



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Mlle. GANA Ahlem

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : AGROALIMENTAIRE ET CONTRÔLE DE QUALITÉ

Thème

**Evaluation de la qualité bactériologique des eaux
utilisées en industries agro-alimentaire dans la
commune de Laghouat**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
MAKOUDI Mourad	MAA	Président
BENCHETTOUH Ahmed	MCB	Examineur
ROUIGHI Tahar	MAA	Rapporteur

Promotion : juillet 2021

Résumé

Titre du mémoire: évaluation de la qualité bactériologique des eaux utilisées en industrie agro-alimentaire dans la commune da Laghouat.

Résumé:

L'eau est utilisée comme une matière première dans la préparation des aliments et d'une façon primordiale dans tout le processus de la fabrication des produits alimentaires. Elle se exploitée de différentes sources, afin de préserver l'homme du risque sanitaire lié à la consommation d'une eau généralement souillée. La connaissance des microorganismes présents dans l'eau est une nécessité, ainsi que le contrôle de l'efficacité des méthodes de traitement et surveillance de cette dernière et à la fin l'influence des eaux sur la qualité hygiénique des produits. Cette étude a pour but l'évaluation la qualité bactériologique des eaux utilisées en industries agro-alimentaire dans quelques usines actives dans la commune de Laghouat. Nous avons procédé à des méthodes de prélèvements et d'analyses normalisées, ces analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'Algérienne des eaux de Laghouat. Les résultats que nous avons obtenue montrent que la majorité de ces paramètres répondent aux normes admissibles à l'exception de quelques points de prélèvements où nous avons trouvé une contamination des eaux brutes par les germes totaux et les coliformes totaux dans quelques eaux et l'absence totale des germes pathogènes dans les eaux traitées. On signale que les eaux de la ferme pilote "Boudaoued" et le lait laitier " Mzi" nécessitent un traitement efficace de désinfection pour la protection et la sécurité sanitaire de consommateur.

Mots clés : eau, qualité bactériologique, industries, agro-alimentaires, Laghouat.

Thesis Title: Evaluating the Bacteriological Quality of the Water used in Agri-Foods Production in Laghouat Town.

Abstract:

Water is used as a raw material in food preparation and most importantly throughout the food manufacturing process. It is exploited from different sources, in order to protect humans from the health risk associated with the consumption of generally contaminated water. Knowledge of the microorganisms present in the water is a necessity, as well as the control of the effectiveness of the methods of treatment and monitoring of the latter and at the end of the influence of the water on the hygienic quality of the products. The purpose of this study is to assess the bacteriological quality of the water used in the agro-food industries in a few factories active in the commune of Laghouat. We carried out standardized sampling and analysis methods, these analyzes were carried out at the level of the Algerienne des eaux de Laghouat laboratory. The results we obtained show that the majority of these parameters meet admissible standards with the exception of a few sampling points where we found contamination of raw water by total germs and total coliforms in some waters and the absence total number of pathogens in treated water. It is reported that the water from the “Boudaoued” pilot farm and the “Mzi” dairy milk require an effective disinfection treatment for the protection and safety of consumers.

Keywords: water, bacteriological quality, industry, agri-food, Laghouat.

عنوان المذكرة: تقييم النوعية البكتريولوجية للمياه المستخدمة في صناعة الأغذية الزراعية في بلدية الاغواط

ملخص:

يستخدم الماء كمادة خام في إعداد الأغذية وبطريقة أولية في كامل عمليات تصنيع المنتجات الغذائية، ويتم استغلاله من مصادر مختلفة، من أجل حماية الإنسان من المخاطر الصحية المرتبطة باستهلاك المياه الملوثة بشكل عام، معرفة الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في الماء أمر ضروري، وكذلك التحكم في فعالية طرق معالجة ورصد الأخير وفي النهاية تأثير الماء على جودة المنتجات الصحية. الغرض من هذه الدراسة هو تقييم النوعية البكتريولوجية للمياه المستخدمة في الصناعات الغذائية الزراعية في بعض المصانع النشطة في بلدية الأغواط. انتقلنا إلى طرق أخذ العينات والتحليل المعيارية ، وقد تم إجراء هذه التحليلات على مستوى مختبر الجزائرية للمياه بالأغواط. أظهرت النتائج التي حصلنا عليها أن غالبية هذه المعايير تفي بالمعايير المقبولة باستثناء بعض نقاط أخذ العينات حيث وجدنا تلوثاً للمياه الخام بواسطة الجراثيم الكلية والقولونيات الكلية في بعض المياه وغياب العدد الإجمالي لمسببات الأمراض في المياه المعالجة. يُذكر أن مياه المزرعة النموذجية "بوداود" وحليب الألبان "مزي" تتطلب معالجة مطهرة فعالة لحماية وسلامة المستهلكين.

الكلمات المفتاحية: الماء ، النوعية البكتريولوجية ، الصناعات ، الأغذية الزراعية ، الاغواط.

Remerciements

Nous remercions tout d'abord ALLAH tout puissant de nous avoir aidé et donné la force afin de mener ce travail à terme et la volonté pour réaliser ce rapport.

Nous tenons à remercier notre encadreur

***M. ROUGHY Tahar** à l'université Amar TELIDJI, pour avoir accepté de nous encadrer ainsi que pour sa confiance, son soutien et ses précieux conseils et sa disponibilité et sa gentillesse*

Je tenons à remercier tout particulièrement notre enseignant

M. BEKKAYE Saad

Je remercie l'ensemble des enseignants du département des sciences agronomiques

*Nous remercions le service de L'ADE : Mr. **Abd ALLAH, Ilham**, pour leur gentilles et surtout **Monsieur Hamada** pour son encouragement et ses conseils.*

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

*A Dieu Le Tout Miséricordieux, ton amour, ta
Miséricorde et Tes grâces à mon endroit m'ont fortifiée dans
la persévérance Et l'ardeur au travail.*

*A mon Père et A ma Mère
A mes chères sœurs et mes frères*

A Mes yeux Amouna

A mes chères amies: Rokía, Habiba, Hadjer

*A tout les professeurs de la promotion Agroalimentaire et
contrôle de qualité & de département d'agronomie*

*A tout les étudiants de la promotion Agroalimentaire et
contrôle de qualité*

A tous mes chères amies sans exception

Ahlem

Liste des tableaux

N°	TITRE	PAGE
Tableau 1	La Quantité d'eau nécessaire pour fabriquer les produits industriels :.....	06
Tableau 2	La quantité d'eau nécessaire aux cultures :.....	06

Liste des figures

N°	TITRE	P
1	Cycle de l'eau :.....	4
2	Sites géographiques des zones d'études au niveau de la ville de Laghouat :.....	18
3	Le pH mètre :.....	20
4	Mesure de la turbidité par le turbidimètre :.....	20
5	Le Conductimètre:.....	21
6	protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Germes aérobie mésophile totale:.....	23
7	protocole expérimentale de recherche et de dénombrement des coliformes totaux:.....	25
8	protocole expérimental de recherche et de dénombrement des streptocoques:.....	27
9	protocole expérimental de Recherche et dénombrement des clostridiumsulfito- réducteur:.....	29
10	Représentation du dénombrement des Germes totaux:.....	30
11	Représentation du dénombrement des coliformes totaux et Les streptocoques fécaux:.....	30
12	Représentation du dénombrement des clostridium sulfito-réducteur:.....	31
13	Les valeurs des PH des eaux étudiées :.....	35
14	Les valeurs de la température des eaux étudiées :.....	35
15	Les valeurs de la turbidité des eaux étudiées :.....	36
16	Les valeurs de la conductivité électrique des eaux étudiées :.....	36
17	Les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau à analysée de "Boudaouad" :.....	40
18	Les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau à analysée de "Sarl Milok" :.....	40
19	Les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau à analysée de "Mzi":.....	41
20	Les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau à analysée de "El-ghazala" :.....	41

Liste des abréviations

ADE : Algérienne des eaux

D/C : Double concentration

E. coli : Escherichia Coli

HCP : Hygiène Chemicals Production

NPP : Nombre le Plus Probable

NTU : Unité de turbidité Néphélobimétrie

OMS : Organisation Mondiale de Santé

S/C : Simple concentration

TGEA : La gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure

UFC : Unités Formant Colonies

UFC : Unités Formant Colonies

μS/cm : Micro siemens par centimètre

Sommaire

Liste des tableaux	I
Liste des figures.....	II
Liste des abréviations	III
Introduction	1
Partie I:Etude Bibliographique	
CHAPITRE I : Généralité sur l'eau.....	4
1. Définition de l'eau.....	4
2. Cycle d'eau.....	4
3. Type de l'eau.....	5
3.1 Eau de superficiels.....	5
3.2 Eau de Souterraines	5
4. Utilisation de l'eau	5
4.1 Eau potable	5
4.2. L'eau dans l'industrielles :	5
4.3 Usage agriculture :	6
5. L'eau dans l'industrie Agro-alimentaire	6
CHAPITRE II : La qualité de l'eau.....	8
1. La qualité organoleptique de l'eau	8
1.1 Couleur	8
1.2 L'odeur	8
1.3. Saveur.....	8
2. Paramètre physique de l'eau	8
2.1 PH.....	8
2.2. Température.....	9
2.3. La turbidité	9
2.3. La Conductivité électrique	9
3. Qualité microbiologique de l'eau	9
3.1 Bactéries indicateur de la pollution fécale.....	9
3.1.1 Les coliformes fécaux	9
3.1.2 Les coliformes totaux	10
3.1.3 Les streptocoques fécaux.....	10
3.2 Bactéries indicatrices, non réellement spécifique de pollution fécale.....	10
3.2.1 Les anaérobies sulfite-réducteur (Clostridium perfringens).....	10
3.2.2 Flores mésophile aérobie totale	10

3.2.3 Bactéries pathogènes de genre Salmonella.....	11
4. Contamination de l'eau	11
Chapitre III: Traitement d'eau	12

1. Traitements de l'eau potable

CHAPITRE I : Généralité sur l'eau**1. Définition de l'eau**

C'est un corps incolore, inodore, et insipide. Une molécule d'eau est constituée d'un atome d'oxygène (O) et deux atomes d'hydrogène (H) : sa formule chimique est donc H₂O. Elle se trouve à l'état gazeuse, à l'état solide et en particulier à l'état liquide (Duval, 1971).

2. Cycle d'eau

L'eau est un élément indispensable dans notre vie, constitué des éléments fondamentaux, recouvrant 72% de la surface de la terre. Le cycle de l'eau dans la nature est commencé par l'évaporation par l'énergie solaire des océans et lacs, et l'évapotranspiration des végétaux.

Cette vapeur d'eau refroidit et condense dans l'atmosphère précipite sous forme de pluie ou neige, grêle et parvient aux cours d'eau soit : directement par ruissellement ou indirectement par infiltration : L'autre partie pénètre et s'accumule dans le sous sol pour former des nappes souterraines qui, à leur tour peuvent former des sources émergentes à la surface du sol (Vilagines, 2003).

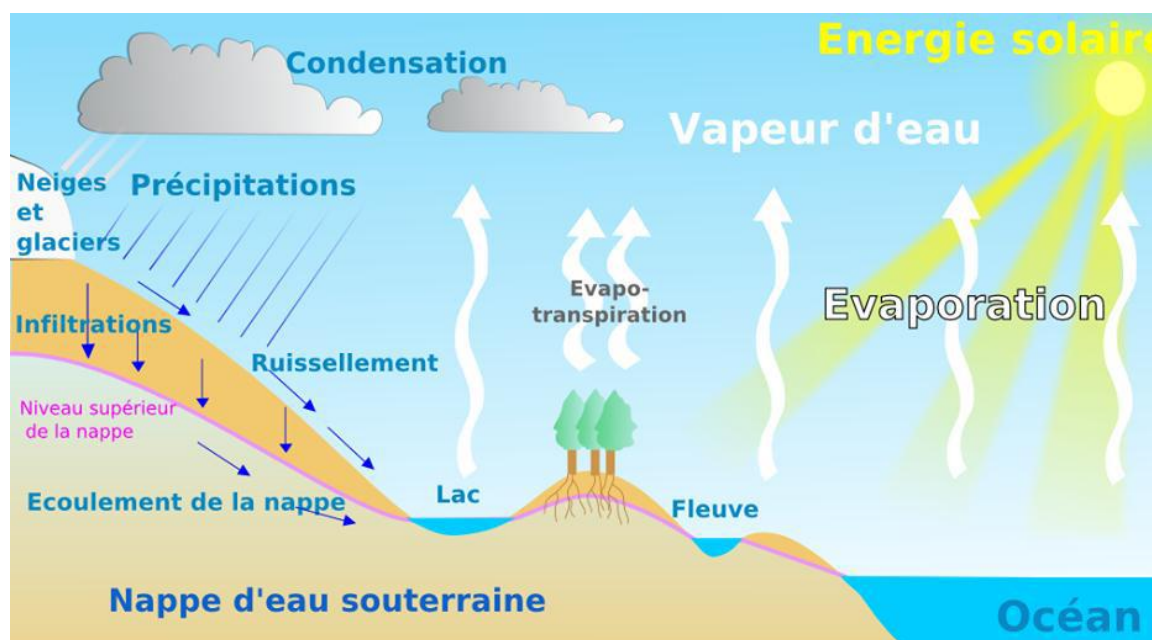


Figure 1 : Cycle de l'eau (SARI, 2014)

.. 12

1.1. La désinfection de l'eau 12

1.1.1 Désinfection par le chlore.....	12
1.1.2 Mécanisme de désinfection	13
1.2. Filtration par charbon actif	13
1.3. Désinfection à l’Ultra-violet.....	13
1.4. Traitements de l’eau de chaudière	13
1.4.1. L’adoucissement.....	14
1.4.2. L’osmosement	14
1.4.3. Dégazement	15

Partie II: Matériels et méthodes

1. Description de la région d’étude.....	17
2. Description des zones d’étude.....	17
2.1 La zone Bordj Senouci	17
2.2 La zone industrielle Bouchaker	17
2.3 La zone Milok	17
3. Méthode d’Echantillonnage et modes de prélèvement	18
3.1 Mode de Prélèvement	18
3.2 Mode de conservation	19
4. Méthode d’analyses physiques.....	19
4.1 Détermination du pH	19
4.2 Mesure de la température	19
4.3 La turbidité	20
4.4 Détermination de la conductivité.....	21
5. Méthode d’Analyses bactériologiques	21
5.1 Dénombrement des germes totaux	22
5.2 Le dénombrement des coliformes totaux	24
5.3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	26
5.4 Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteur	28

Partie III: Résultats et discussions

1. Résultats et discussion d’analyses physiques.....	33
1.1 La température.....	33
1.2 Le pH.....	33
1.4 La Conductivité électrique	34
2. Résultats et discussion d’analyses bactériologiques.....	37
2.1 Les analyses bactériologiques des <i>germes totaux</i>	37
2.2 Les analyses bactériologiques des <i>coliformes totaux</i>	38
2.3 Les analyses bactériologiques des <i>streptocoques</i>	38

2.4 Les analyses bactériologiques des <i>Clostridium Sulfito- Réducteurs</i>	39
Conclusion.....	42
Référence bibliographie	45
Annexes.....	49

Introduction

Introduction

L'eau est un composant indispensable pour l'existence des êtres vivants (humains, animaux et végétaux) sa présence conforme la présence de la vie. Elle est l'un des éléments moteurs du développement des populations et l'existence des civilisations (**Belghiti et al.2013**).

Elle est utilisée dans la vie quotidienne pour multi usages essentiels: la boisson, la préparation des repas, l'hygiène, l'entretien de l'habitation, les loisirs, la fabrication dans l'industrie, l'irrigation des cultures et l'abreuvement du bétail (**Leemans et al., 2008**).

Elle représente un pourcentage très important dans la constitution de tous les êtres vivants, Le corps d'un être humain adulte est composé de 60% d'eau, il est besoin d'une quantité minimale de 1,5 litre d'eau lui est nécessaire par jour (**Diop, 2006**). Mais L'eau peut être aussi une source de maladie. D'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé dont cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la contamination des aliments ou/et de l'eau de boisson contaminés (**Pulim, 1991**).

L'eau que nous utilisons provient du réseau public de distribution des eaux. Celui-ci peut être alimenté par un cours d'eau, une nappe phréatique, une source, un barrage. Une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exemptée d'éléments chimiques et biologiques susceptibles à plus ou moins long terme à la santé des individus. Elle ne doit contenir aucun micro-organisme, aucun parasite ni aucune substance constituant un danger potentiel pour la santé des personnes (**John et Donald, 2010**).

Ainsi, le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population (**Roux, 1987**).

Parmi les nombreux micro-organismes qui peuplent les eaux sont les germes totaux, les coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux et les Clostridium sulfito-réducteurs se qui sont des indicateurs les plus utiles pour estimer la contamination bactériennes (**Fewtrell et al., 2001**).

L'objectif de ce travail consiste à faire des analyses bactériologiques pour évaluer la qualité de l'eau utilisée en industrie agro-alimentaire dans la ville de Laghouat et les comparer

vis à vis aux normes réglementaires algériennes et celles de l’OMS, qui été définies pour juger la sécurité et la potabilité des eaux de consommation et de fabrication.

Cette étude est répartie en trois parties :

- La première consacrée aux généralités et caractéristiques bactériologique des eaux de consommation et le traitement d’eau.
- La deuxième comporte le matériel et méthodes décrivant les caractéristiques générales de la zone d’étude, la qualité bactériologique des eaux dans les différents points de prélèvement et les méthodes d’analyse utilisées au laboratoire de l’ADE.
- La troisième est réservée à la présentation des résultats obtenus et leur discussion.

Partie I

Etude Bibliographique

CHAPITRE I : Généralité sur l'eau

1. Définition de l'eau

C'est un corps incolore, inodore, et insipide. Une molécule d'eau est constituée d'un atome d'oxygène (O) et deux atomes d'hydrogène (H) : sa formule chimique est donc H_2O . Elle se trouve à l'état gazeuse, à l'état solide et en particulier à l'état liquide (**Duval, 1971**).

2. Cycle d'eau

L'eau est un élément indispensable dans notre vie, constitué des éléments fondamentaux, recouvrant 72% de la surface de la terre. Le cycle de l'eau dans la nature est commencé par l'évaporation par l'énergie solaire des océans et lacs, et l'évapotranspiration des végétaux.

Cette vapeur d'eau refroidit et se condense dans l'atmosphère précipite sous forme de pluie ou neige, grêle et parvient aux cours d'eau soit : directement par ruissellement ou indirectement par infiltration : L'autre partie pénètre et s'accumule dans le sous sol pour former des nappes souterraines qui, à leur tour peuvent former des sources émergentes à la surface du sol (**Vilagines, 2003**).

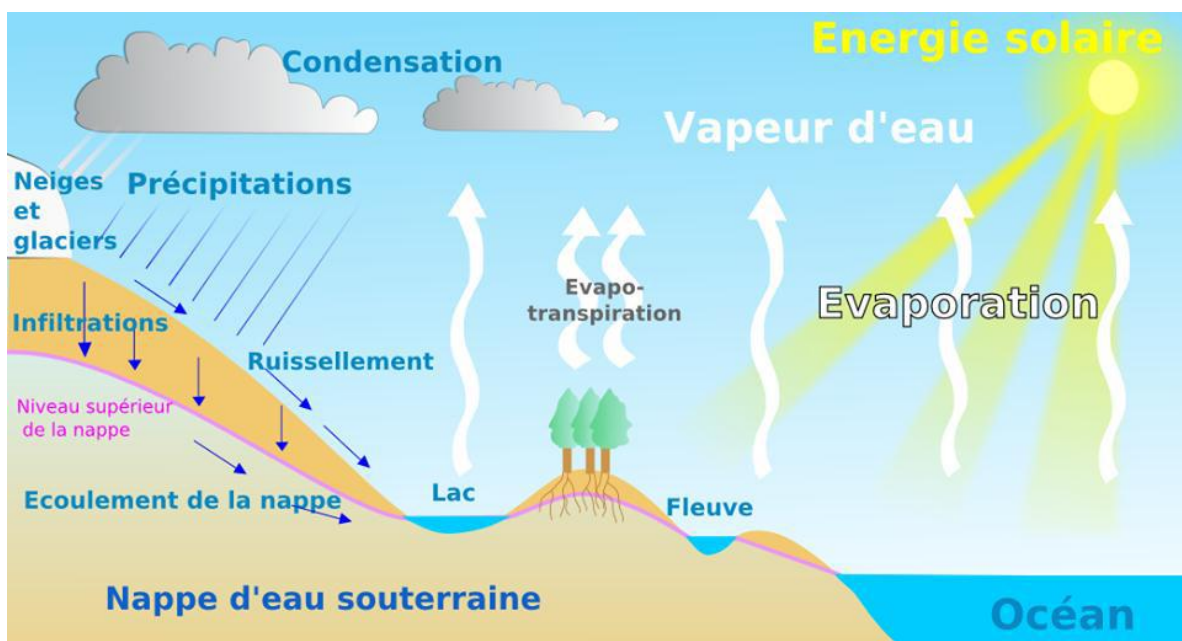


Figure 1 : Cycle de l'eau (**Sari, 2014**).

3. Type de l'eau

3.1 Eau de superficiels

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface Des continents (**Degremont, 2005**).

Elles ont pour origine, soit des rivières ou des lacs et subissent des traitements de purification par un processus a cinq étapes : un prétraitement, une décantation, une filtration, un affinage puis une désinfection (**Sde, 2005**).

3.2 Eau de Souterraines

Les eaux souterraines proviennent à l'accumulation des infiltrations des eaux de Pluie dans le sol qui varie en fonction de sa porosité et sa structure géologique.

Elles sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique (**Cardot, 1999**). Et sont souvent bonnes eaux pour une consommation sans traitement (**Sde, 2005**).

4. Utilisation de l'eau

4.1 Eau potable

Les eaux potables est l'ensemble des eaux dont les propriétés chimiques, bactériologiques, biologiques et organoleptiques les rendent propres à la consommation humaine (**Hoffman et al. 2014**). La plupart des eaux potables proviennent des eaux souterraines et des eaux de sources (**Bliefert et Perraud, 2001**).

Selon l'OMS, une eau dite potable est une eau que l'homme peut consommer tout le long de sa vie sans danger ou risque pour la santé. Cette eau en effet doit être agréable à boire et ne doit renfermer en quantité, ni substances chimiques, ni germes nocifs pour la santé. Elle ne doit contenir certaines substances chimiques qu'en quantité limitée.

4.2. L'eau dans l'industrielles :

Pour l'industrie, l'eau peut être un solvant, une matière première, un fluide de nettoyage des équipements et des produits fabriqués, ou encore un fluide caloporteur servant au fonctionnement d'une chaudière ou au refroidissement d'une installation

L'industrie utilise de grosses quantités d'eau. Mais toute l'eau utilisée par l'industrie n'est pas forcément consommé (**Cnrs, 2000**).

Tableau 01 : La quantité d'eau nécessaire pour fabriquer les produits industriels (Cnrs, 2000).

Les produits industriels (pour 1 kg)	Quantité d'eau (en litre)
Acier	300 à 600
Papier	500
Sucre	300 à 400
Alcool	100
Carton	60 à 400
Ciment	35
Savon	1 à 35
Matière plastique	1 à 2

4.3 Usage agriculture :

Aujourd'hui, l'agriculture absorbe plus de 70 % de l'eau consommée. Cette consommation conséquente dans ce secteur peut s'expliquer par différentes raisons :

Tableau 02: la quantité d'eau nécessaire aux cultures (Cnrs, 2000).

Culture (pour 1 kg)	Quantité d'eau (en litre)
Banane	346
Maïs grain	454
Orge	524
Pomme de terre	590
Blé	590
Soja	900
Riz pluvial	1600
Riz inondé	5000

L'élevage dont le régime alimentaire implique la mobilisation de grandes quantités d'énergie et d'eau par ration produite.

L'irrigation massive dans le but d'assurer des rendements maximums.

L'accroissement de la population qui nécessite la production de plus grandes quantités de denrées alimentaires.

Des régimes alimentaires plus riches dus à une orientation croissante du mode de vie « à l'occidental » (Cnrs, 2000).

5. L'eau dans l'industrie Agro-alimentaire

L'eau dans l'industrie La présence d'une ressource en eau abondante et de bonne

qualité est souvent un facteur d'implantation d'industries près des cours d'eau. L'eau peut ainsi être utilisée pour réaliser de nombreuses opérations :

- Le lavage d'objets, de récipients, de canalisations, de sols d'ateliers,
- Le chauffage ou le refroidissement d'objets,
- La réalisation de réactions chimiques en milieu aqueux,
- Le transport d'objets par canalisations...

La consommation industrielle d'eau représente environ 20 % de la consommation mondiale. Elle varie selon les pays et les secteurs d'activité: toute l'eau utilisée par l'industrie n'est pas forcément consommée, elle peut parfois être rejetée dans le milieu après avoir servi. Les industries de transformation sont les plus gourmandes en eau. La qualité requise pour l'eau industrielle dépend de l'activité: les industries agroalimentaires ont besoin d'eau potable; les industries électronique, médicale et biotechnologique requièrent une eau très pure. Dans d'autres cas, une eau même usée peut être suffisante.

L'eau est un élément indispensable dans l'industrie agroalimentaire pour donner la forme et la texture, permettre les réactions biochimiques responsables de leur transformation.

Cette exigence est impliquée en particulier les fermentations mais aussi la plupart des dégradations indésirables du produit, de sa récolte à sa consommation (principalement de réactions d'hydrolyse).

Pour la potabilité et la rendre propre aux différents usages auxquels on la destine et spécifiquement dans certains processus technologiques, donc il faudra lui appliquer des traitements divers et appropriés (**Grosclaude, 1999**).

Les besoins en eau de l'industrie agroalimentaire peuvent exiger des qualités d'eau très particulières, même quand il n'y a pas de contact avec le produit alimentaire donc l'eau utilisée pour beaucoup d'applications.

CHAPITRE II : La qualité de l'eau

1. La qualité organoleptique de l'eau

Le consommateur donne une importance aux composants organoleptiques (aux goûts, aux odeurs, à la turbidité et à la couleur de l'eau), qu'à la présence de composés chimiques non-odorants et nuisibles pour la santé (**Bartels et al, 1986**).

1.1 Couleur

La couleur de l'eau est due aux éléments qui s'y trouvent à l'état dissous. Elle est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux substances en solution, et apparente quand les substances en suspension y ajoutent leurs propres colorations (**Franck, 2002**).

Une eau colorée n'est pas agréable pour la boisson, car elle provoque toujours un doute sur la potabilité.

1.2 L'odeur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire (**Rodier, 2009**).

1.3. Saveur

Les eaux potables doivent avoir une saveur agréable. Les principaux corps pouvant donner à l'eau une saveur désagréable sont le fer et le manganèse, le chlore actif et le phénol (**Rodier, 2009**).

2. Paramètre physique de l'eau

2.1 PH

Le pH constitue la concentration en ion hydrogène (H_3O^+), c'est le caractère acido-basique. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés, pour parler du potentiel d'hydrogène ou la concentration en protons, l'échelle de pH va de 0 à 14 avec une neutralité à 7 (idéal 6,5) pour les eaux provenant des terrains pauvre en calcaire (**Hamon J, 1982**).

2.2. Température

Il est important de déterminer la température pour les études de la potabilité d'eau de surface ou souterrains. La température est influencée par les conditions climatiques (température de l'air), elle a un rôle très important dans la solubilité des sels (surtout des gaz) et la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, la détermination du pH. L'augmentation de la température y a risque de développement de micro-organismes, problèmes des goûts et des odeurs désagréables ainsi que l'augmentation de couleur **(Monique, 1991)**.

2.3. La turbidité

La turbidité d'une eau due à la présence de matières étrangères en suspension dans l'eau **(Rodier, 2009)**, comme les argiles, les limons et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale **(Tardat, 1984)**.

2.3. La Conductivité électrique

La conductivité est une expression numérique mesure la capacité d'une solution à conduire le courant électrique (entre deux électrodes). Elle permet d'apprécier la qualité des sels dissous mais très rapidement approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution **(Guentri et Rahmania , 2015)**. La conductivité s'exprime généralement en milli siemens par centimètre (ms/cm) ou désiemens/m (dS/m) **(Dore, 1995)**.

3. Qualité microbiologique de l'eau

3.1 Bactéries indicateur de la pollution fécale

3.1.1 Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux sont des indicateurs de contamination fécale faciles à dénombrer. Ce sont : *Escherichia coli*, *Citrobacter sp*, *Enterobacter sp*, *Serratia sp*. Les coliformes thermo tolérants constituent un sous groupe de coliformes totaux dont ils partagent les caractéristiques à la différence qu'ils supportent la température de 44-45°C. Ils peuvent pousser et produire du tryptophane. Seul *E. coli* est capable de fermenter le lactose à 44-45°C. La présence dans l'eau de boisson de ces coliformes révèle : soit un traitement inefficace ; soit une contamination postérieure au traitement à savoir un manque d'hygiène **(Bourgeois et al. 1990)**.

3.1.2 Les coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des bactéries Gram négative, bacilles, non sporulant, aérobies facultatives, ceux-ci sont présents dans le sol, dans les fèces et les eaux non polluées. Les coliformes totaux se caractérisent par leur aptitude à fermenter le lactose à 35°C voir 37°C en produisant de l'acide, du gaz et un aldéhyde dans un délai de 24-48 heures (Graun et al. 1997).

3.1.3 Les streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux sont des cocci à gram positif, disposés en chaînettes. Ils sont anaérobies aérotolestants, immobiles, non sporules, catalase négatif (Carip et al. 2015). Ils appartiennent aux genres *Enterococcus* et *Streptococcus*. Ils se caractérisent par certaines propriétés biochimiques communes et une large tolérance à des conditions de croissance défavorables (résistant) (Geldreich et al. 1969).

Ils sont considérés comme indicateurs d'une pollution fécale, comprennent plusieurs espèces, ils sont spécifiques de la flore intestinale de l'homme et des animaux (Joffin et al., 2010).

3.2 Bactéries indicatrices, non réellement spécifique de pollution fécale

3.2.1 Les anaérobies sulfite-réducteur (*Clostridium perfringens*)

Le *Clostridium sulfite-réducteur*, bacilles à gram positif, anaérobies strictes, mobiles, sporulés (Pilet et al., 1979), non capsulés (à l'exception de *Clostridium perfringens*), catalase négatif (Carip et al., 2015). Appartient à la famille Clostridiaceae (Bergey's, 2004).

Ils sont souvent considérés comme indicateur de pollution fécale ancienne. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle (Armand, 1996).

3.2.2 Flores mésophile aérobie totale

L'eau potable n'est pas traitée, elle contient des bactéries de l'environnement, qui sont un bon indice de contamination mais sont pas pathogènes, qui s'appellent les germes aérobies mésophiles totales.

Le dénombrement des bactéries aérobies dans la gélose nutritive (TGA) et incubé à 22°C et 37°C, ils apparaissent sous forme de colonies de taille et de formes différents (Joffin

et al., 2010).

3.2.3 Bactéries pathogènes de genre Salmonella

Le genre Salmonella appartient à la famille des enterobacteriaceae, sont des bacilles à gram négatif de forme bâtonnet, souvent mobiles (rarement immobiles) non sporulés se cultivant sur milieu ordinaire, aéro-anaérobies facultatifs, oxydase négative et catalase positive (Sutra et al., 1998).

Les sérotypes adaptés à l'homme sont : *Salmonella typhi* et sérotypes *S. paratyphi A*, responsables de la fièvre typhoïde humaine. Les salmonelles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pouvoir pathogène varient énormément (Rodier J, 2009).

4. Contamination de l'eau

L'eau est influencé par la présence des matières minérales et organiques et même des microorganismes dont certains sont pathogènes et donc dangereux pour la santé (OMS, 2002).

C'est une contamination d'origine humaine et animale, due aux les rejets urbains et de la présence de matières fécales dans la nature. Elle est dangereuse car de nombreux microorganismes pathogènes vivants naturellement dans l'intestin de l'homme et des animaux peuvent à l'origine des maladies infectieuses qui survivre longtemps dans l'eau.

Peut aussi abriter des bactéries, des mycètes, des protozoaires, des virus, etc. (Regnault, 1990).

Chapitre III: Traitement d'eau

En industrie agro-alimentaire, les usages de l'eau sont multiples. Elle peut être utilisée dans le processus de fabrication et ainsi être mise au contact direct des denrées alimentaires et/ou est incorporée directement comme ingrédient lors de la préparation des aliments. Elle sert aussi, entre autres, pour le nettoyage des matériels et des locaux et pour l'hygiène du personnel de l'entreprise (1).

L'eau, y compris sous ces différents états, est un vecteur et/ou un réservoir possible de dangers microbiologiques et chimiques. Ces dangers peuvent être présents dans la ressource utilisée. Ils peuvent également être générés lors du traitement, du stockage et de la distribution de l'eau au sein de l'entreprise, si des mesures appropriées pour la maîtrise de sa qualité ne sont pas appliquées (1).

1. Traitements de l'eau

L'eau potable est une eau destinée à la consommation à l'état naturel, soit après avoir été traitée, ainsi ces caractéristiques bactériologiques, chimiques et physiques respectant les normes (**Graini et Terki, 2018**).

1.1. La désinfection de l'eau

La désinfection est le processus de destruction des organismes afin d'empêcher toute contamination. Il existe de nombreuses méthodes de désinfection de l'eau, mais la chloration (Hypochlorites alcalins) est de loin la plus répandue (**OMS, 2013**).

1.1.1 Désinfection par le chlore

L'action désinfectante de l'eau de javel en milieu aqueux est principalement liée à l'action de l'acide hypochloreux (HClO). Cette forme peu ionisée du chlore dans l'eau pénètre facilement au travers des parois et des membranes cellulaires des entités microscopiques (virus, bactéries, spores, champignons, parasites). L'adjonction est faite par une pompe doseuse automatique (**Csnej, 2010**).

1.1.2 Mécanisme de désinfection

La désinfection a généralement lieu grâce à une altération de la paroi des cellules des micro-organismes, avec un changement de la perméabilité, ou une perturbation de l'activité enzymatique à cause d'un changement structural. Ces perturbations empêchent les micro-organismes de se développer de nouveau ce qui entraînera leurs morts (**Zouag et Belhadj, 2017**).

1.2. Filtration par charbon actif

Les filtres à charbon actif retiennent les matières en suspension et les micropolluants comme les pesticides et leurs sous-produits, les composés à l'origine des goûts et des odeurs. Cette filtration peut avoir lieu après la désinfection car ils retiennent également les sous-produits de désinfection (**Guerradi et Hechachna, 2013**).

1.3. Désinfection à l'Ultra-violet

Le traitement par la lumière ultraviolette (UV) est une technologie établie de désinfection de l'eau en raison de sa très grande capacité à tuer ou à inactiver de nombreuses espèces de microorganismes pathogènes. Cette désinfection est efficace contre les bactéries, les parasites, les protozoaires et la plupart des virus (**El alaoui et Taoussi, 2013**). Lorsqu'un micro-organisme est exposé à un rayonnement UV-C, le noyau de la cellule est atteint et la duplication de l'ADN est stoppée. Les rayonnements UV ont un effet sur les acides nucléiques et les enzymes. Les organismes pathogènes sont donc inactivés ou détruits (**Zouag et Belhadj, 2017**).

1.4. Traitements de l'eau de chaudière

C'est un dispositif permettant de chauffer l'eau et de produire de la vapeur si l'eau est chauffée au-delà de la pression atmosphérique. Industriellement, on utilise les chaudières pour produire la vapeur nécessaire au fonctionnement des procédés. La source de chaleur peut-être fournie par un combustible (gaz, fioul, charbon...) ou une résistance électrique (**Djaffer, 2018**).

Produit injecté dans la chaudière (HCP AS 544) : Est un produit trois en un

- Désoxygénation : Par l'action réductrice de l'AS 544 l'oxygène dissous dans l'eau d'alimentation disparaît instantanément ;

- Anti-tarte et dispersant : Les traces de calcium, de magnésium et de silice sont éliminées par un régime d'extraction adapté, les dépôts incrustant sont ainsi évités ;
- Anticorrosion : Par augmentation du pH de l'eau d'alimentation et par formation d'un film protecteur sur les parois métallique.

1.4.1. L'adoucissement

Les adoucisseurs agissent sur la composition physico-chimique de l'eau, en réduisant Le calcium et le magnésium responsable de l'entartrage Le fonctionnement de l'adoucisseur d'eau repose sur le principe de l'échange ionique. Les ions calcium et magnésium de l'eau dure passent au travers d'une résine dite «échangeuse d'ions» chargée en ions sodium. Lors de leur passage les ions calcium et magnésium se fixent sur la résine qui libère en retour ses ions sodium. L'eau est alors débarrassée de son calcaire et on parle d'eau adoucie (phase d'adoucissement). La quantité de calcium et de magnésium que peut retenir une résine est appelée capacité d'échange. Lorsque la résine arrive à saturation, il faut alors la recharger en ions sodium, c'est la régénération (**Haba, 2012**).

1.4.2. L'osmosement

L'osmose inverse (OI) est un phénomène observé quand deux solutions de concentrations différentes sont séparées par une membrane. Celle-ci laisse passer le solvant vers la solution la plus concentrée et arrête le soluté (**Medfouni, 2007**).

Les membranes d'OI sont celles qui ont les structures les plus denses de toutes les membranes utilisées actuellement dans le domaine de l'eau potable ; Ces membranes ont la capacité de retenir les ions monovalents, de très faible masse molaire (Na^+ , Cl^-) (**Paul Tamas, 2004**).

Produits injectés dans l'osmoseur :

- L'acide chlorhydrique 33% HCl : Chlorure d'hydrogène en solution aqueuse acide muriatique, il est utilisé pour régler le pH.
- Mita bisulfite $\text{Na}_2\text{O}_4\text{S}_2$: Il est utilisé pour éliminer le chlore (Cl).
- HCP (GC-670) : Il est utilisé pour :
- Empêcher l'encrassement et l'entartrage des membranes par dépôts les plus courants ;
- Minimiser les besoins en produits de nettoyage curatif, réduisant ainsi le temps d'arrêt pour le nettoyage du système.

1.4.3. Dégazement

Le dégazeur est réservé aux éliminations de l'oxygène et de gaz carbonique dans les eaux d'un générateur de vapeur à fin d'éliminer l'installation de la corrosion .Pour dégazer une eau il faut de réunir toutes les conditions appropriées de pression et de température de vapeur sursaturante soient maintenues dans l'enceinte contenant cette eau pour les gaz dissous, dont l'oxygène passent automatiquement en phase vapeur (**Gherib, 2014**).

Partie II

Matériels et méthodes

1. Description de la région d'étude

La région d'étude fait partie de la ville de Laghouat, centre de wilaya, située sur la route nationale N°1 à 400km au sud de la capitale Alger, à une altitude moyenne de 760m sur le flanc sud de l'Atlas saharien et s'étend sur l'atlas saharien au nord et les plateaux saharien au sud, elle est limitée :

- Au nord par la commune de sidi Makhlouf ;
- A l'est par la commune de El'Assafia ;
- Au sud par la commune de Naceur Ben chohra ;
- A l'Ouest par la commune de Tadjmout.

La wilaya compte 24 communes parmi les quelles 09 sont considérées comme communes urbaines.

2. Description des zones d'étude

2.1 La zone Bordj Senouci

Bordj Senouci est une zone essentiellement agricole, et les habitants s'y sont installés en raison de sa proximité avec la capitale de l'État, car elle n'est qu'à cinq kilomètres de celle-ci sur la route nationale n ° 1 à travers l'échangeur de la ville de Laghouat. Il est à environ 05 km de la municipalité de Laghouat et de la municipalité d'Al-Asafia à environ 10 km.

2.2 La zone industrielle Bouchaker

La zone industrielle Bouchakeur se situe sur le point géographique de 33° 45' 33'' Nord et 2° 53' 04'' Est, Cette zone s'étale une superficie de 229 ha correspondant à 222 lots créés avec des superficies différentes et 198 lots attribués correspondant à 184hectares.

La zone industrielle renferme plusieurs unités industrielles diversifiées privées et Etatiquescouvrent dans lasidérurgie,les plastiques, du papier de la briqueterie, Production d'agrégats et la Production de batteries promoteur étranger chinois, Coto-sud. Ainsi des industries agro-alimentaires comme des moulins, aliments de bétails, production des boissons gazeuses et jus, unités de productions du lait et produits laitiers et de tomates.

2.3 La zone Milok

Al-Milok est située à environ 20 km de la ville de Laghouat sur la route nationale n°23 en direction d'Aflou.

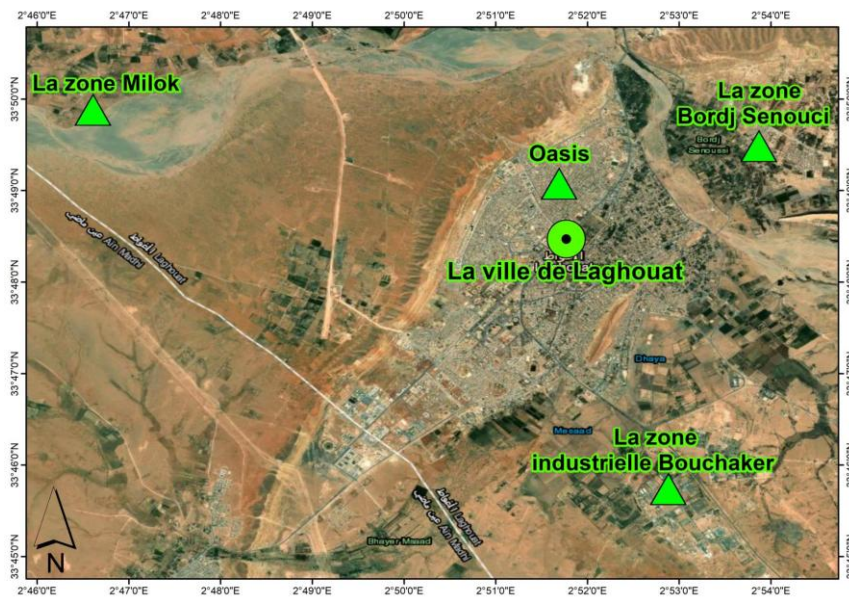


Figure 2 : Sites géographiques des zones d'études au niveau de la ville de Laghouat(2).

3. Méthode d'Echantillonnage et modes de prélèvement

Le prélèvement de l'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui s'en suit. L'échantillon doit être homogène et représentatif et ne doit pas modifier les caractéristiques de l'eau. L'échantillonnage d'eau pour les analyses microbiologiques est correctement effectué, dans un récipient stérile, évitant toute contamination accidentelle, conformément à l'instruction de travail : « prélèvement et échantillonnage d'eau pour analyses ».

Le nombre d'entreprises qui font objet de notre étude sont en nombre de 4 et elles sont :

- La ferme pilote de "Boudaoud" pour la production des œufs et volailles
- L'eau minérale de "Milok"
- L'industrie des feuilles de dioul "El-ghazala"
- Le lait de la laitier "Mzi"

3.1 Mode de Prélèvement

Réseau (à un robinet) et l'intérieur de station

- ✓ Enlever les tuyaux de caoutchouc adaptés au robinet choisi ;
- ✓ Se laver très soigneusement les mains et avant-bras avec l'alcool et les rincer abondamment avec de l'eau propre, laissé sécher ;
- ✓ Ouvrir le robinet et laisser couler 5 à 10 minutes avant de faire le prélèvement.

- ✓ Ouvrir le flacon en verre stérile à proximité de robinet juste avant de faire le prélèvement ;
- ✓ Remplir le flacon et le fermer immédiatement après le prélèvement. Le flacon ne sera jamais ouvert avant de commencer l'analyse au laboratoire sinon il faut absolument refaire le prélèvement ;
- ✓ Inscrire sur l'étiquette les indications nécessaires à l'identification du
- ✓ Prélèvement (identité des préleveurs ; date et l'heure de prélèvement ; motif de la demande d'analyse ; point de prélèvement d'eau ; origine de l'eau) ;
- ✓ Mettre l'échantillon prélevé dans une glacière maintenue à 4C° (**Rodier et al. 2005**).

3.2 Mode de conservation

Les échantillons prélevés doivent être remis les plus tôt possible pour analyse, ils doivent être acheminés dans des conditions qui évitent une modification du nombre de microorganismes présents, dans des glacières à des températures comprises entre 2 et 10°C.

L'ensemencement est réalisé juste après enregistrement des échantillons au niveau de la réception. En absence de réception, les prélèvements sont acheminés en bactériologie et l'enregistrement au niveau de la réception se fera ultérieurement.

4. Méthode d'analyses physiques

4.1 Détermination du pH

Pour la détermination du pH, nous utilisons une méthode électro métrique avec électrode combinée selon la norme (**Afnor., 1997**). Cette méthode consiste à plonger dans l'électrode dans le bécher de l'échantillon, la lecture se fait après stabilité de la valeur affichée (**figure 3**).

4.2 Mesure de la température

La détermination de la température est faite au laboratoire à l'aide d'un thermomètre incorporé précis multiélément étalonné avant chaque manipulation. On lit directement la température exprimée en degré Celsius (°c).



Figure 3: Le pH mètre

4.3 La turbidité

La turbidité de l'eau est due à la présence de matériaux solides en suspension qui réduisent sa transparence. A l'aide d'un turbidimètre, mis une cuvette témoin contenant l'eau distillé, placé la cuvette dans le puits de mesure et fermé le capot, agite l'échantillon et remplis la cuvette jusqu'au trait et bouché la, procédez les mêmes étapes pour le témoin puis noter le résultat lorsque le signal est stable (environ 2min) le résultat est donnée en UTN (Unité de Turbidité néphéométrique) (**figure 4**).



Figure 4 : Mesure de la turbidité par le turbidimètre.

4.4 Détermination de la conductivité

La détermination de la conductivité se fait par la mesure de la résistance électrique de la solution, donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes), Elle est exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**figure 5**).



Figure 5 : Le Conductimètre

5. Méthode d'Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but la recherche et le dénombrement des germes existant dans les échantillons d'eau à analyser. Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (**Rodier, 2005**).

En raison de la diversité des espèces bactériennes, virales et parasitaire, des germes test vont être analysés qui représenteront par la suite l'aspect microbiologique de ces eaux. Une analyse complète de l'eau brute a été effectuée en basant sur la recherche et le dénombrement des paramètres suivants :

- Germes totaux ;
- Coliformes totaux ;
- streptocoques.

5.1 Dénombrement des germes totaux

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler les micro-organismes psychrophiles (22°C) et les microorganismes mésophiles (37°C).

Le milieu de culture est de la gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure (TGEA) fondue puis refroidie à 45±2°C (**Rodier2005**).

Mode opératoire

- ✓ On prend deux boîtes de pétri stériles et on note sur chaque boîte la date et la température d'incubation ;
- ✓ Près d'un bec benzène, on prélève 1 ml d'eau à analyser et on ensemence dans chaque boîte ;
- ✓ On fait couler environ 19 ml la gélose préalablement fondue et refroidie à 45°C ;
- ✓ On agite doucement par un mouvement circulaire en forme de « 8 », pour assurer un mélange homogène

Les boîtes seront partagées en deux séries distinctes :

- ✓ La première série sera incubée à 22°C pendant 24h
- ✓ La deuxième série sera incubée à 37±2°C pendant 24h±4h.

Lecture : après 24 heures il apparaît un mélange de colonies blanches et jaunes.

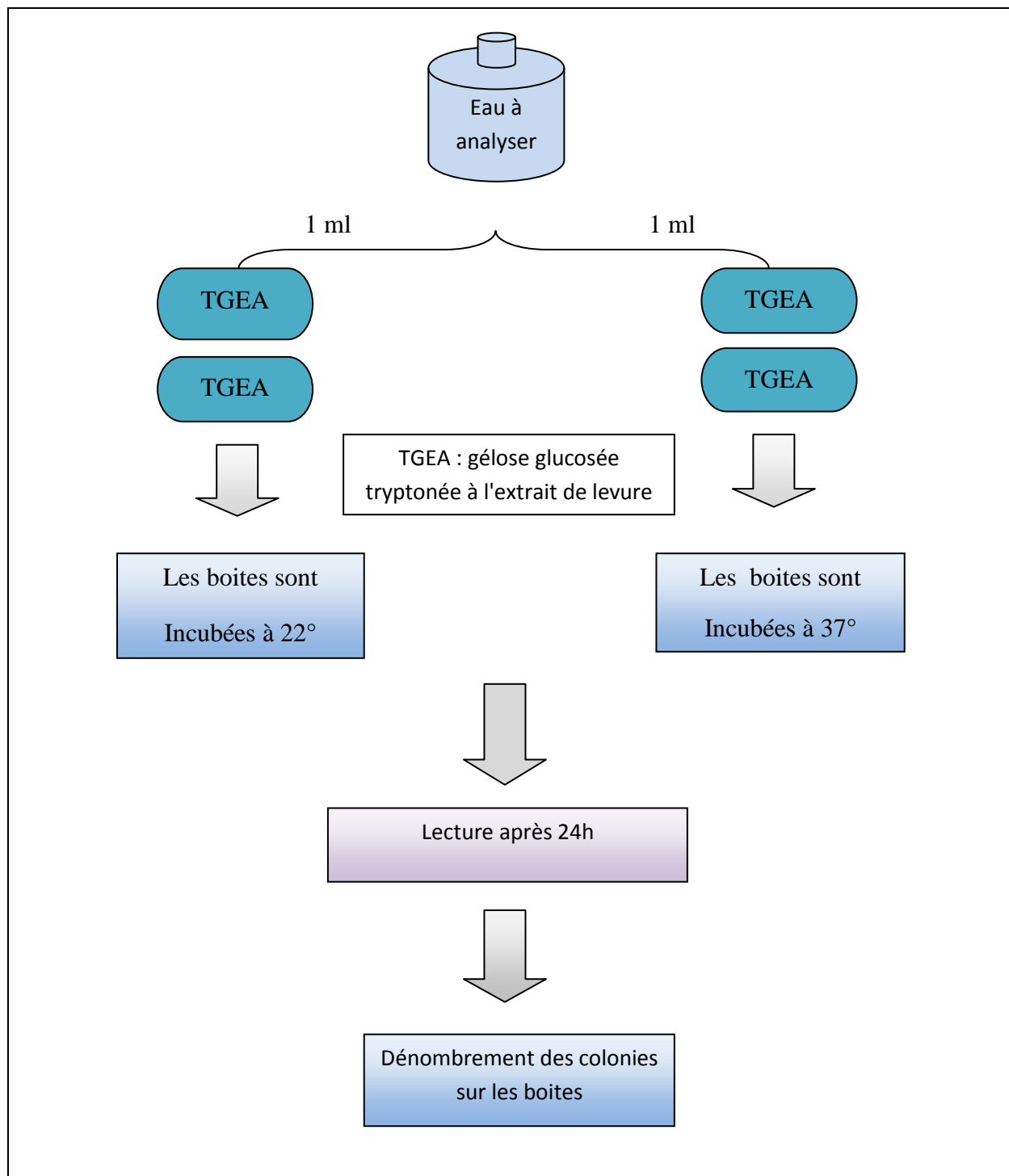


Figure 6 : protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Germes aérobie mésophile totale.

5.2 Le dénombrement des coliformes totaux

Les coliformes se présentent sous forme de bacilles à Gram négatifs (BGN), non sporogones, oxydase négative, aero-anaérobies facultatifs, capables de croître en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production **d'acides et de gaz, en 24 à 48 heures à 37°C.**

Test présomptif de la présence ou l'absence des coliformes.

On ensemence à partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 2 fois 10 ml dans un flacon contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 2 fois 1 ml dans tubes contenant 10 ml milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- 2 fois 0,1 ml dans tubes contenant 10 ml milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham doit être chassé et bien mélangé le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 h.

Seront considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

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

Expression des résultats des Coliformes totaux

Le nombre des coliformes totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre des tubes positifs en se référant à la table de Mac Credy qui nous donne le nombre le plus probable (NPP).

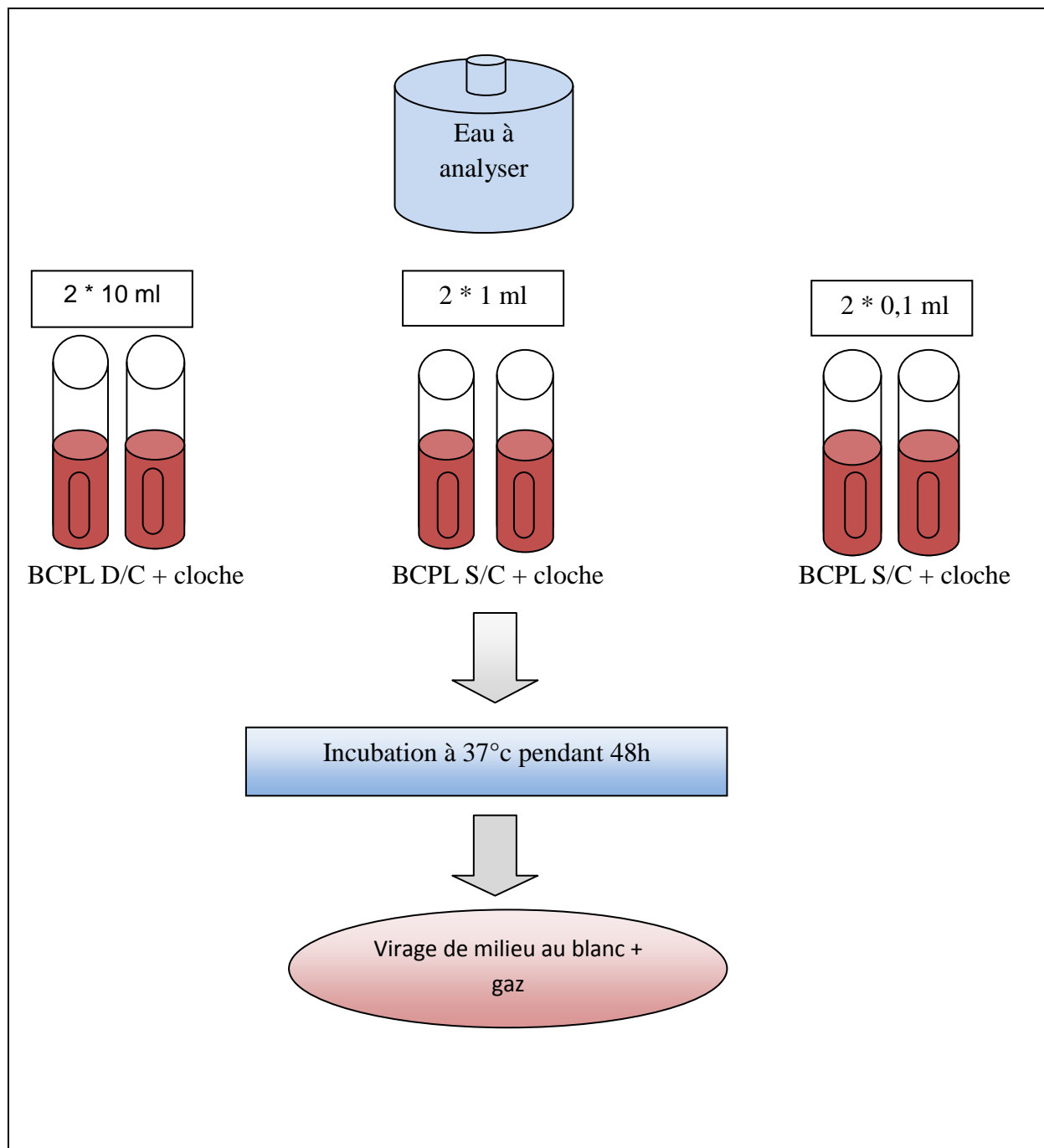


Figure 7 : protocole expérimentale de recherche et de dénombrement des coliformes totaux.

5.3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux (*Enterococcus* ou streptocoques D) sont des commensaux de l'intestin. Le nombre de streptocoques étant en général peu élevé,

On utilise dans un premier temps un milieu d'enrichissement relativement sélectif, le milieu de un trouble microbien permet de conclure que dans les tubes correspondants a cultivé au moins un streptocoque fécal présumé provenant e l'inoculum.

Test de présomption

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

- Fois 10 ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C (double concentration) ;
- Fois 1 ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C (simple concentration) ;
- Fois 0,1 ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C.

On mélange bien le milieu. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures. Seront considérés comme positif, les tubes présentant à la fois :

Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir un streptocoque fécal.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table NPP.

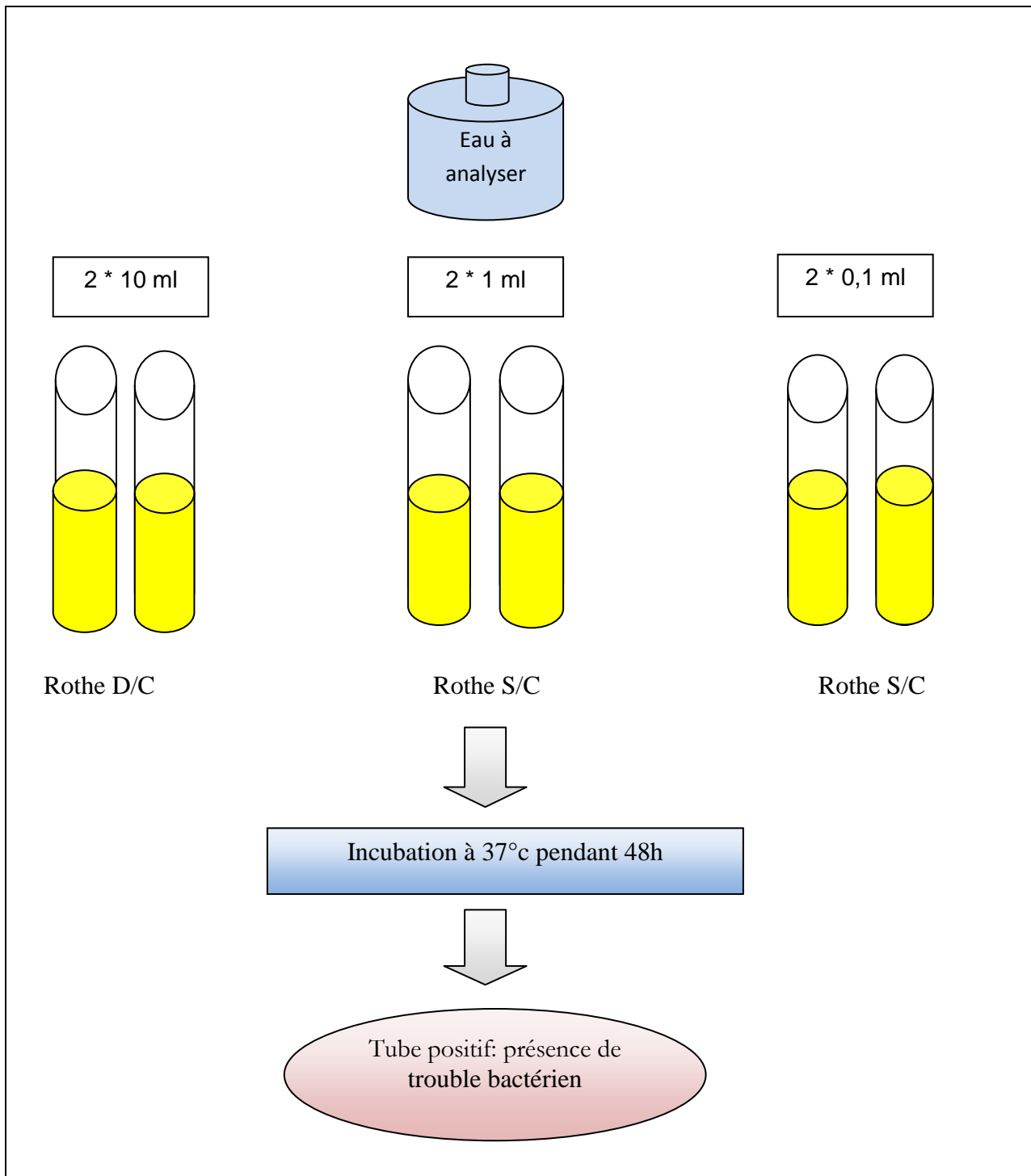


Figure 8 : protocole expérimental de recherche et de dénombrement des streptocoques

5.4 Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteur

Les anaérobies sulfito-réducteurs(ASR) sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale et généralement des indices de contamination ancienne. Se présente sous forme de bactéries à gram positif, elles se développent entre 24 à 48 heures sur une gélose viande foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite sodium (Na_2SO_3), qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noir (**Rodier, 2009**).

Mode opératoire

Il faut chauffer préalablement la suspension mère dans un : bain marie pendant 10 minutes à 80°C . Cette étape de chauffage permet de préparer les spores à la germination, on l'appelle cette étape l'activation. La germination consiste en un gonflement de la spore, pertes des différentes résistances et l'augmentation de l'activité métabolique.

De nombreux composés favorisent la germination après l'activation, notamment les acides-amine et les sures. La germination est suivie de la croissance bactérienne.

On répartit le milieu viande foie (VF) dans des tubes à raison de 20ml de milieu par tube (à l'état liquide) autoclave à 15mn à 121°C . Puis on refroidie à $45-50^\circ\text{C}$ et on ajoute à chaque tube les solutions tièdes suivantes :

- ✓ 0,5ml d'une solution aqueuse de Sulfate de Na à 5% stérilisé ;
- ✓ 2 gouttes d'une solution aqueuse d'alun de fer (Citrates de fer ammoniacale) ;
- ✓ 5ml d'inoculum, doit mélangé doucement sans incorporer d'air;
- ✓ L'incubation sa fait à 37°C pendant 24h.

L'apparition des taches noires qui représentent les colonies de Clostridium ; ces taches noires sont des sulfures de fer qui résultent de la réduction des sulfites. L'apparition des tubes complètement colorés en noire est due probablement à la durés de conservation prolongée (température élevée).

Après une incubation de 24heures à 37°C on n'observe pas de colonies noires. L'eau à analyser ne contient donc pas spores de Clostridium sulfio-réducteur (**ISO6461, 1986**).

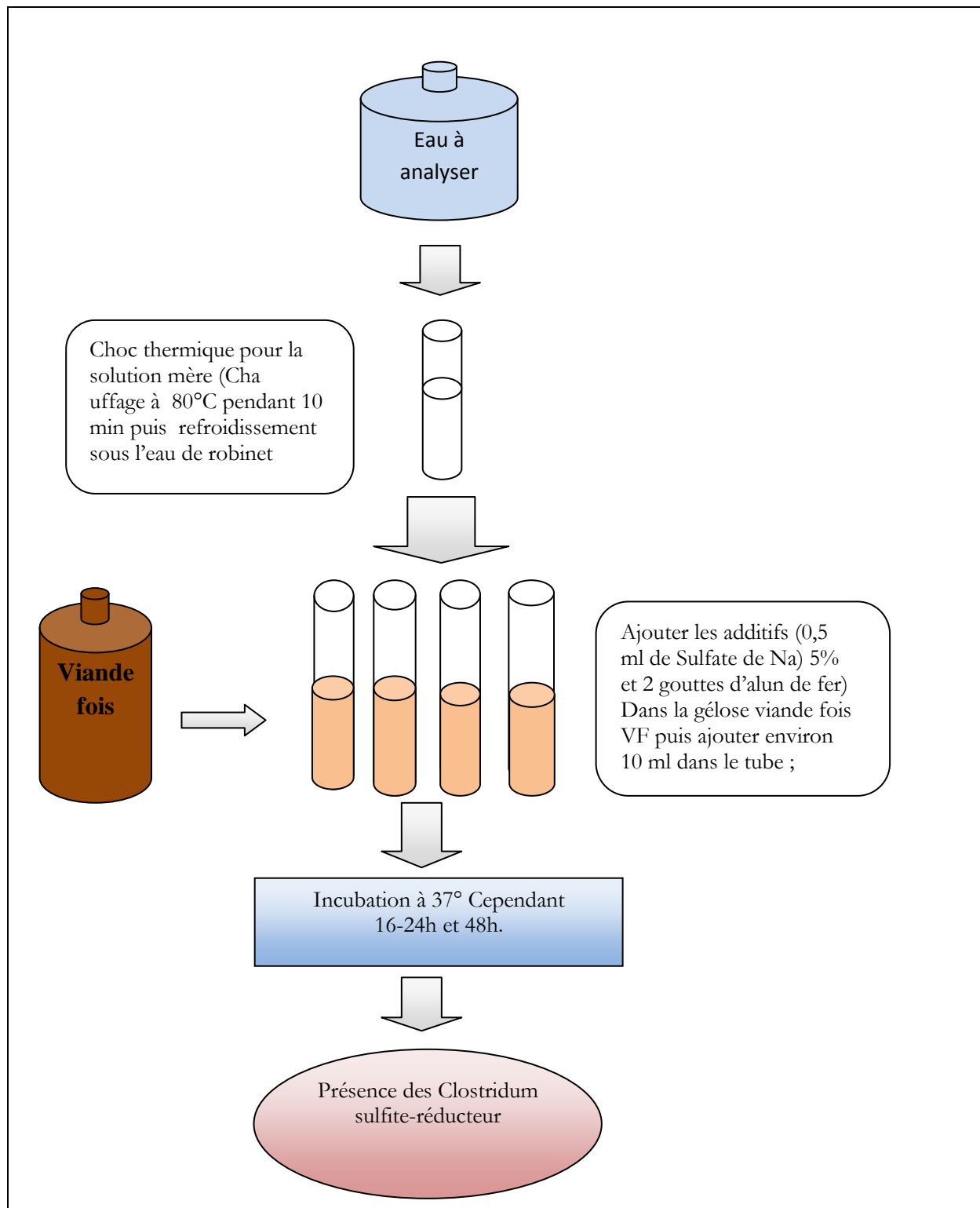


Figure 9 : protocole expérimental de Recherche et dénombrement des clostridiumsulfite-réducteur.

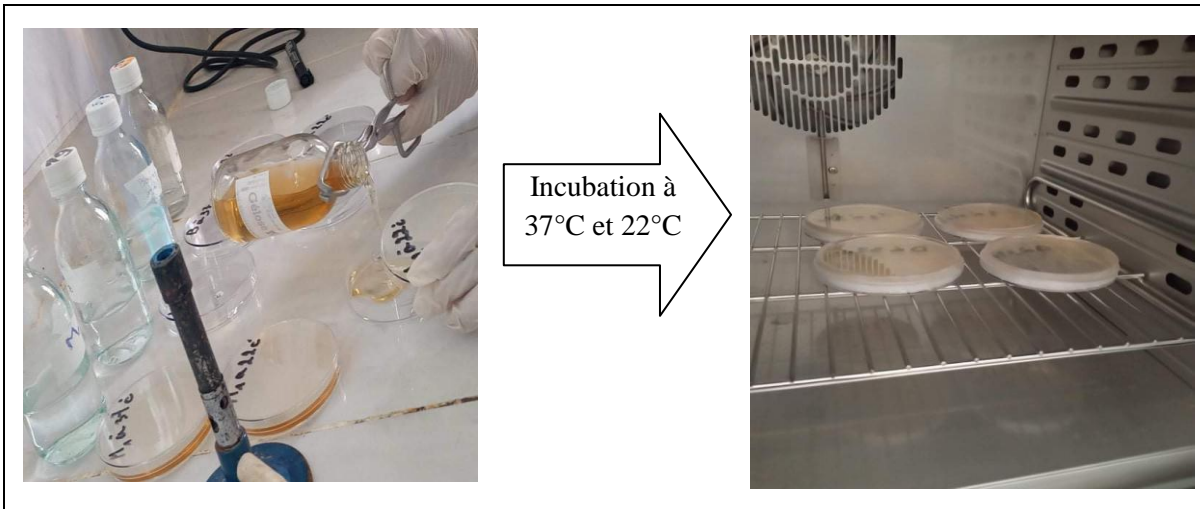


Figure 10 : Représentation du dénombrement des Germes totaux.

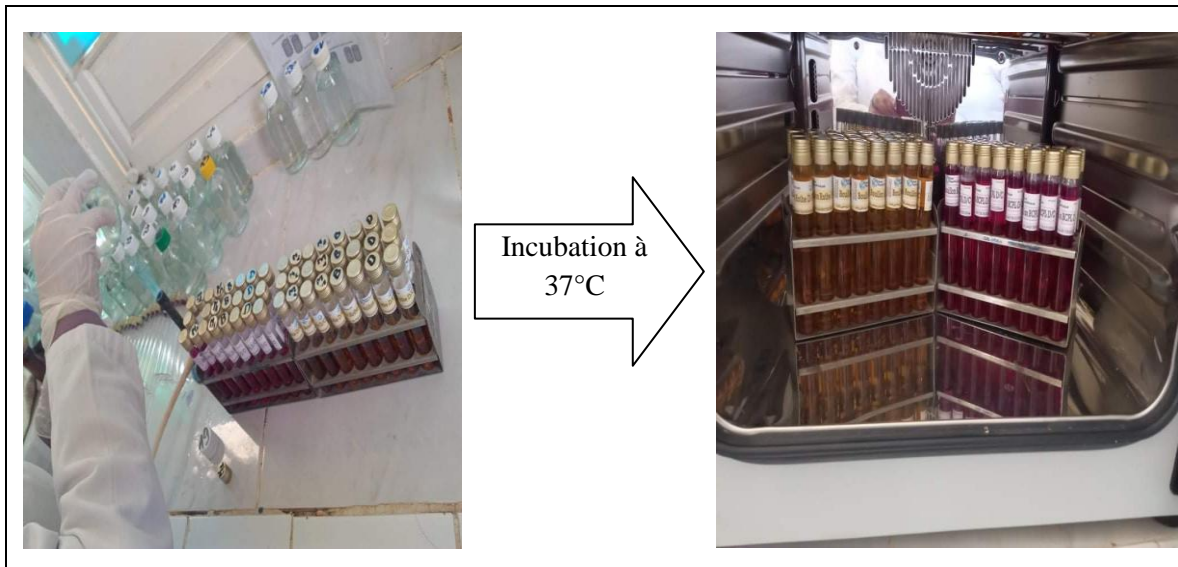


Figure 11 : Représentation du dénombrement des coliformes totaux et les streptocoques fécaux

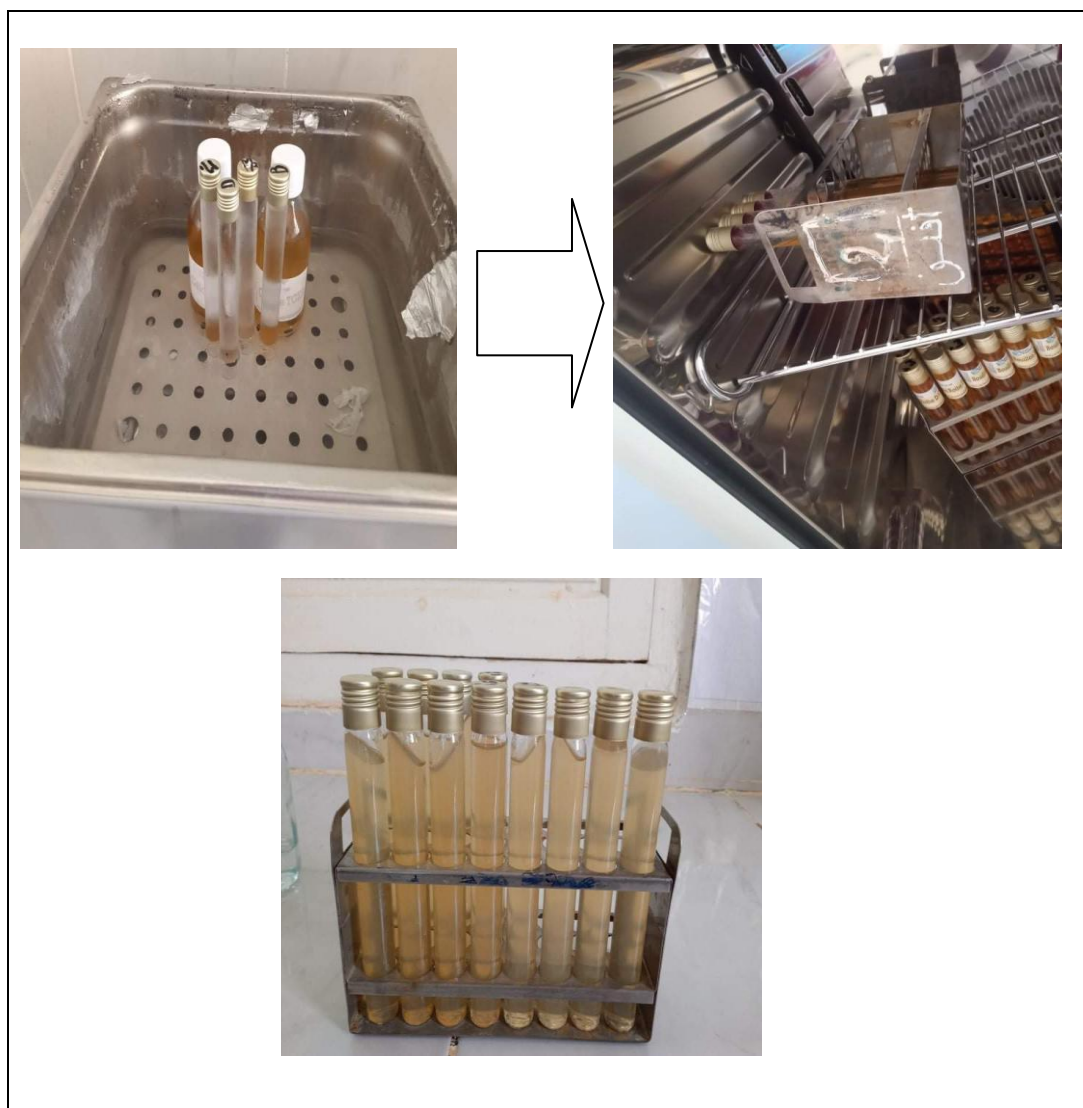


Figure 12 : Représentation du dénombrement des clostridium sulfito-réducteur

Partie III

Résultats et discussions

1. Résultats et discussion d'analyses physiques

1.1 La température

La survie des bactéries diminue avec la température. En moyenne l'optimum de température de stockage voisine les 15 à 20 °C, il y aussi des microorganismes vivant a une température proche de 37 °C. Dans le cas particulier des bactéries thermophiles, l'optimum de survie est à environ 45°C (**Michel et al, 2000**).

D'après les résultats consignés, nous avons remarqué que les températures des eaux utilisées dans les quatre entreprises agro-alimentaires (la ferme pilote de "Boudaoud", les eaux minérales de "Milok", l'industrie de feuilles de dioul "El-ghazala" et le lait de la laiterie "Mzi"), varient entre des valeurs 21°C et 22°C. Donc ces résultats ne dépassent pas la norme algérienne et celles de l'OMS (25°C).

1.2 Le pH

Le potentiel Hydrogène de l'eau mesure sa concentration en ion H⁺. Il traduit son caractère acide ou basique, Le pH de l'eau influe sur la vie des bactéries (acidophiles, neutrophiles et basophiles) (**Vinassého, 2007**).

Les résultats des mesures du potentiel d'hydrogène des eaux utilisées en industrie agro-alimentaire dans les quatre entreprises montrent que le pH obtenu est 7,1 et 7,79. Ces résultats montrent des pH neutres, qui ne dépassent pas ceux exigés par les normes Algériennes et l'OMS qui fixent des valeurs de pH entre 6,5 et 8,5.

1.3 La turbidité

La turbidité peut avoir des effets importants sur la qualité microbienne de l'eau potable. En effet, la croissance microbienne dans l'eau est particulièrement marquée à la surface des particules et à l'intérieur des floes, naturellement présents dans l'eau ou formés lors de la coagulation. Ce phénomène résulte de l'adsorption d'éléments nutritifs aux surfaces (**Cfpt, 2002**).

D'après les résultats des eaux étudiées aux quatre entreprises ont présentés des turbidités varient entre 0 NTU et 0,8 NTU.

Ces résultats sont conformes aux normes algériennes et l'OMS qui fixent une valeur limite de 5 NTU.

1.4 La Conductivité électrique

Une corrélation négative a été observée entre les bactéries indicatrices de la contamination d'origine fécale et la conductivité électrique qui traduit le degré de minéralisation globale et renseigne sur le taux de salinité. En effet, **(Bennani et al, 2012)**, et ont montré que la salinité est un facteur de stress très important que subissent les bactéries de pollution fécale dans le milieu salé **(Chedad et a, 2007)**.

D'après les résultats de la conductivité électrique des eaux étudiées présentent des valeurs comprises entre 1023 et 2220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en fonction de la température.

Qui restent conformes à la norme algérienne qui fixe une limite maximale de 2800 $\mu\text{S}/\text{Cm}$, ainsi que la norme internationale de l'OMS; et celle du comité européen (CE), dont la concentration minimale admissible (CMA) est de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

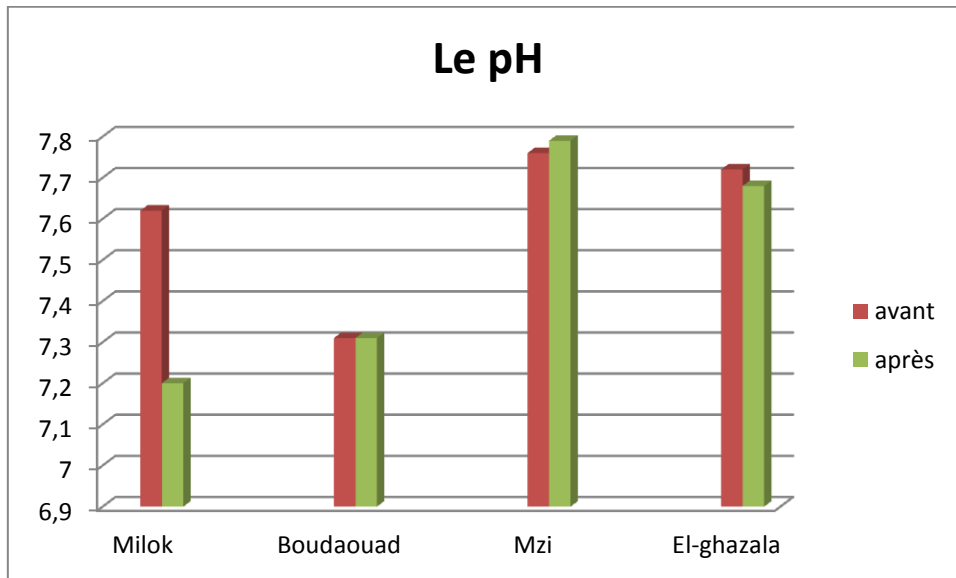


Figure 13 : Les valeurs des PH des eaux étudiées.

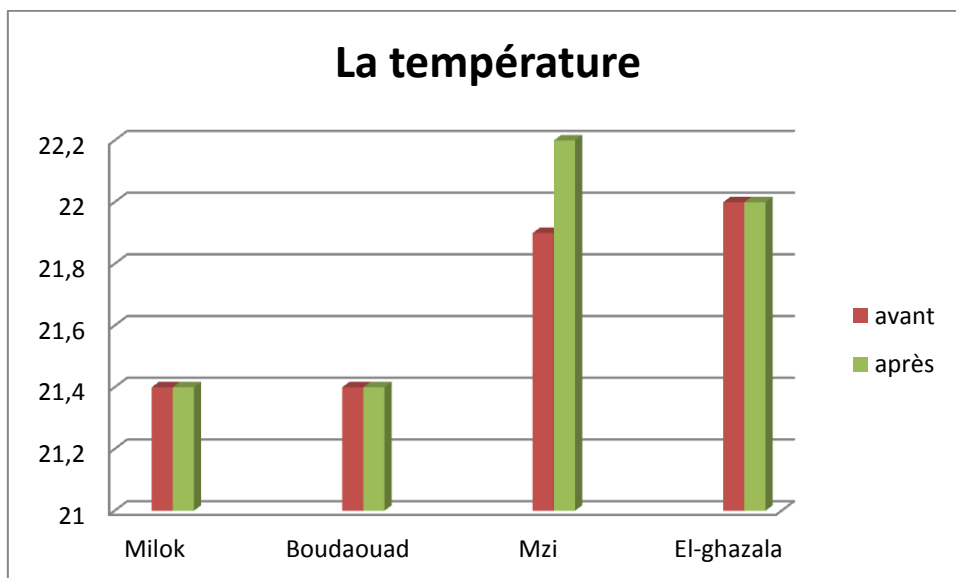


Figure 14 : Les valeurs de la température des eaux étudiées.

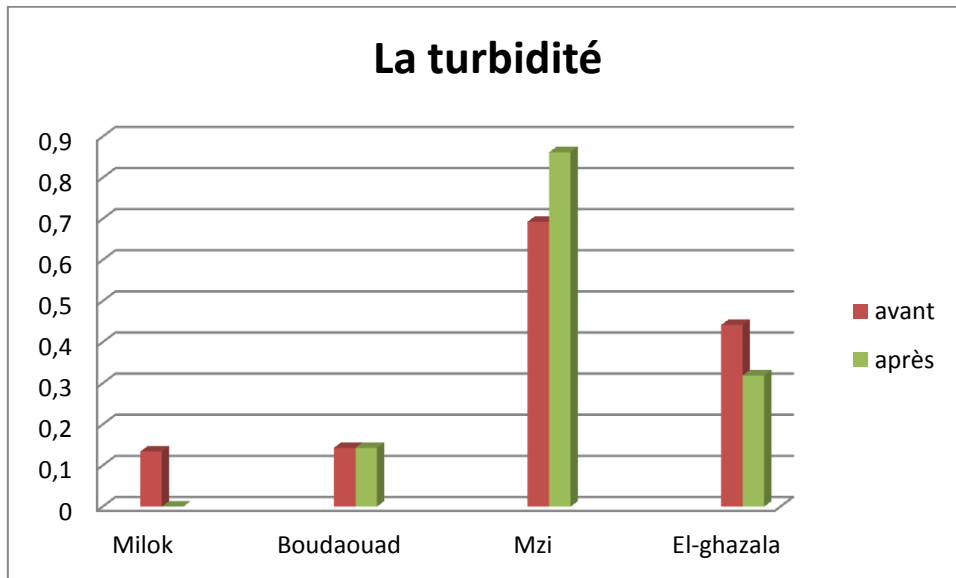


Figure 15 : Les valeurs de la turbidité des eaux étudiées.

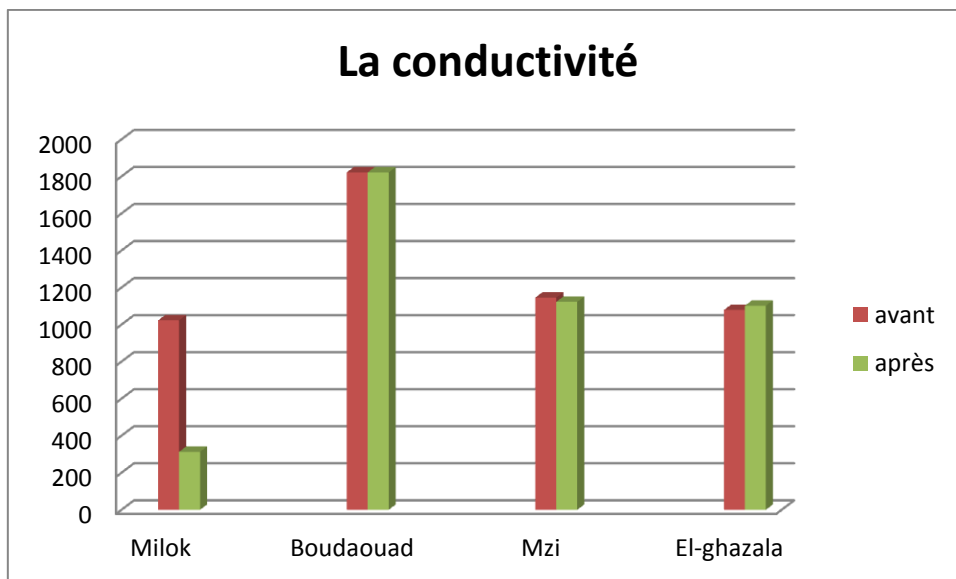


Figure 16 : Les valeurs de la conductivité électrique des eaux étudiées.

2. Résultats et discussion d'analyses bactériologiques

Pour apprécier de la qualité bactériologique des eaux utilisées en industrie agroalimentaire dans la région de Laghouat nous avons procédé à l'étude de cas des eaux industrielle dans quatre entreprises agroalimentaires (la ferme pilote de "Boudaoud", l'eau minérale de "Milok", l'industrie des feuilles de dioul "El-ghazala" et le lait de la laiterie "Mzi").

Les prélèvements d'eau ont été suivis par des analyses bactériologiques qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de ADE de Laghouat datée (30 Mars à 13 Avril) et consiste à la recherche des germes totaux, des coliformes totaux, des streptocoques fécaux et des Clostridium sulfito-réducteurs.

2.1 Les analyses bactériologiques des *germes totaux*

Le dénombrement des germes aérobies mésophiles ou germes totaux est utilisé comme indicateur de pollution, vise à estimer la densité de la population bactérienne dans l'eau potable et également comme indicateur d'efficacité de traitement, en particulier des traitements physiques tels que la filtration par le sol, qui devrait entraîner soit une très forte diminution de la concentration bactérienne par rapport à l'entrée, soit même une absence totale de bactéries (**El Haissoufi et al., 2011**).

La contamination de ces eaux par les germes totaux pourrait être due à la mauvaise protection des puits ou la stagnation de l'eau dans des réservoirs du réseau de distribution, la méconnaissance des règles élémentaires d'hygiène, la pollution avoisinante (élevage des bétails par exemple) et l'absence d'un réseau d'assainissement (**Guessoum et al., 2014**).

D'après les résultats obtenus de l'analyse bactériologique des *germes totaux* on remarque que les eaux analysées contiennent 150 UFC/100ml à une 37°C et 98 UFC/100ml à 22°C dans les eaux utilisées par La laitière de "Mzi", et 20 UFC/100ml à 37°C dans les eaux brute utilisées dans la ferme pilote de "Boudaoud".

Ces résultats dépassent les normes algériennes avec l'OMS, donc les eaux utilisées dans la ferme pilote de "boudaouad" et le lait de la laiterie "Mzi" sont contaminées par les *germes totaux*.

Par contre l'absence totale des *germes totaux* dans les eaux minérale de "Sarl Milok" et les eaux utilisées dans l'industrie de feuilles de dioul "El-ghazala" parce que les deux unités

utilisent des eaux traitées, ce qui répond aux normes d’OMS et Algériennes.

2.2 Les analyses bactériologiques des *coliformes totaux*

Les coliformes totaux comprend des espèces et des souches bactériennes qui colonisent l’intestin humaine et des animaux, mais aussi d’autres leur origine peut être environnementale (sol, végétation, eau). Dans ce contexte, leur présence dans l’eau traitée n’implique pas nécessairement un risque imminent pour la santé publique et ne sont pas un signe de pollution puisque la plupart de ces bactéries n’ont pas une origine fécale (**Edberg *et al.* 2000**).

Par ailleurs, les coliformes totaux sont un indicateur peu sensible de la qualité microbienne de l’eau, la recroissance bactérienne serait plus fréquente l’été (température plus élevée, augmentation du débit ou interventions d’entretien favorisant le décollement du biofilm). Cependant, en ce qui concerne les eaux souterraines non désinfectées, il a été observé que la présence de coliformes totaux peut être un indicateur de la dégradation de la qualité de ces eaux.

D’après les résultats obtenues des analyses bactériologiques des *coliformes totaux*, nous avons remarqué que les eaux prélevées contiennent 20 UFC/100ml dans les eaux utilisées par la ferme pilote de "Boudaoud", et 13 UFC/100ml dans les eaux brute (forage) de l'eau minérale de "Milok". Ces chiffres qui dépassent les normes algériennes avec l’OMS, D’autre part l’absence des *coliformes totaux* dans les eaux utilisées dans le lait laiterie "Mzi" et les eaux utilisées dans l’industrie de feuilles de dioul "El-ghazala" dioul, ce qui répond aux normes d’OMS et Algériennes (0 UFC/ 100ml).

Donc les eaux utilisées par ferme pilote de "Boudaoud" les eaux brutes de "SARL milok" sont contaminées par les *coliformes totaux*.

2.3 Les analyses bactériologiques des *streptocoques*

La persistance des entérocoques dans divers types d’eau peut être élevées que autres germes indicateurs (**Clausen *et al.*, 1977; Edberg *et al.*, 1997**), à cause de leur résistance aux agents désinfectants (**Haslay et Leclerc, 1993**), leur grande résistance à la dessiccation fait des entérocoques des indicateurs pour le contrôle lors des réparations du réseau de distribution nécessitant un assèchement (évaluer l’efficacité du traitement de l’eau). D’autre part, puisqu’il n’y a généralement pas de croissance des entérocoques dans un réseau de distribution, leur

détection témoigne généralement d'une pollution fécale récente (**Clausen et al., 1977**).

D'après les résultats de l'analyse bactériologique des *streptocoques*, Nous constatons l'absence complète des *streptocoques* dans toutes les eaux étudiées qui montrent que les eaux au niveau des quatre entreprises agro-alimentaires (la ferme pilote de "Boudaoud", les eaux minérales de "Milok", l'industrie de feuilles de dioul "El-ghazala" et le lait laiterie "Mzi") sont saines. Ce qui répond aux normes d'OMS et Algériennes.

2.4 Les analyses bactériologiques des *Clostridium Sulfito- Réducteurs*

Le dénombrement des anaérobies sulfite-réducteurs dans les eaux est un paramètre indicateur essentiel dans la recherche des contaminations récentes dans le réseau ou des points de stagnation de ces eaux. Ces bactéries résistent longtemps aux facteurs extérieurs (température élevée, eau, sol...etc.), ce sont des germes à gram positif sporulés se développant à 37°C et ils se développent dans des conditions d'anaérobiose (**El Haissoufi et al. 2011**). La corrosion des tuyaux en métal et béton est le résultat d'une combinaison complexe de procédés physiques, chimiques et biologiques, donc plusieurs types de bactéries peuvent être responsables de la bio corrosion, telles que les *Clostridium sulfite-réducteurs*. Ces bactéries sont présentes au niveau de la sous couche du biofilm, en contact avec le métal.

D'après les résultats obtenus de l'analyse bactériologique des *Clostridium*, montrent l'absence totale de spores de *Clostridium* dans toutes les eaux industrielles enquêtées (la ferme pilote de "Boudaoud", les eaux minérales de "Milok", l'industrie de feuilles de dioul "El-ghazala" et le lait laiterie "Mzi"); qui répond aux normes d'OMS et Algériennes. Ces eaux ne sont pas contaminées.

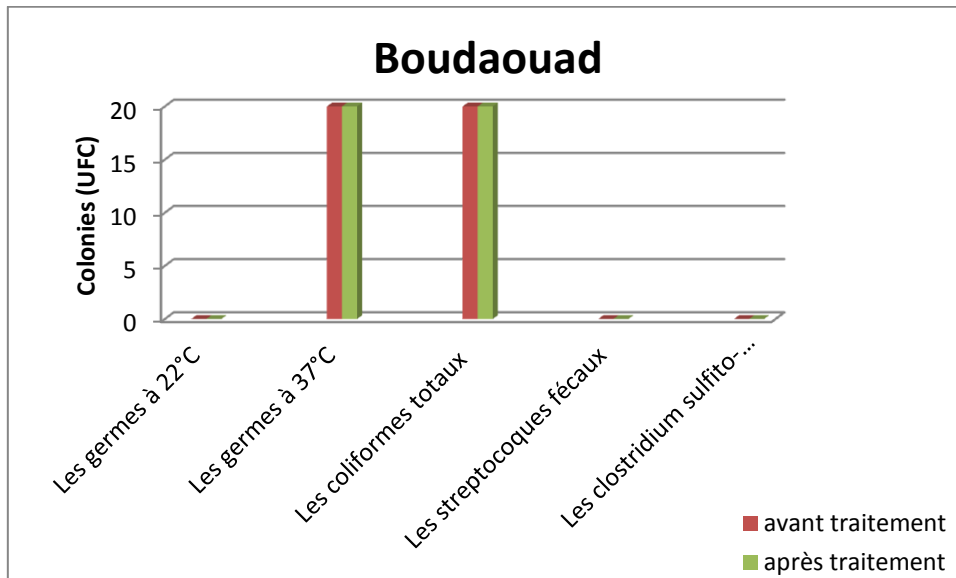


Figure 17 : les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau à analysée de "Boudaouad".

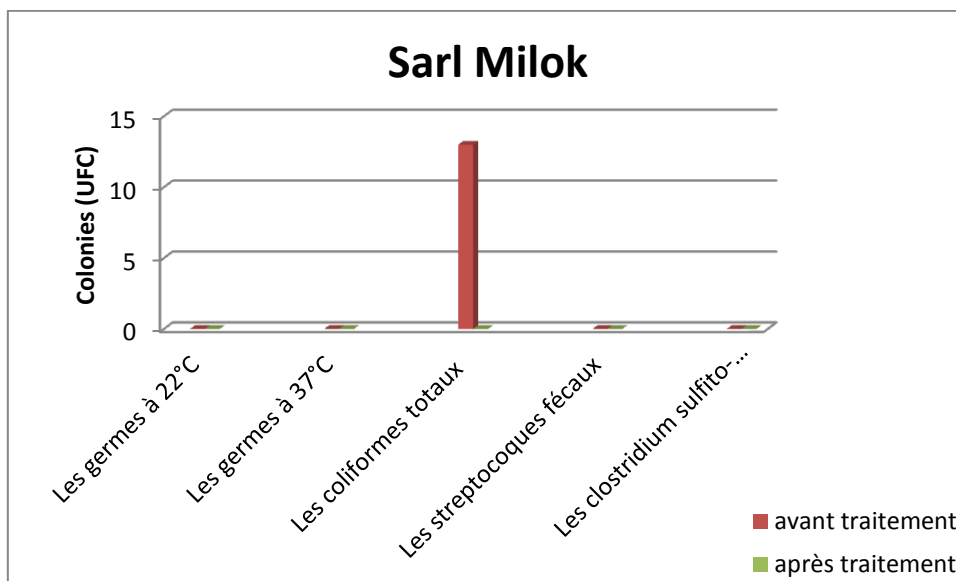


Figure 18 : les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau à analyser de "Sarl Milok".

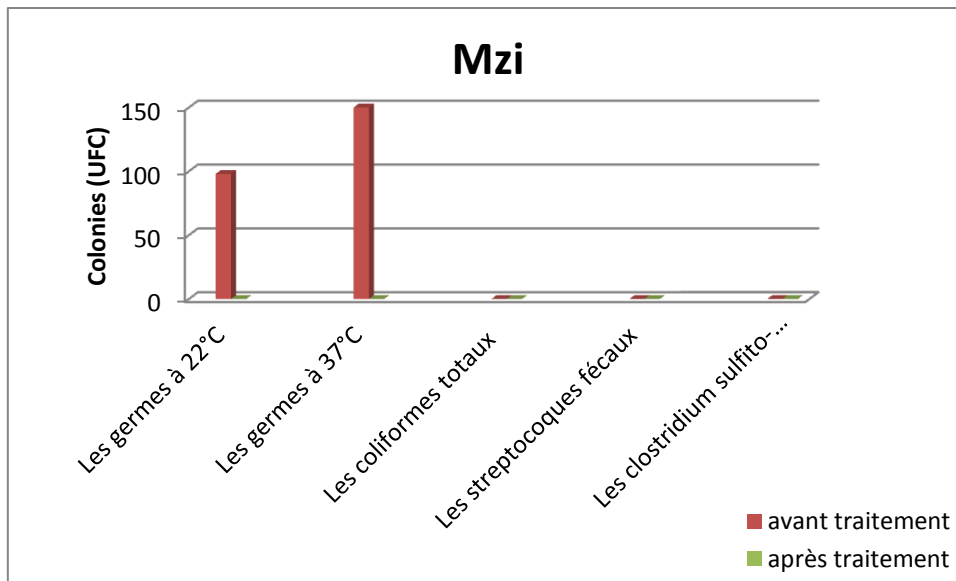


Figure 19 : les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau à analyser de "Mzi".

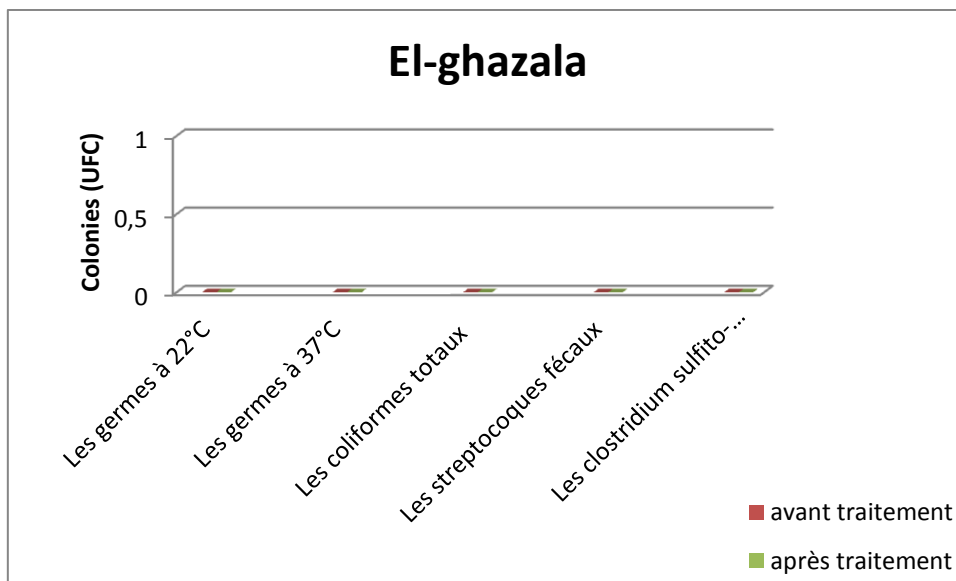


Figure 20 : les résultats des analyses bactériologiques des échantillons d'eau à analyser de " EL-GHAZALA".

Conclusion

Conclusion

L'eau constitue un élément essentiel dans l'industrie agroalimentaire qui implique une surveillance étroite tant sur le plan organoleptique, physicochimique et bactériologique.

Notre étude a pour but d'évaluer la qualité bactériologique des eaux utilisées dans quelques sociétés industrielles agro-alimentaire dans la région de Laghouat.

Les résultats obtenus sur le plan physique montrent que :

- La température des eaux est acceptable varie entre 21-22 °C.
- Le pH de l'eau varie entre 7.1 et 7.7, conforme aux valeurs « guide ».
- La turbidité des eaux varie entre 0-0,86 NTU est conforme aux normes.
- Les valeurs de La conductivité électrique des eaux varient entre 1023 et 2220 $\mu\text{S}/\text{cm}$, elles sont conformes aux normes.

Sur le plan bactériologique:

- Le dénombrement des *germes totaux* dans les eaux utilisées par la ferme pilote "Boudaoud" est 20 UFC/ 100ml à 22°C pour l'eau brute, 98 UFC/100ml à 22°C et 150 UFC/100ml à 37°C dans les eaux de lait laitier "Mzi" avant le traitement, avec l'absence totale de ces *germes totaux* dans les eaux de "Milok" et les eaux utilisées par l'industrie des feuilles de dioul "El-ghazala".
- Le dénombrement des *coliformes totaux* est 20 UFC/100ml dans les eaux utilisées par la ferme pilote de "Boudaoud", 13 UFC/100ml pour les eaux brute de l'eau minérale de "Milok".avec l'absence de ces *coliformes totaux* dans les eaux utilisées dans le lait laitier "Mzi" et aussi les eaux utilisées par l'industrie des feuilles de dioul "El-ghazala".
- Le dénombrement des *streptocoques* et les *Clostridium Sulfito-Réducteurs* montrent l'absence totale dans les eaux utilisées par les entreprises étudiées qui est mentionné par les normes d'OMS et Algériennes.

Donc il faut, prendre toutes les mesures pour préserver les eaux de toute contamination bactérienne éventuelle en prenant toutes les mesures du respect des règles d'hygiène qui doivent être appliquées, ainsi que le contrôle bactériologique des eaux qui sont utilisées dans l'industrie agro-alimentaire, Ce qui impact la qualité du produit d'une part et un impact sur la santé du consommateur d'autre part.

D'après les résultats obtenus, il convient ;

- ✓ d'approfondir ces résultats par des études complémentaires sur la contamination microbiennes des eaux utilisées en industrie agro-alimentaire.
- ✓ D'exercer un traitement et une surveillance continus de la qualité des eaux de la source et jusqu'au consommateur dans le processus des industries agro-alimentaire, de sorte à en faire une tradition dans ce type d'activité surtout que nous souvenues encore au stade juvénile.

Référence bibliographie

Références bibliographiques

- Bartels J H M., Burlingame G A., Suffet, L H.,(1986).** Flavor profile analysis: 78(3), page : 50-55.
- Belghiti M.L., Chahlaoui A., Bengoumi D., EL moustaine R.(2013).** Etude de La qualité physico -chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Mknès .Maroc. Edition : Larhyss Journal, n°14, page : 21-36.
- Bliefert C., Perraud R.,(2001).** Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Dechets. Edition : de boeck université Paris, page : 386.
- Bennani M., Amarouch H., Boukanjer A., Nadre H., Lalaoui M., Allali M., Et Cohen N., (2012).**«Influence des Facteurs Environnementaux Sur les Charges des Bactéries Fécales Dans le Littoral Méditerranéen du Maroc », European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.71 No.1, pp. 24-35.
- Cardot C.,(1999).**Les traitements de l'eau: procédés physico-chimiques et Biologiques, cours et problèmes résolus: génie de l'environnement. Edition Elipses.P71.
- CFPT ., (2002).** La turbidité de l'eau potable. Document de consultation publique préparé par le Sous-comité fédéralprovincial- territorial sur l'eau potable, 33.p.
- Chambre Syndicale Nationale de l'Eau de Javel. (2010).** L'Eau de Javel Solution aqueuse d'hypochlorite de sodium, (www.eaudejavel.fr). 7 p.
- Chedad Kh., Assobhei O., (2007).** «Etude de la survie des bactéries de contamination fécale (coliformes fécaux) dans les eaux de la zone ostréicole de la lagune de Oualidia (Maroc) », *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, n°29, 71-79.
- Clausen EM., Green BL., Litsky W., (1977).** Fecal streptococci : indicators of pollution. Edition : Health hazards associated with water, American society for lesti,and materials, ASTM STP, page 24-264.
- Degremont G., (2005).** Mémento technique de l'eau. Tome 1, 10eme édition, Ed
- Diop C., (2006).** Etude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar, mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales, université cheikh anta diop de Dakar.
- Djaffer O., Rouabhi R et Zidi R., (2018).** Etude de système de traitement et d'analyses physico-chimiques des eaux industrielles. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de technicien supérieur, en traitement des eaux, institut national spécialisé dans la formation professionnelle pour l'administration Djbabla Kadour – Guelma.p (26-27-4).
- Dore M., (1995).** «Chimie des oxydants et traitement des eaux», édition technique et documentation, Lavoisier.
- Edberg S C., Rice E W., Karlin R J., Allen M J., (2000).** Escherichia Coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. Edition : journal of Applied Microbiology, volume (88), page : 106-116.
- El alaoui R et Taoussi I., (2013).** L'impact du Chrome VI sur le traitement des eaux usées dans la station d'épuration de Marrakech. Mémoire de Licence en Sciences et Techniques, université Cadi Ayyad de Marrakech. (27-32) p.
- El Haissoufi H., Berrada S., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., El Oualilalami A., 2011.** Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fes- MAROC. Edition : revue-de-microbiologie-industrielle-sanitaire-et-environnementale. 5 (1), page : 37-68.
- Fewtrell L. Et Bartram J., (2001).** Water quality: guidelines, standards and health. World

- Health Organization Water Series. IWA Publishing, London (U.K.).
- Gherib S., (2014).** Conditionnement des eaux d'alimentation de chaudière Laiterie Edough-Annaba. Mémoire de Master en chimie de corrosion, université Badji Mokhtar, Annaba. 35 p.
- Grosclaude G., (1999).** Un point sur l'eau, Tome II : usages et polluants. Edition : INRA.
- Guentri S., Rahmania F., (2015).** Contribution à la connaissance de la remontée.
- Guerradi I. et Hechachna A., (2013).** L'utilisation industrielle du charbon actif Mémoire de licence en Science de la matière, université Amar Thladji de Laghouat Algérie. p18.
- Haba S., (2012).** Adoucisseurs d'eau.UAE - Union française des professionnels du traitement de l'eau. 5 p.
- Hamon J L., (1982).** Nouvelles normes européennes relatives aux eaux alimentaires potables. T.S.M L'eau.
- Haslay C., Leclerc H., (1993).** Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition Lavoisier Tec & Doc, Paris, page : 495.
- Hoffmann F., Auly T., Meyer A-M., (2014).** L'eau .Edition : Confluence, page : 43.
- ISO 6461 ., (1986).** Qualité de l'eau, Recherche et dénombrement des spores de micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs (clostridia), Partie 2: Méthode par filtration sur membrane. Première édition, pages : 3.
- John P., Donald A., (2010).** Microbiologie, 3ème Edition, 1216 p.
- Leemans M., Bawin C., Bellon J., Bovy C., 2008.** Livre bleu tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur l'eau potable et l'assainissement des eaux usées. 3ème édition, Ed. Fédération Belge du Secteur de l'eau asbl, 5p.
- Medfouni S., (2017).** Adoucissement des eaux géothermales de l'oued Rhia. Etude comparative de deux types de chaux (CaO et Ca(OH)₂). Mémoire de magister en Génie Chimie, université Kasdi Merbah, Ouargla. 09 p.
- Michel P., Deandrade Lima J. R. P., Brigas-Poulin P., Ravel A , (2000).** Développement d'indices agro-écologiques pour évaluer la pression hygiénique de la production animale dans les régions rurales du Québec. Université de Montréal.85 p.
- Monique H., (1991).** Les eaux naturelles et les eaux de consommation Saint Laurent (Québec).Edition du système d'information mondiale pour le développement durable.
- OMS., (2002).** Directive de qualité pour l'eau de boisson Genève.
- Organisation mondiale de la Santé., 2013.** Mesurer les niveaux de chlore dans les systèmes d'approvisionnement en eau. 1 p.
- Paul Tamas A., (2004).** Etude comparée du colmatage en nano filtration et en ultrafiltration d'eau de surface. Mémoire pour l'obtention du grade de maitre en science. En génie civil, université Laval Québec. 17 p.7-48) p.
- PULIM., (1991).** L'eau et la santé en Afrique tropicale colloque pluridisciplinaire Géographique. Médecine limoges.
- Regnault J.P., (1990).** Microbiologie générale, Paris : Vigot, page : 859.
- Rodier J., (2009).**L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduares, Eau de mer.9eme édition : Dunod, Paris.
- Roux A H., (1987).** Association models for alcohol-water mixtures. Edition Proceedings of the indian Academy of sciences chemical sciences.Volume 98, page 435.
- Sari H., (2014).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et Bactériologique de l'eau de la source « Attar » (Tlemcen) mémoire du fin d'étude pour l'obtention de diplôme master option : Science des aliments, université Abou –Bekr Belkaid Tlemcen, 2p.
- SDE., (2005).** En savoir plus sur la qualité de l'eau, brochure d'information.-Dakar.- SDE.-1 dépliant.

Tardat M –Henry., (1984). «Chimie des eaux». 1ere édition griffon d'argile INC, paris.

Valverde A.L.,(2008). Comprendre le cycle de l'eau, bulletin de l'OMM, Vol 57, N°3, 55p.

Vinassé Ho O. A., (2007). Problématique de l'eau et de l'assainissement en milieu scolaire en République du Bénin: cas de la ville de Porto Novo, Université d'Abomey-Calavi .

Zouag B et Belhadj Y. (2017). Analyse physico-chimique et bactériologique et parasitologique de l'eau de mer traitée par la station de dessalement de Souk Tleta. Thèse de doctorat en pharmacie, université Abou bekr b el kaid- Tlemcen-. (11-5-29-40-31) p.

Web graphie:

www.anses.fr: Caractéristiques des eaux utilisées en industrie agroalimentaire. Agence nationale de sécurité sanitaire alimentation, environnement, travail. 2014.1p.

Google Maps.

Annexes

ANNEXE 1 : Composition des milieux de culture**1. Milieux solides****1.1 Gélase viande-foie**

Peptone viande-foie	20,0 g
Glucose	0,75g
Amidon soluble	0,70 g
Sulfite de sodium	1,2 g
Agar agar bactériologique	11,0 g
pH	7,6 ± 0,2
Eau distillé	1000ml

Dissoudre le constituant, répartir dans des tubes ou des flacons, Autoclavage à 120°C pendant 15min.

1.2 Gélase tryptone Extrait de levure (TGEA)

Extrait de levure	1g
Peptone de caséine	5g
Glucose 1 S	1g
Extrait de viande	18g
Eau distillée	1000ml
Ph	7

Autoclavage à 120°C pendant 20 min.

2. milieux liquides**2.1 Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol (BCPL)****Double Concentration (D/C)**

L'extrait de viande de bœuf	2g
Peptone	14g
Lactose	10g
Pourpre de bromocrésol	1% 0,06 g
Eau distillé	1000g
pH	6,9 +/-0,2

Simple Concentration (S/C)

L'extrait de viande de boeuf	1g
Peptone de caséine	7g
Lactose	5g
Pourpre de bromocrésol 1%	0,03 g
Eau distillé	1000ml
pH	6,9 +/-0,2

Autoclavage à 120°C pendant 15min.

2.2 Milieu de Rothe

Double concentration (D/C)

Peptone de caséine	40g
Extrait de viande	3g
Glucose	8g
Chlorure de sodium	8g
Phosphate di potassique	5,4g
Phosphate mono potassique	5,4g
Azide de sodium	0,4g
Eau distillé	1000ml
pH	6,9+/- 0,1

Simple Concentration (S/C)

Peptone de caséine	20g
Extrait de viande	1,5g
Glucose	4g
Chlorure de sodium	4g
Phosphate di potassique	2,7g
Phosphate mono potassique	2,7g
Azide de sodium	0,2g
Eau distillé	1000ml
pH	6,9+/- 0,1

Autoclavage à 120°C pendant 20min.

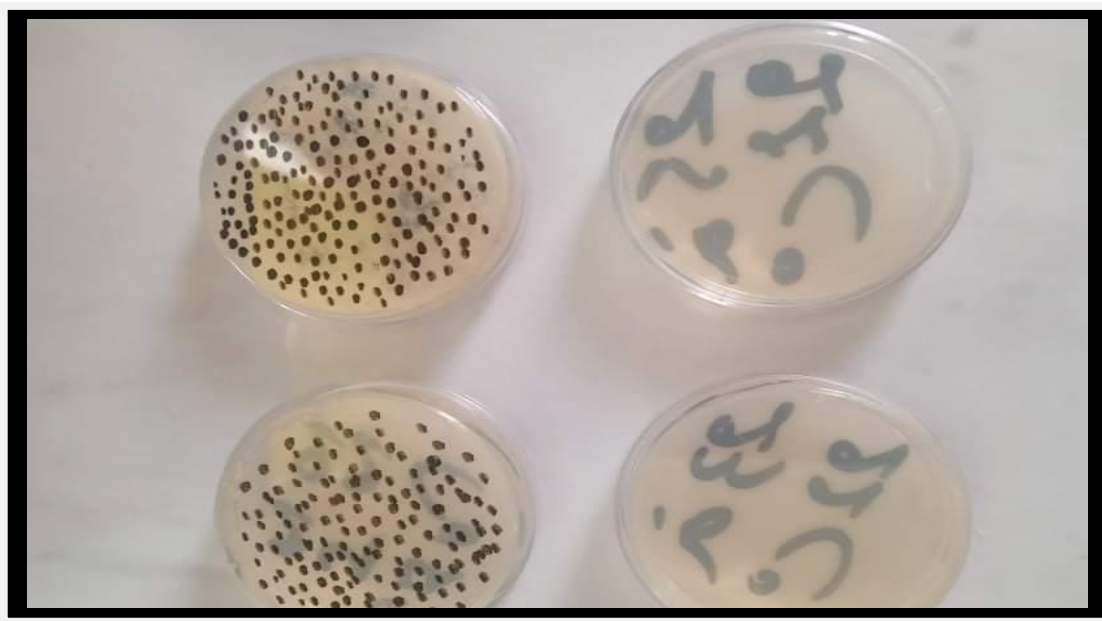


Photo 1 : Dénombrement de la flore mésophile aérobie total.



Photo 2 : Incubation du Clostridium sulfito-réducteur, Coliformes et les streptocoques.