

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA**

**FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRE et BIOLOGIQUE**

**DEPARTEMENT D'AGRONOMIE**

**ÉVALUATION DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET  
MICROBIOLOGIQUE DES EAUX RESIDUAIRES DE LA LAITERIE  
DE BENI TAMOU**

Projet de Fin d'Études en vue de l'obtention du diplôme de  
Master académique en sciences Agronomiques

Spécialité : Sciences Alimentaires

**MESSAD Nabila**

Devant le jury composé de :

MEGATELI. S	Maitre de conférence B	USDB	President de jury
ELHADI. D	Maitre de conférence A	USDB	Promoteur
KADRI. B	Maitre de conférence A	USDB	Examineur
HADJ-SADOK. T	Maitre de conférence B	USDB	Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE 2011/ 2012

## Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier Dieu tout puissant qui m'a donné la force, le courage et la volonté pour réaliser ce travail.

Je tiens à remercier mon promoteur Mr. Elhadi .D pour son apport à la finalisation de ce modeste travail, par ses critiques, ses conseils, ses corrections et suggestions.

Je tiens à remercier aussi mes enseignants Mr ,Amalou D, Mr Ramdane.S et Mme Doumandji A, pour leurs aides. Sans oublier M<sup>elle</sup>. Rebzani pour son soutien.

Je remercie toute l'équipe de laboratoire de l'ANRH et le laboratoire de l'NSFP de sidi A-E-K sans oublier la laiterie de Beni Tamou.

Je tiens à remercier Mr AYAS. M, Raissi pour son documentation.

Je tiens à remercier le président de jury Mr MEGATELIS, d'avoir acceptée de bien vouloir juger mon travail.

Je suis très honorée par la présence de deux examinateurs : Mr. KADRI. B et Mr. HADJ-SADOK. T que je remercie chaleureusement d'avoir accepté d'examiner mon travail.

Je retiens enfin à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nabila

## Dédicace

Je dédie ce modeste travail en témoignage à mes très chers parents et mes beaux- parents

A mon cher mari HAMID ainsi que mes adorables anges : HOUSSEM, CHIRAZ et RIADH

A tous mes sœurs, mes belles-sœurs, mes frères et beaux-frères sans oublier leurs enfants

A toutes mes amies surtout : Dahbia, Nadia, Malika, Fériel, Lamia, Samia et Lydia

A toute ma famille

A toute les personnes de département d'agronomie

A ceux qui me connaissent de près ou de loin...

Je dédie ce Modest travail

Nabila

## **Résumé**

Pour apprécier la qualité des eaux résiduaires de la laiterie de Beni Tamou, nous avons réalisées une évaluation physico-chimique et microbiologique de ces eaux, afin d'estimer l'efficacité du procédé appliqué à l'épuration. Nous signalons qu'un suivi de la qualité de l'eau de la laiterie en amont et en aval a été réalisé. Les résultats des analyses des eaux résiduaires de la laiterie ont montré que les effluents épurés sont de bonne qualité physico-chimique ( $DCO < 100\text{mg d'O}_2/\text{l}$ ,  $DBO5 < 20\text{mg d'O}_2/\text{l}$ ) à l'exception des MES qui dépasse un peu la norme recommandée par la législation algérienne. On a noté aussi que les rejets de la laiterie sont très riches en éléments nutritifs à savoir le phosphore  $32.04\text{mg/l}$  et les nitrates  $9.9\text{mg/l}$ . par ailleurs, ces eaux épurées présentent une forte concentration des paramètres bactériologiques indicateurs de pollution tels que les coliformes totaux, les coliformes fécaux (*Escherichia coli*) et les streptocoques de groupe D. Mais présentent une absence totale des germes pathogènes tels que les salmonelles et les vibrions cholériques.

**Mots clés :** eaux résiduaires, industrie laitière, pollution, épuration, analyse, recyclage.

## ملخص

من اجل تقييم نوعية المخلفات السائلة لمدينة بني تامو قمنا بمراقبة النوعية الفيزيو- كيميائية و الميكروبيولوجية لهذه المياه بهدف تحديد مدى فعالية طريقة التصفية. مع الملاحظة بأننا قمنا بإتباع نوعية مياه المدينة من المنبع إلى الصرف. و قد أظهرت نتائج التحاليل أن المياه المصفاة من نوعية فيزيوكيميائية جيدة. باستثناء MES التي تفوق قليلا المعايير المصرحة. كما لاحظنا أن هذه المياه غنية بالعناصر المغذية كالفسفور 32.04 مغ/ل و النترات 2.2ي و من ناحية أخرى تحتوي المياه المصفاة على جراثيم التلوث مثل

les coliformes totaux, les coliformes fécaux (Escherichia coli) et les streptocoques de groupe D  
إلا أنها خالية تماما من الجراثيم المسببة للأمراض . les salmonelles et les vibrions cholériques

## كلمات المفاتيح

مياه الصرف- صناعة الحليب و مشتقاته- تلوث- تصفية – تحليل – إعادة استعمال.

## **Abstract**

To assess the quality of wastewater from the dairy Beni Tamou, we conducted an evaluation prior physico-chemical and microbiological water, these to estimate the effectiveness of the method applied to the plant. We note that monitor the water quality in the dairy upstream and downstream was made. The results of analyzes of the dairy wastewater showed that the treated effluent are good physico-chemical (COD <100 mg O<sub>2</sub> / l, BOD<sub>5</sub> <20 mg O<sub>2</sub> / l) except MES exceeding just the standard recommended by Algerian law. It was also noted that the discharges from the dairy are rich in nutrients namely phosphore 32.04 mg / l, nitrates and 9.9 mg / l. Moreover, the treated water have a high concentration of bacteriological parameters pollution indicators such as total coliforms, faecal coliforms (*Escherichia coli*) and group D streptococci. However have a total absence of pathogens such as *Salmonella* and *cholera vibrios*.

**Key words:** wastewater, dairy industry, pollution, purification, analysis, recycling.

### Liste des abréviations

<b>ANRH :</b>	Agence nationale des ressources hydrique.
<b>AGC :</b>	Agar glucose chloramphenicol.
<b>Abs :</b>	Absence
<b>BCPL:</b>	Bouillon pourpre de Bromocresol.
<b>BEA :</b>	Bile Esculin Agar
<b>C.F:</b>	Coliforme Fécaux.
<b>CIP:</b>	Cleaning in place
<b>C.T:</b>	Coliformes Totaux.
<b>C.F :</b>	Coliformes fécaux.
<b>DBO<sub>5</sub> :</b>	Demande Biologique en Oxygène pendant cinq jours.
<b>DCO:</b>	Demande Chimique en Oxygène.
<b>EB:</b>	Eau brute/Eau de forage
<b>EE:</b>	Effluent épuré, Eau épuré.
<b>EH:</b>	Équivalent Habitant.
<b>EP:</b>	Eau de process
<b>ER:</b>	Eau de rinssage
<b>ES:</b>	Eau sortie usine
<b>EU:</b>	Effluent usée, Eau usée.
<b>G:</b>	Gramme
<b>h:</b>	Heure
<b>Hydro:</b>	Hydrogénophtalate de potassium.
<b>IAA:</b>	Industries Agro-Alimentaires.
<b>ISO:</b>	<i>International Standard Organization</i> (Organisation internationale de normalisation)
<b>L:</b>	Litre
<b>LBT:</b>	Laiterie de Beni Tamou.
<b>MES:</b>	Matière En Suspension.
<b>MO:</b>	Matière Oxydable «Organique ».
<b>Min:</b>	Minutes
<b>µs/ cm:</b>	Microsimens par Centimètre
<b>NaOCL:</b>	Hypochlorite de sodium
<b>NEP:</b>	Nettoyage en place
<b>NPP:</b>	Nombre le plus probable.
<b>ONA:</b>	Office Nationale de l'Assainissement.
<b>ORLAC :</b>	Office Régional du Lait et produits laitiers du Centre

<b>PCA:</b>	Plate Count Agar
<b>ppm:</b>	Partie par million
<b>SFB:</b>	Bouillon au sélénite de sodium.
<b>TA:</b>	Titre Alcalimétrique de l'eau.
<b>TAC:</b>	Titre Alcalimétrique Totale de l'eau.
<b>TH:</b>	Titre hydrométrique.
<b>UV:</b>	Ultra-violets

## Liste des tableaux

Tableau N°	Titre	
<b>1</b>	Quantités d'eau utilisées dans quelques industries agroalimentaires.	06
<b>2</b>	Caractéristiques moyennes de production de la pollution pour les produits à base de lait exprimé en concentration dans l'effluent (mg/l d'effluent).	09
<b>3</b>	Nature de la ressource en eau et usages dans la région méditerranéenne.	20
<b>4</b>	Le volume de la prise d'essai en fonction de la DBO.	41
<b>5</b>	Les résultats des analyses des eaux de forage.	58
<b>6</b>	Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau de process.	58
<b>7</b>	Résultats d'analyses physico-chimiques des eaux de rinçage.	59
<b>8</b>	Les résultats de la température et du pH.	59
<b>9</b>	Les résultats de DCO.	59
<b>10</b>	Les résultats de la DBO <sub>5</sub> .	60
<b>11</b>	Résultats de la MO.	60
<b>12</b>	Résultats des matières en suspension.	60
<b>13</b>	Résultats d'O <sub>2</sub> dessous.	61
<b>14</b>	Résultats de la composition chimique des effluents.	61
<b>15</b>	Résultats des analyses physico-chimiques.	62
<b>16</b>	Résultats d'analyses microbiologiques.	76
<b>17</b>	Résultat d'analyse microbiologique des effluents.	77

## Liste des figures

Figure N°	Titre	
<b>Figure N°1</b>	Schéma simplifié de la chaîne de traitement de l'eau de process	27
<b>Figure N°2</b>	Dispositif d'un appareil de filtration sur membranes	45
<b>Figure N°3</b>	Technique de dénombrement des coliformes	46
<b>Figure N°4</b>	Recherche et dénombrement des coliformes totaux	50
<b>Figure N°5</b>	Recherche et dénombrement des coliformes fécaux	51
<b>Figure N°6</b>	Recherche et dénombrement des levures et moisissures	
<b>Figure N°7</b>	Schéma simplifiée de la méthode de recherche des salmonelles	59
<b>Figure N°8</b>	Schéma simplifiée de la méthode de la recherche des Vibrions colériques	60
<b>Figure N°9</b>	Détermination de la température en degrés Celsius °C	60
<b>Figure N°10</b>	Détermination de pH	64
<b>Figure N°11</b>	Détermination de TA	65
<b>Figure N°12</b>	Détermination de TAC	66
<b>Figure N°13</b>	Détermination de TH	67
<b>Figure N°14</b>	Détermination de calcium	67
<b>Figure N°15</b>	Détermination de magnésium	68
<b>Figure N°16</b>	Détermination de sodium	69
<b>Figure N°17</b>	Détermination de potassium	69
<b>Figure N°18</b>	Détermination des chlorures	70
<b>Figure N°19</b>	Détermination des sulfates	71
<b>Figure N°20</b>	Détermination de nitrate	71
<b>Figure N°21</b>	: détermination des nitrites	72
<b>Figure N°22</b>	Détermination des phosphates	72
<b>Figure N°23</b>	Détermination de la MO	73
<b>Figure N°24</b>	Détermination de la DCO	73
<b>Figure N°25</b>	Détermination de la DBO <sub>5</sub>	74
<b>Figure N°26</b>	Détermination des MES	75
<b>Figure N°27</b>	Détermination de l'O <sub>2</sub> dessous	75

## Liste des photos

Figure N°	Titre	
<b>Photo N°1</b>	Dégrillage (deux grilles à barreaux).	34
<b>Photo N°2</b>	Dessablage.	35
<b>Photo N°3</b>	Pompe de relevage.	35
<b>Photo N°4</b>	Bassin de neutralisation.	36
<b>Photo N°5</b>	Déshuilage.	36
<b>Photo N°6</b>	Bassin d'oxydation 1 <sup>er</sup> stade.	37
<b>Photo N°7</b>	Bassin de décantation.	38
<b>Photo N°8</b>	Filtre à sable.	39
<b>Photo N°9</b>	Stabilisation des boues.	40
<b>Photo N°10</b>	Bassin d'épaississement des boues.	40

Dédicace	
Remerciement	
Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des photos	

## SOMMAIRE

### ETUDE BIBLIORAPHIQUE

<b>Introduction</b> .....	02
---------------------------	----

### **Chapitre 1 : Les eaux résiduaires dans l'industrie laitière**

1. 1 Introduction.....	04
I.2 Définition des eaux résiduaires industrielles.....	04
I.3 Types des rejets industriels.....	04
1.3. 1 Eaux de circuit de refroidissement .....	04
1.3. 2 Eaux de lavage des sols et machine .....	04
1.3. 3 Eaux de fabrication .....	05
1.3. 4 Rejets des services généraux.....	05
I.4. Caractéristiques générales des industries agroalimentaires.....	05
I.4. 1 Variabilité .....	05
I.4. 2 Volume .....	05
I.4. 3 Le caractère saisonnier .....	05
I.4.4 Caractérisation des effluents des industries agroalimentaires.....	06
I.5. Caractéristiques des eaux résiduaires de l'industrie laitière.....	07
I.5. 1 Origine .....	07
I.5. 2 Volume .....	07
I.5. 3 Composition .....	08
I.5. 4 Caractéristiques .....	08
I.6. Les paramètres d'évaluation de la qualité des effluents .....	09
I.6. 1 Les paramètres physiques.....	09
I. 6.2 Les paramètres chimiques.....	10
I. 6.3 Les paramètres biologiques .....	12

## **Chapitre II : Procédés d'épuration des eaux résiduaires industrielles**

II.1 Introduction.....	13
II.2 Traitements préliminaires (prétraitement) .....	13
II.2. 1 dégrillage automatique et tamisage .....	13
II.2.2 Le dessablage .....	13
II.2.3 Déshuilage-Dégraissage.....	13
II.2.4 La neutralisation .....	13
II.2.5 Homogénéisation .....	13
II.2.6 Le refroidissement.....	13
II. 3 Traitements physico-chimiques (traitements primaires) .....	14
II. 3. 1 Décantation.....	14
II. 3. 2 Clarification.....	14
II.3.3 Coagulation-floculation.....	14
II. 4 Traitements biologiques (traitements secondaires) .....	14
II.4.1 Les procédés biologiques extensifs.....	14
II. 4. 2 Les procédés biologiques intensifs.....	15
II.5 Traitements tertiaires ou de finition.....	16

## **Chapitre III: Lutte contre la pollution des eaux**

III. 1 Recyclage des eaux usées.....	17
III. 1. 1 Introduction.....	17
III. 1. 2 Valorisation des eaux usées traitée.....	17
III. 1. 3 Objectifs de recyclage des eaux.....	18
III. 1. 4 Les enjeux sanitaires de la réutilisation.....	18
III. 2 Lutte contre la pollution par la technologie propre.....	21
III. 2. 1 Nécessité d'une technologie propre.....	21
III. 2. 2 Définition de la technologie propre .....	21
III. 2. 3 Domaine d'application de la technologie propre.....	21

## **ETUDE EXPERIMENTALE**

### **Chapitre IV : Matériels et méthodes**

IV.1 Objectif de l'étude.....	25
IV.2 Matériels Biologique.....	25
IV.3 Présentation de lieu de stage.....	25
IV.3.1 Présentation de la laiterie de Beni Tamou.....	25

IV. 3.2 Présentation de la chaine de traitement de l'eau .....	26
IV.3. 3 Présentation de la station d'épuration des eaux usées .....	28
IV.4. Méthodes d'analyse .....	36
IV.4. 1 Analyses physico-chimiques de l'eau.....	36
IV.4. 2 Prélèvement et échantillonnage.....	36
IV.4. 3 Méthodes d'analyse.....	37

## **Chapitre V : Résultats et discussions**

V.1 Résultats d'analyses physico-chimiques .....	58
V.1.1 Les résultats d'analyses physicochimiques de l'eau de process.....	58
V.1. 2 Résultats d'analyse physico-chimiques des eaux de rinçage.....	59
V.1. 3 résultats d'analyses physico-chimiques des effluents de la laiterie.....	59
V.2 Interprétation des résultats.....	63
V.2.1 La température .....	63
V.2..2 Le pH .....	63
V.2.3 L'alcalinité TA /TAC.....	64
V.2.4 Le titre hydrométrique ou La dureté TH .....	67
V.2.5 Le Calcium.....	67
V.2.6 Le Magnésium.....	68
V.2.7 Le Sodium .....	69
V.2.8 Le Potassium.....	69
V.2.9 Chlorure .....	70
V.2.10 Le sulfate.....	70
V.2.11 Nitrates et nitrites.....	71
V.2.12 phosphates.....	72
V.2.13 Matières organiques MO.....	73
V.2.14 La demande chimique en oxygène DCO.....	73
V.2.15 La demande biochimique en oxygène en 5 jours DBO <sub>5</sub> .....	74
V.2.16 Les matières en suspension MES .....	75
V.2.17 L'oxygène dissous O <sub>2</sub> dissous.....	75
V.3 Résultats d'analyses microbiologiques.....	76
V.3. 1 les résultats d'analyse de l'eau de process.....	76
V.3. 2 Les résultats d'analyses microbiologiques des eaux résiduaires.....	76
CONCLUSION.....	79

Références bibliographiques

Annexes

# **Introduction**

## Introduction

Les industries agro-alimentaires sont très exigeantes pour leur approvisionnement en eau tant en volume qu'en qualité (**Mathieu.André, 2007**). Parmi eux les industries laitières, qui sont très consommatrices d'eau, donc elles rejettent des volumes, très importants et très variables en quantité et en qualité nécessitant des traitements adaptés (**Anonyme, 2006**). Ces rejets peuvent constituer un risque de pollution lorsqu'ils sont déversés sans traitement dans l'environnement, induisant des contaminations des eaux superficielles ou souterraines et une asphyxie des écosystèmes aquatiques ainsi que le phénomène d'eutrophisation (**Francois R., 2000**).

Par ailleurs, ces rejets sont riches en éléments nutritifs (protéines, vitamines, phosphates et nitrates) en raison de leurs mélanges avec des pertes de produits laitiers et du sérum rejetés lors de la fabrication des fromages: pâtes moles, pâtes fraîches et camembert. D'après SOTTIEZ, (1990) ; BOURDIER et LUQUET, (1980), la plus grande partie de l'eau du lait traité se trouve dans le lactosérum, et avec elle toutes les substances solubles surtout le lactose, les protéines et les sels minéraux.

Donc la qualité des eaux résiduaires est à la fois un avantage (présence de nutriments résiduels tels que l'azote et le phosphore), mais aussi source de risques provoquant une pollution organique (AFD and BRLI, 2011). La lutte contre cette pollution, peut se faire en se bénéficiant en parallèle de certains produits polluants, par la récupération des matières premières, déchets et sous produits au sein de ces industries, qui peut se réaliser par l'implantation de technologies propres. Comme on peut lutter par l'utilisation de procédés plus poussés dans l'épuration des eaux résiduaires industrielles afin d'augmenter la possibilité de leurs réutilisation.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre étude, visant d'une part à une évaluation de la qualité des eaux résiduaires, issues des activités des industries laitières. Et d'autre part à l'étude des procédés appliqués à leur épuration. En effet, une analyse physicochimique et microbiologique des eaux résiduaires de la laiterie de Beni Tamou (Blida) avant et après traitement a été réalisée, ainsi que l'évaluation de la qualité de l'eau de process. Suivi des propositions possibles afin de lutter contre ce genre de pollution.

## **ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

# **Chapitre 1 : Les eaux résiduaires dans l'industrie laitière**

## **1.1 Introduction**

Les industries agroalimentaires, de par la nature de leurs productions, sont de grandes consommatrices d'eau de très bonne qualité. A l'autre bout de la chaîne, leurs rejets représentent 20 % de la totalité des eaux résiduaires.

L'eau ne doit pas être considérée comme un banal fluide, mais comme une matière première de qualité. A tous les niveaux (dans les procédés, pour les lavages, pour le refroidissement ...). (Mathieu-André, 2007).

## **1.2 Définition des eaux résiduaires industrielles**

Les eaux résiduaires industrielles ou professionnelles sont les déchets liquides obtenus lors de l'extraction et de la transformation de matières premières en produits industriels ainsi que lors de l'utilisation de ces produits pour la fabrication d'article de consommation. (Painusstein et al, 1990)

## **1.3 Types des rejets industriels**

Les activités industrielles engendrent des rejets spécifiques, de composition hétérogène souvent fluctuante. Il est donc fondamental d'être parfaitement informé sur les procédés de fabrication et l'organisation des circuits d'alimentation en eau de l'usine ainsi que des réseaux d'assainissement assurant l'évacuation de la production polluante.

Les eaux résiduaires industrielles (ERI) se différencient, en fonction de l'utilisation de l'eau, en différentes catégories. (Boeglin.J-C, 2006)

### **1.3.1 Eaux de circuit de refroidissement**

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

### **1.3.2 Eaux de lavage des sols et machine**

Au contraire des rejets précédents, la qualité et le débit des eaux de lavage sont très variables. Ces eaux sont chargées de produits divers : matières premières ; hydrocarbures et huiles de machines, produits détergents bactéricides ou bactériostatiques utilisés en désinfection. la production et le degré de pollution de ces effluents résiduaires sont souvent importants à la fin de la période de travail et au cours des nettoyages de fin de semaines et des périodes de congés.

### **I.3. 3 Eaux de fabrication**

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

### **I.3. 4 Rejets des services généraux**

Ils sont constitués par les eaux de vanne (cantine) les eaux de chaufferie (purges de chaudières, éluât de régénération), les boues du traitement des eaux d'appoint et les purges d'eaux de réfrigération.

## **I.4. Caractéristiques générales des industries agroalimentaires.**

La production agroalimentaire se caractérise par trois caractères essentiels (René M., 2002)

### **I.4. 1 Variabilité**

Les industries agroalimentaires présentent dans leur fonctionnement une grande variabilité à divers titres :

- variabilités dans les produits préparés et les matières premières utilisées (origine animale, origine végétale, additifs divers)
- variabilités dans les capacités de production, de l'atelier artisanal employant quelques personnes à l'installation industrielle ;
- variabilité dans les procédés de fabrication en relation souvent étroite avec la capacité de Production.

### **I.4. 2 Volume**

La production agroalimentaire consomme des quantités d'eaux importantes, dans la majorité des cas, seule une faible proportion de cette eau participe à la composition du produit

En générale il s'agit d'une utilisation dans le procédé de fabrication telle que le nettoyage, la phase de conservation et du lavage du matériel et des locaux. Alors la majeure partie de cette eau se retrouve dans les rejets et plus principalement dans les effluents.

### **I.4. 3 Le caractère saisonnier**

Le caractère saisonnier dépend de la nature de l'activité agroalimentaire. Si la transformation de matière première d'origine animale, les variations saisonnières sont moins marquées et liées à l'habitude alimentaire. Les productions végétales sont liées à la récolte donc à la saison.

#### **I.4.4 Caractérisation des effluents des industries agroalimentaires :**

Les caractéristiques communes à toutes les eaux résiduaires des industries alimentaires sont (**Degrémont, 1978**) :

- Une pollution essentiellement organique et biodégradable,
- Une tendance générale à l'acidification et à la fermentation rapide.

##### **I.4.4.1 Usage de l'eau dans les industries agroalimentaires :**

Les industries agroalimentaires sont très exigeantes pour leur approvisionnement en eau tant en volume qu'en qualité. Les volumes consommés par les établissements exerçant une même activité agroalimentaire sont très variables en fonction non seulement du process, mais également du niveau de gaspillage et du recyclage. De par sa nature et ses propriétés, l'eau se retrouve à de multiples postes d'utilisation parmi lesquels on peut citer notamment : (**Mathieu-André, 2007**).

- le lavage et le rinçage des matières premières à leur réception ;
- le lavage des récipients de conditionnement final ;
- l'emploi comme matière première pour des jus et bouillons de cuisson ;
- le trempage (de l'orge dans les malteries) ;
- la cuisson, le blanchiment, l'appertisation ;
- le refroidissement des produits (chaudins en boyauderie) ;
- le lavage des matériels, des sols, des canalisations et des appareils de process ;
- l'emploi comme fluide caloporteur : eaux de chauffage ;
- l'emploi comme vapeur d'alimentation des pasteurisateurs ;
- le refroidissement des pasteurisateurs, des stérilisateurs, des groupes frigorifiques ;

Le tableau suivant regroupe quelques valeurs relatives à l'utilisation de l'eau dans les industries agroalimentaires selon Petitpain-Perrin F. ,**2006**

**Tableau N°1 : Quantité d'eau utilisée dans quelques industries agroalimentaires.**

<b>Industrie</b>	<b>Volume d'eau utilisé (litre)</b>
Boisson gazeuses	3 litre par litre
laiteries	2à18 litre par litre
conserveries	5 à 50 litre par litre

#### **I.4. 4. 2 Composition des effluents**

Les rejets des industries agroalimentaires sont généralement très concentrés, notamment en matières organiques biodégradables, compte tenu des produits traités. Les graisses peuvent être présentes en quantités très importantes. Suivant le type d'activité, le taux de matières en suspension (MES) est plus ou moins important, mais leur présence est fréquente.

Les effluents sont généralement dépourvus de substances immédiatement toxiques et présentent une grande variation des concentrations en nutriments, suivant notamment le type d'activité. Certaines activités peuvent avoir des rejets importants en sels, notamment dans le cas d'utilisations de saumures. (Mathieu-André, 2007).

#### **I.5. Caractéristiques des eaux résiduaires de l'industrie laitière**

La principale caractéristique des effluents des industries laitières est leur variabilité qui est due au mode d'élevage .saison, types de transformation réalisée la taille de l'usine et de la technologie mise en place pour le nettoyage et à toutes autre facteurs pouvant influencer la composition du lait (Djalal H., 2010) .A titre indicatif la DBO<sub>5</sub> du lait entier est d'environ 100 000 mg/l (Degrémont, 1978).

##### **I.5. 1 Origine**

Dans les laiteries on rencontre trois types différents d'eaux résiduaires :

- des eaux résiduaires industrielles polluées,
- des eaux usées sanitaire provenant des lavabos et toilettes,
- des eaux de refroidissement et de condensation non polluées.

Dans les laiteries les eaux résiduaires industrielles se composent d'eau de rinçage et de nettoyage.

##### **I.5. 2 Volume**

Le volume des eaux résiduaires industrielles polluées est fonction du type de l'importance de laiterie. Ainsi par exemple, le volume d'eaux résiduaires est minimum dans les laiteries utilisant un circuit de refroidissement pur, et maximum dans celles qui exploitent une beurrerie et une fromagerie.

Le volume des eaux de refroidissement atteint, suivant le mode de traitement du lait, de 2à4fois la quantité de lait livré à l'usine. C'est surtout pendant la matinée que travaillent les laiteries ; par suite, les eaux polluées sont rejetées au cours de la première moitié de la journée, entre 7 et 14 heures. Le gros volume des eaux résiduaires par contre produit vers la fin des opérations de traitement du lait, lors du nettoyage des machines des tuyauteries, des récipients des ateliers.

### **I.5. 3 Composition**

Les eaux résiduaires industrielles d'une laiterie peuvent être considérées comme du lait complet très fortement dilué. En principe elles ne contiennent que des éléments du lait, essentiellement des flocons d'albumine et des particules de graisses non dessous, ainsi que de lactose en solution et des albumines dissoutes, et ce, à peu près dans les mêmes proportions que dans le lait lui-même. Apart de légères additions des poussières, de sable et autres particules contaminants similaires, il s'agit uniquement de produit stérilisants et de nettoyage, ainsi que par fois de chlorure de sodium, qui influent sur la qualité des eaux résiduaires. Abstraction faite de ces derniers éléments, la composition qualitative des eaux résiduaires découle approximativement de la composition du lait l'analyse quantitative est en fonction de la consommation d'eau pour les rinçages et les nettoyages. La composition du lait est en moyenne la suivante: Eau 88,0%, Caséine et autre albumine 3,2 %, Graisse 3,5%, Lactoses 4,5 %, Cendres 0,8%.

### **I.5. 4 Caractéristiques**

Les produits laitiers présentent des caractéristiques particulières qui influent sur la composition des effluents .En particulier ceux-ci varient de manière très significative en fonction :

- Du type de fabrication avec un flux minimum pour la fabrication de lait UHT et un maximum pour l'élaboration de desserts lactés ;
- De la quantité d'eau utilisées dans l'usine avec parfois une utilisation abusive assimilable à du gaspillage ;
- De l'éventuel recyclage des produits de nettoyages ;
- Du recyclage des eaux de refroidissement ;
- Du taux de récupération des sous produits (sérum, babeurre) ;
- De l'impotence des pertes en lait.

De plus, selon René.M, (2002), ces effluents contenant des matières essentiellement solubles, présentent un pH très variables selon le type et les conditions de production. Le tableau N° 2 présente les caractéristiques de la production de la pollution par les produits laitiers.

**Tableau N°2 :** Caractéristiques moyennes de production de la pollution pour les produits à base de lait exprimé en litre d'effluent par litre de lait et en quantité par litre de lait.

	<b>Lait de consommation et yaourt</b>	<b>Poudre de lait</b>	<b>Fromagerie avec récupération de sérum</b>	<b>Usine polyvalent</b>
Volume (l/l)	1	0.5	2	3.5
DBO <sub>5</sub> (g/l)	1.2	0.8	4	3
DCO (g/l)	2	1.4	7	6
MES (g/l)	0.5	0.2	1	1.2
NTK (g/l)	0.1	0.05	0.2	0.3
P <sub>TOT</sub> (g/l)	0.08	0.04	0.1	0.2

## **I.6. Les paramètres d'évaluation de la qualité des effluents**

### **I.6. 1 Les paramètres physiques**

#### **- La température**

La température est un facteur très important, elle influe sur la densité de l'eau et joue donc un rôle primordial.

Une élévation de température peut perturber fortement le milieu (pollution thermique) mais peut aussi être un facteur d'accroissement de la productivité biologique.

#### **- Le pH**

Le pH joue un rôle capital dans le traitement biologique, il doit être compris entre 6,5 et 8,5 pour une bonne performance du traitement.

- **La turbidité.**

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau. La turbidité varie suivant les matières en suspension de l'eau (MES).

- **Les matières en suspension**

C'est la pollution non dissoutes, la plus facile à éliminer. Elle comporte à la fois des éléments minéraux et organiques. Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des micro-organismes pathogènes contenues dans les eaux usées est transporté par les MES.

Les particules en suspension, plus lourdes que l'eau sont éliminées par décantation.

- **Les matières volatiles sèches (MVS)**

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension, elles constituent environ 30-80 % de MES.

- **La couleur**

La coloration est un paramètre essentiel de la pollution. L'origine peut être de différentes natures :

- Naturelles : Certaines eaux très peu minéralisées contiennent des substances humiques fortement colorées,
- Eutrophisation : La pollution d'algues ou de bactéries colore l'eau en vert
- Chimiques : colorants ; la coloration d'origine chimique est très difficilement éliminable en épuration.

## **I. 6.2 Les paramètres chimiques**

- **Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)**

La DBO<sub>5</sub> est la quantité d'oxygène consommée (en mg O<sub>2</sub>/L) pour assurer la dégradation (par voie bactérienne) des matières organiques contenues dans un échantillon d'eau, elle évalue la quantité de matières organiques biodégradables.

La quantité d'oxygène consommée est mesurée après un temps de 5 jours d'où son nom de DBO<sub>5</sub>, (**Boeglin, 2006**)

- **La demande chimique en oxygène (DCO)**

La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg O<sub>2</sub>/L, elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder, dans un contexte réactionnel bien défini, les substances oxydables contenues dans l'échantillon. (**Boeglin 2006**).

- **Les matières organiques**

C'est un paramètre utilisé par les agences de l'eau pour caractériser la pollution organique de l'eau. Il se calcule à partir de la DBO et la DCO selon la formule suivante :

$$MO = ( 2 . DBO5 + DCO ) / 3$$

- **Oxygène dissout**

C'est un paramètre très important car il permet de Contrôler l'oxygénation des boues activées. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est en fonction de la température, de la pression atmosphérique, de la salinité et de l'agitation (**Ladjel, 2001**).

- **La demande totale en oxygène (DTO),**

Exprimée en mg O<sub>2</sub>/L, elle mesure la consommation d'oxygène suite à une combustion catalytique des matières organiques dans un four à 900 °C. (**Boeglin, 2006**).

- **Carbone organique total (COT)**

Exprimé en mg O<sub>2</sub>/L, dont le dosage est réalisé en utilisant une technique instrumentale dont le principe réside dans l'oxydation catalytique à 950 °C des éléments carbonés qui donnent de l'anhydride carbonique CO<sub>2</sub>, dosé par un analyseur infrarouge. (**Boeglin, 2006**).

- **Substances azotées**

L'azote dans l'eau peut avoir un caractère organique lorsqu'il provient de la décomposition de déchets azotés (urée, azote organique) des eaux usées domestiques ou des résidus d'animaux (fumier, purin) ou un caractère minéral (azote ammoniacal, nitrite et nitrate) résultant de la minéralisation et de l'oxydation de la matière organique azotée ou d'une origine strictement industrielle et agricole (engrais azotés).

• **L'azote totale**

L'azote total (Kjeldahl) **NTK** qui correspond globalement à la somme de l'azote ammoniacal et organique. Son dosage est basé sur la minéralisation en milieu sulfurique de l'azote organique (**Boeglin 2006**).

### **I. 6.3 Les paramètres biologiques :**

Les microorganismes présent dans les eaux usées sont représentées par la flore saprophyte ou pathogène des fèces ou des urine des individus et des animaux (**block, 1989**).

#### **I.6. 3. 1 Les germes indicateurs d'une contamination fécale (germes saprophytes) :**

##### **1. Les coliformes totaux**

Comprennent toutes les bactéries aérobies et anaérobies facultatives, gram négatif, non sporulées, cytochrome oxydase négative en forme de bâtonnets qui font fermenter le lactose avec dégagement du gaz en moins de 48h à 35°C. On les retrouve en grand nombre dans les intestins et les excréments des animaux à sang chaud (**Raymond, 1997**).

##### **2. Les coliformes fécaux**

Le terme de coliformes fécaux ou de coliformes thermo-tolérant correspond à des coliformes qui représentent les mêmes propriétés après incubation à 44°C (**Rodier et al, 2005**)

##### **3. Les streptocoques fécaux**

Ce sont des streptocoques du groupe D: cocci à gram positif de forme sphériques ou ovoïde, en chainettes ou moins longues, non sporulés, aéro-anaérobies facultatif, catalase négatives, oxydase négative, homofermentaires (**Leveau, 1991**)

##### **4. Clostridium sulfito-réducteur :**

Gros bacilles à gram positifs, anaérobies strictes et sporulés, mobiles par ciliatures péri triches mais parfois immobiles et capsulés, catalase négative, naturellement thermorésistants (**Gelinas, 1995**).

#### **I.6. 3. 2 Les germes pathogènes :**

##### **1. Les salmonelles**

Les salmonelles sont des bacilles gram négatif, sporulées, aéroanaérobies facultatif, mobiles par ciliatures pérित्रiche sauf pour salmonella gallinarum et appartiennent à la famille des enterobactériaceae (**humbert,1998**).

##### **2. Les vibrions cholériques**

Ils ont la forme bâtonnet incurvée et sont des grams négatifs, mobiles par flagelles polaire, aéro-anaérobies facultatif. Ils sont d'origine aquatique, très largement répandus dans les eaux d'égout, et sont responsable d'une grave épidémie : le choléra. (**haslay et Leclerc, 1993**).

## **Chapitre II : Procédés d'épuration des eaux résiduaires industrielles**

### **II.1 Introduction**

Les eaux résiduaires industrielles sont des liquides de composition hétérogène, chargés de matières minérales ou organiques, pouvant être en solution ou en suspension, et dont certaines peuvent avoir un caractère toxique.

En fonction des caractéristiques physico-chimiques des effluents à traiter et du degré d'épuration visé, on est conduit à concevoir différentes chaînes de traitement de l'eau dont les principales selon **Boeglin, 2006**. sont :

### **II.2 Traitements préliminaires (prétraitement)**

Les conditions de prétraitement des effluents généraux d'usine sont très variées et liées au type d'activité industrielle.

#### **II.2.1 dégrillage automatique et tamisage**

Appliquer pour retenir les matières volumineuses susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement, dans certaines industries agroalimentaires.

#### **II.2.2 Le dessablage**

C'est une opération qui assure l'élimination des particules grossières et de forte densité par décantation.

#### **II.2.3 Déshuilage-Dégraissage**

L'élimination des produits insolubles de faible densité (huiles, graisses hydrocarbures) réalisée généralement par flottation.

#### **II.2.4 La neutralisation**

Elle a pour objet de rectifier le pH d'effluents trop acides ou trop alcalins.

#### **II.2.5 Homogénéisation**

Il est souvent souhaitable d'assurer l'homogénéisation de composition au niveau d'un bassin tampon de tête.

#### **II.2.6 Le refroidissement**

C'est quelquefois nécessaire pour protéger une épuration biologique ou satisfaire les normes de rejet.

## **II. 3 Traitements physico-chimiques (traitements primaires)**

### **II. 3. 1 Décantation**

Les matières en suspension que l'on peut habituellement éliminer par décantation font classiquement l'objet du traitement primaire.

### **II. 3. 2 Clarification**

Une clarification globale des rejets nécessite l'élimination complète de la pollution colloïdale et finement dispersée.

### **II.3.3 Coagulation-floculation**

Ce traitement peut, suivant les cas, constituer un stade intermédiaire ou un stade final du traitement. Il a une ou plusieurs fins :

- Précipitation des métaux et des sels toxiques ou indésirables ;
- Élimination des huiles et hydrocarbures de bon nombre de rejets industriels ;
- Clarification poussée, ce qui se traduit généralement par une réduction concomitante de la DBO<sub>5</sub> et DCO des rejets correspondants

## **II. 4 Traitements biologiques (traitements secondaires)**

Les techniques d'épuration biologique reposent sur les conditions qui permettent aux flores bactériennes de se développer et d'assurer la dégradation des matières organiques polluantes. Dans les traitements biologiques aérobies, on distingue selon **Boeglin , 2006** :

- **Les procédés aérobies utilisant une culture bactérienne libre en suspension** dans l'eau à traiter (épuration par boues activées, lagunage naturel et aéré) ;
- **Les procédés aérobies utilisant une culture bactérienne fixée sur un support** (épuration par lits bactériens, par biodisques ou par biofiltration).

### **II.4.1 Les procédés biologiques extensifs**

- **Le lagunage**

Les lagunes sont constituées des plans d'eau peu profondes, en général, au nombre de trois, l'appel d'oxygène naturel, par échange avec l'atmosphère ou par photosynthèse des algues de surface, peut être complété exceptionnellement par des aérateurs pour stimuler l'activité biologique. (**Brière, 2000**).

## **II. 4. 2 Les procédés biologiques intensifs**

### **II. 4. 2. 1 Les procédés biologiques à cultures libres**

- **Les Boues activées**

Dans ce procédé, les bactéries se développent dans des bassins alimentés d'une part en eaux usées à traiter et d'autre part, en oxygène par apport d'air, les bactéries en suspension dans l'eau des bassins sont donc en contact permanent avec les matières polluantes dont elles se nourrissent et avec l'oxygène nécessaire à leur assimilation.

Les principes de fonctionnement diffèrent suivant que l'objectif est de traiter le carbone ou le carbone et l'azote et l'azote et/ou le phosphore. En pratique, il s'agit de permettre la sélection des espèces de bactéries capables soit de transformer le carbone en CO<sub>2</sub> soit de transformer l'azote en nitrates puis les nitrates en azote gaz (N) soit de stocker le phosphore.

Dans tous les cas, la séparation de l'eau traitée et de la masse des bactéries se fait dans un ouvrage spécifique appelé (clarificateur).

Pour conserver un stock constant et suffisant de bactéries dans le bassin de boues activées, une grande partie de boues extraites du clarificateur du stock pendant une période donnée est évacuée du circuit des bassins d'aération et dirigée vers les unités de traitement des boues : cette fraction des boues constitue les 'boues en excès'.

Dans le cas où il existe des boues primaires et des boues secondaires, elles forment des boues 'mixtes' fraîches qui doit subir un traitement de stabilisation biologique (Brière 2000).

### **II. 4. 2. 2 Les procédés biologiques à cultures fixées**

- **Le bio filtre et les lits bactériens**

Le principe de ces procédés consiste à faire percoler l'eau à traiter à travers un matériau sur lequel se développent les bactéries qui constituent un bio film sur ce support. Le type de matériau varie suivant les procédés :

- Les lits bactériens utilisent des galets ou des supports alvéolaires ;
- Les bio filtres utilisent des matériaux de plus petite taille : des argiles cuites, schistes, polystyrène, des graviers ou des sables.

Les bio filtres permettent généralement des traitements plus intensifs et plus poussés que les lits bactériens classiques plus rustiques dans leur conception et dans leur exploitation ( Brière 2000).

## II.5 Traitements tertiaires ou de finition

C'est des traitements complémentaires permettant d'obtenir une qualité d'effluent supérieure à celle obtenue par les procédés physicochimiques et biologiques classiques. Il s'agit d'affiner l'eau en poussant l'épuration le plus loin possible avec la possibilité de viser deux objectifs différents : **(Boeglin , 2006 )**.

- L'amélioration des performances des paramètres classiques, à savoir les matières en suspension totale MEST par filtration sur sable par exemple la DBO5 et la DCO moyennant la mise en œuvre de procédés biologiques de finition par lagunage et biofiltration ou d'un traitement d'adsorption sur charbon actif (percolation sur des colonnes de charbon en grains) ;
- L'action spécifique sur des paramètres qui ne sont que peu ou pas touchés par les traitements classiques, par exemple :
  - Élimination des éléments nutritifs (azote et phosphore) responsables de l'eutrophisation, par des traitements biologiques (nitrification et dénitrification de l'azote) ou physico-chimiques de finition (post-précipitation du phosphore) [10],
  - Réduction et limitation de la pollution bactérienne, par des procédés de désinfection utilisant des bactéricides (agents chlorant et ozone) ou des rayons UV,
  - Élimination plus ou moins poussée de la DCO soluble non biodégradable et, plus particulièrement, de la coloration des ERI par des techniques d'oxydation diverses (utilisation de l'oxygène à haute température et sous pression, ozonation, action de l'eau oxygénée H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), des procédés d'adsorption (charbon actif), voire des techniques de séparation membranaire (ultrafiltration, osmose inverse...).

## **Chapitre III: Lutte contre la pollution des eaux**

### **III. 1 Recyclage des eaux usées**

#### **III. 1. 1 Introduction**

La réutilisation des eaux usées (REU) consiste en l'utilisation d'eaux usées plus ou moins traitées dans un objectif de valorisation (usage bénéfique). (AFD and BRLi, 2011).

Plus la demande en eau croît, plus les ressources en eau disponibles se raréfient alors que simultanément et par voie de conséquence le volume d'eau usée rejeté s'accroît. Dans ce contexte, la réutilisation de l'eau usée devient un moyen intéressant pour, à la fois, satisfaire la demande et protéger les ressources.

Le traitement de l'eau usée doit alors être complété pour adapter la qualité des eaux de manière à la rendre compatible avec l'usage prévu. Le complément de traitement peut porter sur une amélioration générale ou sur des améliorations limitées seulement à certains éléments : matières en suspension, DCO dure, activité microbienne et risque pathogène, substances toxiques, couleur, salinité.

#### **III. 1. 2 Valorisation des eaux usées traitée**

L'eau usée traitée passe directement du statut d'eau usée au statut de nouvelle ressource après avoir transité par des mécanismes d'épuration.

##### **III. 1. 2. 1 Valorisation agricole et forestière**

C'est actuellement, en volume, l'usage principal de REUT à travers le monde : il existe des périmètres irrigués exclusivement avec des EUT, des périmètres mixtes (certains irrigants s'alimentent au réseau EUT et d'autres sont autonomes), la particularité forte d'une valorisation avec des EUT est la dimension sociale et sociologique d'acceptabilité par les usagers ainsi que les particularités agronomiques associées à la qualité des EUT.

##### **III. 1. 2. 2 Usages urbains**

Souvent les eaux usées traitées viennent s'ajouter à l'eau de plans d'eau existants pour le lavage des rues et des marchés. Des recyclages d'eaux grises à l'échelle d'un immeuble en vue d'alimenter des circuits particuliers de chasse d'eau ; les expériences Japonaises dans ce domaine sont particulièrement avancées.

### **III. 1. 2. 3 L'aquaculture**

Cette valorisation est encore relativement embryonnaire à travers le monde mais elle est déjà pratiquée en Inde ainsi que des pays asiatiques à la fois comme procédé d'épuration et pour l'économie piscicole qui en résulte.

### **III. 1. 2. 4 La valorisation industrielle**

Les applications sont nombreuses et on peut classer les secteurs où se pratique la REUT en fonction des différentes catégories d'activités industrielles : Le secteur chimique et para chimique ; Le secteur agro alimentaire. La REUT dans le cadre des circuits de refroidissement constitue un exemple fréquent. A cela s'ajoute les économies d'eau à l'intérieur d'une unité industrielle par recyclage des eaux de process qui est en quelque sorte une réutilisation interne.

### **III. 1. 2. 5 La valorisation à des fins d'eau potable**

La réutilisation des eaux à des fins de consommation en eau potable est une catégorie comptant un nombre réduit de projets. En Australie, la ville de Goulburn a mis en œuvre un projet de ce type.

### **III. 1. 3 Objectifs de recyclage des eaux**

Le recyclage des eaux usées traitées est envisagé dans les contextes suivants:

- L'existence d'une situation de stress hydrique
- nécessité de protéger l'environnement
- La mise en valeur d'un territoire liée aux opportunités d'aménagement urbain, péri urbain ou rural, avec un recyclage des eaux usées traitées à des fins d'arrosage des espaces récréatifs, agricoles ou à des fins industrielles.

La qualité des eaux est à la fois un avantage (présence de nutriments résiduels tels l'azote et le phosphore), mais aussi source de risque (salinité excessive éventuelle des effluents).

### **III. 1. 4 Les enjeux sanitaires de la réutilisation**

Ceux-ci. Selon **Condom N., et al** incluent la nécessité :

- d'évaluer les risques en fonction de la qualité des effluents ;
- de suivre la qualité physico-chimique et microbiologique de ces effluents ;
- de suivre dans la population la fréquence des diarrhées ;
- de traiter ces eaux pour approcher de la réduction de la pollution, si cela est possible sans créer d'autres problèmes de toxicité sur la population ;
- de se préoccuper de l'adéquation de l'utilisation de ces eaux en fonction des types de culture (non alimentaires, d'aliments à cuire) et des moyens d'arrosage favorables à un moindre risque (goutte à goutte, par exemple) ;
- d'accompagner ces projets par des actions d'éducation sanitaire en direction :

- des travailleurs pour réduire les risques lors de leur activité professionnelle (médecine du travail lorsqu'elle existe, campagnes radio,...) ;
  - de la population pour favoriser une meilleure hygiène alimentaire (le lavage vigoureux, la désinfection au chlore, le pelage des fruits et légumes réduisent chacun le niveau de pollution.



## **III. 2 Lutte contre la pollution par la technologie propre**

### **III. 2. 1 Nécessité d'une technologie propre**

Il existe une manière intelligente de lutter contre la pollution au moindre coût qui consiste évidemment à **éviter de produire de la pollution pour ne pas avoir à la détruire ensuite.**

Elle consiste à mettre en œuvre ce que l'on rassemble généralement sous le titre de **technologies propres (Ministère de l'environnement)**

### **III. 2. 2 Définition de la technologie propre**

Une technologie propre est une manière moins polluante de produire que celle qu'elle remplace et qui entraîne, soit des économies, soit des frais de fonctionnement inférieurs à ceux qu'engendre une station d'épuration pour éliminer la même pollution.

Une technologie propre est rarement une transformation miraculeuse d'un procédé industriel qui va supprimer d'un coup toute la pollution de l'usine. Dans la majorité des cas, il s'agit de techniques propres, qui par un aménagement soit du procédé de fabrication, soit de ses conditions de mise en œuvre, contribuent à la réduction de la production polluante. **(Ministère de l'environnement).**

### **III. 2. 3 Domaine d'application de la technologie propre**

#### **III. 2. 3. 1 Limitation de la pollution par récupération des matières premières, déchets et sous-produits**

C'est la récupération de certaines matières très polluantes, afin de réduire les coûts d'investissement de la future station d'épuration, et d'assurer la qualité des eaux à épurer.

Il n'est évidemment pas possible d'effectuer la récupération des matières très polluantes sur l'effluent général, au sein duquel elles sont trop diluées. Pour assurer la récupération des matières à l'état sec et sous forme concentrée, car il est évidemment plus facile d'empêcher les produits de se mélanger à l'eau que d'extraire ces derniers d'une eau résiduaire. **(Ministère de l'environnement).**

#### **III. 2. 3. 2 Application en agro-alimentaire**

Il est maintenant tout à fait commun de considérer que certaines fabrications exigent l'installation d'une station de récupération ou d'extraction. C'est le cas notamment dans l'industrie agroalimentaire, où s'effectue la séparation de composés (matières premières ou sous-produits) en vue d'une réutilisation interne ou externe à l'entreprise. **(Ministère de l'environnement).**

On trouve de nombreuses applications de cette catégorie de technique propre, dans l'industrie agroalimentaire où on assure la séparation puis la valorisation :

- du sang, des graisses et des protéines des abattoirs ;
- des huiles des raffineries alimentaires et issues de la fabrication de la margarine ;
- de la gélatine dans les usines de traitement de déchets animaux ;
- de l'amidon provenant de la fabrication de pommes de terre frites, etc.
- sérum, dans les grandes fromageries, permet la fabrication de levures ou d'aliments pour le bétail après concentration.
- les sucreries, pour lesquelles, par exemple, l'installation de séparateurs à radicules a permis de réduire la pollution des effluents, tout en récupérant près de 5 % de la masse des betteraves entrant en fabrication.

## **ETUDE EXPERIMENTALE**

## **Matériels et méthodes**

## **Chapitre IV : Matériels et méthodes**

### **IV.1 Objectif de l'étude**

Cette étude a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique et microbiologique, nutritionnelle des eaux résiduaires issues de la laiterie de Beni Tamou afin d'étudier la possibilité de leur recyclage et donc leur réutilisation.

Pour cela on a effectué un stage pratique au niveau de la laiterie de Beni Tamou ou on a effectué deux étapes de travail :

- la première étape consiste à une description de la chaîne de traitement des eaux de process utilisées au niveau de l'unité de Beni Tamou, le suivi de quelques paramètres physico-chimiques et microbiologiques a été réalisé dans le but d'évaluer l'efficacité des procédés utilisés.
- la deuxième étape, objet de notre étude, a été réservée à la caractérisation de la chaîne de traitement des eaux résiduaires rejetées par la laiterie, une analyse physico-chimique et microbiologique de ces eaux avant et après épuration a été réalisée.

### **IV.2 Matériels Biologique**

Le matériel d'étude est représenté par deux types d'eaux, l'eau traitée et l'eau épurée. Notre travail a été réalisé durant trois mois (avril, mai, juin, 2012). Au cours de cette période, 3 échantillons ont été prélevés pour chaque analyse tous les 15 jours, environ. Les différents points de prélèvement sont :

- Eau de forage / eau brute **EB**
- Eau de process **EP**
- Eau de rinçage **ER**
- Eau de sortie usine **ES**
- Eau épurée **EE**

### **IV.3 Présentation de lieu de stage**

La première partie de notre stage a été effectuée au niveau de la laiterie de Beni Tamou et la deuxième partie au niveau de sa station d'épuration.

#### **IV.3.1 Présentation de la laiterie de Beni Tamou**

Le projet de la laiterie fut lancé en 1985 et elle n'a été opérationnelle qu'en 1989. En 1997, une nouvelle restructuration a été opérée sur le secteur de l'industrie laitière par l'individualisation de chaque unité à travers le territoire national et leur transformation en sociétés par action (SPA) autonomes avec un propre capital social et un conseil d'administration, c'est ainsi que 19 filiales ont été créées à travers le pays et relevant d'un seul groupe (GIPLAIT) constituant l'unique actionnaire et propriétaire dont le siège est à Alger.

Le choix du lieu d'installation de cette laiterie a été établi sur la base de critères et de caractéristiques de la région du point de vue agricole, sociale et économique.

La création de la laiterie de Beni Tamou a été dans le but de soulager les laiteries de Birkhadem et Boudouaou pour répondre à une demande du lait de plus en plus croissante et couvrir les besoins des Wilayas suivantes: Blida, Médea, Tipaza, et Djelfa.

L'unité de Beni Tamou est située à 10Km au Nord de Blida à mi-chemin de la route reliant Beni Tamou et Oued-El-Alleug.

#### IV. 3.2 Présentation de la chaîne de traitement de l'eau

La figure N°1 décrit le schéma général de l'installation de traitement des eaux de la laiterie de Beni Tamou, cette installation se compose des équipements suivants :

- **Préchloration** : La désinfection de l'eau est réalisée par javellisation par l'injection de solution d'hypochlorite de sodium( $\text{NaOCl}$ ), à une concentration de 5ppm, à l'aide d'une pompe doseuse dans un bassin de stockage de l'eau brute de  $900 \text{ m}^3$  recevant l'eau traitée avec un débit de  $50 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- **Séparateur à boue** : L'eau pré chlorée avant son passage au bassin de stockage traverse trois colonnes séparatrices par centrifugation de l'eau pour éliminer des particules sablonneuses boueuses plus de  $0.75 \mu\text{m}$ , avec un débit de  $33 \text{ m}^3$  par chaque colonne.
- **Filtres à sable** : Cette eau passe par deux filtres à sable sous pression pour subir un traitement de clarification, afin d'éliminer toute précipitation d'impuretés, avec un débit de filtration de  $50 \text{ m}^3/\text{h}$ .
- **L'adoucisseur** : Après cette filtration l'eau subit un traitement d'adoucissement grâce à trois filtres à résine cationique fortement acide à base de sodium, ces adoucisseurs échangeurs d'ions fonctionnent en parallèles avec une capacité de traitement pour chacun de  $36 \text{ m}^3/\text{h}$ . Cette étape a pour but de réduire la dureté ( $\text{TH}=0$ ), par diminution de la concentration en sels minéraux surtout la concentration en calcium et magnésium. Après saturation de la résine la régénération est obligatoire par la saumure( $\text{NaCl}$ ) pour éliminer les ions calcium et magnésium captés par la résine qui libère à son tour des ions sodium dans l'eau.
- **Mitigeage** : Se fait par le mélange d'eau adoucie et d'eau filtrée afin d'équilibrer la dureté de l'eau de process ( $\text{TH}$  entre  $10^\circ\text{F}$  et  $15^\circ\text{F}$ ).
- **La désinfection** : Après mitigeage se fait la chloration une deuxième fois par injection de  $\text{NaOCl}$ , à l'aide de bac Jaugeur d'eau de javel de 125 litres, avec un réglage manuel grâce à des boutons à dosage par pourcentage.

L'eau obtenue après cette étape est définie comme une eau de process, qui est utilisée pour la fabrication des différents produits laitiers.

- **Bassin d'accumulation de l'eau** : Dans ce bassin se fait le stockage de l'eau de process, il est d'une capacité de  $250 \text{ m}^3$ .

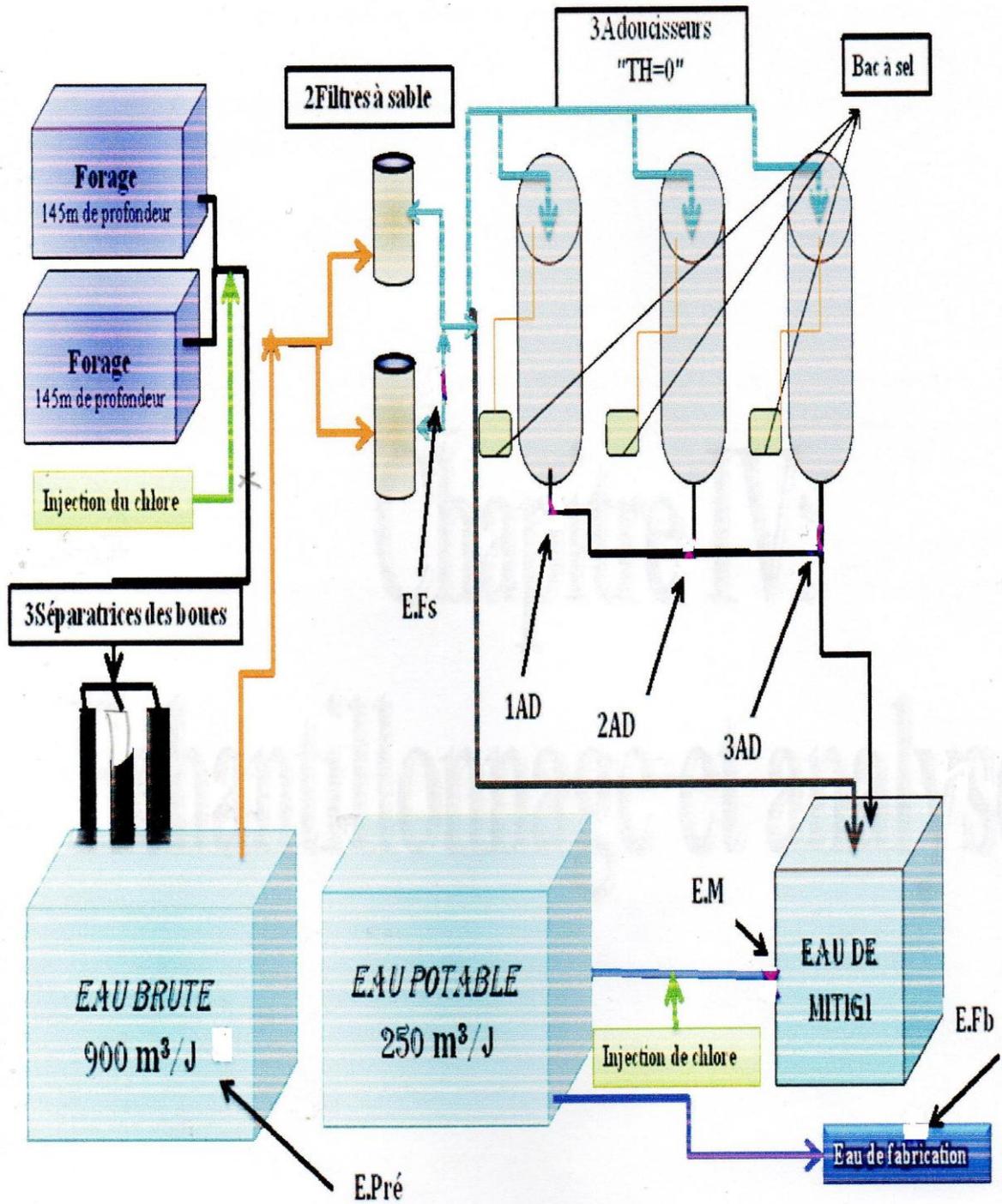


Figure N°1 : Schéma de la chaîne de traitement de l'eau de la laiterie de Beni Tamou.

### **IV.3. 3 Présentation de la station d'épuration des eaux usées**

La station d'épuration des eaux usées de la laiterie de Beni Tamou à pour but de diminuer la charge polluante et préserver l'environnement (Eau, sol et air), elle épure les eaux usées provenant de la laiterie .L'emplacement de la STEP par rapport au complexe laitier est représenté dans l'annexe. La superficie occupée par la station est presque de 12000 m<sup>2</sup>.

#### **IV.3. 3. 1 Type de traitement:**

C'est une STEP par boues activées (aérobie), avec agitation mécanique, traitements physico-chimiques avec les différents procédés de traitement.

#### **IV.3.3. 2 Caractéristiques des rejets**

- L'eau de lavage des installations (CIP).
- L'eau pour traitement de lait et autres produits.
- L'eau de nettoyage des équipements rinçage des appareils (pasteurisateur, écrémeuses...) des récipients (tanks, bac....) et nettoyage des bidons de lait et des camions citernes et lavage du sol.

#### **IV.3.3. 3 Atelier de nettoyage**

Il existe dans l'usine un atelier conçu pour la préparation des solutions de nettoyage. Les produits de nettoyage sont:

- Solution acide (HNO<sub>3</sub>) 1%.
- Solution basique (NaOH) 2%.

#### **IV.3.3. 4 Équipements technologiques**

- Grille à barreaux.
- pompe de levage.
- Pompe déshuilage.
- Pont racleur.
- Pompe de recyclage des boues.
- Pompe dosage (acide et soude).
- Aérateur T<sub>7</sub>.
- Station dosage flocculant.
- Pompe à alimentation filtre presse.
- Machine déshydratation des boues.
- Pompe d'envoi des boues vers la trémie.
- Pompe d'extraction des sables.
- Pompe pour filtration d'eau.
- Aérateur T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub>.
- Aérateur T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub>.
- Aérateur T<sub>5</sub> et T<sub>6</sub>.

### IV.3. 3. 5 Les composantes de la STEP

La STEP des eaux usées se compose essentiellement de:

- Section de dégrillage.
- Section de dessablage.
- Section de déshuilage
- Section de relevage.
- Section d'oxydation biologique (1<sup>er</sup> et 2<sup>eme</sup> stade).
- Section de sédimentation (1<sup>er</sup> et 2<sup>eme</sup> stade).
- Lits de filtration rapide à sable.
- Section de traitement des boues.

A/ Stabilisation des boues.

B/ Épaississement des boues.

C/ Déshydratation des boues.

D/ Trémie de stockage des boues.

#### 1. Dégrillage:

Les eaux usées passent à travers deux grilles verticales, inclinées de 60° qui ont pour but de retenir les particules solides grossières contenues dans l'eau. Ces grilles sont équipées de râteaux pour le nettoyage manuel.

- Nombre de grille 02. Type à barreaux.
- Écartement premier grille 40mm.
- Écartement deuxième grille 20mm.
- Largeur 700 mm ; Longueur 1500 mm ; Inclinaison 60°.



**Photo N° 1 : Dégrillage (deux grilles à barreaux)**

## 10. Filtration:

Filtration sur trois filtres à sable en parallèle. L'eau est distribuée sur le lit filtrant du haut vers le bas. Le remplissage des filtre est obtenu au moyen de :

- Graviers de 10 mm de calibrage ;
- Sables fins de granulométrie de 0,3 à 0,5 mm.

L'eau filtrée coule dans un bassin d'accumulation (stockage) d'une capacité de 100 m<sup>3</sup>. La quantité des eaux usées traitée journalière est d'environ 1000 m<sup>3</sup>.



**Photo N° 8 :** Filtre à sable

## 11. Traitement des boues:

### a. Stabilisation des boues

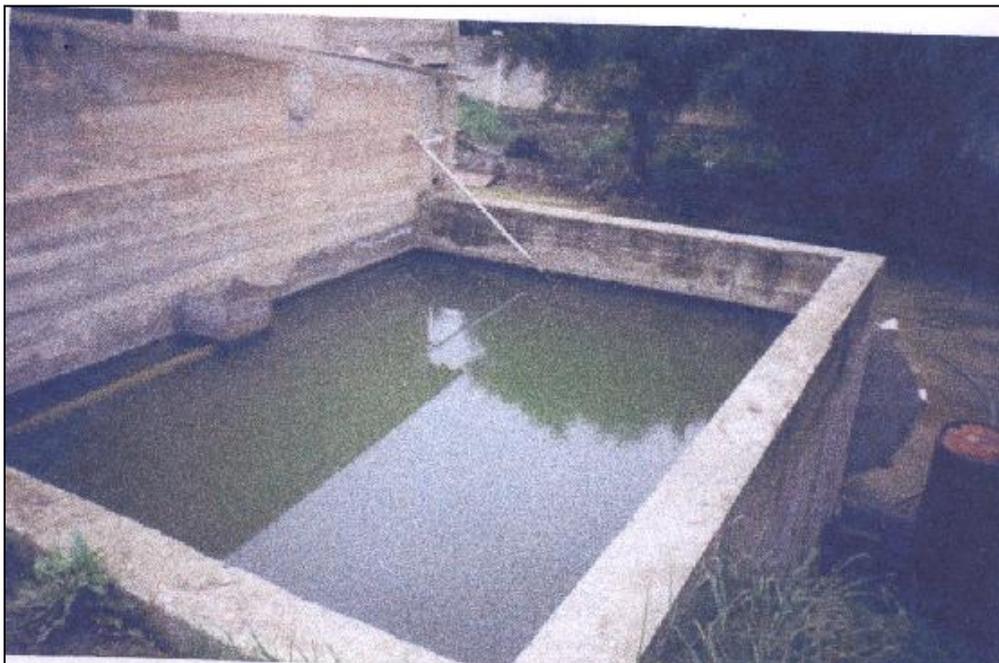
Les boues en excès sont envoyées vers un bassin équipé d'un aérateur (T<sub>7</sub>) pour leur stabilisation, le temps de séjour des boues dans le bassin de stabilisation est de l'ordre de 13 jours.



**Photo N°9 :** Stabilisation des boues

#### **b. Épaississement des boues**

Après la stabilisation des boues, ces dernières sont envoyées dans un bassin dit épaisseur pour la réduction de leurs volumes par décantation; qui consiste à séparer par gravité l'eau et la boue. La quantité journalière de boue produite est de l'ordre de 4 à 5 tonnes.



**Photo N° 10 :** Bassin d'épaississement des boues

### c. Déshydratation des boues:

Après l'épaississement des boues, ces dernières sont envoyées dans machine de déshydratation à filtre presse après l'injection d'un coagulant poly-électrolyte. La boue est stockée dans un récipient mobile avant d'être transporter pour le séchage à l'air libre.

## IV.4. Méthodes d'analyse

### IV.4. 1 Analyses physico-chimiques de l'eau

Les paramètres physico-chimiques étudiés sont :

Température, PH, TA, TAC, TH, calcium, magnésium, sodium, chlorure, sulfate nitrate, phosphate, matières organiques, DCO, DBO5, MES, O<sub>2</sub> dessous

### IV.4. 2 Prélèvement et échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté .L'échantillon doit être homogène et représentatif il est obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques ou microbiologiques (**Rodier, 1996**).

#### a. mode de prélèvement

Le prélèvement des échantillons a été effectué à partir d'un robinet qui se trouve dans chaque dispositif de la station, dans des flacons de 200 ml déjà stérilisés dans une autoclave à 121°C pendant 15 minutes, pour les analyses microbiologiques, et des bouteilles de 1L pour les analyses physico-chimiques, en respectant les précautions suivantes selon le centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (2005)

- Enlever tout objet se trouvant sous le bec du robinet ;
- Nettoyer l'extérieur et l'intérieur du bec du robinet à l'aide d'une pièce de coton à usage unique imbibé d'une solution de l'eau de javel ou à l'aide d'une flamme ;
- Laisser couler l'eau pendant 5 minutes avant de prélever un échantillon afin de s'assurer que l'eau prélever est représentatif de celle circulant dans le système de distribution

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière :

- les flacons sont en générale en verre borosilicate de 250 ml d'un large col et d'un bouchon en verre rodé à vis en métal ou en plastique pour les analyse bactériologiques et en plastique de 1.5 litres pour les analyses physico-chimiques
- pour le prélèvement d'eau destinée à l'analyse microbilogique le flacon en verre et ces accessoires doivent être stérilisés à l'autoclave dans un emballage en papier kraft ou d'aluminium.
- si le prélèvement est réalisé a l'aide d'un flacon en plastique, généralement destinée a l'analyse physico-chimique,il est nécessaire de rincer 2 à 3 fois avec l'eau prélevée avant de le remplir (**Guiraud, 1998**).

## **b. transport et conservation**

Après le prélèvement, les flacons ou les bouteilles doivent être lisiblement étiquetées et envoyées sans retard au laboratoire, accompagné d'une note portant tous les renseignements nécessaires. La teneur des échantillon en coliformes se modifie entre le moment du prélèvement et celui de l'examen. Il importe donc de procéder à l'analyse le plus rapidement possible après le prélèvement, de préférence dans l'heure qui suit (OMS, 2002).

### **IV.4. 3 Méthodes d'analyse**

#### **IV. 4.3. 1 Analyses physico-chimiques**

##### **1. Détermination de la température**

La température est une valeur qui exprime la chaleur ou le froid des particules qui constituent un corps ou un milieu, elle est mesurée par le pH-mètre qui comporte un compensateur de température, elle est exprimée en °C.

##### **2. Détermination de pH**

- **Principe**

Mesure de la différence de potentiel existant entre une électrode de verre d'un pH-mètre (INOLAB WTW) plongée dans un bécher qui contient notre échantillon. (Taradat et Beaudry, 1992)

- **Mode opératoire**

- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser ;
- Tremper l'électrode dans le bécher ;
- Laisser stabiliser un moment avec une faible agitation, puis noter le pH.

- **Expression des résultats**

L'appareil donne la valeur pH de notre échantillon.

##### **3. Détermination du titre alcalimétrique de l'eau : « TA et TAC »**

- **Détermination du Titre Alcalimétrique : TA**

- **Principe**

On évalue une alcalinité d'une eau par le dosage acidimétrique des carbonates  $\text{CO}_3^{2-}$  et des hydrogencarbonates  $\text{HCO}_3^-$  qui s'y trouvent présents.

Elle consiste à la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

L'addition d'une solution d'acide sulfurique titré, la transformation des carbonates et bicarbonates en sulfates à pH =3.3, permet de connaître la quantité d'hydrate alcalin et la moitié des carbonates (Taradat et Beaudry, 1992).

$$TA = [OH^-] + 1/2 [CO_3^{2-}]$$

- **Mode opératoire**

- 1) Prélever 100 ml d'eau à analyser dans un erlen Meyer de 250 ml ;
- 2) Ajouter quelques gouttes de phénol phtaléine à 1% ;
- 3) L'absence de coloration correspond à un TA nul (TA=0) ;
- 4) S'il y a apparition du rose, cette coloration fait appel au titrage par l'acide sulfurique N/10 à l'aide d'une burette graduée jusqu'à décoloration complète.

- **Expression des résultats**

- Pas de coloration, le TA=0.
- En présence de coloration, le volume en millilitre de l'acide sulfurique exprime le titre alcalimétrique en milliéquivalent convertir en degrés français (°F) ; avec :

$$TA = V \times 5$$

**Ou :**

**TA :** titre alcalimétrique exprimé en degrés français (°F).

**V :** volume en millilitre de l'acide sulfurique utilisé pendant le titrage.

- **Détermination du titre alcalimétrique complet : TAC**

- **Principe**

Le titre alcalimétrique complet de l'eau permet la détermination de la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et bicarbonates.

Le titrage se fait par les solutions sulfuriques servant de méthyle orange comme indicateur coloré (Anne, 2000).

$$TAC = [OH^-] + [CO_3^{2-}] + [HCO_3^{2-}]$$

- **Mode opératoire**

- 1) Prendre la prise d'eau ayant servie à la détermination de TA.
- 2) Additionner quelques gouttes de méthylorange
- 3) Verser lentement à l'aide d'une burette graduée de l'acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (N/10), en agitant constamment jusqu'au virage de la couleur jaune au rouge brique ou rouge

orange. Le virage de méthyle-orange se produit dès qu'un excès d'acide fort commence à apparaître.

- **Expression des résultats**

TAC est exprimé en degrés français (°F) selon l'expression suivante :

$$\text{TAC} = (V_1 - 0,1) \times 5$$

**Ou :**

**V<sub>1</sub>** : Volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (N/10) versé dans les solutions lues sur la burette.

**0,1** : La goutte supplémentaire qui a été ajoutée et qui a fait passer la couleur au rouge orange.

#### **4. Détermination de la dureté de l'eau : TH**

- **Principe**

La dureté totale ou titre hydrométrique correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, elle est due principalement aux ions alcalino-terreux (calcium; magnésium) (Taradat et Beaudry, 1992).

$$\text{TH} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$$

Le principe repose sur le titrage par complexométrie du Ca et du Mg avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide Éthylène Diamine Tétra Acétique(EDTA), il se combine aux ions Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> présents dans l'eau, pour former des composés soluble très peu dissociés en milieu tamponné à PH = 10.

L'indicateur coloré, le noir ériochrome T, donne une coloration violette en se combinant avec les ions Mg<sup>2+</sup> lorsque tous les ions de Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> sont combinés à l'EDTA, l'excès de ce dernier détruit la combinaison ériochrome-Mg et indique la fin de la réaction par changement de couleur du violet au bleu.

- **Mode opératoire**

- 1) Mètre 100 ml d'eau à analyser dans un Erlen Meyer de 200 ml.
- 2) Ajouter quelques gouttes de noir Eriochrome T.
- 3) Ajouter 2 ml de la solution tampon pH = 10(Ammoniacale).
  - Si la solution obtenue est bleue, le TH est nul ;
  - Si la solution obtenue est violette, procéder au titrage par la solution d'EDTA à 0.01N tout en agitant jusqu'au virage du violet au bleu.

- **Expression des résultats**

Le volume de EDTA versé(V) est directement lu, il est égale au titre hydrométrique(TH) exprimé en degré français (°F)

$$\text{TH} = V$$

**Ou :**

**TH :** Titre hydrométrique en degré français (°F).

**V :** Volume de la solution d'EDTA versé en degré français.

## 5. Détermination de la demande chimique en oxygène DCO

- **Principe**

Elle représente la quantité totale de la pollution oxydable et correspond à la quantité d'O<sub>2</sub> qu'il faut fournir grâce à des réactifs chimiques puissants pour oxyder les matières contenues dans l'effluent (eau) en utilisant le Photomètre DCO (**Anonyme, 2008**).

- **Mode opératoire**

- 1) Ouvrir un tube à réactif bouché par un bouchon à vis blanc, et selon la charge (plage LR : 0 – 150 mg/l ; plage MR : 0 – 1500 mg/l ; plage HR : 0 – 15000 mg/l) le remplir avec la quantité d'échantillon indiqué (LR/MR : 2 ml ; HR : 0.2 ml d'échantillon d'eau) ;
- 2) Créer un tube de calibration en utilisant de l'eau de COT (carbone organique total) au lieu de l'échantillon ;
- 3) Fermer solidement les tubes avec le bouchon à vis ;
- 4) Mélanger le contenu en retournant le tube avec précaution et chauffer pendant 120 minutes à 105 °C. Sortir les tubes du bloc de chauffage et les laisser refroidir à 60° au moins ;
- 5) Mélanger soigneusement le contenu en retournant plusieurs fois les tubes encore chauds. Ensuite, laisser refroidir les tubes à la température ambiante et procéder ensuite à la mesure ;
- 6) Poser l'adaptateur pour les tubes de 16 mm sur le compartiment de mesure.

**Remarque :** pour les eaux résiduaires à la sortie d'usine qui sont très chargées en matières organiques oxydatives, nous avons procédé à la dilution de 5 ml d'eau à mesurer et compléter jusqu'à 100 ml avec l'eau (dilution)

- **Expression des résultats**

Le résultat affiché sur l'écran  $\times 20$

## 6. Détermination de la DBO<sub>5</sub>

- **Principe**

Le principe consiste à mesurer l'évolution de la pression de l'air à l'intérieur d'un flacon qui contient l'échantillon. Cette évolution est directement liée à la diminution de la concentration en oxygène de l'atmosphère d'incubation.

En effet, les micro-organismes lors de la biodégradation des molécules organiques consomment l'oxygène dissous dans l'échantillon et l'oxygène de l'air se dissout pour remplacer l'oxygène consommé. Ceci crée un déficit en gaz dans l'air du flacon qui n'est pas renouvelé, à condition que le CO<sub>2</sub> formé lors de la biodégradation soit absorbé par de la soude (KOH) présente dans le flacon.

- **Mode opératoire**

- 1) Choisir le volume de l'échantillon qui correspond à la gamme de mesure adéquate (tableau n°4) ;
- 2) verser le volume d'échantillon dans les flacons de DBOmètre, ainsi que le témoin
- 3) Ajouter de la soude pour absorber le CO<sub>2</sub> formé ;
- 4) Ajouter un barreau magnétique dans chaque flacon pour assurer l'agitation et insérer les flacons dans un incubateur de DBO ;
- 5) Après cinq jours, lire la valeur qui correspond au cinquième jour. Cette valeur devra être multipliée par le facteur de dilution mentionné sur le tableau N°4.

**Tableau N°4** : Le volume de la prise d'essai en fonction de la DBO

<b>La charge</b>	<b>DBO (mg/l)</b>	<b>Prise d'essai (ml)</b>	<b>Facteur</b>
<b>Très faible</b>	0 – 40	432	1
<b>Faible</b>	0 – 80	365	2
<b>Moyenne</b>	0 – 200	250	5
<b>Plus que la moyenne</b>	0 – 400	164	10
<b>peu chargée</b>	0 – 800	97	20
<b>Chargée</b>	0 – 2000	43,5	50
<b>Très chargée</b>	0 – 4000	22,7	100

- **Expression des résultats**

La valeur de la DBO est calculée par la formule suivante :

$$[DBO_5] = V \cdot F$$

**Ou :**

**DBO<sub>5</sub>** : Demande biochimique en oxygène, en mg/l.

**V** : La valeur indiquée après cinq jours sur l'afficheur du flacon DBO.

**F** : Le facteur qui correspond aux volumes de l'échantillon choisi.

## 7. Détermination des matières en suspension MES

- **La méthode par centrifugation**
- **Principe**

La séparation des MES de l'eau se fait soit par la méthode de filtration sur membrane, soit par la centrifugation. Dans notre analyse, on a suivi la méthode de centrifugation. L'échantillon est mis en rotation à 3000 tours pendant 20 min. L'application de la force centrifuge sur les particules solides permet de les rassembler dans le fond du tube sous forme d'un culot. Ce dernier sera récupéré dans un creuset en porcelaine et mis à sécher à 105°C. Le résidu sec est ensuite pesé. Il correspond aux MES contenues dans l'échantillon.

- **Mode opératoire**

Centrifuger 250 ml d'eau, séparer le liquide surnageant par siphonage sans perturbation du dépôt et jusqu'à une hauteur de 10 mm de liquide au dessus du dépôt.

Les culots de matières sont transvasés dans une capsule tarée. Rincer les tubes centrifugés 3 fois par avec une petite quantité d'eau permutée (20 ml). Introduire les eaux de lavages avec les culots dans la capsule séchée à 105°C pendant 14 à 16 h, jusqu'à masse constante. Laisser refroidir au dessiccateur et peser.

- **Expression des résultats**

La teneur en MES est calculée selon l'expression suivante:

$$[\text{MES}] = (M_1 - M_0) \cdot 1000 / V$$

Où :

- MES** : La teneur en matière en suspension, en mg/l.
- M<sub>0</sub>** : La masse de creusé en porcelaine vide (la tare), en mg.
- M<sub>1</sub>** : La masse du creusé et de son contenu après séchage à 105°, en mg.
- V** : Le volume de la prise d'essai, en ml.

## 8. Détermination de l'oxygène dissous O<sub>2</sub> dissous

La mesure est effectuée par un oxymètre.

- **Principe**

Les sondes dioxymétriques (électrodes) permettent une évaluation rapide du taux d'O<sub>2</sub> dissous. Ces sondes permettent d'afficher la teneur en oxygène dissous en mg/l ou en % de saturation en oxygène.

- **Mode opératoire**

- 1) Rincer la sonde de l'appareil avec de l'eau distillée, puis plonger l'électrode dans la solution tampon ;
- 2) Si le résultat affiché est de 0, donc l'appareil est prêt pour effectuer l'analyse ;

- 3) Si le résultat est différent de 0, il faut procéder au réglage de l'appareil jusqu'à l'obtention de 0 ;
- 4) Plonger directement l'électrode dans l'échantillon et attendre jusqu'à la stabilisation de l'appareil ;
- 5) Lorsque l'appareil est stabilisé, on fait directement la lecture.

- **Expression des résultats**

La valeur de l'oxygène dissous est affichée sur l'oxymètre, elle est exprimée en mg/l

### **Remarque**

Les méthodes d'analyse des paramètres suivant : calcium, magnésium, sodium potassium, chlorures, sulfates, nitrates, nitrites, et de phosphate, sont détaillées dans l'annexe.

#### **IV. 4.3. 2 Analyse microbiologique de l'eau de process**

L'objectif de l'analyse microbiologique d'une eau de consommation n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présents, mais de rechercher celles qui sont susceptibles d'être pathogène ou celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre (coliforme totaux et fécaux et streptocoques fécaux), en particulier, dans l'intestin de l'homme et sont par leur présence indicatrice d'une contamination fécale. **(Rodier et al., 2005)**

Les germes recherchés dans l'eau de process sont :

- Les germes aérobies totaux.
- Les coliformes totaux.
- Les levures et moisissures.

#### **1) Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT)**

C'est l'ensemble des microorganismes aptes à donner des colonies visibles sur PCA, la flore totale regroupe les microorganismes saprophytes d'altération d'une part et des microorganismes pathogènes d'autre part. Ils sont un bon indicateur de la qualité globale des produits, ces germes seront recherchés par la méthode de contage de colonies, ils renferment Les bactéries, levures, moisissures qui se développent en aérobiose **(Bonney et al., 2002)**.

- **Mode opératoire**

- 1) Porter aseptiquement 1 ml de l'eau à analyser dans deux boîtes de pétries ;
- 2) Couler avec environ 20 ml de gélose PCA fondue puis refroidie à 45°C ;
- 3) Faire ensuite des mouvements circulaires de va et vient en forme de 8 pour permettre à l'inoculum une bonne homogénéisation avec la gélose utilisée ;

- 4) Laisser solidifier sur paille, puis rajouter une deuxième couche, d'environ 5 ml de la même gélose, cette double couche, à un rôle protecteur contre les contaminants divers.

- **Incubation**

La première boîte sera incubée couvercle en bas à 22°C (les microorganismes à tendance psychrophiles).

La seconde sera incubée couvercle en bas à 37°C, pendant 72 heures (les microorganismes pathogènes).

- **Lecture**

- Première lecture à 24 h.
- Deuxième lecture à 48 h.
- Troisième lecture à 72 h.

- **Dénombrement**

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies qui se présentent sous forme lenticulaires en masse. Le résultat sera exprimé par ml d'eau à analyser à 22°C et à 37°C.

## 2) Recherche et dénombrement des coliformes totaux

Les coliformes appartiennent à la famille des entérobactériaceae, il font partie de la flore bactérienne la plus recherchée en microbiologie alimentaire; ce sont des bacilles Gram négatif, aérobies-anaérobies facultatifs, non sporulés, ne possèdent pas d'oxydase, capable de se multiplier en présence de sel biliaires en fermentant le lactose avec production d'acides et de gaz entre 24 et 48 h à une température comprise entre 35 et 44°C.

- **Mode opératoire**

Les coliformes totaux sont dénombrés par la méthode de filtration sur membrane qui est une méthode rapide, simple, normalisée mais nécessitant la disponibilité d'une rampe de filtration sur le milieu de culture, la gélose TTC ou Tergitol 7 qui inhibe la croissance des micro-organismes gram positif (caractère sélectif de la gélose TTC ; ne pousseront théoriquement que les coliformes) ; limite l'envahissement par la protéine et favorise la récupération des coliformes. (Lebres et al . ,2002).

Elle consiste en une filtration de l'eau sur des membranes de porosité 0,45 µm susceptible de retenir les bactéries avec un quadrillage en surface facilitant les dénombrements. La figure N° 2 représente l'appareil de filtration sur membrane.

## 2. Dessablage:

L'eau usée passe à travers un canal de surface de  $15\text{m}^2$  et la vitesse de passage de l'eau est de  $0.3\text{ m/s}$ . Les particules de sable de granulométrie supérieure à  $0.5\text{ mm}$  se déposent dans le fond du bassin conique. Les particules de sables déposés sont éliminées par une pompe d'extraction de sable



Photo N°2 : Dessablage

## 3. Relevage:

Se compose d'un bassin dans le quel sont installées deux Pompes immergées déversant dans le bassin de neutralisation, chacune a un débit maximum de  $120\text{ m}^3/\text{h}$ .

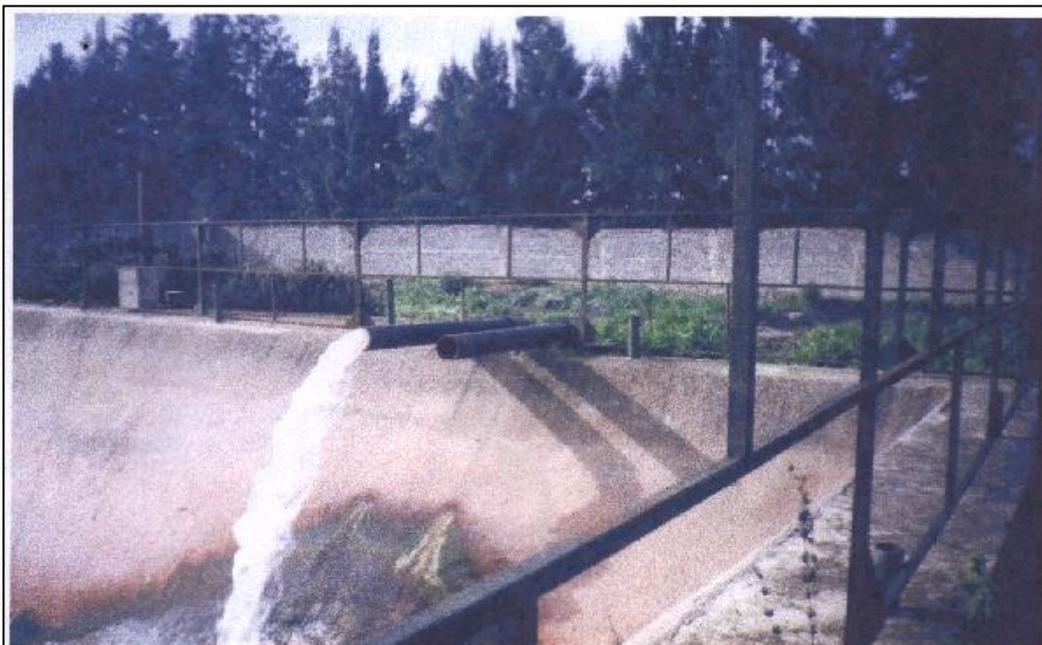


Photo N° 3 : Pompe de relevage

#### 4. Neutralisation:

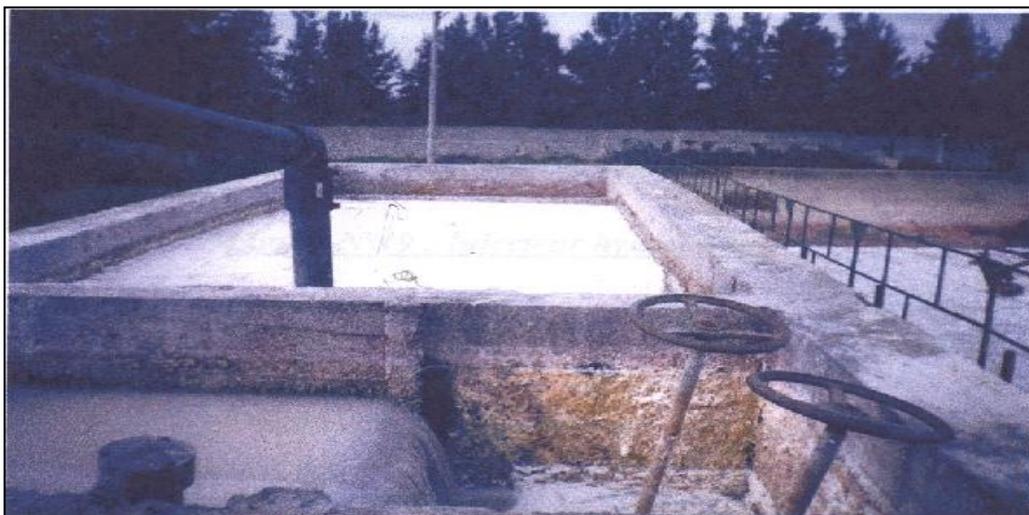
Le bassin a une capacité de  $830\text{m}^3$  apte à contenir 80% de débit Journalier. Ce bassin a pour but de maintenir le pH en équilibre par l'agent d'une solution acide ou une solution basique (6,5 – 8,5). Maintenir en équilibre les sections en aval de ce bassin, en absorbant les débits de pointe et en alimentant par un débit constant de  $50\text{m}^3$ . Pré aération et homogénéisation des eaux usées qui doivent être traitées par des aérateurs immergés ( $T_1$  et  $T_2$ ).



**Photo N° 4** Bassin de neutralisation

#### 5. Déshuilage:

La surface de bassin est  $8\text{m}^2$ , le but est de remonter les huiles et les graisses non émulsionnée à la surface de bassin par injection d'air dans l'eau à l'entrée au moyen d'injecteur hydraulique. Les graisses et les huiles sont éliminées manuellement.



**Photo N° 5 :** Déshuilage

## 6. Bassin d'oxydation 1<sup>er</sup> stade:

Le volume du bassin est de 900m<sup>3</sup>. Le but de bassin d'oxydation est de dégrader la matière organique par les micro-organismes, pour cela il faut mettre en contact l'eau à épurer avec une masse bactérienne en présence d'oxygène qui est assurée par des aérateurs de surface (T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub>) qui fonctionnent automatique. Les micro-organismes ont besoin d'oxygène pour se survivre et ce reproduire afin qu'ils puissent dégradée la matière organique.

- Charge à l'entrée 1200Kg DBO<sub>5</sub>/j ;
- Temps de séjour 16.5 h ;
- Charge à la sortie 240 kg DBO<sub>5</sub>/j ;
- Rendement 80 %.



**Photo N° 6 :** Bassin d'oxydation 1<sup>er</sup> stade

## 7. Bassin de décantation 1<sup>er</sup> stade:

Le volume du bassin est de 250 m<sup>3</sup>. La phase de sédimentation s'effectue dans un bassin dit décantation (séparation) des boues et l'eau claire. Les boues déposées au fond du bassin sont raclées continuellement au moyen d'un racleur mobile fixé au centre du bassin. La boue est drainée vers une trémie centrale de réception au moyen d'une pompe immergée d'où elle est extraite pour être recyclée dans le bassin d'oxydation. Les boues en excès sont envoyées dans le bassin de stabilisation pour le traitement.



**Photo N° 7 : Bassin de décantation**

### **8. Bassin d'oxydation 2<sup>ème</sup> stade:**

Le volume du bassin est de  $750 \text{ m}^3$ . Le but de bassin d'oxydation est de dégrader la matière organique par les micro-organismes, pour cela il faut mettre en contact l'eau à épurer avec une masse bactérienne en présence d'oxygène qui est assurée par les aérateurs de surface ( $T_5$  et  $T_6$ ) qui fonctionnent en temporisation automatique.

Les micro-organismes ont besoin d'oxygène pour se survivre et se reproduire afin qu'ils puissent dégrader la matière organique.

- Charge à l'entrée est de  $240 \text{ Kg DBO}_5/\text{j}$  ;
- Temps de séjour est de  $15,5 \text{ h}$  ;
- Rendement est de l'ordre de  $90\%$ .

### **9. Bassin de décantation 2<sup>ème</sup> stade:**

Le volume du bassin est de  $250 \text{ m}^3$ . La phase de sédimentation s'effectue dans un bassin dit décantation (séparation) des boues et l'eau claire.

Les boues déposées au fond du bassin sont raclées continuellement au moyen d'un racleur mobile fixé au centre du bassin.

La boue est drainée vers une trémie centrale de réception au moyen d'une pompe immergée; d'où elle est extraite pour être recyclée dans le bassin d'oxydation.

Les boues en excès sont envoyées dans le bassin de stabilisation pour le traitement.



**Figure N°2 :** Dispositif de l'appareil de filtration sur membrane.

Devant un bec-bunsen et sur une paillasse javellisée. Il faut suivre les étapes suivantes

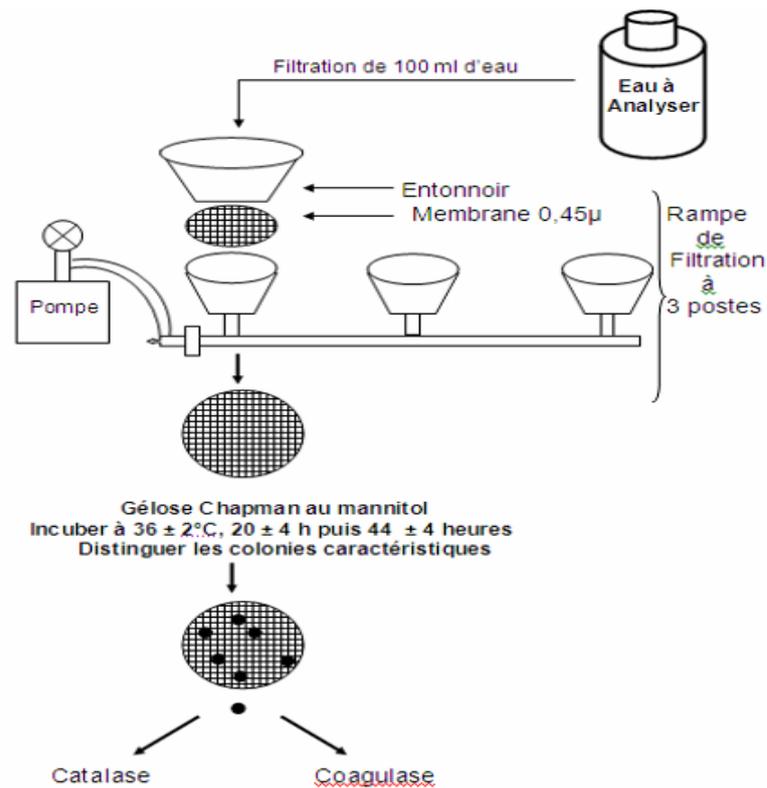
- 1) Lavage et stérilisation de l'équipement de filtration par flambage et mise en place de la pompe à vide ;
- 2) Prendre une membrane filtrante stérile près du bord à l'aide d'une pince stérilisée par flambage à la flamme et la déposer sur le support du filtre ;
- 3) Placer l'entonnoir sur le support et le fixer fortement, verser dans chaque entonnoir un volume de 100 ml de l'échantillon bien homogénéisé ;
- 4) Faire le vide jusqu'à filtration totale de l'échantillon ;
- 5) Retirer l'entonnoir et déposer la membrane filtrante à l'aide d'une pince stérile sur un milieu adapté bactéries recherchées ;
- 6) Déposer la membrane en la déroulant pour tenir un contact étroit avec la gélose (la présence de bulles d'air est signalée par des taches blanches) ;
- 7) Inscrire sur la boîte de Pétri le numéro de l'échantillon et la date de filtration ;
- 8) Placer les boîtes de Petrie en position inverse une durée spécifique pour chaque germe ;
- 9) Flambage du dispositif par le bec-benzène après chaque échantillon filtré, afin d'éviter toute contamination possible.

- **Incubation**

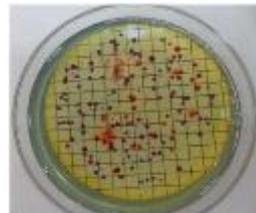
La membrane est déposée sur un milieu gélosé sélectif Tergitol. La boîte est incubée à 37°C pendant 24 h pour la recherche des coliformes totaux.

- **Lecture**

Après la durée d'incubation, les boîtes de Pétri sont retirées de l'étuve, et sur une paillasse javellisée devant un bec-bunsen, on compte les colonies rouges et jaunes, le nombre de colonies trouvées sera exprimé dans 100 ml d'eau à analyser.



Colonies jaunes,



rouges Colonies orange avec halo orange

**Figure N°3** : Technique de dénombrement des coliformes. (UFC/100ml).

### 3) Recherche et dénombrement des levures et moisissures

**Les levures :** Les levures sont des champignons microscopiques qui se présentent sous forme unicellulaire, certaines levures se présentent sous forme d'associations cellulaires (pseudo mycélium) ou sous forme filamenteuse à certain stade de leurs vie (**Larpent, 1997**).

Elles peuvent se développer à un pH compris entre 2,8-8,5. Ce sont des micro-organismes aérobies mésophiles qui à 25°C, se développent à la surface du milieu en formant des colonies mates ou brillantes, elles présentent le plus souvent un contour régulier et une surface plus ou moins convexe, elles se développent en profondeur en formant des colonies rondes et lenticulaires.

**Les moisissures :** Elles sont des micro-organismes mésophiles, aérobies filamenteux, qui à la surface d'un milieu gélosé et dans les conditions spécifique, développent des colonies étendues plates ou duveteuses présentant souvent des fructifications colorées et des formes de sporulation. Certaines moisissures élaborent des métabolites toxiques, les mycotoxine. Ces derniers diffusent dans le milieu, si elles sont en quantité suffisante' elles peuvent provoquer des intoxications. (**Eck et Gillis, 1997**).

- **Mode opératoire**

- 1) Préparer une boîte de péterie vide ;
- 2) Porter aseptiquement 1 ml de l'échantillon à analyser ;
- 3) Ajouter 15 à 20 ml de milieu de culture AGC ;
- 4) Mélanger avec précaution.

- **Incubation**

L'incubation se fait à 30°C pendant 5 jours.

- **Lecture**

Dénombrer les colonies rondes et lenticulaires pour les levures, et les colonies étendues plates présentant souvent des fructifications colorées .

#### IV. 4.3. 3 Analyse microbiologique des eaux résiduaires

Les coliformes sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de la première importance. Par ailleurs, leur résistance aux agents antiseptiques, et notamment au chlore et à ses dérivés, est voisine de la résistance des bactéries pathogènes vis-à-vis desquelles ce type de traitement est instauré ; ils constituent donc des indicateurs d'efficacité de traitement. (**Rodier et al. ,2005**).

Pour cette raison et afin d'étudier l'efficacité de la station d'épuration de la laiterie de Beni Tamou on a recherché dans les effluents les germes suivant :

- Coliformes totaux (C.T) ;
- Coliformes fécaux (C.F);
- Salmonelles ;
- Streptocoques ;
- Vibrions cholériques

Les points de prélèvement pour les analyses microbiologiques sont :

- un prélèvement a la sortie de l'usine.
- un prélèvement à la sortie de la station d'épuration.

### **Les milieux de cultures**

Les milieux de cultures utilisées pour la recherche des germes dans les effluents laitiers, sont mentionnés dans l'annexe

#### **1) Recherche des coliformes totaux et fécaux**

La technique en milieu liquide sur BCPL fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- 1) Le test de présomption, réservé à la recherche des coliformes totaux ;
- 2) Le test de confirmation, encore appelé test de Mac Kenzie est réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

#### **Test de présomption**

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL (D/C) muni d'une cloche de Durham ;
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL (D/C) muni d'une cloche de Durham ;
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL (S/C) muni d'une cloche de Durham.

Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangez le milieu et l'inoculum.

- **Incubation**

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.

- **Lecture**

Ce sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- 1) Un dégagement gazeux (supérieure au 1/10 de la hauteur de la cloche) ;
- 2) Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe.

- **Test de confirmation ou test de Mac Kenzie**

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de coliformes thermo tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'Escherichia coli.

Les coliformes thermo tolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44°C. Escherichia coli est un coliforme thermo tolérant qui entre autre :

- Produit de l'indole à partir du tryptophane à 44°C ;
- Donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyle ;
- Ne produit pas de l'acétyl méthyle carbinole ;
- N'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans un tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

- **Incubation**

L'incubation se fait cette fois-ci au bain marie à 44°C pendant 24 heures.

- **Lecture**

Ce sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- 1) Un dégagement gazeux ;
- 2) Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par Escherichia coli après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP en tenant compte du fait qu'Escherichia coli est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C.

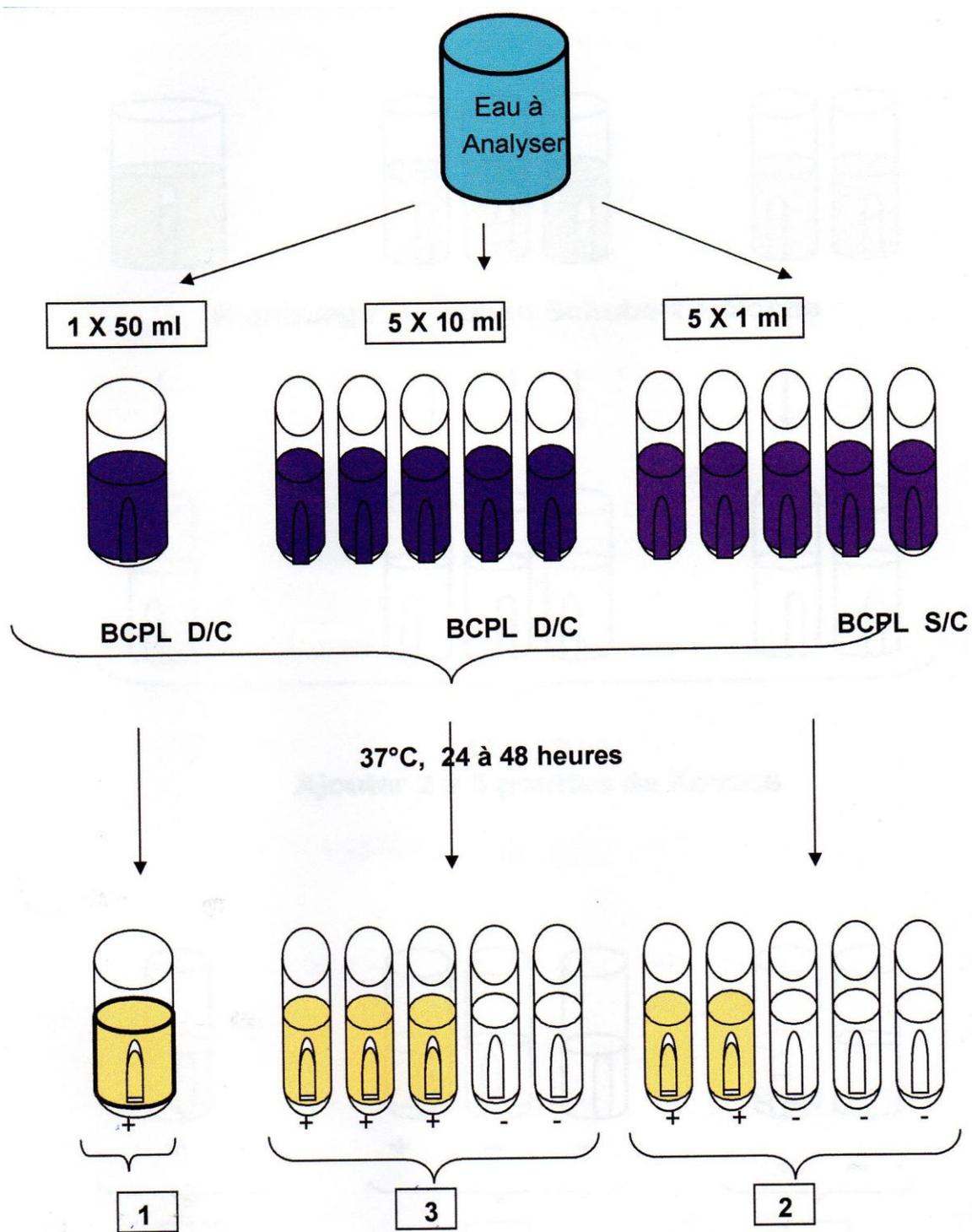


Figure N° 4 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux.

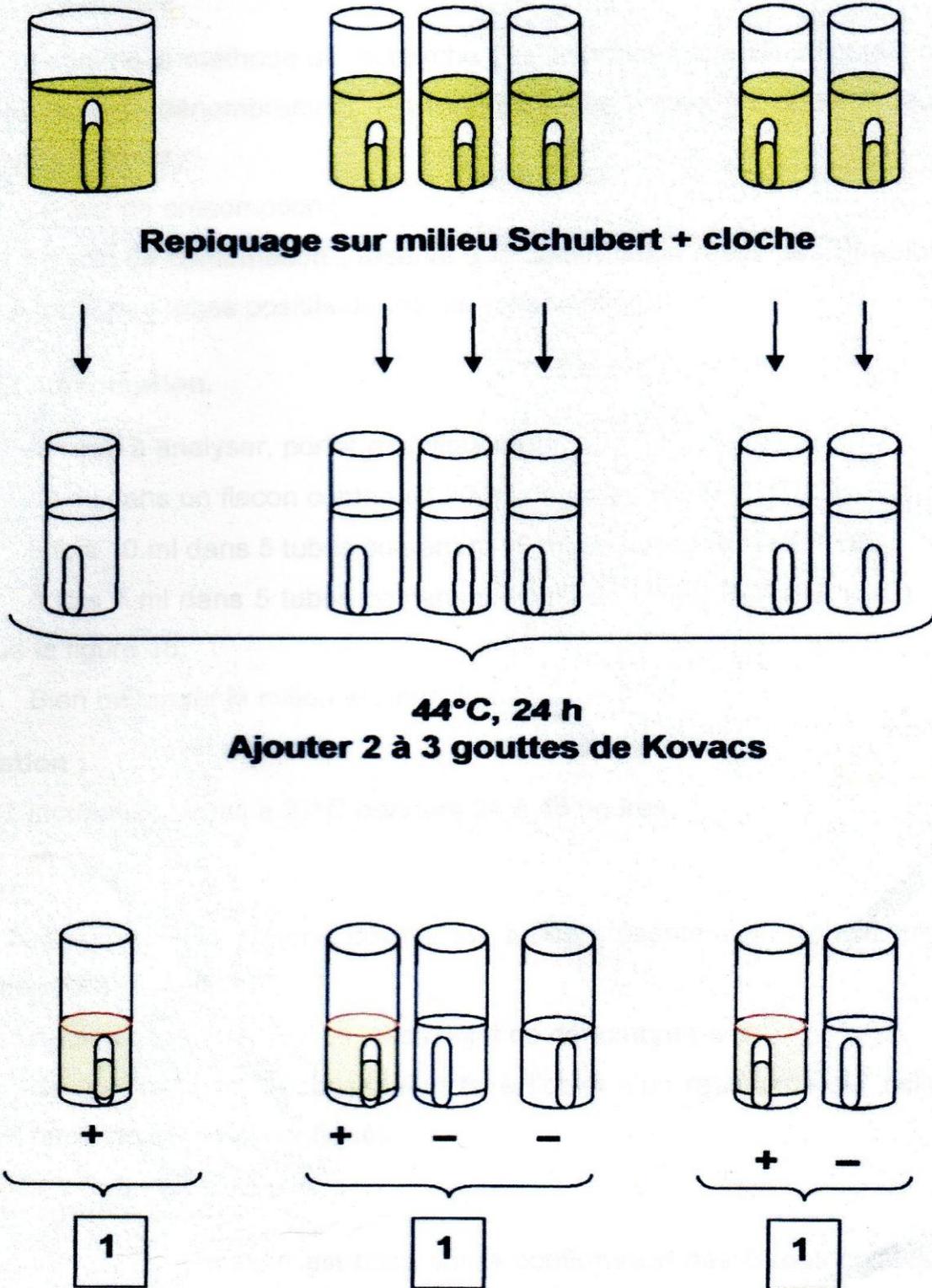


Figure N°5 : Recherche et dénombrement des coliformes fécaux.

#### **IV.4.3.4 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux**

Les Streptocoques fécaux ou Streptocoques groupe D se présente sous forme de coccie à Gram positif, sphériques ou ovoïdes formant des chainettes.

Tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test de présomption ;
- Le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

- **Test de présomption**

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu ROTHE D/C ;
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C ;
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C ;
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

- **Incubation**

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 h.

- **Lecture**

Ce sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien, seulement ces derniers :

- ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement
- doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu EVA LITSKY dans le but d'être confirmés.

- **Test de confirmation**

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présent dans le test de présomption.

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans des tubes contenant le milieu EVA LYTSKY.

Bien mélanger le milieu et l'inoculum.

- **Incubation**

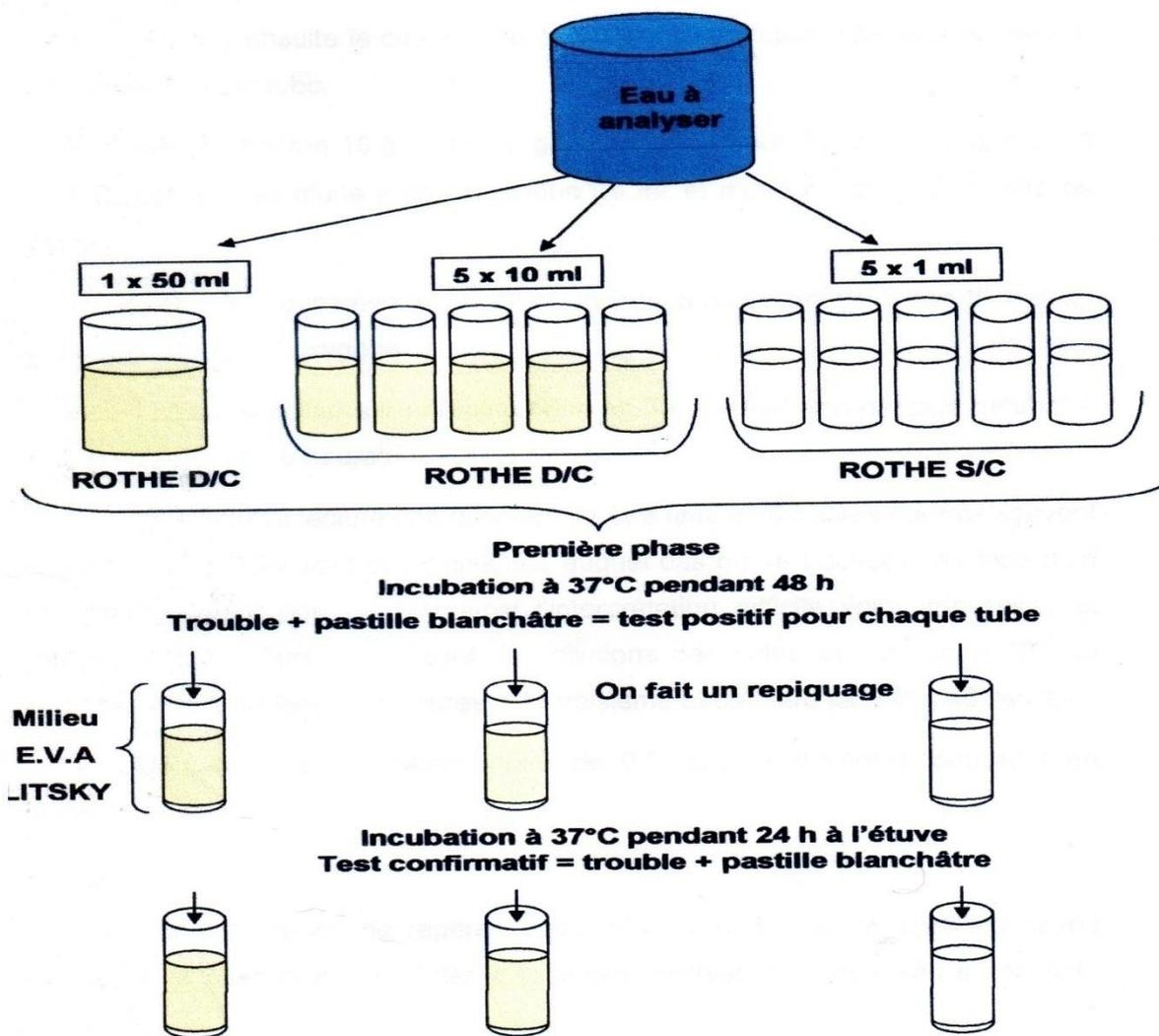
L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 h.

- **Lecture**

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien, et
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale s'effectue également selon les descriptions de la table NPP qui figure en l'annexe.



**Figure N° 6 :** Recherche et dénombrement des levures et moisissures.

#### IV.4. 3. 5 Recherche et dénombrement des salmonelles

La recherche des salmonelles se fait en 4 étapes comme l'indique la figure suivante :

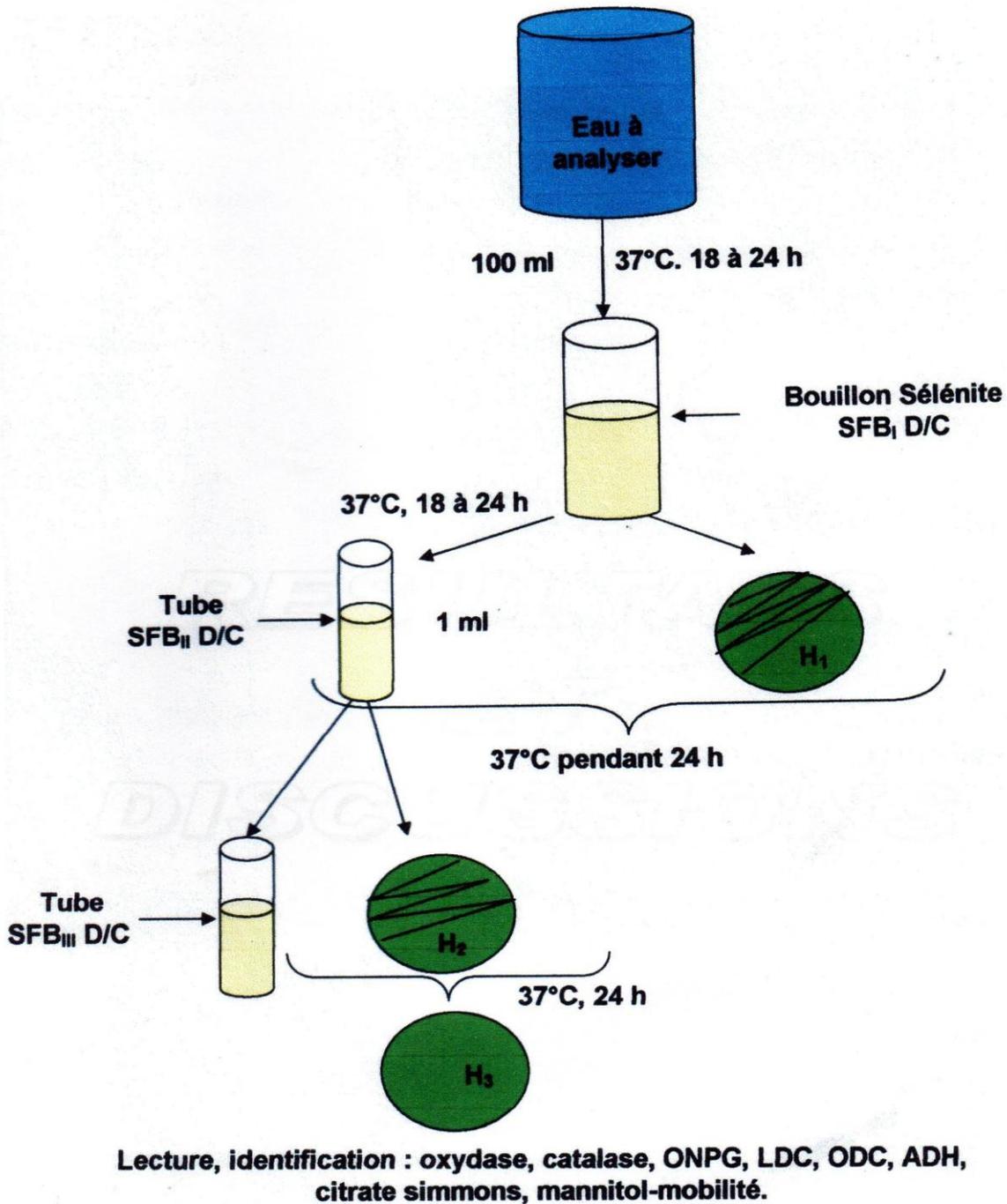


Figure N°7: Schéma simplifiée de la méthode de recherche des salmonelles

**Première étape :** Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu de Sélénite-Cystéine SFB.

Apartir de l'eau à analyser porter aseptiquement 50 ml dans un flacon contenant 100 ml de bouillon Sélénite-Cystéine, la solution obtenue SFB1, elle sera incubée à 37°C pendant 18 à 24 h.

**Deuxième étape :** La solution SFB1 fera l'objet d'une part, d'un deuxième enrichissement SFB2 qui consiste à ensemencer 1 ml du SFB1 dans un tube contenant 10 ml de bouillon Sélénite-Cystéine. D'autre part isolement sur gélose Hecktoen (H 1).

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 h.

**3<sup>ème</sup> étape :** D'une part, le bouillon SFB2 fera l'objet d'un troisième enrichissement SFB3 qui consiste à ensemencer 1 ml du SFB2 dans un tube contenant 10 ml de bouillon Sélénite-Cystéine, et un isolement sur gélose Hecktoen H2 puis incubation à 37°C pendant 24 h. D'autre part, la gélose H1 subira une lecture.

**4<sup>ème</sup> étape :** D'autre part, le bouillon SFB2 fera l'objet d'un isolement sur gélose Hécktoen H3 puis incubation à 37°C pendant 24 h. D'autre part la gélose H2 subira une lecture.

Les boîtes de gélose Hécktoen subissent une lecture qui se limite à la présence ou l'absence de colonies spécifiques et on tient compte du fait que les salmonelles se présentent le plus souvent sous forme de colonies grises bleues avec un centre noir d'une taille très petite.

#### **IV.4.3.6 Recherche des Vibrions cholériques**

Les Vibrionaceae se présentent sous forme de bacilles Gram négatif droits ou incurvés (BGN), très mobiles, possédant une oxydase, aéro-anaérobies facultatifs, fermentant le glucose sans production de gaz ni d'H<sub>2</sub>S. La recherche des vibrions se fait en 3 étapes comme l'indique le schéma de la figure N° .

##### Jour 1 : Premier enrichissement.

Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA). 10 fois concentré réparti à raison de 50 ml par flacon auquel on ajoute aseptiquement 250 ml d'eau à analyser au moment du prélèvement. Ce dernier sera par la suite incubé à 37°C pendant 18 à 24 h, comme l'indique la figure N° 21.

##### Jour 2 : Deuxième enrichissement et isolement.

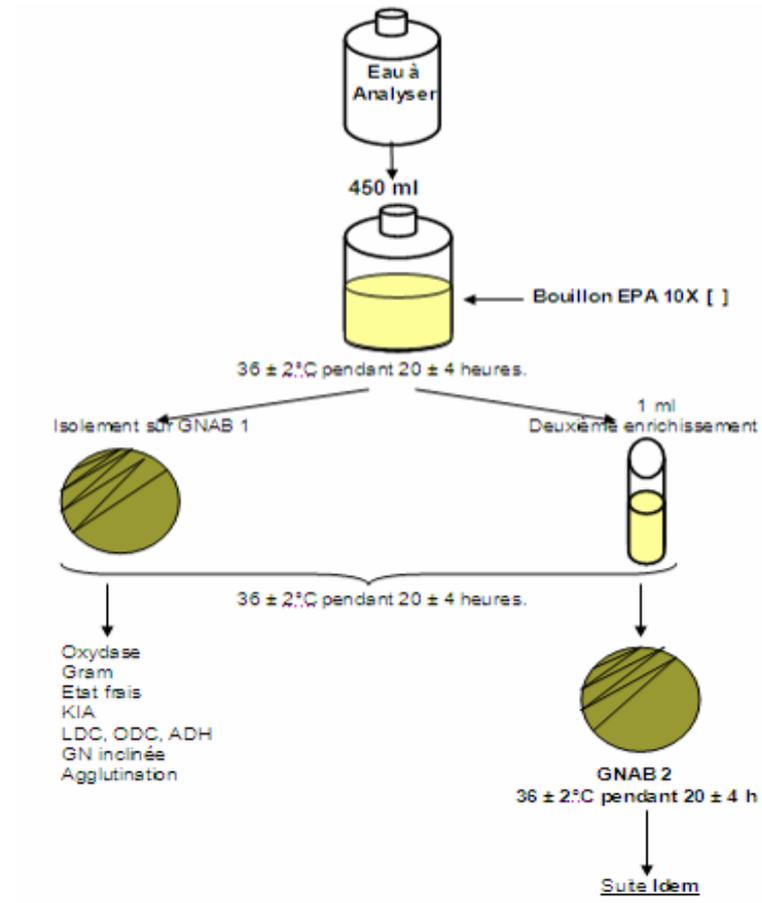
Ce flacon fera l'objet :

- D'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu EPA en tubes à raison de 1 ml ;
- D'autre part, d'un isolement sur gélose GNAB1 ;
- L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

Jour 3 : Lecture des boites et identification.

- D'une part, le tube d'EPA fera l'objet d'un isolement sur GNAB2 ;
- D'autre part, la boîte de gélose GNAB1 subira une lecture.

La lecture se limite à la présence ou l'absence de colonies spécifique, en tenant compte que les vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses et transparentes caractéristiques. Les étapes de la recherche sont représentées dans la figure N° 7.



**Figure N° 8 :** Schéma simplifiée de la méthode de la recherche des Vibrions cholériques

## **Résultats et discussions**

## Chapitre V : Résultats et discussions

### V.1 Résultats d'analyses physico-chimiques

#### V.1.1 Les résultats d'analyses physicochimiques de l'eau de process

Les analyse effectuées sur l'eau de process, on portées sur les paramètres de potabilité. Avant d'effectuer les analyses des eaux de process représentée par **EP** en à commencé par l'analyse des eaux de forage **EB** considérée comme eau brute avant d'avoir subir un traitement, afin de comparer les résultats et déduire l'efficacité de la station de traitement des eaux avant et après traitement. Les résultats obtenus pour les eaux de forage sont résumés dans le tableau N°05.

**Tableau N°5** : Les résultats des analyses des eaux de forage

Date et heure de prélèvement	T (°C)	pH	TA (°F)	TAC (°F)	TH (°F)
15 /04/2012 à 8h 30	17	7.4	0	22.5	19
29 /04/2012 à 8h 30	17	7.2	0	25	20
13/05/2012 à 8h 30	18	7.5	0	20	18
29/05/2012 à 8h 30	18	7.4	0	20	22
11/06/2012 à 8h 30	20	7.1	0	22.5	21

Les mêmes analyses en été effectuées sur l'eau de process les résultats obtenus sont mentionnées dans le tableau suivant :

**Tableau N°6** : Résultats d'analyses physico-chimiques de l'eau de process

Date de prélèvement	T (°C)	pH	TA (°F)	TAC (°F)	TH (°F)
15 /04/2012 à 8h 30	22	7.87	0	20	23.5
29 /04/2012 à 8h 30	21	8.03	0	17.5	25
13/05/2012 à 8h 30	21	8.3	0	19	23
29/05/2012 à 8h 30	22	7.5	0	18.5	22.5
11/06/2012	22	8.02	0	19	21

### V.1.2 Résultats d'analyse physico-chimiques des eaux de rinçage

Cette analyse a été effectuée juste pour détecter les résidus des produits chimiques utilisés au cours du CIP qui peuvent influencer la composition des eaux résiduelles rejetées par la laiterie les résultats de la composition chimique des eaux de rinçage **ER** obtenus sont résumés dans le tableau N°7.

**Tableau N°7** : Résultats d'analyses physico-chimiques des eaux de rinçage. (mg /L)

	T(°C)	pH	TA(°F)	TAC(°F)	TH(°F)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	So <sup>4-2</sup>	No <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<b>ER</b>	25	6.8	0	11	15	45	9	40	2	50	19	10

### V.1.3 résultats d'analyses physico-chimiques des effluents de la laiterie

Les résultats des paramètres de pollution ont été effectués sur les effluents à la sortie de l'usine c'est-à-dire avant traitement d'épuration par boue activée. Les mêmes analyses, et dans les mêmes conditions de conservation et de transport, ont été refaites, afin de pouvoir détecter les performances épuratoires des procédés appliqués.

#### V.1.3.1 Résultats de la température et de pH

La température et le Ph des échantillons des effluents laitiers bruts (ES), et traités (EE) sont mentionnés dans le tableau N°8.

**Tableau N°8** : Les résultats de la température et du pH

Échantillons	Température (°C)		pH	
	ES	EE	ES	EE
Date de prélèvement				
22/04/2012	25.8	20	5.2	8.5
06/05/2012	29	22	6.8	8.8
17/06/2012	26.2	22	6.1	8.7

#### V.1.3.2 Résultats de la demande chimique en oxygène DCO

Le tableau suivant résume les résultats finals de la DCO.

**Tableau N°9** : Les résultats de DCO

Échantillons	DCO (mg d'O <sub>2</sub> /L)	
	ES	EE
Date de prélèvement		
22/04/2012 à 11h 30	11402	90
06/05/2012 à 11h 30	8800	83.40
17/06/2012 à 11h 30	9010	71.5

### V.1.3.3 Les résultats de la demande biologique en oxygène DBO5

Les résultats de la DBO5 obtenue après cinq jours d'incubation des échantillons dans une enceinte thermostatée, sont résumés dans le tableau N°10.

**Tableau N°10 : Les résultats de la DBO<sub>5</sub>**

Échantillons	DBO <sub>5</sub> (mg d'O <sub>2</sub> /L)	
	ES	EE
22/04/2012 à 11h 30	2400	14
06/05/2012 à 11h 30	2100	11
17/06/2012 à 11h 30	2140	11

### V.1.3.4 Les résultats de la matière organique

La matière organique est calculée par la formule indiquée dans le paragraphe VI. 2 . Les résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau N°11.

**Tableau N°11 : Résultats de la MO**

Échantillons	MO(mg/L)	
	ES	EE
22/04/2012 à 11h 30	4824.33	34
06/05/2012 à 11h 30	3906.47	36.8
17/06/2012 à 11h 30	4521.11	33.5

### V.1.3.5 Les résultats des matières en suspension MES

Le tableau suivant résume les résultats des matières en suspension

**Tableau N°12 : Résultats des matières en suspension**

Échantillons	MES (mg/L)	
	ES	EE
22/04/2012 à 11h 30	102	38
06/05/2012 à 11h 30	180	42
17/06/2012 à 11h 30	136	52

### V.1.3.6 Les résultats de l'oxygène dessous

Le tableau N°13 présente les résultats d'analyse de l'oxygène dessous.

**Tableau N°13 : Résultats d'O<sub>2</sub> dessous**

Échantillons	O <sub>2</sub> dessous (mg/L)	
	ES	EE
22/04/2012 à 11h 30	0	9.06
06/05/2012 à 11h 30	0	9.00
17/06/2012 à 11h 30	0	8.08

### V.1.3.7 Les résultats de la composition chimique des effluents

Résultats de la composition chimique des effluents avant et après traitement sont résumés dans le tableau suivant.

**Tableau N°14 : Résultats de la composition chimique des effluents en (mg/L)**

	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	(SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<b>ES</b>	106	50	100	323	375	150	9.9
<b>EE</b>	42	29	500	154	210	85	3.4

Les résultats des analyses physico-chimiques sont récapitulés dans le tableau N°15

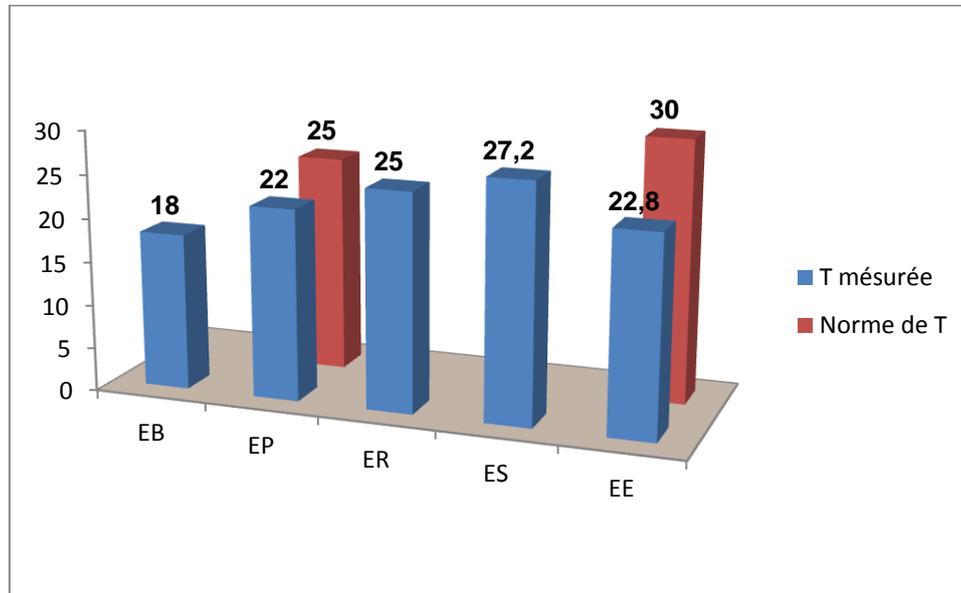
**Tableau N°15 : Résultats des analyses physico-chimiques**

paramètres	unités	EB	EP	Norme	ER	ES	EE	Norme
T	°C	18	22	12-25	25	27.2	22.8	30
pH		7.4	8.1	8.5	6.8	5.4	8.7	6.5-8.5
TA	°F	0	0	0	0	0	5	
TAC	°F	22	19	<30	11	31	100	
TH	°F	20	23	12-15	15	47	23	
Calcium	mg/L	50	53		45	106	42	
Magnésium	mg/L	18	23		9	50	29	
Sodium	mg/L	45	40		40	100	500	
Potassium	mg/L	3	2		2	323	154	
Chlorure	mg/L	28	50		50	375	210	
Sulfate	mg/L	41	19		19	150	85	
Nitrate	mg/L	15	24		10	9.9	3.4	
nitrite	mg/L	-	0		-	0.12	0.56	
Phosphate	mg/L	-	0.138		-	32.04	14.80	2
M.org	O <sub>2</sub> mg/L	-	-		-	4778.33	35.46	
DCO	O <sub>2</sub> mg/L	-	-		-	9991	82	120
DBO5	O <sub>2</sub> mg/L	-	-		-	2172	12.19	35
MES	mg/L	-	-		-	145	47	35
O <sub>2</sub> dessous	mg/L	-	-		-	abs	9.02	>5

## V.2 Interprétation des résultats

### V.2.1 La température

L'histogramme suivant représente les valeurs des températures obtenues dans les différents points de prélèvement, la température est déterminée en degrés Celsius °C.

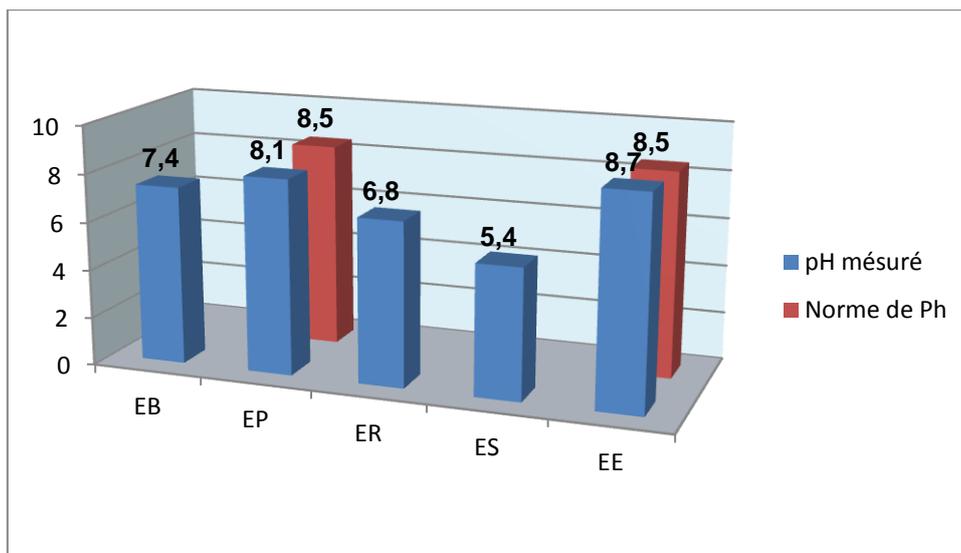


**Figure N° 9** : Détermination de la température en degrés Celsius °C

L'examen de l'histogramme illustré dans la figure N° 9 montre que la température de EB est de 18°C, c'est une valeur légèrement élevée parce que les eaux souterraines ont une température relativement constante toute l'année, 12-15°C environ lorsque leur environnement n'est pas modifié (**Pootelon et zysma, 1998**). Ensuite, on observe une augmentation jusqu'à 22°C dans EP ce qui répond à la norme algérienne de l'eau de consommation 12 à 25°C. ER est de 25°C à cause de l'utilisation de l'eau chaude en CIP. La température est très élevée à ES et cela est dû aux rejets des eaux de chaudières. Par contre, EE présente une température conforme aux normes algériennes recommandées.

### V.2.2 Le pH

Les valeurs du potentiel hydrogène indiquées directement sur le pH-mètre sont représentées dans l'histogramme de la figure N°10 qui résume la variation du pH des différentes eaux analysées.



**Figure 10** : détermination de pH

Le pH indique la concentration des ions  $H_3O^+$

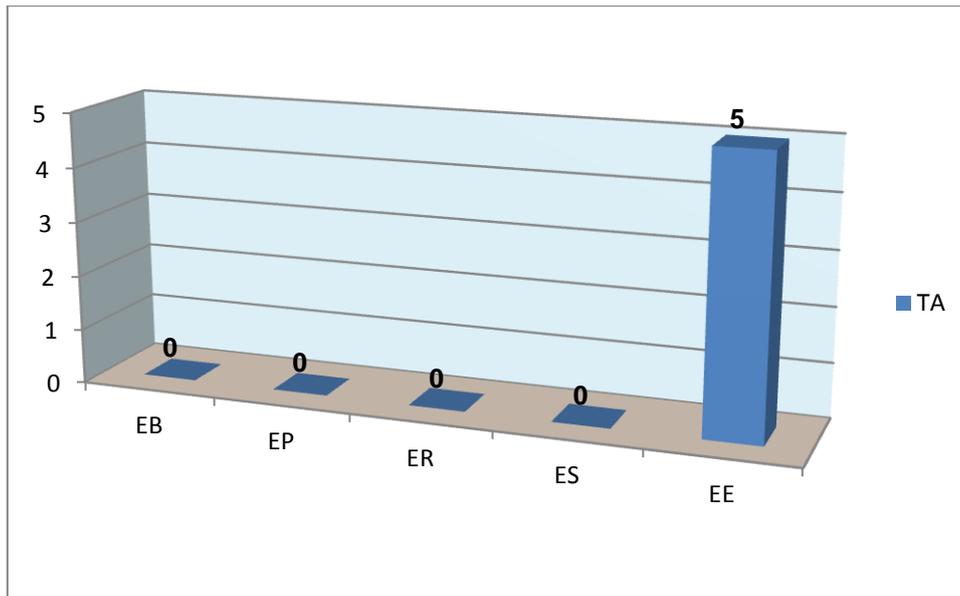
Les résultats obtenus montrent que le pH des différentes eaux analysées est proche de la neutralité et conforme aux normes algériennes, sauf pour ES qui présente un pH un peu acide et cela est dû aux rejets des eaux de nettoyage des installations qui utilisent l'acide et la soude (CIP)

### V.2.3 L'alcalinité TA /TAC

Le TA et le TAC sont des paramètres chimiques importants pour l'étude de l'agressivité d'une eau puisque celle-ci dépend de l'équilibre calco-carbonique. Le TA et le TAC mesurent respectivement les ions  $OH^-$ ,  $CO_3^{2-}$  et  $HCO_3^{-}$  (Potelon, 1998).

- **Titre alcalimétrique (TA)**

Le titre alcalimétrique exprimé en °F définit la mesure de la teneur de l'eau en hydroxydes et en carbonate les valeurs obtenues sont illustrées dans l'histogramme suivant :



**Figure11** : détermination de titre alcalimétrique TA

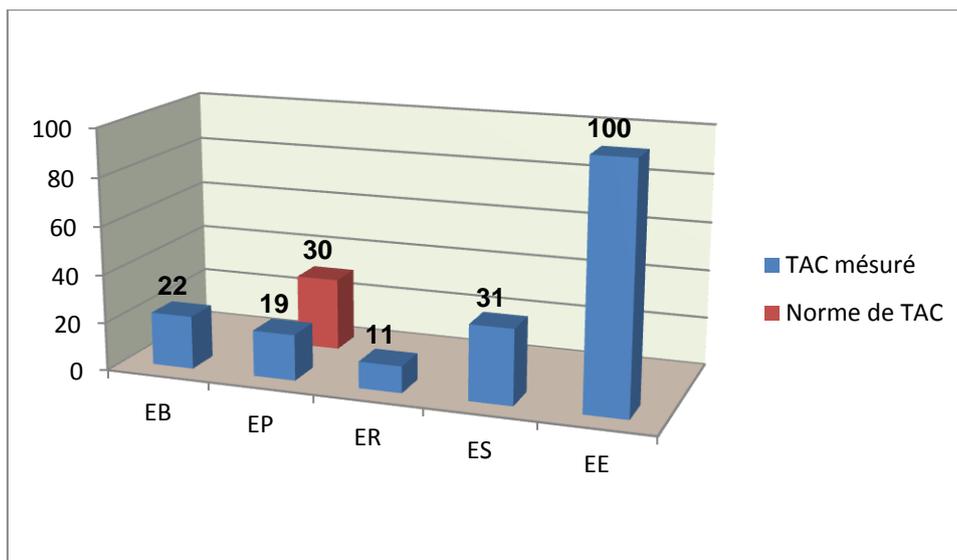
Les valeurs de TA pour l'ensemble des prélèvements sont nulles ces résultats sont conforme aux normes recommandées.

Selon GUERREE(1978) dans le cas des eaux naturelles, le pH est généralement inférieur à 8.3 et  $TA=0^{\circ}F$ . Dans ces conditions l'alcalinité est purement bicarbonatée. Il y a un risque de précipitation de calcaire si l'eau subit une augmentation du pH.

EE présente un TA très élevé ce qui est dû aux différents procédés de l'épuration de l'effluent rejeté par la laiterie.

### **Le titre alcalimétrique complet TAC**

Correspond à la teneur de l'eau en alcalins libre, carbonates et hydrogénocarbonates. La figure N°12 représente l'historique de la mesure de TAC par rapport aux différentes zones de prélèvement.



**Figure N°12** : détermination de titre alcalimétrique complet

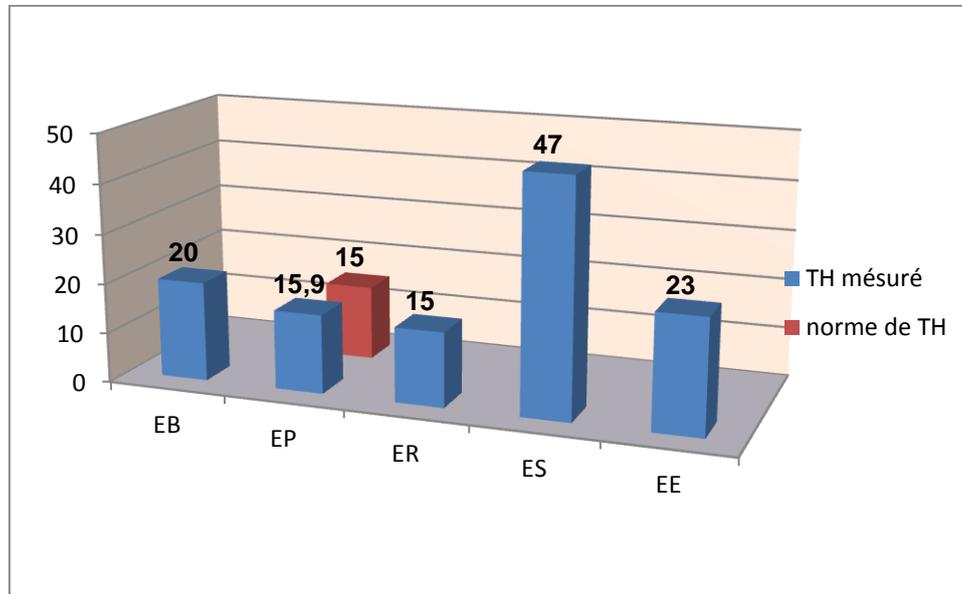
L'eau de process EP, présente une valeur de TAC conforme aux normes de potabilité, ce qui traduit l'efficacité de la chaîne de traitement de l'eau. En revanche les rejets présentent des valeurs élevées, elles sont de l'ordre de 31°F pour ES et de 100°F pour EE

La fluctuation des valeurs du TAC peu être expliquée par une influence de l'élévation partielle de la température, car l'équilibre calco-carbonique est fonction de la température. Cette action de la température est décrite selon (**Brémond et vuichard, 1979**) par la réaction chimique ci-après :



## V.2.4 Le titre hydrométrique ou La dureté TH

Le titre hydrométrique exprime la concentration en ions Ca et Mg. Les résultats de la détermination de TH au niveau des différentes zones de prélèvement sont illustrés par l'histogramme représenté dans la figure N°13.

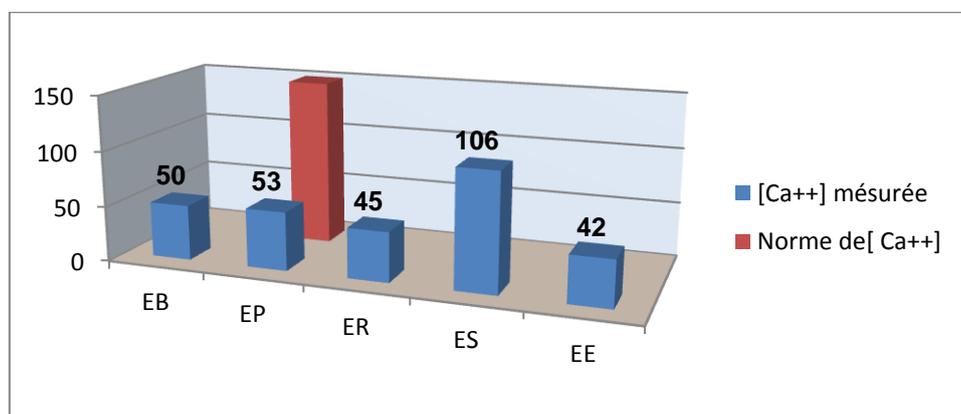


**Figure N°13** : détermination de titre hydrométrique

On remarque que la dureté avant le traitement de EB qui été une eau dur, a diminuer de 20°F à 15.9°F dans EP, c'est une valeur légèrement supérieure a la norme ce qui nécessite un déclenchement automatique de système de nettoyage permettant la régénération de la résine au niveau de l'un des trois adoucisseurs. La valeur très élevé à la sortie d'usine indique que ES est très riche en ions Ca et Mg.

## V.2.5 Le Calcium

Le calcium présent dans l'eau potable peut avoir des effets bénéfiques, mais il peut être nocif pour la santé humaine à des concentrations très élevées. Les résultats d'analyses des concentrations de  $Ca^{2+}$  sont illustrés dans la figure N°14.

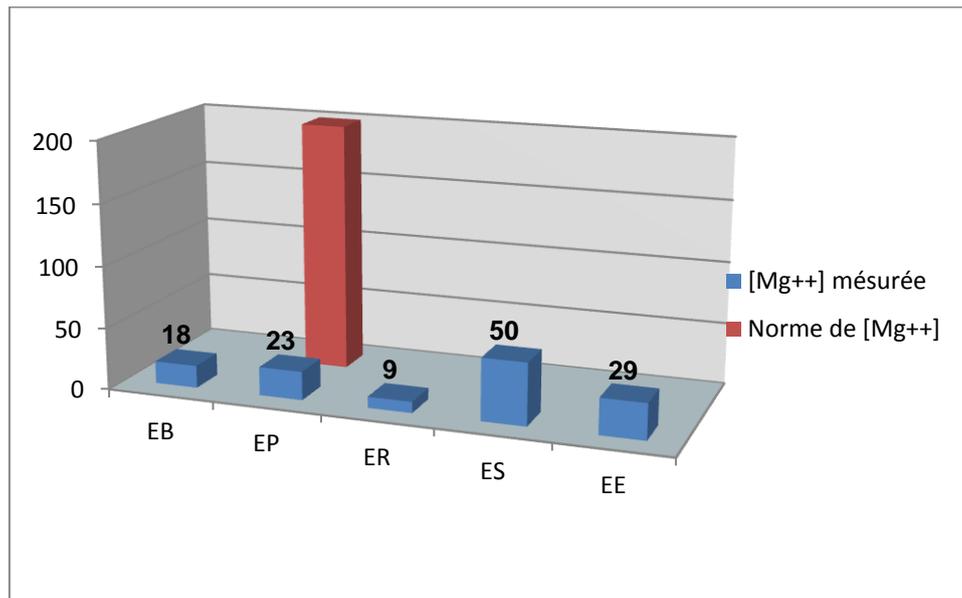


**Figure N°14** : détermination de la concentration en calcium

La concentration de l'eau de process en calcium est conforme à la norme recommandée. Alors que ES est très riche en calcium avec une concentration dépassant les 106 mg/l qui est rejetée, ainsi la présence de calcium dans EE peut avoir un effet bénéfique, il bloque l'absorption des métaux lourds (**Hunter et al, 2000**).

### V.2.6 Le Magnésium

Le Magnésium contribue à la dureté de l'eau sans être l'élément essentiel, les résultats sont exprimés dans l'histogramme suivant :

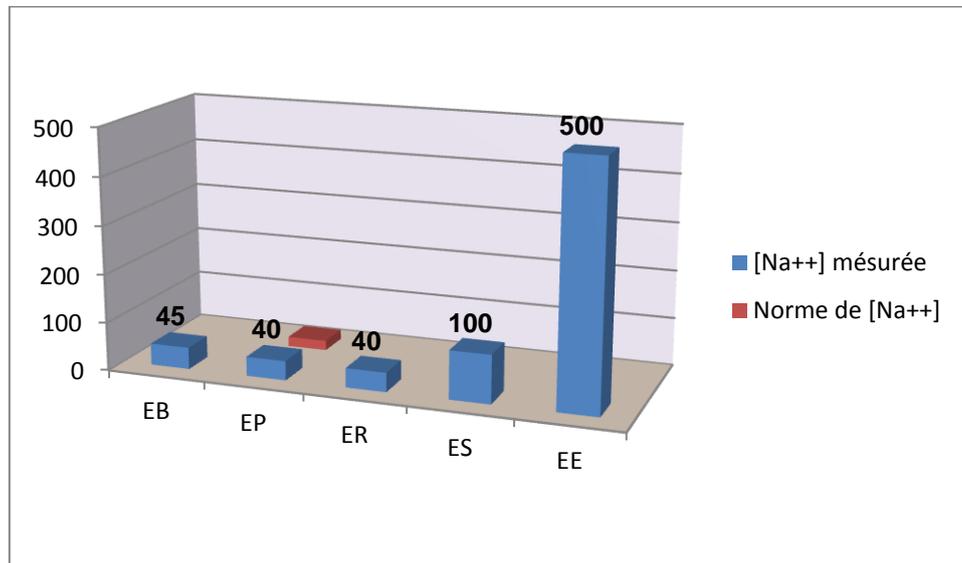


**Figure N°15** : détermination de la concentration en magnésium.

La concentration de Mg dans toute les prélèvements effectués est généralement très faible, l'eau de process présente une concentration très faible par rapport a la norme de potabilité, mais elle participe à la diminution de la dureté de EP .Une très faible quantité de Mg est rejetée dans les effluents.

### V.2.7 Le Sodium

Les résultats obtenus sont illustrés dans la figure N° 16 qui représente l'histogramme de la détermination de la concentration en sodium dans les différents échantillons analysés.

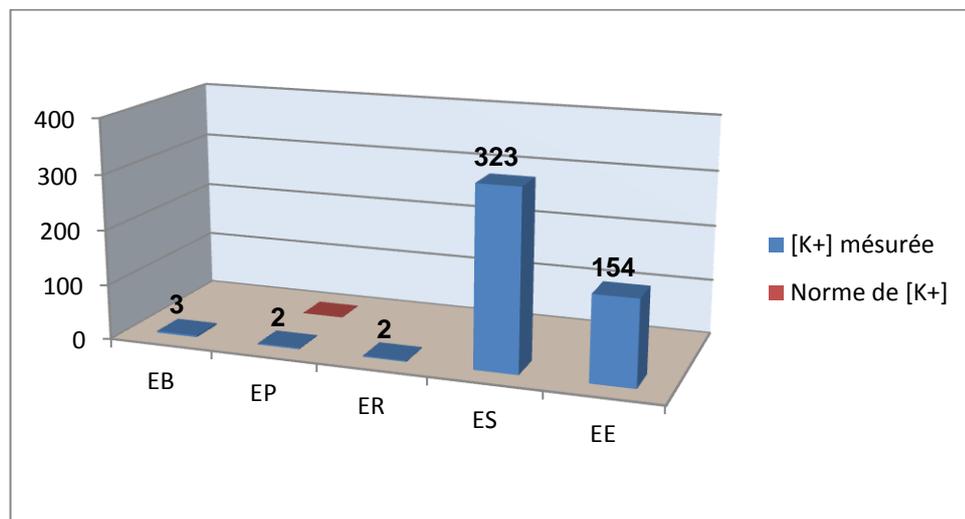


**Figure N°16** : détermination de la concentration en sodium

L'histogramme montre que la concentration de sodium diminue lors de traitement de l'eau brute de 45 à 40 mg/l, par contre lors de l'épuration de l'effluent cette concentration augmente jusqu'à 500 mg/l. l'eau à la sortie de l'usine ES présente une quantité non négligeable de sodium qui sera rejetée

### V.2.8 Le Potassium

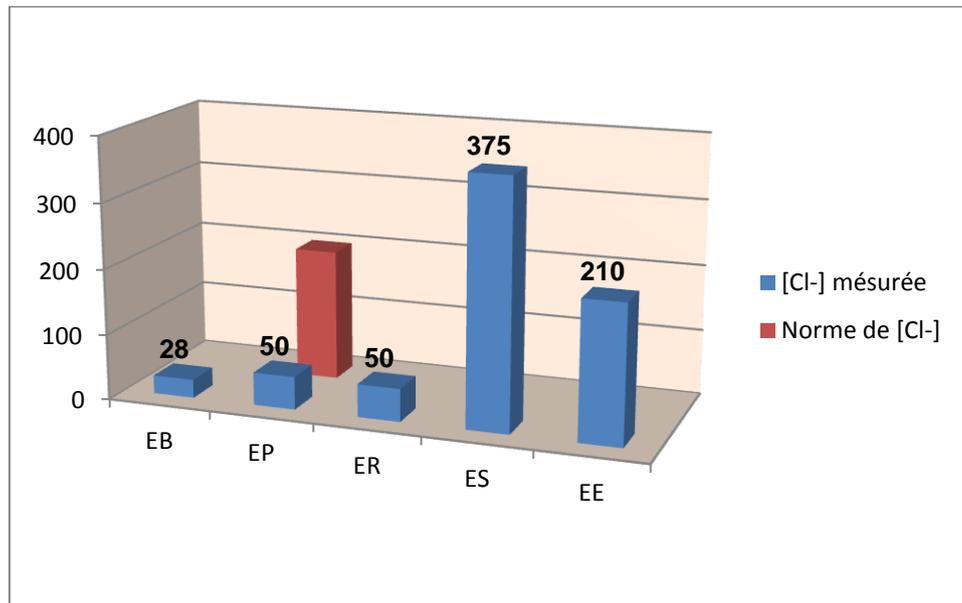
L'analyse de l'histogramme de la figure N°17 montre que les procédés de traitement des effluents influent sur la concentration du potassium qui a diminuée de 323 à 154mg/l notant que l'eau rejeté contienne une concentration trop élevée de potassium.



**Figure N°17** : Détermination de potassium

### V.2.9 Chlorure

La figure N°18 qui représente l'histogramme de l'évaluation de la teneur en chlorure dans différents points de prélèvement,



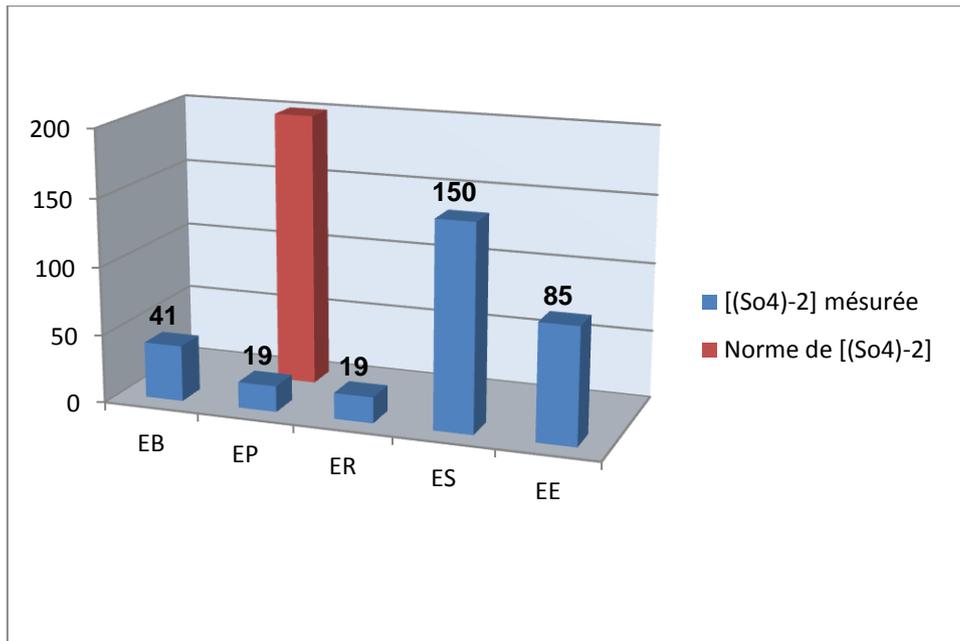
**Figure N°18** : détermination des chlorures

Ces résultats montrent que EP présente une concentration ne dépassant pas 200 mg/l valeur correspondante à la norme en vigueur par ailleurs l'augmentation de la concentration en chlorure entre EB et EP est due essentiellement à l'ajout de l'hypochlorite de sodium lors de la désinfection, des teneurs élevées de chlorure attaquent également les métaux du réseau de distribution et inhibent le développement des ferments pour les produits laitiers, cependant, il ne faut pas oublier que les eaux chlorées alcalines sont laxatives et peuvent être préjudiciables aux personnes atteintes de maladies cardio-vasculaires ou rénales (**Brémond et Vuichard, 1979**). En revanche l'eau à la sortie de l'usine ES est très chargée en chlorure avec des concentrations dépassant 375 mg/l cela est dû à la chloration.

### V.2.10 Le sulfate

L'ion sulfate est l'un des anions les moins toxiques, toutefois, des concentrations élevées peuvent entraîner une déshydratation ou une irritation gastro-intestinale (**OMS, 2000**).

Dans l'eau souterraine, la plupart des sulfates proviennent de la dissolution des minéraux, les résultats trouvés sont exprimés dans la figure suivante :

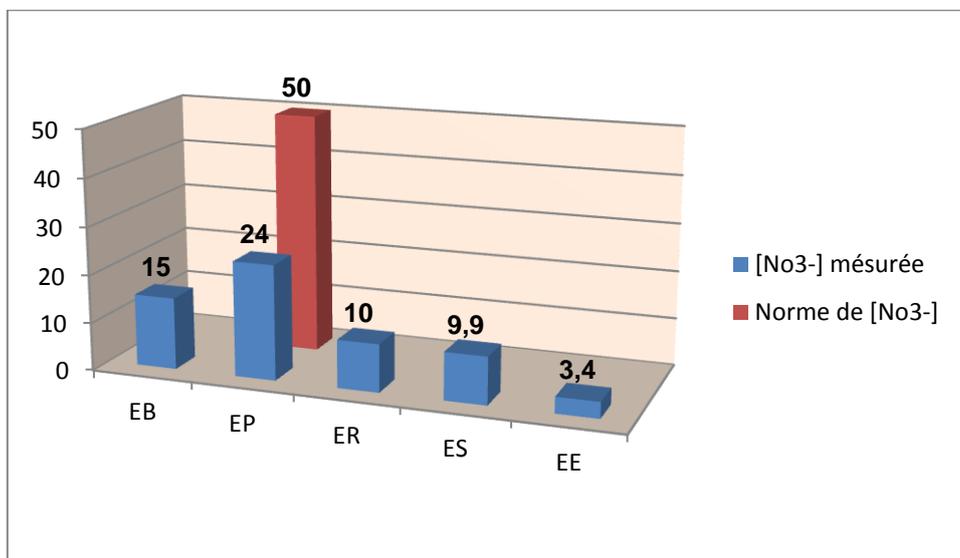


**Figure N°19** : détermination des sulfates

L'analyse de l'histogramme montre que la concentration de sulfate dans l'eau de process est très faible par rapport à la norme exigée par OMS (<250 mg/l). Par contre ES est chargée en sulfate avec une concentration 150 mg/l.

### V.2.11 Nitrates et nitrites

#### Nitrates



**Figure N°20** : Détermination de nitrate

La figure N°20 présente les variations de la teneur en nitrate des différentes eaux analysées. La valeur trouvée pour EP répond à la norme en vigueur selon l'histogramme. La variation des concentrations entre ES et EE est due au phénomène de nitrification qui fait la transformation de l'azote ammoniacal en nitrite et ensuite en nitrate en présence de l'oxygène.

dissous lors des procédés de traitement de l'effluent, ce qui explique la diminution de la teneur en nitrate de 9.9 à 3.4mg/l entre l'eau à la sortie usine et l'eau épurée.

### Nitrites

La figure suivante présente l'historique de la variation des concentrations en nitrate.

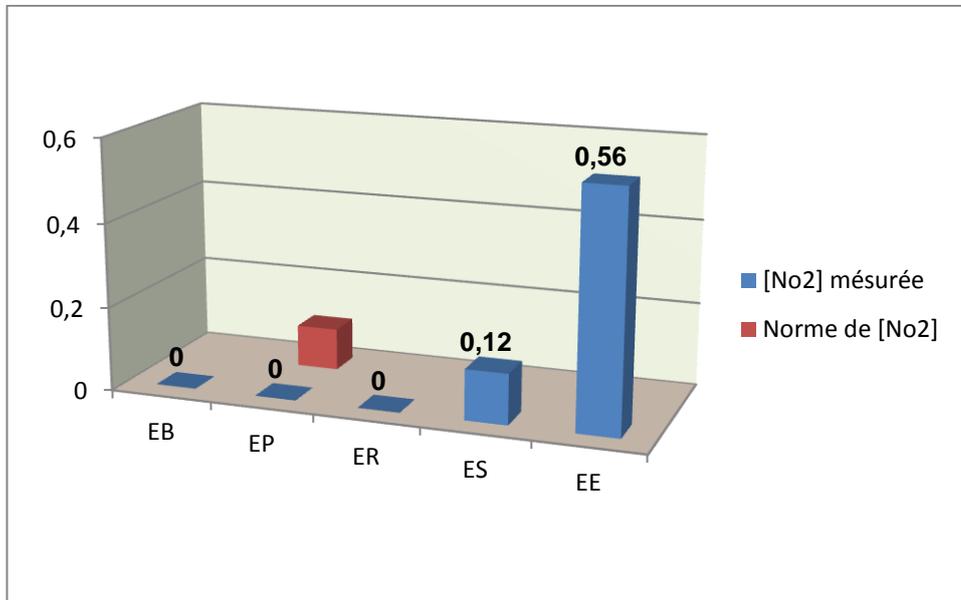
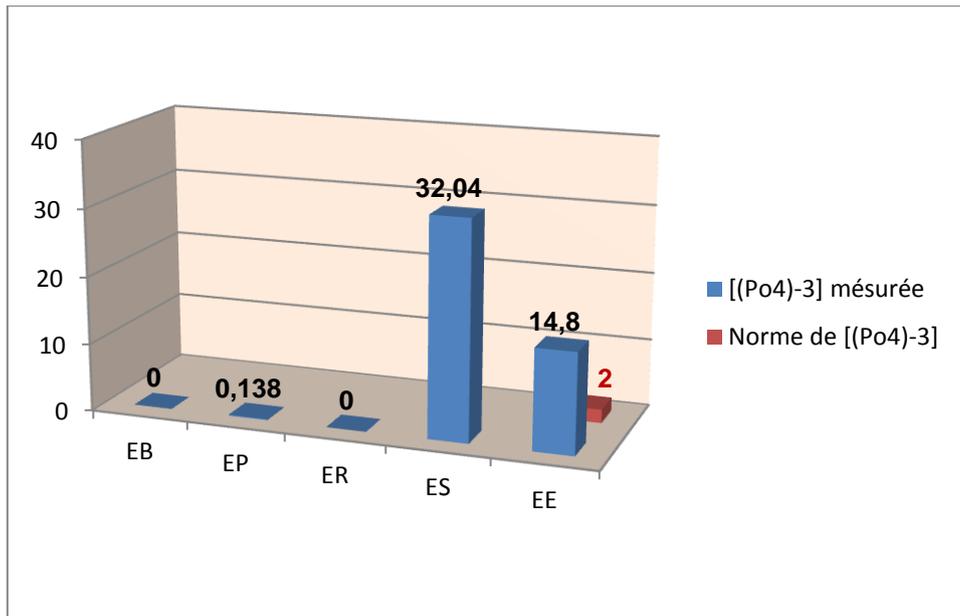


Figure N°21 : détermination des nitrites

Nous avons noté que la concentration en nitrite est nulle dans EB, EP, et ER ce résultat est conforme à la norme (0.1mg/l selon JORA, 2006). Les nitrites inhibent l'activité biologique de certaines vitamines (A, E, B) en milieu acide (OMS 2000).

### V.2.12 phosphates

On retrouve assez souvent des phosphates dans l'eau, et habituellement la quantité ne dépasse pas 1 mg/l la figure suivante représente les concentrations variantes des eaux analysées.

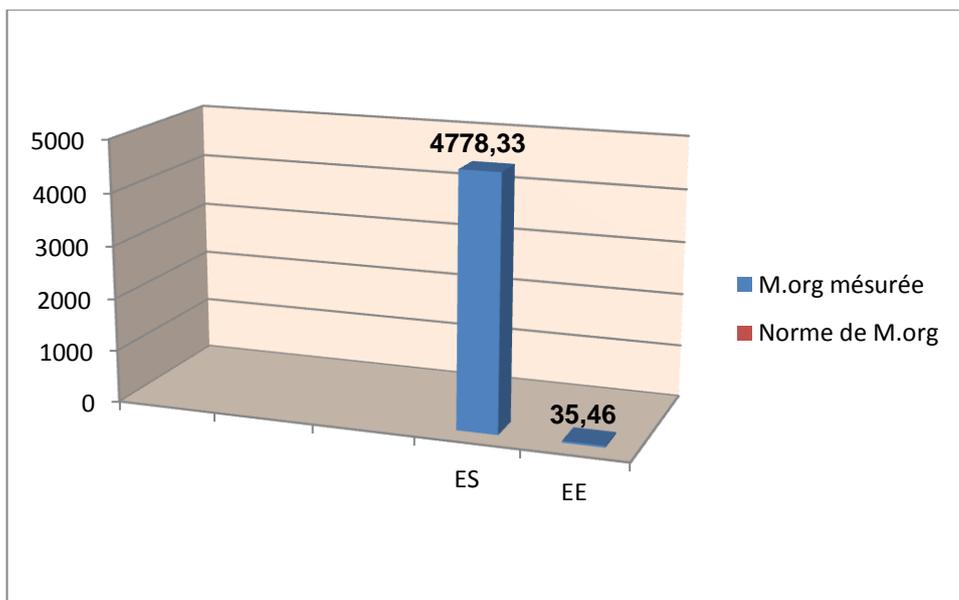


**Figure N°22 : Détermination des phosphates**

Les résultats montre que la teneur de phosphate est presque nulle pour EP ce qui répond aux normes, par contre EE présente une concentration de 14.8mg/l qui dépasse beaucoup la norme des rejets (2mg/l).

### V.2.13 Matières organiques MO

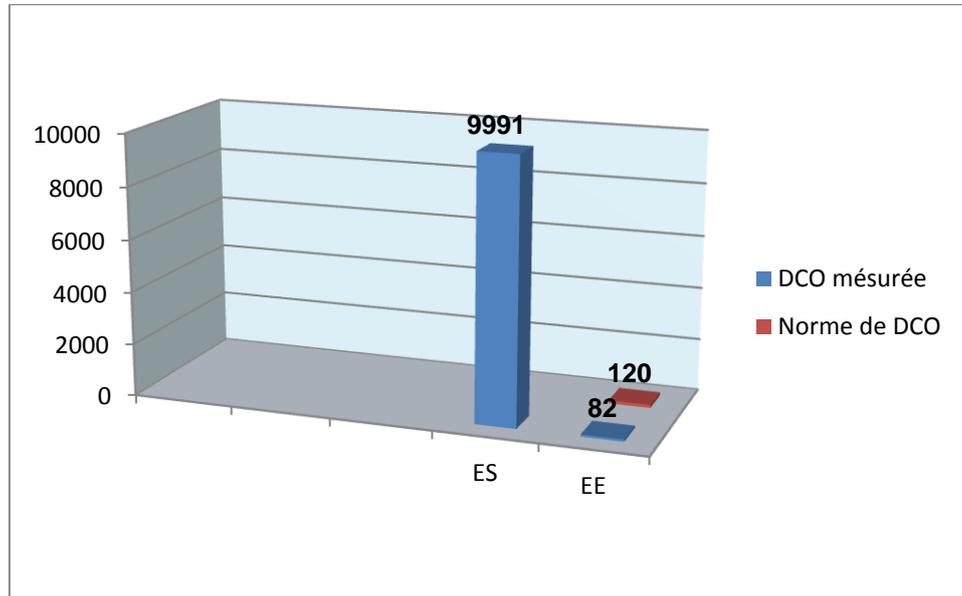
L'analyse de l'histogramme suivant montre que les effluents de la LBT sont très chargés en matière organique, car elle dépasse les 2000 mg/l dans l'eau usée. Cependant, elle diminue jusqu'à 35.46 mg/l à la sortie de la station d'épuration EE.



**Figure N°23 : Détermination de la MO**

### V.2.14 La demande chimique en oxygène DCO

Les résultats de la DCO sont résumés dans l'histogramme suivant :

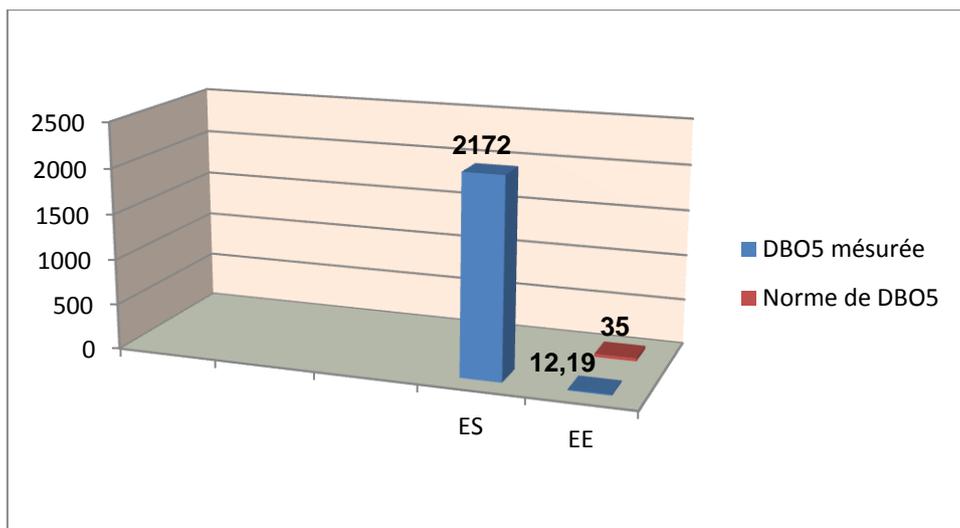


**Figure N°24 : Détermination de la DCO**

Il est à observer qu'il y'a une très grande différence de DCO entre ES et EE car l'eau à la sortie de l'usine présente une DCO très élevée 9991mg d'O<sub>2</sub>/l cela signifie qu'elle est très chargée en matière oxydable. En revanche l'eau traitée présente une faible demande chimique en oxygène 82mg d'o<sub>2</sub>/l ces résultats sont conformes aux normes algériennes des rejets (<120mg d'O<sub>2</sub>/l).Ce qui traduit l'efficacité des procédés appliqués lors de l'épuration.

### V.2.15 La demande biochimique en oxygène en 5 jours DBO<sub>5</sub>

Les résultats de la DBO<sub>5</sub>obtenus après cinq jours d'incubation des échantillons dans une enceinte thermostatée, sont résumés dans l'histogramme ci-après

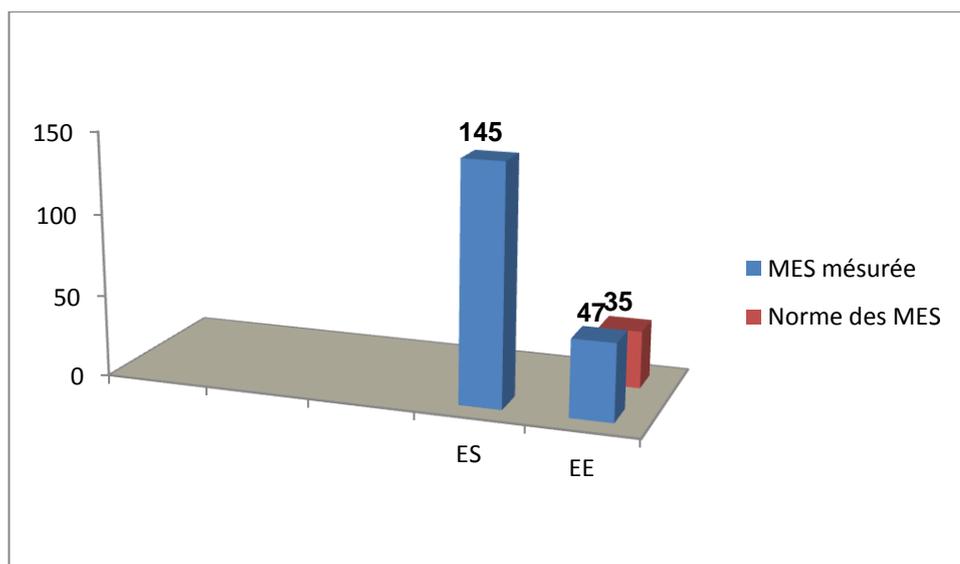


**Figure N°25 : Détermination de la DBO<sub>5</sub>**

L'analyse de l'histogramme montre qu'il y'a une diminution remarquable de la DBO<sub>5</sub> de 2172 mg/l dans ES jusqu'à 12.19 mg d'o<sub>2</sub>/l en EE qui est conforme aux normes recommandées par la législation algérienne. Cette diminution est due a l'élimination des matières minérales par le dessaleur, cette dernière entrainent avec elles une quantité non négligeable de matière organique, c'est ce qui fait réduire la DBO<sub>5</sub>, ceci concorde avec les études menées par (**Leclerc et al, 1977**) qui avance que l'effluent du traitement par boue activés voit sa DBO<sub>5</sub> diminuée dans des proportions considérable souvent supérieur à 90 %.

#### V.2.16 Les matières en suspension MES

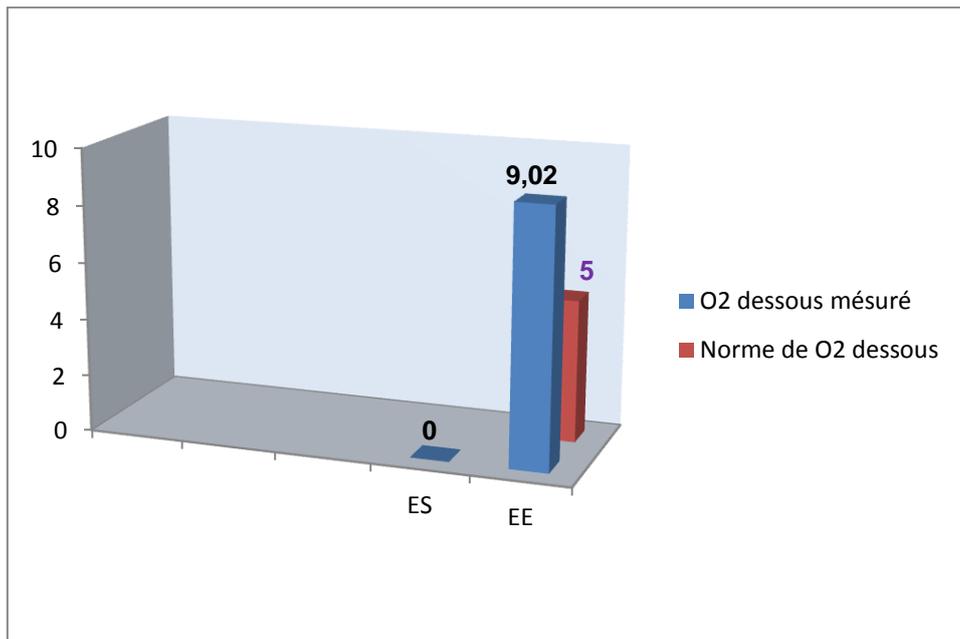
Les résultats des MES sont illustrés dans l'histogramme suivant :



**Figure N°26 : Détermination des MES**

On note une diminution de la teneur en MES de ES par rapport à EE du faite de l'élimination du sable et des autres particules minérales en suspension par le dessableur. En outre, les teneurs en MES des eaux épurées EE ne sont pas conforme aux normes des rejets (35 mg/l) ce ci peut s'expliquer par la forte production de la laiterie induisant un débit élevé d'eau usée reçu, ce qui diminue l'efficacité du phénomène d'adsorption des matières en suspensions sur les floccs biologiques et leur sédimentation au niveau du clarificateur.

#### V.2.17 L'oxygène dessous O<sub>2</sub> dessous



**Figure N°27** : Détermination de l'O<sub>2</sub> dessous

La figure N°27 présente l'historgramme de la variation de l'o<sub>2</sub> dessous dans l'eau usée et l'eau épurée, on note que la valeur moyenne de l'oxygène dessous de l'effluent traité est de 9.02 mg/l qui est largement supérieur a la valeur admise comme norme de rejet (**O<sub>MS</sub>**). Par contre les résultats obtenus à la sortie usine ES montre une absence totale d'O<sub>2</sub> dissous, due au forte charges des rejets de la LBT à la dominance organique.

### V.3 Résultats d'analyses microbiologiques

#### V.3. 1 les résultats d'analyse de l'eau de process

Les résultats obtenus, sont comparés aux normes appliquées au niveau de cette laiterie, selon les normes J.O.R.A (voir annexe), ils sont représentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau N°16 : Résultats d'analyses microbiologiques**

prélèvement	Coliforme totaux (germes/100 ml)	Germes totaux (germes/100 ml)	Levures et moisissures
EB	2	3	Abs
EP	6	14	Abs
Normes	< 10	< 20	Abs

Les résultats d'analyse microbiologique de l'eau de process avant et après la chaîne de traitement (tableau N°16) montre que : l'eau de process est contaminée par les coliformes totaux et les germes totaux, et une absence totale des levures et moisissures, en effet les germes totaux augmente au cours de la chaîne de traitement de l'eau de process, cela due à la faible dose du chlore injecté dans l'eau. Cette contamination est le résultat d'une mauvaise protection de la bache de stockage d'eau de forage contre les différents facteurs de contamination.

Par conséquent, le nombre des germes totaux et C.T est conforme aux valeurs de l'unité. Donc ces résultats révèlent la bonne qualité microbiologique de l'eau de process dans la LBT. Cette bonne qualité résulte de l'efficacité du traitement de désinfection. Selon CARDOT(1999) : le chlore élimine les microorganismes pathogènes, bactéries virus et parasite ainsi que la majorité des germes banaux.

#### V.3. 2 Les résultats d'analyses microbiologiques des eaux résiduaires

Les analyses bactériologiques des effluents bruts et épurés permettent d'évaluer les performances épuratoires du traitement biologique à boue activées dans la réduction de la charge microbienne.

Les résultats d'analyses microbiologiques des effluents à la sortie de l'usine ES et à la sortie de la station d'épuration de la LBT sont résumés dans le tableau N°17.

**Tableau N°17** : Résultat d'analyse microbiologique des effluents

Echantillons	Coliformes Totaux (germes/100)	Coliformes Fécaux (germes/100)	Streptocoques Groupe D (germes/100m)	Vibrions Cholériques (germes/100)	Salmonelles (germes/100 ml)
ES	$7.10^6$	$3.10^6$	$2.10^6$	Abs	Abs
EE	$2.10^3$	$1.10^3$	$2.10^3$	Abs	Abs

Les résultats des analyses microbiologiques des eaux à la sortie d'usine **ES**, et les eaux épurées **EE**, montrent qu'il y'a une réduction considérable de tous les germes présent dans l'effluent brute: les coliformes totaux (de  $7.10^6$  à  $2.10^3$ ), les coliformes fécaux (de  $3.10^6$  à  $1.10^3$ ) et streptocoques D (de  $2.10^6$  à  $2.10^3$ ). Comme on à noté l'absence totale des germes pathogènes représentés par les salmonelles et les vibrions cholérétiques ce qui traduit l'efficacité de l'épuration par boue activée.

La présence d'Escherichia coli observés dans les boites de pétri utiliser pour la recherche des salmonelles et les vibrions dans les effluents laitiers se réalise naturellement car le procédé de traitement de ces effluents est un traitement biologique en utilisant les microorganismes (Boues) pour la dégradation de la matière organique. Parmi ces microorganismes on peut signaler : Escherichia coli.

L'eau épurée issue de la laiterie présente des valeurs conformes aux normes des rejets dans le milieu naturel.

## **Conclusion**

## Conclusion

Au terme de notre étude qui consiste à l'évaluation des caractéristiques des eaux résiduaires issues des industries laitières et les procédés appropriés à leurs traitements afin de lutter contre la pollution qu'elles engendrent. Et en exploitant les résultats des analyse physicochimiques et microbiologiques il en ressort que :

- Les eaux résiduaires brutes présentent une forte charge polluante organique (DCO comprise entre 7000 mg d'O<sub>2</sub>/L et 12000 mg d'O<sub>2</sub>/L, des valeurs de DBO<sub>5</sub> comprises entre 2000 mg d'O<sub>2</sub>/L et 2500 mg d'O<sub>2</sub>/L et des valeurs de MES supérieures à 100 mg/l), liées essentiellement aux rejets de lactosérum. Par contre elles sont très riches de point de vue nutritif (Calcium (106 mg/l), magnésium (50 mg/l), nitrate (9,9 mg/l) et phosphate 32,04 mg/l).
- Les eaux résiduaires épurées présentent des valeurs conformes aux normes établies pour les rejets dans le milieu naturel. Les rendements de la DBO<sub>5</sub>, DCO, MO et de la teneur en MES sont de 80 % environ. Comme on a noté une perte de la qualité nutritive au cours de l'épuration. La valeur de nitrate a diminué de 9.9 mg/l à 3.4 mg/l et la valeur de phosphate a diminué de 32.04 à 14.8 mg/l.
- Les eaux épurées présentent une forte concentration des paramètres bactériologiques indicateurs de pollution tels que les coliformes totaux, les coliformes fécaux (*Escherichia coli*) et les streptocoques de groupe D. Mais présentent une absence totale des germes pathogènes tels que les salmonelles et les vibrions cholériques, la concentration de ces germes est conformes aux normes des rejets dans le milieu naturel.
- Le traitement biologique à boue activée utilisé au niveau de la station d'épuration de la laiterie de Beni Tamou présente une efficacité dans l'élimination de la charge organique à savoir la DBO<sub>5</sub>, La DCO, Les MES. Ainsi que la charge microbienne (CT, C fécaux et streptocoques D). Mais ces eaux épurées vue leur qualité physico chimique et microbiologiques ne peuvent être réutilisées que pour le nettoyage des équipements et sol (au sein de la laiterie) ou en agriculture.

## **Perspectives et recommandations**

Compte tenu de l'important débit d'eau épurée rejetée dans les cours d'eaux et la pollution engendrée par ce dernier, nous recommandant :

- La récupération de ces eaux et leur réutilisation dans d'autre domaine, mais il faut qu'elles soient épurées par des méthodes plus poussées que le traitement biologique à boue activée tel que le traitement membranaire (ultrafiltration, osmose inverse) ;
- Remplacé la désinfection par le chlore avec l'ozonation ;
- L'implantation de la technologie propre au sein de l'industrie qui est de venue une nécessité.
- Élargir l'étude sur d'autre effluents laitiers et ce dans des périodes différentes de la journée (effluent sans lactosérum la matinée et avec lactosérum l'après midi).

## **Références bibliographiques**

## Références Bibliographiques

1. **Abou-sabha Safia et Riad Amel., (2008)**. Analyses physicochimiques de l'eau brute et de l'eau traitée au niveau de la station d'épuration des eaux résiduaires Hadjout. Thèse d'Ingénieur ; Institut de biologie ; Option : Contrôle de qualité ; Université SAAD DAHLEB-BLIDA-71p.
2. **Anne Lepen.,(2000)**: Analyse des risques dans un laboratoire d'analyse des eaux (environnement et techniques), Office international de l'eau et Monique Iellonche-GILLIERE-Société qualhy N, BRITISH, N°202 ;393 p.
3. **AFD and BRLi.(2011)**. REUT : Perspectives opérationnelles et recommandations pour l'action.p. 83 pp.
4. **Anonyme,( 2006)**. L'eau pour l'industrie des produits laitiers et de la fromagerie.Lyonnaises des eaux, pp2-5.
5. **Anonyme ,( 2008)**. (Checkit Direct COD-104, Photometer-System Lovibond ISO9001: 2000 (www.Tintometer .com UK); 20-21p.
6. **Block J C.,(1982)**. Elimination des microorganismes au cours des traitements des eaux usées urbaines, point sur l'épuration et le traitement des effluents (eau,air).Tome I,Lavoisier, Paris-Tec et doc, 241 p.
7. **Boeglin J.-C. (2006)**. Analyse des eaux résiduaires: Mesure de la pollution. Ed. Technique de l'ingénieur (PE 4200), 30p.
8. **Bonnefoy C., Guillet f., Leyral G et Verue E., 2002**. Microbiologie dans l'industrie agro-alimentaire. Science des aliments 248P.
9. Briere F,(2000).Distribution et collecte des eaux 2<sup>ème</sup> édition, Edition presses internationales polytechniques, pp01-06.
10. **Clement J.-M. (1978)**. Dictionnaire des industries alimentaires. Ed. Masson, paris, 348p.
11. **Condom N., Lefebvre M., Vandome L. (2012)**. La réutilisation des eaux usées traitées en Méditerranée : retour d'expériences et aide à l'élaboration de projets. Plan Bleu, Valbonne.
12. **Degrémont (1978)**. Memento technique de l'eau.8<sup>ème</sup> édition.-rueilmamaison :Degrement/paris.1200p.
13. **Djelal H et al. (2010)**. Les effluents industriels et leur traitement. Revue (20), Management et avenir, pp 275-288.
14. **Eck André et Gillus jean- clande, (1997)**. Le fromage ,3<sup>ème</sup> édition Tec et Doc Lavoisier-Paris.644-664 p.
15. **Emilian K. (2004)**. Traitement des pollutions industrielles "eau-déchets-solsboues". Ed. Dunod, paris, 424p.
16. **François R. (2000)**. Dictionnaire Encyclopédique des pollutions. Ed. Ediscience international, paris, 690p.
17. **Frank N.K. (1984)**. Manuel de l'eau. Ed. TEC et DOC- Lavoisier, paris, 972p.

18. **Gaid A. (2008)**. Traitement des eaux résiduaires. Ed. Technique de l'ingénieur (C5220 V2), 31p.
19. **Gerard G. (1999)**. Un point sur l'eau usage et polluant Tome 2. Ed. INRA, paris,209p.
20. **Gelina S,(1995)**.Répertoire des micro-organismes pathogènes transmis par les aliments.Ed agriculture et agroalimentaire. Canada, 170p
21. **Guiraud, (1998)**.Microbiologie alimentaire.Ed DUNOD.Tome2.652p.
- 22.**Hamouche.S** Caractérisation et traitement des effluents des industries laitières(Cas de la laiterie de Beni Tamou). These d'ingénieur, institut d'agronomie-université de Blida.
23. **Humbert F,(1998)**.Les salmonelles ; manuel de bactériologie alimentaire ; cordonné par :Sutral, Federighi M et Jouve JL.Paris : polytechnica, 308p.
- 24.**Haslay et Leclerc, (1993)** . Microbiologie appliquée ; 2<sup>ème</sup> édition Paris.
- 25 .**Ladjet F(2001)**.Exploitation d'une station d'épuration à boue activée.ONA,74p
26. **Larpent JP,(1997)** .Technologie de laboratoire Edition Lavoisier, technique et dcumentation. Paris, 1073 p.
27. **Lebres E.,Azizi Djamel., Hamza Abdenour., Taleb Farida., Taouchichet Belkacem. (2002)**. Microbiologie des eaux des boissons, et des produits de la mer ;Manuel des travaux pratiques, Cours nationales d'hygiène et de microbiologie des aliments, Institut Pasteur d'Algérie.34p.
28. **Leclerc et al,(1977)**. Microbiologie appliquée ;2ème édition.Paris
29. **Mathieu-André (2007)**. Maitrise de la consommation d'eau et des rejets des IAA. Éd. Technique de l'ingénieur (F 1450), pp 1-17.
30. **Michel E. & Deves D. (2003)**. Application au traitement de l'eau potable et des eaux usées en zone rurales (12), 55p.
31. **Ministère de l'Environnement**. – Les technologies propres dans l'industrie française. Collection« Les Cahiers Techniques de la DEPPR » no 21 (164 pages).
- 32.**Painusstein et al,( 1990)**.Technologie des eaux résiduaires :production,collecte,traitement et analyse des eaux résiduaires. Paris :Sorschungsint,1220p.
33. **Petitpain-Perrin F. (2006)**. Les grandes catégories d'usages de l'eau dans l'industrie. Ed. Technique de l'ingénieur (G1150), pp 12-13.
- 34.**Pootelon et Zysma, (1998)**. Le guide d'analyse de l'eau potable nouvelle édition 1998.
- 35.**Raymond R, (1997)**. Le traitement des eaux, 4<sup>ème</sup> édition. Montréal, 293p
36. **Rodier Jean et al. (2005)**. L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer). 8<sup>ème</sup> édition-DUNO- paris, 1385p.

37. **Taradat Henry Monique et Beaudry Jean-Paul., (1992).** Chimie des eaux ,4<sup>ème</sup> trimestre, EDITION de GRIFFON D'ARGILE ; 175p.

# **ANNEXES**

## Annexe N°1

### Valeurs limites maximales des paramètres de rejet des installations de déversements industrielles.

Paramètre	Unités	Valeurs
Température	°C	<30
PH	mg /l	5.5 à 8.5
MES	//	30
DBO <sub>5</sub>	//	40
DCO	//	120
Azote Kjeldahl	//	40
Phosphates	//	02
Cyanures	//	0.1
Aluminium	//	05
Cadmium	//	0.2
Chrome 3 <sup>+</sup>	//	03
Chrome 6 <sup>+</sup>	//	0.1
Fer	//	05
Manganèse	//	01
Mercuré	//	0.01
Nickel	//	05
Plomb	//	01
Cuivre	//	03
Zinc	//	05
Huiles et graisses	//	20
hydrocarbure	//	20

### Normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS)

Paramètre	Unités	Norme
PH	-	5.5 à 8.5
Température	°C	< 30
O <sub>2</sub> dissous	mg / l	> 05
DBO <sub>5</sub>	//	40
DCO	//	120
MES	//	30
Phosphate	//	02
Détergent	//	01
Huiles et graisses	//	20
Conductivité	μ s/cm	1250

## Annexe N° 2

### Les milieux de cultures utilisées dans les analyses microbiologiques de l'eau de process et les effluents

#### 1. Les milieux de cultures utilisées pour la recherche des micro-organismes dans l'eau de process

- **TTC : Tergicol « en poudre »** : Utilisé pour le dénombrement des coliformes totaux

- **Préparation**

Dissoudre 58g de poudre de TTC, dans un litre de l'eau distillé. Autoclaver 15min à 121°C, pH= 7,2. L'ajoute de réactif TTC donne une couleur vert au milieu de culture.

- **PCA** : Plate Count Agar : Utilisé pour le dénombrement des germes

- **Préparation**

Dissoudre 17,5g de PCA en poudre dans un litre d'eau distillé. Autoclaver à 121°C pendant 15min.

- **AGC** : Agar glucose Chloramphenicol

Milieu sélectif pour l'isolement et le dénombrement des champignons et levures

- **Préparation**

Mettre en suspension 40,2g du milieu dans un litre d'eau distillé. Bien mélanger et chauffer en agitant fréquemment jusqu'à dissolution complète. Répartir et stériliser en autoclave à 121°C pendant 15min.

#### 2. Les milieux de cultures utilisées pour la recherche des germes dans les effluents Laitiers

- **Rothe** : (double concentration : D/C et simple concentration : S/C)

Bouillon glucose à l'azide de sodium, utilisé pour la recherche des Streptocoques.

- **BCPL** : (double concentration : D/C et simple concentration : S/C)

Bouillon pourpre de Bromocresol, utilisé pour la recherche des **C.T.**

- **SFB** : milieu de culture utilisé pour la recherche des salmonelles.

- **EPA** : bouillon au sélénite acide de sodium double concentration, utilisé pour la recherche des Vibrio.

- **Schubert** : milieu utilisé pour la recherche des C.F.

- **Eva** : milieu utilisé pour le repiquage des streptocoques.

- **Hektoen** : milieu coulé dans les boîtes de pétri pour repiquage des salmonelles.

- **GNAB** : milieu de culture coulé dans les boîtes de pétri pour repiqué les **Vibrio**.

**Annexe N° 3**

**Table de Mac Grady (NPP)**

1 x 50ml	5 x 10ml	5 x 1ml	Nombre caractéristique	Limite de confirmation	
				<	>
0	0	0	< 1		
0	0	1	1		
0	0	2	2	< 0,5	4
0	1	0	1	< 0,5	6
0	1	1	2	< 0,5	4
0	1	2	3	< 0,5	6
0	2	0	2	< 0,5	8
0	2	1	3	< 0,5	6
0	2	2	4	< 0,5	8
0	3	0	3	< 0,5	11
0	3	1	5	< 0,5	8
0	4	0	5	< 0,5	13
1	0	0	1	< 0,5	13
1	0	1	3	< 0,5	4
1	0	2	4	< 0,5	8
1	0	3	6	< 0,5	11
1	1	0	3	< 0,5	15
1	1	1	5	< 0,5	8
1	1	2	7	< 0,5	13
1	1	3	9	1	17
1	2	0	5	2	21
1	2	1	7	< 0,5	13
1	2	2	10	1	17
1	2	3	12	3	23
1	3	0	8	3	28
1	3	1	11	2	19
1	3	2	14	3	26
1	3	3	18	4	34
1	3	4	21	5	53
1	4	0	13	6	66
1	4	1	17	4	31
1	4	2	22	5	47
1	4	3	28	7	59
1	4	4	35	9	85
1	4	5	43	12	100
1	5	0	24	15	120
1	5	1	35	8	75
1	5	2	54	12	100
1	5	3	92	18	140
1	5	4	160	27	220
1	5	5	240	39	450

## DOSAGE DES NITRITES

### Principe

Par diazotation des nitrites avec l'acide sulfanilique à pH 2,5 puis par copulation du composé formé avec l'&-Naphthylamine (réactif de Griess), on obtient un colorant azoïque rouge stable au moins 12 heures dont on mesure l'intensité à 520nm.

### Réactifs

- *SOLUTION D'ACIDE SULFANILIQUE*
- *SOLUTION D'&-NAPHTHYLAMINE*
- *SOLUTION TAMPON D'ACETATE DE SODIUM.*
- *SOLUTION D'E.D.T.A A 5g/l*
- *SOLUTION ETALON DES NITRITES A 100mg/l*

### Mode Opérateur

Si l'échantillon est coloré par des acides humiques, on l'acidifie par l'acide sulfurique (1ml/l d'acide sulfurique) et on filtre.

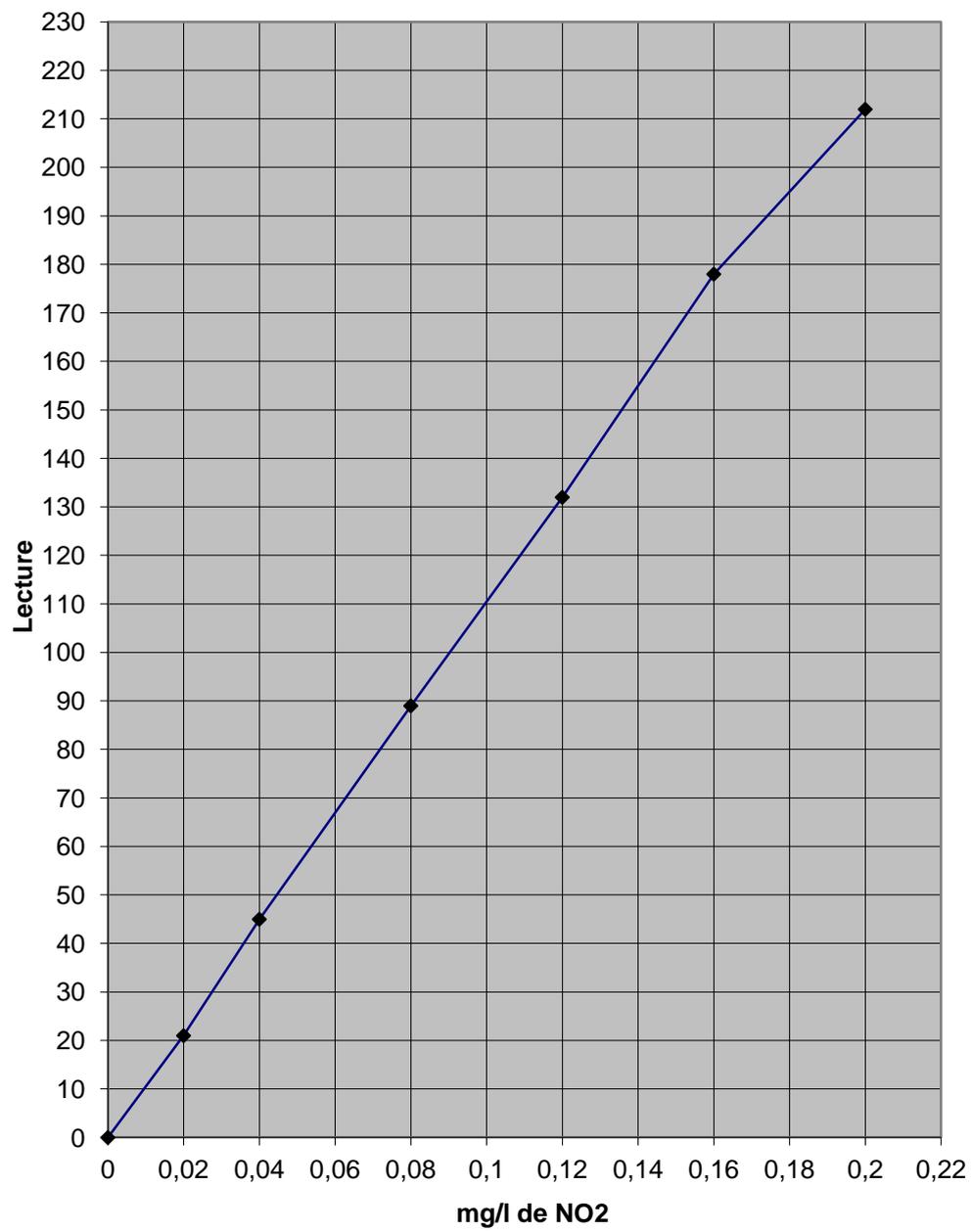
- 50ml de prise d'essai
- 1ml de solution d'E.D.T.A
- 1ml d'acide sulfanilique
- Agiter et attendre 10mn
- 1ml d'&-naphtylamine
- 1ml de la solution de tampon acétate
- Agiter et attendre 30mn
- Effectuer la mesure colorimétrique à 520nm

La droite étalon est obtenue avec des étalons préparés à partir de la solution à 1mg/l.

#### *- Solutions Étalons*

Prendre successivement 1, 2, 4, 6, 8, 10ml de la solution à 1mg/l de NO<sub>2</sub> et compléter par de l'eau distillée à 50ml. On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement 0,02, 0,04 0,08, 0,12, 0,16 et 0,20mg/l de NO<sub>2</sub>.

## Courbe d'étalonnage des Nitrites



## DOSAGE DES NITRATES

### Principe

Les nitrates sont réduits en nitrites par une solution d'hydrazine en milieu alcalin et en présence de sulfate de cuivre comme catalyseur.

Les nitrites obtenus sont alors dosés par colorimétrie: diazotation avec l'acide sulfanilique et capulation avec l'&- Naphtylamine. On mesure la densité du colorant ainsi formé à 520nm.

### Réactif ( solution de réserve)

- SOLUTION DE SOUDE IN
- SOLUTION DE SULFATE DE CUIVRE
- SOLUTION D'HYDRAZINE A 0,1 M
- SOLUTION D'ACIDE SULFANILIQUE
- SOLUTION &-NAPHTYLAMINE
- SOLUTION D'E.D.T.A
- SOLUTION D'ACETATE DE SODIUM
- SOLUTION MERE DE NITRATE A 1000mg/l
- SOLUTIONS ETALONS

### Mode opératoire

Dans un erlen de 100ml, ou mieux dans un flacon en verre brun de 100ml, introduire:

- PE = 1ml
  - Solution de Soude 0,05M = 5ml
  - Mélange Réducteur = 5ml
- Agiter après chaque addition et attendre 1 heure avant d'ajouter:
- Mélange colorant = 40ml

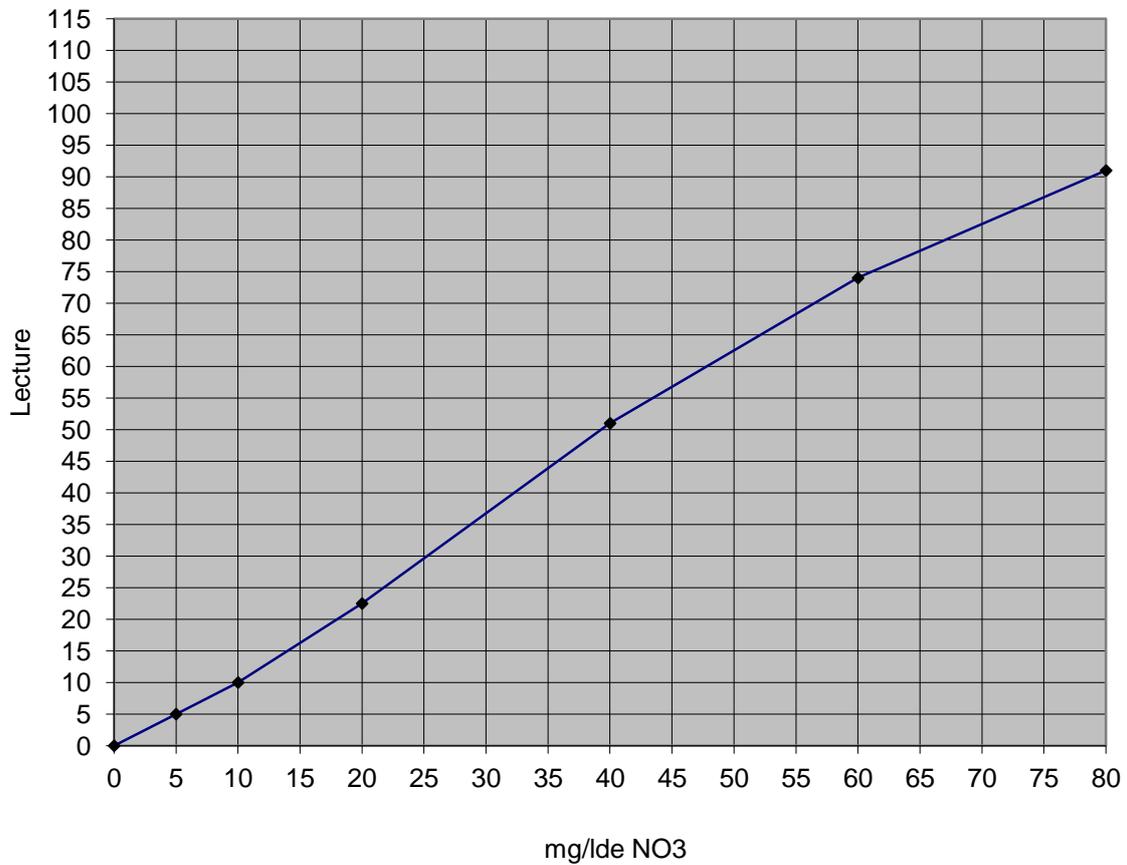
laisser la coloration se développer dans l'obscurité pendant  $\frac{1}{4}$  heure.

Mesurer sa densité à 520nm.

Le passage au colorimètre ne doit intervenir que juste avant la mesure optique afin que la solution soit exposée un minimum de temps à la lumière à laquelle elle est très sensible.

La réduction des nitrates est partielle et varie avec le temps et la température. Il importe donc que la mesure des échantillons soit toujours accompagnée d'une mesure des solutions étalons, traitées dans les mêmes conditions.

### Courbe d'étalonnage des Nitrates



### DOSAGE DES PHOSPHATES $\text{PO}_4^{-3}$

#### Principe

Le molybdate d'ammonium  $\text{Mo}_7(\text{NH}_4)_4\text{H}_2\text{O}$  réagit en milieu acide en présence de phosphate en donnant un complexe phosphomolybdique qui réduit par l'acide ascorbique développe une coloration bleue (bleu de molybdène) susceptible d'un dosage colorimétrique.

#### Réactifs

- SOLUTION D'ACIDE ASCORBIQUE A 10g/l
- SOLUTION DE MOLYBDATE D'AMMONIUM
- SOLUTION MERE DE PHOSPHATE ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) A 1g/l
- SOLUTION DE  $\text{PO}_4^{-3}$  A 10mg/l
- SOLUTIONS ETALONS

### Mode opératoire

Au moment du dosage mélanger les 2 réactifs (Solution molybdique et la solution d'acide ascorbique) dans des proportions suivantes:

3 volumes de la solution molybdique

1 volume de la solution d'acide ascorbique

Effectuer les réactions dans des tubes à essai

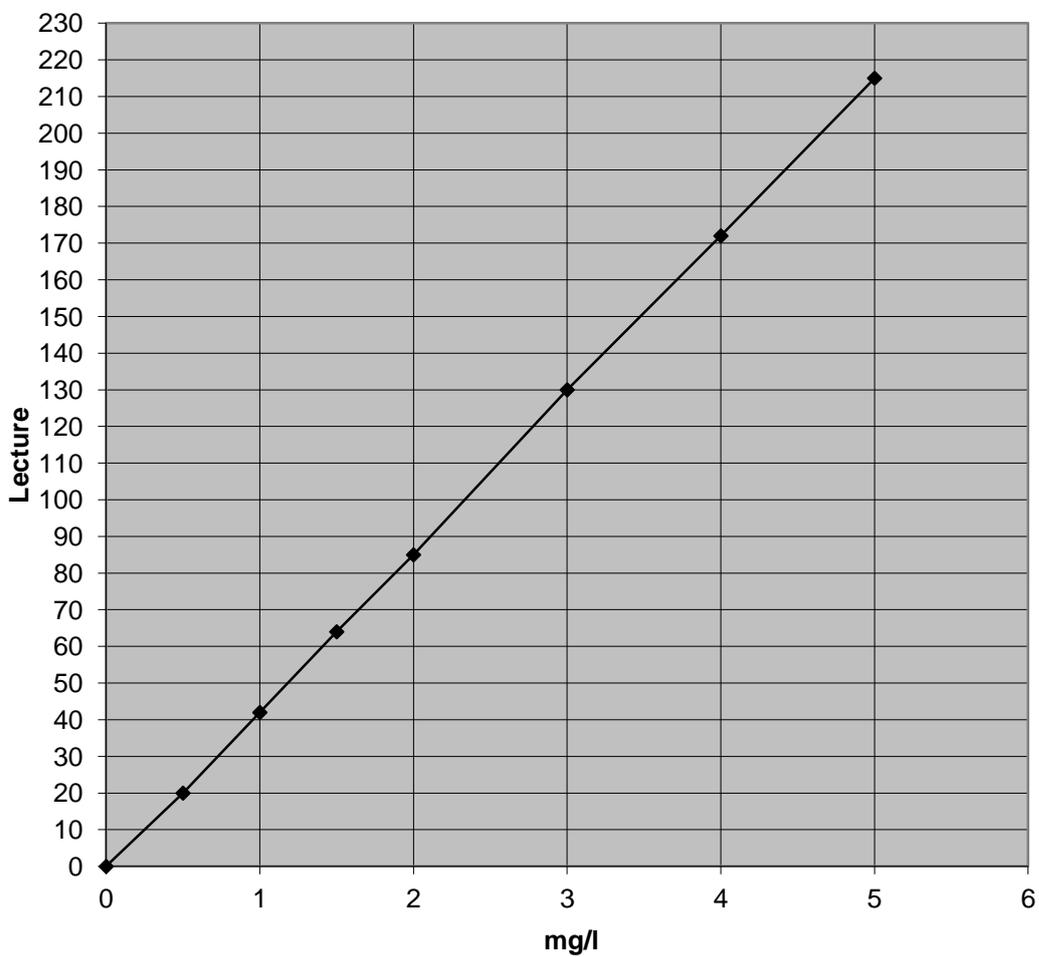
20ml de Prise d'essai

5ml du réactif mélangé

Porter au bain marie à 80°C durant 10mn

Laisser refroidir et mesurer l'absorption à 825nm

### Courbe d'étalonnage des Phosphates

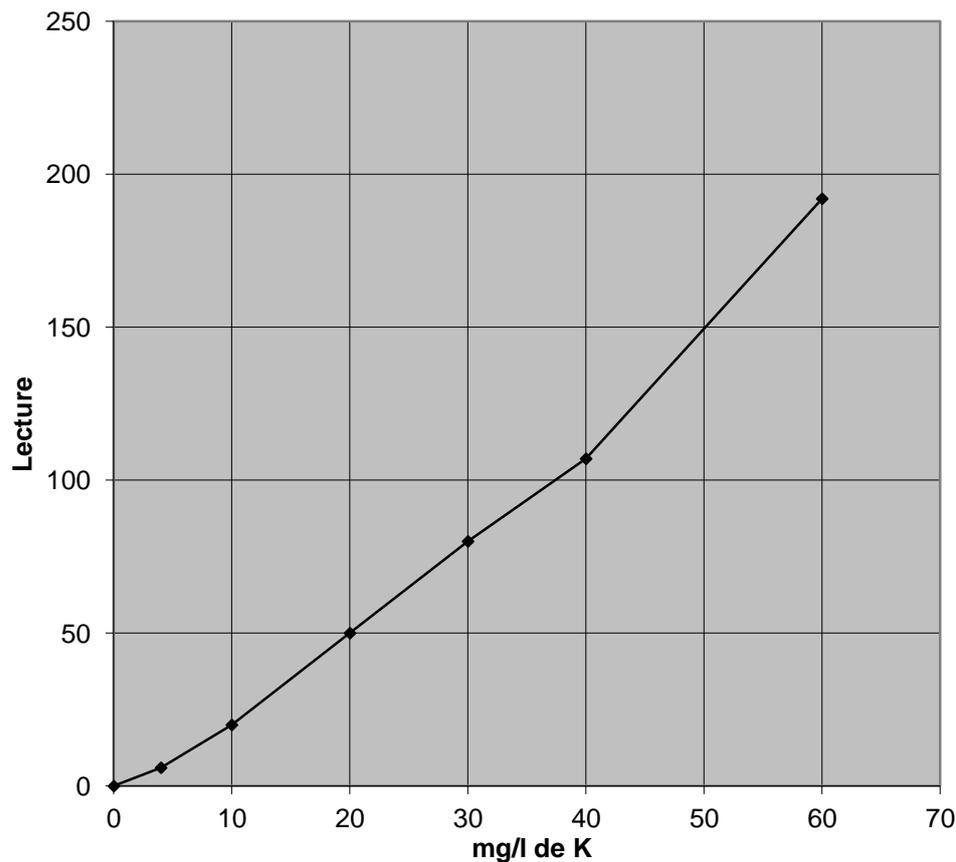


## DOSAGE DU CALCIUM, SODIUM ET DU POTASSIUM PAR PHOTOMETRIE DE FLAMME

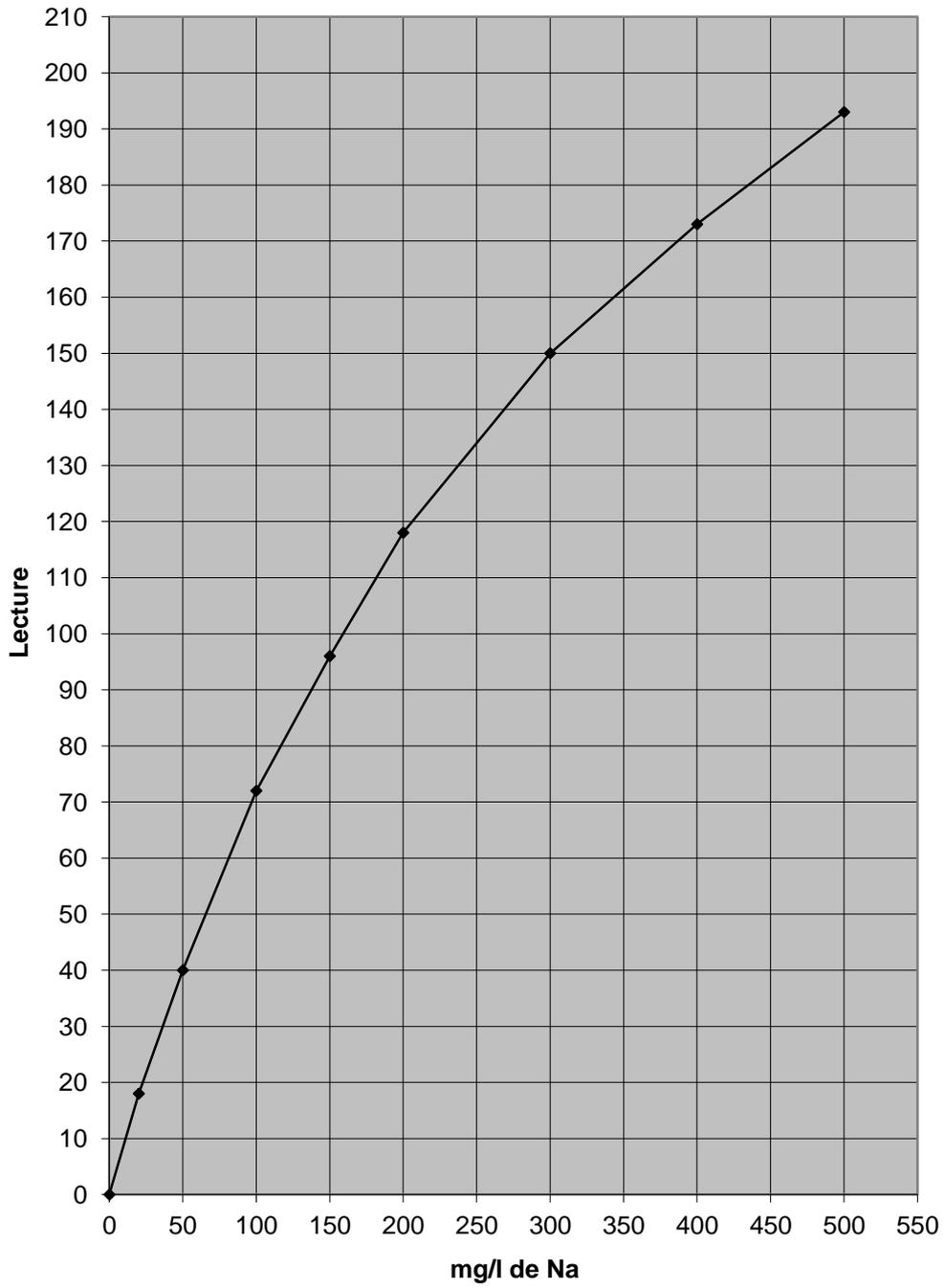
### Principe

Les ions en solution sont portés, au moyen d'une flamme de température convenable à un niveau énergétique supérieur à la normal (on dit que les atomes sont excités par la flamme). Libérés de la flamme, ils restituent l'énergie acquise en émettant une radiation caractéristique de l'élément. On pulvérise donc au moyen d'un gicleur, la solution à doser dans une flamme de température déterminée par l'élément que l'on recherche. On sélectionne la radiation attendue au moyen d'un filtre. L'intensité de la radiation est proportionnelle à la concentration de l'élément présent dans la solution. On établit donc une gamme étalon pour chaque élément dosé et l'on s'y réfère pour déterminer une concentration inconnue. Le sodium et le potassium sont dosés à partir de la même solution étalon à des sensibilités différentes du photomètre de flamme. Le calcium est dosé par sa gamme étalon propre.

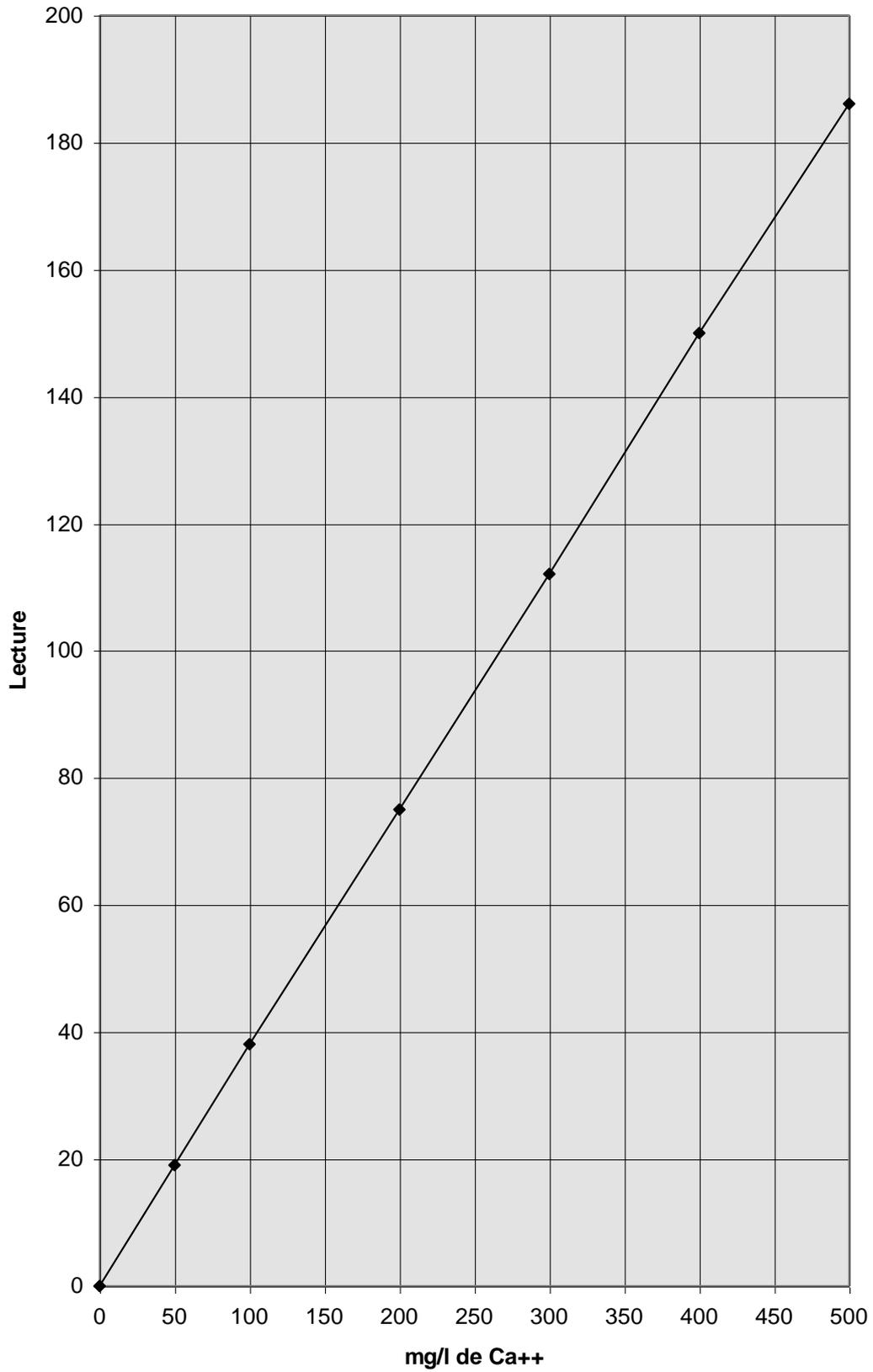
### Courbe d'étalonnage du Potassium



### Courbe d'étalonnage du Sodium



### Courbe d'étalonnage du Calcium



## DOSAGE DES CHLORURES

### Principe

Les chlorures, en présence du thiocyanate mercurique et de l'alun ferrique donnent en milieu nitrique acide un complexe coloré orange susceptible d'un dosage colorimétrique à la longueur d'onde de 470 nm.

### Mode opératoire

- On place les PE (5ml) dans des erlens de 50ml

Les PE des solutions étalons, le témoin (H<sub>2</sub>O) et les échantillons sont alors traités de manière identique à savoir:

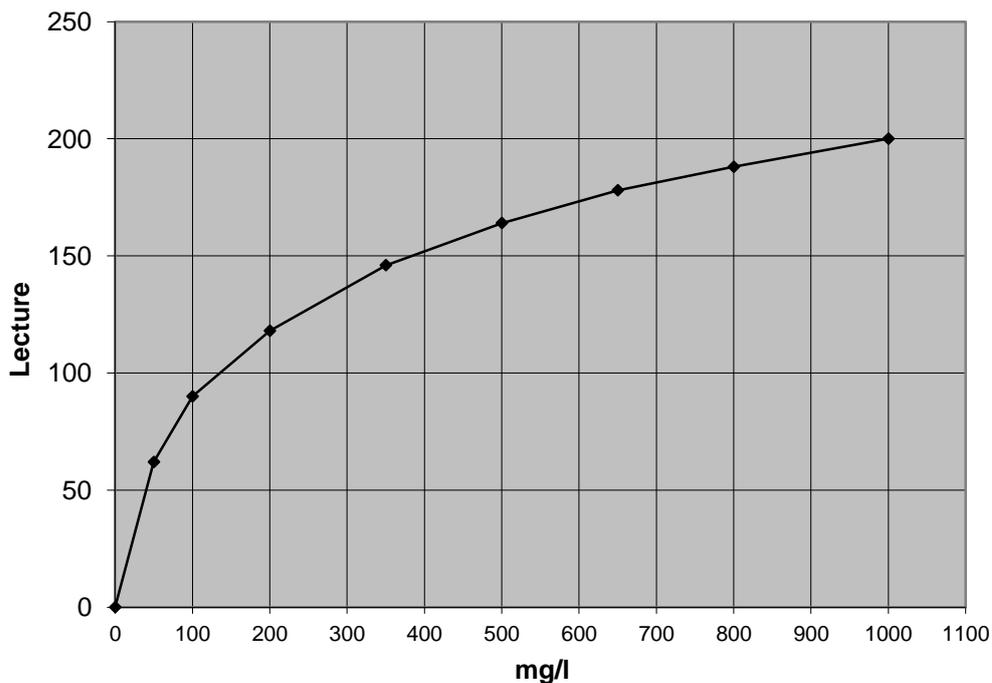
- On ajoute dans l'ordre 15ml de la solution de thiocyanate mercurique préalablement diluée au 1/3 puis 15ml de la solution nitrique d'alun ferrique également diluée au 1/6.

- On agite vigoureusement les erlens pour uniformiser la coloration qui apparaît et on laisse au repos pendant ½ heure.

- On effectue les lectures au colorimètre à la longueur d'onde de 470nm en réglant le zéro avec le témoin.

**La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en chlorures en mg/l.**

### Courbe d'étalonnage des Chlorures



## DOSAGE DES SULFATES

### Principe

Les sulfates sont précipités sous forme de sulfate de baryum par le chlorure de baryum.

Le précipité ainsi obtenu, très fin est stabilisé par la gélatine. On effectue sur le trouble une mesure turbidimétrique à la longueur d'onde de 495nm.

### Mode opératoire

- On place les PE (5ml) dans des erlens de 50ml

Les PE des solutions étalons, le témoin ( $H_2O$ ) et les échantillons sont alors traités de manière identique à savoir:

- On ajoute à chaque PE, 20ml de la solution de  $BaSO_4$  et de gélatine préalablement diluée au 1/6.
- On agite pour uniformiser le trouble et on laisse au repos pendant 20 minutes jusqu'à la mesure. Une nouvelle agitation aurait comme conséquences la formation de bulles d'air et par conséquent une perturbation des mesures.
- On effectue les lectures au colorimètre à la longueur d'onde de 495nm en réglant le zéro avec le témoin.

**La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en sulfates exprimés en mg/l.**

**Courbe d'étalonnage des Sulfates**

