

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine: Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/Option: Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Département: Biologie

Thème

**Etude comparative de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux
issues des industries alimentaires**

Présenté par :

- BENAZIZA Aicha
- GHEMRANI Rima
- KAOUR Loubna

Devant la commission composée de :

MOKHTARI Abdelhamid	Président	Université de Guelma
SOUIKI Lynda	Examinatrice	Université de Guelma
GHRIB Lassaad	Encadreur	Université de Guelma
AISSAOUI Riadh	Membre	Université de Guelma
BOUCHELACHEM El Hadi	Membre	Université de Guelma
BOUSSBIA Issam	Membre	Université de Guelma

Juin 2017

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos remerciements et notre profonde gratitude, avant tout à Dieu le tout puissant qui nous a donné le courage et la force pour mener à bout ce modeste travail.

Nos vifs remerciements vont à tous nos chers enseignants membres de jury ; monsieur **MOKHTARI Abdelhamid** en tant que président, madame **SOUIKI Lynda** en tant qu'examinatrice et tous les membres de la commission.

Nous présentons nos plus chers remerciements à notre Promoteur Mr. **GHREIB Lassaad**, qui a bien voulu nous diriger et nous orienter tous le long de la réalisation de notre travail, pour ses précieux conseils, sa gentillesse qu'on a pu apprécier pendant notre parcours. Veuillez trouver ici le témoignage de nos plus profonds respects et de nos plus vives reconnaissances.

Nous remercions également madame **BOUDJEBIEUR Assia** de la direction des ressources en eau, qui n'a pas épargné aucun effort pour nous aider à réaliser ce travail.

Nous remercions tout le personnel de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Guelma et en particulier monsieur **BOUDJAHAM Fayçal** qui nous a ouvert toutes les portes pour bien réaliser notre travail.

Nos remerciements vont à tout le personnel de la conserverie Amor Ben Amor et en particulier les membres du laboratoire ; monsieur **ANNABI. A**, **BELWAAR. K**, madame **Hanane**, madame **Nabila** et monsieur **Khaled**.

Nous tenons aussi à remercier l'équipe de la laiterie El Safia surtout monsieur **ABIDI. K** et madame **MEGALATNI. S**

Nos remerciements vont également à nos chers enseignants et en particulier, monsieur **ROUABHIA. K**, monsieur **ZOUARA. M** et madame **BOUDRAA.W**, qui nous ont toujours encouragé et aidé depuis le début de ce travail.

Enfin, nous exprimons nos remerciements et notre gratitude à nos familles et nos miens qui nous ont beaucoup encouragé et soutenu, ainsi que tout ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à l'accomplissement de ce travail.

Résumé

L'eau est un des éléments essentiels dans la plupart des industries alimentaires. Après utilisation, la plus grande partie de cette eau usée de procédés est retournée à l'environnement.

L'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de deux industries alimentaires a fait l'objet de ce travail.

Il a concerné la conserverie Amor Ben Amor dans la wilaya de Guelma, utilisant un procédé d'épuration des eaux usées fonctionnant à boue activée et la Laiterie El Safia, rejetant l'eau dans l'environnement sans épuration aucune.

Au cours de la période de notre étude et dans le but de développer une approche comparative de la qualité de l'eau dans les deux unités, nous avons prélevé des échantillons d'eau de différents points dans les unités, depuis le début de la chaîne de fabrication jusqu'à ce que cette eau soit rejetée dans l'environnement.

Les paramètres physico-chimiques suivis sont la température, le pH, la conductivité électrique, l'oxygène dissous, les MES, les éléments majeurs et les éléments de pollution.

Les paramètres bactériologiques mesurés se résument en la détermination et la recherche des germes totaux et fécaux, des coliformes fécaux, des streptocoques fécaux et des Anaérobies sulfito-réducteurs.

Les résultats obtenus montrent que le point de prélèvement de l'eau traitée pour les deux unités présente des teneurs dans les normes pour tous les paramètres physicochimiques et bactériologiques. Cependant, pour les points de rejet, ces derniers diffèrent d'une unité à l'autre et restent dans les normes pour la conserverie par rapport à la laiterie ce qui confirme le rôle important de la station d'épuration.

Mots clés : qualité bactériologique, physicochimie, pollution de l'eau, eau usée industriel, station d'épuration, eau traitée.

Abstract

Water is one of the essential elements in most food industries. After use, most of this process wastewater is returned to the environment.

The study of the physico-chemical and bacteriological quality of the waters of two food industries was the subject of this work. It concerned the Amor Ben Amor cannery in the Guelma state, using a process for the purification of activated sludge and the El Safia dairy, releasing the water into the environment without any purification.

During the period of our study and in order to develop a comparative approach to water quality in the two units, water samples were collected from different points in the units, from the beginning of the chain until the water is released to the environment.

The physico-chemical parameters monitored are temperature, pH, electrical conductivity, dissolved oxygen, TSS, major elements and elements of pollution.

The bacteriological parameters measured are summarized in the determination and investigation of total and fecal germs, fecal coliforms, fecal streptococci and sulfite-reducing anaerobes.

The results obtained show that the sampling point of the treated water for the two units presents contents in the standards for all the physicochemical and bacteriological parameters. However, for the discharge points, the latter differ from one unit to another and remain in the standards for the cannery in relation to the dairy, which confirms the important role of the wastewater treatment plant.

Key words: bacteriological quality, physico-chemistry, water pollution, industrial wastewater, sewage treatment plant, treated water.

المخلص

الماء عنصر أساسي في معظم الصناعات الغذائية. بعد الاستخدام يتم صرف معظم هذه المياه في البيئة.

وكانت دراسة النوعية الفيزيائية والكيميائية والجرثومية لمياه المصنعين الغذائيين موضوع هذا العمل. الحالة الأولى عمر بن عمر للتعليب في ولاية قالمه، يقوم بتصفية المياه قبل رميها الى البيئة باستخدام عملية تنقية مياه الصرف الصحي التي تعتمد على الحمأة المنشطة اما الحالة الثانية ملبنة الصافية التي تقوم برمي الماء في البيئة من دون أي علاج.

خلال فترة دراستنا المتمثلة في مقارنة نوعية مياه الوجدتين، جمعنا عدة عينات من المياه منذ دخوله الى الوجدتين الى غاية رميه في البيئة.

المعايير الفيزيائية المدروسة درجة الحرارة ودرجة الحموضة والناقلية الكهربائية، الأوكسجين المذاب، المواد الصلبة العالقة، العناصر الرئيسية وعناصر التلوث.

والمعايير البكتريولوجية تتلخص في قياس والبحث عن البكتيريا الكلية والبرازية، القولونية البرازية، العقديات البرازية واللاهوائية المرجعة للكبريت.

وأظهرت النتائج أن نقاط أخذ عينات المياه المعالجة للوجدتين موجودة في المعايير لجميع المعلمات الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية. اما بالنسبة، لنقاط الصرف، فإنها تختلف من وحدة إلى أخرى فوحدة عمر بن عمر للمبصرات سجلت قيم في المعايير مقارنة مع ملبنة الصافية مما يؤكد الدور الهام لمحطة المعالجة.

الكلمات المفتاحية : النوعية البكتريولوجية، الكيمياء الفيزيائية، تلوث المياه، مياه الصرف الصناعية، محطة معالجة المياه، المياه المعالجة.

Table des matières

Remerciements

Résumé

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale 1

Chapitre 1 : Généralités

1. Introduction.....	3
2. Définition de l'eau usée	3
2.1. Les eaux usées domestiques.....	3
2.2. Les eaux usées urbaines.....	4
2.3. Les eaux pluviales.....	4
2.4. Les eaux agricoles.....	5
2.5. Les eaux usées industrielles	5
3. Composition des eaux usées.....	6
3.1. Les matières en suspension (MES).....	6
3.2. Les micropolluants organiques et non organiques.....	6
3.2.1. Éléments traces.....	6
3.2.2. Les micropolluants organiques.....	6
3.3. Les substances nutritives.....	7
3.4. Qualité microbiologique.....	7
3.4.1. Les virus.....	7
3.4.2. Les bactéries.....	8
3.4.3. Les protozoaires.....	8
3.4.4. Les helminthes.....	8
4. Impacts des eaux usées sur l'environnement et la santé	9
4.1. Sur la nutrition Minérale des plantes.....	9

4.2. Sur la croissance des végétaux.....	9
4.3. Sur la santé humaine.....	9
5. Les maladies à transmission hydrique.....	9
6. La nécessité de l'épuration.....	10
7. Procédés d'épuration des eaux usées.....	10
7.1. Prétraitement	10
7.2. Traitement primaire.....	10
7.3. Traitement secondaire (traitement biologique).....	11
7.3.1. les Boues activés.....	11
7.3.2. Lit bactérien.....	12
7.3.3. Lagunage.....	12
7.4. Traitement tertiaire.....	12
7.4.1. Traitement bactériologique par rayonnement UV.....	13
7.4.2. Traitement par voie physico-chimique.....	13
7.4.3. Traitement des odeurs.....	13
8. La réutilisation des eaux usées	13
8.1. Les modes de réutilisation des eaux usées.....	13
8.2. Réutilisation des eaux usées épurées en Algérie.....	14
9. Différents types de ressources en eau d'une entreprise alimentaire	14

Chapitre 2 : Cadre géographique et cycle de l'eau dans les usines

1. La conserverie Amor Ben Amor.....	16
1.1. Présentation de la conserverie Amor Ben Amor (CAB).....	16
1.2. Utilisation de l'eau dans la conserverie CAB.....	17
1.3. Traitement de l'eau brute dans l'usine	17
1.3.1. Le prétraitement	17
1.3.2. Clarification : coagulation / floculation et décantation.....	18
1.3.3. La filtration par sable	19
1.3.4. L'ultrafiltration.....	19
1.3.5. Déferrisation et démanganisation	20
1.3.6. Filtration par charbon actif / stérilisation par UV.....	20
1.3.7. L'adoucissement.....	21
1.3.8. L'osmosement.....	21

1.4. Traitement de l'eau de rejets	22
1.4.1. Filtration.....	23
1.4.2. L'accumulation /aération	23
1.4.3. Clarification.....	24
2. La laiterie El Safia Laiteries.....	24
2.1. Présentation de la Laiteries El Safia.....	24
2.2. Utilisation de l'eau dans la Laiterie El Safia.....	25
2.3. Traitement de l'eau.....	25
2.4. Etapes de Traitement de l'eau.....	25
2.4.1. L'adoucissement.....	25
2.4.2. Filtration par charbon actif	26
2.4.3. Stérilisation par ultraviolet	26

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

1. Prélèvement des échantillons.....	28
1.1. Prélèvement pour l'analyse physico-chimique	28
1.2. Prélèvement pour l'analyse Bactériologique	28
2. Enregistrement et étiquetage des échantillons	28
3. Points de prélèvement.....	29
3.1. Point de prélèvement de la Conserverie Amor Ben Amor.....	29
3.2. Point de prélèvement de la laiterie El Safia	30
4. Analyses physico-chimique.....	31
4.1. Paramètre physique.....	31
4.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	31
4.1.2. la température (T).....	31
4.1.3. La conductivité électrique (CE)	32
4.1.4. Oxygène dissous.....	32
4.2. Paramètres chimiques.....	33
4.2.1. Les éléments majeurs	33
4.2.1.1. Le Calcium (Ca^{2+}).....	33
4.2.1.2. Le Magnésium (Mg^{2+}).....	33
4.2.1.3. Le Sodium (Na^+)	34
4.2.1.4. Le Potassium (K^+).....	34

4.2.1.5. chlorure (Cl).....	35
4.2.1.6. Les sulfates (SO ₄ ²⁻).....	35
4.2.1.7. Bicarbonates (HCO ₃ ⁻).....	36
4.3. Paramètre indicateurs de la pollution	36
4.3.1. La demande chimique en oxygène (DCO).....	36
4.3.2. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO).....	38
4.3.3. Les matières en suspension(M.E.S).....	39
5. L'analyse bactériologique.....	40
5.1. Matériel utilisé pour l'analyse.....	41
5.2. Méthodes d'analyses bactériologiques de l'eau	41
5.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec identification d' <i>Escherichia coli</i> en milieu liquide	42
5.2.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques: méthode générale ensemencement en milieu liquide	46
5.2.3. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito- réductrices (Méthode par incorporation en gélose en tubes profonds)	48
5.2.4. Recherche et dénombrement des germes revivifiables.....	50

Chapitre 4 : Résultats et discussion

1. Résultat et discussion des Paramètres physico-chimiques	52
1.1. Paramètres physiques.....	52
1.1.1. Le pH.....	52
1.1.2. La température.....	53
1.1.3. La conductivité électrique	55
1.1.4. L'oxygène dissous	56
1.2. Paramètres chimiques.....	58
1.2.1. Les éléments majeurs.....	58
1.2.2. Les éléments de pollution.....	61
2. Paramètres microbiologiques.....	62
2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux	63
2.2. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale.....	64
2.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux	64
2.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux	66

2.2.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	67
2.2.4. Recherche et dénombrement des Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR).....	69
Conclusion	71

Référence bibliographique

Annexe

Liste des figures

Nº	Titre de figure	page
01	Situation géographique de la conserverie (CAB)	16
02	Filtre autonettoyant (CAB, 2017)	18
03	Décanteur «Bassin de la floculation-coagulation » (CAB, 2017)	18
04	Filtres à sable de 1200m ³ (CAB, 2017)	19
05	Filtres à sable de 2400 m ³ (CAB, 2017)	19
06	Appareille de l'ultrafiltration (CAB, 2017)	20
07	Système de traitement des eaux brutes dans la conserverie Amor Ben Amor.	21
08	Schéma de la station d'épuration de l'eau de rejet dans la CAB (CAB, 2017)	22
09	filtre dégrilleur (CAB, 2017)	23
10	Photo des souffleurs (CAB, 2017).	23
11	Situation géographique de la Laiterie El Safia.	24
12	Photo des adoucisseurs (SAFIA, 2017)	25
13	photo de charbon actif (SAFIA, 2017)	26
14	photo de l'appareille de UV	27
15	Disposition des points de prélèvement dans la CAB Guelma (Mars, 2017)	29
16	Disposition des points de prélèvement dans la laiterie El Safia Guelma (Mars, 2017)	30
17	Multi paramètres de (WTW, 350 i)	31
18	Appareil de l'analyse de la DCO	37
19	Appareil de l'analyse de DBO	39
20	Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux en milieu liquide. (NPP)	45
21	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux en milieu liquide	47
22	Recherche et dénombrement des spores de bactérie anaérobie sulfito-réductrices (ASR).	50
23	Recherche et dénombrement des germes revivifiabiles.	51
24	Evolution du pH dans les eaux de la CAB (Mars, 2017)	52
25	Evolution du pH dans les eaux de la laiterie El Safia (Mars, 2017)	53
26	Evolution de la température dans les eaux de la CAB (Mars, 2017)	54
27	Evolution de la température dans les eaux de la Laiterie El Safia (Mars, 2017)	54
28	Evolution de la conductivité électrique dans les eaux de la CAB (Mars, 2017)	55
29	Evolution de la conductivité électrique dans les eaux de la laiterie El Safia (Mars, 2017)	56

Liste des figures

30	Evolution de l'oxygène dissous dans les eaux de la CAB (Mars, 2017)	57
31	Evolution de l'oxygène dissous dans les eaux de la Laiterie El Safia (Mars, 2017)	57
32	Répartition des éléments majeurs de l'eau traitée dans la CAB (Mars, 2017)	58
33	Répartition des éléments majeurs de l'eau traitée dans la Laiterie El Safia (Mars, 2017)	59
34	Faciès chimique de l'eau traitée dans la CAB et El Safia d'après le diagramme de schoeller Berkaloff (Mars, 2017)	60
35	Evolution des teneurs de MES, DBO et DCO de l'eau de rejet après épuration dans la CAB (Mars, 2017)	61
36	Evolution des teneurs de MES, DBO et DCO de l'eau de rejet avant et après épuration dans la Laiterie El Safia (Mars, 2017)	62
37	Présence des coliformes totaux dans les différents points de prélèvement dans la CAB (Mars, 2017)	65
38	Présence des coliformes totaux dans les différents points de prélèvement dans la laiterie El Safia (Mars, 2017)	66
39	Présence des coliformes fécaux dans les différents points de prélèvement dans la CAB (Mars, 2017)	67
40	Présence des coliformes fécaux dans les différents points de prélèvement dans la laiterie El Safia (Mars, 2017)	67
41	Présence des streptocoques fécaux dans les différents points de prélèvement dans la Laiterie El Safia (Mars, 2017)	68
42	Présence des streptocoques fécaux dans les différents points de prélèvement dans la Laiterie El Safia (Mars, 2017)	69

Liste des tableaux

Nº	Titre du tableau	page
01	Les résultats de la flore mésophile aérobie totale dans les prélèvements de l'eau de la CAB. CAB (Mars, 2017)	63
02	Les résultats de la flore mésophile aérobie totale dans les prélèvements de l'eau d'El Safia.	64
03	Dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR/20 ml). CAB (Mars, 2017)	70
04	Dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR/20 ml). Laiterie El Safia (Mars, 2017)	70

Liste des abréviations

Abréviation	Sens
ASR	Les Anaérobies sulfito-réducteurs
BCPL	Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol
Ca⁺	Calcium
CAB	Conserverie Amor Ben Amor
CE	La conductivité électrique
CF	Coliforme Fécaux
CIT	Citrate de Simmons
Cl⁻	Chlorure
CT	Coliforme Totaux
DBO₅	Demande Biochimique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
EDTA	Acide éthylène diamine tétracétique
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia .Coli</i>
Eva Litsky	Bouillon a l'éthyle violet et aide de sodium
°F	Degré français
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GN	Gélose nutritive
HCO₃	Bicarbonate
H₂SO₄	Acide Sulfurique
K⁺	Potassium
MES	Les Matières En Suspension
Mg	magnésium
MTH	maladies à Transmission Hydrique
NaOH	Soude
Na⁺	Sodium
Na₂SO₃	sulfite de sodium
NPP	nombre plus probable
O₂	Oxygène
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
pH	potentiel d'Hydrogène

Liste des abréviations

REUE	Réutilisation des Eaux Usées Epurées
Roth	Bouillon à l'azide de sodium
S/C	Simple concentration
SF	Streptocoque Fécaux
SO₄	Sulfate
ST	Streptocoque Totaux
STEP	station d'épuration des eaux usées
TDS	Taux des sels dissous
TGEA	Tryptone Glucose Extract Agar
UFC	Unité Formant Colonie
UV	Ultraviolets
VF	Viande de foie

Introduction générale

L'eau est un élément vital et indispensable pour une vie normale, elle couvre 70% de la planète, et joue un rôle important dans tous les cycles biogéochimiques des éléments. Les besoins en eau sont alors élargies ce qu'à évoqué en revanche un énorme problème menaçant la nature et l'homme de façon générale.

La pollution par les eaux usées issues de différentes activités humaines que ce soit domestiques ou industrielles demeurent un problème de santé publique. Le contrôle biologique de ces eaux est cependant devenu impératif car il peut dans certains cas éviter de grandes catastrophes.

L'eau usée peut contenir différents polluants nécessitant dans tous les cas un traitement pour des raisons sanitaires. Les premiers réseaux d'évacuation des eaux usées remontent à l'antiquité.

Les premiers systèmes de traitement de ces eaux ont vu le jour au environ du 19ème siècle où les premiers objectifs étaient alors sanitaires, hygiéniques et l'amélioration du confort. La prise de conscience écologiste des années 70-80 a permis de prendre en compte l'impact environnemental des eaux usées où l'idée était d'éliminer de nombreux polluants chimiques, dont certains étaient encore inconnus.

Cependant de nombreux progrès restent encore à faire. Les méthodes de traitements sont en constante évolution afin de répondre de manière spécifique au contexte dans lequel les stations de traitement s'insèrent. [37]

Ce travail a pour objectif de déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux utilisées dans des industries alimentaires et de voir l'impact de ces eaux sur l'environnement.

Nous avons choisi donc la conserverie Amor Ben Amor et la Laiterie El Safia, dans la wilaya de Guelma comme sites d'étude.

Pour cela nous avons mené notre travail comme suit :

Un premier chapitre comportant des généralités sur les eaux usées industrielles et leurs impacts sur l'environnement et la santé, tout en abordant les différents procédés d'épuration de ces eaux.

Le second chapitre est consacré à la présentation du cadre géographique ainsi que le cycle de l'eau dans les deux usines.

La méthodologie et le matériel utilisés pour la détermination de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de ces stations sont présentés dans le troisième chapitre.

Le quatrième chapitre aborde la discussion des résultats obtenus.

Enfin une conclusion générale.

1. Introduction

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, altérées par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être donc traitées avant toute réutilisation ou injection dans les milieux naturels récepteurs. [70] C'est pourquoi, dans un souci de respect de ces différents milieux naturels récepteurs, des traitements d'abattement ou d'élimination de ce polluant sont effectués sur tous les effluents urbains ou industriels. ces traitement peuvent être réalisés de manière collective dans une station d'épuration ou de manière individuelle également par des procédés intensifs ou extensifs. [58]

2. Définition de l'eau usée

Ramade (2000) définit les eaux usées comme étant des eaux ayant été utilisées pour des usages domestiques, industriels ou même agricole, constituant donc un effluent pollué et qui sont rejetées dans un émissaire d'égout.

Les eaux usées regroupent les eaux usées domestiques (de vanne et ménagères), agricoles, de ruissellement et les effluents industriels (eaux usées des usines).

2.1. Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux de vanne (urines et matières fécales). [8]

Les eaux usées domestiques contiennent des matières minérales et des matières organiques. Les matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.) et les matières organiques constituées de composés ternaires, tels que les sucres et les graisses (formés de carbone, oxygène et hydrogène, mais aussi d'azote et, dans certains cas, d'autres corps tels que soufre, phosphore, fer, etc.). [76]

2.2. Les eaux usées urbaines

Les eaux usées urbaines comprennent les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours).

Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sortes de déchets minéraux et organiques : de la terre, des limons, des boues, des silts, des sables, des déchets végétaux (herbes, pailles, feuilles, graines, etc.) et toutes sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides venant des jardins, détergents utilisés pour le lavage des cours, des voies publiques, des automobiles, débris microscopique de caoutchouc venant de l'usure des pneumatiques des véhicules. Plomb venant du plomb tétra éthyle contenu dans l'essence, retombées diverses de l'atmosphère, provenant notamment des cheminées domestiques et des cheminées d'usines. [24]

2.3. Les eaux pluviales

L'eau de pluie ou eau météorique est l'eau provenant des précipitations atmosphériques et qui ne s'est pas encore chargée de substances solubles provenant de la terre. Une eau de pluie est dénommée eau pluviale après avoir touché le sol, et qu'elle ruisselle sur les surfaces la réceptionnant. [48]

2.4. Les eaux usées agricoles

Les eaux usées des établissements agricoles concernent toutes les eaux impropres à la consommation ayant fait l'objet d'une utilisation ou ayant subi une transformation, et qui proviennent directement ou indirectement de leurs activités.

Dans le cas d'un établissement d'élevage ces eaux comprennent :

- les eaux de lavage du matériel de traite et du réservoir à lait ;
- les eaux de lavage du pis (vache, chèvre, brebis) ;
- les eaux d'évier ;
- les eaux utilisées lors du nettoyage des planchers, des installations, des instruments et des camions de transport. [36]

2.5. Les eaux usées industrielles

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales: blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, etc.

La variété des eaux usées industrielles est très grande. Certains de ces eaux sont toxiques pour la flore et la faune aquatiques, ou pour l'homme. Il faut bien distinguer les eaux résiduaires et les liquides résiduaires de certaines industries. [13]

Les eaux résiduaires sont celles qui ont été utilisées dans des circuits de réfrigération, qui ont servi à nettoyer ou laver des appareils, des machines, des installations, des matières premières ou des produits d'une usine, ou qui ont servi à retenir des poussières de fumées ; elles peuvent contenir des substances chimiques utilisées au cours des fabrications. Les liquides résiduaires sont des liquides résultant des fabrications ; c'est le cas des solutions de produits chimiques, des solutions de sous-produits, c'est le cas des liquides acides provenant de la vidange des cuves de décapage des métaux. [27]

Selon **Baumont et al., (2004)**, les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement :

- ils sont directement rejetés dans le réseau domestique ;
- ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique ;
- ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel.

3. Composition des eaux usées

La composition des eaux usées, est extrêmement variable en fonction de leur origine. Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux microorganismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes: les matières en suspension, les micro-organismes, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives. [8]

3.1. Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension sont en majeure partie de nature biodégradable. La plus grande part des microorganismes pathogènes contenus dans les eaux usées est transportée par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures. [28]

3.2. Les micropolluants organiques et non organiques

Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées. La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion. C'est la contamination par voie indirecte qui est généralement préoccupante. Ainsi, certains micropolluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées. Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire et une concentration de ces polluants dans les organismes. [8]

3.2.1. Éléments traces

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées sont extrêmement nombreux ; les plus abondants (de l'ordre de quelques $\mu\text{g/l}$) sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb.

Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) Sont présents à l'état de traces. [19]

Certains éléments traces, peu nombreux, sont reconnus nécessaires, en très faibles quantités, au développement des végétaux : le bore, le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre et le molybdène. L'irrigation, à partir d'eaux usées, va apporter ces éléments. [28]

3.2.2. Les micropolluants organiques

Les micropolluants d'origine organique sont extrêmement nombreux et variés, ce qui rend difficile l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique de détergents, pesticides, solvants, et également des eaux pluviales : eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier, etc.

Ils peuvent aussi provenir de rejets industriels quand ceux-ci sont déversés dans les égouts ou même des traitements de désinfections des effluents par le chlore. [83]

3.3.3. Les substances nutritives

L'azote, le phosphore, le potassium, et les oligo-éléments, le zinc, le bore et le soufre, indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables par rapport aux besoins de la végétation, dans les eaux usées épurées ou non. [28]

3.4. Qualité microbiologique

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. [8]

3.4.1. Les virus

Ce sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte.

Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le Coronavirus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation. [22]

On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines comprise entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel.

Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal ; parmi les virus entériques humains les plus importants, il faut citer les entérovirus (exemple : polio), les rota virus, les retro virus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A. [5]

3.4.2. Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 μm . La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ 10¹² bactéries/g. [5]

Les eaux usées urbaines contiennent environ 10⁶ à 10⁷ bactéries/100 ml dont 10⁵ proteus et entérobactéries, 10³ à 10⁴ streptocoques et 10² à 10³ clostridiums.

Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonellas dont on connaît plusieurs centaines de sérotypes différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermotolérants. [28]

3.4.3. Les protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries. La plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites, c'est-à-dire qu'ils se développent aux dépens de leur hôte.

Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées. [8] Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoebahistolytica*, responsable de la dysenterie amibienne et *Giardia lamblia*. [5]

3.4.4. Les helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites. La concentration en œufs d'helminthes dans les eaux usées est de l'ordre de 10 à 10³ œufs/l. Il faut citer, notamment, *Ascaris lumbricades*, *Oxyurisvermicularis*, *Trichuristrichuria*, *Taeniasaginata*. [22]

Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres, ce sont les œufs. [28]

Les œufs d'helminthes sont très résistants et peuvent notamment survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois sur les sols ou les plantes cultivées. [8]

4. Impacts des eaux usées sur l'environnement et la santé

4.1. Sur la nutrition Minérale des plantes

L'épandage des boues résiduaires, ou l'irrigation par les eaux usées provoque notamment une augmentation de la concentration des sols en éléments minéraux nutritifs essentiels pour le développement des végétaux (l'azote, le phosphore et le potassium). [21]

4.2. Sur la croissance des végétaux

Les apports répétés des eaux usées sur le sol agricole plusieurs fois provoquent une augmentation de la concentration des sols en éléments nutritifs et par conséquent, ils favorisent une croissance importante des végétaux (Annexe1). [21]

4.3. Sur la santé humaine

L'eau, ressource naturelle indispensable à la vie, est aussi devenue, de manière directe ou indirecte, la première cause de mortalité et de maladie au monde. L'inégalité dans la répartition des ressources en eau associée à la dégradation de la qualité de l'eau engendrent de grands problèmes de santé. Ainsi, dans les pays en développement, 80 % des maladies sont dues à l'eau, un Africain sur deux souffre d'une maladie hydrique. [38]

5. Les maladies à transmission hydrique

Les maladies à transmission hydrique (MTH), sont à l'origine de la mortalité élevée des populations des pays en voie de développement. L'eau contaminée par les microorganismes est une source d'infections très importante. [56] Ces micro-organismes pathogènes peuvent survivre quelques jours, semaines ou mois dans le sol ou sur des terres en culture sur lesquels des eaux usées auraient été déversées.

Les risques à la santé liés à ces agents sont principalement des infections entériques. Certains agents microbiens peuvent causer des infections respiratoires, cutanées, oculaires ou encore plus sévèrement, occasionner une hépatite.

Selon le type de micro-organismes, la dose infectieuse, les voies d'exposition aux agents infectieux, nécessaires pour provoquer la maladie, est très variable. En général, la dose nécessaire est plus faible dans le cas des virus et des protozoaires qu'avec les bactéries. Ainsi, l'ingestion de 1 à 10 particules virales ou de quelques kystes de protozoaires peut provoquer la maladie alors qu'une concentration de 10^3 à 10^6 organismes est nécessaire dans le cas de certaines bactéries. [25]

6. La nécessité de l'épuration

L'épuration des eaux est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau potable.

Les caractéristiques d'une station d'épuration et le degré de traitement doivent être tels que l'effluent n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène et de la salubrité publique et d'une façon générale, avec les exigences des diverses utilisations ou activités (alimentation en eau des hommes et des animaux, utilisation agricole ou industrielles, production piscicole ou production de coquillages, navigation, baignades et autres activités sportives). [32]

7. Procédés d'épuration des eaux usées

7.1. Prétraitement

En tête d'une station d'épuration, ces procédés permettent de retenir les matières volumineuses grâce à des grilles (dégrillage), les sables (dessablage), les matières flottantes grossières (écumage) et les liquides moins denses que l'eau (désuilage). Les déchets solides peuvent être déchiquetés (dilacération) par des « pompes dilacératrices », cette opération facilitant leur dispersion. [24]

7.2. Le traitement primaire

Le traitement s'effectue par voie physico-chimique et a pour but d'extraire le maximum de matières en suspension et de matières organiques facilement décantables. Trois voies de traitement sont possibles : La décantation (processus physique), la flottation (processus physique), la décantation associée à l'utilisation d'un coagulant- flocculant (voie physicochimique).

Durant la phase de traitement primaire, une quantité importante de la pollution totale est éliminée (abattement des matières en suspension pouvant atteindre 90 % et de la demande biochimique en oxygène de l'ordre de 35 % . [17]

La DCO et la concentration en azote peuvent également être réduits durant cette phase de traitement. Les matières solides extraites représentent ce que l'on appelle les boues primaires. [7]

7.3. Traitement secondaire (traitement biologique)

Enlèvement des matières organiques solubles et des matières en suspension des eaux usées traitées primaires. Les procédés d'épuration secondaire (ou biologique) comprennent des procédés biologiques, naturels ou artificiels, faisant intervenir des microorganismes aérobies pour décomposer les matières organiques dissoutes ou finement dispersées.

La dégradation peut se réaliser par voie aérobie (en présence d'oxygène) ou anaérobie (en l'absence d'oxygène). [24]

7.3.1.1es Boues activés

Une station de traitement par boues activées comprend dans tous les cas - un bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mise en contact avec la masse bactérienne épuratrice, - un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation de l'eau épurée et de la culture bactérienne,

- un dispositif de recirculation assurant le retour vers le bassin d'aération de la boue biologique récupérée dans le clarificateur. Cela permet de maintenir dans ce bassin la quantité(ou concentration) de micro-organismes nécessaire pour assurer le niveau d'épuration recherché,

-un dispositif d'extraction et d'évacuation des boues en excès, c'est-à-dire du surplus De culture bactérienne synthétisée en permanence à partir du substrat ;

- un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération ;
- un dispositif de brassage de ce même bassin, afin d'assurer au mieux le contact entre les cellules bactériennes et la nourriture. [6]

7.3.2. Lit bactérien

Le principe de fonctionnement d'un lit bactérien consiste à faire ruisseler les eaux usées, préalablement décantées sur une masse de matériaux poreux ou caverneux qui sert de support aux micro-organismes (bactéries) épurateurs.

Une aération est pratiquée soit par tirage naturel soit par ventilation forcée. Il s'agit d'apporter l'oxygène nécessaire au maintien des bactéries aérobies en bon état de fonctionnement. Les matières polluantes contenues dans l'eau et l'oxygène de l'air diffusent, à contre-courant, à travers le film biologique jusqu'aux micro-organismes assimilateurs. Le film biologique comporte des bactéries aérobies à la surface et des bactéries anaérobies près du fond. Les sous-produits et le gaz carbonique produits par l'épuration s'évacuent dans les fluides liquides et gazeux. Le rendement maximum de cette technique est de 80 % d'élimination de la DBO₅. [6]

7.3.3. Lagunage

C'est une technique biologique d'épuration des eaux usées. Il se présente comme une succession de bassins (minimum 2 et généralement 3) peu profonds (le plus souvent rectangulaires) dits lagunes. La surface et la profondeur de ces lagunes influencent le type de traitement (aérobie ou anaérobie) et confèrent un rôle particulier à chacune d'entre-elles. L'épuration par lagunage consiste à faire passer des effluents d'eau usée par écoulement gravitaire de lagune en lagune où la pollution est dégradée par :

- L'activité bactérienne ;
- L'activité photosynthétique et l'assimilation des substances minérales ;
- Le pouvoir germicide de la lumière et de certaines algues. [77]

7.4. Traitement tertiaire

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation des eaux usées épurées (REUE), les eaux

usées nécessitent des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les microorganismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires. Ce ne sont pas des traitements d'épuration « classiques » (mis à part le lagunage) ; par contre ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable. [27]

7.4.1. Traitement bactériologique par rayonnement UV

Le traitement par rayons ultraviolets utilise des lampes à mercure disposées parallèlement ou perpendiculairement au flux d'eau. Leur rayonnement s'attaque directement aux microorganismes. Ce traitement est très simple à mettre en œuvre, car il n'y a ni stockage, ni manipulation de substances chimiques et les caractéristiques chimiques de l'effluent ne sont pas modifiées. La durée d'exposition nécessaire est très courte (20 à 30 s).

7.4.2. Traitement par voie physico-chimique

Le traitement tertiaire inclut un ou plusieurs des processus suivants :

- désinfection par le chlore ou l'ozone (pour éliminer les germes pathogènes).
- neutralisation des métaux en solution dans l'eau : en faisant varier le pH de l'eau dans certaines plages, on obtient une décantation de ces polluants.

7.4.3. Traitement des odeurs

Les premières phases du traitement, le dégrillage, le dessablage/déshuilage et la phase anaérobie du traitement biologique sont généralement confinées dans des bâtiments plus ou moins étanches afin que les mauvaises odeurs ne se répandent pas dans l'environnement de la station. Ce qui provoquerait des nuisances olfactives inacceptables par les riverains. Cet air nauséabond est collecté et traité. Il passe par trois tours de lavage : une d'acide sulfurique (H₂SO₄), une de Javel et une de soude. [2]

8. La réutilisation des eaux usées

8.1. Les modes de réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées est répandue dans le monde entier avec plusieurs types de valorisations. Il existe des milliers de projets de réutilisation des eaux Usées.

On peut distinguer cinq catégories de réutilisation :

- réutilisation pour l'irrigation : cultures fourragères ou maraîchères, céréales, prairies, etc. ;
- réutilisation industrielle : circuit de refroidissement, construction, papeteries, industries textiles, etc... ;
- réutilisation en zone urbaine : lutte contre l'incendie, lavage de voirie, recyclage des eaux usées d'un immeuble, arrosage de parcs, golfs, cimetières, etc...
- la production d'eau potable ;
- la recharge de la nappe phréatique. [6]

8.2 Réutilisation des eaux usées épurées en Algérie

En Algérie, 60 % des eaux usées traitées sont rejetées soit loin des périmètres d'irrigation et des barrages soit en mer, ce qui rend leur réutilisation en irrigation peu rentable. Ainsi, seulement 240 millions de m³ sont potentiellement utilisables en irrigation en raison de la localisation des points de rejet. [33]

Un programme de réalisation et de modernisation d'ouvrages de traitement destinés à la réutilisation des eaux usées en irrigation est actuellement mis en œuvre. [60]

Le ratio entre la réutilisation des eaux usées et l'affectation des ressources permet d'estimer la contribution de la réutilisation des eaux usées en irrigation. Cette contribution est de 13,37 % dans le cas de la région hydrographique Chelif Zahrez, de 21,4 % dans la région hydrographique Constantine-Seybouse-Mellegue, et de 34,92 % dans la région hydrographique Oranie Chott Chergui. Cette dernière est nettement déficitaire en pluviométrie par rapport aux autres régions du Nord algérien (400mm/an environ). La composante réutilisation des eaux usées en irrigation devient même prépondérante avec un ratio de 45%, voire 100% dans le cas du périmètre de Mléta dans la région de l'Oranie de l'Ouest algérien. [33]

9. Différents types de ressources en eau d'une entreprise alimentaire

Une entreprise alimentaire peut être approvisionnée par différents types et sources d'eau

- L'eau provenant du réseau de distribution publique.
- L'eau extraite d'un puits.
- L'eau fournie à partir de camions citernes.
- L'eau provenant d'autres ressources, telles la collecte des eaux de pluie, le recyclage des eaux usées ou des eaux de surface traitées. [49]

Cette eau est utilisées pour :

- fabriquer les produits (eaux de procédé), soit en l'utilisant directement comme matière première incorporée dans un produit fini (pour la fabrication des jus de fruits par exemple), soit en la faisant intervenir dans le procédé de fabrication,
- refroidir les machines (eaux de refroidissement),
- nettoyer les installations (eaux de lavage),
- l'hygiène des employés (eaux sanitaires). [78]

Le présent travail a été élaboré dans des usines fabriquant des produits alimentaires, à savoir la Conserverie Amor Ben Amor et La laiterie El Safia demeurant respectivement dans les régions Bouati Mahmoud et El Fedjouj Wilaya de Guelma où on a effectué un stage de courte durée pendant le mois de Mars 2017.

Le présent chapitre comporte donc la situation géographique, ainsi que les différentes utilisations des eaux dans ces usines, depuis l'entrée jusqu' à ce que cette eau soit rejetée dans la nature.

1. La conserverie Amor Ben Amor

1.1 Présentation de la conserverie Amor Ben Amor (CAB)

Elle est située à l'Est d'Algérie, dans la wilaya de Guelma, commune de BOUATI Mahmoud à 21 km de chef-lieu de la wilaya (Figure 1).

Fondé en 1984, l'unité Amor Ben Amor est l'une des conserveries les plus connues à travers le territoire national, par la présence de ses produits de la bonne qualité dans le marché et qui assure environ 50% de la production nationale en conserves de tomates industrielle. Elle est spécialisée dans la production de la tomate concentrée sous plusieurs formes, les piments (HARISSA), confiture d'abricot. La première production de ces produits a commencé en 1986.



Figure 1 : Situation géographique de la conserverie (CAB) (Google earth, 2017).

1.2. Utilisation de l'eau dans la conserverie CAB

L'eau dans cette industrie est utilisée essentiellement pour :

- Le lavage de matière première (tomate, abricot, poivre).
- Le nettoyage du matériel et de sol.
- L'eau osmosée pour l'alimentation des chaudières et le refroidissement des conserveries
- La dilution des produits semi finis.
- Elle est la source essentielle de la chaleur qui est le moyen de cuisson dans cette usine.

1.3. Traitement de l'eau brute dans l'usine

Le traitement de l'eau usée venant d'oued Bouati utilisée dans la conserverie se fait en plusieurs étapes. Ce traitement a pour objectif de débarrasser l'eau de certaines matières organiques, matières solides, organismes pathogènes et autres polluants, La prise de l'eau d'une étape à l'autre se fait par des pompes surpresseurs.

Un traitement primaire commence Après la collecte de l'eau dans deux bassins d'accumulation de 1200 m³.

1.3.1. Le prétraitement

Les prétraitements sont appliqués aux eaux chargées en particules de grande taille susceptibles de perturber la mise en œuvre des traitements ultérieurs. [39]

Le dégrillage

A son entrée dans la station de traitement, l'eau passe à travers des grilles (filtre autonettoyant) qui arrêtent les corps flottants et les gros déchets comme les (feuilles, branches, emballages plastiques...) (Figure 2).



Figure 2 : Filtre autonettoyant (CAB, 2017).

1.3.2. Clarification : coagulation / floculation et décantation

Toutes ces étapes se passent dans un décanteur (Figure 3).

Les produits chimiques injectés dans le décanteur sont : l'eau de javel, la soude, un agent coagulant et un agent floculant.

Les traitements physico-chimiques qui se déroulent dans le décanteur permettent d'agglomérer (la matière en suspension, poussières...) par injection d'agent coagulant (sulfate d'alumine) et floculant (polymère). Le mélange de tous ces produits se fait à l'aide d'un agitateur. Les floes formés peuvent être séparés de l'eau par décantation au fond du décanteur.

Le phénomène d'abattement des matières en suspension peut atteindre, dans ce cas, 85% [40]. L'eau issue de cette opération est donc stockée dans des grands réservoirs (T07).



Figure 3 : Décanteur «Bassin de la floculation-coagulation » (CAB, 2017).

1.3.3. La filtration par sable

C'est une étape très importante pour éliminer la matière en suspension ; L'eau traverse une épaisse couche de sable qui arrête les dernières petites impuretés visibles. [41]

Le filtre se compose de trois couches de sable de taille et de densité différente ; quand l'eau traverse le filtre la matière en suspension se fixe dans les couches de sable.

Au niveau de cette station il existe quatre filtres à sable. Deux de ces derniers sont d'une capacité de 1200 m³ (Figure 4), et les deux autres sont d'une capacité de 2400m³ (figure 5). Après le traitement de filtration à sable, une partie de l'eau clarifiée est stockée dans un bac blanc de 350m³ et le reste passe à l'ultrafiltration.



Figure 4 : Filtres à sable de 1200 m³
(CAB, 2017)



Figure 5 : Filtres à sable de 2400 m³
(CAB, 2017)

1.3.4. L'ultrafiltration

Une membrane d'ultrafiltration se présente sous la forme d'une fibre creuse de moins d'un millimètre de diamètre. Elles sont composées d'une matière de type poreuse, avec des pores d'une taille maximale de 0,01 µm, soit 10000 fois plus fins qu'un cheveu humain.

La filtration est de type externe-interne, ce qui signifie que l'eau filtrée sera prélevée à l'intérieur des fibres creuses. Les matières en suspension, les micro-organismes et les virus sont parfaitement retenus sur la surface externe des fibres. [42]

La paroi des membranes agit comme un filtre pour toutes les particules de taille supérieure à 0,01 microns comme les algues, bactéries, virus, germes et molécules organiques. Après l'ultrafiltration l'eau est stockée dans un back noir de 20000 m³, En plus de l'injection continue d'eau de Javel dans le back (figure 6).



Figure 6 : Appareille de l'ultrafiltration (CAB, 2017).

1.3.5. Déferrisation et démanganisation

Le fer et le manganèse sont souvent à l'origine, indirectement, de certaines maladies. En effet, le fer donne une coloration de rouille à l'eau qui peut tâcher le linge, les sanitaires ou bien encore les produits issus de l'industrie agro-alimentaire. Le fer donne aussi un goût métallique à l'eau rendant désagréable sa consommation. Il peut aussi être à l'origine de corrosion des canalisations dû au développement de micro-organismes, les Ferro bactéries. [43]

Le déferrisateur contient une résine qui capte le fer et le manganèse, puis l'eau est stockée dans des bassins fermés pour l'accumulation. Des quantités de chlore sont injectées dans ces bassins.

1.3.6. Filtration par charbon actif / stérilisation par UV

Une partie de l'eau potable passe à travers un filtre à charbon actif. Ce dernier est composé de grains de charbon actif, Qui retient des substances organiques et non polaires comme les huiles minérales, odeur, gout, levures, puis l'eau traverse une lampe d'UV pour l'élimination totale de tous les micro-organismes. Cette eau est utilisée dans la dilution des produits semi-finis. [A11]

1.3.7. L'adoucissement

Les adoucisseurs d'eau sont des appareils agissant sur la composition physico-chimique de l'eau, en réduisant le calcium et le magnésium responsables de l'entartrage. [80]

1.3.8. L'osmosement

L'osmoseur fonctionne par système d'osmose inverse : l'eau subit une pression très forte et passe à travers une membrane poreuse qui retient toutes les particules en suspension et ne laisse passer que les molécules d'eau. L'osmoseur réduit de 98% de teneur en sels minéraux. [47]

Le schéma suivant illustre toutes les étapes de traitements des eaux dans l'usine

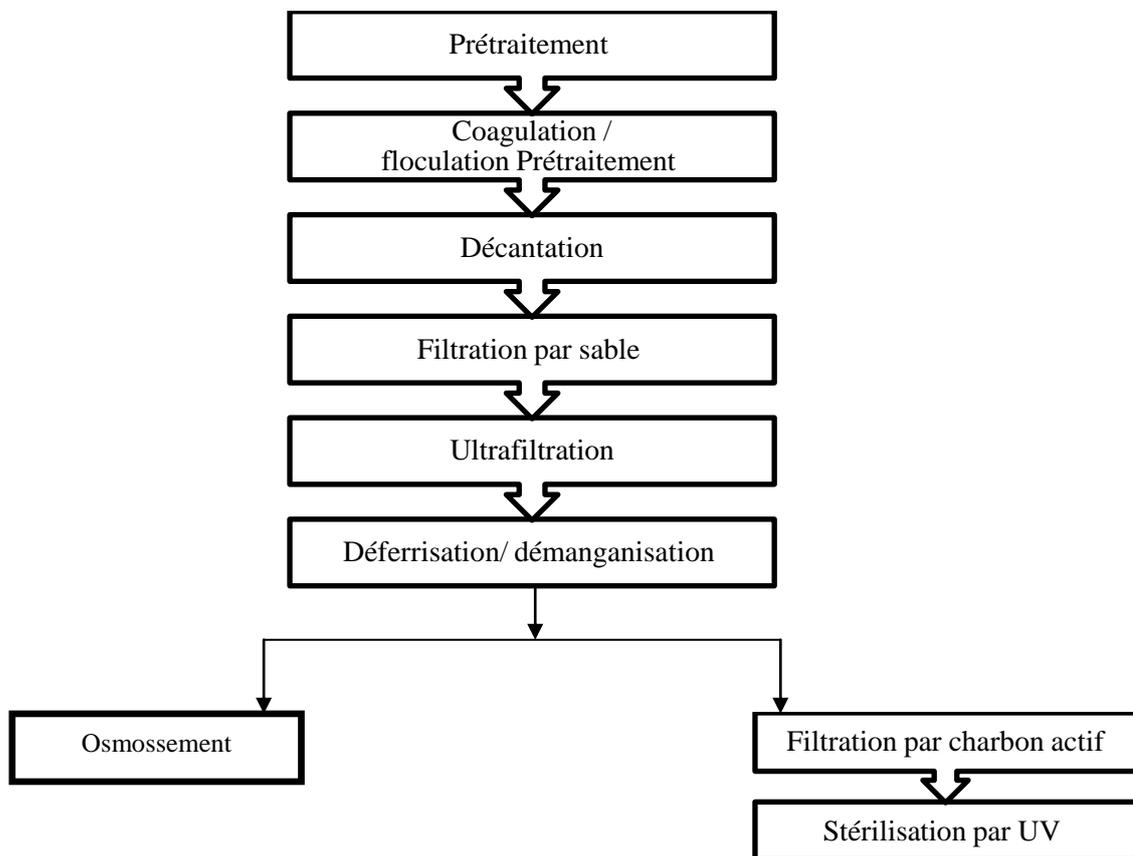


Figure7 : Système de traitement des eaux brutes dans la conserverie Amor Ben Amor.

1.4. Traitement de l'eau de rejets

L'objectif d'épuration des eaux usées est l'obtention d'une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets édictées par la législation (annexe 1), et pouvant par suite être évacuée sans danger du point de vue du risque pour la santé humaine et l'environnement.

Une STEP généralement placée à l'extrémité aval d'un réseau est conçue pour épurer les eaux usées et limiter l'apport en excès de matière organique et dans certains cas, de substances minérales telles les nitrates et les phosphates. [79] Pour cette raison La conserverie a installé une station d'épuration à la sortie de l'usine (Figure 8).

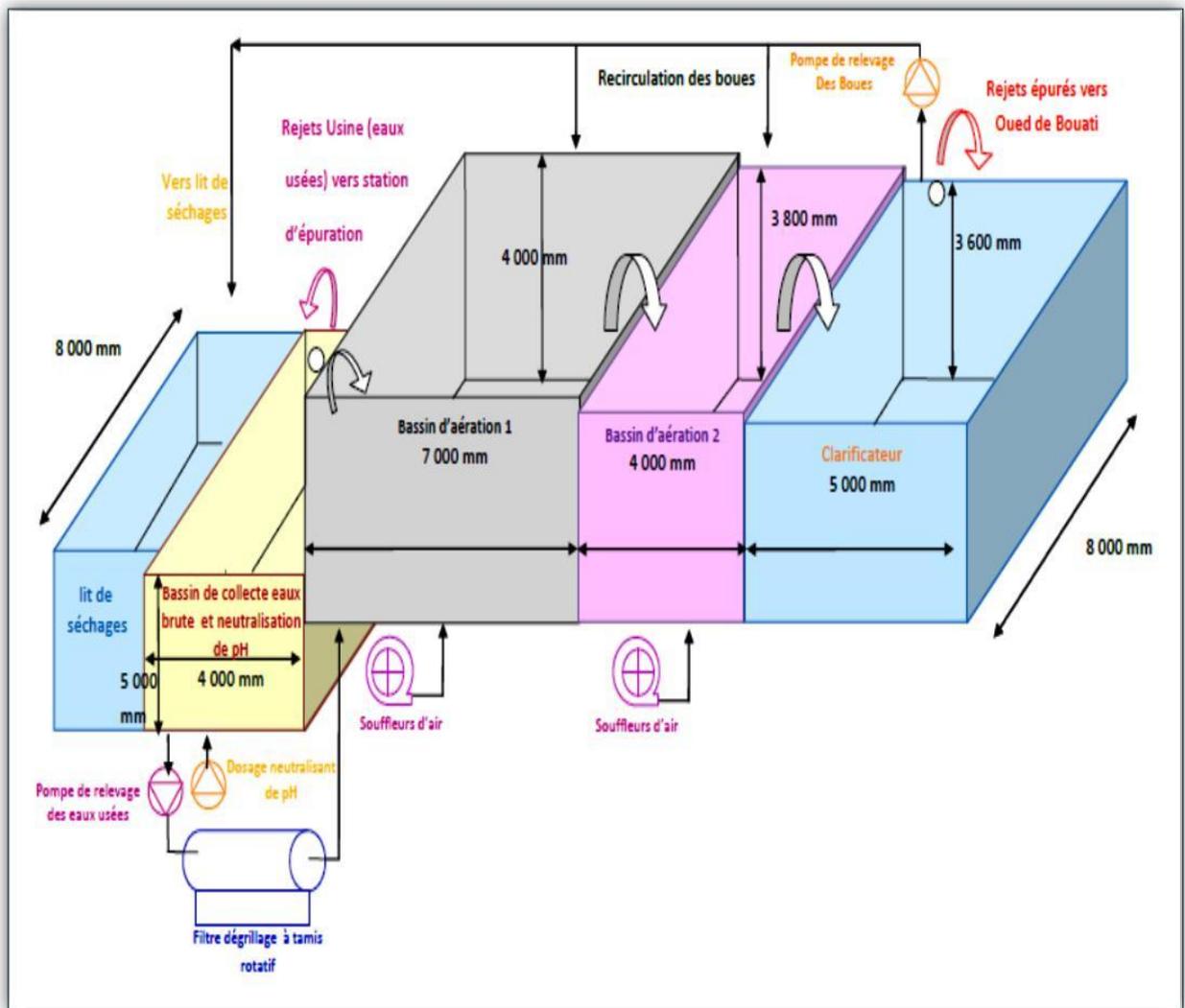


Figure 8: Schéma de la station d'épuration de l'eau de rejet dans la CAB (CAB, 2017).

1.4.1. Filtration

Cette étape permet de retenir les particules volumineuses (les plastiques, les branches, etc.) grâce à un filtre dégrilleur qui ne sont pas éliminés par un traitement biologique. L'eau filtrée est ensuite envoyée vers un bassin biologique (Figure 9).



Figure9 : filtre dégrilleur (CAB, 2017).

1.4.2. L'accumulation /aération

Le procédé d'épuration par boue activée consiste à mettre en contact les eaux usées avec les micro-organismes en suspension dans un bassin d'aération 1 et le bassin d'aération 2, avec un soufflage continu de l'oxygène à l'aide d'un souffleur d'air (figure 10).

Dans le bassin d'aération les micro-organismes s'agglomèrent sous forme de flocons et se développent en utilisant la pollution comme substrat nécessaire à la production d'énergie et à la synthèse de nouvelles cellules vivantes. [6]



Figure10 : Photo des souffleurs (CAB, 2017).

1.4.3. Clarification

Après un temps de contact suffisant, la boue activée est envoyée dans un clarificateur, destiné à séparer l'eau épurée des boues. Une partie de ces dernières sont recyclées dans les bassins d'aération pour y maintenir une concentration suffisante en bactéries épuratrices. L'excédent (boues activée en excès) est extrait du système et évacué vers le lit de séchage. [58]

Le Lit de séchage d'une longueur de 8000 mm, utilisé pour le séchage et le stockage des boues en excès. En suite la boue est destinée à la valorisation agricole.

2. LA laiteries El Safia Laiteries

2.1. Présentation de la Laiteries El Safia

L'unité El Safia est située à l'Est d'Algérie, dans la wilaya de Guelma, commune de El Fedjoudj (à 8,4 km de chef-lieu de la wilaya) (Figure 11). C'est l'une des laiteries les plus connues dans la wilaya de Guelma,

La laiterie El Safia est une petite unité fondée en janvier 2012 par le gérant Abidi Karim dans le domaine agro-alimentaire qui est spécialisées dans la production de LAIT et L'BEN à une capacité de production de 6000 litre/heures.



Figure 11 : Situation géographique de la Laiterie El Safia. (Google earth, 2017)

2.2. Utilisation de l'eau dans la Laiterie El Safia

L'eau est utilisée comme :

- Ingrédient dans la fabrication du lait.
- Eau potable.
- Lavage des appareils nettoyage du sol.

2.3. Traitement de l'eau

L'eau est un composé très important pour l'usine d'El Safia Pour cette raison l'eau subit plusieurs traitements pour assurer une qualité supérieure du lait et protéger la santé des consommateurs.

2.4. Etapes de Traitement de l'eau

La source principale de l'eau utilisée dans l'usine est l'eau de robinet qui est stockée dans un bassin de 100m³ est ensuite envoyée vers la première étape de traitement.

2.4.1. L'adoucissement

Les adoucisseurs d'eau sont des appareils agissant sur la composition physico-chimique de l'eau, en réduisant le calcium et le magnésium responsables de l'entartrage. L'eau à adoucir circule à travers des résines échangeuses d'ions (résines cationiques fortes) qui vont échanger le calcium et/ou le magnésium par du sodium. À la sortie de l'appareil, l'eau est devenue douce. Ils doivent être installés sur la canalisation d'eau froide destinée à la production d'eau chaude sanitaire (Figure 12). [81]



Figure 12 : Photo des adoucisseurs (SAFIA, 2017).

2.4.2. Filtration par charbon actif

Ce processus physico chimique est utilisé dans les filières d'eau pour fixer les substances difficile à éliminer par un traitement classique et pour éliminer les substances humiques (responsable de la couleur), les goûts, les odeurs, les phénols, ainsi que plusieurs substances toxiques non biodégradables. [29]

Le charbon actif élimine les impuretés de l'eau en les fixant et en les faisant s'accumuler à sa surface (figure 13). C'est pourquoi une grande surface par unité de volume et forme poreuse constituent des caractéristiques essentielles d'un bon adsorbant. [29]



Figure 13 : photo de charbon actif (SAFIA, 2017).

2.4.3. Stérilisation par ultraviolet

La stérilisation par ultraviolet élimine tous les micro-organismes qui pourraient être dangereux pour notre santé.

La technique de stérilisation de l'eau par UV est de plus en plus utilisée par les particuliers qui souhaitent améliorer le goût de l'eau du robinet et la traiter contre les microbes, virus et bactéries potentiels (figure 14). [58]

L'eau traitée est ensuite stockée dans une grande cuve en inox avant d'être utilisée comme ingrédient dans la fabrication du lait.



Figur14 : photo de l'appareille de UV

La laiterie El Safia ne possède pas une station d'épuration des eaux usées. Toutes les eaux issues de cette unité alimentaire sont rejetées directement dans l'assainissement domestique sans traitement.

Dans cette partie nous avons essayé de donner un bref aperçu sur les deux unités agro-alimentaires et la description de leur situation géographique ainsi que du cycle de l'eau dans la chaîne de fabrication.

Dans ce chapitre nous décrivons les différentes méthodes, ainsi que le matériel utilisé pour la réalisation de ce travail.

Cette partie pratique a été réalisée pendant le mois de Mars 2017, au niveau du laboratoire de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Guelma et des deux laboratoires des unités industrielles. La partie bactériologique a été élaborée au niveau du laboratoire de microbiologie de la Faculté SNV/STU, Université de Guelma.

1. Prélèvement des échantillons

1.1. Prélèvement pour l'analyse physico-chimique

Pour l'échantillonnage physico-chimique, nous avons utilisé des flacons en plastique (polyéthylène) d'un volume de un litre. Les éléments physiques à savoir : La température, le pH, La Conductivité électrique et l'oxygène dissous, ont été mesurés in situ pour éviter toutes modifications. Le reste des échantillons destinés à l'analyse chimique ont été transportés au laboratoire dans une glacière à une température de 4°C.

1.2. Prélèvement pour l'analyse bactériologique

Les prélèvements destinés à l'analyse microbiologiques ont été réalisé dans des flacons en verre de 250 ml munis d'un bouchon à vis métallique.

Avant l'usage, ces flacons sont soigneusement lavés, puis rincés avec une eau déminéralisée car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique. Les flacons sont séchés à l'abri de l'air puis bouchés. La verrerie lavée est ensuite stérilisé à la chaleur sèche (four Pasteur) à une température comprise entre 170 et 175 °C, Pendant une heure.

2. Enregistrement et étiquetage des échantillons

Les flacons sont clairement étiquetés avant les prélèvements et accompagnés de renseignements descriptifs précis ; le nom du site, la date, l'heure et l'ordre de prélèvement, pour éviter toute confusion.

3. Points de prélèvement

Le prélèvement de l'eau commence après avoir effectué un choix de ce dernier. Pour la conserverie Amor Ben Amor, nous avons choisis quatre points ; à l'entrée de l'usine (l'eau brute); après traitement, l'eau de rejets avant épuration et l'eau de rejets après épuration (Figure15). Dans la laiterie El Safia on a pris trois points : à l'entrée; après traitement et l'eau de rejets (Figure 16).

3.1. Point de prélèvement de la Conserverie Amor Ben Amor

Eau brute (P1) : Qui est pompée directement de l'oued Bouaati et stockée dans des bassins d'accumulation d'une capacité de 1200m³

Eau traitée (P2) : C'est de l'eau brute qui est passée par tous les procédés de traitement dans l'usine.

Eau de rejet avant épuration (P3) : C'est toutes les eaux de l'usine rejetées après différentes utilisations, avant qu'elles subissent une épuration.

Eau de rejet après épuration (P4) : C'est l'eau de rejet après sortie de la station d'épuration de l'usine.

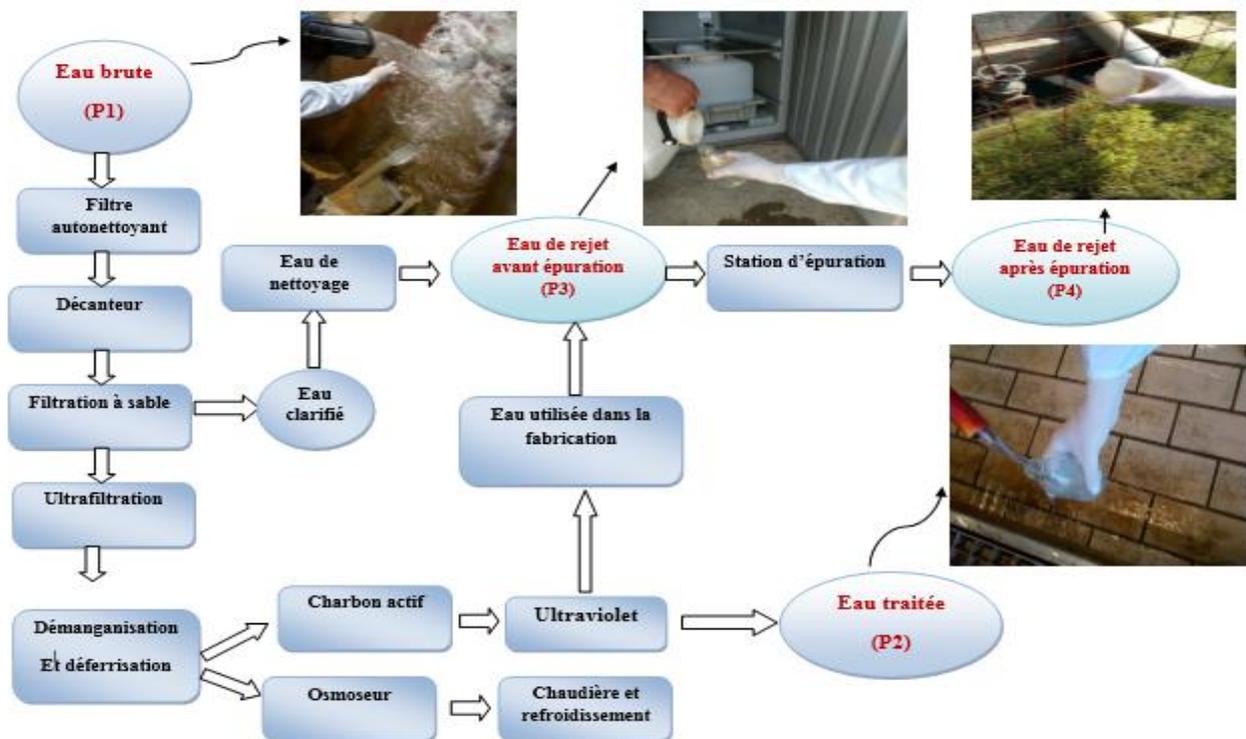


Figure15 : Disposition des points de prélèvement dans la CAB Guelma (Mars, 2017).

3.2. Point de prélèvement de la laiterie El Safia

Eau de réservoir(P1) : C'est de l'eau de robinet stockée une bache à eau

Eau traitée(P2) : Eau qui a subi un traitement dans l'usine.

Eau de rejet(P3) : Eau rejeté directement dans l'environnement sans épuration aucune.

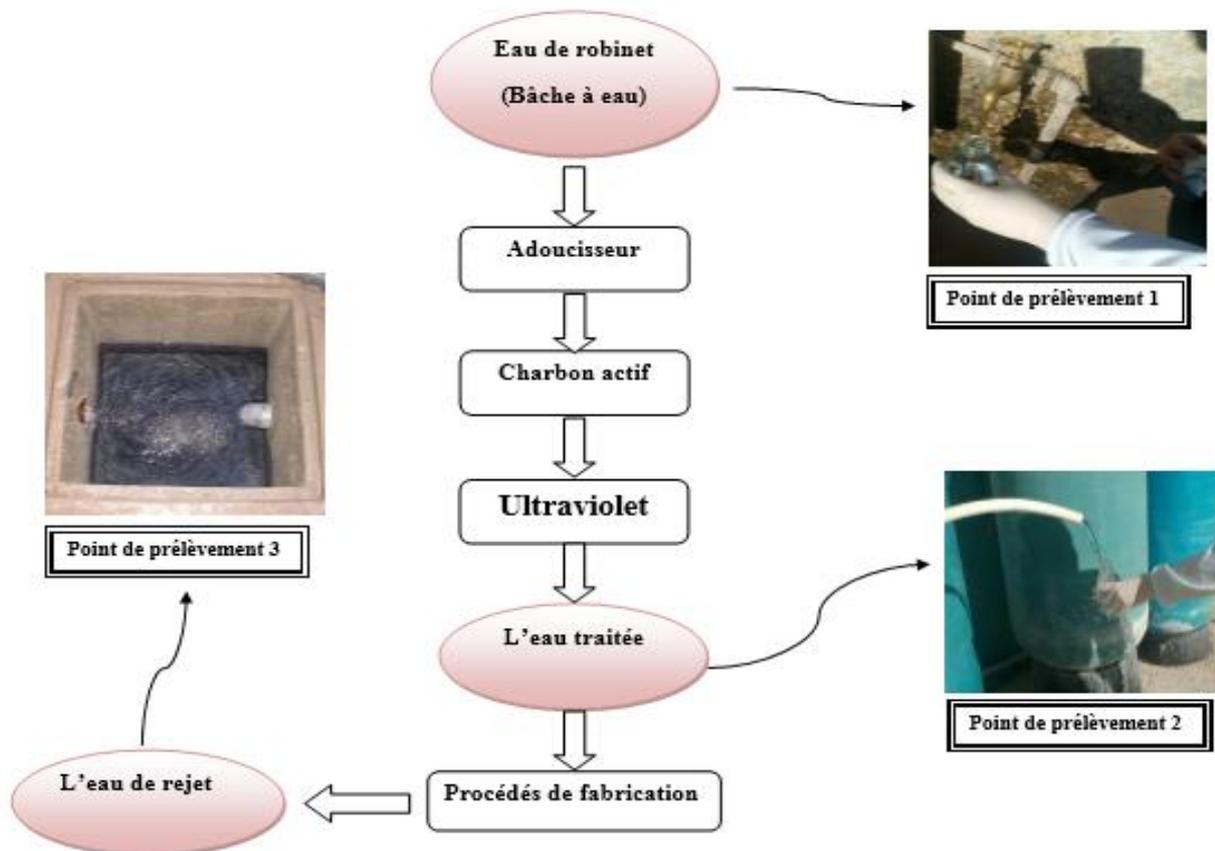


Figure 16 : Disposition des points de prélèvement dans la laiterie El Safia Guelma (Mars, 2017).

4. Analyses physico-chimique

4.1. Paramètre physique

4.1.1. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH mesure la concentration en ions H^+ . Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau. [18]

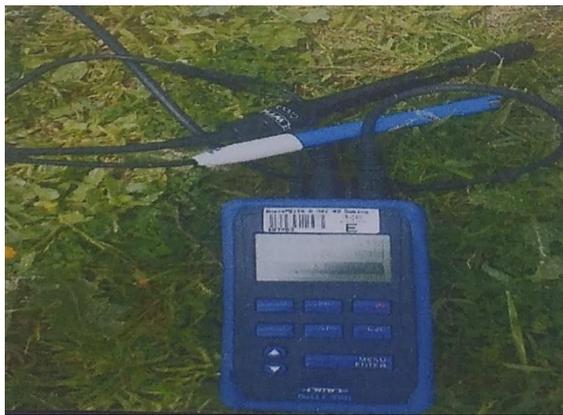


Figure 17 : Multi paramètres de (WTW, 350 i).

- **Mode opératoire**

Le pH a été mesuré directement sur le terrain à l'aide d'un multi-paramètre Multi paramètres de type WTW 350 i.

4.1.1. La température (T)

La température est le paramètre le plus important dans les analyses de l'eau. Elle a une influence directe sur le comportement de différentes substances contenues dans l'eau et à une grande influence sur l'activité biologique. [7]

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. [68]

- **Mode opératoire**

La mesure de la température est effectuée sur le terrain à l'aide d'un Multi paramètres de type WTW 350 i (figure 17) .Nous lisons directement la température exprimée en degré Celsius (C°).

4.1.2. La conductivité électrique (CE)

La conductivité mesure la capacité de l'eau à courir entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, elle s'exprime en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Annexe2). [75]

- **Mode opératoire**

-Rincer plusieurs fois l'électrode de Conductimètre avec l'eau distillée.

-Plonger l'électrode dans le Bicher qui contient l'eau à examiner, en confirmant que l'électrode soit complètement immergée.

-La valeur de conductivité s'affiche directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

4.1.3. Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il conditionne la vie des microorganismes aquatiques et généralement le fonctionnement de cet écosystème. La diminution de sa teneur génère un milieu favorable à la fermentation et aux dégagements d'odeurs. Sa solubilité est en fonction de la température, la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. [68] La mesure de l'oxygène dissous (mg/l ou en % saturation) est importante car elle permet de fournir des informations concernant la dégradation de substances organiques (réactions biochimiques), la provenance de l'eau, la mobilisation potentielle de certains métaux, etc. [74]

- **Mode opératoire**

La détermination de l'oxygène dissous (O_2) est réalisée au terrain à l'aide d'un multi paramètres portatif Multi paramètres de type WTW 350 i. La méthode de mesure se base sur l'électrolyse se produisant entre une anode en argent et une cathode en or.

4.2. Paramètres chimiques

4.2.1. Les éléments majeurs

4.2.1.1. Le Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches sous forme des carbonates, composant majeurs de la dureté de l'eau et qui est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur est liée directement à la nature géologique des terrains traversés. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, de chlorures, etc...[68] La présence des ions de calcium dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution de formations gypseuses CaSO_4 et la dissolution des formations carbonatées CaCO_3 . [71]

L'influence de calcium sur la santé de l'individu a été souvent discutée. Cependant, les chercheurs et les études statistiques ont montré qu'il n'y aurait pas de relation dose effet avec la teneur de cet élément dans l'eau. Les eaux potables, de bonne qualité, renferment de 100 à 140 mg/l de calcium soit 150 à 200mg/l en CaO ou 250 à 350 mg/l en CaCO_3 . [68]

- **Mode opératoire**

Méthode titrimétrie à l'EDTA

A l'aide d'une pipette, introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250ml. Ajouter 3 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et 2 à 3 gouttes de la solution de bleu d'ériochrome. La solution doit se colorer en rouge foncé ou violet. Titrer immédiatement avec l'EDTA jusqu'au virage du violet au bleu.

4.2.1.2. Le Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est l'un des éléments le plus répandu dans la nature ; il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre. La plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau. [68]

Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium (Magnésite et dolomites). Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. [23]

- **Mode opératoire**

Méthode par calcul

Le magnésium est estimé par la différence entre la dureté et le calcium exprimés en $\text{CaCO}_3\text{mg/l}$. [68]

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

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

4.2.1.3. Le Sodium (Na^+)

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois, les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500 mg/l et même au de là. Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir :

- De l'altération des minéraux silicatés, échanges de cations avec les minéraux argileux ou des substances organiques ;
- Des retombées d'origine marine, de la venue d'eaux salées dans les nappes aquifères;
- Des rejets des eaux usées, ainsi que l'épandage des engrais chimiques qui augmentent aussi les concentrations en sodium;
- Des nombreux usages industriels;
- Des apports atmosphériques, etc... [68]

4.2.1.4. Le Potassium (K^+)

Le potassium provient de l'altération des formations silicatées des argiles potassiques, de certains rejets industriels et de la dissolution des engrais chimiques (NPK). Sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l. [68]

- **Mode opératoire de (Na⁺) et (K⁺)**

Le sodium et le potassium sont dosés par spectrophotométrie d'émission de flamme. Lorsque les atomes d'un élément sont excités par une flamme, ils émettent des photons de longueur d'onde déterminée dont l'intensité peut être mesurée par spectrophotométrie. [67]

4.2.1.5. chlorure (Cl⁻)

La présence de chlorures dans l'eau peut avoir pour origine le lessivage de terrains traverses. En concentration excessive dans l'eau, les chlorures rendent celle-ci corrosive pour les ouvrages de distribution et nocive pour les plantes leur apparition brusque dans l'eau de consommation est un indice de pollution. [73]

- **Mode opératoire**

- Analyses à faire à la suite du dosage de l'alcalinité TA-TAC sur le même échantillon.
- Ajouter quelques gouttes d'indicateur pour chlorures, la solution devient jaune.
- Titre gouttes à gouttes avec la liqueur Argémétrique N/50 présent dans la pipette de 10 ml munie de la propipette jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre persistante (précipité rouge brique)
- soit N le nombre de ml de liqueur argémétrique versé pour l'obtention de cette coloration.

4.2.1.6. Les sulfates (SO₄²⁻)

La concentration en ions de sulfates des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre être largement dépassé et peut atteindre jusqu'à 300 mg/l dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est très élevé. La combustion des produits fossiles (charbon, fuel) et l'utilisation des hydrocarbures émettant des composés soufrés contribuent à la formation des pluies acides avec une augmentation de la teneur en sulfates et sous l'action de bactéries sulfite - réductrices, peuvent se former des sulfures donnant lieu à des précipités de sulfure de fer dans certains terrains contenant des sulfures métalliques (fer, cuivre... etc.). [64]

- **Principe**

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi stabilisé à l'aide d'une solution de "Tween 20" ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.

- **Mode opératoire**

Introduire 39 ml d'eau à analyser dans un tube à essai, ajouter 1 ml d'acide chlorhydrique au 1/10 et 5 ml de la solution de chlorure de baryum. Agiter énergiquement et laisser reposer 15 minutes. Agiter de nouveau et faire les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 650 nm. [45]

4.2.1.7. Bicarbonates (HCO_3^-)

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique. La concentration des bicarbonates est calculée selon la relation suivante :

$$[\text{HCO}_3^-] = \text{TAC (F}^\circ) \times 12, 2. [68]$$

TAC: Alcalinité totale

$$1 \text{ F}^\circ = 10 \text{ mg/l}$$

4.3. Paramètre indicateurs de la pollution

4.3.1. La demande chimique en oxygène (DCO)

C'est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables par voie chimique dans les conditions opératoire définies. [10]

En fait, la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau, qu'elles soient d'origine organique ou minérale (chlorure, sulfure, fer ferreux, nitrite et ammoniac). La DCO est fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives et des possibilités de l'oxydation.

- **Mode opératoire**

-Introduire 10 ml d'échantillon dans le tube à réaction,

- Ajouter 5 ml de dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) et quelques billes de verre a fin de régulariser l'ébullition,
- Ajouter lentement 15 ml de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) en milieu sulfurique,
- Installer le tube à réaction dans le port-tube et mettre l'ensemble dans le bloce chauffant,
- Connecter correctement le réfrigérant à air au tube à réaction,
- Enclencher l'interrupteur en position 1,
- Vérifie sur l'afficheur que le chiffre inscrit sous « PR » est 1 (c'est-à-dire le programme n°1 composé de palier n°1 à 150° pendant 30 mn et palier n°2 à 170) pendant 60 mn.
- Sortir le porte-tubes et le poser sur le support de refroidissement,
- Attendre 15 mn et rincer le réfrigérant toujours connecter au tube à réaction avec 75 ml d'eau distillée,
- Laisser refroidir jusqu'à une température ambiante,
- Transvaser ensuite le contenu du tube à réaction dans un erlenmeyer de 500 ml et doser par le sel de Mohr [$(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ à 0.12 mol/l] en présence de 2 gouttes de ferroïne,
- Un essai à blanc est réalisé dans les mêmes conditions de travail que l'échantillon en remplaçant l'échantillon par l'eau distillée.



Figure 18: Appareil de l'analyse de la DCO.

4.3.2. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO)

C'est la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivant pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau usée. Par convention, la DBO est la valeur obtenue après 5 jours d'incubation : DBO₅. L'essai normalisé prévoit un ensemencement microbien à l'aide d'eau usée domestique, d'une eau de rivière ou d'un effluent de station et une incubation à 20°C. Dans le cas des eaux usées industrielles, l'ensemencement microbien, la durée d'incubation, la toxicité et la nitrification sont des facteurs pouvant influencer la DBO et doivent par conséquent être particulièrement pris en considération. [26] La DBO est le meilleur indicateur de pollution organique et peut beaucoup varier au cours de la journée.

- **Mode opératoire**

-Préparer l'eau de dilution par le mélange de 5 ml de la solution phosphates + 10 ml de la solution saline (les deux solutions sont préparées précédemment) + 1L d'eau distillée.

-Aérer la solution obtenue pendant 3 heures jusqu'à ce qu'elle contienne environ 8 mg/l d'oxygène en prenant toutes précautions utiles pour ne pas la contaminer par l'addition de matières organiques ou de métaux. Le jour de l'utilisation, ajouter 5 ml d'eau d'ensemencement à cette solution,

-Diluer l'échantillon avec de l'eau de dilution. Le rapport de dilution est celui indiqué par la mesure de l'oxydation au permanganate,

-Vérifier que le pH obtenu est compris entre 6 et 8 avant d'ajuster le volume, amener le pH à une valeur voisine de 7 (la neutralité) par l'addition d'acide sulfurique ou de soude (NaOH), Doser l'oxygène dissous dans le mélange,

-Remplir complètement un flacon en verre à colle rodé avec ce mélange en veillant à ce qu'il ne reste aucune bulle d'air à l'intérieur,

-Pratiquer un essai témoin en dosant l'oxygène dissous dans l'eau de dilution, conserver les flacons à 20°C ± 1° dans l'obscurité, mesurer l'oxygène dissout subsistant au bout de 5 jours.



Figure 19 : Appareil de l'analyse de DBO.

4.3.3. Les matières en suspension(M.E.S)

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau : elles sont le résultat de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des travaux et des rejets, ect...

Des teneurs élevées peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous et limiter le développement de la vie aquatique. Les normes en vigueur préconise que les matières en suspension doivent être absentes dans l'eau destinée à la consommation humaine. [53]

- **Mode opératoire**

Principe

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

- **Matériel spécial**

-Dispositif de filtration sous vide ou sous pression (rampe) et membranes de filtration.

- **Mode opératoire**

- ✓ Mettre les membranes filtrantes dans une étuve à 105°C pendant 20minute
- ✓ Laisser refroidir dans le dessiccateur.
- ✓ Ensuite les pesée : soit p_1 =poids des membranes avant filtration.
- ✓ Placer les membranes dans la rampe à filtration et faire passer 200ml d'eau à analyser a travers.
- ✓ Rendre les membranes à l'étuve (à105°C) a fin de sécher pendant 20minutes.

- ✓ Les laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une deuxième fois soit p2= poids des membranes après filtration. [68]

5. L'analyse microbiologique

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celle qui est susceptibles d'être pathogènes, soit celles qui sont indicatrices de contamination fécales.

L'analyse débute par l'acte de prélèvement qui doit mettre en œuvre des méthodes assurant l'absence de contamination et la survie bactérienne. Sont indiquées ensuite les méthodes générales d'examen bactériologique des eaux suivies des recherches de bactéries indicatrices de pollution et d'efficacités de traitement puis des bactéries spécifiques pathogènes. [46]

- **Les coliformes**

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatif, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présences de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37°C. [54]

Les coliformes totaux sont utilisés comme indicateur de pollution d'origine organique. [57]

- **Les coliformes fécaux**

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capable de fermenter le lactose à une température de 44°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E. coli*), dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*. [70]

La bactérie *E. coli* représente toute fois 80 à 90% des coliformes fécaux détectés bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale. [4]

Les *Escherichia coli* ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à une température comprise entre $42 \pm 2^\circ\text{C}$. [12]

- **Les streptocoques fécaux**

Les Streptocoques fécaux ou Streptocoques du groupe D de la classification de Lancefield, se présentent sous forme de Cocci à Gram⁺, sphériques à ovoïdes formant des chaînettes, ne possédant pas de catalase mais possédant l'antigène du groupe D.

Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium en donnant des colonies caractéristiques réduisant le TTC et qui de plus hydrolysent l'esculine en 48 heures à 44°C. [35]

Ces streptocoques du groupe D (Entérocoques) sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale. [59]

5.1. Matériel utilisé pour l'analyse microbiologique

Nous avons utilisé pour le prélèvement des flacons en verre stériles. Au laboratoire, le matériel classique d'un laboratoire de bactériologie : des étuves à 37 et à 22°C, un bain Marie, des boîtes de Pétri, anse de platine, pipette Pasteur, bec Bunsen, ainsi que plusieurs réactifs :

BCPL (S/C), BCPL (D/C), le milieu Schubert, Roth (S/C), Roth (D/C), Eva Litsky, Alune de fer, gélose TGEA, sulfite de sodium (Na₂SO₃), Gélose VF, Gélose TGEA.

5.2. Méthodes d'analyses bactériologiques de l'eau

L'étude de la variation de la population bactérienne globale, le dénombrement et la recherche des bactéries d'origine fécale et la recherche des bactéries pathogènes sont les grandes lignes des analyses bactériologiques des eaux. [30]

5.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux avec identification d'*Escherichia coli* en milieu liquide

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'*E. coli* ont été effectués par la méthode de nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie.

Cette technique présente des avantages par rapport à la technique de dénombrement sur plaque :

- Elle permet d'analyser des quantités importantes d'eau.
- Elle est plus favorable à la multiplication des microorganismes fragiles que la culture sur support solide. [66]

➤ **Mode opératoire**

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes thermotolérants et des *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

-Le test de présomption : réservé à la recherche des coliformes.

-Le test de confirmation : réservé à la recherche des coliformes fécaux et thermo tolérant et d'*Escherichia coli* à partir des tubes positifs du test de présomption. [20]

• **Test de présomption**

Il effectué en utilisant le bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol simple concentration (BCPL S/C). Tous les tubes sont munis de cloches de Durham pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu. [59]

Après avoir bien homogénéisé l'échantillon afin d'obtenir une répartition homogène des microorganismes, nous avons réalisé trois dilutions décimales successives (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) avec trois répétitions par dilution. Les dilutions sont toujours effectuées dans des conditions aseptiques.

- Prélever 1ml d'eau à analyser à l'aide d'une pipette pasteur stérile et la porte dans le premier tube de la série contenant 9ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-1} (Figure 20).

- Nous prélevons 1ml de la dilution 10^{-1} précédente et l'ajouter à un tube contenant 9ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-2} .

- Transférer 1ml de la dilution 10^{-2} dans un tube contenant 9ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-3} .

- Refera la technique pour les 2 autres séries.

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

-L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures. [69]

- **Lecture**

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

-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).

-La production de gaz traduite par le soulèvement de la cloche de Durham introduit dans le milieu (au moins 1/10 de la cloche devra être vide). [72]

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. (Figure 20).

Noter le nombre de tubes positifs dans chaque série, et se reporter aux tables NPP (Annexe1) qui figure en annexe, pour obtenir le nombre de coliformes totaux présents dans 1ml. [59]

- **Test de confirmation**

Le test de confirmation est basé sur la recherche de Coliformes thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'Escherichia coli.

Les coliformes thermo-tolérant 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 méthyl,

- ne produit pas de l'acétyl méthyl carbinol,

- 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 dans tube contenant le milieu Schubert (milieu indole mannitol) muni d'une cloche de Durham.

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

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

- **Lecture**

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

- un dégagement gazeux,
- un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole (anneau rouge en surface) par *Escherichia Coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kowacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (Annexe1) en tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44°C, pendant 24heures (Figure 20). [52]

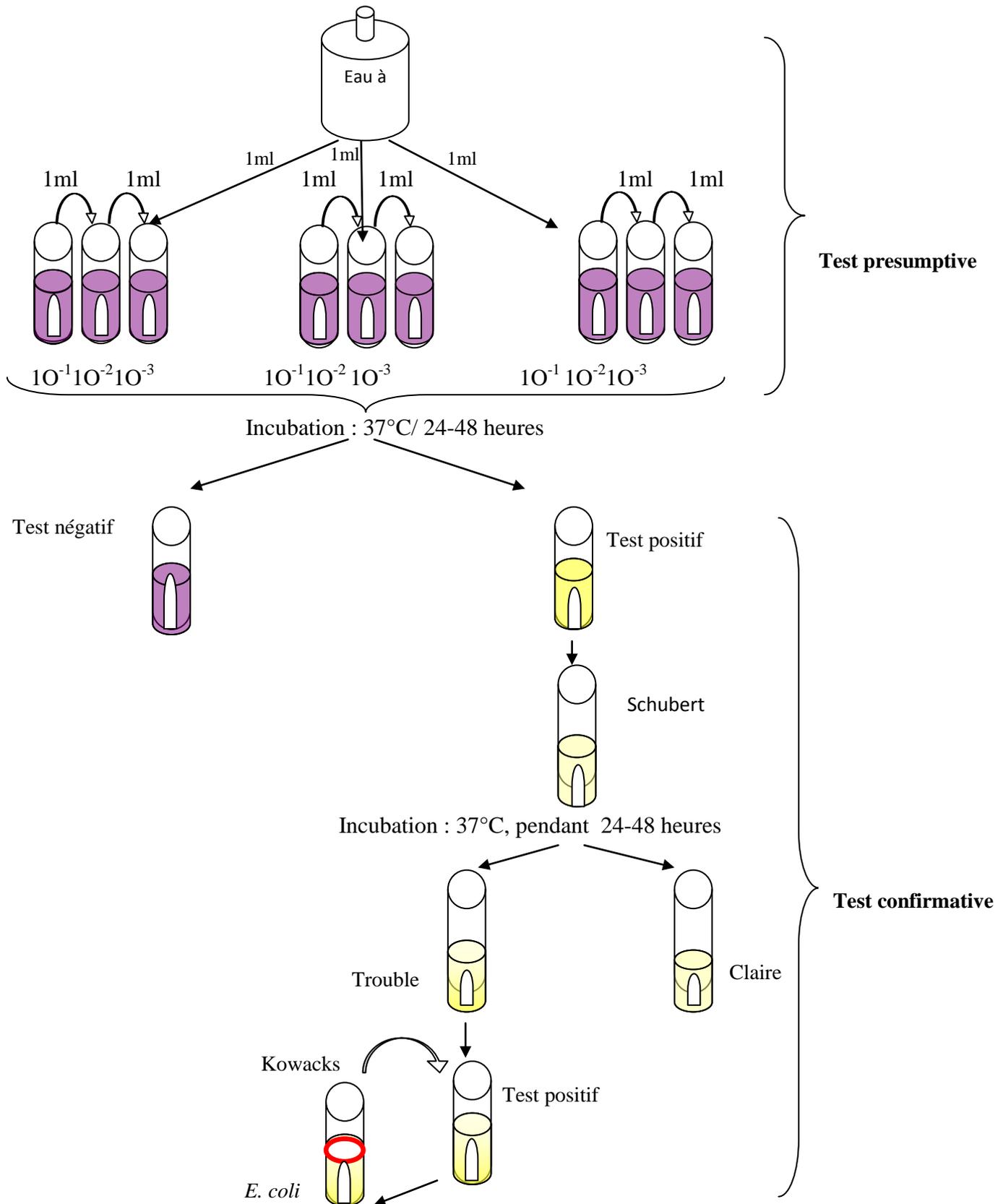


Figure 19 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux en milieu liquide. (NPP).

5.2.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques: méthode générale par ensemencement en milieu liquide

Cette méthode de référence, consiste en la recherche et le dénombrement des entérocoques intestinaux ou streptocoques du groupe « D » de la classification de Lancefield, nommés aussi streptocoques fécaux dans les eaux. [57]

- **Mode opératoire**

Tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et le dénombrement des streptocoques du groupe « D » dans les eaux, en milieu liquide, se fait en deux étapes consécutives :

- Le test de présomption: réservé à la recherche présomptive des Streptocoques.
- Le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des Streptocoques du groupe « D ». [20]

- **Teste de présomption**

-La recherche se fait en bouillon Roth S/C (bouillon à l'acide de sodium simple concentration). [14]

- A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 1 ml dans un tube contenant 9 ml de milieu Rothe S/C pour obtenir la dilution 10^{-1} .

- Prélevé 1 ml de tube précédent 10^{-1} et mettre dans le second tube Rothe pour avoir la dilution 10^{-2} .

- Transférer 1 ml de la dilution 10^{-2} dans un tube contenant 9 ml de milieu Rothe S/C, pour obtenir la dilution 10^{-3} .

- Refaire la technique pour les 2 autres séries.

- L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures. [11]

Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien.

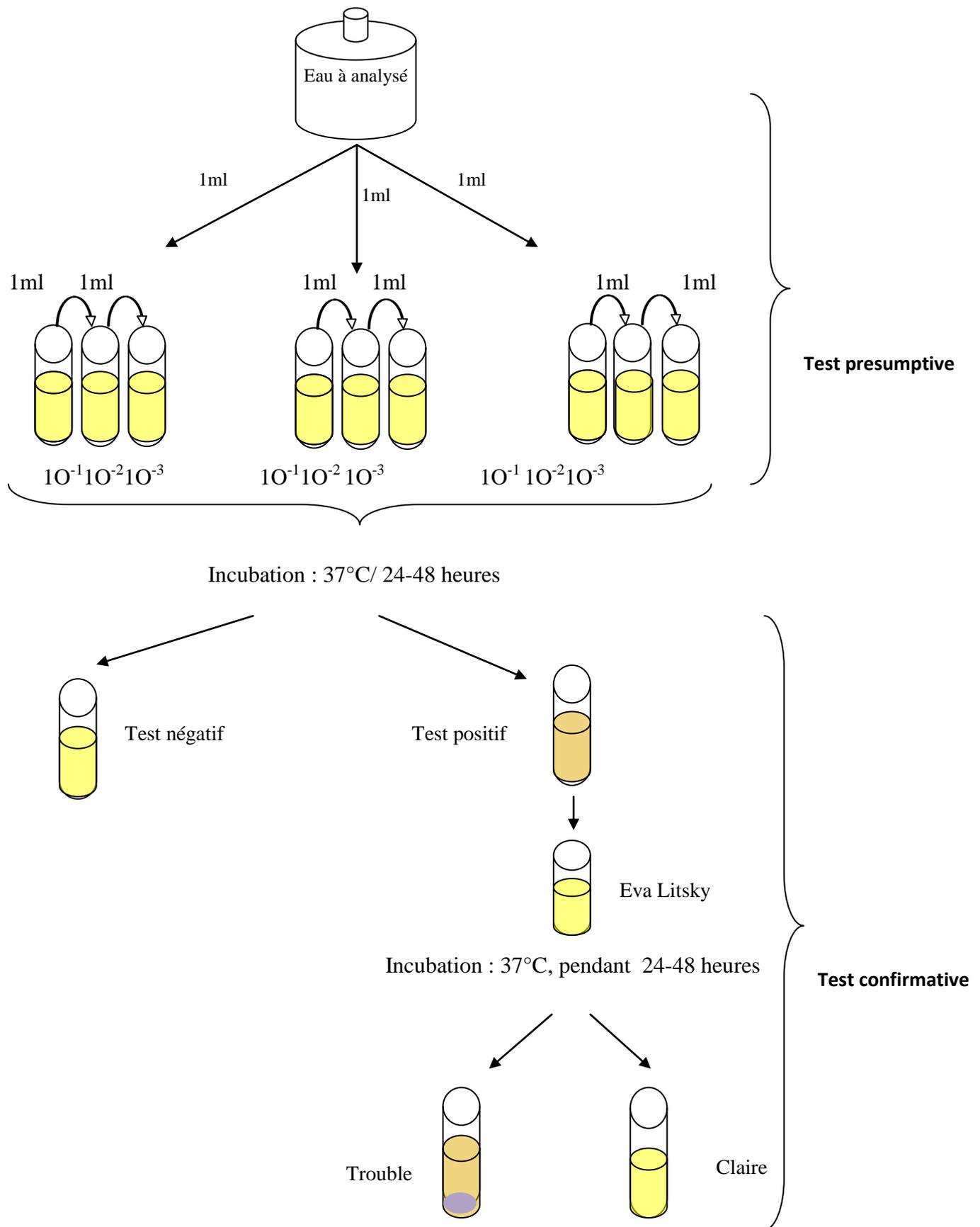


Figure 21 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux en milieu liquide.

• Teste de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des Streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. La présence de streptocoques se traduit par un trouble plus ou moins important et la formation d'une pastille violette au fond du tube.

[70]

Les tubes de Rothe trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage dans tube contenant le milieu Eva Litsky (bouillon à l'éthyle violet et aide de sodium), L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C, pendant 24 heures. (Figure 21).

• Lecture

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

- un trouble microbien, et
- une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes. (Roux, 2003).

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (Annexe 1). [54]

5.2.3. Recherche et dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices (Méthode par incorporation en gélose en tubes profonds)

Cette méthode consiste à rechercher, et dénombrer les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices et de clostridium sulfito-réducteurs dans les eaux, par incorporation en gélose en tubes profonds. [57]

Définition

On entend par bactéries anaérobies sulfito-réductrices des bactéries qui se présentent sous forme de bacilles à Gram positif et qui en se développant à une température de $36 \pm 2^\circ\text{C}$ en 24 à 48 heures en gélose profonde de type gélose Tryptose Sulfite Cyclosérine ou Tryptose Sulfite Néomycine ou encore gélose Viande Foie, donnent des colonies caractéristiques qui sont de couleur blanche entourées d'une auréole noire. Cette dernière est le témoin de la réduction du sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne Fe S (sulfure de fer) de couleur noire. [63]

La présence de spores de bactéries ASR dans les eaux, sans flore d'accompagnement, constitue généralement un véritable indice de contamination ancienne. [54]

- **Mode opératoire**

A partir de l'eau à analyser :

- Transférer environ 25 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 75 °C pendant 15 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes. Un autre flacon rempli d'une autre eau servira de témoin de température.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le flacon destiné à l'analyse, sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.
- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à $47 \pm 1^\circ\text{C}$, additionnée de leurs additifs spécifiques.
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant d'introduire des bulles d'air et de l'oxygène.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$, pendant 44 ± 4 heures. [52]

- **Lecture et interprétation**

La première lecture doit être absolument faite à 16 heures car très souvent les spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont envahissantes sinon on se trouvera en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de 10^{-1} voire 10^{-2} . La deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à 48 heures.

Dénombrer toutes colonies noires de 0,5 mm de diamètre, ayant poussé en masse et rapporter le nombre total des colonies dans les quatre tubes à 20 ml d'eau à analyser (figure 22). [52]

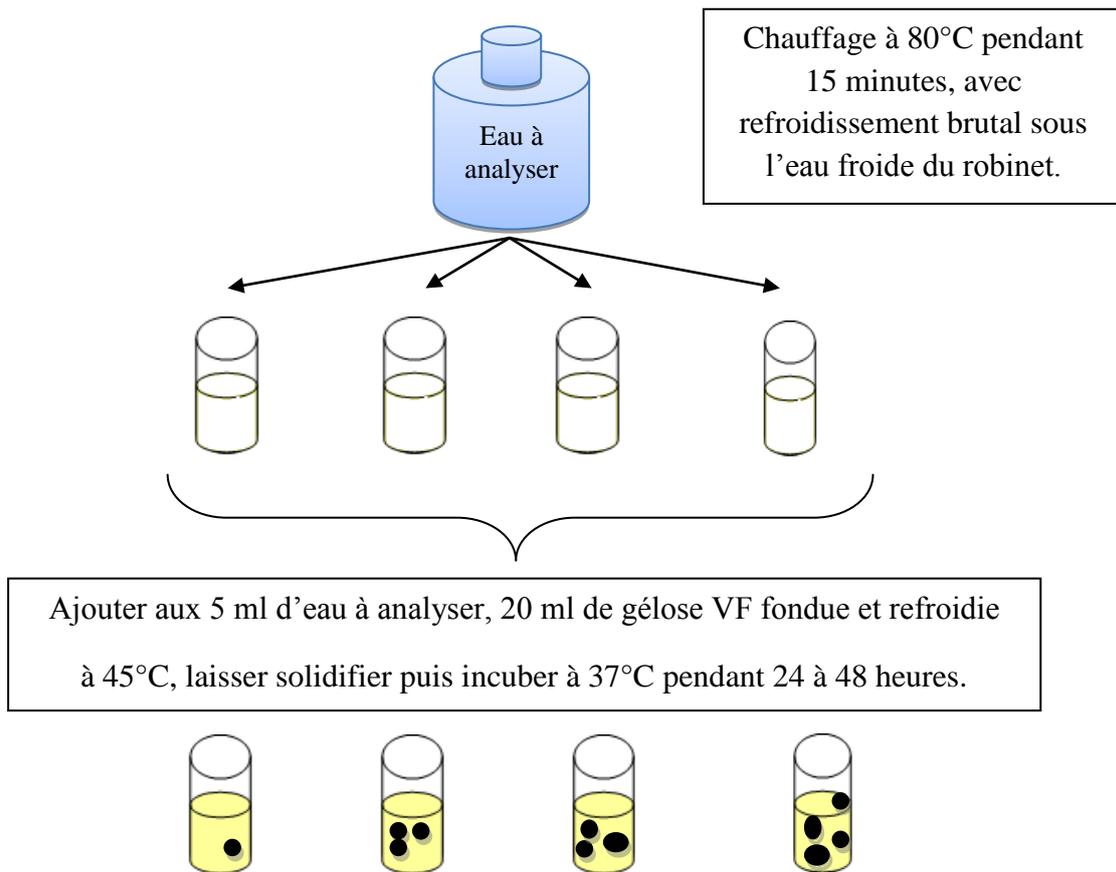


Figure 22: Recherche et dénombrement des spores de bactérie anaérobie sulfite-réductrices (ASR).

5.2.4. Recherche et dénombrement des germes revivifiables

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler à la fois les microorganismes à tendance psychrophiles soit à 22°C et ceux mésophiles soit 37°C. [66]

- **Mode opératoire**

-A partir de l'eau à analyser (solution mère), porter aseptiquement 1 ml en double dans le fond de deux boîtes de Pétri vides, numérotées et préparées à cet usage comme l'indique la (Figure 23). Compléter en suite avec environ 15 à 20 ml de gélose TGEA fondue, maintenue à 45°C.

-Agiter doucement par un mouvement circulaire et de va-et-vient en forme "8" pour assurer un mélange homogène de l'eau et de la gélose, sans faire de bulles d'air et sans mouiller les bords de la boîte.

Le milieu doit être coulé 10 minutes au plus tard après reproduction de l'eau à analyser, laisser solidifier sur la pailasse, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de la même gélose. Retourner les boîtes et incuber le premier lot à 37°C pendant 48 heures et le second à 22°C pendant 72 heures avec:

- Une première lecture à 24 heures
- Une deuxième lecture à 48 heures,
- Et une troisième lecture à 72 heures.

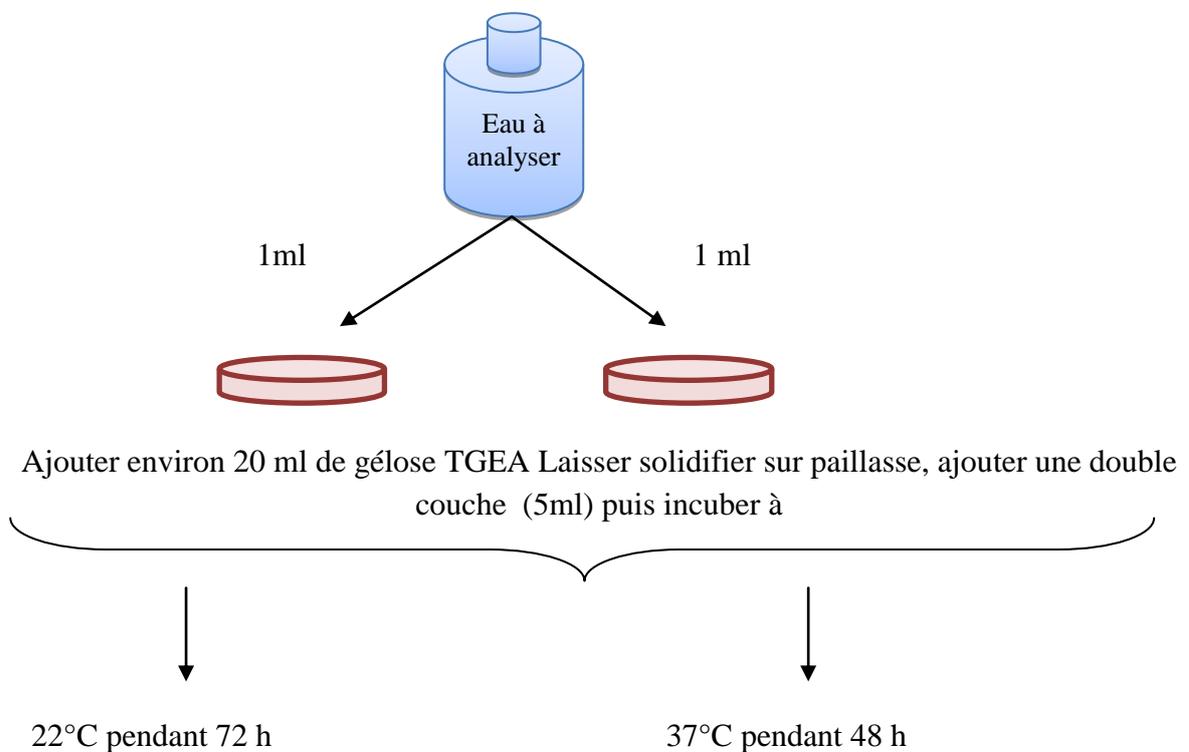
- **Lecture**

Les germes revivifiables se présentent dans les deux cas sous formes de colonies lenticulaires poussant en masse.

- **Dénombrement**

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies, en tenant compte des deux remarques suivantes:

1. Dénombrer les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies.
2. Les résultats sont exprimés en nombre de micro-organismes revivifiables par ml d'eau à analyser à 22°C et 37°C.



Dénombrer les colonies lenticulaires ayant poussé en masse dans chacune des boîtes

Figure 23 : Recherche et dénombrement des germes revivifiables.

Dans cette partie, nous discuterons les résultats obtenus à partir des analyses effectuées sur les eaux dans différents points du circuit d'eau dans les unités industrielles, sujets de notre étude.

1. Paramètres physico-chimiques

1.1. Paramètres physiques

1.1.1. Le pH

Le pH représente le degré d'acidité ou d'alcalinité du milieu aquatique. Le pH des écosystèmes aquatiques est utilisé comme paramètre substitut pour représenter les relations complexes entre la chimie de l'eau et les effets biologiques. Du point de vue sanitaire, un pH élevé peut provoquer un problème de corrosion alors qu'un pH faible peut modifier le goût de l'eau. [3]

A. Conserverie Amor Ben Amor

D'après le graphe suivant, on remarque que toutes les eaux des différents points de prélèvement ont des valeurs proches de la neutralité, entre 6,5 valeurs minimales pour l'eau de rejet avant épuration et 7,6 valeurs maximales pour l'eau brute à l'entrée de la station.

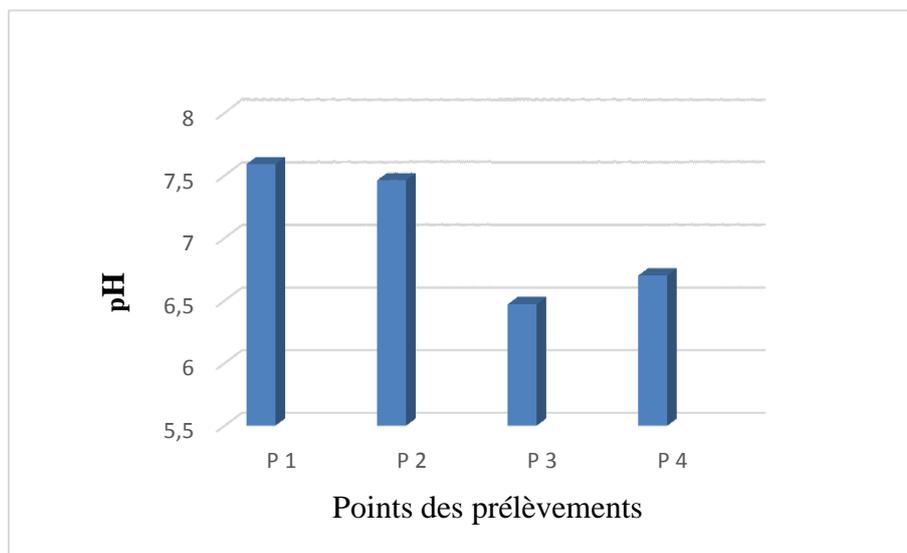


Figure 24 : Evolution du pH dans les eaux de la CAB (Mars, 2017).

B. Laiterie El Safia

D'après la (Figure 25) on a enregistré 6,83 comme valeur minimale pour l'eau de rejet et 7,97 comme valeur maximale pour l'eau traitée.

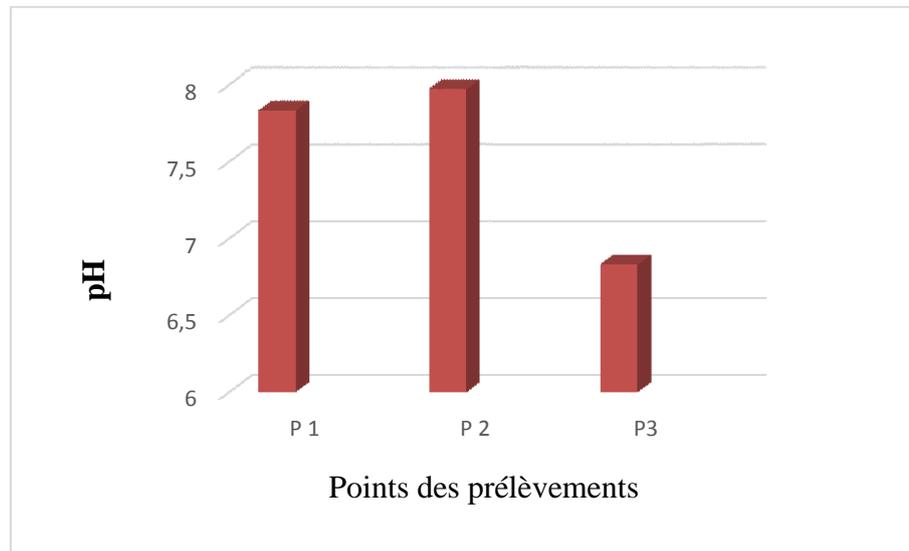


Figure 25 : Evolution du pH dans les eaux de la laiterie El Safia (Mars, 2017).

La grille d'appréciation de la qualité de l'eau, nous permet de conclure que les eaux analysées dans les deux unités ont des pH proche de la neutralité.

1.1.2. La température

La température est une mesure momentanée, qui dépend de l'heure de prélèvement et du lieu.

A. Conserverie Amor Ben Amor

Les résultats représentés dans la figure ci-dessous montrent que les valeurs de la température varient entre 16,7°C dans le prélèvement d'eau traité et 20°C pour le prélèvement de l'eau de rejet avant épuration.

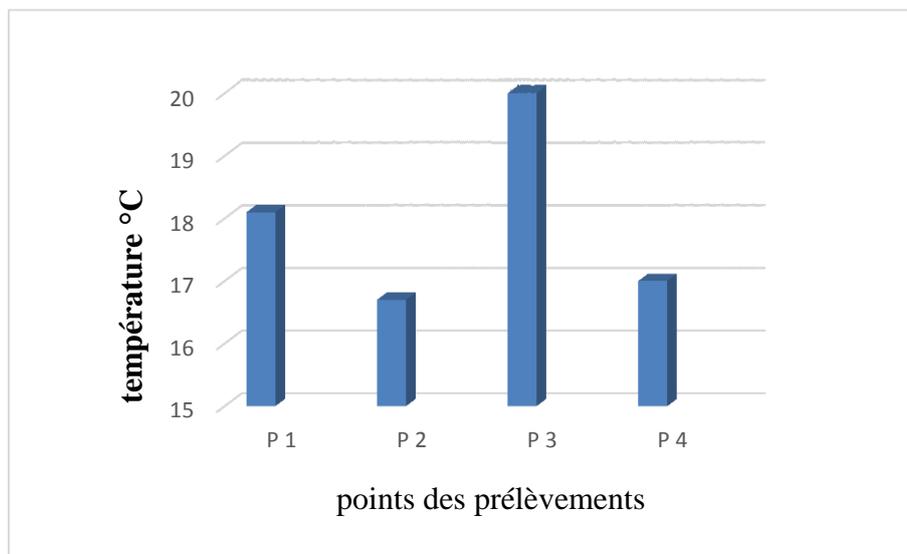


Figure 26 : Evolution de la température dans les eaux de la CAB (Mars, 2017).

B. Laiterie El Safia

D'après les résultats (Figure 27), la température minimale est 16,2°C enregistrée au niveau de l'eau de rejet tandis que la valeur maximale est 25,2°C enregistrée au niveau de l'eau traitée.

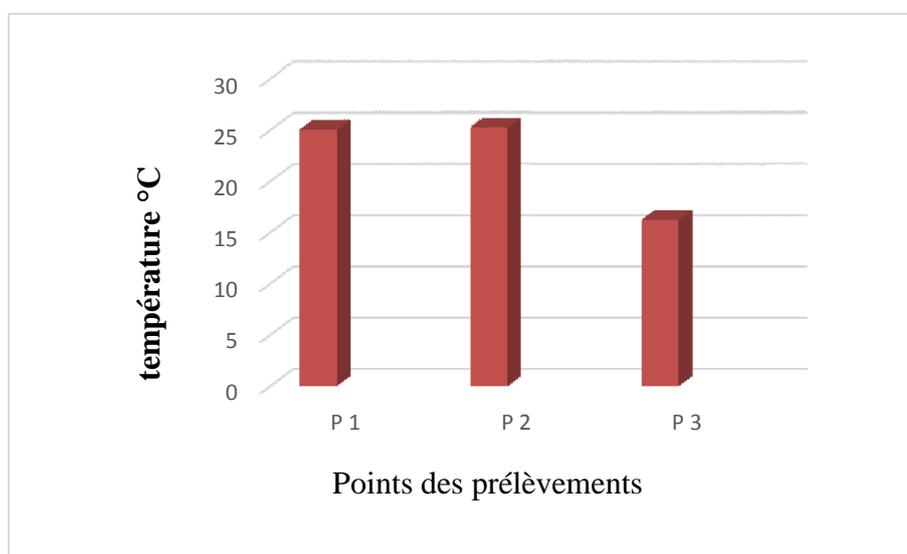


Figure 27: Evolution de la température dans les eaux de la Laiterie El Safia (Mars, 2017).

La température de l'eau enregistrée dans les deux unités traduit une qualité normale à bonne, selon la grille d'appréciation de la qualité des eaux (Annexe2).

1.1.3. La conductivité électrique

La conductivité électrique permet d'avoir une idée sur la salinité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée. [68]

A. Conserverie Amor Ben Amor

D'après la figure ci-dessous (figure 28), on remarque que La valeur la plus faible est observée au niveau de l'eau brute avec 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La valeur maximale est alors enregistrée au niveau de l'eau de rejet avant épuration avec 3200 $\mu\text{S}/\text{cm}$. On remarque que la valeur de la conductivité électrique dans le prélèvement de l'eau traitée est 1530 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ce qui indiquent que la minéralisation de l'eau est excessive (Annexe 2).

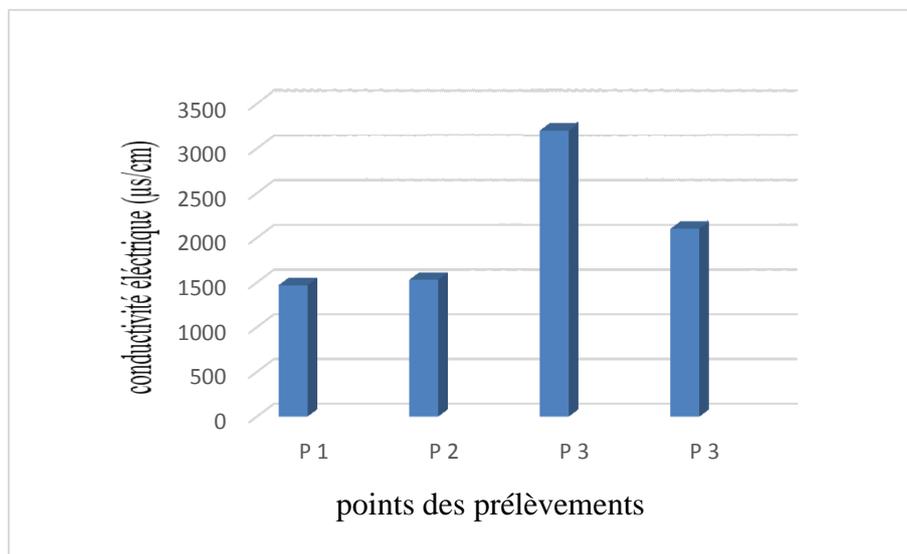


Figure 28 : Evolution de la conductivité électrique dans les eaux de la CAB (Mars, 2017).

B. Laiterie El Safia

Les résultats obtenus dans le graphe suivant montrent que la valeur minimale (587 $\mu\text{S}/\text{cm}$) est enregistrée au niveau du prélèvement de l'eau traitée et la valeur maximale (733 $\mu\text{S}/\text{cm}$) observée au niveau de l'eau de rejet.

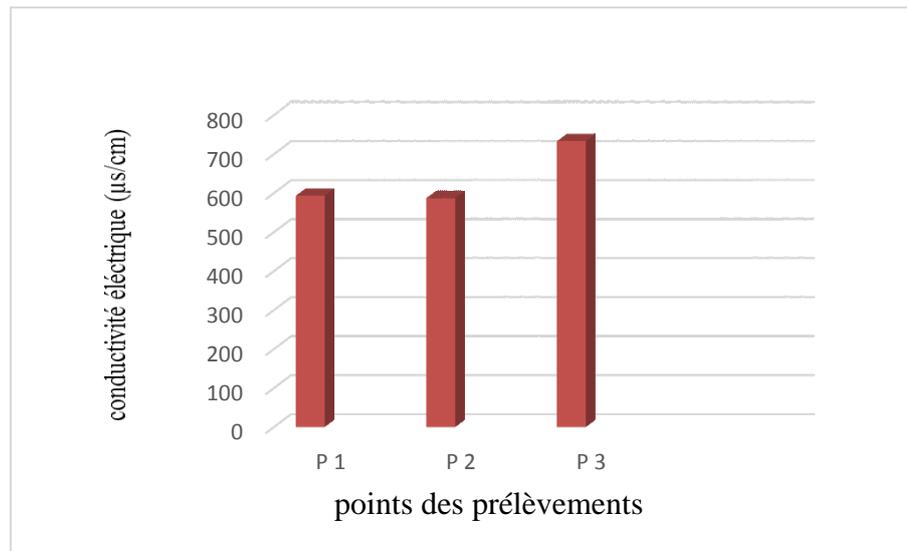


Figure 29 : Evolution de la conductivité électrique dans les eaux de la laiterie El Safia (Mars, 2017).

La conductivité électrique de l'eau traitée dans les deux unités traduit une minéralisation moyenne. (annexe2).

1.1.4. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous (O_2) est très important par le fait qu'il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux et la dégradation de la matière organique. [34]

A. Conserverie Amor Ben Amor

Le taux en oxygène dissous est globalement compris entre 4.26mg/l enregistré pour le prélèvement de l'eau de rejet avant épuration (P3) et 7,44 mg/l signé pour le prélèvement de l'eau traitée (P2).

Le faible taux d' O_2 dissous enregistré à l'entrée de la station d'épuration de l'usine (P3), (4,26 mg/l), caractérise une arrivée d'eau usée riche en matières organiques et inorganique dissoutes.

D'après le graphe, les teneurs en O₂ dissous enregistrées pour l'eau de rejet à la sortie de la station d'épuration (P4) sont nettement supérieures à celles de l'entrée de la station ceci est dû à une bonne aération des eaux au niveau du bassin d'aération nécessaire pour le développement des microorganismes aérobies assurant l'oxydation des matières organiques, ce qui conduit à une bonne épuration biologique des eaux usées.

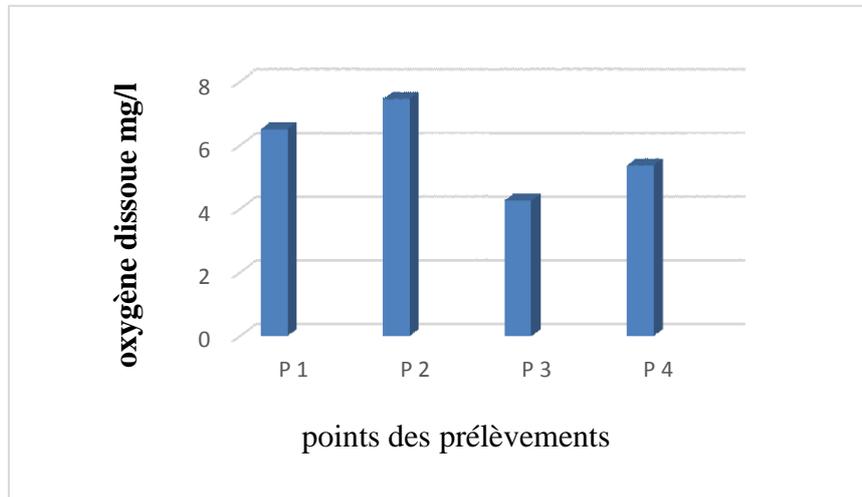


Figure 30 : Evolution de l'oxygène dissous dans les eaux de la CAB (Mars, 2017).

B. Laiterie El Safia

D'après le graphe ci-dessous on remarque que La valeur enregistrée au niveau du prélèvement de l'eau traitée (P2) est de 8,75 mg/l ce qui la laisse toujours dans les normes. Par contre la teneur en O₂ dissous enregistrée au niveau de l'eau de rejet (P3) à la sortie de l'usine sans épuration aucune, exprime une pollution organique. (Annexe2)

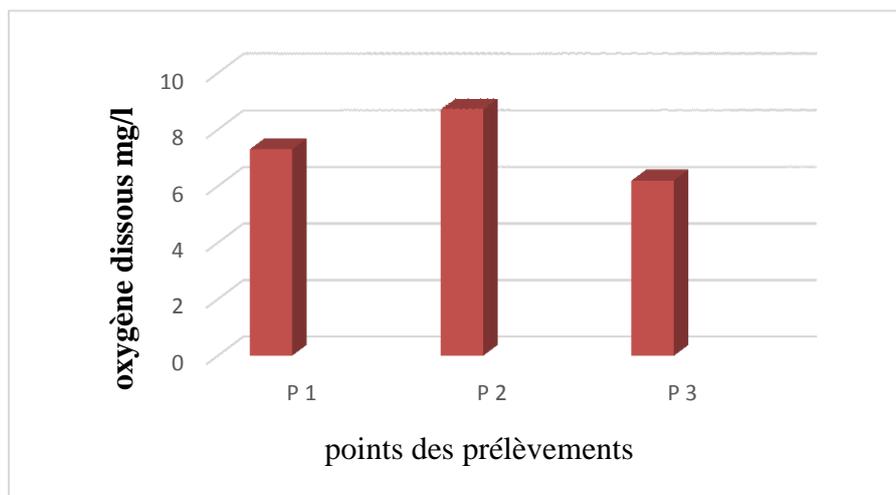


Figure 31 : Evolution de l'oxygène dissous dans les eaux de la Laiterie El Safia (Mars, 2017).

1.2. Paramètres chimiques

1.2.2. Les éléments majeurs

L'analyse des éléments majeurs a concerné uniquement l'eau traitée dans les deux usines.

A. Conserverie Amor Ben Amor

D'après la figure 32 montrant l'évolution des éléments majeurs dans l'eau traitée (P2), on remarque que pratiquement tous ces éléments sont dans les normes internationales, excepté le calcium Ca^+ pour les cations et les bicarbonates HCO_3 pour les anions qui dépassent respectivement les normes de l'OMS (100mg/l) pour le calcium et 200mg/l pour les bicarbonates.

Les teneurs élevées des bicarbonates et de calcium sont probablement dues à l'origine de l'eau et essentiellement à la nature des terrains traversés.

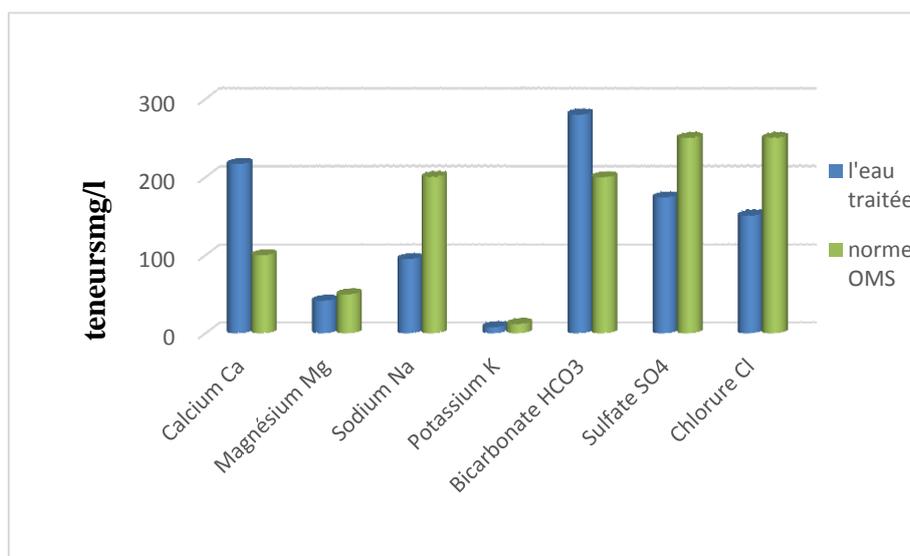


Figure 32 : Répartition des éléments majeurs de l'eau traitée dans la CAB (Mars, 2017).

B. Laiterie El Safia

D'après le graphe suivant on remarque une évolution dans les normes, de la majorité des éléments majeurs dans l'eau traitée (P2). Les ions de sodium Na^+ , dépasse légèrement la norme par contre les ions de bicarbonate HCO_3^- , et de sulfate SO_4^{2-} sont nettement au-dessus des normes de l'OMS ce qui est probablement dû à l'origine de l'eau et au milieu de stockage. Les teneurs des éléments élevés due probablement au milieu de stockage ou la source de l'eau.

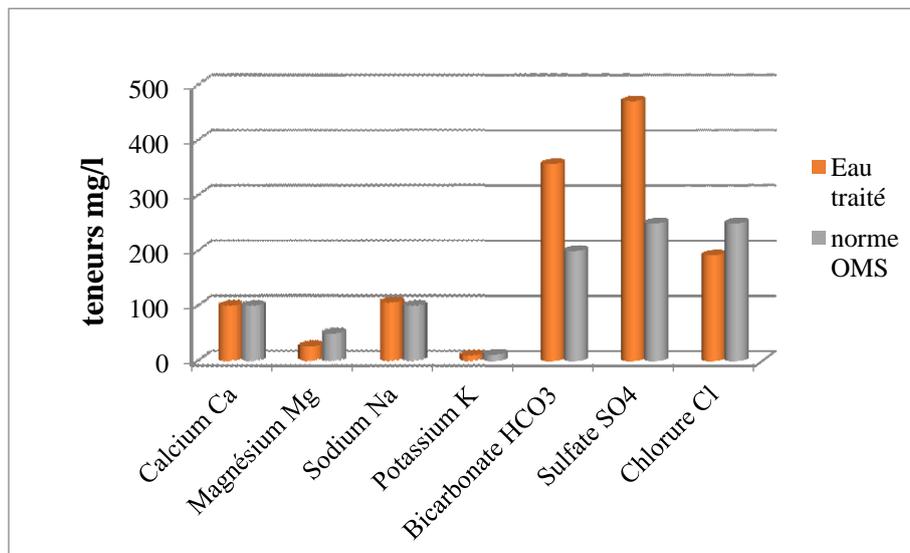


Figure 33 : Répartition des éléments majeurs de l'eau traitée dans la Laiterie El Safia (Mars, 2017).

C. Faciès chimique de l'eau Traitée

Dans cette partie nous avons utilisée diagramme de schoeller Berkaloff, pour déterminer le faciès chimique de l'eau traitée utilisée dans les deux unités industrielles dans les procédés de fabrication.

- **Diagramme de schoeller Berkaloff**

Le diagramme de Schoëller Berkaloff permet de représenter le faciès chimique de plusieurs échantillons d'eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points qui représentent les différents éléments chimiques.

D'après le diagramme on peut classer l'eau traitée de la CAB comme eau Bicarbonatée Calcique et l'eau traitée de la laiterie El Safia comme Sulfatée sodique.

Cette classification nous donne une idée sur l'origine de l'eau et la nature de terrains lithologiques traversés.

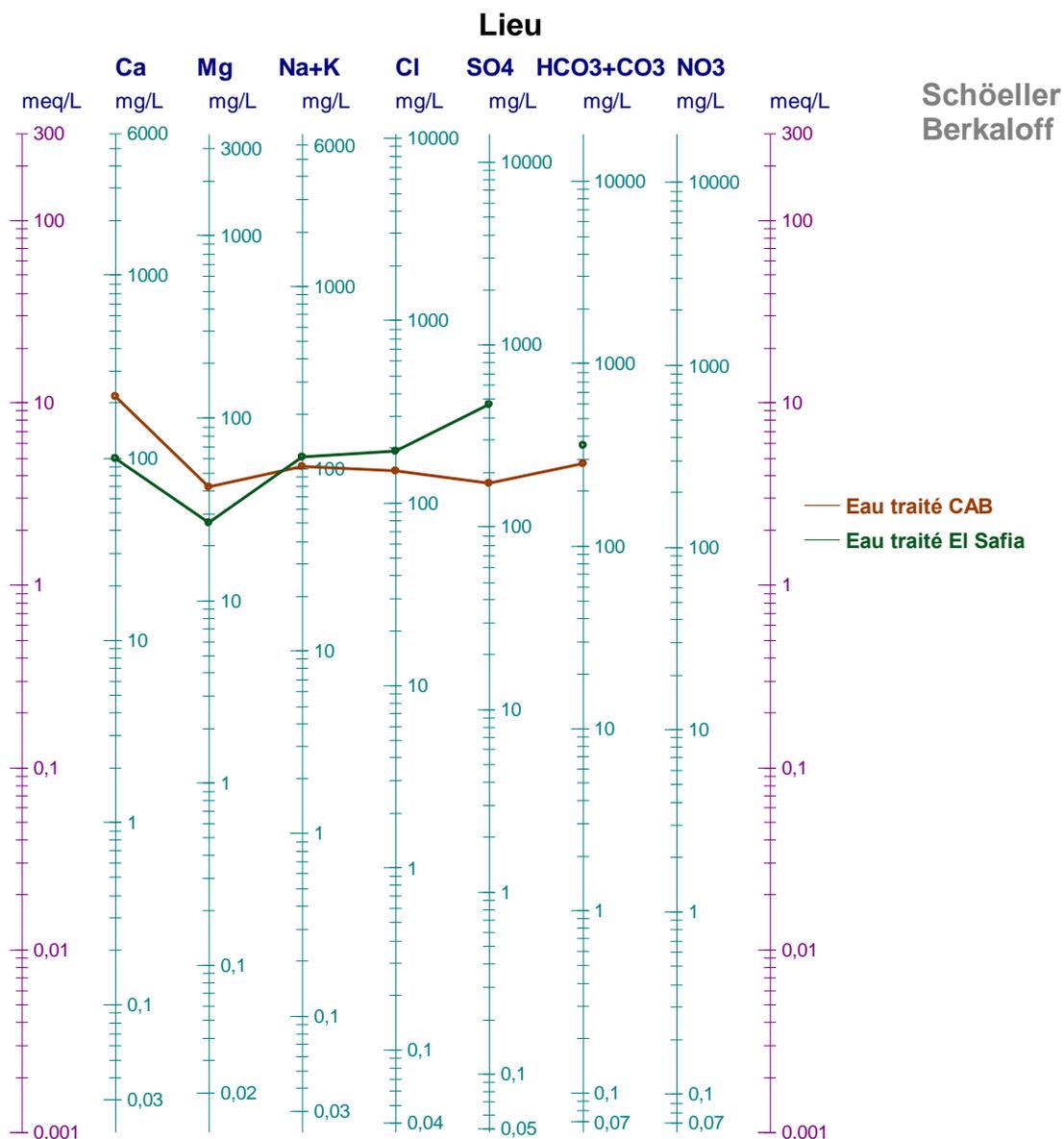


Figure 34 : Faciès chimique de l'eau traitée dans la CAB et El Safia d'après le diagramme de schoeller Berkaloff (Mars, 2017).

1.2.3. Les éléments de pollution

Les indicateurs de pollution ont été dosés dans l'eau de rejet pour les deux unités industrielles.

A. Conserverie Amor Ben Amor

Les teneurs en éléments : DBO₅, DCO et MES pour les eaux prélevées avant épuration dépassent les normes internationales sauf pour la DBO₅ qui est juste dans la limite. Après épuration ces teneurs sont devenues conformes aux normes, ce qui confirme bien l'efficacité des procédés d'épuration dans la station de l'usine.

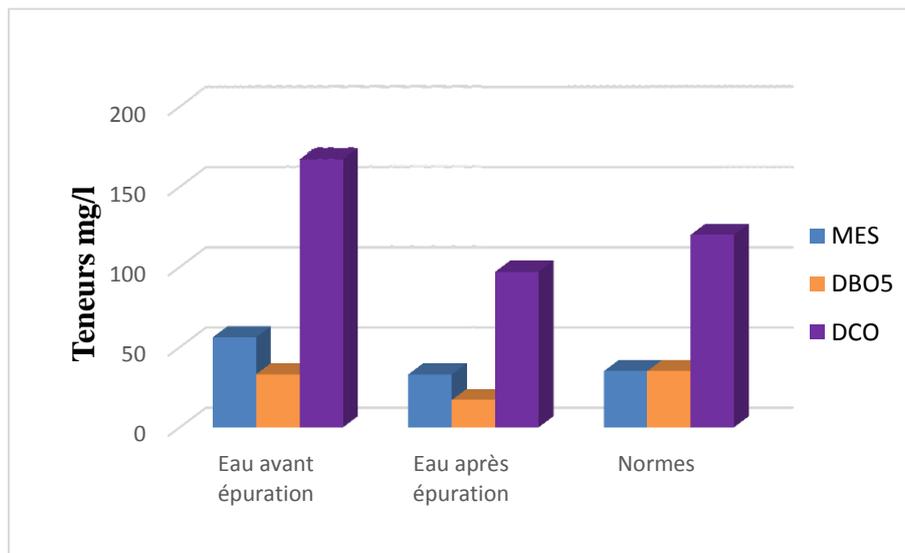


Figure 35 : Evolution des teneurs de MES, DBO et DCO de l'eau de rejet avant et après épuration dans la CAB (Mars, 2017).

B. Laiterie El Safia

La figure 36 présente les valeurs des éléments DBO, DCO, MES de l'eau de rejet dans la laiterie El Safia. On remarque que les valeurs enregistrées dépassent énormément les normes indiquées par l'OMS. Ceci peut s'expliquer par le fait que la laiterie ne possède pas de station d'épuration et rejette directement les eaux sans épuration dans l'environnement.

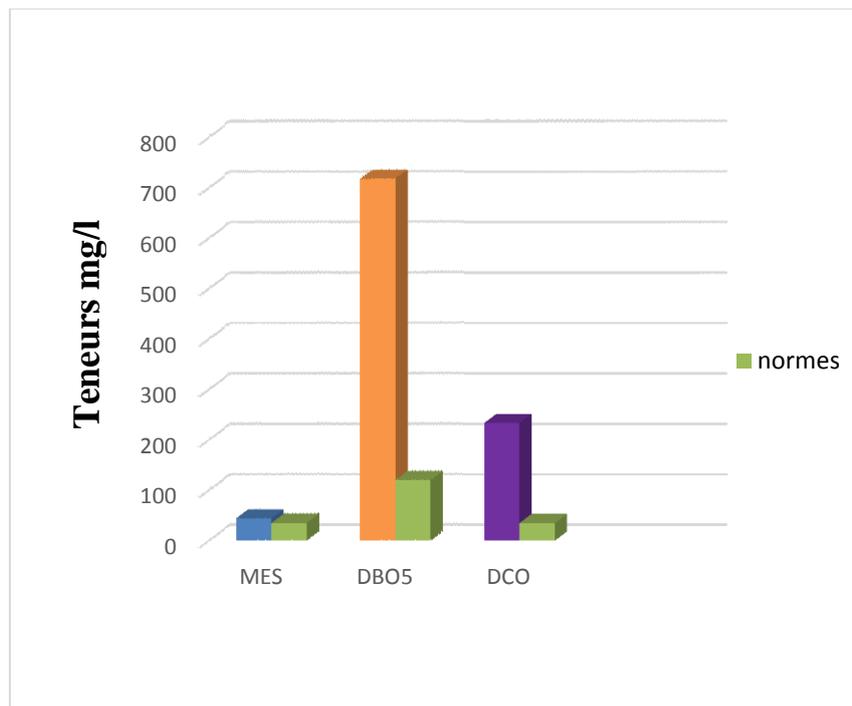


Figure 36 : Evolution des teneurs de MES, DBO et DCO de l'eau de rejet dans la Laiterie El Safia (Mars, 2017).

On remarque que les éléments indicateurs de pollution dosés dans l'eau de rejet avant épuration dans les deux unités présentent des teneurs dépassant la norme indiquée par l'OMS. La présence d'une station d'épuration dans la CAB a pu régler ce problème et rejeter une eau plus ou moins oxygénée dans l'environnement. Par contre l'absence d'une station d'épuration dans la laiterie a fait que cette eau est restée au-dessus de la norme.

2. Paramètres microbiologiques

Certaines maladies infectieuses sont transmises à l'homme par absorption d'eau ou d'aliments pollués par une eau contenant des micro-organismes pathogènes. Les plus redoutables d'entre eux sont les salmonelles, responsables de la fièvre typhoïde et le vibron cholérique responsable du choléra. [55]

Nous avons effectué pendant notre travail un dénombrement et une recherche systématique des germes indicateurs de pollution qui sont :

- Les micro-organismes coliformes (coliformes totaux).
- Les coliformes fécaux.
- Les streptocoques fécaux.
- Les Anaérobies sulfito-réductrices.

Les résultats obtenus des analyses bactériologiques des échantillons d'eau prélevés sont présentés sous forme des diagrammes et des tableaux exprimant les différentes variations de tous les paramètres étudiés.

2.1. Recherche et dénombrement des germes totaux

Il s'agit de l'ensemble des microorganismes capables de se multiplier en aérobiose à des températures optimales de croissance comprises entre 20 °C et 45°C. [55]

Les résultats de la recherche et le dénombrement des germes totaux des eaux sont résumés dans les tableaux ci-dessous.

A. Conserverie Amor Ben Amor

Le résultat obtenu montre que le nombre des germes totaux durant la période d'étude varient entre 8 UFC/ml et $1,94 \times 10^2$ UFC/ml pour les germes revivifiables à 37 °C avec un pic enregistré au niveau de l'eau brute s'expliquant par l'origine de la provenance de cette eau qui est pompée directement de l'Oued Bouaati . Des valeurs nulles ont été enregistrées pour tous les prélèvements des germes revivifiables à 22 °C.

Tableau 1 : Les résultats de la flore mésophile aérobie totale dans les prélèvements de l'eau de la CAB.

	Température	Eau brute	Eau traitée	Eau de rejet avant épuration	Eau de rejet après épuration
CAB	22°C	0UFC/ml	0 UFC/ml	0 UFC/ml	0 UFC/ml
	37°C	$1,94 \times 10^2$ UFC/ml	8 UFC/ml	22UFC/ml	17UFC/ml

B. Laiterie El Safia

Le tableau suivant montre que les eaux brutes stockées dans la bache à eau présente un nombre de 57UFC/ml pour les germes revivifiables à 37°C et 05 UFC/ml pour les germes revivifiables à 22°C. Ce nombre a été éliminé par les procédés de traitement dans l'unité pour devenir 00UFC/ml pour les eaux traitées. Cependant on remarque une réapparition des germes dans les eaux de rejet variant entre 07UFC/ml pour les germes revivifiables à 22°C et 4.8×10^2 UFC/ml à 37°C.

Tableau 2 : Les résultats de la flore mésophile aérobie totale dans les prélèvements de l'eau d'El Safia.

	Température	Eau de réservoir	Eau traitée	Eau de rejet
EL SAFIA	22°C	05 UFC/ml	00UFC/ml	7UFC/ml
	37°C	57 UFC/ml	00UFC/ml	4,28×10 ² UFC/ml

On constate d'après les deux tableaux une nette diminution des germes totaux dans l'eau traitée par rapport à l'eau brute et cela pour les deux unités, la laiterie et la conserverie, rendant ainsi cette eau presque dépourvue des germes et sans risque pour la santé du consommateur, ce qui démontre l'efficacité de procédés de traitement.

Pour ce qui est de l'eau de rejet on remarque une efficacité d'élimination des germes par la station d'épuration dans la conserverie en la comparant avec celle de rejet dans la laiterie où elle est rejetée sans aucune épuration.

2.2. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale

Les flores indicatrices de contamination fécale sont représentées par trois groupes : les coliformes et coliformes thermo tolérants, en particulier *E. coli*, ainsi que les entérobactéries dans leur ensemble. Les streptocoques fécaux. Les *Clostridium* sulfite réducteurs. [9]

2.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux

La recherche des coliformes est primordiale du fait qu'un grand nombre d'entre eux vivent en abondance sur les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait constituent des indicateurs de première importance. [9]

A. Conserverie Amor Ben Amor

La variation du nombre des coliformes totaux pour les différents prélèvements de l'eau dans la conserverie Amor Ben Amor est illustrée dans la Figure ci-dessous.

D'après le graphe, nous pouvons constater que le taux des coliformes totaux est nul dans l'échantillon de l'eau traitée, par rapport aux autres prélèvements où on enregistre une valeur maximale de $1,4 \times 10^5$ CT/100ml dans les échantillons de l'eau brute et l'eau de rejet avant épuration, avec une diminution distincte du nombre des coliformes totaux dans l'eau de rejet après épuration.

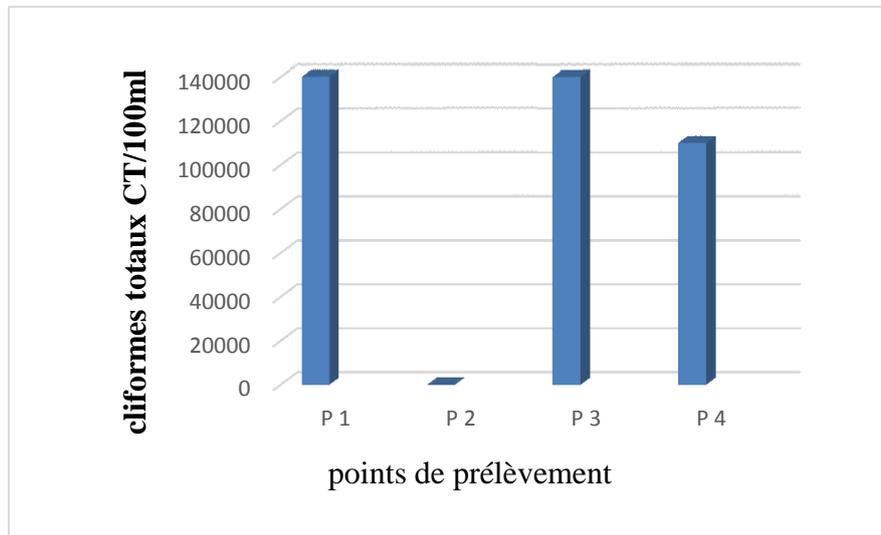


Figure 37 : Présence des coliformes totaux dans les différents points de prélèvement dans la CAB (Mars, 2017).

B. Laiterie El Safia

Le graphe suivant nous montre la variation du nombre des coliformes totaux dans les différents points de prélèvement de l'eau pour la laiterie El Safia.

Nous pouvons constater que le taux des coliformes totaux est nul dans l'échantillon de l'eau traitée, tandis qu'une valeur maximale de $1,4 \times 10^5$ CT/ 100ml a été enregistrées dans le prélèvement de l'eau de rejet.

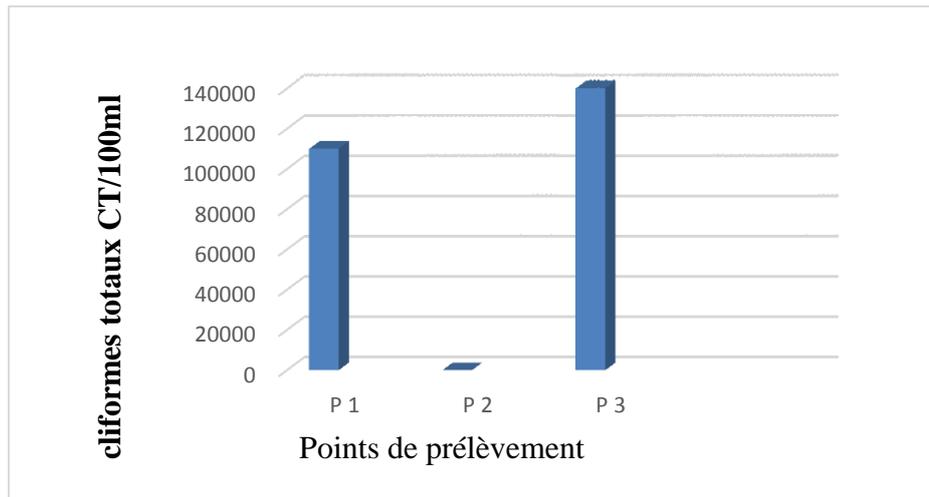


Figure 38 : Présence des coliformes totaux dans les différents points de prélèvement dans la laiterie El Safia (Mars, 2017).

Les résultats des coliformes totaux pour les deux unités restent dans la norme microbiologique de l'OMS pour l'eau traitée destinée à la consommation humaine, qui exige une absence totale de ces derniers ce qui confirme l'efficacité des procédés de traitement. Cependant L'eau de rejet restent riches en coliformes totaux avec une charge très élevée de $1,4 \times 10^5$ CT/100ml enregistrée pour la laiterie El Safia et 110000 CT/100ml pour l'eau de rejet épurée dans la station d'épuration de la CAB.

2.2.3. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux

Le taux des coliformes fécaux témoigne la plupart du temps de la présence de contamination fécale *Escherichia. Coli* est l'espèce la plus spécifique de la contamination fécale humaine. [55]

A. Conserverie Amor Ben Amor

La variation du nombre des coliformes fécaux dans les différents points de prélèvement de l'eau pour la conserverie Amor Ben Amor sont illustrés dans la Figure ci-dessus (Figure39).

D'après le graphe d'évaluation du nombre des coliformes fécaux, on observe une valeur nulle enregistrée au niveau du prélèvement de l'eau traitée. Le reste des points de prélèvement de l'eau brute et de rejet avant épuration présentent des valeurs aux alentours de $1,4 \times 10^5$ CF/100ml, tandis qu'une diminution importante du nombre des germes était enregistré dans l'eau de rejet après épuration.

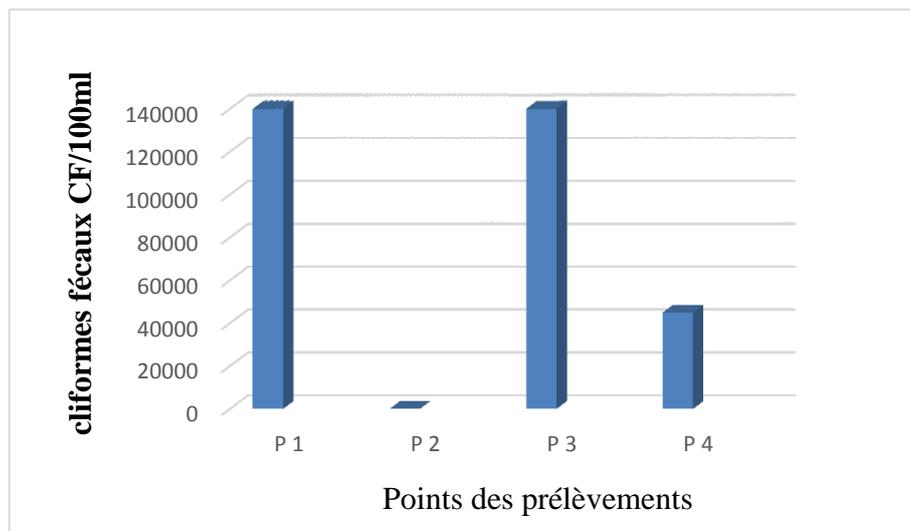


Figure 39 : Présence des coliformes fécaux dans les différents points de prélèvement dans la CAB (Mars, 2017).

B. Laiterie El Safia

La variation du nombre des coliformes fécaux dans les différents prélèvements de l'eau pour la laiterie El Safia sont illustrés dans la Figure ci-dessus (Figure 40).

Comme pour la CAB, les eaux traitées de la laiterie présentent des valeurs nulles de coliformes fécaux. Les autres points de prélèvement montrent un nombre important de coliformes fécaux surtout pour l'eau de rejet ($1,1 \times 10^5$ CF/100ml)

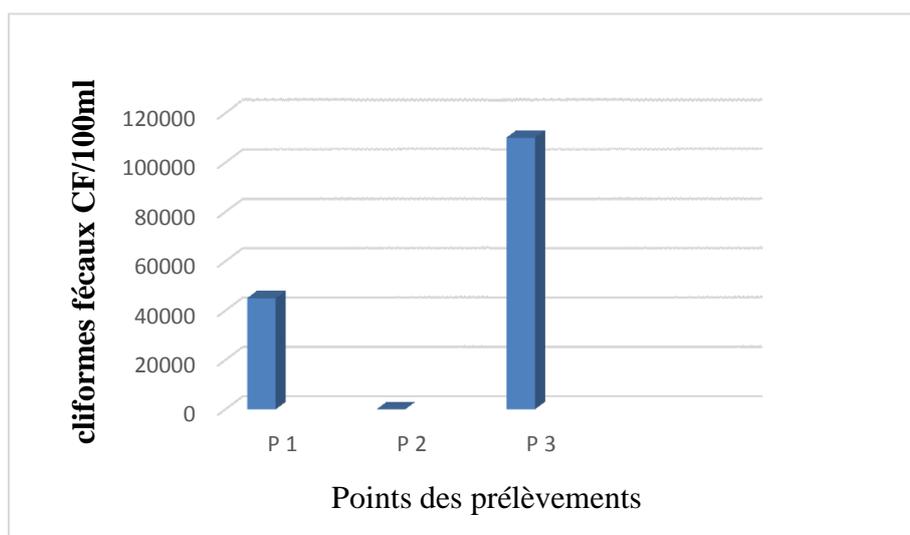


Figure 40 : Présence des coliformes fécaux dans les différents points de prélèvement dans la laiterie El Safia (Mars, 2017).

Le nombre des coliformes fécaux dans les eaux traitées pour les deux industries reste dans la norme de l'OMS qui exige une absence totale de ces derniers dans l'eau destinée à la consommation humaine. Cependant on remarque que les eaux de rejet après épuration dans la conserverie présentent un nombre réduit par rapport à ceux dans les eaux avant épuration ce qui montre bien le rôle de l'épuration dans l'élimination des germes.

2.2.4. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont des excellents indicateurs de contaminations récentes par la matière fécale des animaux. [68]

A. Conserverie Amor Ben Amor

Le graphe présenté dans la (Figure 41). Nous montre que les eaux de rejet avant et après épuration dans la conserverie, confirment la présence des streptocoques fécaux avec des valeurs élevées oscillant entre $1,1 \times 10^5$ ST/100ml et $4,5 \times 10^4$ ST/100ml. Cependant le taux des streptocoques fécaux dans l'eau traitée est nul.

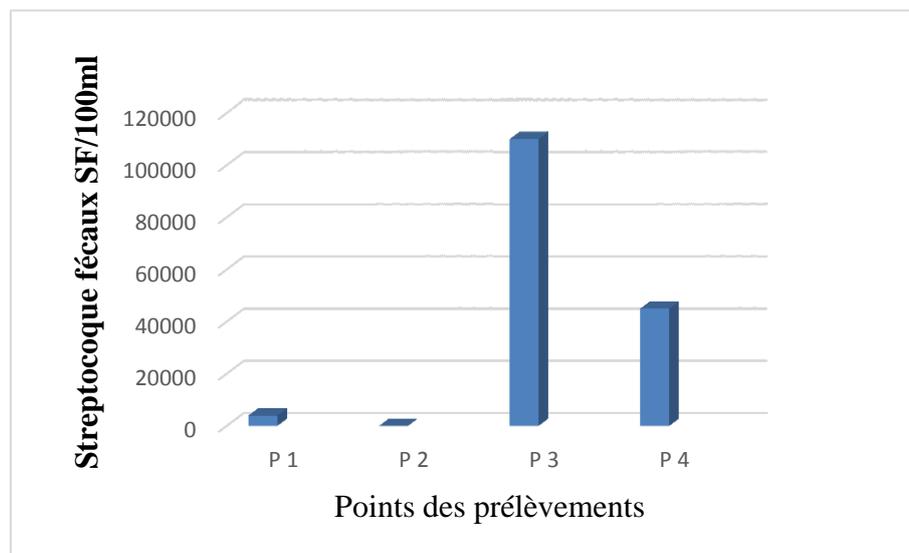


Figure 41 : Présence des streptocoques fécaux dans les différents points de prélèvement dans la CAB (Mars, 2017).

B. Laiterie El Safia

La présence des streptocoques fécaux dans les différents prélèvements de l'eau pour la laiterie El Safia est illustrée dans la Figure ci-dessus (Figure 42).

D'après le graphe d'évaluation du nombre de streptocoques fécaux, on observe que des valeurs nulles ont été enregistrées au niveau du prélèvement de l'eau traitée et l'eau de bêche à eau. Cependant le taux de streptocoques fécaux dans l'eau de rejet est de 4×10^3 ST/100ml.

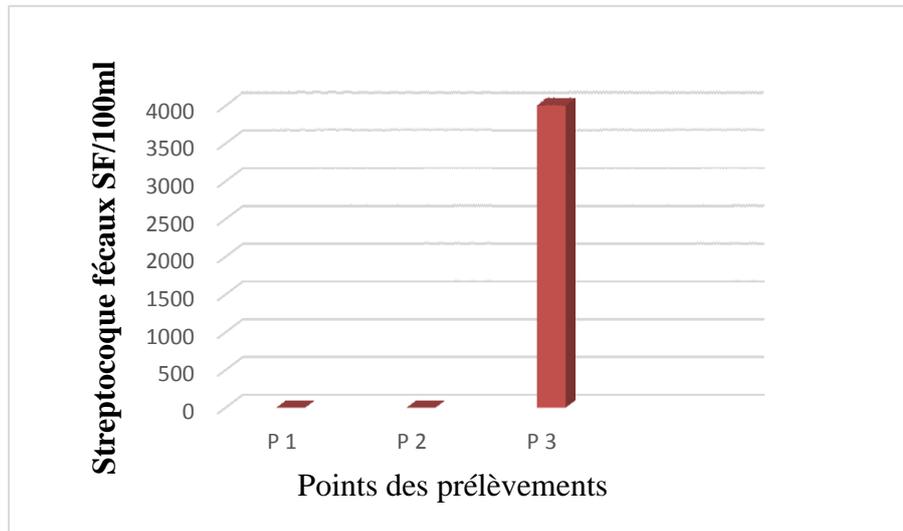


Figure 42 : Présence des streptocoques fécaux dans les différents points de prélèvement dans la Laiterie El Safia (Mars, 2017)

D'après les résultats obtenus on confirme l'absence des streptocoques fécaux dans les eaux traitées pour les deux unités, contrairement aux eaux de rejet qui présentent un nombre important de ces derniers qui dépassant les normes de l'OMS (Annexe 2).

2.2.5. Recherche et dénombrement des Anaérobies sulfito-réducteurs(ASR)

La présence de spores des ASR dans les eaux, sans flore d'accompagnement, constitue généralement un véritable indice de contamination ancienne. [54]

Les résultats de dénombrement des spores des anaérobies sulfito-réductrices sont résumés dans le tableau.

A. Conserverie Amor Ben Amor

Pour les spores des ASR un résultat négatif est enregistré dans le prélèvement de l'eau traitée montrant ainsi l'absence des espèces sulfito-réductrices (*Clostridium*sp) responsables des maladies graves telles que le botulisme et le tétanos. Une contamination importante par les spores des ASR a été enregistrée dans l'eau brute.

Les teneurs des spores des ASR enregistrées dans l'eau épurée sont nettement inférieures à celles enregistrées dans l'eau de rejet avant épuration.

Tableau 3 : Dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs

(ASR/20 ml). CAB (Mars, 2017).

	Eau brute	Eau traitée	Eau de rejet avant épuration	Eau de rejet après épuration
CAB	Indénombrable	Absence	15	3

B. Laiterie El Safia

Les résultats des analyses de l'eau montrent une absence totale des germes anaérobies sulfito réductrices au niveau du l'eau traitée et l'eau de réservoir et on constate 39 spores dans l'eau de rejet.

Tableau 4 : Dénombrement des spores des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR/20 ml). Laiterie El Safia (Mars, 2017).

	Eau de réservoir	Eau traité	Eau de rejet
EL SAFIA	Absence	Absence	39

Nous remarquons que l'eau traitée dans les deux unités est de qualité bactériologique acceptable conforme aux normes de l'OMS Ce qui indique l'efficacité des traitements utilisés dans les deux unités.

D'après les résultats observés nous remarquons une diminution importante de nombre des germes après épuration de l'eau ce qui signifie l'efficacité de traitement appliqué dans la conserverie Amor Ben Amor. L'eau de rejet de l'unité El Safia reste riche en ces germes.

Conclusion générale

Le présent travail s'insère dans le cadre de l'évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux issues des industries alimentaires, cas de la conserverie Amor Ben Amor et laiterie El Safia dans la wilaya de Guelma ; Est Algérien.

La première unité épure les eaux avant rejet dans l'environnement, par contre la deuxième rejette l'eau sans épuration aucune.

Pour bien mener cette étude, nous avons effectué des prélèvements dans quatre points dans la conserverie et trois points dans la laiterie.

Notre étude a été devisée en deux volets : le premier concerne les eaux traitées dans les deux unités et le deuxième concerne les eaux de rejet avant et après épuration pour la conserverie et sans épuration pour la laiterie.

D'après le diagramme de Schoeller Berkloff on peut dire que le faciès dominant pour les eaux de la conserverie est Bicarbonaté Calcique avec dominance de calcium. Les eaux de la laiterie par contre présentent un faciès Sulfatés Sodique.

Les résultats d'analyse physico-chimique ont montré que tous les paramètres étudiés pour les eaux traitées, ont pratiquement connu une diminution après chaque phase, montrant ainsi l'efficacité de tous les procédés de traitement dans les deux unités. Cependant on a remarqué pour les eaux de rejets que la conserverie rejette dans l'ensemble des eaux respectant les normes, contrairement aux eaux de rejets de la laiterie qui sont en dessus de la norme, ce qui montre l'efficacité des procédés de la station d'épuration.

Pour ce qui est des eaux traitées, l'analyse bactériologique a montré une efficacité des traitements appliqués par les deux unités, donnant ainsi des résultats conformes aux normes.

Les eaux usées produites par les deux unités avant épuration sont caractérisées par une forte charge organique et bactérienne dépassant la norme. La présence d'une station d'épuration dans la conserverie Amor ben Amor a pu régler ce problème et rejeter une eau dans l'environnement plus ou moins conforme aux réglementations nationales de rejet. Par contre l'absence d'une station d'épuration dans la laiterie a fait que cette eau est restée au-dessus de la norme.

[1] **Agrigon A., (2000).** Annuaire de la qualité des eaux et des sédiments, DUNOD, 206p.

[2] **Allouche F., Lamri D. et Zahf F., (1999).** Surveillance de la qualité bactériologique et Physico-chimique des eaux de contamination niveau des trois communes : Ali boussid, Saby, Ben Badis, wilaya de Sidi Bel Abbas, mémoire de fin d'étude d'ingénieur d'état en biologie, Université de Sidi Bel Abbas, 89p.

[3] **Aouissi A., (2010).** Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie), mémoire de magister, université du 08 mai 1945 de Guelma, 129p.

[4] **Archibald F., (2003).** Coliformes fécaux. Institut national de santé publique de Québec, 3p.

[5] **Asano T., (1998).** Wastewater Reclamation and Reuse, Water Quality Management Library, 10^{ème} édition, CRC Press, London, 1475p.

[6] **Attab S., (2011).** Amélioration de la qualité microbiologique des eaux Epurées par boues activées de la station d'épuration Haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre à sable Local, Mémoire Magister, Université Kasdi Merbah-Ouargla, 106p.

[7] **Bassompierre C., (2007).** Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la conception d'un pilote à la validation de modèles, Thèse Doctorat Institut National Polytechnique De Grenoble, 230 p.

[8] **Baumont S., Camard J-P., Lefranc A. et Franconi A., (2004).** Réutilisation des eaux usées risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France, Rapport ORS, France, 220p.

[9] **Benkaddour N., (2016).** Contribution à l'étude de l'efficacité de la graine de *moringaoleifera* dans la dépollution des eaux d'oued safsaf, diplôme d'ingénieur d'état en agroforesterie, université Abou bekr belkaid Tlemcen, 48p.

[10] **Bontoux J., (1993).** Introduction à l'étude des eaux douces, 2^{ème} édition, Cebedoc, paris, 170p.

[11] **Boukrouma N., (2008).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel : cas de la retenue collinaire d'Ain Fakroune (W. d'Oum El Bouaghi), Mémoire de Magister, Université 8 mai 1945 Guelma, 64p.

[12] **Bourgeois C.M. et Leveau J.Y., (1980).** Techniques d'Analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaire, APRIA, 331p.

[13] **Boussedra R., (2015).** Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et physicochimique de l'eau Du marais de Boussedra Annaba, mémoire de master, université de 8 mai 1945 Guelma, 58p.

[14] **Bricha S., Ounene K., Oulkheir S., El Haloui N. et Attarassi B., (2007).** Etude de la qualité physicochimique et bactériologique de la nappe phréatique M'nasra (Maroc), *Afrique Sciences*, 03(3), 391-404p.

[15] **Camille D., (2003).** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation. Prélèvements. Analyses, médicales internationales, paris, 269 p.

[16] **Carbonnelle D. et Kouyoumdjian S., (1988).** Bactériologie médicale techniques usuelles, médecine et maladies infectieuses, 251p.

[17] **Cardot C., (1999).** Les traitements de l'eau Procédés physico-chimiques et biologiques, Ellipses, Paris, 247p

[18] **Castany G. et Margot T., (1977).** Dictionnaire Français D'hydrogéologie, Géologie Minière, 249p.

[19] **Cauchi H., Nakache S., Zagury B., Carre C., Denis D., Larbaigt, D. et Martigne S., (1996).** La réutilisation des eaux usées après épuration, *Sciences et Méthodes*, (2), 81-118p.

[20] **Chaouch R., (2007).** Identification et quantification des déchets solides encombrant les plages d'Annaba, aspect physico-chimique et bactériologique des eaux, Mémoire de Magister, Université Badji-Mokhtar Annaba, 105p.

[21] **Cherak X., (1999).** Etude expérimentale de l'influence des eaux répudiâtes (Batna, fendis, el-Madler) sur certaine activité microbiennes (minéralisation du carbone et de l'azote)

dans un sol calcaire de la région d'el Madler (W. de Batna) incidence sur les microflore telluriques et le comportement d'une graminée fougère (avena abla « WL »-88), Thèse de magister, Université Batna, 108p.

[22] **Cshpf., (1995).** Recommandation sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines, conseil supérieur d'hygiène publique de France, section des eaux, 22p

[23] **Debieche T.H., (2002).** Evolution De La Qualité Des Eaux (Salinité, Azote et métaux lourds) Sous L'effet De La Pollution Saline, Agricole Et Industrielle. Application à la Basse Plaine De La Seybouse Nord-Est Algérien, Thèse de Doctorat, Université de Constantine, 235p.

[24] **Desjardins R., (1997).** Le traitement des eaux, 2^{ème} édition, Ecole polytechnique de Montréal, Canada, 303p.

[25] **Drbeo., (2006).** réutilisation d'effluents de stations de traitement d'eaux usées domestiques pour l'irrigation d'un terrain de golf, Direction Risques Biologiques, Environnementaux et Occupationnels, édition groupe scientifique sur l'eau, Institut de santé publique Québec, 17p.

[26] **Eckenfelder W.W., (1982).** Gestion des eaux usées urbaines et industriel : caractérisation, techniques d'épuration et aspects économiques, Technique & documentation Lavoisier, Paris, 503p.

[27] **Edline F., (1979).** L'épuration biologique des eaux résiduaires, 5^{ème} édition, CEBEDOC, Paris, 306p.

[28] **Faby J.A. et Brissaud F., (1997).** L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation, Office International de l'Eau, Edition Direction de la documentation et des données,76 p.

[29] **Faiza M., (2009).** Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement, mémoire de magister, université du 20 Aout 1955 Skikda, 139p.

[30] **Guiraud J. P., (1998).** Microbiologie alimentaire, DUNOD, France, 652p.

[31] **Hakmi A., (2002).** Traitement des eaux "analyse de l'eau de source bousfer ORAN, Mémoire de Magister, Université des sciences et de la technologie Oran, 71p.

[32] **Hamsa D., (2006).** Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbains, mémoire de fin d'étude de Magistère en Ecologie et Environnement, Université de Constantine, 5p.

[33] **Hartani T., (2004).** La réutilisation des eaux usées en irrigation, cas de la Mitidja en Algérie, Institut national agronomique, Alger, 3p.

[34] **Hceflcd., (2007).** Etude diagnostique de la zone humide AL Massira Faija, cercle d'EL Brouj et Cercle de Settat , Maroc, 242p.

[35] **Hidouci S., (2009).** Qualité bactériologique des eaux du golfe d'Annaba, Mémoire de Magister en science de la mer, Université Badji-Mokhtar Annaba, 132p.

[36] http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/Agroenvironnement/fertilisants/Pages/eaux_usees.aspx consulté le 10/05/2017

[37] <http://www.environnement.ens.fr/IMG/Traitement.pdf> Consulté le 12/05/2017

[38] http://www.sololiya.fr/tout_sur_1_eau/eau_et_quotidien/activites_humaines/les_menaces/2_les_eaux_usees consulté le 12/04/2017

[39] <http://www.cieau.com/images/brochues/pdf/Les%20traitements%20de%20l'eau%20potable.pdf> consulté le 18/04/2017

[40] <http://www.igretec.com/wpcontent/uploads/sites/2/2014/07/D%C3%A9claration-environnementale-compl%C3%A8te-2014.pdf> consulté le 18/04/2017

[41] http://www.techmania.fr/CIEAU_playbac/production_deau_potable.pdf consulté le 22/04/2017

[42] <http://www.elessia.com/fr/explication-du-procede-dultrafiltration.html> consulté le 25/03/2017

[43] <http://www.lenntech.fr/deferrisation-physico-chimique.htm> consulté le 27/04/2017

[44] <http://www.lenntech.fr/bibliotheque/adsorption/adsorption.htm> consulté le 27/04/2017

[45] <https://traitement-eau.ooreka.fr/comprendre/sterilisation-eau> consulté le 28/04/2017

[46] <https://toxikoa.wordpress.com/2011/06/09/bacteriologie-des-eaux/> consulté le 12/05/2017

[47] https://traitement-eau.ooreka.fr/comprendre/osmoseur_ consulté le 12/05/2017

[48] http://www.dictionnaire-environnement.com/eau_pluviale_ID1238.html consulté le 10/05/2017

[49] https://www.health.belgium.be/sites/...file/water_brochure_fr.pdf consulté le 10/05/17.

[50] <http://dz.kompass.com/c/analysys-algerie-sarl/dz252911/> consulté le 2/4/2017

[51] JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE n° 26. (2006). Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels, Algérie, p4.

[52] **Labres. et Mouffok F., (2008).** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson, Manuel des travaux pratique des eaux, *Institut Pasteur d'Algérie*, 53p.

[53] **Ladjel S., 2007.** control des paramètres physicochimique et bactériologique d'une eau de boisson, ADE. Zone de Tizi-Ouzou.

[54] **Lebres E. ; Azizi D. et Boudjellab B., (2006).** Cours d'Hygiène et de Microbiologie des Eaux : Microbiologie des eaux et des boissons, Institut Pasteur d'Algérie.

[55] **Leyral G., BennefoyC., Guillet F. et Verue-Bourdais T., (2002).** Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaire, doin, France, 245p.

[56] **Madigan M. et Martinko J., (2007).** Biologie des microorganismes. 11^{ème} édition Pearson/éducation, Paris, 1200p.

[57] **Merzoug S.E., (2009).** Etude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, wilaya de Skikda). Mémoire de Magister. Université 08Mai 1945 Guelma, 119p.

[58] **Metahri M., (2012).** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitée par des procédés mixtes cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, Thèse de Doctorat, université mouloud mammeri de Tizi-Ouzou, 148p.

[59] **Mouffouk F., (2001).** Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer, institut Pasteur d'Alger, 40p.

[60] **Mre., (2003).** Synthèse sur la situation de l'assainissement et évaluation des besoins en station de traitement et d'épuration en vue de protéger les ressources en eau. Séminaire sur le secteur de l'eau en Algérie, Ministère des Ressources en eau, Alger, Algérie. 11 p.

[61] **OMS (1989).** L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé. Série de rapports techniques, n° 778, Genève, Suisse.

[62] **OMS (2011).** Directives de qualité de l'eau de boisson, Organisation Mondiale de la Santé, 1, Genève, Suisse.

[63] **Pechère J. C., Acar J., Grenier B. et Nihoul E., (1982).** Reconnaître, comprendre et traité les infections, 4^{ème} édition, Edisem ST-Hyacinthe. Québec. 509p.

[64] **Ramade F., (1982).** Eléments D'écologie, Ecologie Appliquée, L'action De L'homme Sur La Biosphère, 2^{ème} édition, Masson, Paris, 422p.

[65] **Ramade F., (2000).** Dictionnaire encyclopédique des pollutions, science international, Paris, 689p.

[66] **Rejesk F., (2002).** Analyse Des Eaux ; Aspects Réglementaires Et Techniques. Sceren, Paris, 360p.

[67] **Rodier J., (1984).** L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer), 7^{ème} édition, Dunod, paris, 177p.

[68] **Rodier J., (2005).** L'analyse De L'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, chimie, physicochimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats, 8^{ème} édition, Dunod, 1383p.

[69] **Rouaiguia M., (2010).** Qualité microbiologique de l'eau d'Oued Messida, Mémoire de master 2, Université 8 mai 1945 Guelma, 78p.

[70] **Roux M., (1987).** Office International De L'eau : L'analyse Biologique De L'eau, TEC& DOC, Paris, 229p.

[71] **Saadali B., (2007).** Etude De La Qualité Des Eaux Des Sources Issues Du Massif Dunaire De Bouteldja (Algérie Extrême Nord Orientale), Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar Annaba, 83p.

[70] **Salghi R., (2011).** Différentes filières de traitement des eaux, IZ Rabat, 22p.

[72] **Tandia C.T., (2007).** Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées. Protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, CREPA, 3, paris, p1-52.

[73] **Terkmani A., (2006).** norme de qualité d'une eau de boisson, B2, ADE

[74] **Thierrin J., Steffen P., Cornaz S., Vualaz F-D., Balderer W., Looser M., Zpbrit J. et Zumstein J. (2001).** Guide Pratique De L'échantillonnage Des Eaux Souterraines, Société Suisse D'Hydrogéologie, 57p.

[75] **Urinos I., (2005).** Techniques d'épuration des eaux usées, Techniques et dimensionnement, Paris, 11p.

[76] **Vaillant J., (1974).** Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles, Ed Eyrolles, Paris, 413p.

[77] **Valiron F., (1983).** La réutilisation des eaux usées, 2^{ème} édition Technique et Documentation Lavoisier, paris, 207p.

[78] [A5] www.septiemecontinent.com/pedagogie/file/122233 Consulté le 10/05/17.

[79] www.univ-eloued.dz/index.php/index.php?option=com_memoir&view...51 Consulté le 20/05/17

[80] www.comapwt.com/.../4f3193d68e013bb28f5b755ca9ecc7f6.pdf Consulté le 13/05/17

[81] www.comapwt.com/.../4f3193d68e013bb28f5b755ca9ecc7f6.pdf Consulté le 21/04/17

[82] www.septiemecontinent.com/pedagogie/file/122233 consulté le 10/05/17

[83] **Xanthoulis D., (1993).** Valorisation agronomique des eaux usées des industries agro-alimentaires, Tribune de l'eau, n°563/3, CEBEDOC, paris, p27-32.

[84] **Zeghoud M., (2014).** Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra, mémoire de Master, Université D'el Oued, 70p.

Annexe 1

Tableau : Tableau de Mac CRADY. (Mouffok, 2001).

Limites de confiance		NPP dans 100 ml	Nombre de tube donnant une réaction positive sur		
Supérieure	Inférieure		5 tubes de 1 ml	5 tubes de 10 ml	1 tube de 50 ml
		<1	0	0	0
4	<0,5	1	1	0	0
6	<0,5	2	2	0	0
4	<0,5	1	0	1	0
6	<0,5	2	1	1	0
8	<0,5	3	2	1	0
6	<0,5	2	0	2	0
8	<0,5	3	1	2	0
11	<0,5	4	2	2	0
8	<0,5	3	0	3	0
13	<0,5	5	1	3	0
13	<0,5	5	0	4	0
4	<0,5	1	0	0	1
8	<0,5	3	1	0	1
11	<0,5	4	2	0	1
15	<0,5	6	3	0	1
8	<0,5	3	0	1	1
13	<0,5	5	1	1	1
17	1	7	2	1	1
21	2	9	3	1	1
13	<0,5	5	0	2	1
17	1	7	1	2	1
23	3	10	2	2	1
28	3	12	3	2	1
19	2	8	0	3	1
26	3	11	1	3	1
34	4	14	2	3	1
53	5	18	3	3	1
66	6	21	4	3	1
31	4	13	0	4	1
47	5	17	1	4	1
59	7	22	2	4	1
85	9	28	3	4	1
100	12	35	4	4	1
120	15	43	5	4	1
75	8	24	0	5	1
100	12	35	1	5	1
140	18	54	2	5	1
220	27	92	3	5	1
450	39	160	4	5	1
		>240	5	5	1

- **Texte législatif relatif aux eaux de rejets industrielles**

Art. 47. Tout établissement classé, au sens des dispositions de l'article 18 de la loi n° 03-10 du 19 Jouma da El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable, et notamment toute unité industrielle dont les rejets sont reconnus polluants doit impérativement :

- prévoir des installations d'épuration appropriées.
- mettre en conformité leurs installations ou les procédés de traitement de leurs eaux résiduelles par rapport aux normes de rejet telles que fixées par voie réglementaire.

Annexe 2

Tableau : Classifications des eaux d'après leur pH. (Agrigon, 2000; Hakmi, 2002).

pH<5	Acidité forte: présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH=7	pH neutre
7<pH<8	Neutralité approchée: majorité des eaux de surface.
5.5<pH<8	Majorité des eaux souterraines
pH>8	Alcalinité forte, évaporation intense

Tableau : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température. (Agrigon, 2000; Hakmi, 2002)

Température	Qualité	Classe
<20°C	Normale	1A
20°C-22°C	Bonne	1B
22°C-25°C	Moyenne	2
25°C-30°C	Médiocre	3
>30°C	Mauvaise	4

Tableau : Relation entre la conductivité et la minéralisation. (Detay, 1993).

Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$, à 20°C	Minéralisation
Inférieure à 100	Eau de minéralisation très faible (terrain granitiques)
Comprise entre 100 et 200	Eau de minéralisation faible
Comprise entre 200 et 400	Eau de minéralisation peu accentuée
Comprise entre 400 et 600	Eau de minéralisation moyenne (terrains calcaires)
Comprise entre 600 et 1000	Eau de minéralisation important
Supérieure à 1000	Eau de minéralisation excessive

Tableaux : Normes Bactériologique de l'eau destinée a la consommation humaine. (Directive de l'OMS 2011)

Paramètres	Unités	Normes
La flore mésophile totale	Germe/ml	100 /ml
Coliformes totaux	Germe/ml 100	10 /100ml
Coliformes fécaux	Germe/ml 100	0
Streptocoque fécaux	Germe /20ml	0
Les anaérobies sulfite-réducteur	-	0

Tableau : les normes des paramètres biologique des eaux épurées selon l'OMS (OMS, 1989).

Paramètres	Normes l'OMS
Coliformes totaux	-
Coliformes fécaux	$10^3/100\text{ml}$
Streptocoques fécaux	-