biodiversité liée à d'importantes surfaces de monocultures, une surproduction de lisiers (impactant la qualité des eaux souterraines) et de méthane.

L'industrie fromagère est par principe une industrie grosse consommatrice d'eau ce qui produit une grande quantité d'eau résiduaire. Ces résidus sont d'une façon ou d'une autre jetés dans l'environnement se qui causerait sa dégradation si les effluents ne sont pas traité correctement

(augmentation de la quantité des polluants rejeté) ou l'évacuation des eaux polluées sont larguer d'une manière non réglementaire comme si le cas d'un nombre important des Unités laitières du pays loin du contrôle juridique.

Notre travail consiste à étudier la problématique des effluents de l'industrie fromagère dans une Unité de transformation fromagère dans la plaine de Mitidja et son impact sur l'environnement

La question qui se pose :

Ces effluents constituent-ils un risque pour l'environnement avoisinant ? Si oui, y'a-t-il un (ou des) moyen(s) pour réduire un tant soit peu cet impact ?

Pour répondre à cette question, il faut poser une autre question secondaire : Quels sont d'abord les effluents principaux d'une Unité de transformation fromagère ?

Autre question qui mérite d'être poser : Ou commencent et ou s'arrêtent les tâches du développement durable pour une fromagerie ? Beaucoup de fonctions peuvent s'en réclamer, ou du moins intégrer une composante liée au développement durable notamment dans son volet environnemental.

#### ❖ **Hypothèse :**

Si la filière laitière Algérienne crée de la valeur, elle comporte aussi des coûts. Le nouvel model de consommation volontariste initié par les pouvoirs publics encourageant les produits laitiers depuis les années 70 du siècle passé pour colmater la défaillance des protéines en produits carnés a permis l'éclosion des entreprises de transformation laitière.

Nonobstant le fait d'en consommer est vivement conseillé en matière de santé, l'industrie des produits laitiers comporte en réalité pourtant des coûts cachés, ignorés souvent par les décideurs, des marchés, voir des conséquences négatives liés à un modèle de plus en plus gourmand en matière d'eau, d'énergie...etc.

Par la méthode ISO 14046 (ou méthode de l'empreinte eau consommative), un litre du lait produit coûte de "la fourche à la fourchette" ou "de l'étable à la table",- Slogan souvent portés par les organisations internationales pour valoriser l'unité de la chaîne alimentaire et pour vulgarisent ces transformations - l'équivalent de 1000 litre d'eau en moyenne.

Pire encore, pollutions de l'eau, dégradation de l'environnement, réchauffement climatique... L'économie du lait commence à coûter directement cher à l'environnement et aussi indirectement à la société (soucieuse pour l'instant à procurer le produit blanc aliment essentiel de la majorité de la population).

L'industrie fromagère est par principe une industrie grosse consommatrice d'eau ce qui produit une grande quantité d'eau résiduaire. Ces résidus sont d'une façon ou d'une autre jetés dans l'environnement se qui causerait sa dégradation si les effluents ne sont pas traité correctement (augmentation de la quantité des polluants rejeté) ou l'évacuation des eaux polluées sont larguer d'une manière non réglementaire comme si le cas d'un nombre important des Unités laitières du pays loin du contrôle juridique.

Pollution de l'eau, gaz à effet de serre à l'amont de la filière, la transformation du lait et produits laitiers comporte elle aussi ses effets vraisemblablement néfastes à l'autre bout de la chaîne. Les habitudes de consommation laissent aussi derrière elles une lourde empreinte. Les emballages du lait en sachet, du fromage et de yaourts produits chaque année, ne sont pas recyclés. Acheminés en déchetterie ou brûlés dans les incinérateurs, ces emballages coûtent à l'environnement cher.

#### ❖ **Objectif :**

Dans un contexte d'une insuffisance de nombreux mécanismes de contrôle et de prévention sur terrain, le manque flagrant en Algérie des études dévoilant le côté sombre d'une filière florissante (Le marché du fromage en forte croissance avec la production de 85 000 tonnes par an), notre étude tente de repérer quelques contrecoups de l'industrie fromagère.

Certes, ce n'est pas tous les coûts cachés de cette industrie qui peuvent être considérés, en particulier la détresse environnementale. C'est le paradoxe d'une filière qui, économiquement, semble se porter à merveille en Algérie, mais en contrepartie laisse beaucoup de zones d'ombre en matière d'environnement.

#### ❖ **Méthodologie :**

Cette étude de cas tente de présenter des résultats fragmentaires d'un travail de recherche sur les effluents d'une fromagerie.

En préalable une enquête de terrain devait avoir lieu à l'Unité fromagère « la vache qui rit » de Koléa, une synthèse des connaissances sur la nature ses effluents et le démarche développement durable pour protéger l'environnement de l'entreprise.

Le travail de terrain devait consister en deux séries d'investigations auprès des responsables et chef de service de l'unité.

Des entretiens approfondis sont d'abord serais être menés auprès des responsables, soit individuellement soit collectivement. Ils devraient permettre de discuter des différentes questions relatives à la problématique de la recherche et de préciser le contenu du questionnaire utilisé.

D'autres résultats partiels permettent d'identifier les caractéristiques des effluents et les modalités de traitement. Les résultats sont présentés dans la Deuxième partie.

En raison de la pandémie de Covid 19, l'entreprise « la vache qui rit » de koléa a due fermer ses portes aux visiteurs, et elle est passé a un service minimum qui limite les travaux et qui interdit les stagiaires.

Nous nous sommes parvenus à poursuivre notre enquête qu'on septembre 2020, la date est très retard par rapport a la date butoir fixé par l'Administration pour notre soutenance et pour évaluer a temps la façon dont l'entreprise a fait son évolution avant et pendant la crise sanitaire. Cela explique en partie les maigres résultats de l'enquête, mais nous ont permis qu'en même d'établir un état des lieux économique de l'Unité fromagère a l'aide des réponses au questionnaire et aux résultats tiré d'autres mémoires pour des Unités qui ont des similitudes avec le nôtre.

**L'analyse**  
**Bibliographique**

**Chapitre I :**  
**La filière fromage en**  
**Algérie**

## **I. La filière fromage en Algérie :**

L'augmentation de la production du lait durant certaines saisons et la difficulté de sa préservation sous la forme fraîche sont deux facteurs qui ont conduit au développement des technologies de production traditionnelle algérienne. La transformation de la matière première de différentes origines en nouveaux produits avec des caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles variées (Rayeb, Lben, Zebda), ne permet pas une conservation durable.

La fabrication des fromages semble la solution idéale pour améliorer la qualité sensorielle des produits laitiers et assurer une source de protéine d'origine animale pour les Algériens. La production locale ne couvre qu'une faible partie de la demande en fromage. Les importations de fromages permettent de pallier les besoins qui sont loin d'être satisfaits par la production locale.

Le fromage fondu représente l'essentiel des ventes des fromages, 79% des volumes de production, c'est le fromage le moins cher et le principal produit en Algérie (CEFAM, 2015).

### **I.1 Le fromage :**

La dénomination "fromage" désigne un produit fermenté ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitière suivantes: lait qui peut être partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse. La teneur en matière sèche du produit doit être au minimum de 23 g pour 100 g de fromage, à l'exception de certains fromages frais (JORF, 1988).

**Figure01 :** Les différents types de fromages



Source: [www.leguiedufromage.com](http://www.leguiedufromage.com)

## I.2 Les mécanismes de la transformation en fromage :

La première dichotomie à considérer est le mode de coagulation, qui reste l'étape clé de la fabrication fromagère. La coagulation correspond au passage du lait liquide à l'état de gel. Elle est obtenue par modification physico-chimique des caséines du lait sous l'action d'une enzyme, le plus souvent la présure et/ou d'un acide, généralement l'acide lactique produit par les ferments lactiques. L'action de la présure ou de l'acide lactique provoque la déstabilisation de la suspension colloïdale qui entraîne l'agrégation des micelles de caséines et la formation d'un caillé. Les deux types de coagulation sont présentés dans le tableau 01.

**Tableau01** : Les mécanismes de la coagulation

	Caillé lactique	Caillé présure
Obtention	Action des bactéries lactiques	Action de la présure (mélange de chymosine et de pepsine)
Mécanisme	L'apport d'une quantité croissante d'acide lactique déstabilise progressivement les micelles de caséines H <sup>+</sup> neutralisant les charges négatives présentes en périphérique des micelles. Les micelles déstabilisées vont s'unir pour former un gel, réseau protéique qui	Action de la présure se décompose en deux phases : _ phase primaire enzymatique ou la présure lyse spécifiquement la caséine et lui fait perdre ses propriétés stabilisantes. _ phase secondaire ou les micelles déstabilisées s'agrègent grâce à des liaisons

	piège la matière grasse et la phase aqueuse.	minérales essentiellement calciques pour former un gel homogène.
Facteur de coagulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>_ lait riche en protéines coagulables.</li> <li>_ acidification lente et progressive.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>_ Lait riche en caséines et en calcium dissous.</li> <li>_ Température et PH optimaux au moment de l'emprésurage 40°C et PH=5</li> </ul>
Structure physique	Faible cohésion entre les micelles et les submicelles <sup>2</sup>	Micelles soudées entre elles par des liaisons calciques.
Propriétés du caillé	Déminéralisé car l'acidification induit la solubilisation des sels minéraux dans le sérum fragile et friable.	Minéralisé. Déformable et élastique.
Egouttage	<ul style="list-style-type: none"> <li>_ le sérum s'écoule spontanément entre les micelles.</li> <li>_ Egouttage spontané, lent et limité.</li> <li>_ Niveau d'égouttage faible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>_ A cause de la cohésion entre les micelles le sérum ne peut s'écouler qu'en périphérique.</li> <li>_ Egouttage mécanique rapide et poussé.</li> <li>_ Niveau d'égouttage fort.</li> </ul>
Conséquence en fromagerie	Fromage humide de petit format. Extrait Sec 10-35%. pH caillé = 4,6. Conservation courte (Quelques semaines si affinage)	Fromage sec de gros de gros format Extrait sec 50-60 % PH caillé = 5,2 Conservation longue (Plusieurs mois)

Source : (Dillon et Berthir, 1997).

### **I.3 Classification des fromages :**

Aujourd'hui, un large éventail de fromages peut être classé en fonction du pays d'origine, la nature et l'étendue de la dégradation chimique pendant la maturation ou en fonction de la saveur (**Classification de Davis (1965)**), le processus de fabrication (**Classification d'Olson 1979**), les produits de la protéolyse (**classification de Fox(1993)**) ou la propriété d'utilisation finale (fonctionnelle).

D'autres classifications des fromages, par exemple, selon la source de lait, l'apparence générale (Couleur, taille, forme), l'analyse chimique, etc., sont également possibles (**Gunasekaran et Ak, 2003**).

Le Code des Règlements Fédéraux des États-Unis prévoit certaines normes d'identité pour les fromages classés selon leur consistance, comme indiqué dans le tableau 2:

**Tableau 02** : La classification de fromage selon la consistance

Consistance	Taux d'humidité maximale (%)	Matières grasses par extrait sec (%)
Très dur	34	32
Dur	39	50
Semi molle	50 (> 39)	50
Semi molle (partie croustie)	50	45 (<50)
Molle	Non spécifié	50

Source : (D'après CFR, 1998.)

#### **I.4 Les effluents de fromagerie :**

La littérature définit les effluents de fromagerie comme le mélange des eaux blanches de fromagerie et du lactosérum (**PEP CAPRIN, 2005 ; Muller & Lefrileux, 2000**). Le terme « eaux blanches de fromagerie » fait référence aux eaux de lavage des installations de la fromagerie qui contiennent les différents détergents utilisés ainsi que des résidus de lait. Le lactosérum est un sous-produit issu de la coagulation du lait (**PEP CAPRIN, 2005**)

##### **I.4.1 .Composition du lactosérum**

Le lactosérum est la partie liquide issue de la coagulation du lait. Il s'agit d'un résidu des processus de transformation du lait en fromage de couleur jaune-verdâtre, composé à environ 94 % d'eau, de sucre (le lactose) (**Froc, 2007**), de protéines et de très peu de matières grasses (**Bourgeois & Larpent, 1996**). Deux grandes classes de lactosérums sont souvent distinguées en fonction du coagulant. La composition du lactosérum est détaillée dans le tableau 3

**Tableau 03:** Composition d'un lactosérum doux et lactosérum acide

	Lactosérum doux (emmental)	Lactosérum acide (caséine)
Liquide(%)	93,5	94
Extrait sec(%)	6,50	6,00



PH	6,70	4,60
	Composition en g/l	
Lactose	76,00	74,00
Protéines	13,50	12,00
Cendres	8,00	12,00
Acide lactique	1,80	1,80
Matière grasse	1,00	0,50
Ca(%)	0,60	1,80
P(%)	0,60	1,50
Na cl(%)	2,50	7,50

Source : (Sottiez, 1990)

### **I.5 Les paramètres des effluents dans l'industrie fromagère :**

**I.5.1 . Matières En Suspension (MES) :** les MES représentent l'ensemble des matières solides et colloïdales floculées, organiques ou minérales, contenues dans une eau usée et pouvant être retenues par filtration ou centrifugation.

**I.5.2 . Matières Volatiles Sèches (MVS) :** les MVS représentent la partie organique des MES, la partie restante représentant les matières minérales. Cette partie organique comprend les particules de biomasse, vivante ou morte, ainsi que certaines particules organiques n'intervenant pas dans le processus de dépollution biologique.

**I.5.3 . Les composés organiques :**

**I.5.3.1 Demande Chimique en Oxygène (DCO) :** cette mesure permet la quantification de l'ensemble des composés organiques, présents sous forme solide, colloïdale ou dissoute ainsi que celle des minéraux oxydables.

Lorsque l'ensemble des composés est pris en considération, on parle de DCO totale (DCOT) et lorsque seuls les composés solubles sont analysés, il s'agit de la DCO soluble (DCOS). La différence entre ces deux mesures constitue la DCO particulaire (DCOP).

**I.5.3.2 Demande Biochimique en Oxygène (DBO) :** la DBO permet de quantifier la matière organique, dissoute ou particulaire, pouvant être consommée par la biomasse dans un échantillon.

Le résultat sera obtenu au bout d'une durée de 5 (DBO5) ou 21 jours (DBO21).

**I.5.4 . Les composés azotés (N):** L'azote est présent dans les effluents sous différentes formes : azote organique, azote ammoniacal (ammoniac NH<sub>3</sub>, ion ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). Plusieurs analyses sont possibles :

- ✓ azote total : représente la somme de tous ces composés,
- ✓ azote ammoniacal,
- ✓ nitrate,
- ✓ nitrites.

**I.5.5 . Le Phosphore P :**

Le phosphore est un macronutriment végétal, rarement présent dans les sols sous une forme bio disponible pour les plantes et il est donc presque toujours nécessaire d'en rajouter avec les engrais. Cet élément est relativement stable dans les sols, dans lesquels il peut s'accumuler, notamment en surface ou à proximité de la surface.

Les eaux usées contiennent normalement de faibles quantités de phosphore, ce qui rend leur utilisation pour l'irrigation bénéfique et n'entraîne pas d'impact négatif sur l'environnement (**Girovich, 1996**). Cet impact reste non préjudiciable même lorsqu'on épand des eaux usées contenant de fortes concentrations de phosphore.

**I.5.6 Température T° :**

Le contrôle de la température est un facteur important de l'opération d'un bio filtre, car de nombreux effets dépendent de cette variable : le colmatage, l'activité de la croissance des micro-organismes et le développement de zones anaérobies. La température doit être entre 8 et 20 °C pour une efficacité de 95 %. À 5 °C elle n'est plus que d'environ 75 % (**Courtemanche, 1996**).

**Tableau04:** Les paramètres des effluents

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	C°	30
PH	-	6,5 à 8.5
MES	Mg/l	35
DBO5	Mg/l	35
DCO	Mg/l	120
Azote	Mg/l	30
Phosphate	Mg/l	02
Phosphore total	Mg/l	10

Cyanures	Mg/l	0.1
Aluminium	Mg/l	0.3
Cadminium	Mg/l	0.2
Fer	Mg/l	03
Manganèse	Mg/l	01
Mercure total	Mg/l	0.01
Nickel totale	Mg/l	0.5
Plomb total	Mg/l	0.5
Cuivre total	Mg/l	0.5
Zinc total	Mg/l	0.3
Huile et graisse	Mg/l	20
Hydrocarbures totaux	Mg/l	10
Indice Phénols	Mg/l	0.3
Fluor et composés	Mg/l	15
Etain total	Mg/l	02
Composés organiques chlorés	Mg/l	05

**Source : (JORA, 2006)**

## **II. Le développement durable et l'étude d'évaluation environnementale :**

La référence au « développement durable » est désormais incontournable dans les discours qui entendent traiter de l'environnement et de développement, la notion de développement durable, pour ne pas rester un slogan vide de sens, commande que soient reconnues et prises en compte les inévitables tensions entre les trois dimensions de l'économique, de l'environnement et du social. **(audrey aknin el et all, 2002)**

La norme ISO 14001 définit l'environnement comme: « Le milieu dans lequel un organisme fonctionne, incluant l'air, l'eau, le sol, les ressources naturelles, la flore, la faune, les êtres humains et leurs interrelations ».

### **III.1 Aspect environnementale :**

Celui-ci est défini comme « élément des activités, produits ou services d'un organisme susceptible d'interaction avec l'environnement». Cette définition est explicitée à travers les exemples donnés dans l'Annexe A du standard ISO 14001, à l'article A.3.1 : «émissions dans l'air, rejets dans l'eau, rejets dans le sol, utilisation des matières premières, utilisation de l'énergie, ... ».

La relation entre aspect environnemental et impact environnemental est celle de «cause» à « effet ».

## **II.2 Développement durable:**

La déclaration de Rio stipule que le développement durable est centré sur le droit des êtres humains à une vie saine et productive en harmonie avec la nature, et que le développement doit être réalisé de façon à satisfaire équitablement les besoins relatifs à la croissance et à l'environnement des générations présentes et futures » (**Vaillancourt, 1998**).

- Le concept de développement durable se retrouve parmi les orientations stratégiques du Ministère et du gouvernement. Bien que plusieurs des principes du développement durable soient à retenir dans le contexte d'un programme d'auto surveillance, certains d'entre eux méritent d'être considérés plus attentivement, notamment le principe de précaution et celui d'équité. (<http://www.mddep.gouv.qc.ca/developpement/principe.htm>).

## **II.3 Analyse cycle de vie :**

L'analyse de cycle de vie (ACV) est une étape incontournable pour les démarches de développement durable destinée à diminuer les émissions et les déchets. L'ACV est un des outils les plus performants de toutes les méthodes d'évaluation spécifiques d'un produit ou service. L'ACV est une approche multicritère qui évalue plusieurs impacts environnementaux du produit ou du service par rapport à une fonction particulière (**Jolliet et al., 2010**). L'approche ACV, appelée aussi « du berceau au tombeau », tient en compte l'extraction des matières premières, la fabrication, l'emballage et la distribution, l'utilisation, la fonctionnalité et la fin de vie du produit.

L'approche qui décrit simplement une étape du cycle de vie telle que : la transformation, la production ou l'utilisation est connue comme ACV « du porte-à-porte », puisqu'elle commence et elle finit aux portes de l'industrie. L'approche d'ACV « du berceau à la porte », prend en compte l'extraction des matières premières, la transformation et la fabrication d'un produit jusqu'à la porte de sortie de l'industrie (**IDF, 2005; ISO, 2006; Jiménez-González et al., 2000**).

## **III. La problématique de l'industrie fromagère et son impact sur l'environnement**

Les problèmes environnementaux de l'industrie fromagère sont généralement dus à la pollution de l'eau, de l'air et du sol, au bruit et aux déchets.

Dans la filière laitière en général, le principal problème se situe au niveau de l'eau. Elle doit être dépolluée avant son rejet dans le milieu naturel. Ce traitement génère des boues dont il faut aussi tenir compte.

### **III.1 La pollution de l'environnement:**

La fabrication des produits laitiers et dérivés génèrent très souvent des rejets d'eau polluée par les ateliers de production. Ils sont appelés effluents industriels. Ces effluents doivent impérativement être traités car la pollution qu'ils contiennent peut être très concentrée, ou avoir un effet toxique sur les organismes vivants.

#### **III.1.1 La pollution de l'eau :**

On appelle pollution de l'eau toute modification des caractéristiques de l'eau ayant un caractère gênant ou nuisible pour les usages humains, la faune ou la flore. Au cours de son utilisation, l'eau s'appauvrit ou s'enrichit de substances de toutes sortes, ou change de température. Les pollutions qui en résultent se retrouvent dans le milieu naturel

Dans certains grands pays laitiers industrialisés, l'accroissement considérable des quantités de fromage fabriqué par unité de production ne permet plus d'éliminer le sérum directement, soit par une consommation animale, soit par déversement dans les cours d'eau, ou ils seraient à l'origine d'une pollution grave due à la fermentation des matières organiques (lactose, matière azotées) et à la diminution de la teneur en oxygène dissous dans l'eau au-dessous d'un seuil acceptable (**Lubin,1998**)

Les rejets directs des eaux non épurées posent des problèmes d'eutrophisation des cours d'eau, de qualité de l'eau destinée à la production d'eau potable et de contamination microbiologiques des zones de conchyliculture (**baumont et all., 2004**).

Les symptômes les plus notables de l'eutrophisation sont les proliférations végétales, parfois toxiques, la perte de biodiversité et les anoxies qui peuvent engendrer la mort massive d'organismes aquatiques.

#### **III.1.2 Pollution du sol :**

La contamination des sols due aux épandages de boue d'épuration et aux déchets d'origine industrielle devient aujourd'hui un problème préoccupant. En effet cela se traduit par des impacts négatifs sur les activités dépendant directement ou indirectement de la terre, mais aussi sur la santé humaine et les écosystèmes.

Les problèmes prévus au niveau du sol sont :

- ✓ La salinisation
- ✓ L'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol

- ✓ L'accumulation d'éléments potentiellement toxiques
- ✓ L'accumulation de nutriments (FAO ,2003)

### III.1.3 Pollution atmosphérique :

Comme toute activité humaine, l'agroalimentaire génère des déchets et des effluents, liquides ou gazeux, polluants qu'il convient de minimiser avant leur rejet dans l'environnement. Parmi ceux-ci, les émissions gazeuses chargées en aérosols solides ou liquides ainsi qu'en composés organiques volatils et/ou en molécules odorantes produisent des nuisances généralement mal appréciées par le voisinage

Les différentes activités peuvent toutes être génératrices d'une pollution de l'air à l'intérieur de l'usine (salles de découpe, de conditionnement...), avec des rejets extérieurs (vapeurs de cuisson ou de friture, ventilation d'atelier...) ou du fait de stockages de matières premières, de produits ou de sous-produits. À ces activités premières peuvent s'ajouter des émissions liées aux produits de nettoyage ou de désinfection des installations et des locaux. Les polluants émis peuvent donc être de natures très variées et sont très souvent à l'origine de nuisances olfactives dans le proche environnement.

### III.2 Nuisance olfactif :

Jadis toléré les mauvaises odeurs sont aujourd'hui aperçue comme une agression prévenir leur formation et leur émanation est une priorité pour les industriels qui désirent améliorer leur image de marque et leurs relations avec le voisinage.

La pollution olfactive concerne en grande majorité les industriels qui rejettent dans l'atmosphère des émanations malodorantes (Camille Scotto<sup>1</sup>, Xavier Fernandez<sup>1</sup>)

Les composés odorants sont principalement des composés organiques, c'est-à-dire qu'ils possèdent au moins un atome de carbone lié à un atome d'hydrogène (ADEME, 2013),

Les composés odorants sont le plus souvent le résultat de processus de transformation de substances non volatiles. Les principales réactions qui conduisent à ces composés sont des réactions de dégradation (dégradation thermique ou fermentation de la matière organique), d'oxydation et d'hydrolyse.

Un classement peut être établi en fonction des familles chimiques des composés volatils.

**Tableau 5 :** Familles des composés malodorants et leur formation.

Famille chimique	Origine	Formation des	Références
------------------	---------	---------------	------------

		<b>malodorant</b>	
Composé azoté	Acides aminés issus de la matière organique	Lisier ou stockage des déjections animales	Guinguand, 2010
Composé soufrés	Protéines contenant des acides aminés soufrés	Dégradation bactérienne ou thermique de la matière organique	Herbet, 1975 Jo, 2013 Varlet, 2010
Aldéhydes et Cétones	Acides gras insaturés et saturés	Dégradation thermique types friture dans les restaurants	Sghaier, 2015
Acides carboxyliques	Acides gras insaturés, glucides simple et complexes	Dégradation bactérienne	Bories, 2006
Hydrocarbures et aromatiques	Solvants et déchets organique issue des industries manufacturières	Pyrolyse incomplète et raffinage du pétrole	ADEME, 2003 Mu, 2003 Geldenhuis, 2015

Source : (POLLUTION ATMOSPHERIQUE N°234 AVRIL - JUIN 2017)

Les mauvaises odeurs véhiculées dans l'air ambiant constituant également un problème de pollution atmosphérique. Les produits malodorants ne posent pas de problème sanitaire ; ils sont en général détectés par l'odorat à des concentrations souvent de plusieurs ordre de grandeur inférieurs a ceux considérés comme dangereux (au contraire d'autres produits très nocifs comme le CO sont parfaitement inodores).

Elles sont un facteur de gêne aussi désagréable que celui du bruit et elles peuvent avoir des conséquences néfastes sur le comportement des individus amenés à devoir les supporter (**Paul degobert, 1995**)

### **III.3 Nuisance sonore :**

Le bruit constitue une nuisance majeure dans le milieu professionnel. Il peut provoquer des surdités mais aussi stress et fatigue qui, à la longue, ont des conséquences sur la santé du salarié et la qualité de son travail. Pourtant, des moyens existent pour limiter l'exposition des

travailleurs aux nuisances sonores. Du traitement acoustique des locaux à l'encoffrement des machines bruyantes, les mesures collectives de lutte contre le bruit sont les plus efficaces

On considère que l'ouïe est en danger à partir d'un niveau de 80 décibels durant une journée de travail de 8 heures. Si le niveau est extrêmement élevé (supérieur à 130 décibels), toute exposition, même de très courte durée, est dangereuse. Elle peut conduire à une surdité, phénomène irréversible. Les surdités peuvent être reconnues comme maladies professionnelles.

Le bruit est cause de fatigue et de stress et agit sur les systèmes nerveux, cardiovasculaire et digestif. Mais, il n'affecte pas seulement la santé. En empêchant de se concentrer, il nuit également à la qualité du travail et peut même être à l'origine d'accidents.

#### **IV. Traitement des effluents :**

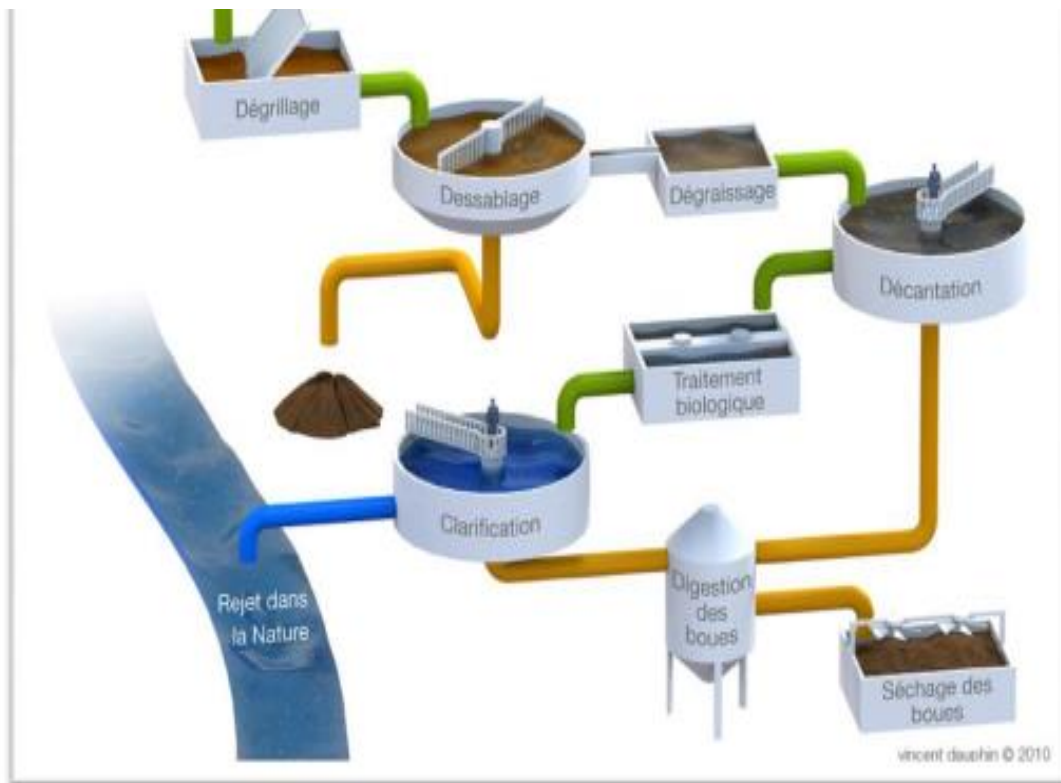
Le problème du rejet des eaux usées industrielles prend chaque jour davantage d'importance et cette évolution est particulièrement nette dans les usines laitières qui doivent toutes envisager d'avoir à épurer (<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00928495>)

Les stations d'épuration sont mises en place pour traiter les effluents industriels et éliminer la pollution qui pourrait nuire au milieu récepteur.

##### **❖ Les types de traitement :**

**Figure 2 :** Le processus de traitement des eaux usées





<http://www.vincentdauphin.fr/le-traitement-des-eaux-usees/>

#### IV.1 Procédés physiques (Le prétraitement) :

Les opérations de prétraitement intègrent à la fois les opérations de traitements physiques des eaux usées et la gestion des sous-produits générés. Elles se composent de plusieurs étapes successives de traitements :

##### IV.1.1 Le dégrillage :

- Le dégrillage, et tamisage éventuel, qui permettent d'extraire des eaux usées, par passage au travers de grilles ou de tamis, les déchets relativement grossiers présentant un risque pour les installations en aval (dépôts, colmatage des conduites, érosion) ;

En entrée de station d'épuration, l'eau brute passe à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement, courbés ou inclinés de 60° à 80° sur l'horizontale : les dégrilleurs. Ces grilles assurent la séparation des éléments grossiers contenus dans les effluents à traiter, afin de prévenir des risques de colmatage des installations en aval. Ce sont les déchets issus de cette étape que nous appelons les « refus de dégrillage »



**Figure 3** : Refus de dégrillage compactés ([fr.linkedin.com](https://fr.linkedin.com))

#### IV.1.1.1 Principales caractéristiques techniques des principaux dégrilleurs et tamis :

Les conditions d'utilisation des dégrilleurs et des tamis sont résumées dans le tableau ci-dessous

**Tableau 06**: Données techniques générales des principaux dégrilleurs

Type de dégrilleur	Gamme de débits (en m <sup>3</sup> /h)	Angle d'installation	Profondeur de canal (mm)	Largeur de canal (mm)	Hauteur de déchargement	Espacement entre barreaux
Dégrilleur courbe	100 à 5000	-	0,5 à 1,8	Jusqu'à 3m	-	6 à 60 mm
Dégrilleur vertical	100 à 40000	80 °	2,5 à 10	0,6 à 2,2	A partir de 1,85 m	10 à 100 mm
Dégrilleur fin rotatif	500 à 10000	-	<1,5	0,6 à 3	Jusqu'à 6 m	6 à 10 mm
Dégrilleur fin STEP SCREEN		60° à 80°		0,5 à 2	Jusqu'à 3,5m	3 à 6 mm
Tamis à champ filtrant		60° à 75°		Jusqu'à 2,2	Jusqu'à 6 m	2 à 6 mm

Source : (adapté de Frechen et al, 2006)

#### IV.1.1.2 Conditions d'utilisation des dégrilleurs :

- ❖ Vitesse de passage de l'effluent

Pour éviter le dépôt des éléments grossiers dans les canalisations et pour assurer un meilleur rendement des dégrilleurs, la vitesse moyenne de passage entre les barreaux doit être comprise entre 0,6 et 1 m.s<sup>-1</sup> et peut atteindre 1,40 m.s<sup>-1</sup> en débit de pointe.

#### ❖ **Espacement des barreaux**

L'efficacité des dégrilleurs ou des tamis dépend principalement de l'écartement entre les barreaux ou de la maille. On parle généralement :

- ✓ D'un dégrillage grossier (ou pré-dégrillage) pour des mailles supérieures à 50 mm ;
- ✓ D'un dégrillage (ou dégrillage moyen) pour des mailles comprises entre 10 et 50 mm ;
- ✓ D'un dégrillage fin pour des mailles comprises entre 3 et 10 mm ;
- ✓ D'un tamisage pour des mailles inférieures à 3 mm.

Le choix de la maille dans les stations d'épuration est fonction de la filière de traitement en aval du prétraitement).

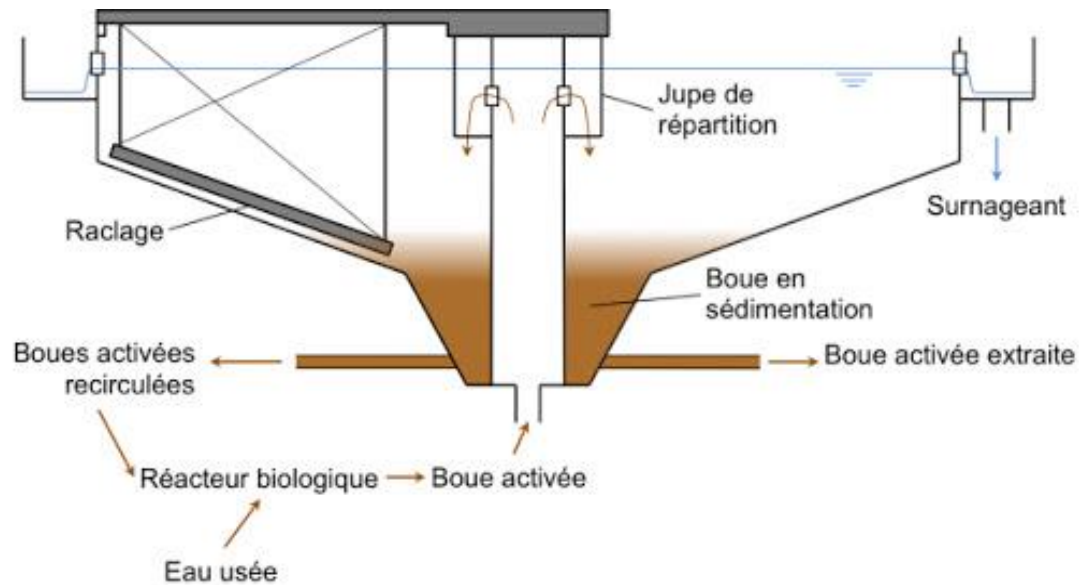
**Tableau 07:** Classification des dégrilleurs et des tamis selon la maille de dégrillage et le procédé de traitement des eaux usées associé

<b>Type de dégrillage /Tamisage</b>	<b>Maille (mm)</b>	<b>Procédé de traitement des eaux usées</b>
Dégrillage grossier	60 mm jusqu'à 20 mm	Boue activées
Dégrillage moyen	20 mm jusqu'à 10 mm	
Dégrillage fin	10 mm jusqu'à 2 mm	Bio filtre
Tamisage grossier	≥ 1 mm	Bioréacteur à membranes
Tamisage fin	< 1 mm	
Micro tamisage	≤ 0.05 mm	

**Source : (adapté de Frechen et al, 2006)**

#### **IV.1.2 Dessablage/-désuilage :**

- Le dessablage qui permet de séparer par décantation les sables et autres particules lourdes des eaux à traiter ;
- Le dégraissage, ou désuilage, qui élimine par flottation une grande partie des lipides contenus dans les eaux usées. Méthode de Flottation Technique de séparation des particules en suspension par introduction de fines bulles de gaz (souvent de l'air), les graisses sont, par exemple, facilement extraites avec cette méthode. **(Fittig j.et Ratnaweera H., 1993).**



**Figure 4 :** Schéma d'un dessaleur

Source : [https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fued-ensil.unilim.fr%2Fco%2FClarification\\_1.html&psig=AOvVaw3My-Fybz7TPB5n0dUh0Mey&ust=1583858066246000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCKjLr7bpjegCFQAAAAAdAAAAABAL](https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fued-ensil.unilim.fr%2Fco%2FClarification_1.html&psig=AOvVaw3My-Fybz7TPB5n0dUh0Mey&ust=1583858066246000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCKjLr7bpjegCFQAAAAAdAAAAABAL)

## **IV.2. Procédés physico-chimiques (Le traitement primaire) :**

### **IV.2.1 La coagulation- floculation :**

C'est un procédé de traitement d'un effluent par ajout d'un coagulant (**Fittig j. et Ratnaweera H., 1993**) dont les plus utilisés sont :

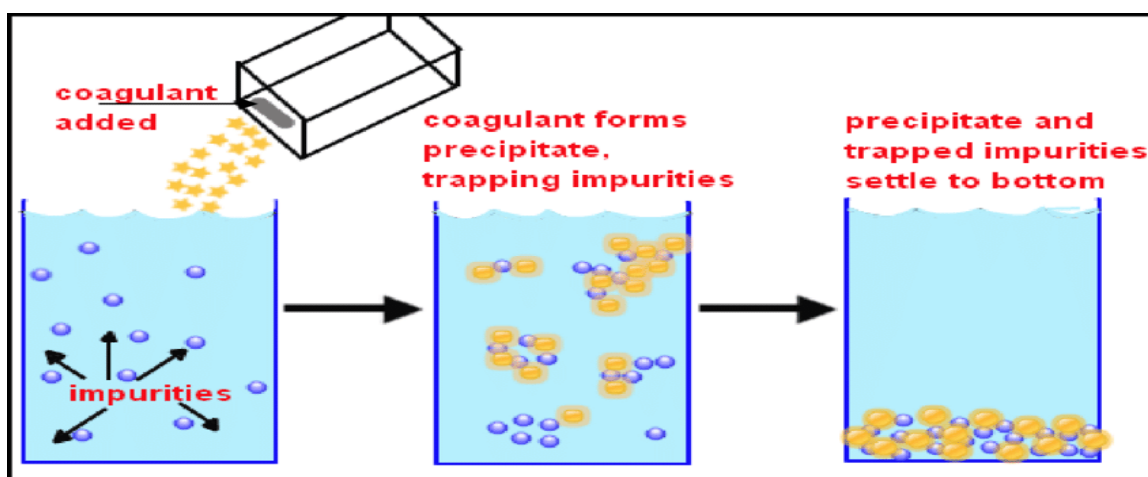
- L'aluminate de sodium  $\text{Na AlO}_2$ ;
- Le chlorure ferrique  $\text{FeCl}_3$  (5-300 mg/l) ;
- Le sulfate de fer  $\text{FeSO}_4$  (15 -300mg/l)
- Le sulfate d'aluminium  $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3$  (15-300 mg/l) ;

Cette technique permet de réduire les éléments polluants qui sont électriquement chargés et/ou neutres et adsorbés par les particules colloïdales qui sont en suspension dans l'eau, ce sont des particules de très petite dimension dont le diamètre varie entre 1 et 100 nanomètres. Ils sont responsables, entre autres, de la couleur et de la turbidité des eaux de surface.

Ce traitement permet ainsi l'agglomération de ces particules et conduit par la suite aux phénomènes de floculation (**Beaudry, JP., 1984**) puis de précipitation. La formation d'un floc est amorcée par la coagulation.

La floculation nécessite l'ajout de flocculant ou adjuvants de floculation qui peuvent être d'origine minérale ou organique, synthétiques ou naturels. À cet effet, les flocculants inorganiques les plus utilisés sont la silice activée, certaines argiles, poudre de charbon actif alors que les flocculants organiques concernent les alginates, l'amidon, les polyacrylamides et polyacrylates. L'efficacité de la coagulation-floculation dépend principalement :

- ✓ de la teneur du coagulant ;
- ✓ de pH, la turbidité ;
- ✓ et de la température du milieu aqueux à traiter.



**Figure 5:** Schéma représente la coagulation

Source :12)

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FFigure-22-Coagulation-flocculation-and-sedimentation-processes-Tutor-Vista-2016>

### **IV.3 Le traitement biologique :**

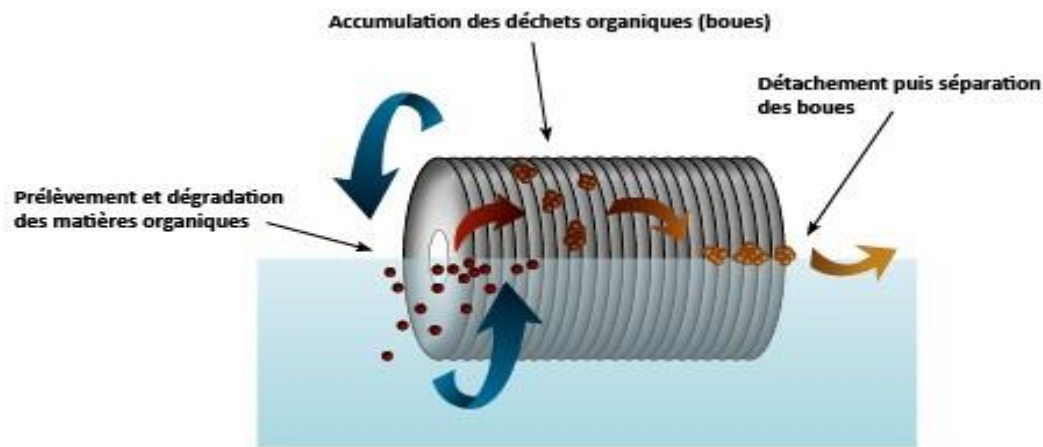
Procédés biologiques Le traitement biologique reproduit dans des réacteurs spécifiques le phénomène d'autoépuration qui se déroule naturellement dans les cours d'eau. Le principe consiste à mettre la matière organique contenue dans les eaux usées au contact d'une masse bactérienne. Celle-ci se nourrit des polluants et les dégrade. Une vue globale des procédés biologiques sera détaillée dans la section (1-2) (Lindberg, C. F., 1997) (Jeppsson, U., 1996)

#### **IV.3.1 Le procédé à cultures fixes :**

##### **IV.3.1.1 Les disques biologiques :**

Dans ce procédé, les micro-organismes sont fixés sur des disques à demi immergés et tournant lentement (quelques tours par minute) autour d'un axe horizontal. La biomasse est ainsi alternativement mouillée par les eaux résiduaires et aérée par l'air ambiant. Cette

technique présente l'avantage d'être peu coûteuse en énergie mais peut entraîner l'émanation d'odeurs.



**Figure 6** : Schéma représentatif du disque biologique

Source :14) <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.sivom-sag.fr%2Ffr%2Fnos-infrastructures%2Fdomaine-de-l-assainissement%2Fstation-d-epuration-de-st-clar-de-riviere-1-1-1->

**IV.3.1.2 Les lits bactériens** : Ce procédé aérobie à cultures fixées consiste à faire supporter les micro-organismes par des matériaux poreux. L'effluent est distribué par aspersion en surface et l'oxygénation est apportée par ventilation naturelle de bas en haut. L'affluent arrive par la partie supérieure alors que l'effluent est évacué par le fond afin de ne pas perturber la fonction aérobie.

#### **IV.3.2 Le procédé à cultures libres :**

Les micro-organismes sont maintenus en suspension dans le mélange à épurer. La biomasse entre ainsi constamment en contact avec les polluants.

Suivant les conditions de l'environnement des cellules dans l'unité de dépollution, on distingue deux modes de traitement:

**IV.3.2.1 Le traitement aérobie** : Ce type de traitement fait appel aux bactéries aérobies qui se développent en présence d'oxygène. La dégradation des polluants est effectuée par des réactions d'oxydation dans un milieu aéré. (Hadj-Saddock, 1999). (Ouali, M.S., 2001) Pronost, J.,et all., 2002 )

##### **IV.3.2.1.1 Le Lagunage :**

Il s'agit d'un étang ou un système de lagunes mettant en œuvre une culture mixte algo-bactérienne. Suivant la profondeur du bassin, on peut distinguer différents régimes de fonctionnement, le traitement s'effectue dans des conditions d'aérobiose



**Figure 7** : Schéma représentatif de l'opération de lagunage

Source :13)

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FFigure-22-Coagulation-flocculation-and-sedimentation-processes-Tutor-Vista-2016>

**IV.3.2.2 Le traitement anaérobie** : Ce traitement s'effectue en condition d'anaérobiose c'est-à-dire en absence d'oxygène. Les bactéries anaérobies assurent la décomposition métabolique des composés biodégradables par des processus de fermentation.

**Tableau 8** : Comparaison des procédés de traitement aérobie et anaérobie :

Paramètres	Anaérobie	Aérobie
Elimination de la DCO	65-90%	90-98%
Energie produit	Elevée	Faible
Energie consommée	Faible	Elevée
Production de boues	Faible	Elevée
Elimination des nutriments (N /P)	Faible	Elevée
Surface requise	Petite	Grande
Capital investit	Relativement faible	Relativement élevé
Prétraitement	Suivi invariablement par le traitement aérobie	Filtration/ désinfection

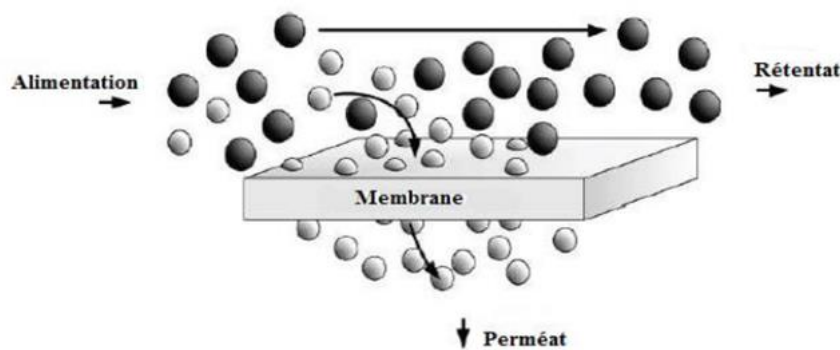
Source : (Jaiyeola and Bwapwa, 2016)

#### IV.4 Procédé à boues activées :

Le procédé de traitement est dit « à boues activées » car l'ensemble des conditions favorables à une activité maximale des bactéries est mis en œuvre : un apport en oxygène suffisant, un apport en nutriment si l'effluent ne contient pas tous les composés nécessaires au développement des bactéries, une agitation permanente afin de favoriser le contact entre bactéries et pollution, une concentration élevée en bactérie pour augmenter l'efficacité du traitement.

#### IV.5 La technique membranaire:

Une membrane est une barrière (fine couche de matière) de quelques centaines de nanomètres à quelques millimètres d'épaisseur, permselective, qui sous l'effet d'une force motrice de transfert, va permettre ou interdire le passage de certains composants entre deux milieux qu'elle sépare



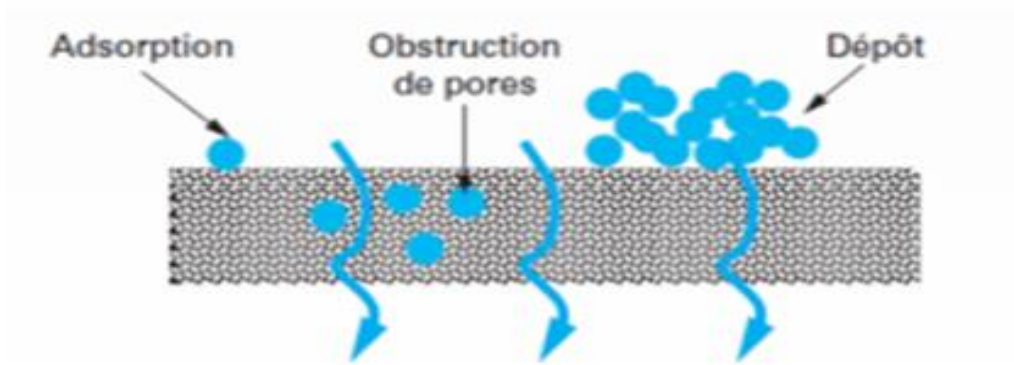
**Figure 8** : Schéma simplifié d'une opération de séparation membranaire (Zheng et al, 2015)

##### IV.5.1 Phénomène du colmatage

Le colmatage est un processus qui entraîne la perte de la performance d'une membrane à cause du dépôt de substances dissoutes ou en suspension à l'intérieur des pores ou à la surface de cette membrane.

Le colmatage des membranes est causé par la présence de matières organiques et/ou inorganiques qui adhèrent à la surface et aux pores de la membrane, conduisant ainsi à la réduction de la performance de la membrane avec comme conséquences une augmentation du coût énergétique et le remplacement des membranes:





**Figure 9** : Mécanisme de colmatage (LACHEBI Samia., 2009)

Le nettoyage de membrane est une opération indispensable qui permet de retourner des conditions d'exploitation convenables par rapport au cahier de charge :

#### **IV.5.1.1 Nettoyage chimique :**

Il s'agit, en général, de cycles de régénération comportant une phase acide et une phase basique, séparés par des phases de rinçage de l'installation à l'eau du réseau ou à l'eau déminéralisée (Loeb S, 1960)

**IV.5.1.2 Nettoyage mécanique :** Une énergie mécanique est utilisée pour décolmater les membranes.

### **VI. La valorisation des effluents :**

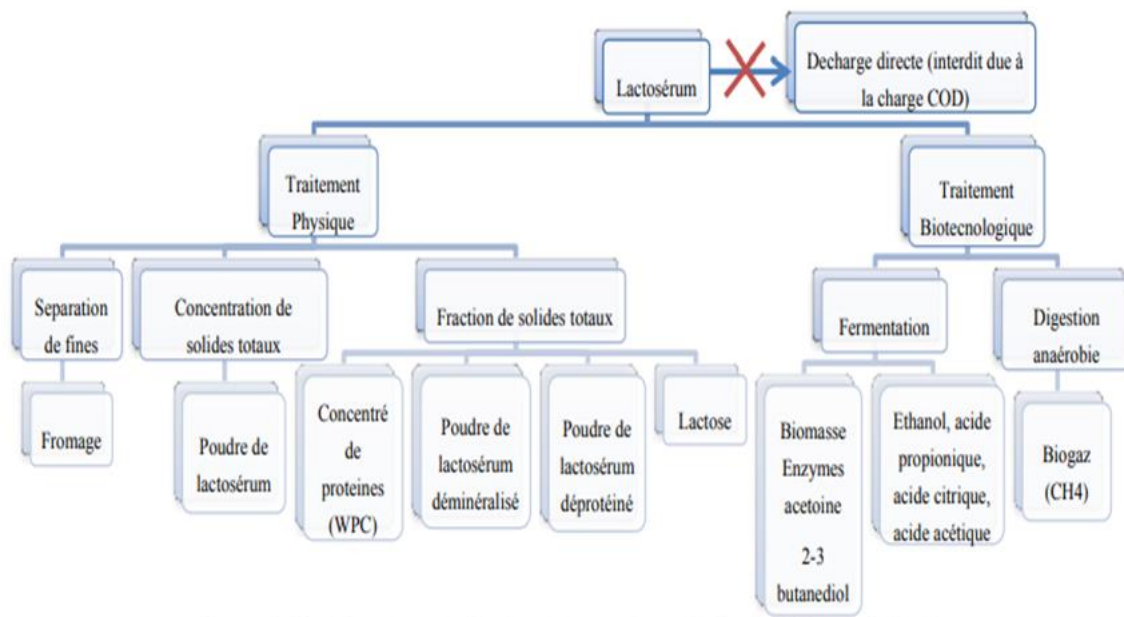
#### **VI.1 LACTOSERUM**

##### **VI.1.1 Valorisation du lactosérum :**

Le rejet du lactosérum est considéré comme un polluant car il impose une forte demande biochimique en oxygène (DBO). (Marwaha et Kennedy., 1988). Une fois libéré dans l'eau, par exemple, les rivières, les canaux d'irrigation, ou sur la terre, le lactosérum conduit à des problèmes environnementaux. En effet, il met en danger la structure physique et chimique du sol, diminue le rendement des cultures (McAuliffe et al. 1982) et réduit la vie aquatique par l'épuisement de l'oxygène dissous. (McAuliffe et al. 1982)

Valorisation du Lactosérum issue de la production fromagère pouvant contribuer à un développement considérable sur le plan économique et écologique.

Il existe différents processus pour valoriser le lactosérum. Le lactosérum est transformé en poudre de lactosérum ou en ses variantes déminéralisées, déprotéinées ou délactosées. Également, il peut être valorisé sous forme de concentrés protéiques, d'isolat de protéines sériques, du lactose ou d'autres fractions (Macwan et al., 2016; Kosseva et al., 2009)



**Figure 10** : Schéma de valorisation de lactosérum (Adapté Yadav et al, 2015)

## VI.1.2 Utilisation du lactosérum et de ses constituants :

**V.1.2.1 Industrie laitière** : La poudre de lactosérum acide peut remplacer la poudre de lait écrémé à des taux précis pour la fabrication des yaourts, sans atteinte à la qualité ni à l'arôme de ces derniers. (Luquet et Boudier, 1984).

**V.1.2.2 Industrie de boisson** : Les boissons à base de lactosérum, ont une grande valeur diététique, digestion facile et rapide. Elles sont légères, désaltérantes, et très agréable à boire. (Nelson et Coll., 1978).

**V.1.2.3 Utilisation dans les glaces et crèmes glacées** : La poudre de lactosérum doux peut remplacer jusqu'à 25% de la quantité du lait écrémé pour la fabrication des crèmes glacées ou les avantages sont essentiellement d'ordre économique, tandis que celle de lactosérum acide (pH 4.6) peut remplacer une partie du sucre pour la fabrication des sorbets de bonne qualité. (Apria, 1973).

## V.2 LES BOUES

### V.2.1 Composition des boues résiduares

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration (Werther et Ogada, 1999 ; Jarde et al., 2003 ; Singh et al., 2004). Les boues résiduares représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (Matière organique, éléments fertilisants (N et P ...), d'éléments traces métalliques, d'éléments traces organiques et d'agents pathogènes).

## V.2.2 Les différentes filières de traitement des boues

Les boues résiduelles se présentent sous une forme liquide et avec une forte charge en matière organique hautement fermentescible. Ces deux caractéristiques sont gênantes et posent beaucoup de problèmes techniques pour leur évacuation « quelle que soit la destination », parmi lesquels leur transport et leur stockage qui conduisent souvent à des problèmes de manipulation et des nuisances olfactives.

Généralement, le traitement des boues a deux objectifs :

- ✓ La stabilisation pour empêcher ou réduire les problèmes de fermentation et d'éviter ainsi les nuisances olfactives. La stabilisation peut être biologique par voie aérobie (compostage) ou anaérobie (méthanisation) ou chimique (chaulage ou autres traitements) (**Office International de l'Eau, 2001**). La stabilisation biologique présente l'avantage de limiter l'évolution ultérieure de la composition des boues.
  
- ✓ La déshydratation et la concentration des boues qui a pour objectif de réduire leur volume (plus de 97 % d'eau) par épaissement et/ou par déshydratation pour faciliter par la suite leur transport et leur stockage. Un conditionnement est souvent utilisé en amont pour favoriser la séparation liquide-solide à l'aide de flocculant organiques de synthèse ou minéraux, et autoclavage. Selon la puissance du procédé de séchage utilisé, épaissement, déshydratation ou séchage thermique, on obtient des boues à différents pourcentages de siccité : Boues liquides (4 à 10 %), Boues pâteuses (10 à 25), Boues solides (25 à 50 %), Boues granulées ou en poudre pour une siccité supérieure à 85 % (**ADEME, 1996**).

## V.2.3 Utilisation agricole des boues

La valorisation agricole des boues résiduelles peut être considérée comme le mode de recyclage le plus adapté pour rééquilibrer les cycles biogéochimique (C, N, P..), pour la protection de l'environnement et d'un très grand intérêt économique. Elle vise à ménager les ressources naturelles et à éviter tout gaspillage de matière organique dû à l'incinération ou à l'enfouissement dans les décharges (**Lambkin et al. 2004**). Les boues résiduelles peuvent ainsi remplacer ou réduire l'utilisation excessive d'engrais coûteux.

## VII. Le contexte juridique:

Le rejet des effluents industriels est strictement encadré et réglementé : afin de contrôler et d'estimer l'évolution des principales caractéristiques des rejets industriels (**l'arrêté ministériel du 23 avril 2006**) : défini les modalités de surveillance de ces rejets :

Une auto-surveillance est imposée aux industriels et qui sont responsables du contrôle de la qualité de leurs rejets.

Au titre de l'autocontrôle et de l'auto surveillance les exploitants d'installation générale des rejets d'effluents liquides industriels doivent tenir un registre ou sont consignés la date et les résultats des analyses qu'ils effectuent selon des modalités fixées par arrêté du ministre ou les services habilités, les services habilités en la matière effectuent des contrôles périodiques et ou inopinés des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des rejets d'effluents liquides industriels visant à s'assurer de leur conformité aux valeurs limites fixées en annexe du présent décret.

Le problème du rejet de eaux industrielles prend chaque jour d'avantage d'importance et cette évaluation est particulièrement nette les usines laitières qui doivent toutes envisager d'avoir à épurer, dans un avenir plus ou moins proche, leurs eaux polluées (**Burgaud, 1969**).

Les rejets de l'industrie laitière constituent non seulement une source importante de source organique valorisable mais engendrent également un problème de pollution pour l'environnement. Cependant, le traitement de ces résidus est une préoccupation majeure des industries qui sont soumis à une réglementation de plus en plus exigeante.

Concernant les effluents laitières, il semble d'avoir une idée sur son origine, les types des effluents, leur impacte sur l'environnement et les différentes procédures utilisées pour réduire leur impact.

## **PARTIE 2**

### **Evaluation des impacts**

## I. Présentation de l'usine la vache qui rit Algérie

### I.1. Historique

En 1865, Jules Bel installe à Orgelet, dans le Jura. Dès la fin de la première guerre mondiale, son fils, Léon BEL, fut l'un des premiers à croire en l'avenir du fromage fondu, nouveauté de l'époque. Il se lance dans l'aventure industrielle et fonde en 1922 la société anonyme « Fromageries Bel » (BEL, 2016). Dès 1929, la société s'intéresse aux marchés étrangers, et elle se lance dans la création de nouvelles filiales :

- ✓ Aux États-Unis en 1970,
- ✓ Au Maroc en 1974,
- ✓ En Algérie en 2002,

Actuellement, le groupe Bel (la vache qui rit), occupe une place de numéro 3 mondial des fromages de marque avec un portefeuille de plus de 25 marques présentent dans 130 pays dont 33 d'installation et 30 sites de production la vache qui rit Algérie a été créée en 2002 par action de droit algérien à capitaux privés détenue à 100 % par fromagerie Bel SPA France.

En 2007 la production de la vache qui rit en a vu le jour sur le site de Koléa dans la zone d'activité, à l'extrémité sud-est de la wilaya de Tipaza. En son volume de production mensuelle varie entre 2000 et 2200 tonnes, elle occupe 48% du marché du fromage en Algérie. Ses produits sont distribués dans 45000 point de vente. L'entreprise compte actuellement 850 employés.

**Tableau 9 : Présentation de produits de la vache qui rit Algérie.**

Gamme de produits	Portions triangulaires	
	La vache qui rit	Picon
	Portions rectangulaires	
	Vache qui rit Chef	Picon
	Portions carrées	
	Kiri	
	Barquettes	
	Kiri Délice	Kol Youm



Figure 11 : Les différents produits de la vache qui rit Algérie

Tableau 10 : Fiche synthétique de l'industrie « Fromagerie Bel Algérie ».

Nom de l'entreprise	Fromagerie la vache qui rit
Superficie du site	22 000 m <sup>2</sup>
Régime Juridique	S.P.A
Filière d'activité	Production et commercialisation du fromage fondu
Usine	Zone d'activité Mazafran Koléa, wilaya Tipaza
Effectif	850 salariés





**Figure 12 :** Carte de localisation de la fromagerie la vache qui rit Algérie (Google Maps).

## **II. Impact de la laiterie sur l'environnement :**

### **II.1 Évaluation de la pollution hydrique :**

« Les questions environnementales prennent une place croissante lors des prises de décisions politiques, économiques et industrielles » (Jolliet et al., 2010). Augustin (2013), affirme que l'industrie laitière doit faire sa part pour contribuer à la sécurité alimentaire mondiale de manière durable.

Les industries laitières génèrent de gros volume d'eau résiduaire: 3,6 litre d'eau usée pour chaque litre de lait produit, et avec un volume de production mensuelle qui varie entre 2000 et 2200 tonnes, dans le cas de la vache qui rit ça va donner presque 7200 litre/an d'eau usée.

Le lactosérum a une très grande importance dans l'industrie due au volume de production et sa composition nutritionnelle. De par les importantes quantités produites, le lactosérum est la substance la plus polluante issue de la fabrication de fromage dû à son haut contenu de matière organique (Prazeres, 2012). En effet, la demande chimique en oxygène (DCO) du lactosérum est 100 000 mg O<sub>2</sub>/L (Yorgun et al., 2008) et la demande biologique en oxygène (DBO) varie entre 40 000 et 60 000 mg de O<sub>2</sub>/L. Selon Baldasso et al. (2011), seulement la moitié du lactosérum est valorisé dans le monde.

Lorsque le lactosérum est déversé dans les cours d'eau (rivières, fleuves, etc.), cela génère une diminution du contenu en oxygène dissous, des problèmes d'eutrophisation et de toxicité modifiant les propriétés physico-chimiques des écosystèmes aquatiques (Córdoba, 2013; Valencia et al., 2009)





**Figure 13:** Le déversement des effluents laitier dans une rivière (**ouest-france.fr**)

L'eutrophisation est l'une des problèmes major de ces effluents sur l'environnement :

### **II.1.1 L'eutrophisation :**

L'eutrophisation est définie par l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économiques) comme un « enrichissement des eaux en matières nutritives qui entraîne une série de changements symptomatiques, tels que l'accroissement de la production d'algues et de macrophytes, la dégradation de la qualité de l'eau et autres changements symptomatiques considérés comme indésirables et néfastes aux divers usages de l'eau » (**Daouda M., 2010**).

Depuis les dernières décennies, l'enrichissement nutritif anthropique « eutrophisation » a été identifié comme un problème écologique pour plusieurs écosystèmes côtiers (**Smith V.H., 2003**)

La disponibilité des nutriments constitue le principal facteur qui contrôle le phytoplancton lorsque les conditions de lumière et de température sont adéquates (**Hecky R.E. et al, 1988**). En effet, elle peut affecter son taux de croissance, sa biomasse et sa composition spécifique (**Caron D.A. et al, 2000**).

L'eutrophisation des eaux continentales de surface est à l'origine de nombreux désordres (**Khalaf G. et al, 2009**) :

- ✓ fortes variations du pH,
- ✓ production de composés toxiques, par les dinoflagellés, en particulier en milieu saumâtre et marin, (les coquillages qui concentrent ces composés peuvent devenir impropres à la consommation), et d'hépatotoxines ou des neurotoxines par les cyanobactéries,
- ✓ destruction d'habitat, par colmatage des fonds de cours d'eau,

- ✓ pollution organique différée lors de la minéralisation des végétaux morts (appauvrissement en oxygène, conditions d'anaérobiose avec production d'ammoniac, d'hydrogène sulfuré, de méthane) et dépréciation notable de l'écosystème.

## **II.2 Les méthodes de diminution de la pollution hydrique :**

Différentes technologies et procédés ont été développés afin de diminuer l'impact environnemental de la gestion du lactosérum en produisant des sous-produits à valeur ajoutée (Alves et al, 2014; Venetsaneas, 2009).

Le traitement des effluents et la valorisation de lactosérum parmi les solutions pour l'élimination de la charge polluante,

Ces traitements ne sont pas totalement fiables, donc on a besoin de mesurer l'efficacité de traitement avant le jeter dans un milieu récepteur.

(Le traitement des effluents et la valorisation de lactosérum dans la partie bibliographique)

### **II.2.1 Le débit des eaux contaminées**

L'apport des effluents en milieu aquatique peut profondément modifier la physico-chimie du milieu récepteur.

#### **II.2.1.1 Mesure du débit**

En hydraulique, le débit (Q) est défini comme étant un volume (V) de liquide qui s'écoule à travers une section donnée d'un canal ou d'une conduite par une unité de temps (t) :

Exemple : Le débit d'un cours d'eau, d'une pompe...

$$Q = V/t$$

Il existe deux types de débits, le débit massique et le débit volumique.

Le débit massique (Qm) et le débit volumique (Qv) sont liés par la relation :

$$Q_m(\text{kg/s}) = \rho(\text{kg/m}^3) \times Q_v(\text{m}^3/\text{s})$$

La mesure du débit est un élément clé pour évaluer l'importance du rejet, car elle permet de déterminer les quantités d'eaux rejetées et les charges de contaminants impliquées. Lorsque la mesure du débit est effectuée en continu, elle permet de connaître le volume exact des rejets chaque jour ainsi que la variabilité du rejet.

La détermination du volume de l'eau rejetée par la laiterie est délicate vu l'irrégularité de la production des ateliers, et l'état défavorable du réseau d'assainissement ; obstruction des regards, et bouchage des conduites d'eaux usées non conforme est conçu pour une production limitée. (Hazourli et al 2007)

Lorsque le rejet se fait dans le milieu aquatique, le débit doit être mesuré en continu ou de façon instantanée à chaque point de rejet. Lorsque le rejet se fait dans un réseau d'égout municipal, la mesure du débit peut être demandée, si nécessaire. Par exemple, lorsque le volume d'eau contaminée de l'entreprise est important par rapport à celui de la station d'épuration municipale ou lorsque les normes de rejet sont fixées en charge.

Le débit doit être mesuré en continu :

- ✓ Lorsque les normes de rejets sont exprimées en charge;
- ✓ Lorsque les débits sont importants.

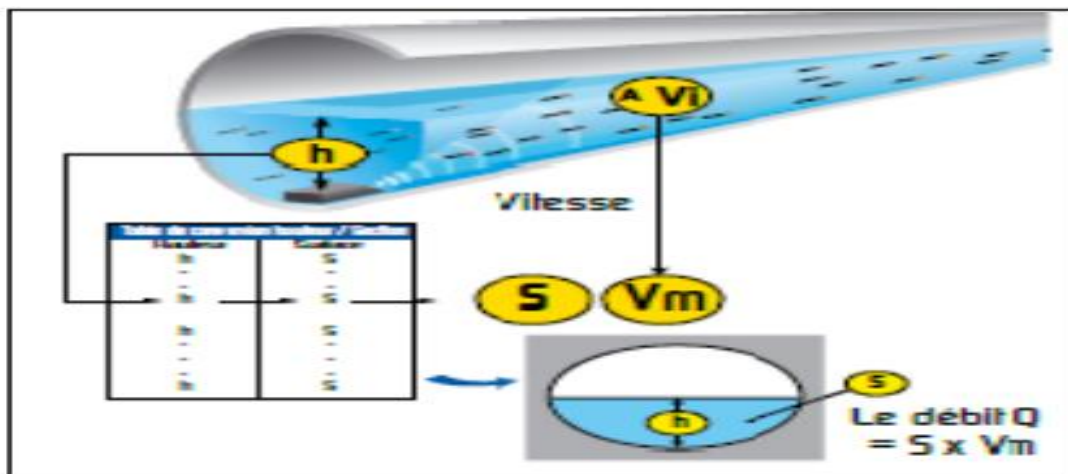
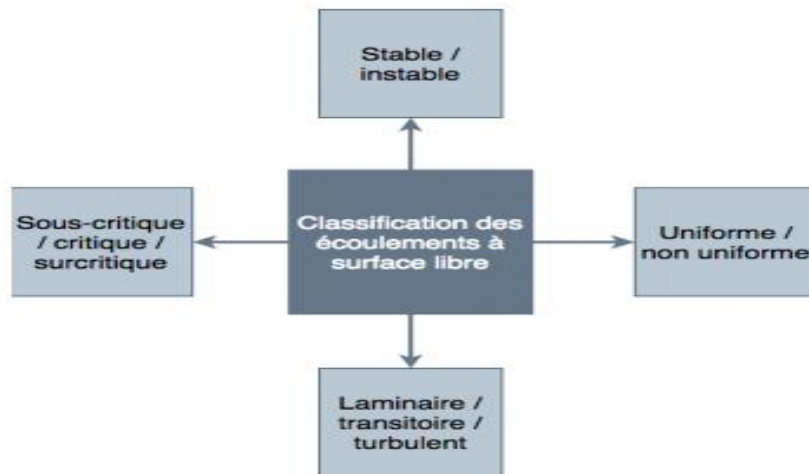


Figure 14 : Schéma explicatif de mesure et calcul de débit

### II.2.1.2 Classification des écoulements de débit

La mesure du débit dans les écoulements à surface libre se base généralement sur la relation hauteur – débit, qui dépend des conditions et du comportement hydraulique de l'écoulement. Dans le cas des écoulements à surface libre, la surface est en contact avec l'air ambiant, et donc soumise à une pression égale à la pression atmosphérique.



**Figure 15: Classification des écoulements à surface libre**

## II.2.2 L'échantillonnage :

L'échantillonnage constitue une étape décisive. Mais ce n'est que la première étape de tout le processus d'analyse. Cette dernière est aussi encadrée par des normes et protocoles précis. D'abord les paramètres mesurés ont vu leur nombre augmenter considérablement depuis quelques décennies. « Près de 200 paramètres peuvent être mesurés rien que sur nos analyseurs », indique Frédéric Soumet de chez HachLange. Les paramètres les plus fréquemment surveillés Pour les eaux usées sont les paramètres globaux de pollution, mais aussi les métaux, les substances organiques et minérales, les hydrocarbures, les composés chlorés

### II.2.2.1 Mode de prélèvement et de mesure

En général, les échantillons sont composés sur 24 heures ou sur la durée maximale d'exploitation de l'établissement lorsque les heures d'exploitation quotidienne sont inférieures à 24 heures.

Lorsque le rejet est de qualité très constante, par exemple le rejet d'étangs ayant un temps de rétention très long, l'échantillon instantané peut être suffisant. Pour certains paramètres tels que les sulfures, les paramètres microbiologiques, les contaminants volatils, la toxicité globale, etc., il faut prélever des échantillons instantanés pour éviter que leurs caractéristiques ne soient changées durant le temps nécessaire à la composition de l'échantillon ou par la composition de l'échantillon elle-même. Le pH, la température et l'oxygène dissous sont des paramètres qui sont habituellement mesurés en continu au site d'échantillonnage de l'entreprise.

### II.2.2.2 Paramètres mesurés sur le terrain

Certaines variables doivent être mesurées sur le terrain, à l'aide de capteurs manuels ou par d'autres moyens,

La température de l'échantillon devrait toujours être relevée immédiatement à partir d'un échantillon distinct, qui ne fera l'objet d'aucune autre analyse. En outre, les concentrations d'oxygène dissous sont habituellement déterminées à l'aide d'un appareil ou par la méthode de Winkler.

Deux autres variables devraient être mesurées sur le terrain afin de documenter tout changement de l'état de l'échantillon au cours du transport vers le laboratoire : le pH et la conductivité spécifique.

### II.2.2.3 Paramètres mesurés en laboratoire

Une fois les échantillons au laboratoire, de nombreuses variables peuvent faire l'objet d'un examen. En général, les analyses portent sur les paramètres considérés comme classiques (pH, conductivité spécifique, dureté et turbidité), les solides (totaux, en suspension, dissous, inorganiques et organiques), les éléments nutritifs (comme les diverses formes d'azote, de phosphore et de carbone).



figure 16 : échantillon envoyé au laboratoire

### II.2.2.4 Préparation des Échantillons

Les échantillons doivent être homogènes afin de donner des résultats représentatifs. Les plus liquides peuvent simplement être agités, les plus denses doivent être mixés afin de réduire les solides éventuels.

En fonction des paramètres étudiés, il peut être opportun d'analyser uniquement la fraction liquide des échantillons, en particulier pour les analyses par spectrophotométrie pour lesquelles les solides perturbent la mesure. Pour séparer les phases solides et liquides, on peut utiliser deux méthodes : la centrifugation et la filtration, qu'il est possible de combiner selon les besoins.



Figure8 : centrifugeuse pour eaux usée  
Vide(es-france.com)



figure9 : Appareil De Filtration sous  
(amazon.fr)

Application des spectres UV-visible :  
Le dosage spectrophotométrique

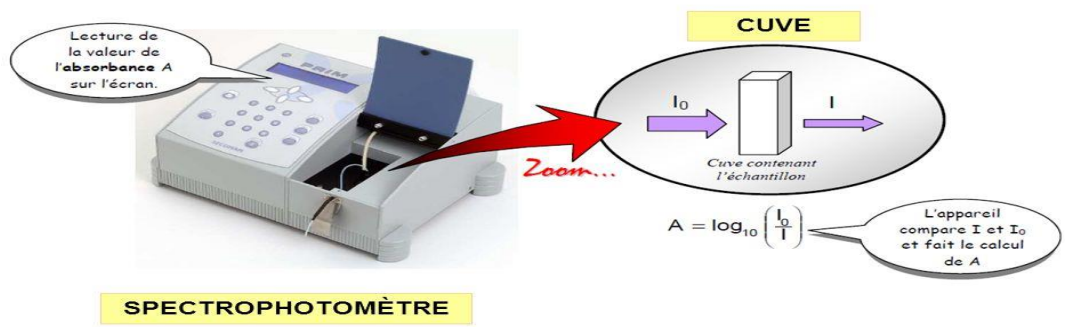


Figure 19 : représentant le fonctionnement d'un spectrophotomètre (slideplayer.fr)

II.2.2.5 Les points d'échantillonnage

Le point d'échantillonnage est l'un des facteurs les plus importants lors d'une campagne d'échantillonnage et doit être choisi judicieusement. Idéalement, son emplacement est sélectionné en fonction de la représentativité des échantillons.

Généralement, le point d'échantillonnage se situe à un endroit de l'effluent où il y a suffisamment de turbulence pour assurer l'homogénéité de l'effluent. Le point d'échantillonnage des effluents dans les canaux ouverts se situe au centre du canal et à une profondeur permettant la prise d'échantillons même en condition de débit minimum. Dans d'autres circonstances, il peut être requis de modifier le choix du point d'échantillonnage (surfactants, phase flottante, présence d'hydrocarbures, etc.).

## II.2.3 Mesure des paramétrés des rejets

### II.2.3.1 La température (T°):

Arrêté du 02/02/98 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.

*"La température des effluents rejetés est inférieure à 30° C et leur pH est compris entre 5,5 et 8,5 ou 9,5 s'il y a neutralisation alcaline."*

Les effluents à haute température sont dirigés vers les cuves de stockage dans lesquels ils subiront un cycle de refroidissement automatisé. Une sonde de température permet de contrôler le refroidissement effectué par le biais d'un échangeur inox. Les effluents seront évacués une fois atteint la température autorisée, soit maximum 30°C.

### II.2.3.2 Détermination du pH

Dans les eaux naturelles les valeurs du potentiel d'hydrogène varient entre 6 et 8,5 (**Chapman et al. 1996**). Il diminue en présence des teneurs élevées en matière organique et augmente en période d'étiage, lorsque l'évaporation est importante (**Meybeck et al, 1996**).

L'abaissement du pH résulte de l'activité bactérienne qui décompose la matière organique. Le pH est indissociable des valeurs de la température, de la salinité et du taux du CO<sub>2</sub> (**Nisbet et Verneau, 1970**), ainsi il a été démontré que la minéralisation de la matière organique provoque une chute du pH (**Gotesman, 1993**).

#### ❖ Principe

La mesure du pH se fait à l'aide du pH mètre. Le pH nous renseigne sur l'état de fraîcheur des produits, c'est une mesure des ions H<sup>+</sup> dans une solution dont le but est de déterminer quantitativement l'acidité ou la basicité de celle-ci (**AFNOR, 1980**). La notion de pH qui traduit l'acidité d'une solution prend en compte la concentration en ions H<sup>+</sup> et (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) de la solution grâce à la relation suivante :

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

#### ❖ Mode opératoire

Le protocole consiste à effectuer d'abord l'étalonnage de l'appareil, il s'agit d'un ajustement du cadre de lecture du pH à l'aide d'une solution de pH connue (solution de pH étalon) ; ensuite, introduire l'électrode dans l'échantillon à analyser ; et enfin, lire la valeur du pH affichée.



**Figure 20 : un PHmètre ( pierron.fr)**

### II.2.3.3 L’analyse bactériologique

Les bactéries dans l’eau peuvent avoir trois origines différentes :

- ✓ Origine purement aquatique
- ✓ -Origine terrestre
- ✓ -Origine animale ou humaine: Ce sont des germes de contamination : le plus souvent fécale; parfois rhino-pharyngée dont la température de développement est alentours de 37°C et qui sont accoutumés à un milieu nutritif (matière fécale) riche en matière organique.

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées. Les eaux usées contiennent environ 10<sup>6</sup> à 10<sup>7</sup> bactéries/100 ml dont la plupart sont Proteus et Entérobactéries, 10<sup>3</sup> à 10<sup>4</sup> streptocoques et 10<sup>2</sup> à 10<sup>3</sup> Clostridiums. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 10<sup>4</sup> UFC/l. Parmi les plus détectées sont retrouvées, les Salmonelles, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux (Belaid, 2010).

**Tableau 11 : Les bactéries pathogènes dans les eaux usées (Baumont et al., 2009).**

Agent pathogène	Syptomes, maladie	Nombre pour un litre d’eau usée	Voies de contamination principales
Salmonella	Typhoïde, paratyphoïde, salmonellose	23 à 80 000	Ingestion
Shigella	Dysenterie bacillaire	10 à 10 000	Ingestion



E. coli	Gastro-entérite		Ingestion
Yersinia	Gastro-entérite		Ingestion
Campylobacter	Gastro-entérite	37 000	Ingestion
Vibrio Choléra	Cholera	100 à 100 000	Ingestion
Leptospira	Leptospirose		Cutanée/Inhalation/Ingestion
Legionella	Légionellose		Inhalation
Mycobacterium	Tuberculose		Inhalation

L'analyse microbiologique des échantillons a été réalisée dès réception au laboratoire, afin d'éviter toute modification éventuelle de la concentration microbienne initiale. Une série de dilutions dans de l'eau distillée stérile est réalisée. Seules les dilutions 10<sup>-2</sup> et 10<sup>-3</sup> sont utilisées pour le dénombrement des germes totaux (GT) et les indicateurs de contamination fécale (CF et SF).

#### **a) Dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (flore totale)**

Cet examen vise à dénombrer spécifiquement le plus grand nombre de microorganismes en particulier des bactéries se développant dans les conditions aérobies habituelles de culture et ce quelque soit le milieu utilisé (milieux non sélectifs). (**Guiraud J.P. et Galzy P, 1998**).

#### **❖ Déroulement de l'analyse**

On introduits 1 ml de l'échantillon dans des boîtes de Pétris coulées avec gélose PCA en surfusion à 45°C±1. Après homogénéisation et solidification du milieu, la lecture est faite après 24 heures d'incubation à 37°C ou après 72 heures d'incubation à 22°C. À la fin de la période d'incubation, les boites contenant un nombre de colonie compris entre 15 et 300, sont dénombrables. Les résultats sont exprimés en nombre de colonies ou unités formatrices de colonies UFC/ml. (**ISO, 8199**).

#### **b) Recherche et dénombrement des germes de contamination fécale**

Les germes de contamination fécale recherchés dans l'eau sont les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et les Clostridium sulfite-réducteurs.

#### **c) Recherche des Coliforme totaux**

Les Coliformes Caractérisé par leur aptitude à fermenter le lactose en acide lactique (test présomptif sur milieu BCPL, et pour test confirmatif sur BLBVB...) avec dégagement de gaz supérieur ou égale 1/10 du volume de la cloche (gaz+) à 37°C pendant 48h (**Rejsek, 2002**).

Ce test est réalisé sur bouillon lactosé additionné d'indicateur de pH pourpre de bromocrésol (BCPL), avec la cloche de Durham. Dans notre étude nous avons utilisé la méthode de détermination du nombre le plus probable (NPP) en série de 5 tubes, il consiste à porter aseptiquement 10 ml d'échantillons dans chacun des 5 tubes contenant 10 ml de bouillon BCPL double concentré (DC), plus un flacon de 100ml (50ml échantillons et 50ml de bouillon lactose), et 1ml d'échantillon introduit dans les 5 tube du 9 ml de bouillon BCPL pour simple concentré (S/C). La présence de coliformes totaux se traduit par la présence à la fois un trouble microbien et un dégagement gazeux avec un virage de la couleur violet au jaune . (**ISO, 9308/2**) et (**NA 2691**).

#### **d) Recherche des streptocoques fécaux**

La recherche ou le dénombrement de l'ensemble des espèces appartenant au groupe des Streptocoques fécaux englobe le genre « Enterococcus » et les streptocoques du groupe antigénique D, pour leur développement en utilisant un milieu de présomption de Rothe et un autre de confirmation de l'Eva Litsky (**Guiraud J.P. et Galzy P, 1998**).

##### **❖ Déroulement de l'analyse**

On ensemence une série des 5 tubes contenant le milieu Rothe, 10ml d'échantillon pour D/C (10ml) plus un flacon de 50ml d'échantillon et 1ml d'échantillon pour 9ml de S/C. L'incubation se fait à 37 °C pendant 48h. Les tubes présentent un trouble plus un précipité blanc pendant le temps d'incubation considéré positifs (**ISO 7899/1-1994 (F)**).

#### **e) Recherche des Clostridium sulfito -réducteurs**

Les Clostridium sulfito-réducteurs (ou leurs spores) sont des bactéries commensales de l'intestin ou saprophytes du sol. Leur croissance dans un milieu de la gélose viande foie (VF) est rendu sélectif par le sulfite de sodium et l'alun de fer (**Guiraud J.P. et Galzy P, 1998**).

##### **❖ Déroulement de l'analyse**

Ensemencement en profondeur avec 1ml d'échantillon d'eau dans deux tubes, après avoir chauffé à 80 °C pendant 10 min afin d'éliminer les formes végétatives. Par la suite faire passer sous filet d'eau froide 10 ml d'échantillon d'eau pour la forme végétative, puis on coule dessus

la gélose VF. L'incubation se fait à 46 °C pendant 48h, les colonies apparaissent noires (ISO 6461-2) et (NA 764).

f) **Indice de Qualité Microbiologique (IQM)**

L'indice de Qualité Microbiologique est calculé en se basant sur les concentrations de trois germes:

- ✓ Les Germes Totaux /ml
- ✓ Les Coliformes fécaux /ml
- ✓ Les Streptocoques fécaux /ml

La moyenne des classes fait ressortir l'indice de qualité microbiologique

$$I.Q.M = (\text{Germes totaux} + \text{Coliformes fécaux} + \text{Streptocoques fécaux})/3$$

**II.2.3.4 La Dureté ou titre hydrotimétrique (TH) :**

La dureté ou titre hydrotimétrique (TH) correspond essentiellement à la présence de sels de calcium et de magnésium. Elle est directement liée à la nature des terrains traversés. Ils proviennent des roches calcaires ou dolomitiques. La présence du CO2 favorise cette dissolution. Elle peut se présenter sous plusieurs formes :

- ✓ La dureté totale =  $[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$
- ✓ La dureté calcique  $TCa = [Ca^{2+}]$
- ✓ La dureté magnésienne  $TMg = [Mg^{2+}]$

La dureté est mesurée par le titre hydrotimétrique exprimé en ppm (ml/l) ou par °F (degré français) ; 1°F correspond à 10 mg de carbonate de Calcium dans 1 litre d'eau. Le TH se détermine par dosage complexométrique avec l'EDTA.

**-Pour les resultats de TH :**

**Tableau alcalimétrique 14: Plage de valeurs du titre hydrotimétrique :**

<b>TH (°f)</b>	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	+ 40
<b>Eau</b>	très douce	douce	plutôt dure	dure	très dure

**II.2.3.5 Demande chimique en oxygène DCO:**

- ❖ **principe** : la DBO représente la quantité d'oxygène nécessaire pour l'oxydation biologique des matières organiques présentes dans l'eau. Pour l'évaluer, on laisse incuber pendant 5 jours à 20°C, un échantillon d'eau à analyser qu'on dilue avec une eau distillée. On mesure alors la consommation d'oxygène pendant ce temps d'incubation.
- ❖ **Mode opératoire** :

Introduire un volume d'eau dans le flacon, mettre le barreau magnétique et les pastilles de NaOH, ensuite viser la tête analogique sur le flacon, appuyer simultanément sur les touches A et B durant 3 secondes jusqu'à apparition du message 00, mettre le flacon dans l'étuve pendant 5 jours à 20°C.

### II.2.3.6 Azote total Kjeldhal NTK ou NK

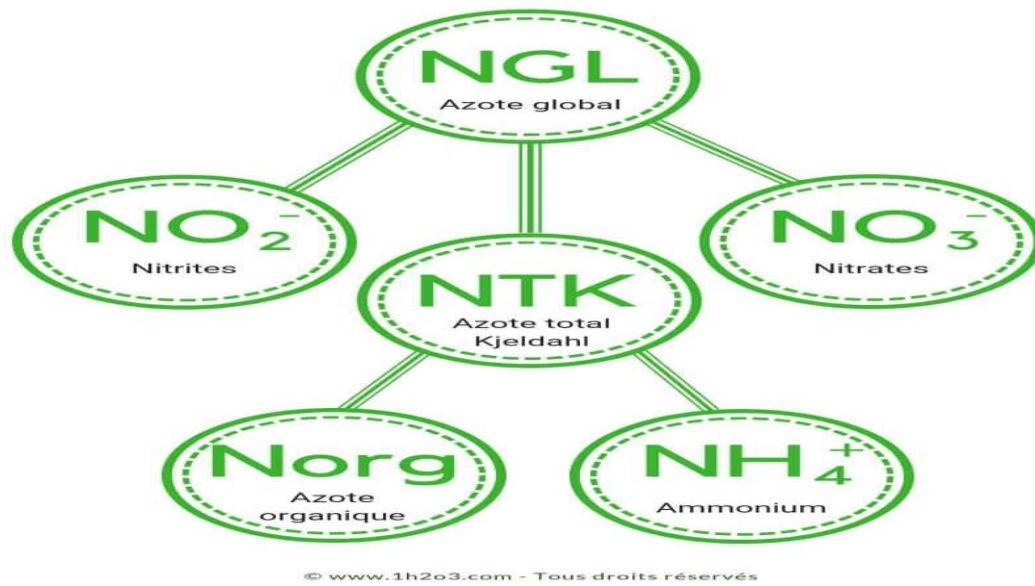
Les eaux usées industrielles contiennent quasi-exclusivement de l'azote organique (Norg) et de l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

Le paramètre azote Kjeldahl NTK correspond à la somme de l'azote ammoniacal et de l'azote organique contenu dans l'eau, et qui s'exprime en mg/L. C'est une analyse compliquée à réaliser, c'est pourquoi ce paramètre est généralement calculé comme suit :

$$\text{NTK} = \text{azote total NGL} - \text{nitrites NO}_2 - \text{nitrates NO}_3$$

Lorsqu'une concentration élevée en azote Kjeldahl est décelée dans une rivière, cela indique une pollution d'origine humaine. L'azote organique doit être éliminé car il réduit considérablement la concentration en oxygène d'un milieu, c'est pourquoi les normes de rejet sont très souvent strictes concernant ce paramètre, et encore plus lorsque le milieu récepteur est considéré comme zone sensible.

Pour l'histoire, cette analyse porte le nom du chimiste danois qui a découvert la méthode de dosage en 1883.



**Figure21 : Les différents types d'azote. ([www.1h2o3.com](http://www.1h2o3.com))**

Azote total NGL

L'azote total NGL permet de mesurer la pollution totale azotée d'un effluent. Contrairement au NTK, cette analyse est simple à réaliser grâce à des tubes par colorimétrie à l'aide d'un spectrophotomètre, et leur concentration est aussi exprimée en mgN/L.



**Figure 22: Spectrophotomètre HACH DR 3900 ([futura-sciences.com](http://futura-sciences.com))**

Le NGL, c'est la somme de toutes les formes d'azote différentes contenues dans un échantillon, c'est-à-dire l'azote Total Kjeldhal (NTK) et de l'azote oxydé (nitrite + nitrate).

$$\text{NGL} = \text{NTK} + \text{NO}_2 + \text{NO}_3.$$

(1H203 2020)

### II.2.3.7 Phosphore total PT

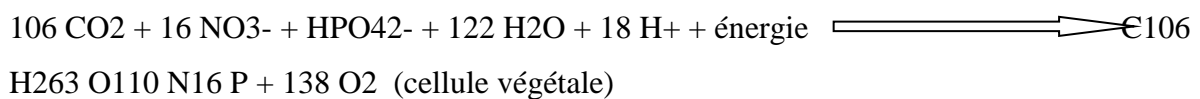
Le phosphore est indispensable au développement de tous les organismes vivants. Il est présent naturellement dans les cours d'eau. Il l'est aussi dans les eaux usées industrielles dans des proportions bien plus élevées. Le phosphore total Pt est composé :

Comme pour la DCO et les paramètres azotés, le Pt est analysé avec des tubes par colorimétrie à l'aide d'un spectrophotomètre, et sa concentration est exprimée en mgP/L.

(1H203 2020)

Les phosphates sont essentiels pour les plantes et les animaux, cependant le Pt participe à la pollution de l'eau en favorisant la croissance excessive d'algues, en particulier dans les masses d'eaux faiblement agitées. En effet, le Pt est un composant essentiel des engrais. Alors une eau polluée en phosphore et en NO<sub>3</sub> est la combinaison parfaite pour une rapide eutrophisation.

### Photosynthèse respiration



Équation 1 : Équation bilan de la photosynthèse

(ADEME, 1996)

### II.2.3.8 La matière grasse :

Les huiles et graisses présentes dans les effluents d'industries alimentaires sont généralement mesurées par la méthode de dosage des matières organiques en suspension dans l'eau extractibles à l'hexane.

La détermination de la concentration des huiles et des graisses totales et minérales dans les effluents industriels s'effectue principalement en trois étapes.

Les huiles et les graisses totales contenues dans l'échantillon sont d'abord extraites à l'aide d'hexane. Cet extrait est par la suite asséché avec du sulfate de sodium et les huiles et les graisses totales sont déterminées par gravimétrie. Pour déterminer la concentration des huiles et

des graisses minérales par gravimétrie, le contenu des huiles et graisses totales est par la suite remis en solution, puis traité au gel de silice avant d'être évaporé à sec et pesé.

(Jean-Pierre Canler ,2001)

### **II.2.3.9 La matière en suspension**

Ce sont des particules solides très fines et généralement visibles à l'œil nu, théoriquement, elles ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale. Elles déterminent la turbidité de l'eau. Elles limitent la pénétration de la lumière dans l'eau, diminuent la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique.

Deux techniques sont actuellement utilisées pour la détermination des matières en suspension (**norme AFNOR T90-105**) ; elles font appel à la séparation par filtration directe ou centrifugation. On réserve cette dernière méthode au cas où la durée de la filtration dépasse une heure environ.

- ❖ **Méthode de filtration** : Ce procédé s'effectue dans des grands bassins avec temps de filtration supérieur à une heure.
- ❖ **Principe**: L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesés différentielles.

**Partie expérimentale**

**Résultats et discussion**



Les résultats sont tirés de deux différentes sources :

- a. La mémoire de fin d'étude « Etude d'impact environnemental de la laiterie fromagerie BOUDOUAOU LFB » université M'HAMAD BOUGARA Boumerdes 2017/2018.
- b. La thèse du diplôme de Doctorat en Sciences « Le pouvoir autoépuration de l'oued seybouse sur les rejets de la laiterie de L'EDOUGH (Annaba ALGERIE) et les objectifs environnementaux des rejets » université BADJI MOKHTAR-ANNABA 2015.

## I. Les résultats de la laiterie fromagerie BOUDOUAOU LFB :

### II.1 Les traitements de la laiterie :

**Tableau 13 :** Les données de bases pour dimensionnement de la station d'épuration de l'unité

<b>débit journalier</b>	<b>1000m<sup>3</sup>/s</b>
<b>débit moyen horaire</b>	85m <sup>3</sup> /s
<b>débit de pointe considéré</b>	170m <sup>3</sup> /s
<b>DBO5</b>	1200mg/l
<b>équivalent habitant</b>	2222 E.H
<b>MES</b>	450mg/l
<b>PH</b>	6.5à 8.5

**Tableau 14 :** Traitement des eaux usées (station épuration)

	Les Entrants	Les Sortants	Les rejets et les déchets sortants	Destination	Les impacts
Traitement des eaux Usées	Les rejets liquides - laboratoire - atelier FFS - atelier FFP - atelier Fromage à pâte pressée non cuite type « EDAM ».	- eau traité	- les grosses particules -les boues d'épuration	- milieu récepteur - épaissement	- nuisance olfactif
	- utilités - eaux sanitaires Salle de poudrage lait pasteurisé+ le lait fermenté (l'ben) ) - eau de forage - les réactifs				

**Tableau 15 : Les différents rejets obtenus**

Désignation du rejet	Origine du rejet	Destination du rejet	Les impacts sur environnement	Les solutions
Eaux de nettoyage des appareils et de rinçage	Toutes les structures	Station d'épuration	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pollution</li> <li>• Atmosphérique</li> <li>• pollution sol</li> <li>• nuisance olfactif</li> <li>• Milieu récepteur (pollution mer)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ne jeter pas les liquides sur milieu récepteur.</li> <li>• bien traité les rejets liquide avant les jeter.</li> <li>• utilisation de matériels sous pression, recyclages d'eau au niveau de cleaning in place (CIP).</li> <li>• utilisation des circuits fermés.</li> </ul>
Rejet d'analyse	Laboratoire de microbiologie et physico chimique de l'unité			
-rejet du sérum de lait -lavage des boules -le rejet d'eau après lavage des boules de fromage	Atelier fromage			
Rejet de nettoyage des locaux	Locaux de réception de traitement de fabrication et de stockage du lait ou de produits laitiers			
Eaux sanitaires	L'unité bel Algérie			

## I.2 Interprétation

Tous les points de rejets de l'unité L F B sont regroupés dans de la station d'épuration des effluents liquides.

- ✓ Les rejets épurés se caractérisent par :
- ✓ Caractéristiques des effluents bruts : effluents chargés de différents polluants organiques.
- ✓ caractéristiques des effluents épurés : ne sont pas conformes aux normes des rejets.
- ✓ rendement épuratoire : variable en fonction de la production.
- ✓ destination des eaux épurées : oued BOUDOUAOU.
- ✓ composition des boues : matières organiques.

**Tableau 16 : Evaluation de la pollution des eaux de la laiterie.**

Activités ou actions	Impacts des activités		
	Faible	moyenne	fort
✓ quantité eau sanitaire	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓ quantité eau de lavage équipements	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
✓ quantité des rejets chimiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓ nature de rejets chimique	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓ rendement épuratoire /épurées	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓ volume et nature des boues	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓ niveau de dépense environnementale	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Synthèse	4 Faible	2moyenne	1fort

Evaluation Sensibilité des milieux environnants : (Par rapport à cet impact).

	Faible	Moyenne	forte
Faible			
Moyenne			
forte			

Résultat : l'unité LFB dispose d'un station d'épuration des effluents liquides, après leur traitement, ils sont évacués vers le point de rejet qui est l'oued BOUDOUAOU l'épuration, comme témoignent les résultats d'analyse n'attient cependant pas un rendement de 100%, les boues humides sont épaissies avant de les céder aux agriculteurs, globalement, l'impact sur l'environnement est faible. .

## II. Les résultats de la laiterie de L'EDOUGH

### Impact des rejets de la laiterie de l'Edoughsur l'Oued Seybouse

### **III.1 Matériels et méthodes**

#### **III.1.1 Lieu de prélèvement**

Pour suivre le comportement de la pollution des eaux de l'oued Seybouse, nous avons choisi ou sélectionné huit (08) stations de prélèvement des échantillons (07) stations d'eau usée à et une (01) station d'eau souterraine (puits).

✓ -Rejet Brut (collecteur des deux unités : Lait et Camembert)

RB : Avant l'arrivée des eaux de lavage (au cours de la production)

RB' : A l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage à la fin du cycle de production)

✓ -Rejet Global : le dernier regard du canal d'évacuation d'eau usée (collecteur principal)

RG : Avant l'arrivée des eaux de lavage (au cours de la production)

RG' : A l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage (à la fin du cycle de production).

✓ Dans la Conduite d'évacuation des rejets de la laiterie

CE : Avant l'arrivée des eaux de lavage (au cours de la production)

CE' : A l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage (à la fin du cycle de production).

✓ -Amont de la Seybouse-AMS

AMS : Avant l'arrivée des eaux de lavage (au cours de la production)

AMS' : A l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage (à la fin du cycle de production).

✓ -Amont point de rejet au lieu-dit Segman Amar –AMR

AMR : Avant l'arrivée des eaux de lavage (au cours de la production)

AMR' : A l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage (à la fin du cycle de production).

✓ -Zone de contact (rejet- Oued Seybouse) –ZC

ZC : Avant l'arrivée des eaux de lavage (au cours de la production)

ZC' : A l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage (à la fin du cycle de production).

✓ -Aval de l'Oued Seybouse (pont de Sidi Salem) –AVS

AVS : Avant l'arrivée des eaux de lavage (au cours de la production)

AVS' : A l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage (à la fin du cycle de production).

✓ -Puits dans un champ agricole (parallèle au point C)

PT : Avant l'arrivée des eaux de lavage (au cours de la production)

PT' : A l'arrivée des eaux de lavage et de nettoyage (à la fin du cycle de production).

### III.1.3 Analyse physico-chimique

#### III.1.3 Le potentiel d'hydrogène (pH)

L'effluent brut occasionne un minimum de pH de 3 et un maximum 10 (Fig.21). Ces variations seraient liées au surdosage en produits de nettoyage acido-basique, la réglementation algérienne en eau usée tolère des valeurs de pH de 6.5 à 8.5. (J.O, 2006) et la teneur élevée en lactose (Yahi, 2008). Le pH du rejet global tend vers la neutralité d'où l'existence d'un gradient croissant

Le pH est indissociable des valeurs de la température, de la salinité et du taux du CO<sub>2</sub> (Nisbet et Verneau, 1970), ainsi il a été démontré que la minéralisation de la matière organique provoque une chute du pH (Gotesman, 1993). L'Oued Seybouse présente des pH normaux variant de 6 à 8 traduisant un milieu neutre. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre 6 et 8,5 alors que dans les eaux tièdes, celui-ci être compris entre 5 et 9.

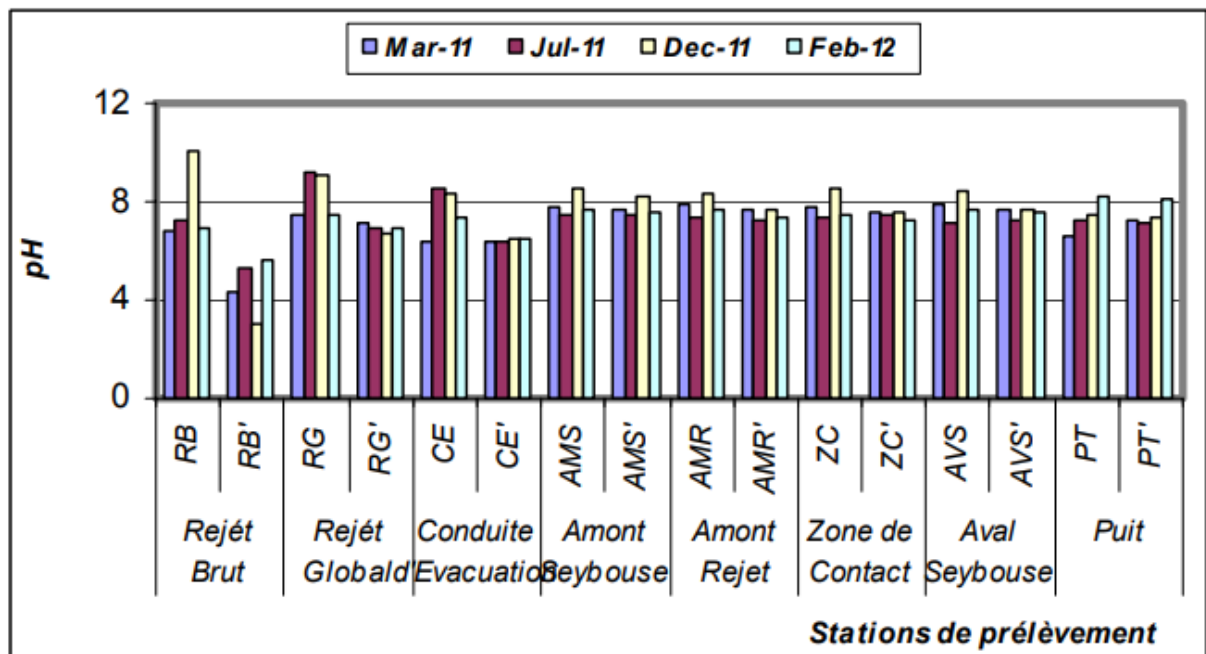


Figure 23 : Variations du potentiel d'Hydrogène

#### III.1.4 Le titre hydrotimétrique TH

Le rejet de la laiterie de l'Edough (brut et global) occasionne respectivement des duretés élevées qui peuvent atteindre 270 °F à 152 °F (période de lavage) due à la composition chimique du lait et dérivés (Lait fermenté et le Camembert) riche en Calcium et magnésium (Fig.22). Dans l'oued Seybouse cette dureté est considérable on signale 80°F dans la zone de contact et de 70 °F l'aval de l'oued. (Pont Sidi Salem). Le graphe fait ressortir une courbe en forme « U » Toute fois le puits affiche des duretés qui semblent élevées qui résulte du contact des eaux souterraines avec les structures rocheuses : Le calcium dérive de l'attaque du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) dissout par les roches carbonatés ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le gypse. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés

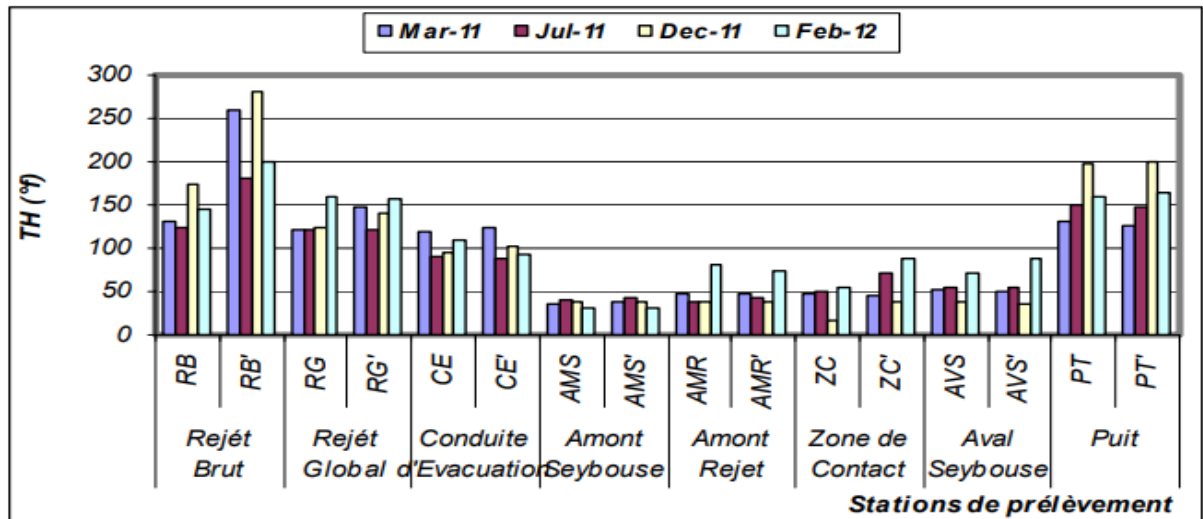


Figure 24: Variations spatiotemporelles du titre Hydrotimétrique

### III.1.5 Les matières en suspension :

La figure 23 montre que l'effluent brut de la laiterie est caractérisé par des teneurs qui varient de 46 à 433 mg/l en matières en suspension et qui dépassent largement la norme algérienne requise (40 mg/l).

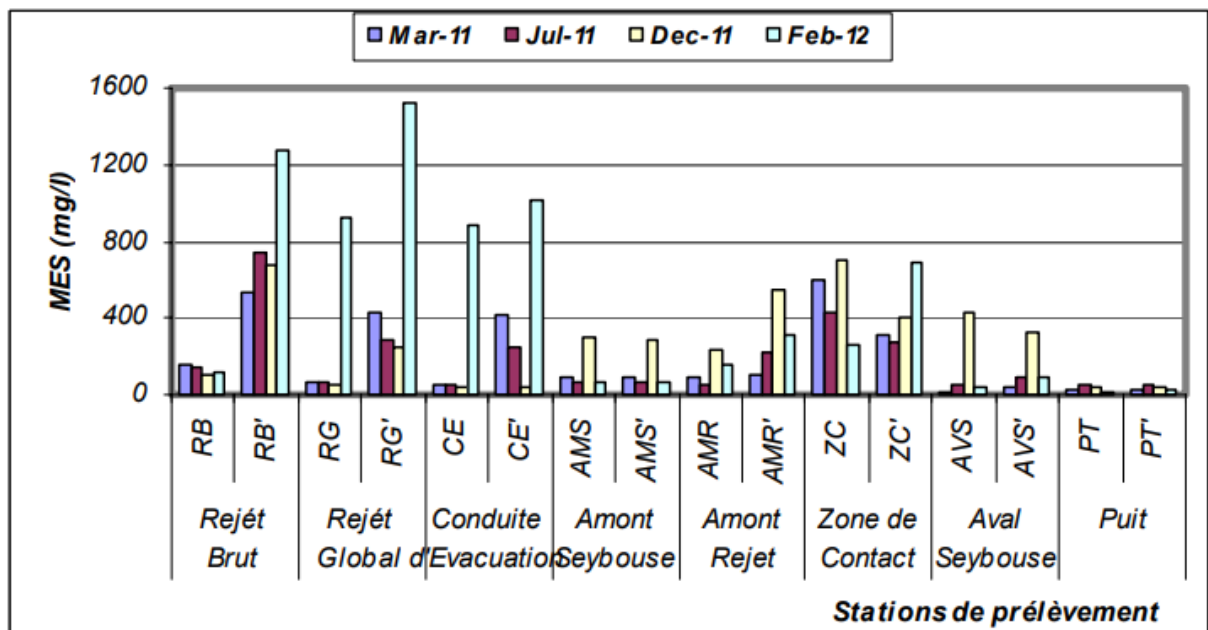


Figure 25: Variations spatiotemporelles des matières en suspension

### II.1.6 L'Azote ammoniacal :

En générale une eau bien oxygénée ne contient que des traces d'ammonium. Malgré des décennies d'efforts pour diminuer les rejets de polluants dans l'environnement, le sur-enrichissement des milieux aquatiques par les éléments nutritifs demeure

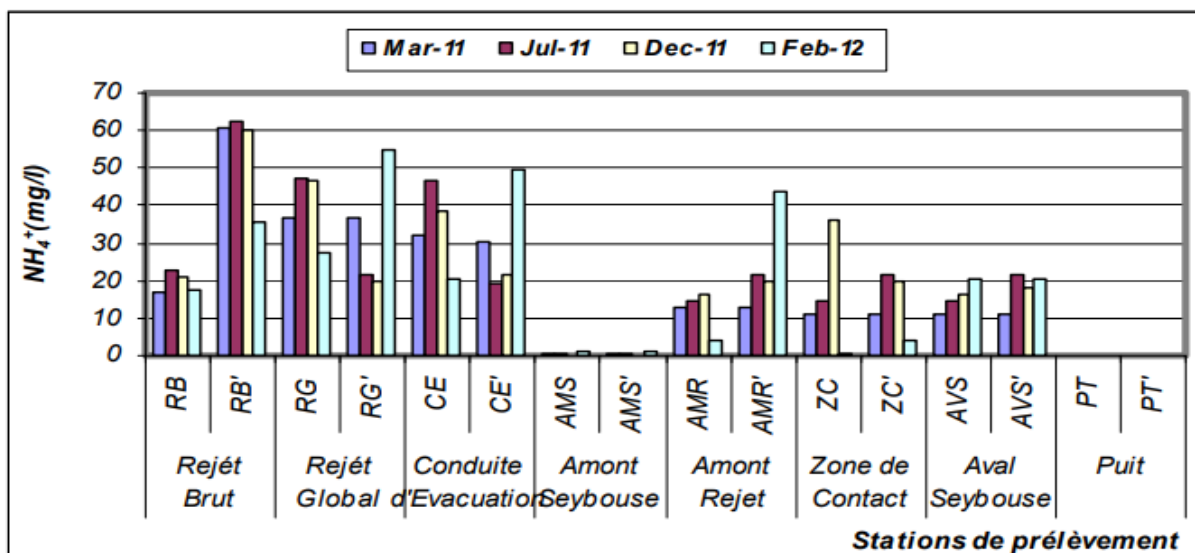


Figure 26 : Variation spatiotemporelles de l'azote ammoniacal

### II.1.7 Demande chimique en oxygène DCO

Les teneurs en DCO pour l'effluent de la laiterie dépassent la norme algérienne requise (120 mg/l) elles sont de l'ordre de 1 g/l à 2.25 g/l. On souligne que lors de l'arrivée des eaux de lavages des ateliers de production riche en matière organique la DCO augmente pour atteindre des valeurs allant 1041 mg/l à 2048 mg/l.

Le lactosérum est un résidu des processus de transformation du lait en fromage, compte tenu de sa concentration en DCO (7 g/l) il représente la majeure partie de la charge polluante émise (80 à 85 %), le lactosérum constitue un excellent milieu de culture pour les microorganismes ce qui fait de lui un facteur de pollution redoutable (Agnes, 1986) il affecte les structures physiques et chimiques du sol, la vie aquatique en captant l'oxygène dissous.

La Demande Chimique en Oxygène (DCO) est de l'ordre de plusieurs tonnes / an pour un même site et favorisent la prolifération des algues, ce qui épuise l'oxygène dissous et entraîne des dégâts au niveau de l'habitat naturel des poissons (Carta-Escobar et al, 2004).

L'attitude de la DCO dans l'oued Seybouse tend à la baisse mais en conservant toujours des concentrations qui dépassent la norme et indiquent une qualité d'eau polluée.

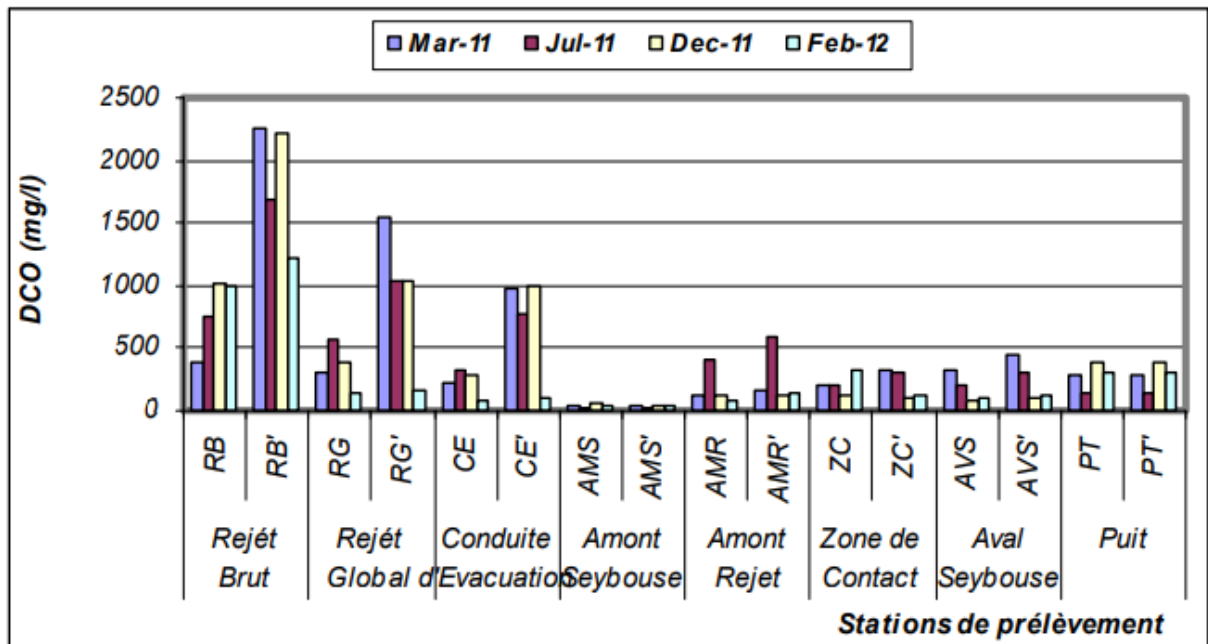


Figure 27 : Variations spatiotemporelles de la demande chimiques en oxygène

### II.1.8 Demande biochimique en oxygène

L'effluent laitier brut révèle des teneurs importantes en DBO5 (780 .77mg/l à 1288 mg/l) qui dépassent toute norme requise, on note une élévation importante de DBO5 la lors de l'arrivée des eaux de lavage riche en matière organique, un litre de lactosérum peut contenir de 35 à 60 g/l en DBO (Goursaud, 1985). Les valeurs de la DBO5 du rejet laitier sont significatives d'une charge organique importante. Il est à noter que ces valeurs moyennes sont élevées par rapport aux eaux usées domestiques des zones industrielles (CNERU, 1980).

On note que la DBO5 moyenne des eaux usées domestiques est de 300 mg/l, d'après (Degrémont, 2005), il apparaît que les effluents laitiers sont environ 8 fois plus concentrés.

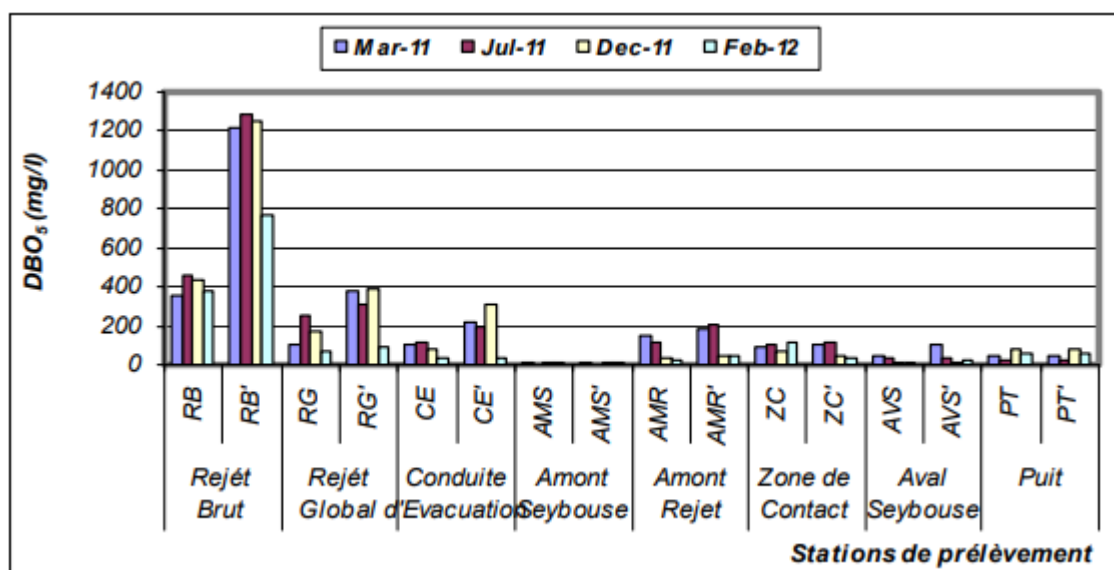


Figure 28 : Variations de la demande biochimiques en oxygène

#### ❖ Rapport de biodégradabilité



Le rapport DCO/DBO5 donne une première évaluation de la biodégradabilité de la matière organique d'un effluent donné ; on adopte généralement des limites suivantes :

- ✓ DCO/DBO5 < 2 : l'effluent est facilement biodégradable ;
- ✓ 2 < DCO/DBO5 < 3 : l'effluent est biodégradable avec des souches sélectionnées ;
- ✓ DCO/DBO5 > 3 : l'effluent n'est pas biodégradable.

Le rapport DCO/DBO5 mesuré, varie de 1.38 à 2.48 ce qu'indique que les eaux usées rejetées par la laiterie sont caractérisées par une pollution organique biodégradable avec des souches sélectionnées.

### II.1.9 Détermination des graisses et huiles MG

La matière grasse est présente dans le lait sous forme de globules gras, de 1 à 8 µm de diamètre, émulsionnés dans la phase aqueuse. Le taux en est variable (environ 10 milliards de globules par millilitre de lait).

Les analyses chimiques faites sur l'effluent de la laiterie ont relevé l'existence des huiles et graisses avec des concentrations élevées et supérieures à la norme algérienne décrite dans le journal officiel 2006 ( $\leq 20$  mg/l) on sait qu'un litre de lait contient 26% de matière grasse le lactosérum contient 3.5 g/l de matières grasses.

**Tableau 17 : Valeurs de la matière grasse dans le rejet brut de la laiterie Edough ONEDD 2012**

	Mars 2011	Juillet 2011	Décembre 2011	Février 2012	Norme
Matières Graisses mg/l	12.25	32,50	60.2	90.4	20

### Résultats de l'analyse bactériologique

#### II.1.10 Germes totaux (GT) 106 /m

L'analyse bactériologique a relevé l'existence d'une contamination microbiologique importante d'origine humaine et/ou animale pourrait provoquer des effets néfastes sur la vie et la santé de la faune et de la flore (**Koukal et al, 2004**).

L'effluent global présent d'importante concentration en germes totaux qui varie entre  $1,2 \cdot 10^5$  à  $1,3 \cdot 10^6$  /ml (Figure 27).

L'oued Seybouse révèle une pollution microbienne importante qui varie de  $8 \cdot 10^4$  à  $8,5 \cdot 10^5$  lors de la troisième campagne le nombre des germes tend vers l'augmentation. Cependant, en comparant les concentrations des germes totaux durant la période de prélèvement, en relation avec le débit de l'Oued Seybouse, il apparaît une nette influence de ce dernier sur l'enrichissement du milieu récepteur en GT, En constate après les fortes précipitations (120mm) durant le mois de Décembre 2011 les eaux de ruissellement par lessivage des terrains adjacents déplacent une masse importante de germes venant s'ajouter à la population bactérienne existant. Les variations du régime hydrologique peuvent avoir un impact sur l'habitat aquatique. En effet,

Poff et al. (1997) ont démontré que le cycle de vie des plantes et des animaux aquatiques est étroitement synchronisé aux variations du régime hydrologique (Benyahya et al., 2009).

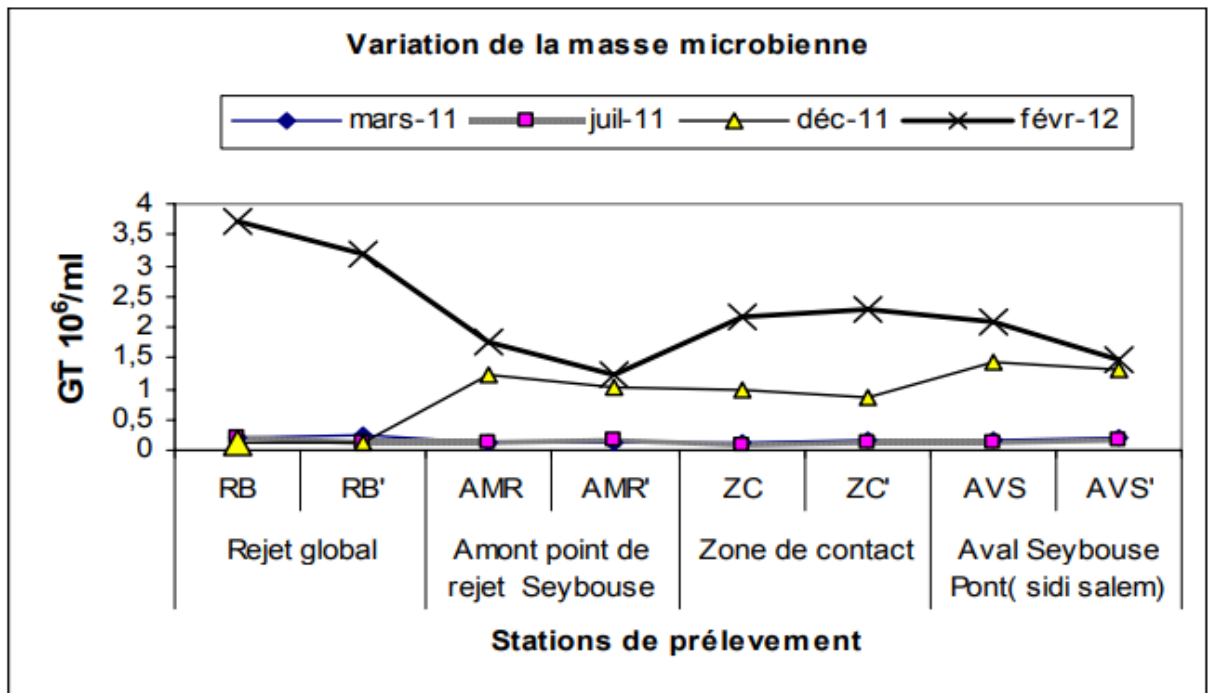


Figure 29: Evolution de la masse microbienne

# **Conclusion Général**

## Conclusion Générale:

En conclusion on peut dire que l'industrie laitière spécialement fromagère accordé a notre étude est une grande cause de pollution qui affecte soit la nature ; les êtres vivants ; l'entourage, l'environnement on général

L'industrie consomme d'importante quantité d'eau, donc produit d'importante quantité d'effluents qui renferment non seulement les matières organiques, azotées ou phosphorés mais contiens également des produits toxiques, des solvants et des micropolluant organique.

Ils doivent faire l'objet d'un prétraitement de la par de l'industrie avant d'être jetées dans les réseaux de collectes, s'ils sont jetés à l'improviste sans aucun traitement ou même surveillance ils peuvent conduire à des dégâts majeurs.

C'est pour cela que les effluents sont généralement dont des stations de traitement ou ils seront dépollués pour minimisé la toxicité ou même être valorisé et réutilisé dans d'autre domaines. Ces derniers prennent une grande importance dans les années actuelles, notamment pour le lactosérum, qui est généralement transformé en poudre et destiné a l'alimentation humain et animal. En plus de l'alimentation animal, la destination de coproduit issus de l'industrie laitière (fromagère dans notre cas) n'est pas exclusivement alimentaire, d'autre voies telles que l'industrie de la physico chimie, pharmaceutique sont des débouchés pour la valorisation agronomique (épandage, compostage des boues et effluents), la valorisation énergétique (méthanisation des effluents, incinération des boues), représentent la destination principale des déchets organiques de la filière solides qui restent la principale source d'énergie renouvelable et plusieurs projets porteront sue la récupération de l'énergie provenant ces déchets dans beaucoup des pays développés .

De bons résultats peuvent provenir du monitoring de la durabilité (dans les pays développés par exemple) et le secteur Algérien du fromage devrait en réaliser avec un développement durable qui revêt une importance essentielle pour les transformateurs laitiers nationaux. Il reste néanmoins du potentiel pour réaliser d'importantes avancées, surtout en ce qui concerne la consommation d'eau.

Pour des travaux futurs, on suggère aux unités de production de :

- Maitre en œuvre des solutions et des technologies de traitement d'eau d'une qualité qui autorise la réutilisation des eaux épurées ce qui permet d'augmenté les sources disponible au moindre cout et on évitant les rejets
- Maitre en place des procédé d'épuration sur site
- Surveiller le rejet des effluents
- Minimiser la consommation de l'eau ou trouvé une source moins gaspillant
- L'exploitation des coproduits

# Annexe

## Questionnaire

### I. Enquêtes : Présentation de Bel Algérie.

#### Historique de l'entreprise :

- \_ Depuis combien de temps vous êtes producteur de fromage ?
- \_ Quelle sont les coordonnées exactes de l'entreprise ?
- \_ Quelle est la date de sa création ?
- \_ Quel est le nom de son fondateur ?
- \_ Pourquoi ce lieu a-t-il été choisi ? Sur quelle idée a-t-elle été créée ?
- \_ Quel était son effectif de départ ?
- \_ Quelles sont les principales étapes de son évolution ?

#### Gamme de production :

- \_ La gamme de production par an
  - \_ Et ce que vous avez occupé une place dans le marché
- Si oui : expliquez s'il vous plaît

#### A propos de la commercialisation :

- \_ Pouvez-vous nous donner des informations sur la distribution de vos produits
- \_ Vous avez combien de salariés
- \_ Quelles sont les différents produits fabriqués par l'usine
- \_ Avez-vous des produits éco labellisés\* (Ecolabel européen, NF Environnement, Blaue Engel, Nordice Swan, ...) ?
- \_ Développez-vous des éco-produits\*, c'est-à-dire des biens ou des services davantage respectueux de l'environnement ?

## **L'entreprise et l'environnement :**

\_ Votre entreprise est-elle certifiée :

\_ISO 9001 \_ISO 14001 \_OHSAS 1800 \_SA 8000 \_ISO 9000

Si non, avez-vous formalisé des processus de développement durable spécifiques ?

OUI - NON Lesquels ?

\_ Avez-vous un service ou un responsable environnement dans votre entreprise ? OUI - NON

\_ Y a-t-il dans votre société une personne chargée de la gestion responsable de la durabilité environnementale ?

\_ Votre société a-t-elle mis en place une politique écrite en matière de santé et de sécurité conforme à la législation locale, aux exigences de l'industrie et aux normes internationales ?

\_ Votre groupe/réseau est-il engagé dans une démarche de management environnemental ?

\_ Êtes-vous doté des instruments suivants pour mettre en œuvre cet engagement ?

- un bilan matière suivi dans le temps pour vos productions et vos modes de fonctionnement
- un plan de réduction de la consommation matière
- un plan de réduction et de recyclage des déchets

\_ Votre entreprise s'implique-t-elle dans la préservation de la biodiversité

## **II. Enquêtes : Impact sur l'environnement.**

1\_ Et ce que vous recevez des plaintes de l'entourage

2\_ Parmi les enjeux suivants, sur lequel votre groupe/réseau a le plus d'impact négatif ?

- le changement climatique (émissions de gaz à effet de serre)
- la perte de la biodiversité (disparition d'espèces, d'espaces naturels et dégradation d'écosystèmes)
- la pollution de l'air
- la pollution de l'eau
- la pollution des sols
- la production de déchets

L'utilisation ou la génération de substances toxiques ou dangereuses

## **Classification des effluents**

\_ Qu'elles sont les critères de classification de vos effluents ? Pouvez vous expliquer plus ?

## **Le débit des effluents**

\_ Vous avez donné une importance de la mesure de débit dans cette industrie, pour quoi ?

\_ Comment ou qu'elles sont les méthodes de mesure de ce débit ? Et ece qu'il ya un équipement spécial ?

Si oui expliquez.

\_ pouvez vous nous donnez des informations sur l'écoulement de votre débit ?

\_ pouvez vous nous donnez des exemples sue les mesure ?

## **Les méthodes d'échantillonnage :**

\_ Qu'elle est le but d'échantillonnage ?

\_ Qu'elles sont mes mode et les point de prélèvement ?

\_ Pour quoi l'analyse sur place ?

\_ D'autre par comment ce fait la préparation des échantillons dan laboratoire ?

## **Effluents et Traitement :**

\_ Qu'elle est l'origine de vos effluents ?

\_ Ou destiné vos effluents âpres traitement ?

\_ Quelles sont les rejets et les déchets sortants de traitement ?

\_ avez-vous des solutions au problème des eaux usée ?

\_ Comment vous évoluez ces problèmes ?

## **Les paramètres des effluents**

\_ Quelles sont les déférents paramètres analysé dans laboratoire&

\_ Comment vous exprimez ces résultats ?

### **Evaluation de la pollution:**

La pollution des eaux dans son sens le plus large est défini comme « Tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines. Le choix des points de prélèvement d'analyse et de mesure de la pollution est particulièrement délicat, du fait même du caractère multiple de la pollution des eaux résiduaires industrielles (**Roubaty J. L. et al. 2007**).

Généralement les problèmes environnementaux de l'industrie laitière se situent au niveau de l'eau car elle rejette de gros volumes d'eaux résiduaires à pH variable et très riches en matière organique et bactériologique [**Hamdani.A 2004**].

Les effluents rejetés par une laiterie avant traitement ont un pH élevé ainsi qu'une forte demande biochimique en oxygène (DBO), à cause des détergents et du lait (**Moir et al., 2005**).

Ces effluents constituent un risque de pollution majeure, quand ils sont déversés sans traitement convenable. En effet, ils contiennent aussi de l'azote et du phosphore en concentration supérieure aux normes. Ces produits polluent les nappes et les cours d'eau et provoquent souvent un développement d'algues et de bactéries qui consomment l'oxygène de l'eau et finissent par asphyxier les rivières. Quand ces rejets percolent dans les nappes phréatiques, ils altèrent la qualité des eaux.

La plupart des effluents pollués sont des mélanges très complexes dont la composition varie suivant leur provenance industrielle, agricole ou urbaine. L'évaluation de la pollution est donc basée sur des classifications selon les propriétés globales de l'effluent.

La pollution se définit comme l'introduction dans un milieu naturel de substances provoquant sa dégradation. Les effets néfastes peuvent avoir lieu à tous les niveaux (sanitaire, écologique et économique). Ainsi, par exemple, les polluants sous forme particulaire provoquent entre autre une augmentation de la turbidité de l'eau et un envasement. La classification la plus immédiate de ces composés est de les répertorier en fonction de leur taille (tableau 11).

**Tableau 11 : Classification des composés de l'effluent suivant leur taille (Source : [Sperandio, 1998]).**

<b>Classification</b>	<b>Diamètre des</b>	<b>Caractéristique</b>	<b>Exemple de composé</b>
-----------------------	---------------------	------------------------	---------------------------



	particules (µm)		
Soluble	< 0,08		Carbohydrates simples, acides aminés, acides gras volatils, protéines, polysaccharides (amidon, cellulose),...
Colloïdale	0,08 - 1	Limite entre phase solide et soluble	Graisses, bactéries libres, débris cellulaires, ...
Supra-colloïdale	1 – 100	Matières fines en suspension, visibles à l'œil nu ; Contribue à la turbidité de l'eau	Fibres cellulose, agrégats lipidiques, floccs bactériens, macroprotéines, ...
Particulaire	> 100	Composés grossiers	

Une autre classification très importante est fondée sur la capacité des polluants à être dégradés. On distingue deux classes principales :

- ✓ **Les matières biodégradables** : elles sont dégradées par les micro-organismes, et peuvent être structurées en deux groupes :
- ✓ **matières rapidement biodégradables** : composées de substances solubles, elles sont directement assimilées par les bactéries ;
- ✓ **matières lentement biodégradables** : composées de substrats particuliers formés par un mélange de substances organiques solides, colloïdales et solubles. Ces matières sont soumises à certains processus intermédiaires avant d'être assimilées par les populations bactériennes.
- ✓ **Les matières non biodégradables** : ces substances inertes ne subissent aucun phénomène biologique de transformation. Elles peuvent être de nature aussi variée que des métaux lourds ou des composés issus de la mortalité des micro-organismes par exemple.

La structure chimique des polluants permet de distinguer les matières organiques des matières inorganiques selon le tableau 12 :

**Tableau 12: Classification des composés de l'effluent suivant leur nature chimique (Source: (Hadj-Saddock, 1999)).**

Classification	Caractéristique	Exemple de composé
----------------	-----------------	--------------------

Matière organique	Possède au moins un atome de carbone lié à un atome d'hydrogène	Hydrates de carbone, protéines, matières grasses, huiles, pesticides, phénols, azote organique...
Matière inorganique ou minérale	Ne contient pas de carbone	Métaux lourds, azote ammoniacal, nitrates et nitrites, phosphates, sulfates, chlorures,