



RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE De L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Ibn khaldoun-Tiaret

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

MÉMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Toxicologie et sécurité alimentaire

Présenté par :

-BOUKHALOUA Fairouz

-CHEBICHEB Messaouda

-MERAOUAH Ilhem

Thème

**Influence de l'emballage et de conditions de stockage
sur les paramètres microbiologiques de l'eau
minérale commerciale**

Soutenu le :

Jury :

-Président : M^F BOUSSOUM M

-Examineur : M^{me} MEZOUAR D

-Promoteur : M^F YAZIT. SM

-Co-promoteur : M^{me} MOKHTARI. S

Grade

MCA

MCB

MCB

MAA

Année Universitaire : 2019/2020



Avant tout, nous remercions « **ALLAH** », le tout puissant, de nous avoir donné le courage, la patience et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science, afin de réaliser ce modeste travail.

Nous tenons particulièrement à remercier notre promoteur de mémoire **Mr YAZIT Sidi mohammed** et notre co-promotrice **Mme MOKHTARI Sarah** pour avoir accepté de diriger ce travail, pour la patience, l'encouragement, l'orientation, leur disponibilité entière et leur aide précieux.

Nous tenons ainsi à remercier les membres de jury qui nous avons fait l'honneur d'examiner notre travail.

Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants qui nous ont encadrés durant nos années d'étude.

Enfin, nous tiendrons à présenter nos remerciements à ceux qui ont contribué de près ou de loin que ce soit physiquement ou moralement par leurs connaissances dans les différents domaines à la réalisation de ce travail.



Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect

A ma mère, qui s'est toujours sacrifiée pour mon éducation, qui m'a entourée de son amour et de son affection, je la remercie et je n'oublierai jamais son soutien moral dans les moments les plus difficiles, qu'Allah lui accorde la santé et le bonheur, et l'héberge dans ses vastes paradis.

A mon très cher père, qui est à l'origine à ce que je suis arrivée, et pour ses encouragements et son aide qui m'ont encouragés et conseillés pendant mes plus pénibles moments et qui m'ont guidés vers le bon chemin.

A Mes très chères frères : Abd latif, Younès et Saber

A ma très chère sœur : Djamila que je remercie pour ses encouragements

A tous mes amis et en particulier : Amel, Djahida, Dawia, Ghofrane, Hamida, Houaria, Ikram, Rachida, Rokaya, Soumia, Torkiya et Zohra

A toute ma famille

***A tous mes amis de la promotion du master Toxicologie
et sécurité alimentaire 2019-2020***

Ilhem



*Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes que j'aime et en particulier
A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur
soutien et leurs prières tout au long de mes études*

A mon Père,

*L'épaule solide l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon
estime et de mon respect. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes sentiments
qu'Allah te préserve et te procure santé et long vie.*

A ma Mère,

*Tu m'as donné la vie, la tendresse, les conseils et le courage pour réussir. Tout
ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te
porte. En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes
sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée*

A Mes très chères frères: Saad et Mohammed Amine

Mes très chères sœurs: Mokhtaria, Malika, Khadija, Fatima, et Zana

Mes amis et collègues notamment les amies qui m'ont encouragés :

*Aïcha, Dawia, Djahida, Fatima, Houaria, Rachida et Soumia, merci pour les
bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables. Bonne chance
à tous.*

A toute ma famille

***A tous mes amis de la promotion du master Toxicologie et
Sécurité alimentaire 2019-2020***

Messaouda



A ceux qui n'ont jamais cessé de m'encourager, et me conseiller.

A ceux qui n'ont jamais été avares ni de leur temps ni de leurs

Connaissances pour satisfaire mes interrogations.

A mes parents

A Mon très cher frère : Farid

A mes très chères soeurs : Nadia, Ikram

A mon mari : Ilyes

A ma petite fille : Anfel

A toute ma famille.

A tous mes amis...

*Et à toute la promotion 2020 Toxicologie et sécurité alimentaire, à qui je
souhaite une bonne réussite.*

Fairouz

Liste des abréviations

- **ADE** : Algérienne Des Eaux
- **BCPL** : Bouillon lactose au pourpre bromocrésol
- **D/C** : Double concentration
- **S/C** : Simple concentration
- **DLUO** : Date Limite d'Utilisation Optimale
- **DSC** Differential Scanning Calorimetry (Analyse Thermique Différentielle)
- **EM** : Eau minérale
- **EMN** : Eau minérale naturelle
- **MTH** : Maladies à Transmission Hydrique

- **N**: Normalité

- **NF** : Norme française

- **NPP** : Nombre le plus probable
- **NTU** : Unité Néphélométrie de la turbidité
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- **PCA**: Plat Count Agar
- **PET** : Poly éthylène téréphtalate
- **PVC** : Poly Vinyle de Chlorure
- **RS** : Résidu sec
- **TGEA** : Tryptone Glucose Extrait Agar
- **UV**: Ultra Violet
- **μS /cm** : Micro Siemens par centimètre
- **UFC** : Unité de colonies formées

- **VF**: Viande Foie

Liste des figures

Figure n°01: Courbe de l'analyse thermique différentielle.	12
Figure n°02: Schéma réactionnel de la dégradation du PET par scission de chaîne.	13
Figure n°03: Dégradation du PET par hydrolyse.	14
Figure n°04: Dégradation thermo-oxydative du PET.	14
Figure n°05: Interactions possibles entre l'emballage, l'aliment et l'environnement ainsi que leurs conséquences.	15
Figure n°06: Prélèvement de l'échantillon «Nestlé ».	19
Figure n°07: Prélèvement de l'échantillon « Saida ».	19
Figure n°08: Echantillons exposés au soleil.	19
Figure n°09: Echantillons soumis à la congélation.	19
Figure n°10: Multi paramètres utilisé pour la mesure de pH.	20
Figure n°11: Turbidimètre HACH 2100 N.	22
Figure n°12: Recherche et dénombrement des coliformes, coliformes thermo tolérants et <i>Escherichia Coli</i> en milieu liquide.	25
Figure n°13: Recherche et dénombrement des <i>Streptocoques fécaux</i> .	27
Figure n°14: Recherche et dénombrement des spores de bactéries aérobies sulfito-réductrices et <i>Clostridium sulfito réducteur</i> .	29

Liste des tableaux

Tableau n°01 : Potabilité en fonction des résidus secs.	06
Tableau n°02 : Maladies à transmission hydrique.	07
Tableau n°03 : Comparaison des critères microbiologiques des eaux embouteillées.	08
Tableau n°04 : Comparaison des indicateurs de qualité des eaux minérales naturelles.	09
Tableau n°05 : Comparaison des indicateurs de qualité des eaux de sources.	10
Tableau n°06 : Présentation des périodes et les conditions de prélèvement.	19
Tableau n°07 : Normes utilisées pour les analyses et l'interprétation résultats microbiologiques.	23

Table de matières

LISTE DES ABREVIATION

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION.....01

CHAPITRE I: Généralités sur l'eau

1. L'importance de l'eau.....03

2. Les origines de l'eau.....03

2.1. Les eaux de pluie.....03

2.2. Les eaux de surface.....03

2.3. Les eaux souterraines.....03

2.4. Les eaux de mer.....03

3. Les eaux de boisson.....04

3.1. Eaux du robinet.....04

3.2. Eaux de source04

3.3. Eaux minérales naturelles.....04

4. Généralités sur les eaux minérales.....04

5. Qualités de l'eau minérale.....05

5.1. Qualité organoleptique.....05

5.1.1. Couleur.....05

5.1.2. Goût et odeur.....05

5.2. Qualité physico-chimique.....05

5.2.1. Température.....05

5.2.2. pH (Potentiel Hydrogène)05

5.2.3. Salinité05

5.2.4. Résidu sec.....06

5.3. Qualité Microbiologique06

5.3.1. Germes totaux.....06

5.3.2. Les coliformes totaux.....06

5.3.3. Les coliformes thermo tolérants (ou fécaux).....06

5.3.3.1. Escherichia coli.....06

5.3.4. Clostridium sulfito-réducteur.....06

5.3.5. Pseudomonas aeruginosa.....	07
5.3.6. Streptocoques fécaux	07
6. Les maladies à transmission Hydrique (MTH).....	07
7. Cadre législatif des eaux minérales en Algérie.....	07
8. Les différentes normes applicables aux eaux.....	08
8.1. Définition d'une norme.....	08
9. Analyse des critères de qualification des eaux minérales naturelles et des eaux de sources.....	09

CHAPITRE II : Emballage et embouteillage

1. Quelques marques des eaux embouteillées en Algérie.....	11
2. L'embouteillage des eaux minérales.....	11
2.1. Le polyéthylène téréphtalate(PET).....	11
2.2. Propriétés de PET.....	11
2.2.1. Propriétés barrières.....	12
2.2.2. Propriétés thermiques.....	12
2.2.3. Propriétés thermomécaniques.....	12
2.3. Dégradation du PET.....	13
2.3.1. Dégradation thermique.....	13
2.3.2. Dégradation hydrolytique.....	13
2.3.3. Dégradation Photo –oxydative.....	14
2.3.4. Dégradation thermo-oxydative.....	14
3. Les interactions Emballage – Aliment.....	14
3.1. Migration.....	15
3.2. Perméation.....	15
3.3. Adsorption.....	15

CHAPITRE III: Matériel et méthodes

1. Objectif de l'étude.....	16
2. Matériel utilisé.....	16
2.1. Verreries.....	16
2.2. Appareillages.....	16

2.3. Outils.....	17
2.4. Milieux de cultures.....	17
2.5. Réactifs utilisés.....	18
3. Echantillonnage et prélèvement.....	18
3.1. Présentation des points de prélèvement.....	18
4. Méthodes d'analyses.....	20
4.1. Détermination des paramètres organoleptiques de l'eau minérale.....	20
4.1.1. Test de la couleur.....	20
4.1.2. Test de l'odeur et de la saveur.....	20
4.2. Détermination de quelques paramètres physico-chimiques de l'eau minérale.....	20
4.2.1. La Température.....	20
4.2.2. Mesure du pH.....	20
4.2.3. Détermination de la conductivité électrique.....	21
4.2.4 Mesure de la Salinité.....	21
4.2.5. Détermination des résidus secs.....	21
4.2.6 Mesure de la turbidité.....	22
4.3. Analyse des paramètres bactériologiques.....	22
4.3.1. Dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux.....	23
4.3.2. Recherche et dénombrement des Coliformes en milieu liquide.....	24
4.3.3. Recherche des (Entérocoques) <i>Streptocoques fécaux</i> en milieu liquide.....	26
4.3.4. Recherche des <i>clostridium</i> Sulfite –Réducteurs.....	28
4.3.5. Recherche et dénombrement des <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	30
CHAPITRE IV : Résultats et discussions.....	31
Conclusion.....	35
Les références bibliographiques	

Résumé

Une eau destinée à la consommation humaine est considérée comme potable si elle répond à des exigences de qualité bien définies sur le plan de ses caractéristiques physicochimiques et bactériologiques qui répondent aux besoins nutritionnels de consommateur et qui n'affectent pas la santé.

La présente étude consiste à l'évaluation de l'influence de l'emballage et de conditions de stockage sur la qualité microbiologique de l'eau minérale commercialisée en Algérie.

Dans le cadre de notre étude nous avons voulu déterminer les paramètres organoleptiques (couleur, odeur et saveur) et quelques paramètres physicochimiques (la température, le pH, la conductivité électrique, la salinité, les résidus secs et la turbidité) et faire l'analyse des paramètres microbiologiques (*Coliformes Totaux*, *Coliformes Fécaux ou Thermotolérants*, *Streptocoques Fécaux*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bactéries Anaérobies sulfite-réductrices* et Germes totaux) des échantillons exposés au soleil et soumises à la congélation et comparer les résultats obtenus par les normes algériennes mais à cause de la pandémie de covid-19, on n'a pas pu réaliser les analyses de notre étude pour cela nous n'avons pas des résultats, de ce fait on a consacré notre travail à une recherche bibliographique dans laquelle on a fait des comparaisons des travaux qui ont été faits sur l'analyse des eaux minérales et sur l'embouteillage, conditions de stockage et PET et ses caractéristiques et sa résistance au mauvais conditionnement...etc. Et à travers tous les résultats trouvés, nous avons approximativement conclu que les mauvaises conditions de stockage peuvent influencer et modifier la qualité organoleptique et physicochimique de l'eau minérale embouteillée mais sa qualité microbiologique reste telle qu'elle est.

Mots clés: emballage, conditions de stockage, qualité microbiologique, eau minérale commercialisée.

Abstract

Water intended for human consumption is considered potable if it meets well-defined quality requirements in terms of its physicochemical and bacteriological characteristics which meet the nutritional needs of consumers and which do not affect health.

This study consists of evaluating the influence of packaging and storage conditions on the microbiological quality of mineral water marketed in Algeria.

As part of our study, we wanted to determine the organoleptic parameters (color, odor and flavor) and some physicochemical parameters (temperature, pH, electrical conductivity, salinity, dry residues and turbidity) and perform the analysis of microbiological parameters (Total Coliforms, Fecal or Thermotolerant Coliforms, Fecal Streptococci, *Pseudomonas aeruginosa*, Sulfite-reducing Anaerobic Bacteria and Total Germs) of the samples exposed to the sun and subjected to freezing and compare the results obtained by Algerian standards but because of the covid-19 pandemic, we were not able to carry out the analysis of our study for that we have no results, therefore we have devoted our work to a bibliographic search in which we made comparisons of the works that were made on the analysis of mineral water and on bottling, storage conditions and PET and its characteristics and resistance to bad conditioning ... etc. And through all the results found, we have roughly concluded that poor storage conditions can influence and modify the organoleptic and physicochemical quality of bottled mineral water, but its microbiological quality remains as it is.

Keywords: packaging, storage conditions, microbiological quality, marketed mineral water.

ملخص

تعتبر المياه المعدة للاستهلاك صالحة للشرب إذا كانت تلي متطلبات الجودة المحددة جيداً من حيث خصائصها الفيزيائية-الكيميائية والبكتريولوجية التي تلي الاحتياجات الغذائية للمستهلكين والتي لا تؤثر على الصحة.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير ظروف التعبئة والتخزين على الجودة الميكروبيولوجية للمياه المعدنية المسوقة في الجزائر.

كجزء من دراستنا، أردنا تحديد المعلمات الحسية (اللون والرائحة والنكهة) وبعض المعلمات الفيزيائية-الكيميائية (درجة الحرارة، ودرجة الحموضة، والتوصيل الكهربائي، والملوحة، والمخلفات الجافة والعاكسة) وإجراء التحاليل الميكروبيولوجية (القولونيات الكلية، القولونيات البرازية أو المتحملة للحرارة، العقديّة البرازية، الزائفة الزنجارية، البكتيريا اللاهوائية المختزلة للكبريتات والجرثيم الكلية) للعينات المعرضة للشمس والمعرضة للتجميد ومقارنة النتائج التي تم الحصول عليها بالمعايير الجزائرية ولكن بسبب وباء الكوفيد-19، لم نتمكن من إجراء تحاليل دراستنا لذلك ليس لدينا نتائج، لذلك كرسنا عملنا للبحث البليوغرافي الذي أجرينا فيه مقارنات للأعمال التي تم إجراؤها على تحليل المياه المعدنية وعلى التعبئة وظروف التخزين ومواد التغليف وخصائصها ومقاومتها للظروف السيئة... إلخ. ومن خلال جميع النتائج التي تم العثور عليها، توصلنا تقريباً إلى أن ظروف التخزين السيئة يمكن أن تؤثر وتعديل الجودة الحسية والفيزيائية الكيميائية للمياه المعدنية المعبأة، لكن جودتها الميكروبيولوجية تظل كما هي.

الكلمات المفتاحية: التغليف، شروط التخزين، الجودة الميكروبيولوجية، المياه المعدنية المسوقة.

L'eau est une nécessité universellement pour tous les êtres vivants, elle est considérée comme le principal facteur de la vie humaine.

La consommation d'une eau potable est un facteur déterminant dans la prévention des maladies liées à l'eau. Elle doit donc bénéficier d'une attention particulière. En effet, une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exempte d'éléments chimiques et/ou biologiques susceptibles, à plus ou moins long terme, nuire à la santé des individus (**JOHN et DONALD., 2010**). C'est dans ce sens que des normes de qualité ont été définies pour juger la potabilité des eaux de consommation, et ce au niveau de chaque pays ou à l'échelle continentale (exemple des normes européennes) et mondiale (normes OMS).

L'eau minérale naturelle est une eau possédant des propriétés thérapeutiques reconnues par la loi et l'appellation n'implique pas obligatoirement une forte teneur en minéraux. D'origine souterraine, elle est d'autant mieux protégée puisqu'elle provient des nappes très profondes et sa composition est due au milieu d'où elle provient ou avec lequel elle a été en contact. Destinée à l'alimentation en tant que boisson, elle doit présenter une grande pureté du point de vue microbiologique et répondre à des critères de qualités physico-chimiques.

L'eau de source présente les mêmes caractéristiques que l'eau minérale naturelle; sauf la stabilité physicochimique, qui n'est pas obligatoire et qui ne peut pas prétendre aux effets bénéfiques sur la santé, elle doit respecter les normes de potabilité de l'eau destinée à la consommation humaine. (**BLIGNY J., HARTEMAN P., 2005**).

Bien que les eaux minérales naturelles et de sources ont été consommées depuis longtemps, ce n'est seulement qu'au 20^{ème} siècle qu'on a assisté à l'émergence de l'industrie de l'eau embouteillée et leur consommation à une grande échelle. Ces dernières années, il a eu une énorme augmentation de la demande des consommateurs pour les eaux embouteillées à travers le monde, y compris en Algérie. (**SMATI S., 2009**).

Les eaux en bouteille sont facilement disponibles tant dans les pays industrialisés que dans les pays en développement, elles représentent parfois un coût important pour le consommateur. Les gens achètent de l'eau en bouteille pour des considérations de goût, de commodité ou de mode, mais des aspects tels que la salubrité et les effets bénéfiques potentiels de ces eaux sur la santé jouent aussi un rôle important.

Une bouteille d'eau minérale, grâce à sa composition stable, a une étiquette qui reprend les informations quant à sa composition minérale. Celle-ci contient les renseignements utiles, et doit être conforme au produit contenu dans la bouteille. (**MARGAT et VASKEN., 2008**).

La bouteille de l'eau minérale est fabriquée à base de la matière plastique qui est le polyéthylène téréphtalate (PET) et il a progressivement remplacé d'autres matériaux tels que le polychlorure de vinyle et le verre pour le conditionnement des eaux minérales et des sodas depuis le début des années 90 à cause de ses propriétés.

La température est un paramètre très important qui agit sur la composition de l'eau minérale et change sa qualité organoleptique. Notre travail a pour but d'étudier l'influence de l'emballage et de conditions de stockage sur la qualité microbiologique de l'eau minérale embouteillée commercialisée.

Pour cela, des analyses physico-chimiques (pH, température, conductivité électrique, les résidus secs et la turbidité) et d'autres analyses d'ordre bactériologique telles que la concentration en germes pathogènes comme les coliformes totaux, *E.coli*, *Streptocoques Fécaux*... doivent être effectuées mais à cause de la pandémie de covid-19 nous n'avons pas pu réaliser aucun dosage de ce fait on a consacré notre travail sur une étude comparative entre les travaux qui ont déjà faits sur les eaux et l'emballage.

Ce travail est présenté en deux parties : bibliographique et expérimentale. La partie bibliographique comporte deux chapitres, le premier consacré à une généralité sur l'eau, les eaux minérales et les normes applicables à ces eaux et le second consacré à son emballage

La seconde partie compte deux chapitres. Dans le premier, on est développé les aspects liés au matériel et méthodes utilisées dans la réalisation de l'expérimentation et le second est réservé à la présentation des résultats des études intérieures et de leurs discussions.

Enfin, nous terminons notre mémoire par une conclusion.

CHAPITRE I : Généralités sur l'eau

1. L'importance de l'eau

L'eau, sous toutes ses formes, fleuves et rivières, lacs, étangs, marais, zones humides, nappes souterraines, joue des rôles multiples dans le fonctionnement des écosystèmes **(BENDICTE.,1995)**.

L'eau est un élément essentiel dans la vie. 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 et une consommation minimale de 1,5 litre d'eau par jour lui est nécessaire. **(DIOP C., 2006)**. Elle est utilisée pour des nombreux usages essentiels : les boissons, l'hygiène, l'entretien de l'habitation, la fabrication dans l'industrie, l'irrigation des cultures et l'abreuvement du bétail. **(PERRAUD., 2009)**

2. Les origines de l'eau

On retrouve quatre origines principales d'eaux brutes : les eaux de pluie ; les eaux de surface ; les eaux souterraines et les eaux de mer. Les caractéristiques générales de chacune de ces origines reflètent l'interaction de l'eau et de milieu environnant. **(DESJARDINS R., 1990)**.

2.1. Les eaux de pluie

Les eaux de pluies sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous comme les sels de magnésium et de calcium ; elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques. La distribution de pluie dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que les municipalités utilisent cette source d'eau **(DESJARDINS R., 1990)**.

2.2. Les eaux de surface

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Ces derniers ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement **(DEGREMENT G., 2005)**. Elles sont généralement riches en gaz dissous, en matières en suspension et organique. Elles sont très sensibles à la pollution minérale et organique de type nitrates et pesticides **(CADOT C., 1990)**.

2.3. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps. **(DESJARDINS R., 1990)**.

2.4. Les eaux de mer

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen d'approvisionnement en eau douce. Elles sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous ; c'est ce qu'on appelle leur salinité. La salinité de la plupart de mer varie de 33000

à 37000mg. Cette valeur varie fortement selon les saisons et les régions des eaux de mer **(DESJARDINS R., 1990)**.

3. Les eaux de boisson

Les eaux de boisson destinées à la consommation humaine répondent à diverses appellations (eau de robinet, eau de source, eau minérale...) **(COURBEBASSE M., 2015)**

3.1. Eaux du robinet

L'eau du robinet ou eau de distribution, est une eau potable que l'on peut boire sans risque pour la santé. La composition en sels minéraux et le goût de l'eau du robinet varient d'une région à l'autre **(BEAULIEU PH., et FISSET B., 2009)**.

3.2. Eaux de source

Les eaux de source sont d'origine exclusivement souterraine, aptes à la consommation humaine, microbiologiquement saine et protégées contre les risques de pollution. **(HAZZAB A., 2011)**.

3.3. Eaux minérales naturelles

L'eau minérale naturelle est d'origine souterraine, captée soit d'une source, soit d'un forage **(FOULON V., 2015)**.

L'eau minérale naturelle est définie par la réglementation comme suivant, elle est utilisée pour l'embouteillage et/ou le thermalisme. Pure, protégée géologiquement et présentant une composition minérale parfaitement stable, elle ne fait l'objet d'aucun traitement chimique ni désinfection avant son embouteillage ou son utilisation thermale. **(LACHASSAGNE P., 2019)**. Ces caractéristiques sont appréciées sur les plans géologique, hydrogéologique, physique, chimique, physicochimique, microbiologique et pharmacologique. Ces eaux minérales naturelles peuvent posséder des propriétés thérapeutiques favorables à la santé humaine **(HAZZAB A, 2011)**.

4. Généralités sur les eaux minérales

Toutes les eaux sont minérales, seule l'eau distillée est déminéralisée. Une eau est dite « Minérale naturelle », si elle est d'origine souterraine naturellement pure (sans Polluant) sans avoir subi de traitement, si sa composition physico-chimique est constante ainsi que l'ensemble des critères de qualité telle que la température, l'aspect visuel, le goût, le débit, si ses qualités thérapeutiques ont été reconnues par l'Académie Nationale de Médecine en France. **(REJSEK F., 2002)**.

Elle se démarque de l'eau dite "de source" par ses composés minéraux constants. Les eaux minérales peuvent être définies également par leurs propriétés bénéfiques à la santé. Elles sont parfois utilisées en thérapeutique ou en cures thermales. Elles sont plates (Sans gaz) ou gazeuses (chargées de gaz carbonique CO₂). **(REJSEK F., 2002)**.

En fonction de leurs concentrations plus ou moins fortes en minéraux elles sont dites faiblement minéralisées, moyennement minéralisées ou fortement minéralisées. Les eaux

minérales doivent parfois être utilisées avec parcimonie, en particulier celles contenant une grande quantité de sodium lors de certains régimes dépourvus de sel. **(REJSEK F., 2002)**. Les eaux minérales contiennent des éléments essentiels à l'organisme, tels que : les bicarbonates, les sulfates, les chlorures, le calcium, le phosphore, le magnésium, le potassium, le sodium, le fer. Grâce à sa richesse en minéraux et en oligo-éléments, l'eau minérale complète notre alimentation. **(REJSEK F., 2002)**.

5. Qualités de l'eau minérale

La qualité d'une eau souterraine est caractérisée par un certain nombre de paramètres physico-chimiques et microbiologiques les principaux paramètres pris en compte sont :

5.1. Qualité organoleptique

Les qualités organoleptiques caractérisent l'unicité de chaque eau minérale, elles font aujourd'hui l'objet d'expériences gustatives inspirées de l'œnologie **(RODIER., 1996)**.

5.1.1. Couleur

La couleur d'une eau est liée à la présence de matières organiques dissoutes et de la matière en suspension **(RODIER., 2009)**. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration **(DEGREMENT G., 2005)**.

5.1.2. Goût et odeur

Une eau minérale doit être inodore, c'est l'équilibre entre les minéraux, leur concentration respective qui lui confère une saveur et un goût particulier et unique **(HENRY M., 1991)**.

5.2. Qualité physico-chimique

5.2.1. Température

Il est important de connaître la température de l'eau minérale, car elle joue un rôle important dans la solubilité des sels, la conductivité électrique et sur le pH **(ADIL., et al., 2014)**.

5.2.2. pH (Potentiel Hydrogène)

Le pH permet de connaître l'acidité, la basicité ou la neutralité de l'eau **(ZURLUTH J., et Gienger M., 2006)**, Le pH mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau minérale et caractérise la concentration en ions hydronium (H^+) de cette dernière. La nature géologique des terrains que traverse l'eau minérale conditionne son pH, il est acide (<7) en région granitique et basique (>7) en région calcaire **(EZZAOUAQ M., 1991)**.

5.2.3. Salinité

La salinité est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques, qui caractérise leur teneur en sel (Na Cl) et autres sels dissous dans les eaux. Par ailleurs, toute modification intempestive de la salinité due à l'action de l'homme peut présenter un impact redoutable sur les biotopes aquatiques concernés **(RAMADE., 2011)**.

5.2.4. Résidu sec

La détermination du résidu sec d'une eau minérale naturelle permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation à 180°C d'eau minérale. Le tableau représente la potabilité des eaux minérales en fonction des résidus secs (RODIER., 2005).

Tableau 01 : Potabilité en fonction des résidus secs (RODIER., 2005).

Résidu sec (mg/l)	Potabilité
RS<500	Bonne
500<RS<1000	Passable
3000<RS<4000	Mauvaise

5.3. Qualité Microbiologique

5.3.1. Germes totaux

Microorganismes revivifiables, toute bactérie aérobie, levure ou moisissure, capable de former des colonies dans le milieu spécifié (REJSEK F., 2002).

Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser (RODIER., 2005).

5.3.2. Les coliformes totaux

Les coliformes appartiennent à la famille des *enterobacteriaceae*. Le terme coliforme correspond à des microorganismes en bâtonnets, gram négatif, aéroanaérobies facultatifs, non sporulant, oxydase négatif, capable de fermenter le lactose avec production de gaz à 35-37°C (RODIER., 2005).

5.3.3. Les coliformes thermotolérants (ou fécaux)

Les coliformes thermotolérants forment un sous-groupe de bactéries de coliformes qui fermentent le lactose à une température comprise entre 44 et 45°C pendant 24 heures. Ce groupe comporte plusieurs souches différentes (*Citrobacterfrendii*, *Enterobacteraerogenes*, *klebsiella...*), La souche type est *Escherichia coli* (RODIER., 1996).

5.3.3.1. *Escherichia coli*

Le plus spécifique de tous les germes de contamination fécale. Le terme « *Escherichia coli* présumé » correspond à des coliformes thermo-tolérants qui produisent de l'indole à partir de tryptophane à 44 °C et ont des caractères biochimiques propres à cette espèce (BOURGEOIS C.M., et MESCLE J.F., 1996).

5.3.4. *Clostridium sulfito-réducteur*

Le *Clostridium sulfito-réducteur* appartient à la famille *Clostridiaceae* (BERGEY'S., 2004), non capsulés (à l'exception de *Clostridium perfringens*), catalase négatif (CARIP C., et al., 2015). Les *Clostridium sulfito-réducteurs* sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des *Streptocoques fécaux* (RODIER., 2009).

5.3.5. *Pseudomonas aeruginosa*

Est un bacille aérobie à gram négatif, surtout présent dans le sol et l'eau (DELARRAS., 2003). Il peut vivre dans n'importe quel milieu humide. Cette bactérie est résistante à plusieurs antibiotiques et désinfectant. L'espèce la plus importante est *Pseudomonas aeruginosa*, agent commun d'infections nosocomiales (Brousseau et al, 2009).

5.3.6. *Streptocoques fécaux*

Les *Streptocoques fécaux* sont des cocci à gram positif, disposés en chainettes. Ils sont anaérobies aérotolestants, immobiles, non sporules, catalase négatif. (CARIP C., et al., 2015) En général, ils sont des bactéries des matières fécales. Leurs antigènes de paroi les classent dans le groupe " D" de lance Field. (JOFFIN Ch., et JOFFIN J-N., 2010).

6. Les maladies à transmission Hydrique (MTH)

Les MTH recouvrent un large éventail de manifestation pathologique bactérienne, parasitaire ou virale.

Tableau 02: Maladies à transmission hydrique (DELARRAS., 2003)

Maladies	Agents pathogènes
Origine bactérienne	
Légionellose	<i>Legionella pneumophila</i>
Fièvres typhoïde et paratyphoïde	<i>Salmonella typhi</i> et <i>paratyphi</i> A et B
Dysenterie bacillaire	<i>Shigella dysenteriae</i>
Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>
Origine parasitaire	
Amibiase	<i>Entamoeba histolytica</i>
Bilharzioses	<i>Shistosoma haematobium</i> , <i>S.mansoni</i>
Origine virale	
Poliomyélite	<i>Entérovirus</i> . Virus de la polimyélite
Hépatite A	Virus d'hépatite A (HVA)
Hépatite E	Virus d'hépatite E (HVE)

7. Cadre législatif des eaux minérales en Algérie

Une eau destinée à la consommation humaine est considérée comme potable si elle répond à des exigences de qualité bien définies sur le plan de ses caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques qui ne doivent pas porter atteinte à la santé du consommateur (JEAN Claude B., 2000).

En Algérie, depuis longtemps le secteur des eaux minérales est loin d'être maîtrisé et pour cela l'état à commencer de réglementer ce secteur dès 2004, via le décret exécutif n°04-196 publié le 15 juillet 2004 relatif à l'exploitation et à la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de sources (FERRAH A., 2013) qui a pour objet de définir des eaux minérales naturelles et des eaux de sources conformément à leurs caractéristiques et leurs propriétés les distinguent et de réglementer leur exploitation et leur protection.

L'arrêté interministériel 22 janvier 2006 fixant les proportions d'éléments contenus dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source ainsi que les conditions de leur traitement ou les adjonctions autorisées, explique que les eaux minérales naturelles et les eaux de source doivent être conformes aux normes Algériennes et que ces eaux ne peuvent faire l'objet d'aucun traitement autre que : **(Journal officiel de la République algérienne 2006)**

- La séparation des éléments instables tels que les composés de fer, du manganèse, du soufre ou de l'arsenic par décantation et / ou filtration, le cas échéant, accélérée par une aération préalable.

- L'élimination totale ou partielle de gaz carbonique libre doit se faire par des procédés exclusivement physiques.

Et seule l'incorporation ou la réincorporation de gaz carbonique dans les conditions prévues à l'article 4 du décret du 15 juillet 2004 qui est autorisé pour ces eaux. **(Journal officiel de la République algérienne 2004).**

On note que pour les eaux souterraines aucun de traitement chimique.

8. Les différentes normes applicables aux eaux embouteillées

8.1. Définition d'une norme

Une norme est un critère de référence établi conformément à une réglementation ou une référence minimale, moyenne ou supérieur. Elle permet de comparer une situation par rapport à une valeur seuil et de définir des conditions acceptables par rapport à celle qui ne le serait pas **(HOFFMANN F., et al., 2014).**

Tableau 03 : Comparaison des critères microbiologiques des eaux embouteillées

EXAMEN	Normes Algériennes (Arrête interministériel du 22 janvier 2006)				Européenne (directive 98/83/CE du conseil du 3 novembre 1998)
	Résultat				Résultat
	n	c	m	M	m
Coliformes totaux 250 ml	5	1	0	2	0
Coliformes thermotolérants dans 250 ml	5	1	0	2	0
<i>Streptocoque fécaux</i> dans 250 ml	5	1	0	2	0
Anaérobies sporulés sulfito-réducteur dans 50 ml	5	1	0	2	0
<i>Pseudomonas aéruginosa</i> 250 ml	5	1	0	2	0

9. Analyse des critères de qualification des eaux minérales naturelles et des eaux de sources

Tableau 04 : Comparaison des indicateurs de qualité des eaux minérales naturelles. (HAZZAB A., 2011).

	Concentration maximale admissible selon les normes (en mg/l)			
Caractéristiques	symbole	Algériennes (Arrêté interministériel du 22 Janvier 2006)	Européennes (Directive 2003/40/CE de la commission du 16 mai 2003)	Codex (Codex alimentarius : Normes Codex Stan108-1981)
Substances toxiques et indésirables				
Antimoine	Sb	0,005	0,005	0,005
Arsenic	As	0,05	0,01	0,01
Baryum	Ba	1	1	0,7
Borates	BO3	5	PM	5
Cadmium	Cd	0,003	0,003	0,003
Chrome	Cr	0,05	0,05	0,05
Cuivre	Cu	1	1	1
Cyanure	Cn	0,07	0,07	0,07
Fluorure	F	5	5	1-2
Plomb	Pb	0,01	0,01	0,01
Manganèse	Mn	0,1	0,5	0,5
Mercure	Hg	0,001	0,001	0,001
Nickel	Ni	0,02	0,02	0,02
Nitrates	NO3	50	50	50
Nitrites	NO2	0,02	0,1	0,02
Sélénium	Se	0,05	0,01	0,01

Tableau 05: Comparaison des indicateurs de qualité des eaux de sources. (HAZZAB A., 2011).

Valeurs maximale admissible selon les normes				
Caractéristiques	Symbole	Unité	Algériennes (Arrêté interministériel du 22 janvier 2006)	Européennes (Directive 98/83/CE du conseil du 3 novembre 1998)
Caractéristiques physico-chimiques				
pH	-	-	6,5-8,5	6,5-9,5
Conductivité à 20°C	-	µs/cm	2800	2500
Chlorures	Cl	mg/l	200-500	250
Sulfates	SO4	mg/l	200/400	250
Magnésium	Mg	mg/l	150	50
Sodium	Na	mg/l	200	200
Potassium	k	mg/l	20	12
Aluminium total	Al	mg/l	0,2	0,2
Substances indésirables				
Nitrates	No2	mg/l	50	50
Nitrites	No3	mg/l	0,1	0,5
Ammonium	NH4	mg/l	0,5	0,5
Fer	Fe	mg/l	0,3	0,2
Manganèse	Mn	mg/l	0,5	0,05
Cuivre	Cu	mg/l	1,5	2
Zinc	Zn	mg/l	5	3
Argent	Ag	mg/l	0,05	0,01
Fluorures	F	mg/l	0,2-2	1,5
Azote	N	mg/l	1	1
Substances toxiques				
Arsenic	As	mg/l	0,05	0,01
Cadmium	Cd	mg/l	0,01	0,005
Cyanure	Cn	mg/l	0,05	0,05
Chrome	Cr	mg/l	0,05	0,05
Mercuré	Hg	mg/l	0,001	0,001
Plomb	Pb	mg/l	0,055	0,01
Sélénium	Se	mg/l	0,01	0,01
Benzo (1, 2 ,3-cd) pyrène	-	µg/l	0,01	0,01

CHAPITRE II : Emballage et embouteillage

Depuis une vingtaine d'année, le marché des eaux embouteillées connaît une forte croissance; ce développement c'est concrétisé par l'implantation de dizaine d'unité d'exploitation et de production à travers l'ensemble du territoire national ; il a été aussi accompagné par une augmentation exceptionnelle de la consommation dont la part par habitant a remarquablement évolué .Cette évolution spectaculaire a été attribuée à l'inquiétude des consommateurs sur l'augmentation de la pollution de l'eau et leur opposition au goût désagréable, à l'odeur et à la contamination bactérienne.

A travers ce développement de consommation, les pouvoirs publics ont promulgué une série de textes réglementaires ayant pour objectif l'encadrement, l'exploitation, la production et la commercialisation des eaux embouteillées. (HAZZAB A., 2011).

1. Quelques marques des eaux embouteillées en Algérie

Il existe plus de 40 marques d'eau embouteillées en Algérie on cite 16 eaux de source (Bourached, Alma, Ayris, Dhaya, Ifri, Lejdar, Manbaa El Ghezlane, Nestlé vie pure, Sfid, Sidi Rached, Fezguia, Mont Djurdjura, Cordial, Meliza, Togi) et 21 eaux minérales naturelles (Thevest, Ain Bouglez, Djemila, Ben Haroun, Guedila, Saida, Youkous, Mouzaia, ElGoléa, Batna, Toudja, Ifri, Messerghine, Sidi Dris, Hammamet, Mansourah, Sidi Okba, Lallakhedidja, Milok, Fendjel, Sidi Yakoub). Actuellement, en Algérie cinq marques (Ifri, Saida, Lallakhedidja, Gedila, Nestlé) se partagent plus de 70% des parts de marché. (SMATI S, 2009).

2. L'embouteillage des eaux minérales

L'emballage utilisé pour le conditionnement des eaux minérales est fabriqué à base de la matière plastique qui est le polyéthylène téréphtalate (PET).

2.1. Le polyéthylène téréphtalate(PET)

Le polyéthylène téréphtalate(PET) est un polymère semi-cristallin appartenant à la famille des polyesters thermoplastiques, considéré comme un excellent matériau pour de nombreuses applications. Il est largement utilisé pour la fabrication des bouteilles. Les bouteilles en PET ont progressivement remplacé le polychlorure de vinyle (PVC) et les bouteilles en verre sur le marché. La raison de cette évolution est que le PET présente une excellente résistance aux chocs, une résistance chimique, une clarté, un poids très faible des bouteilles par rapport aux bouteilles en verre, une bonne barrière aux gaz et une faible absorption d'humidité. (NAÏT-ALI K.L., 2008).

2.2. Propriétés de PET

Le PET possède une bonne résistance aux produits chimiques, une faible perméabilité aux gaz et à la vapeur d'eau, un faible poids moléculaire, une remarquable résistance aux chocs et un procédé de recyclage assez facile à mettre en œuvre (CERETTI E., et al., 2010).

On peut classer ces propriétés en trois types :

2.2.1. Propriétés barrières

Le PET semi-cristallin est bien connu pour sa faible perméabilité aux gaz et à certains solvants. A titre d'exemple la faible perméabilité aux gaz est une qualité importante dans le cadre de la fabrication de bouteilles contenant des sodas ou des boissons gazeuses, dont il est indispensable de préserver le plus longtemps possible la nature gazeuse (NAÏT-ALI K.L., 2008).

2.2.2. Propriétés thermiques

L'analyse thermique du PET par DSC (Differential Scanning Calorimetry ou Analyse Thermique Différentielle) montre trois transitions principales (figure 01).

-La première, vers $T=75^{\circ}\text{C}$, est la transition vitreuse et correspond à une variation de la mobilité moléculaire des chaînes de la phase amorphe.

-La seconde transition apparaît vers 145°C et correspond à une recristallisation du PET amorphe.

-la troisième transition est endothermique et se situe vers $260-270^{\circ}\text{C}$. Elle correspond à la fusion du polymère. Cette température de fusion élevée donne une bonne stabilité thermique en l'absence de contraintes (PENNARUN P.Y., 2001).

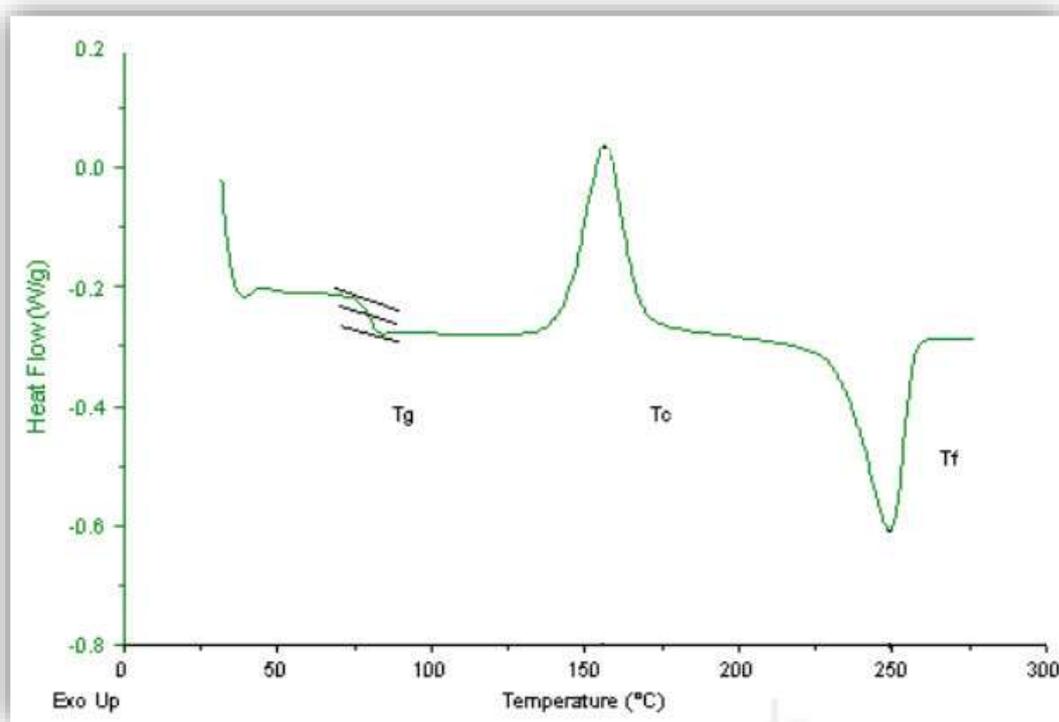


Figure 01 : Courbe de l'analyse thermique différentielle

2.2.3. Propriétés thermomécaniques

Le PET, principalement utilisé à température ambiante, se présente dans un état vitreux et apparaît donc comme un matériau rigide. L'extrusion et l'injection de ce polymère se font généralement à une température supérieure à la température de fusion où les chaînes de ce polymère sont suffisamment mobiles. (PENNARUN P.Y., 2001).

2.3. Dégradation du PET

La mise du PET à une température supérieure à 250°C a pour conséquence de favoriser les réactions de dégradation et de condensation, responsables aussi bien de la rupture des chaînes macromoléculaires que de leur réarrangement structural. En outre la présence d'eau dans le matériau ou d'oxygène dans l'extrudeuse, entraîne une dégradation hydrolytique et thermo-oxydative des molécules (JOHNS S.M., *et al.*, 1995).

2.3.1. Dégradation thermique

Le PET possède, par rapport à un nombre de polymères, une bonne tenue thermique (<150°C) permettant son utilisation à chaud autant que plats pour fours à micro-ondes (JOHNS S.M., *et al.*, 1995). Cependant à des températures proches ou supérieures à la température de fusion, les dégradations par scission de chaîne augmentent rapidement et suivent le schéma réactionnel suivant (figure 02) :

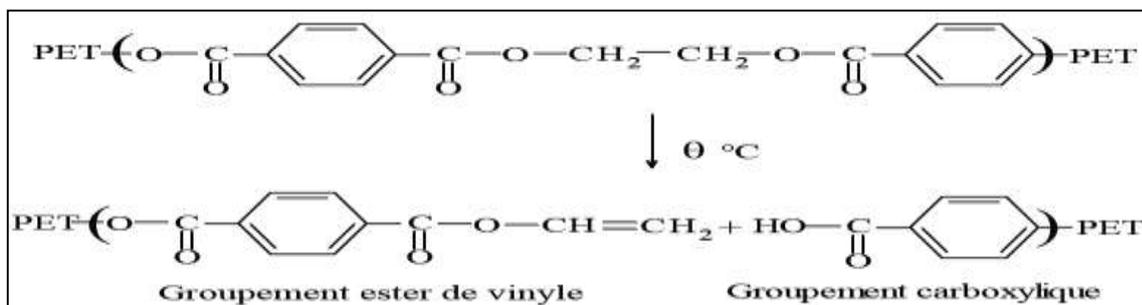


Figure 02 : Schéma réactionnel de la dégradation du PET par scission de chaîne [PENNARUN P.Y., 2001].

Il s'agit d'une scission de la chaîne macromoléculaire au niveau des fonctions esters, qui a pour conséquence de former des fins de chaînes en vinylesters et des acides carboxyliques. Cette dégradation est accentuée par la présence de catalyseurs métalliques utilisés lors de la transestérification ou de la polycondensation.

A partir d'un certain degré de dégradation, les groupements vinylesters obtenus par scission de chaîne forment des aldéhydes (acétaldéhyde et formaldéhyde) [VILLAIN F., *et al.*, 1995]. Ces aldéhydes sont les principaux produits de dégradation du polymère à la température de mise en œuvre (250-300°C) [DZIECIOL M., *et* TRZESZCZYNSKI J., 1998, 2000]. Dans le cas d'une application alimentaire, ce produit de dégradation migre facilement vers l'aliment et peut en dénaturer le goût et l'odeur.

2.3.2. Dégradation hydrolytique

L'hydrolyse du PET consiste en la scission des liaisons esters de la chaîne du polymère en présence des molécules d'eau. Chaque coupure de chaîne entraîne la formation des groupements terminaux d'acides carboxyliques et d'hydroxyles (CAMPANELLI J.R., *et al.*, 1993). (figure 03)

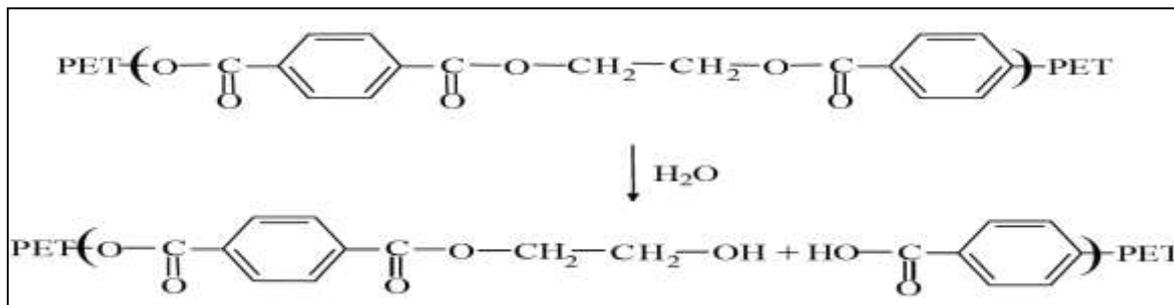


Figure 03 : Dégradation du PET par hydrolyse [PENNARUN P.Y., 2001].

Le taux de dégradation obtenu par dégradation hydrolytique est bien plus important que celui mesuré pour les dégradations thermique et oxydative [LAUNAY A., et al., 1994].

Les conditions de mise en œuvre et de stockage du PET sont délicates et nécessitent des précautions en termes de température et de taux d'humidité.

2.3.3. Dégradation Photo –oxydative

Un polymère exposé à la lumière solaire et à l'air, peut être sujet à la dégradation photochimique. En effet, c'est le cas pour le PET qui absorbe à une longueur d'onde (λ) située à l'extrême limite de l'UV solaire ($300\text{nm} \leq \lambda \leq \ll 330\text{nm}$). Cette dégradation est un phénomène superficiel, l'épaisseur de la couche dégradée est fonction décroissante de l'absorptivité et peut être limitée par la diffusion de l'oxygène. (RICHAUD E., et VERDU J., 2011).

2.3.4. Dégradation thermo-oxydative

La cause principale de cette dégradation est le contact du polymère avec l'oxygène combinée à la température. Dans le cas des polymères semi-cristallins, l'oxydation thermique ne concerne que les zones amorphes et peut se produire dans toutes les étapes du cycle de vie d'un polymère (RICHAUD E., et VERDU J., 2011).

La dégradation thermo-oxydative est un processus chimique en boucle fermée qui génère ses propres amorçeurs : les hydroperoxydes formés au niveau des méthylènes et dont la décomposition se traduit par une scission de chaîne homolytique pouvant entraîner une accélération irréversible de la dégradation de matériau. (figure 04).

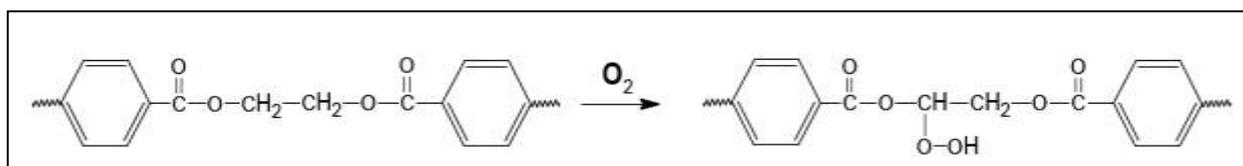


Figure 04 : Dégradation thermo-oxydative du PET [NAÏT-ALI K.L., 2008].

3. Les interactions Emballage – Aliment

Plusieurs types d'interactions existent entre un emballage (contenant) et le produit emballé (contenu). L'inertie d'un emballage est rarement totale. L'interaction entre le contenant et le contenu peut aboutir à des transferts de matière ce qui peut engendrer par exemple une altération des propriétés organoleptiques de l'aliment ou éventuellement un problème toxicologique peut se poser. Ce contact contenant/contenu peut également influencer les propriétés mécaniques de l'emballage (KONKOL L., 2004).

3.1. Migration

La migration de substances (appelées migrants) présentes dans le matériau d'emballage vers l'aliment (NIR M.M., et RAM A., 1996), (DEPLEDT F., 1989).

3.2. Perméation

La perméation de substances d'un côté à un autre des parois de l'emballage (constituants d'encre, de colles,...) (CASTLE L., et al., 1989). On accorde une importance particulière à la perméation de gaz (O₂ vers l'aliment, CO₂ vers l'extérieur de l'emballage) (HERNÁNDEZ-MUÑOZ P., et al., 1999), (TAWFIK M.S., et al., 1998).

3.3. Adsorption

L'adsorption des constituants de l'aliment par l'emballage, par exemple des arômes (AURAS R., et al., 2006), (HERNÁNDEZ-MUÑOZ P., et al., 2001), (LEBOSSE R., et al., 1997)

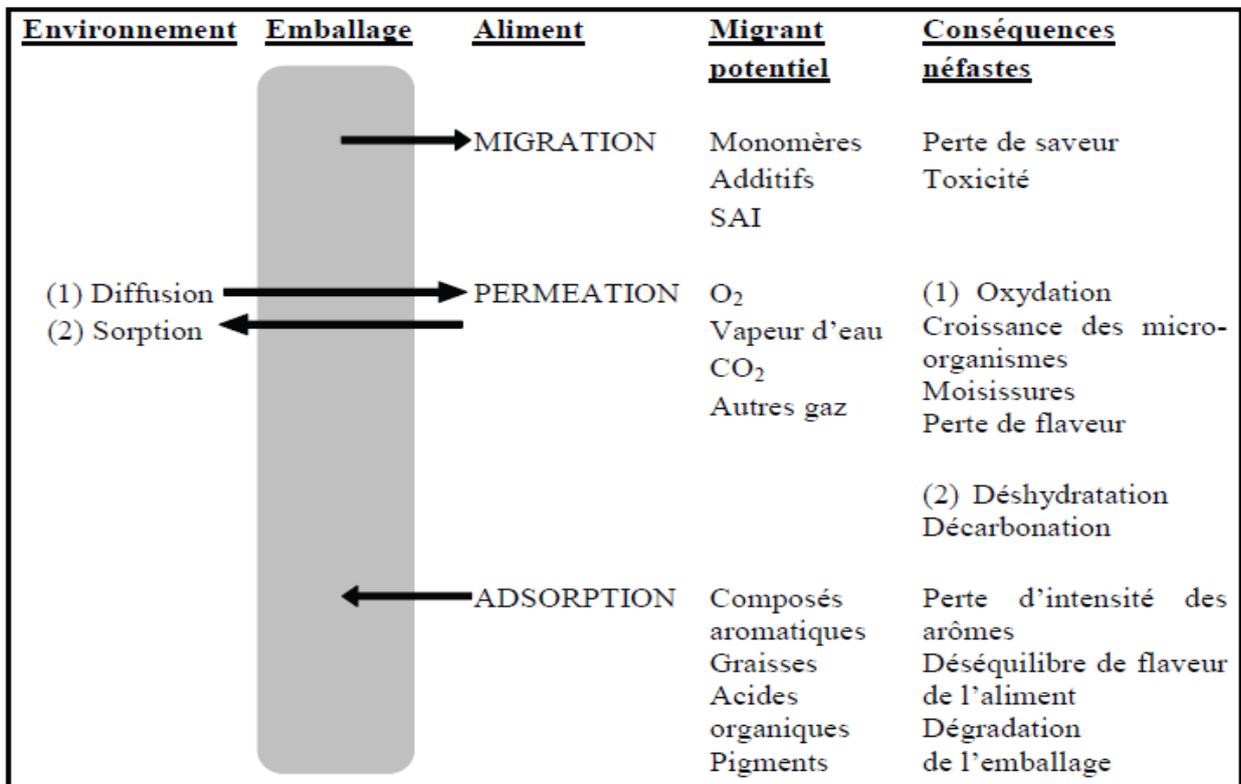


Figure 05 : Interactions possibles entre l'emballage, l'aliment et l'environnement ainsi que leurs conséquences [NIELSEN T.J., et JÄGERSTAD I.M., 1994].

CHAPITRE III

Matériel et méthodes

1. Objectif de l'étude

Les conditions de stockage non contrôlées de l'eau minérale commercialisée nous ont orienté vers le choix de ce thème dans le but d'évaluer l'influence de l'emballage et de conditions de stockage sur la qualité microbiologique de l'eau minérale commercialisée distribuée dans la ville de Tiaret.

Notre travail est confronté par la pandémie de covid 19, de ce fait nous n'avons pas pu réaliser le travail expérimental, alors on est dans l'obligation de trouver une solution pour finaliser notre mémoire, la seule moyenne pour le faire c'est de citer les principales techniques d'analyse et les interpréter, et de comparer quelques travaux similaires de notre travail et de discuter les résultats.

2. Matériel utilisé

2.1. Verreries

- Flacons en verre de 250 ml, avec bouchon à vis métallique
- Pipettes graduées: 1 ml, 2 ml, 10 ml
- Tubes à essais stériles
- Pipettes Pasteur
- Bécher
- Eprouvettes graduées
- Fiole

Avant chaque utilisation, la verrerie doit être soigneusement lavée, rincée, séchée et stérilisée au four Pasteur à 180°C pendant 30 minutes.

2.2. Appareillages

- Autoclave.
- Bec benzène.
- Microscope optique marque (OPTICA).
- pH mètre marque.

- Balance de précision.
- Agitateur.
- Bain-marie.
- Four pasteur.
- Etuves réglées à 37°C ; et 44°C.

2.3. Outils

- Anse de platine.
- Boîtes de Pétri stériles.
- Pince.
- Portoirs.

2.4. Milieux de cultures

Un milieu de culture est un support qui permet la culture des microorganismes, c'est-à-dire dans lequel peuvent se multiplier les microorganismes. En principe, les microorganismes trouvent dans ce milieu les composants indispensables pour leur croissance en grand nombre. En fonction du but de la culture. Des milieux de cultures solides et liquides sélectives ont été utilisés pour la recherche et l'isolement de différentes flores présentes dans l'eau minérale commercialisée analysée.

- ❖ **Gélose TGEA:** (Tryptone Glucose Agar Plat), est préconisée pour le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale. Ou Gélose Plat Count Agar (PCA).
- ❖ **Bouillon de Rothe:** est utilisé pour effectuer le test présomptif de recherche et de dénombrement des *entérocoques* dans les eaux d'alimentation, les produits surgelés et les autres produits alimentaires par la méthode du nombre le plus probable.
- ❖ **Bouillon de Litsky à l'éthyle-violet:** est utilisé pour effectuer le test confirmatif de recherche et de dénombrement des *streptocoques fécaux (entérocoques)* dans les eaux d'alimentation, les eaux résiduaires, les surgelés et les autres produits alimentaires par la méthode du nombre le plus probable.
- ❖ **Gélose glucosée viande-foie:** est utilisée pour le dénombrement des spores de *Clostridia sulfito-réducteurs* dans les eaux (selon le cadre normatif NF T 90-415), et les produits alimentaires.

- ❖ **Gélose cétrimide:** est un milieu sélectif destiné pour l'isolement et le dénombrement de *Pseudomonas sp* dans les différents produits d'origine animale au d'autre. King A pour la recherche et le dénombrement des *Pseudomonas aeruginosa*.
- ❖ **Coliforme fécaux :** BCPL D/C, BCPL S/C, Flacon BCPL D/C, Kovacs et Marc Kenzie.

2.5. Réactifs utilisés

- ❖ Alun de fer.
- ❖ Sulfite de sodium.
- ❖ Tellurite de potassium.
- ❖ Colorants de Gram (Violet de Gentiane, Lugol, Fushine).
- ❖ Ethanol 95%.
- ❖ Huile à immersion.

3. Echantillonnage et prélèvement

Dans le cadre de notre étude, nous avons effectué au total 06 prélèvements, dont, 02 sont l'échantillon témoin et 02 autres concernent les bouteilles exposées au soleil, plus 02 bouteilles soumises à la congélation. Les trois échantillons sont destinés aux analyses microbiologiques. Mais par conséquence, il était impossible de les réaliser au niveau de l'université grâce à la crise sanitaire. En effet, quelques milieux de cultures préparés dans le laboratoire de microbiologie de l'université Ibn Khaldoun –Tiaret le 12-03-2020. L'échantillonnage a été réalisé en deux campagnes; la première pour des prélèvements à des fins d'analyses microbiologiques, physico-chimiques et la deuxième pour la confirmation.

3.1. Présentation des points de prélèvement

Les prélèvements ont été effectués en prenant des précautions d'hygiène. Le prélèvement est aussitôt refroidis dans un réfrigérateur, jusqu'au moment de l'analyse avec un délai n'excédant pas plus de 8 heures pour l'échantillon témoin (les bouteilles d'eau amenées directement). L'étude a portée sur trois échantillons:

1. l'échantillon témoin
2. Des bouteilles exposées au soleil (le 06-03-2020 à 10:20), les échantillons ont été placés au frais sur le toit de la maison pendant 15 jours.
3. Des bouteilles soumises à la congélation (le 06-03-2020 à 10:20), les échantillons ont été placés au congélateur pendant 15 jours.

Tableau 06: Présentation des périodes et les conditions de prélèvement.

	Date de prélèvement	Quantité	Marque	Heure de prélèvement	Température
Site 1 Foyer de la cité Mohamed- karman 1	04-03-2020	03 bouteilles de 1,5 litre	Nestlé	14 :00 h	Pas déterminée
Site 2 carté 220- karman	04-03-2020	03 bouteilles de 1,5 litre	Saida	15 :30 h	Pas déterminée

**Figure n° 06:** Prélèvement de l'échantillon «Nestlé ». Photo originale**Figure n° 07:** Prélèvement de l'échantillon « Saida ». Photo originale**Figure n° 08:** Echantillons exposés au soleil.**Figure n° 09:** Echantillons soumis à la congélation.

4. Méthodes d'analyses

Dans le but d'évaluer la qualité de l'eau minérale commercialisée, distribuée dans la ville de Tiaret. Les analyses suivantes doivent être effectuées:

NB: On n'a pas pu réaliser aucun dosage, notre objectif c'est que de montrer les différents dosages et modes opératoires.

4.1. Détermination des paramètres organoleptiques de l'eau minérale

4.1.1. Test de la couleur

La couleur a été évaluée par observation oculaire des bouteilles de l'eau minérale

4.1.2. Test de l'odeur et de la saveur

L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive. La saveur est décelée par dégustation qui exige à rincer la bouche avec l'eau distillée avant chaque dégustation.

4.2. Détermination de quelques paramètres physico-chimiques de l'eau minérale

4.2.1. La Température

La mesure de la température se fait à l'aide d'un multi-paramètre. De préférence la mesure doit être faite par un thermomètre.

4.2.2. Mesure du pH

Ce dernier est mesuré par l'utilisation d'un multi paramètres (figure 10), On verse dans un bécher de 250 ml une quantité d'eau à analyser, et émerge l'électrode dans ce bécher. La valeur du pH est affichée au niveau du multi paramètres après stabilisation.



Figure n° 10: Multi paramètres utilisé pour la mesure de pH

4.2.3. Détermination de la conductivité électrique

a) Principe

La conductivité détermine le taux des ions conducteurs dans l'eau, la mesure de la conductivité permet d'avoir très rapidement une idée sur la concentration de l'eau en sels dissouts.

b) Mode Opérateur

Toujours l'appareil utilisé est le multi-paramètre à trois électrodes.

- ❖ Rincer chaque électrode avec de l'eau distillée.
- ❖ Immerger l'électrode concernée pour chaque paramètre dans l'échantillon.
- ❖ Procéder à une agitation.
- ❖ Faire la lecture de chaque paramètre après stabilisation en utilisant les touches qui correspondent au paramètre qu'on veut lire.

NB: pour la conductivité on appui sur la même touche CND une fois pour obtenir la conductivité.

4.2.4 Mesure de la Salinité

a) Principe

Est une mesure biologique importante permet de déterminer la salinité, l'unité de mesure est en %.

b) Mode Opérateur

Pour la salinité on appui sur la même touche CND de l'appareil trois fois ainsi la valeur s'affiche directement puis faire la lecture.

4.2.5. Détermination des résidus secs

a) Principe

Il se base sur l'évaporation de l'eau et la pesée des résidus secs restants.

b) Mode opératoire

Dans un bécher sécher et peser, évaporer 100ml d'eau de l'échantillon dans une étuve à une température de 120 à 130°C durant 24h. Après refroidissement au dessiccateur, mesurer le poids du bécher contenant le résidu sec. Procéder au calcul suivant la formule:

$$RS (g/l) = (P1 - P2) \times 100$$

P1 : poids du bécher+ Résidu sec.

P2 : poids du bécher vide et sec.

4.2.6 Mesure de la turbidité

a) Principe:

La turbidité de l'eau est liée à la transparence, elle donne une idée de la teneur en matière en suspension. Pour la sécurité de l'eau de boisson, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU (Agence Nationale Des Barrages; 2004).

b) Moyen utilisés :

- ❖ Turbidimètre HACH 2100N.
- ❖ Cellules de mesures.
- ❖ Solution Etalonnée à 0.02 NTU.

c) Mode Opérateur:

La mesure est effectuée grâce à un turbidimètre qui permet d'apprécier la turbidité de l'eau, D'abord procéder à l'étalonnage de l'appareil turbidimètre avec la solution de 0.02 NTU. Remplir les cellules avec les différents échantillons et lire la turbidité correspondante.

NB: lors du remplissage des cellules éviter l'entrée des bulles d'air (Agence Nationale Des Barrages; 2004).



Figure n°11: Turbidimètre HACH 2100 N

4.3. Analyse des paramètres bactériologiques

Les germes recherchés pendant notre travail sont: *Coliformes Totaux*, *Coliformes Fécaux ou Thermotolérants*, *Streptocoques Fécaux*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bactéries Anaérobies sulfito-réductrices*, et Germes totaux. Ces germes recherchés sont spécifiques à des milieux de culture dans les quels ils se développent à une température d'incubation adaptée pendant un temps favorable au développement. La présence des bactéries se révèle à travers les types des colonies qui sont caractérisés à chaque groupe des bactéries. Les normes utilisées pour les analyses et l'interprétation des résultats microbiologiques sont présentées dans le tableau suivant:

Tableau 07: Normes utilisées pour les analyses et l'interprétation des résultats microbiologiques:

Eau	Norme
1. Nestlé	Journal officiel de la république algérienne N°39du 02 juillet 2017
2. Saida	

4.3.1. Dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux

Les germes totaux regroupent les micro-organismes aérobies facultatifs qui se développent à une température de l'ordre de 30°C et donnent des colonies de taille et de forme différentes.

a) Mode opératoire

Faire fondre la gélose tryptone glucose agar (T.G.E.A) lorsqu'elle est refroidie à 45°C, préparer quatre (4) boîtes de pétri deux pour 22°C et deux pour 37°C, prendre 1ml d'eau à analyser dans des conditions stériles, la mettre dans la boîte de pétri et faire des mouvements circulaires va-et-vient pour assurer un mélange homogène de l'eau avec l'inoculum et refaire la même opération pour les autres boîtes, laisser solidifier.

➤ **Incubation:** Incuber deux boîtes à 22°C et deux à 37°C.

b) Lecture des Résultats

Elle se fait après 24, 48 heures et 72 heures. Les colonies de microorganismes revivifiables apparaissent en masse sous formes lenticulaires et bien distinctes. Retenir les boîtes contenant moins de 300 colonies, au niveau de différentes dilutions successives. Il faut qu'une boîte renferme au moins 15 colonies. Les résultats sont exprimés en nombre d'unités formant colonies (U.F.C) par millilitre d'eau analysée.

4.3.2. Recherche et dénombrement des Coliformes en milieu liquide

Elle comporte deux étapes:

- la recherche présomptive des coliformes.
- la recherche confirmative des *E.coli* et éventuellement des autres Coliformes fécaux.

Le dénombrement est effectué suivant la méthode du nombre le plus probable (**NPP**).

a) Test Présomptif

IL est effectué en utilisant le bouillon lactose au pourpre bromocrésol **BCPL** tous les tubes sont munis de cloches de **DURHAM** pour déceler le dégagement éventuel de gaz dans le milieu .on ensemence :

- ❖ 01 flacon de 50ml de bouillon **BCPL** a double concentration (D/C) avec 50ml d'eau.
- ❖ 05 tubes de 10ml de bouillon **BCPL** a double concentration (D/C) avec 10ml d'eau.
- ❖ 05 tubes de 10ml de bouillon **BCPL** a simple concentration (S/C) avec 1ml d'eau.
- ❖ Incuber à 37 °C.
- **Lecture des Résultats:** après 24, 48 heures et 72h.

Si les tubes présentant à la fois un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (dû à la fermentation du lactose présent dans le milieu) et un dégagement de gaz (1/10 de la hauteur de la cloche) pendant cette période sont présumés contenir des coliformes fécaux (*Escherichia coli*) et soumis au test confirmatif.

➤ **Expression des résultats des coliformes totaux:**

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

b) Test confirmatif ou Test de Marc kenzie

Ce test sert à la recherche des coliformes fécaux parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*. Les tubes de BCPL positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu Eau peptone.

L'incubation: se fait à 44°C pendant 24 heures.

Lecture des résultats : Considérer comme positifs les tubes dans les quels on observe à la fois un trouble qui se manifestera par l'apparition d'un anneau rouge ou rose qui se rassemble à la surface du tube après l'ajout du réactif de kovacs et un dégagement de gaz (1/10 de la cloche Durham). La production d'indole par les coliformes Thermotolérants peut nous orienter vers *Escherichia coli*. (Utilisation d'un seul tube confirmatif (dénombrement d'*E.coli*)).

Expression des résultats: Le dénombrement d'*Escherichia coli* est obtenu de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de **Mac Grady**

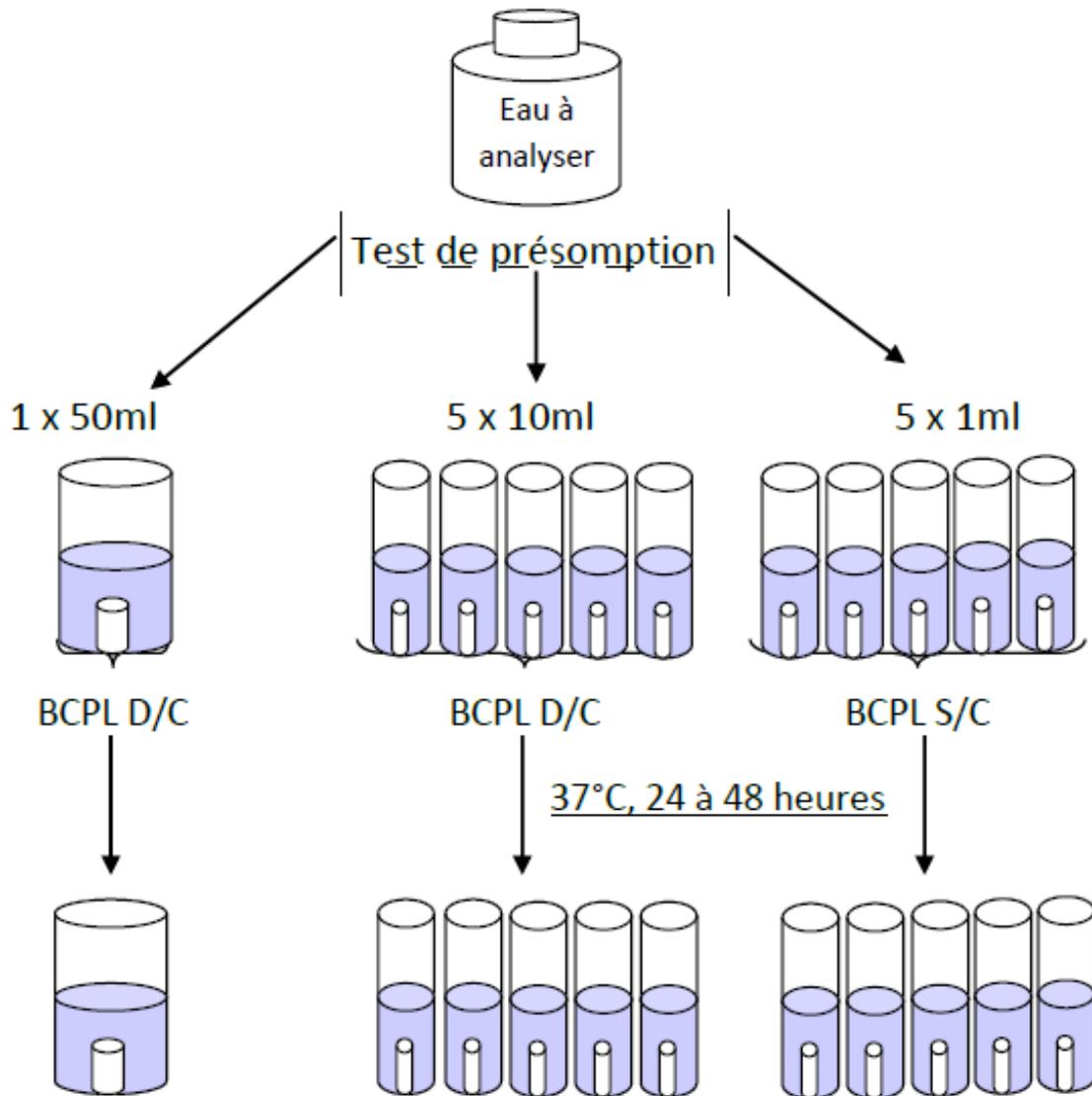


Figure N°12: Recherche et dénombrement des coliformes, coliformes thermotolérants et *Escherichia coli* en milieu liquide.

4.3.3. Recherche des (*Entérocoques*) *Streptocoques fécaux* en milieu liquide

a) Test présomptif

- ❖ 01 flacon de 50ml de bouillon Rothe double concentration avec 50ml d'eau.
- ❖ 05 tubes de 10ml de bouillon Rothe double concentration avec 10ml d'eau.
- ❖ 05 tubes de 10ml de bouillon Rothe simple concentration avec 1ml d'eau.

- ❖ Incuber à 37 °C et les examiner après 24 et 48 heures, si les tubes présentant un trouble microbien pendant cette période sont présumés contenir un *Streptocoque fécal* et soumis au test confirmatif.

b) Test confirmatif

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des *Streptocoques fécaux* éventuellement présents dans le test de présomption. Des tubes de milieu ROTHE positifs, en ajoutant quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur de milieu EVA LITSKY et l'incubation se fait à 37°C pendant 24heures.

- **Lecture:** L'aspect d'un tube Eva Litsky positif est: d'avoir un trouble bactérien et dépôt d'une pastille blanchâtre ou violette au fond de tube.
- **Expression des résultats:** Les résultats de dénombrement sont obtenus comme ceux d'*Escherichia coli* en se référant à la table de **Mac Grady (NPP)** par 100ml de l'eau analysée.

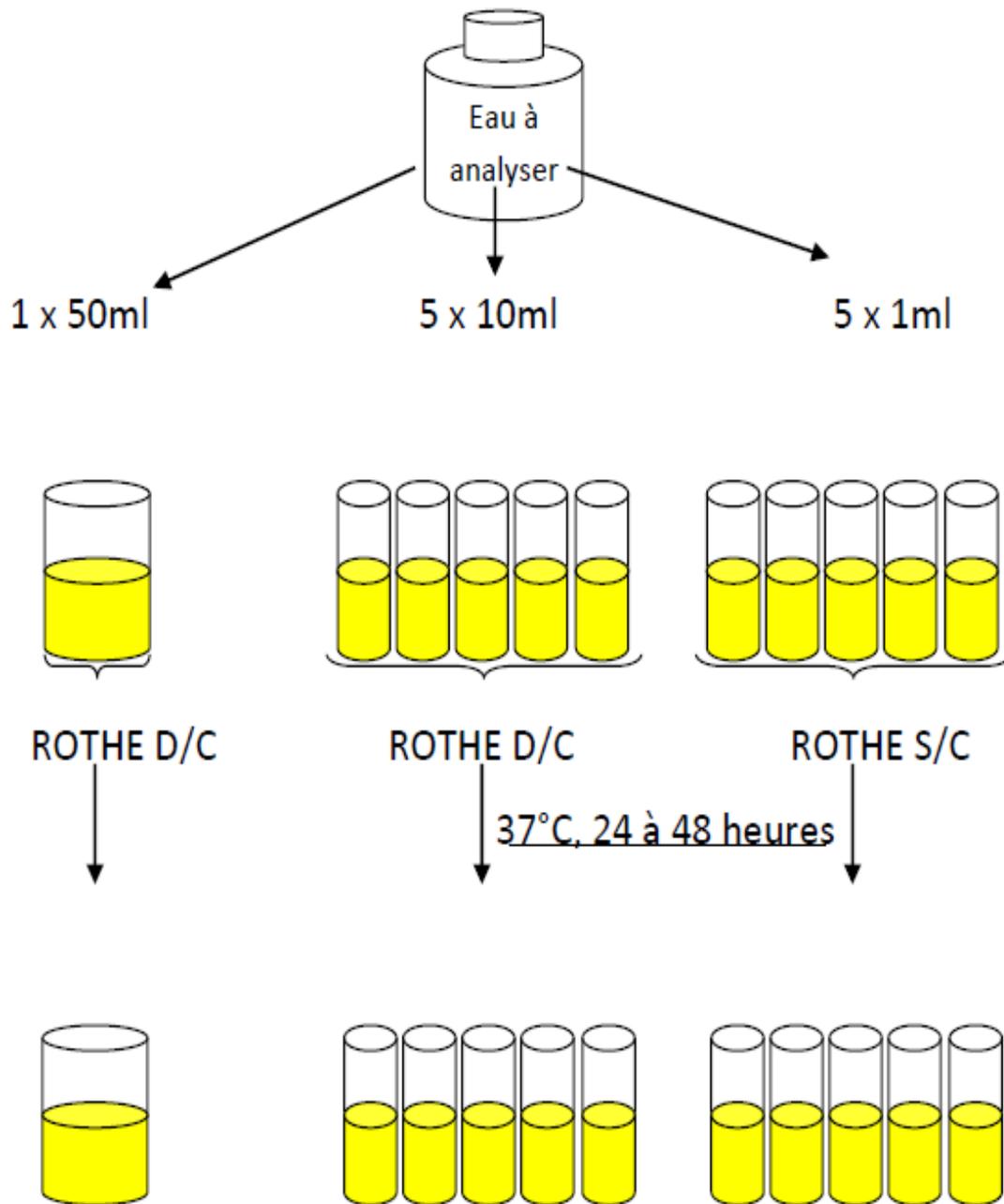


Figure N°13: Recherche et dénombrement des *Streptocoques fécaux*.

4.3.4. Recherche des *clostridium* Sulfite –Réducteurs

a) Mode opératoire

➤ Destruction des formes végétatives

Placer 25 ml d'eau à analyser dans un tube de 220 x 22 mm, le porter au bain d'eau à 80°C de façon ce qu'il demeure cinq minutes à cette température. Refroidir rapidement.

➤ **Préparation du milieu**

Placer quatre tubes de milieu de culture (contenant chacun 20 ml de milieu) au bain d'eau bouillante pour assurer la fusion du milieu. Maintenir 10 minutes dans ce bain pour assurer l'élimination des gaz dissous, refroidir à 53°C. Ajouter à chaque tube 1 ml de la solution du sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alun de fer. Mélanger sans faire des bulles.

➤ **Inoculation et incubation**

Dans quatre tubes stériles de 220 x 22 mm, répartir 5 ml d'eau minérale pour détruire les formes végétatives, couler dans chacun d'eux le contenu d'un tube de milieu, mélangé doucement sans incorporer d'air. Refroidir sous l'eau de robinet.

Incuber à 37°C, faire une lecture après 24 heures; une deuxième après 48 heures et 72h.

b) Lecture des résultats

Considérer comme résultant d'une spore de bactérie aérobic sulfito-réductrice toute colonie noire, entourée d'un halo noir. Exprimer le résultat en nombre de spores par 100 ml.

NB: Il est indispensable de procéder à une lecture dans la 24ème heure, en présence de nombreuses colonies, une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme du tube et tout dénombrement devient impossible à la 48ème heure.

Par contre, s'il y a une faible quantité de colonies à la première lecture et si les colonies sont petites, il peut y avoir un développement de nouvelles colonies dans les 24 heures suivantes. Les tubes ne présentant pas des colonies noires seront considérés comme négatifs.

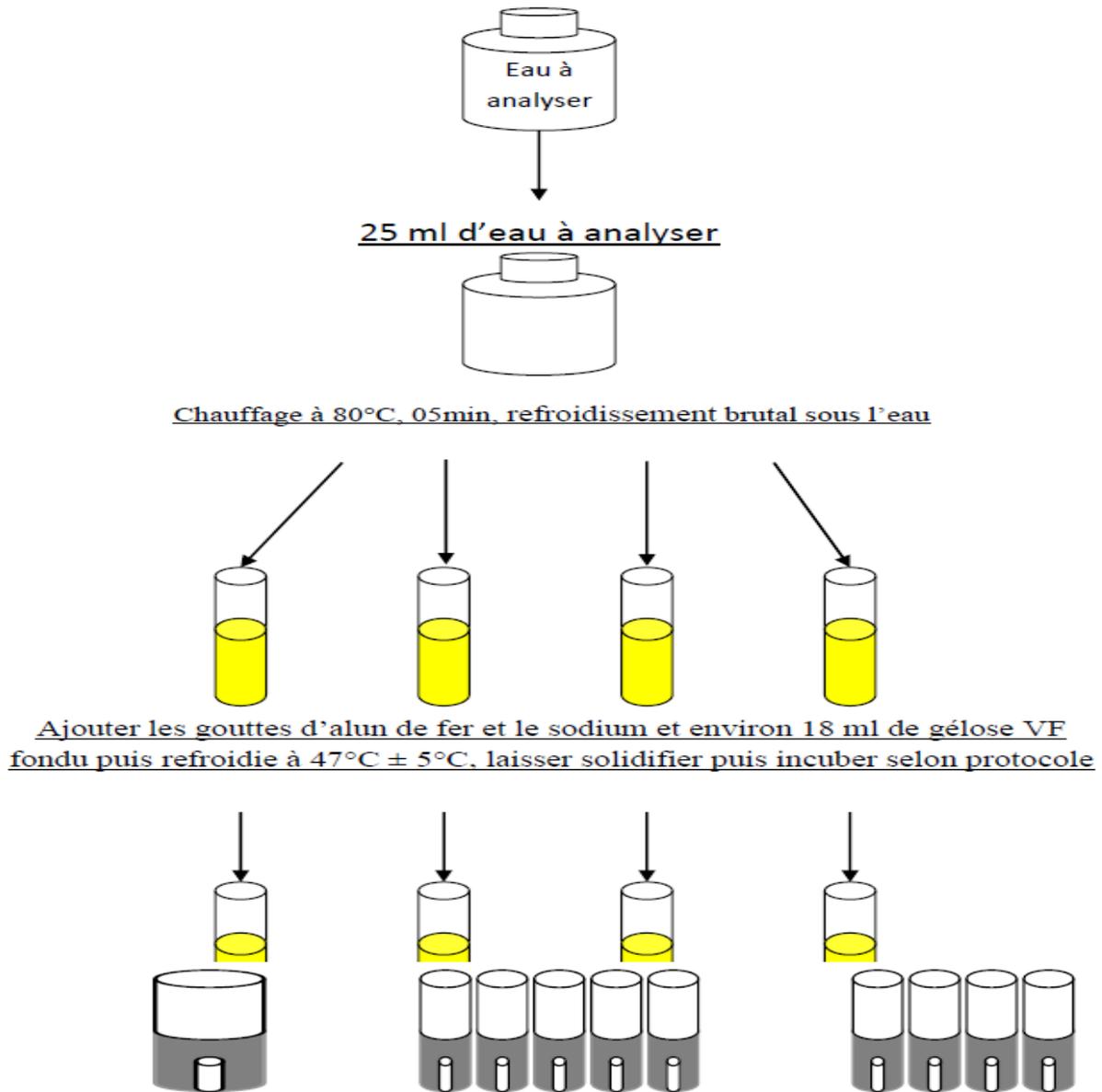


Figure N°14: Recherche et dénombrement des spores de bactéries aérobies sulfite-réductrices et *Clostridium sulfite réducteur*.

4.3.5. Recherche et dénombrement des *Pseudomonas aeruginosa*

a. Principe

L'élaboration des pigments est influencée par la composition du milieu, ce qui justifie l'utilisation de deux milieux différents:

La production de pyocyanine, due spécifiquement à *Pseudomonas aeruginosa*, est favorisée par la présence d'ions inorganiques. La recherche de la production de pyocyanine est effectuée sur milieu King A. la production de pyoverdine, est favorisée par une teneur élevée en phosphate. La recherche de la production de pyoverdine est effectuée sur milieu King B, l'isolement et réalisés sur Des milieux de culture gélosés soit B de King pour les *Pseudomonas*, la suspension est étalée par épuisement sur les milieux de culture.

➤ **Incubation:**

L'incubation se fait à 26°C et elle est généralement de 48 à 72 heures.

➤ **La lecture:**

Les colonies de dénombrement de *Pseudomonas sp* apparaissent avec une couleur blanche crème ou plus ou moins jaunâtre et un aspect muqueux sur le milieu cétrimide. La présence de pigments diffusibles se traduit par l'apparition d'une couleur qui peut diffuser sur toute la pente:

- couleur bleue sur le milieu King A (présence de pyocyanine) - couleur jaune-vert fluorescent sur le milieu King B (présence de pyoverdine) sous UV.

Résultats et discussions

A cause de la pandémie de covid-19, on n'a pas pu réaliser les analyses de notre étude pour cela nous n'avons pas des résultats, de ce fait on a consacré notre travail à une recherche bibliographique dans laquelle on a fait des comparaisons des travaux qui ont été faits sur l'analyse des eaux minérales et sur l'embouteillage, conditions de stockage et PET et ses caractéristiques et sa résistance au mauvais conditionnement...etc. Et à travers tous les résultats trouvés, nous essaierons de conclure ou d'inspirer approximativement l'influence de mauvaises conditions de stockage sur la qualité microbiologique des EM.

Les eaux embouteillées, eau minérale naturelle (EMN) et eau de source répondent à des critères définis par la réglementation. L'EMN en particulier se caractérise par son origine souterraine, sa stabilité de composition et sa « pureté originelle ». L'eau est un nutriment essentiel dont la fonction première est d'hydrater. (FLORENCE C., et NASRINE H; 2010)

Les matières plastiques sont utilisées comme matériaux de conditionnement des produits agroalimentaires incluant l'eau minérale et remplacent de plus en plus le verre, le poly (éthylène téréphtalate) (PET E) est largement utilisé dans l'industrie alimentaire, notamment pour les boissons et les eaux conditionnées. La préférence de ce polyester comme emballage de l'eau est due à son inertie chimique et à ses propriétés physiques comme la transparence, la légèreté, l'étanchéité aux gaz et la facilité du recyclage. (CRISTINA B., et al ; 2012)

Plusieurs études d'eaux embouteillées ont été faites pour objectifs de l'identification de la qualité physico-chimique et microbiologique de ces eaux, et pour comparer leurs résultats par rapport aux normes exigées pour qu'une eau soit potable, les résultats diffèrent d'une source à l'autre avec des valeurs plus ou moins différentes,

Parmi les études d'analyse réalisées dans ce domaine une étude sur l'effet de la lumière sur l'évolution de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux minérales embouteillées réalisée par BERRADIA Nadjat et SERISSER Halima dans laboratoire ADE wilaya Mostaganem pendant le mois mars 2019, les résultats étant comme la suit:

Couleur

Les eaux étudiées apparaissent claires, incolores et limpides dans leurs bouteilles en plastique, ceci indique probablement l'absence des ions métallique fer ferreux (Fe^{2+}) et fer ferrique (Fe^{3+}); qui sont les facteurs principaux du changement de la couleur.

Odeur

Les eaux étudiées sont toujours inodores, ce qui indique probablement l'absence de produits chimiques, de matières organiques en décomposition.

La saveur

Lorsque vous goûtez l'eau, il y a un goût étrange et amer, ceci due à la migration de certaines substances contenues dans l'emballage et entraîne éventuellement la modification des qualités nutritionnelles, gustatives et olfactives du produit emballé.

Plusieurs études ont montré qu'ils existent des contaminants du PET, les plus connus sont l'acétaldéhyde et le Formaldéhyde (formol), ce sont des produits de dégradation thermique du polyester. Ils Présentent l'inconvénient de modifier les propriétés organoleptiques de l'eau.

On peut considérer les résultats des analyses qui sont faites dans les études précédentes sur les eaux minérales embouteillées (nos échantillons: Saida et Nestlé) dans les conditions normales comme des résultats sur les échantillons témoins.

Les résultats des analyses des différents paramètres physico-chimiques et microbiologiques de nos échantillons (Saida et Nestlé) ont pris à partir du mémoire réalisé par Mr. Oussama TOUL et Mr. Khaled BOULENOUAR en 2018 sur l'étude physico-chimique et bactériologique des eaux embouteillées de source algérienne. Ils ont constaté que les résultats sont conformes aux normes recommandées par la réglementation algérienne.

En parallèle plusieurs études ont été consacrées à l'emballage PET et ses caractéristiques. Certaines études ont détecté certaines substances dans les eaux en bouteille PET. Leur présence est peu compatible avec une pollution des ressources. L'origine de ces substances est controversée et mal définie. Une hypothèse possible est la diffusion des constituants de l'emballage (monomères, catalyseurs, additifs et néoformés) vers l'eau due à certaines conditions de stockage (temps, température, exposition aux UV...). D'une part, la migration de l'acétaldéhyde et de l'antimoine a été évaluée en soumettant un panel de bouteilles à un stockage à température ordinaire et à 40°C pendant 45 jours. (**CRISTINA B., et al; 2012**)

Les études qui s'intéressent à la diffusion des constituants de l'emballage vers l'eau en relation avec différentes conditions de stockage des bouteilles ont conclu que:

- ❖ La température et le temps ont montré un effet crucial sur la migration du formaldéhyde et de l'acétaldéhyde. En outre une présence importante du formaldéhyde et de l'acétaldéhyde a été déterminée dans les échantillons exposés à la lumière solaire.

Les valeurs trouvées sont considérées comme voisine du seuil d'apparition d'odeur et du goût dans les eaux embouteillées.

- ❖ La présence du formaldéhyde et de l'acétaldéhyde est liée à la qualité du matériau en PET. Il sera donc recommandé de respecter les conditions de conservation de base: stockage à l'abri de la lumière et de la chaleur, conservation des bouteilles au réfrigérateur à 4°C, respect de la Date Limite d'Utilisation Optimale (DLUO) et transport dans des moyens fermés et climatisés (**AL RAYES L; 2013**).

Concernant notre étude: l'influence de l'emballage et de conditions de stockage sur la qualité microbiologique de l'eau minérale embouteillée on a trouvé que:

1. Les variations de Températures extrêmes (très froide ou très chaude) peuvent provoquer une migration de certains polymères de l'emballage vers l'eau ce qui va modifier par la suite la qualité d'eau, (**RICHAUD E., et VERDU J., 2011**) confirme notre hypothèse suggérée qu'un polymère exposé à la lumière solaire et à l'air, peut être sujet au dégradation photochimique. En effet, c'est le cas pour le PET qui absorbe à une longueur d'onde (λ) située à l'extrême limite de l'UV solaire ($300 \text{ nm} \leq \lambda \leq 330 \text{ nm}$) cette dégradation est un phénomène superficiel, l'épaisseur de la couche dégradée est une fonction décroissante de l'absorptivité du matériau et peut être limitée par la diffusion de l'oxygène.
2. Une étude de migration de l'acétaldéhyde et l'antimoine à température ordinaire et à 40°C pendant 45 jours a permis de confirmer que la température favorise la diffusion de ces deux composés de l'emballage vers l'eau. Les profils de diffusion des deux substances montrent que carbonatation de l'eau est un accélérateur de la migration, comme attendu.

En ce qui concerne la migration de l'acétaldéhyde, plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer le comportement différent des deux eaux plates étudiées et des essais complémentaires sont en cours, cette migration change la composition de l'eau ce qui pourrait être un facteur de risque pour la santé humaine mais pour le coté microbiologique on ne peut rien confirmer ou conclure le changement tant que la bouteille bien fermé cela reste un barrière entre le milieu extérieur et le milieu intérieur.

Pratiquement la température de l'eau n'a pas d'incidence sur la santé humaine. Elle est un paramètre de confort pour les usagers (à 12°C elle est désaltérante), elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). Elle est variée en fonction de température extérieure. Elle favorise certes le

développement des micro-organismes, mais les eaux en bouteilles sont protégées du milieu extérieur (la bouteille qui joue le rôle en la protégeant des agressions extérieures).

A partir de ces résultats, on peut dire que l'absence des différents germes recherchés dans les différents échantillons avant la conservation peut expliquer leur absence même après son exposition au soleil et sa soumission au congélation, et que nos échantillons sont dépourvus de germes pathogènes et consommables.

L'eau constitue un élément essentiel pour l'organisme humain de ce fait toute contamination ou changement de qualité physico-chimique des eaux considéré comme un risque extrême à la santé de l'être humain.

L'eau minérale naturelle stockée et commercialisée dans des bouteilles qui la protégeant des agressions extérieures.

A l'issue des résultats obtenus d'après les études précédentes sur l'analyse des eaux minérales et sur l'embouteillage, conditions de stockage et PET et ses caractéristiques et sa résistance au mauvaise conditionnement on déduire que :

La durée de conservation de l'eau minérale en bouteille et/ou le changement de température peut modifiée sa qualité.

La température et le temps ont montré un effet crucial sur la migration du formaldéhyde et de l'acétaldéhyde de PET vers l'eau.

Les variations de températures extrêmes (très froide ou très chaude) peuvent provoquer une migration de certains polymères de l'emballage vers l'eau ce qui va modifier par la suite sa qualité organoleptique (la saveur désagréable de l'emballage). Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). Elle est variée en fonction de température extérieure. Elle favorise certes le développement des micro-organismes, mais les eaux en bouteilles sont protégées du milieu extérieur (la bouteille qui joue le rôle en la protégeant des agressions extérieures).

Du point de vue bactériologique, les résultats obtenus montrent l'absence de tous les germes témoins de contamination fécale dans l'eau de consommation tels que les germes totaux, les coliformes totaux et fécaux, les *streptocoques fécaux* et les *clostridium sulfito-réducteurs*.

Les résultats expérimentaux obtenus sont conformes à la réglementation algérienne. Ils prouvent la bonne qualité bactériologique de l'eau embouteillée susvisée. Elle ne présente aucun danger pour la consommation humaine sur le plan bactériologique.

Les eaux en bouteilles offrent une garantie de potabilité, elles sont très surveillées par l'état.

A partir de notre modeste travail bibliographique, qui a porté sur l'influence de l'emballage et de conditions de stockage sur la qualité microbiologique de l'eau minérale, nous pouvons conclure, d'après les résultats obtenus concernant la qualité organoleptique tel que la couleur, le goût et l'odeur, et du point de vue physico-chimique tel que la température, le pH, la conductivité électrique, la salinité, les résidus secs et la turbidité et du point de vue bactériologique que l'eau minérale embouteillée peut être classée comme une bonne qualité sur le plan bactériologique et comme acceptable sur le plan physico-chimique et organoleptique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- **ADIL F., FADIL K.F., et NECHAD I., 2014.** Qualité physicochimique des eaux des sources ain regrab et ain sidi bouali dans la région de sefrou (Moyen Atlas, Maroc). Larhyss Journal, Issn, 20 : p. 127-146.
- **AL RAYES Layal., 2013.** Étude des interactions PET - Eau minérale dans les eaux embouteillées au Liban et approches analytiques des risques sanitaires. Thèse de doctorat : Chimie analytique. Université Claude Bernard - Lyon I, 267 p.
- **Arrêté interministériel du 22 janvier 2006,** fixant les proportions d'éléments contenus dans les eaux minérales naturelles et de sources ainsi que les conditions de leur traitement ou adjonctions autorisées. Journal officiel de la République Algérienne N° 27 .
- **AURAS R., HARTE B., et SELKE S., 2006.** Sorption of ethylacetate and- limonene in poly(lactide) polymers, Journal of the Science of Food and Agriculture.

B

- **BEAULIEU PH., et FISSET B., 2009.** Eau du robinet : une exigence de qualité. Cahiers de nutrition et de diététique. 44 : p. 294-301.
- **BENDICTE., 1995.** Séminaire sur la qualité de l'eau et réglementation
- **BERGEY'S., 2004.** Pratique en microbiologie de laboratoire : Recherche des bacteries et de levures moisissures. Edition : Lavoisier. Paris.
- **BLIGNY J., HARTEMAN P., 2005.** Les eaux minérales naturelles et les eaux de source : cadre réglementaire et technique. Comptes Rendus Geosciences 337(1-2) : 279 – 284.
- **BOURGEOIS C.M., et MESCLE J.F., 1996.** Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Edition Lavoisier .p: 5- 6
- **Brousseau N., Levesque B., Guilemet T., Dauvin D., Giroux L.P., Cantin P., Guingras S., Laverdiere D., 2009.** Etude de la contamination microbiologique des Spas publics au Québec. Direction des risques biologiques environnementaux et occupationnels. 107 p.

C

- **CADOT C., 1990.** Les traitements de l'eau. Edition Ellipes, Paris, 247 p.
- **CAMPANELLI J.R., KAMAL M.R., et COOPER D.G., 1993.** Kinetic study of the hydrolytic degradation of polyethylene terephthalate at high temperatures, Journal of Applied Polymer Science.
- **CARIP C., Salavert M-H., et Tandeau A., 2015.** Microbiologie, hygiène et droit alimentaire. 8 Edition, Lavoisier.
- **CASTLE L., MAYO A., et GILBERT J., 1989.** Migration of plastic izers from printing in ksinto food ,Food Additives and Contaminants.
- **CERETTI E., ZANI C., ZERBINI I., GUZZELLA L., SCAGLIA M., BERNA V., DONATO F., MONARCA S., et FERETTI D., 2010.** Comparative assessment of genotoxicity of minéral water packed in polyethylene terephthalate (PET) and glass bottles, Water Research, 44.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **COURBEBASSE M., 2015.** L'eau, nutriment essentiel. Cahiers de nutrition et de diététique. 50 : p. 5-12.
- **CRISTINA Bach., XAVIER Dauchy., LAURENT David., et SERGE Etienne., 2012.** Etude physico-chimique des bouteilles d'eau conditionnées en poly(éthylène téréphtalate). Matériaux & Techniques, EDP Sciences, 2011, 99 (4) : p. 391-408.

D

- **Décret exécutif n° 04-196 du 15 juillet 2004,** relatif à l'exploitation et la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de sources. Journal officiel de la République algérienne. 2004.
- **DEGREMENT G., 2005.** Mémento technique de l'eau. , Tome I, Lavoisier, Paris. 10ème édition : Tecet doc. P: 3- 38
- **DELARRAS C., 2003.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux, Réglementation prélèvement-analyses. Edition médicales internationales. Lavoisier. Paris 269p.
- **DEPLEDT F., 1989.** Risques organoleptiques pour l'aliment liés aux migrations, L'emballage des denrées alimentaires de grande consommation, 2ème édition, Collection Sciences et Techniques Agroalimentaires, BUREAU Gilbert, MULTON Jean- Louis, Édition Lavoisier TEC et DOC, Paris.
- **DESJARDINS Raymond., 1990.** le traitement des eaux. 2ème édition revue, Ecole Polytechnique de Montréal, Québec, Canada, 305p.
- **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.
- **Directive 98/83/CE du conseil du 3 novembre 1998,** relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, Publication des communautés Européennes, Luxembourg.
- **DZIECIOL M., et TRZESZCZYNSKI J., 1998.** Studies of temperature influence on volatile thermal degradation products of polyethylene terephthalate), Journal of Applied Polymer Science.
- **DZIECIOL M., et TRZESZCZYNSKI J., 2000.** Volatile products of poly(ethylene terephthalate) thermal degradation in nitrogen atmosphere, Journal of Applied Polymer Science.

E

- **EZZAOUAQ M., 1991.** Caractérisation hydrodynamique, physico-chimique et bactériologique des eaux superficielles de l'estuaire du Maroc soumis aux rejets des villes de Rabat-Salé. 140p.

F

- **FERRAH Ali., 2013 :** Industrie de l'eau embouteillée en Algérie : Brève revue. INRAA innovation.
- **FLORENCE Constant.,et NASRINE Hawili., 2010.** Les eaux embouteillées.Cahiers de nutrition et de diététique (2011) 46, 40—50.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **FOULON V., 2015.** Eaux minérales naturelles : quelles spécificités ? Cahiers de chargée de diététique. 50 : 30-37.

H

- **HAZZAB Abdelkrim., 2011.** Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie. hydrologie, environnement. Comptes Rendus Geoscience 343 : p 20-31
- **HENRY M., 1991.** Les Eaux Naturelles et les Eaux de Consommation Saint Laurent.
- **HERNÁNDEZ-MUÑOZ P., CATALÁ R., et GAVARA R., 1999.** Effect of Sorbed Oil on Food Aroma Lossthrough Packaging Materials, Journal of Agricultural and Food Chemistry.
- **HERNÁNDEZ-MUÑOZ P., CATALÁ R., et GAVARA R., 2001.** Food aroma partition between packaging materials and fatty food stimulants, Food Additives and Contaminants.
- **HOFFMANN F., AULY T., et MEYER A-M., 2014.** L'eau .Edition : Confluence p.43

J

- **JEAN Claude B., 2000.** Contrôle des eaux douces et de consommation humaine. Techniques de l'ingénieur Eau : propriétés, qualité, valeurs d'usage base documentaire. article : p4210.
- **JOHN et DONALD., 2010 :** Microbiologique, 3^{ème} Edition, 1216 p
- **JOHNS S.M., GRAMSHAW J.W., CASTLE L., et JICKELLS S.M., 1995.** Studies on functional barriers to migration.1. Transfer of benzophenone from printed paper board to microwaved food, Deutsche Lebensmittel- Rundschau.
- **JOFFIN Ch., et JOFFIN J-N. 2010.** Microbiologie alimentaire. 6^{ème} Edition. Centre régional de documentation pédagogique d'aquitaire.

K

- **KONKOL Lidia., 2004.** Contaminants levels in recycled PET plastic.

L

- **LACHASSAGNE P., 2019.** Les Eaux Minérales Naturelles. Encyclopédie de l'environnement, Science et Expertise Ressources en Eau. Evian-les-Bains, France.
- **LAUNAY A., THOMINETTE F., et VERDU J., 1994.** Hydrolysis of poly (ethylene terephthalate): a kinetic study, in Polymer Degradation and Stability.
- **LEBOSSE R., DUCRUET V., et FEIGENBAUM A., 1997.** Interactions between reactive aroma compounds from model citrus juice with polypropylene packaging film, Journal of Agricultural and Food Chemistry.

M

- **MARGAT et VASKEN., 2008.** Idée reçues : L'eau. Ed, le cavalier bleu, 101 p.

N

- **NAÏT-ALI K.L., 2008.** le pet recycle en emballages alimentaires: approche expérimentale et modélisation. Thèse : Chimie des Matériaux. Université de Montpellier, 220p.
- **NIELSEN T.J., et JÄGERSTAD I.M., 1994.** Flavour scalping by food packaging, Food Science and Technology.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **NIR M.M., et RAM A., 1996.** Sorption and Migration of Organic Liquids in Poly (Ethylene Terephthalate), Polymer Engineering and Science, 1996, These: Environnement and Biotechnology: Victoria (Australia): 2004.

P

- **PENNARUN P.Y., 2001.** Migration à partir de bouteilles en PET recyclé. Elaboration et validation d'un modèle applicable aux barrières fonctionnelles. Thèse : Chimie. Université de Reims (France), 292p.
- **PERRAUD., 2009.** chimie de l'environnement, eau, sol et déchets. 2ème édition française, 448 pages (273-285)

R

- **RAMADE., 2011.** Introduction à l'écochimie, les substances chimique et l'écosphère à l'Homme. Edition, Lavoisier, Paris.
- **REJSEK Franck., 2002.** Analyses de l'eau, aspect réglementation et techniques, centre régional des documents pédagogique d'Aquitaine. 360 p.
- **RICHAUD E., et VERDU J., 2011.** Vieillissement chimique des polymères - Cinétique de dégradation, Techniques de l'ingénieur, AM3152.
- **RODIER., 1996.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 7ème Édition, Dunod, Paris.
- **RODIER., 2005.** l'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8ème édition, Dunod, Paris.
- **RODIER., 2009.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9eme édition: Dunod, Paris.

S

- **SMATI Said., 2009.** Loin des normes thérapeutiques internationales. Liberté (journal).

T

- **TAWFIK M.S., et HUYGHEBAERT A., 1998.** Polystyrene cups and containers: styrene migration, Food Additives and Contaminants.

V

- **VILLAIN F., COUDANE J., et VERT M., 1995.** Thermal Degradation of Polyethylene Terephthalate: Study of Polymer Stabilization, Polymer Degradation and Stability.

Z

- **ZERLUTH J., et GIENGER M., 2006.** L'eau et ses secrets. Editions, Désbris, 136 p.