

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Blida 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie et Physiologie Cellulaire



Mémoire de Fin d'Etude

En Vue de l'Obtention de Master en Biologie

Option : Microbiologie et Toxicologie Alimentaire

Thème

**Etude et suivi de la qualité physico-chimique et
microbiologique de l'eau minérale naturelle gazeuse
« Mouzaïa »**

Présenté par :

Melle AOUAOUCHÉ Nassima

Melle ZERFA Sarah

Devant le jury composé de :

Mme BENMANSOUR N.	MAA	UB1	Présidente
Mme BENMANSOUR N.	MAB	UB1	Examinatrice
Mme DEFFAIRI D.	MAA	UB1	Promotrice

Promotion 2014-2015

Remerciements

Tout d'abord nous remercions le tout Puissant « ALLAH » de nous montrer la Voie, guider et donner le courage de surmonter tous les problèmes.

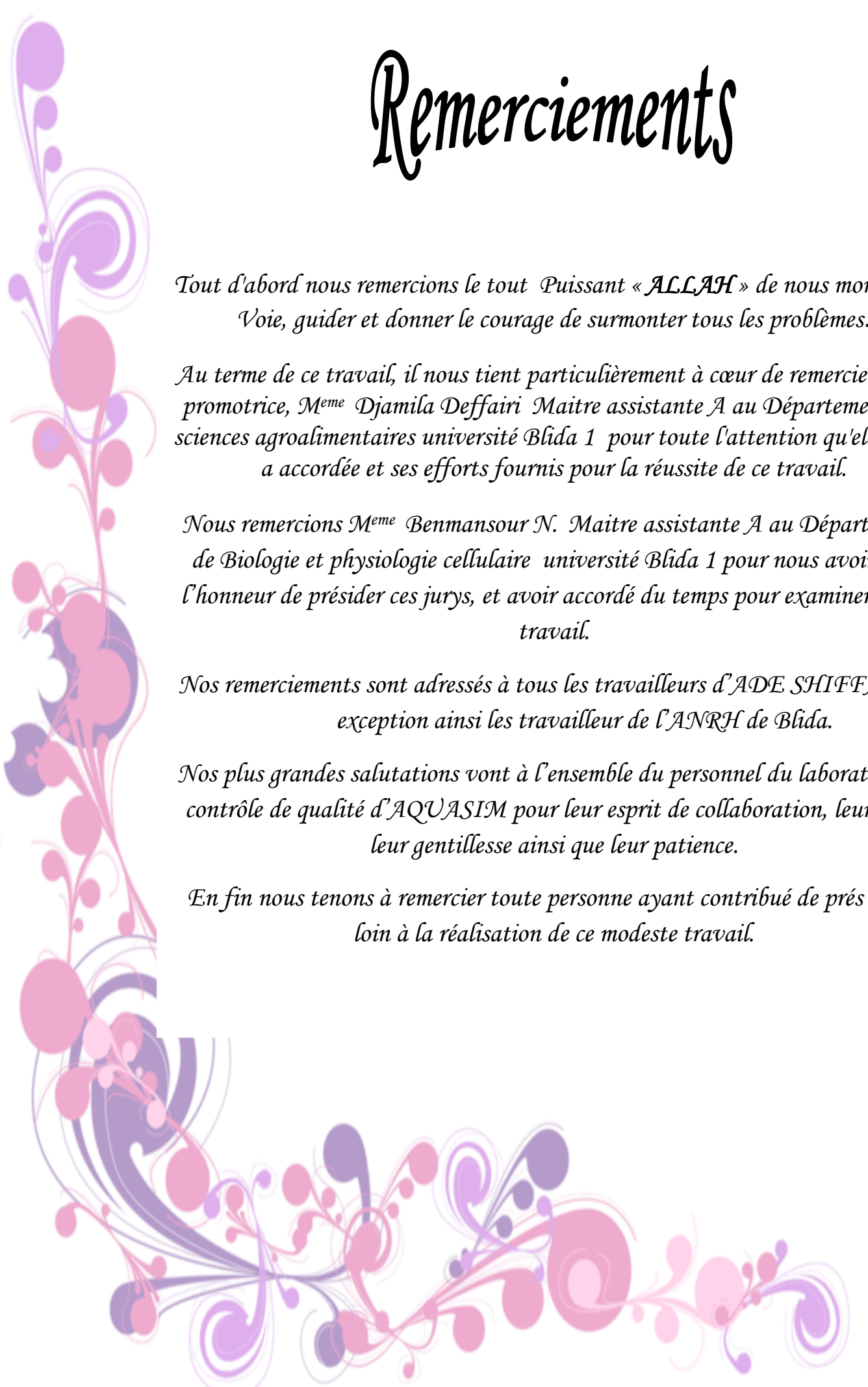
Au terme de ce travail, il nous tient particulièrement à cœur de remercier notre promotrice, M^{me} Djamilia Deffairi Maitre assistante A au Département des sciences agroalimentaires université Blida 1 pour toute l'attention qu'elle nous a accordée et ses efforts fournis pour la réussite de ce travail.

Nous remercions M^{me} Benmansour N. Maitre assistante A au Département de Biologie et physiologie cellulaire université Blida 1 pour nous avoir fait l'honneur de présider ces jurys, et avoir accordé du temps pour examiner notre travail.

Nos remerciements sont adressés à tous les travailleurs d'ADE SHIFFA sans exception ainsi les travailleur de l'ANRH de Blida.

Nos plus grandes salutations vont à l'ensemble du personnel du laboratoire de contrôle de qualité d'AQUASIM pour leur esprit de collaboration, leur aide, leur gentillesse ainsi que leur patience.

En fin nous tenons à remercier toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

Aux êtres les plus chers au monde, ma mère qui j'éprouve un grand amour et un profond respect que je tiens à lui exprimer ici de la manière la plus humble et je la remercie pour tous ces sacrifices, et à mon père qui n'a jamais cessé de combattre pour me voir réussir un jour, que dieu les protège pour nous.

À l'homme de ma vie, mon soutien durant les moments les plus pénibles de ce long chemin et source de joie et de bonheur, à toi mon mari.

À ma belle-mère et mon beau-père qui ma soutenu moralement et m'encourage durant mes études.

À mon frère Hamza, sa femme Sabrina, et à ma sœur Nesrine, qui n'ont cesse d'être pour moi des exemples de persévérance de courage et de générosité.

À toute mes amies surtout Imen, Soumia , qui ont été déterminant pour l'aboutissement de ce travail.

Mes spéciales dédicaces

À mon binôme Sarah qui m'a accompagné tout au long de ce mémoire, je la remercie pour son amitié sincère et pour tous les bons moments passés ensemble dans et hors de labo.

À toute ma promotion 2^{ème} année master (2014/2015) et à tous mes enseignants.

À toute la famille Aouaouche et Eschrougui et toute personne m'a aidé à la réalisation de ce travail.

Nassima





Dédicace

Avant tout, je me prosterne devant le tout puissant Allah de m'avoir donné la force et la volonté pour réaliser ce travail.

A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère

A mon père, école de mon enfance, qui à été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.

Que dieu les garde et les protège.

Je dédie ce travail à Mme DEFFAIRI.D, notre promotrice, dont la disponibilité, le savoir faire et le soutien ne nous ont jamais fait défaut.

A ma très chère et unique sœur Radjaa pour sa présence, son soutien, son aide et sa confiance.

A mes très chers frères Abdennour et Abderrahime

Je le dédie particulièrement à mon binôme Nassima qui a partagé avec moi les moments difficiles et les beaux souvenirs de ce travail.

A mes meilleurs amis avec qui j'ai partagé des moments de joie et de peine : Asma, Feriel et Imen, ainsi qu'à toute la promotion MTA 2014-2015

A toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de ce travail.

Sarah

Résumé

Notre étude effectuée au sein de l'unité de Mouzaia, dont l'objectif est le suivi de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau minérale naturel gazeuse « Mouzaia » du forage jusqu'à l'embouteillage, ainsi que l'étude de sa stabilité durant son stockage pendant 45 jours dans le réfrigérateur à 4°C et à l'air libre (possibilité d'exposition au soleil) a révélé les résultats suivants :

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques obtenus de l'eau de forage, de l'eau après conditionnement et l'eau stockée au réfrigérateur à 4°C indique que l'eau « Mouzaia » est de bonne qualité microbiologique et physico-chimique.

Mais les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques obtenus de l'eau stockée à l'air libre indique que l'eau est de mauvaise qualité de point à cause d'un développement de certaines bactéries qui dépassent la norme comme les germes revivifiables (110 colonies/ml à 22°C et 25 colonies /ml à 37°C) et les coliformes totaux (25 colonies/250ml).

Ainsi certains paramètres de la qualité physico-chimiques, ne répondent pas aux normes comme le bicarbonate (671-732 mg/l), les nitrites (0.202 mg/l) et des valeurs élevés de TH (50-66°F).

Donc notre eau est considérée comme eau minérale naturelle gazeuse, bicarbonatée, calcique, magnésienne, fortement minéralisée et très dure.

Les mots clés : Eau minérale gazeuse, Forage, Paramètres physico-chimiques, Paramètres microbiologiques, Stockage.

ملخص

تهدف دراستنا داخل الوحدة "موزاية" الى مراقبة الجودة الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية للماء المعدني الطبيعي الغازي "موزاية" وذلك من المنبع والى غاية التعبئة, بالاضافة الى دراسة استقرارها خلال التخزين لمدة 45 يوم في الثلجة في درجة حرارة تقدر ب 4 درجات مؤوية, و في الهواء الطلق مع امكانية تعرضها لاشعة الشمس.

النتائج المتحصل عليها تبين أن الماء المعدني الذي قمنا بدراسته في المصنع والماء الذي خزن في الثلجة ذو نوعية جيدة من الناحية الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية بينما ماء القارورات المعرض لاشعة الشمس ذو نوعية رديئة حيث تبين نتائج التحليل, تطور عدد من البكتيريا بعد مرور الأيام أين يفوق عددها المعيار, بالإضافة إلى أن بعض المعايير الفيزيوكيميائية تعدت المعيار مثل البيكاربونات (732-671 مع/ل), النيتريت (0.202 مع/ل), قيم المؤشر الهيدروميترتي مرتفعة (50-62 °F). ولهذا فإن ماء موزاية يصنف ضمن المياه المعدنية الغازية الغنية بالبيكاربونات , الكالسيوم , المغنيزيوم و بالمعادن.

الكلمات المفتاحية: ماء معدني غازي, المنبع, المعايير الفيزيوكيميائية, المعايير الميكروبيولوجية, التخزين.

Abstract

Our study within the unit “Mouzaia” whose objective is the monitoring of the physicochemical and microbiological quality of natural gas mineral water "Mouzaia" drilling to bottling and the study of its stability during storage for 45 days in the refrigerator at 4 ° C and in the open (possibility of sun exposure) revealed the following results:

The results obtained from analyzes of mineral water before and after packaging and bottles stored in the refrigerator at 4 ° C show that the mineral water "Mouzaia" is of good quality physicochemical and microbiological but analyzes obtained from the bottles stored in the open air indicates that the water quality is poor because there was a development of some bacteria that exceed the standard like the revivable germs (110 colonies / ml at 22 ° C and 25 colonies / ml at 37 ° C) and total coliforms (25 colonies / 250ml).

In addition, some parameters of physicochemical quality does not meet standards such as bicarbonate (671-732 mg / l), nitrites (0.202 mg / l) and high TH values (50-66 ° F).

And so our water is considered carbonated natural mineral water, bicarbonate, calcium, magnesium, highly mineralized and very hard.

Keywords: Carbonated natural mineral water, Drilling, Physical and chemical parameters, Microbiological parameters, Storage.

Liste des abréviations

°C: Degrés Celsius

°F: Degrés français

μ S : Micro siemens

ADE : Algérienne des eaux

AFNOR : Association française de normalisation

AF : Après filtration

ANRH : Agence National de Ressources Hydriques

ASR : Anaérobies sulfito-réducteurs

BEA: Bouillon Esculine Azide

C : L'eau de cuve

Ce: Conductivité électrique

E.coli : *Escherichia coli*

EDTA : Ethylène diamine tétra-acétique

F: Forage

ISO: International Organization of Standardization

JORA: Journal Officiel de la République Algérienne

K10: (Solution NH_4^+ / NH_3)

M.O : Matière Organique

NA : Normes Algérienne

NTU: Nephelometric Turbidity Unit

O.D: Oxygène Dissout

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

PCA: Plate Count Agar

PET: Polyéthylène téréphtalate

PF : Produit fini

pH: Le potentiel d'hydrogène

TA: Titre Alcalimétrique

TAC: Titre Alcalimétrique Complet

TH: Titre Hydrométrique

TTC: Triphényltétrazolium Chlorure

VF: Viande Foie

Liste des figures

N°Figure	Titre	Page
Figure 01	: Le cycle naturel de l'eau	03
Figure 02	: Procédé de production de l'eau minérale naturelle gazeuse « MOUZAIA »	17
Figure 03	: Variations des valeurs de la température	36
Figure 04	: Variations des valeurs du pH	37
Figure 05	: Variations des valeurs de la conductivité électrique	38
Figure 06	: Variations des valeurs des turbidités.....	39
Figure 07	: Variations des valeurs de l'oxygène dissous	40
Figure 08	: Variations des valeurs des calciums	41
Figure 09	: Variations des valeurs des magnésiums	42
Figure 10	: Variations des valeurs de TH	43
Figure 11	: Variations des valeurs de Sodium	43
Figure 12	: Variations des valeurs des chlorures	44
Figure 13	: Variations des valeurs de sulfate	45
Figure 14	: Variations des valeurs de bicarbonate	46
Figure 15	: Variations des valeurs du gaz carbonique	47
Figure 16	: Variations des valeurs de TAC	47
Figure 17	: Variations des valeurs des Nitrates	48
Figure 18	: Variations des valeurs des Nitrites	49
Figure 19	: Variations des valeurs de matière organique	50
Figure 20	: Variations des valeurs du Silice	51
Figure 21	: Variations des valeurs en germes revivifiables à 22°C	53
Figure 22	: Variations des valeurs en germes revivifiables à 37°C	54
Figure 23	: Variations des valeurs en coliformes totaux	55
Figure 24	: Bidon d'eau minérale « Mouzaia » de 6.5 L	(Annexe 01)
Figure 25	: Bouteille en plastique de 1 litre	(Annexe 01)

Figure 26 : pH-mètre	(Annexe 01)
Figure 27 : Conductimètre	(Annexe 01)
Figure 28 : Turbidimètre	(Annexe 01)
Figure 29 : Oxymètre	(Annexe 01)
Figure 30 : Manomètre	(Annexe 01)
Figure 31 : Convertisseur de CO ₂	(Annexe 01)
Figure 32 : Balance	(Annexe 01)
Figure 33 : Spectrophotomètre	(Annexe 01)
Figure 34 : Spectrophotomètre d'émission de flamme (SKALARE)	(Annexe 01)
Figure 35 : Spectromètre UV/VIS pour le dosage des nitrates et nitrites	(Annexe 01)
Figure 36 : Auto Analyseur pour le dosage de phosphate	(Annexe 01)
Figure 37 : Fioles jaugées	(Annexe 01)
Figure 38 : Bêchers	(Annexe 01)
Figure 39 : Burette	(Annexe 01)
Figure 40 : Eprouvette	(Annexe 01)
Figure 41 : Pipettes	(Annexe 01)
Figure 42 : Erlenmeyer	(Annexe 01)
Figure 43 : Flacon en verre stérile	(Annexe 01)
Figure 44 : Pince	(Annexe 01)
Figure 45 : Rampe de filtration	(Annexe 01)
Figure 46 : Bec bunzen	(Annexe 01)
Figure 47 : Bain-marie	(Annexe 01)
Figure 48 : Autoclave	(Annexe 01)
Figure 49 : Etuve à 22°C	(Annexe 01)
Figure 50 : Etuve à 37°C	(Annexe 01)
Figure 51 : Etuve à 44°C	(Annexe 01)
Figure 52 : Compteur électrique	(Annexe 01)

- Figure 53 : Boîtes de pétri stériles (**Annexe 01**)
- Figure 54 : Recherche et dénombrement des germes totaux (**Annexe 04**)
- Figure 55 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (**Annexe 04**)
- Figure 56 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (**Annexe 04**)
- Figure 57 : Recherche et dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteurs (**Annexe 04**)
- Figure 58 : Recherche et dénombrement des *Pseudomonase* (**Annexe 04**)

Liste des tableaux

N° tableau	Titre	page
Tableau I :	Classification des eaux minérales selon leur composition chimique	07
Tableau II :	Classification des eaux minérales naturelles selon leur conductivité	08
Tableau III :	Classification des eaux selon leur dureté	08
Tableau IV :	Plan d'échantillonnage	19
Tableau V :	Résultats des analyses microbiologiques de l'eau minérale naturelle « Mouzaia ».....	57
Tableau VI :	Résultats des analyses physiques de l'eau minérale naturelle « Mouzaia »	58
Tableau VII :	Résultats des analyses chimiques de l'eau minérale naturelle « Mouzaia »....	59
Tableau VIII :	Résultats des analyses des substances indicatrices de pollution de l'eau minérale naturelle « Mouzaia »	60

Glossaire

Aquifère : Formation géologique contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau et constituée de roches perméables et capable de la restituer naturellement et/ou par exploitation.

Forage : Puis foré accéder à l'eau souterraine.

Frang capillaire : Zone saturé ou quasi saturée au-dessous de la surface libre d'une nappe d'un milieu poreux et en équilibre de potentiel hydrique total avec elle, dans laquelle la pression de l'eau est inférieure à la pression atmosphérique.

Gisement : Accumulation de minéraux.

Hydrosphère : Désigne l'ensemble des formes de l'eau présente sur la Terre : liquide, solide, gazeuse.

Juvenile : Se dit d'une concentration minérale produite par la circulation de fluides magmatique, se dit des fluides (eau, gaz) dérivant directement d'un magma.

Karst : Un karst est un massif calcaire dans lequel l'eau a creusé de nombreuses cavités. On parle de massifs ou de reliefs karstiques.

Microbisme : Présence des bactéries dans l'organisme.

Opportuniste : Les espèces opportunistes sont des espèces peu spécialisées qui sont soit capables de s'adapter à des conditions de vies variées, soit privilégient la reproduction à la survie.

Plutonique : Se dit de roches magmatiques intrusives, cristallisées en profondeur.

Roche encaissantes : Dans le contexte volcanique, roches solides situées autour de la cheminée volcanique ou autour de la chambre magmatique.

Roche-magasin : Roche qui constitue un gisement de pétrole ou de gaz.

Roche gypseuse : Qui contient du gypse, roche donnant du plâtre naturel par déshydratation.

Sommaire	Page
Introduction	01
Etude bibliographique	
I- Généralité sur l'eau	02
I.1- Eau	02
I.2- Cycle de l'eau	02
I.3- Ressources hydriques naturelles	03
I.4- Pollutions de l'eau	05
II- Les eaux minérales naturelles	06
II.1- Définition de l'eau minérale naturelle	06
II.2- Définition de l'eau minérale naturelle gazeuse	06
II.3- Origine des eaux minérales naturelles	06
II.4- Classification des eaux minérales naturelles.....	07
III Critères de qualité des eaux minérales	09
III.1- Définition de la qualité	09
III.2- Définition du contrôle de la qualité	09
III.3- Objectif du contrôle de la qualité	09
III.4- Critères organoleptiques	09
III.5- Critères physico-chimique	10
III.6- Critères microbiologiques	14
Partie expérimentale	
I- Matériel et méthode	
I.1- Description de la zone d'étude	16
I.2- Le procédé de production de l'eau minérale naturelle gazeuse « MOUZAIA ».....	17

I.3- Matériel

I.3.1- Matériel biologique	18
I.3.2- Matériel non biologique	18

I.4- Méthodes d'étude

I.4.1- Echantillonnage	18
I.4.2- Prélèvement des échantillons	18
I.4.3- Méthode de prélèvement	20
I.4.4- Transport et conservation	20
I.4.5- Etude des paramètres physico-chimiques	21
I.4.6- Etude des paramètres microbiologiques	32

II. Résultats et discussion

II.1- Résultats et discussion des analyses physico-chimiques	36
II.2- Résultats et discussion des analyses microbiologiques	52

Conclusion

Perspective

Références bibliographique

Annexes

L'eau c'est la vie, a-t-on l'habitude de dire. C'est en effet " le solvant universel "; il est composé d'oxygène et d'hydrogène qui se lie avec le carbone et sont indispensables à la formation cellulaire (Hertig et Falot ,2006).

Les besoins en eau de l'homme augmentent considérablement dans le temps et touchent à des domaines de plus en plus nombreux pour satisfaire ses exigences de confort et d'agrément et pour répondre à une demande économique croissante (Gilli *et al.*, 2008).

Les eaux souterraines sont traditionnellement des ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car elles sont plus à l'abri des pollutions que les eaux de surface. Toutefois certaines caractéristiques minimales sont exigées pour qu'elles puissent servir à la production d'eau potable qui doit-elle- même satisfaire à des normes de qualité physicochimique et biologique (Guergazi, 2005).

L'eau embouteillée fait totalement partie de notre quotidien de consommateur. C'est probablement l'appellation « eau minérale » qui a le plus la faveur du public, davantage concerné par la nature du produit que par le type de conditionnement. C'est sous cette rubrique qu'il les commande au restaurant ou les localise dans une grande surface (Tampo *et al.*, 1992).

Les eaux préemballées regroupent en fait des eaux de qualité nettement différentes dont le consommateur doit, aujourd'hui, être informé (Tampo *et al.*, 1992).

La température est par ailleurs le paramètre essentiel de stabilité ou d'altération des produits. Les températures de bonne conservation sont indiquées sur les emballages et doivent être respectées par tous les acteurs de la chaîne de la qualité (Multon et Bureau, 1998).

Une exception est à signaler fort malheureusement au niveau du commerce de détail quant aux non respect des conditions de bonne conservation.

Dans la majeure partie du temps elle demeure à même le sol et constamment exposé à la chaleur du soleil qui par la force du temps altère la qualité physico-chimique et microbiologique.

L'objectif de notre travail est le suivi de la qualité de l'eau minérale naturelle gazeuse « Mouzaia » du point de vue physico-chimique et microbiologique, tout au long du cheminement de cette ressource naturelle et qui débute au terme de l'opération de l'extraction, du traitement et le conditionnement au niveau du centre industriel, et durant le stockage au niveau du commerce de détail.

I. Généralité sur l'eau

I.1- Eau

Eau (H₂O), molécule chimique composée d'hydrogène et d'oxygène ; liquide inodore, insipide et transparent, l'eau gèle à 0°C (glace) et bout à 100°C (vapeur). Sa plus grosse densité à 4°C. Importance physiologique capitale pour la vie sur terre et le climat. Pour de nombreuses matières, l'eau est un remarquable solvant. A l'état naturel, l'eau contient beaucoup de sels dissous. Sur le plan chimique, une eau pure correspond à une eau distillée (Zerluth et Gienger, 2006).

I.2- Cycle de l'eau

La masse d'eau totale de l'hydrosphère n'évolue pas au cours des années, elle reste toujours constante : l'eau s'évapore, forme la vapeur d'eau qui, en se transformant en pluie, va alimenter les mers, les cours d'eau et les nappes souterraines.

On peut appliquer au cycle de l'eau la fameuse phrase de Lavoisier : « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ».

L'eau change d'état au cours de son cycle, passant de l'état gazeux à l'état liquide ou à l'état solide. Cependant, Sa quantité globale est restée inchangée depuis trois milliards d'années, date de son apparition sur terre (figure 01)

Dans l'atmosphère, l'eau est surtout présente à l'état de vapeur. Puis sous l'effet du refroidissement, l'eau passe de l'état de vapeur à l'état liquide. Cette eau liquide est concentrée dans les nuages puis des précipitations.

Une fois que l'eau a atteint le sol, son cycle va se dérouler de façon essentiellement liquide. Seul, une toute petite partie de cette eau est en mouvement, la grande majorité étant stockée dans les nappes souterraines. Une partie de l'eau est utilisée par les plantes, le reste est drainé vers les rivières ou dans les nappes. Les racines des plantes vont capter l'eau, qui s'évaporerait ensuite par le système de transpiration des feuilles. Cette transpiration constitue de la vapeur d'eau. de la même façon, les lacs les océans, vont évaporer une partie de leur eau.

La somme des évaporations, soit 500 000 km³/an, est toujours égale à la somme des précipitations. Or, sur les continents, les précipitations sont supérieures de 40 000 km³/an à l'évaporation. Sur les océans, en revanche, on observe le phénomène inverse pour la quantité d'eau. Les continents vont donc renvoyer chaque année une masse d'eau de 40 000 km³ aux océans, de façon à ce que le cycle de l'eau soit équilibré.

Le moteur de ce cycle est le soleil, ou plus exactement l'énergie solaire qu'il dégage. En effet, c'est cette dernière qui entraîne les changements d'état de l'eau : la formation et la fonte des glaces, ou encore l'évaporation de l'eau et son élévation dans l'atmosphère (Maurel, 2001).

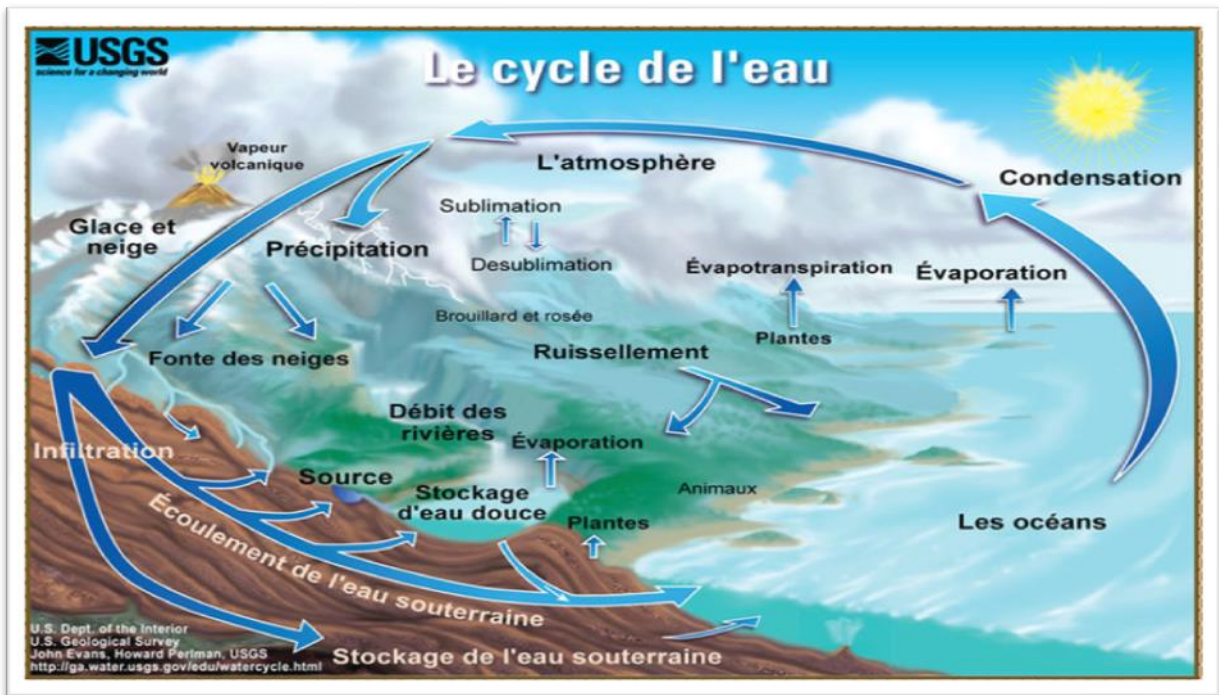


Figure 01 : Le cycle naturel de l'eau (Thaithe, 2006)

I.3- Ressources hydriques naturelles

D'après Boeglin (2001), l'homme à recours généralement, pour satisfaire ses propres besoins (production d'eau pour la consommation humaine) et permettre l'usage de l'eau dans ses diverses activités industrielles et agricole, à deux types de ressources naturelles :

- Les eaux superficielles ou de surface (de rivière, fleuves et lacs...);
- Les eaux souterraines.

I.3-1- Les eaux de surface

Les eaux de surface sont issues essentiellement des précipitations. Elles sont constituées d'un mélange d'eau de ruissellement et d'eaux superficielles, elles sont constituées plus particulièrement des eaux de lacs, des fleuves, des rivières et retenues d'eau de pluie (Bouziani, 2006).

I.3-2- Les eaux souterraines

Les eaux qui ne sont ni évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui permet la formation de réservoirs aquifères appelés nappes (Vilagines, 2003).

A – Nappes actives (libre) :

Une nappe libre possède une surface pouvant librement fluctuer au cours du temps au gré de la recharge de la nappe et de son écoulement. Cette surface représente la limite des zones non saturée et saturée du matériau aquifère. Cette réalité n'est cependant pas toujours physiquement le cas, à cause de l'existence potentielle d'une frange capillaire (Banton et Bangoy, 1999).

B – Nappes captives

Ce type de nappe est dû à l'enfoncement d'une roche-magasin par suite de la pente des couches géologique. L'eau est enfouie dans le sol depuis des milliers ou des centaines de milliers d'années. Ces nappes sont exploitées par des forages profonds jusque 600 et même 1 000 m.

Toutefois, une nappe captive peut être alimentée en certains points là où le terrain aquifère affleure à la surface du sol ou vient se perdre dans une couche perméable (Boeglin, 2001).

C – Nappes alluviales

Les plaines alluvionnaires sont souvent formées de matériaux détritiques, c'est-à-dire de débris, très poreux et gorgés d'eau. Il y a là une réserve importante à exploiter et qui est presque toujours entretenue par le débit des rivières ainsi que par les précipitations et éventuellement la nappe des côteaux (Boeglin, 2001).

D – Nappes phréatiques

Lorsque la surface d'une nappe libre est proche de la surface du sol (généralement à quelques mètres ou quelque dizaines de mètres de profondeur), alors cette nappe est appelée une nappe phréatique. En effet, ce sont ces nappes phréatiques qui étaient généralement les seules exploitées par des puits avant l'arrivée des techniques modernes de forages. Les caractéristiques physiques et hydrodynamiques de ces nappes sont identiques à celles des autres nappes libres. Leur spécificité provient plutôt de la proximité de leur surface libre avec la surface du sol, permettant un prélèvement important par les végétaux, des possibilités d'évaporation directe ou reliée avec la remontée capillaire, et des conditions de recharge rapide (Banton et Bangoy, 1999).

I.4- Pollutions de l'eau

A l'heure actuelle, l'eau est polluée de multiples manières. Même lorsqu'elle paraît « claire comme de l'eau de roche », elle peut être malgré tout polluée par plusieurs facteurs, qu'ils soient chimiques, biologiques, radioactifs, électromagnétiques, mécaniques ou physiques (Zerluth et Gienger, 2006).

➤ La pollution des eaux souterraines

La composition chimique des eaux souterraines est souvent beaucoup plus stable que celle des eaux de surface. Il est de même pour la température. De plus, leur qualité bactériologique est, d'une façon générale, bien meilleure. A ce point de vue, les eaux souterraines peuvent être très pures, à condition d'être prélevées à une profondeur suffisante ou après un parcours suffisant dans le sous-sol (Vaillant, 1973).

Cependant, les nappes souterraines, les nappes libres principalement, peuvent être polluées par des infiltrations à partir de la surface du sol, par les cours d'eau, les étangs ou les lacs. Une nappe souterraine peut être polluée par une autre nappe souterraine quand la couche imperméable qui les sépare est discontinue (Vaillant, 1973).

➤ Pollution biologique de l'eau :

Ce type de pollution est essentiellement dû aux matières fécales et aux bactéries. Les excréments parviennent dans les nappes phréatiques suite aux épandages agricoles mais aussi à cause des fosses de décantation ou des stations d'épuration qui ne décontaminent pas l'eau selon les règles en vigueur. Ils parviennent également dans l'eau à cause de canalisations non étanches. Les bactéries de l'espèce *Escherichia coli* (présente de la flore intestinale) servent dans ce cas d'indicateurs : leur présence dans l'eau prouve une contamination par des excréments et, éventuellement, celle de germes pathogènes. Les usines de distribution d'eau réagissent en augmentant la teneur en chlore de l'eau ou, de manière plus moderne, en exposant l'eau à des rayons UV. Cela permet certes de maîtriser la pollution biologique mais entraîne une pollution chimique ou informelle (Zerluth et Gienger, 2006).

II- Les eaux minérales naturelle

II.1- Définition de l'eau minérale naturelle

Selon Delarras et Trebaol (2003), une eau minérale est une eau bactériologiquement saine, ayant pour origine une nappe ou un gisement souterrain et provenant d'une source exploitée par une ou plusieurs émergences naturelles ou forées.

Les eaux minérale naturellement effervescentes dégagent, à l'origine ou après embouteillage, spontanément et de façon nettement perceptible, du gaz carbonique dans les conditions normales de températures et de pression. Elles se répartissent en 3 catégories :

- Eau minérale naturelle naturellement gazeuse ;
- Eau minérale naturelle renforcée au gaz de la source ;
- Eau minérale naturelle avec adjonction de gaz carbonique.

II.2- Définition de l'eau minérale naturelle gazeuse

Eau minérale naturelle naturellement gazeuse ou eau minérale naturelle gazeuse qui désigne une eau effervescente dont la teneur en gaz carbonique provenant de la source, après décantation éventuelle et embouteillage, est la même qu'à l'émergence, compte tenu, s'il y a lieu, de la réincorporation d'une quantité de gaz provenant de la même nappe ou de même gisement, équivalente à celle du gaz libéré au cours de ces opérations (Vilagines, 2003).

II.3- Origine des eaux minérales naturelles

Les eaux minérale ont été longtemps considérées comme des eaux juvéniles, c'est-à-dire liées au magma profond, et plus ou moins apparentées au volcanisme. A de rares exceptions près, elles sont en fait des eaux de pluie, eaux météoriques, infiltrées dans les sols. Elles se différencient alors des eaux de nappes phréatiques par des infiltrations plus profondes à des vitesses lentes. Elles seront ramenées brusquement à la surface à la faveur d'un accident géologique. L'âge de l'eau minérale dépendra de la longueur du circuit d'infiltration, ainsi que de la structure et de la nature géologique du réservoir : il peut se situer entre quelques dizaines d'années et plusieurs milliers (Tampo *et al.*, 1992).

II.4- Classification des eaux minérales naturelles

Les eaux minérales naturelles sont classées selon :

❖ La présence de gaze carbonique :

D'après Tampo *et al.*, (1992), l'eau est dite :

- Eau plate : absence de gaze ;
- Eau gazeuse ou carbogazeuse : si elle contient plus de 250 mg/l de CO₂ libre ;
- Eau gazeuse forte : si la teneur en CO₂ libre est au dessus de 1000 mg/l.

❖ La thermalité

La température des eaux minérales a pour origine le gradient géothermique.

Puisque l'eau se refroidisse en remontant, elle doit avoir une ascension rapide pour conserver sa chaleur.

On peut distinguer :

- Eau froide : dont la température est moins de 20°C ;
- Eau thermale : dont la température comprise entre 20 à 35°C ;
- Eau hyper thermale : dont la température est plus de 50°C (Derradji *et al.*, 2005).

❖ La composition chimique

Selon la composition prédominante des sels minéraux, l'eau peut se classer selon le tableau I :

Tableau I : Classification des eaux minérale selon leur composition chimique.

Classe	Critères chimique (teneur en mg/l)
bicarbonatée	Teneur en bicarbonates > 600
Sulfatée	Teneur en sulfates > 200
Chloruré	Teneur en chlorures > 200
Calcique	Teneur en calcium > 150
Magnésiennes	Teneur en magnésium > 50
Sodique	Teneur en sodium > 200
Fluorée	Teneur en fluor > 1

(Lamy Doeve, 1997)

❖ La minéralisation totale

Un paramètre représentatif de la qualité d'une eau : elle est définie par la teneur en sel minéraux calculées comme résidu fixe à 180°C ou à 260°C.

Les eaux des nappes souterraines ont une minéralisation et une composition ionique variable selon la géologie des terrains en contact avec l'eau, la minéralisation augmentant généralement avec la profondeur. On parle de type d'eau ou faciès selon l'origine géologique (Boeglin, 2001).

Selon Tampo *et al.* (1992), l'eau est dite :

- Très faiblement minéralisée si le résidu est inférieur à 50 mg/l ;
- Oligominérale ou faiblement minéralisée entre 50 et 500 mg/l ;
- Riche en sels minéraux pour plus de 1500 mg/l.

❖ La conductivité

La conductivité électrique est une caractéristique très importante de l'eau, elle varie avec la concentration des ions présents dans l'eau et la température (Rodier *et al.*, 2005).

(Voir tableau II)

Tableau II : Classification des eaux minérales naturelles selon leur conductivité.

Conductivité (μS)	Classe
$\text{Ce} < 100 \mu\text{S}$	Minéralisation très faible
$100 \mu\text{S} < \text{Ce} < 200 \mu\text{S}$	Minéralisation faible
$200 \mu\text{S} < \text{Ce} < 333 \mu\text{S}$	Minéralisation moyennement accentuée
$333 \mu\text{S} < \text{Ce} < 666 \mu\text{S}$	Minéralisation moyenne
$666 \mu\text{S} < \text{Ce} < 1000 \mu\text{S}$	Minéralisation importante
$\text{Ce} > 1000 \mu\text{S}$	Minéralisation excessive

(Rodier *et al.*, 1978)

❖ La dureté

La dureté correspond globalement à la concentration en sels de calcium et de magnésium, on classe les eaux de consommation (eaux potable et eaux industrielles) en six catégories : (voire le tableau III)

Tableau III : Classification des eaux selon leur dureté.

0-4 °F	Eau très douce
4-8 °F	Eau douce
8-12 °F	Eau moyennement dure
12-18°F	Eau relativement dure
18-30°F	Eau dure
Supérieur à 30°F	Eau très dure

(Zerluth et Gienger, 2006)

III- Critères de qualité des eaux minérales

Pour juger la qualité de l'eau, il est nécessaire de prendre en compte les critères physiques, chimiques et microbiologique de l'eau.

III.1- Définition de la qualité

La définition de la qualité selon la norme ISO 8402 est « l'ensemble des propriétés et caractéristique d'un produit comme l'eau d'un service, qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites » (Delarras, 2007).

III.2- Définition du contrôle de la qualité

Selon Multon (2002), le contrôle de la qualité est à la fois la mesure d'une caractéristique, sa comparaison à une base de référence admise (ou imposé), l'interprétation de la signification de cet écart et la recherche de sa cause. Mais le contrôle de la qualité peut et doit aller jusqu'à la mise en place de tous les moyens capables de garantir l'obtention du niveau choisi et dans la limite de la tolérance décidée.

III.3- Objectif du contrôle de la qualité

Les contrôles de la qualité sont effectués sur les matières premières et les produits finis, mais aussi pendant la fabrication et sur les équipements. Ils visent à assurer la mise sur le marché de produits sains (exempts de risques microbiologiques, chimiques ou physiques) et conformes à la réglementation en vigueur (Beal et Sodini, 2003).

III.4- Critères organoleptiques

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités, etc.) (Rodier *et al.*, 2009).

❖ La couleur

La couleur de l'eau est due à la présence de matière organique colorée (substances humiques), de métaux de rejets industriels. Les métaux qui colorent l'eau sont notamment le Fer (couleur rouge), qui provient soit de la composition naturelle des eaux, soit de la dissolution des tuyauteries métalliques des réseaux des distributions, et le manganèse (couleur noire). Dans les cas extrême, une coloration bleu clair peut apparaître en présence de cuivre (Potelon et Zysman, 1998).

❖ 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 (Rodier, 2009). L'existence d'une odeur inhabituelle dans l'eau de distribution publique révélatrice d'une dégradation de la qualité (Potelon et Zysman, 1998).

❖ La saveur

La saveur de l'eau n'est pas toujours révélatrice de sa qualité. De nombreuses substances minérales peuvent donner une saveur désagréable à des concentrations faibles (Potelon et Zysman, 1998), les chlorures en excès provoquent une saveur saumâtre, le fer une saveur métallique, le magnésium une saveur amère. Cependant l'eau minérale doit avoir une saveur agréable (Mallevalle et *al.*, 1991).

III.5- Critères physico-chimique

Les eaux souterraines ont acquis leurs caractéristiques physico-chimiques à la traversée des différents compartiments du cycle de l'eau : atmosphère, sol, eaux de surface, zone non saturée, aquifère noyé (Gilli *et al.*, 2008).

III.5-1- Critères physiques

✚ La température

La température de l'eau exprimée en [° C] est un paramètre d'une grande utilité pour le diagnostic hydrologique (la profondeur de l'écoulement souterrain, le temps de résidence de l'eau dans l'aquifère, son origine et la présence d'éventuelles pollutions ou influences humaines) (Degremont, 1978). Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, et donc sur la conductivité et dans la détermination du pH (Rodier *et al.*, 2005).

✚ Le potentiel d'hydrogène

La valeur du pH permet de déterminer l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau, autrement dit la concentration en ions hydrogène. Cette valeur est définie par l'échelle suivante : pH de 0 à 6,9 : acide ; pH de 7 : neutre ; pH de 7,1 à 14 : basique.

Une eau pure a une valeur de pH égale à 7 car elle possède exactement 10^{-7} particules acides (ions hydrogène H^+) et 10^{-7} particules basiques (ions hydroxydes OH^-) par litre. On dit qu'elle est neutre, ni acide ni basique (Zerluth et Gienger, 2006).

✚ La conductivité électrique

La conductivité de l'eau mesure la capacité de l'eau à se laisser traverser par une charge électrique. Ce type de mesure permet notamment de se rendre compte si l'eau analysée est fortement chargée en sels minéraux ou proche de ce que l'on appelle une eau chimiquement

pure, c'est -à -dire dépourvue de sels minéraux (Bekkada, 2004). L'unité de la conductivité est le siemens par mètre (S /m) (Rodier *et al.*, 1996).

✚ La turbidité

La turbidité de l'eau a pour origine la présence de matières en suspension (argile, limons, particules fibreuses ou organiques, micro-organismes...). C'est ce qui caractérise le trouble de l'eau, celui-ci étant souvent lié à des phénomènes pluviométriques dans les eaux superficielles et dans certaines eaux souterraines (nappes peu profondes, karsts). Ces particules en suspension peuvent aussi entraîner des saveurs et des odeurs désagréables (Graindorge et Landot, 2007).

III.5-2- Critères chimiques

✚ Salinité

La salinité d'une eau désigne sa teneur en sels dissous. Toute eau contenant des sels dissous, même l'eau potable, pourrait donc être qualifiée saline (Vaillant, 1973).

✚ L'oxygène dissout (O₂)

La présence d'oxygène dissout (O.D) dans l'eau est indispensable ; l'oxygène permet de maintenir plusieurs des qualités de l'eau notamment son goût ou son degré d'aseptie (Tardat-Henry et Beaudry, 1992), La teneur en oxygène dans l'eau dépasse rarement 10mg/l selon l'origine de l'eau, les eaux profondes ne contiennent pas que quelques milligrammes (Derradji *et al.*, 2005).

✚ Le gaz carbonique (CO₂)

Le CO₂ est contenu dans beaucoup d'eaux minérales et leurs donne un goût acidulé « sources acide » (Bliefert et Perraud , 2009). Il peut être magmatique ou plutonique soit biogénique (il est alors moins profond), il peut aussi résulter de la thermo décarbonations des roches encaissantes. Dans les eaux peu profondes, il est dissous dans l'eau (Tampo *et al.*, 1992).

✚ Bicarbonate

L'ion bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux. On le trouve à une concentration 50-500 mg /l, exprimé en CaCO₃ (Kemmer *et al.*, 1984).

✚ Dureté de l'eau

Pour caractériser une des propriétés les plus importantes de l'eau on utilise la notion de dureté de l'eau .En relation avec cette notion, on inclut plusieurs concepts :

- **La dureté totale (TH)** : comprend la somme des concentrations des ions Mg²⁺, Ca²⁺, Sr²⁺ et Ba²⁺ ; comme la plupart des eaux ne contiennent pas d'ions Sr²⁺ ni de Ba²⁺, en pratique la dureté totale est définie par la somme des concentrations des ions de

magnésium et de calcium. En général la dureté totale comprend 70 à 85% de dureté due au calcium et 15 à 30% due au magnésium (Bliefert et Perraud, 2009).

- **La dureté carbonatée (TAC)** : appelé titre alcalimétrique complet, qui indique globalement la teneur en carbonates et bicarbonates contenues dans l'eau (Dupont, 1981).
- **Le titre alcalimétrique (TA)** : c'est la totalité des hydroxydes et la moitié des carbonates transformés en bicarbonates à pH=8,2 (Bliefert et Perraud, 2009).

Calcium

Le calcium est un métal alcalinoterreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate. Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature de terrain traversé (Rodier *et al.*, 1996).

Magnésium

C'est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau (Rodier *et al.*, 2005). Sa présence naturelle dans l'eau résulte de la dissolution des roches magnésites, basaltes et argiles (Gaujous, 1995).

Chlorure

L'eau contient presque toujours des chlorures (Monique et Beaudry, 1992), mais la teneur en chlorure des eaux est extrêmement variée et liée principalement à la teneur des terrains traversés (Rodier *et al.*, 2005).

Ainsi, les eaux provenant des régions granitiques sont pauvre en chlorures, alors que les eaux des régions sédimentaires en contiennent davantage (Monique et Beaudry, 1992).

Sodium (Na)

Très répandus ne se rencontre pas naturellement à l'état natif, mais toujours associée à d'autre élément chimique (chlorure, sulfates...), sa concentration dans l'eau de boisson est normalement inférieur à 50 mg/l, mais elle peut augmenter au cours des traitements d'adoucissements des eaux calcaires (Potelon et Zysman, 1998).

Potassium

Est rarement présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg /l (Monique et Beaudry, 1992). Dans les sols ce sont surtout les minéraux argileux qui constituent le réservoir du potassium, sa présence dans l'eau résulte de la dissolution de ces minéraux (Mhiri, 2002).

Sulfates

Composés naturels des eaux, les ions sulfates (SO_4^{2-}) sont liés aux cations majeurs : calcium, magnésium et sodium. La plupart des sulfates sont solubles dans l'eau. La concentration en sulfates dans les eaux naturelles est très variable mais ne dépasse généralement pas le gramme par litre (Potelon et Zysman, 1998).

III.5-3- Eléments indésirables

Nitrate

Les nitrates dans l'eau proviennent généralement des engrais azotés, de la décomposition des matières végétales et animales, des effluents industriels, dans les eaux naturelles non polluées (Rodier *et al.*, 2005). Il est donc normal que les eaux naturelles contiennent des nitrates. Dans l'eau de consommation, on a vu que la teneur des nitrates est limitée à 10 mg/l (Monique et Beaudry, 1992).

Nitrite

Leur présence dans l'eau est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans l'eau est donc rare et en faible quantité (Rejsek, 2002).

Phosphate

Il existe une grande variété de phosphates, minéraux ou organiques, de solubilité diverse (Monique et Beaudry, 1992), le plus souvent sa teneur dans les eaux naturelles résulte de son utilisation en agriculture, de son emploi comme additif dans les détergents (Rodier *et al.*, 2005).

Les matières organiques

Elles constituent un milieu nutritif favorable au développement des microorganismes, notamment les pathogènes. Sa présence est un indice de pollution généralement d'origine récente. Elles favorisent l'apparition de « mauvais goûts », notamment à la suite d'une chloration, et d'odeurs désagréables (Desbordes, 2001).

Silice

La silice est rencontrée dans l'eau soit à l'état dissous, soit à l'état colloïdale, une eau potable de bonne qualité ne contient pas plus de 20 mg/l (Rodier *et al.*, 2005).

Ammonium

La présence d'azote ammoniacal en quantité relativement importante, peut être l'indice d'une contamination par des rejets d'origine humaine ou industrielle, en plus l'ammoniaque est favorable au développement de certaines bactéries qui sont à leur tour génératrices de mauvais goût. Habituellement, les eaux souterraines sont pauvres en azote ammoniacal. (Potelon et Zysman, 1998).

III.6- Critères microbiologiques

Selon le journal officiel algérien (2006), les examens concernant les critères microbiologiques de l'eau minérale doivent comporter la détermination quantitative et le dénombrement des micro-organismes suivants :

➤ Les germes totaux (revivifiables)

Ils s'agit des bactéries capables de former des colonies sur milieu nutritif gélosé (Tampo *et al.*, 1992), ne sont pas des germes indicateurs de contamination fécale ; cependant, ils sont recherchés dans certaines eaux à 22 °c et à 37 °C, car ils peuvent parfois exprimer un risque de contamination microbienne au-delà d'un certain seuil. Ils sont encore appelés « bactéries revivifiables » (Delarras *et al.*, 2010).

➤ Les coliformes totaux

Les coliformes se sont des bacilles à Gram négatif, non sporulés, oxydase-, aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de se multiplier en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface ayant des propriétés équivalentes et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) , avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 h à une température de 35-37°C (+ 0.5°C) (Haslay *et al.*, 1993).

➤ Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants sont des coliformes qui présentent les mêmes propriétés de structure et de culture caractéristiques des coliformes, mais après incubation à la température de 44°C. Celle-ci permet de sélectionner les espèces de coliformes d'origine fécale, tous les coliformes d'origine fécale sont thermotolérants mais tous les coliformes thermotolérants ne sont pas forcément d'origine fécale (Rodier *et al.*, 2005).

Si ces coliformes thermotolérant produisent de l'indole à partir d'une peptone riche en tryptophane à 44°C, ils sont alors fortement présomptifs d'*Escherichia coli* (Hasly *et al.*, 1993), qui est habituellement une bactérie commensale, c'est l'hôte normal de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud ; c'est un coliforme fécale (Delarras *et al.*, 2010), Il est très utile à l'analyse de la contamination fécale des eaux (Prescott *et al.*, 2010).

➤ Les streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux ou les entérocoques fécaux figurent parmi les paramètres microbiologiques à rechercher, plus précisément, cette appellation correspond à des streptocoques du groupe D (Dellarras et Trebaol, 2003), ont été choisis comme indicateurs d'une pollution fécale (Satin et Selmi, 1999).

Ils s'agit des cocci ovalaires ou sphériques, de 0.6 à 1 µm en moyenne, isolé, en diplocoques, chaînettes ou chaînes, Gram positif, immobile en général, anaérobies facultatifs, catalase- (Delarras *et al.*, 2010). Ce sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud. Et ne sont pas considérés comme pathogènes (Potelon et Zysman, 1998).

➤ Les spores de *Clostridium* sulfito-réducteurs

Selon Lebras (2002), le genre *Clostridium* est constitué de bacilles à Gram positifs, anaérobies stricts, mobiles par ciliature pérित्रiche, mais parfois immobiles et capsulés. Ces bacilles subsistent sous forme sporulée lorsque les conditions de vie deviennent défavorables à leur multiplication et font partie pour la plupart de la flore normale intestinale de l'homme et des animaux. Les spores sont ovoïdes ou sphériques, naturellement thermorésistantes. Les *Clostridium* sont donc capables de survivre dans l'environnement et de contaminer n'importe quel type d'aliment ou matériel si les conditions d'hygiène et de stérilisation ne sont pas respectées.

Leur dénomination est due au fait que ces espèces sont capable de produire de l'hydrogène sulfure (H₂S) à partir du sulfite de sodium présent dans le milieu ; celui-ci se combine avec du citrate de fer ammoniacal ou de l'alun de fer pour donner du sulfure de fer noir (Champait et Larpent, 1988).

➤ *Pseudomonas aeruginosa* :

Pseudomonas aeruginosa est un bacille Gram négatif, aérobie strict, mobile à ciliature polaire monotriche, oxydase⁺, catalase⁺ (Delarras *et al.*, 2010), pathogène opportuniste pour l'homme, capable de croître dans l'eau, à des très faibles concentrations en nutriments (AFNOR, 2005). C'est la seule espèce de *Pseudomonas* produisant 2 pigments, la pyocyanine et la pyoverdine.

Elle se retrouve fréquemment dans certains réseaux d'eau et dans l'environnement. Son origine peut être humaine et éventuellement fécale. Sa mise en évidence dans les eaux souterraines peut traduire une contamination par des eaux superficielles (Delarras et Trebaol, 2003).

L'étude expérimentale a été effectuée sur l'eau minérale naturelle gazeuse « Mouzaia », au niveau de forage, au cours de la production, après conditionnement et durant le stockage. Elle s'est étalée de Mars à Mai 2015. Les différentes analyses ont été effectuées au niveau de laboratoires autocontrôle d'AQUA SIM à Mouzaia et dans l'ADE (Algérienne Des Eaux) de Chiffa pour les analyses microbiologique, et dans l'ANRH (l'Agence Nationale de Ressources Hydriques) de Soumâa pour les analyses physico-chimiques.

I.1- Description de la zone d'étude

Le point de forage est situé dans une région à vocation essentiellement agricole avec l'implantation de zones industrielles surtout agroalimentaire au sud de Mouzaia (limite nord de Mitidja) à l'ouest de la même ville et au nord se trouve uniquement l'unité de l'eau minérale (Annexe 04).

I.2- Le procédé de production de l'eau minérale naturelle gazeuse « Mouzaia »

Le procédé de production de l'eau minérale naturelle gazeuse « Mouzaia » est présenté dans la figure 02 :

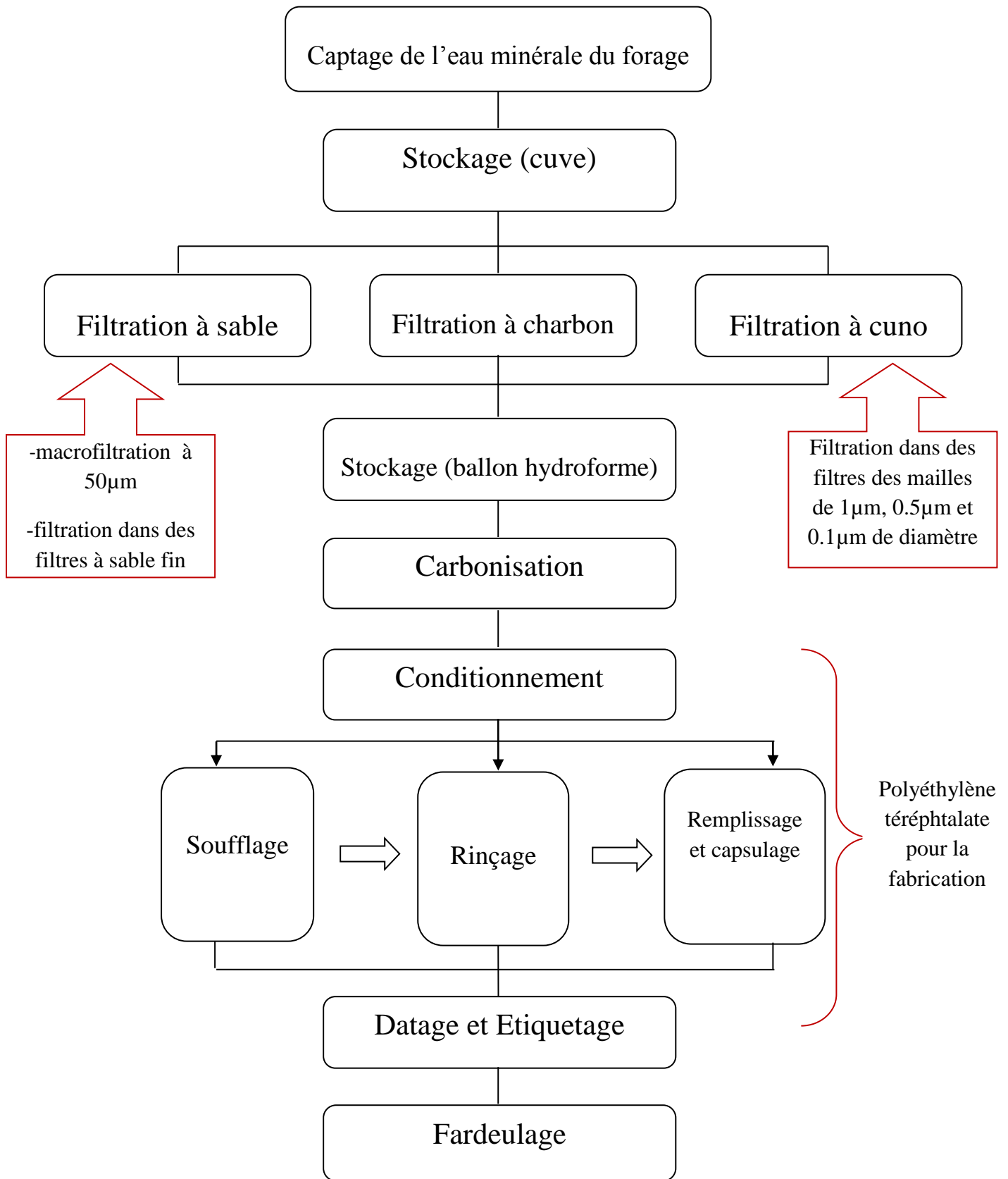


Figure 02: Procédé de production de l'eau minérale naturelle gazeuse « Mouzaia » (AQUA SIM, 2015)

I.3 Matériel

I.3.1- Matériel biologique

Le matériel biologique représenté par l'eau minérale naturelle gazeuse « Mouzaia » :

- L'eau de forage (01 bouteille en plastique de 1.5L pour les analyses physico-chimiques et 03 flacons en verre borosilicate de 250 ml pour les analyses microbiologiques) ;
- L'eau de cuve (03 flacons en verre borosilicate de 250 ml) ;
- L'eau conditionnée dans l'emballage à base de polyéthylène téréphtalate (PET) (04 bidon de 06.5 l) ;
- L'eau stockée pendant 45 jours (24 bidons de 6.5L).

I.3.2- Matériel non biologique

Pour effectuer les analyses physico-chimiques et microbiologiques, nous avons utilisé un matériel non biologique représenté par les solutions, réactifs, milieux de cultures, appareillages et verreries (voir annexe 01).

I.4- Méthodes d'étude

I.4.1- Echantillonnage

Afin d'effectuer un échantillonnage, il convient de procéder à une série d'opérations très importante, dont dépend, en grande partie le résultat de l'analyse. De ce fait, il est nécessaire d'utiliser un matériel stérile, particulièrement pour les analyses microbiologiques, propre et sec pour les analyses physico-chimiques. Ainsi, il faut veiller sur la représentativité de l'échantillon à analyser.

I.4.2- Prélèvement des échantillons

Afin de réaliser le contrôle physico-chimique et microbiologique de l'eau minérale naturelle gazeuse « Mouzaia », nous avons effectué des prélèvements durant deux mois :

- **Au niveau de forage et au cours de production**

Un seul prélèvement pour les analyses physico-chimiques et 09 prélèvements pour les analyses microbiologiques.

- **Après conditionnement et durant le stockage**

Le nombre de bidons analysés est de 28 bidons, produits le 25-03-2015. Ces échantillons ont été choisis au hasard lors de leur stockage (usine). Ces bidons ont été répartis comme suit :

Etude expérimentale

- 04 bidons dont 03 bidons pour le contrôle de la qualité microbiologique (pour que l'échantillon soit représentatif) et 01 bidon pour le contrôle de la qualité physico-chimique. Ces derniers ont été contrôlés le jour de leur fabrication (j_0), c'est-à-dire le 25-03-2015.
- Les 24 bidons qui restent (du lot de 28 bidons), sont stockés pendant 45 jours, à l'air libre et à une température de 4°C (réfrigérateur) (pour le suivi de la stabilité du produit fini et le suivi de l'évolution des bactéries au cours de stockage).

Chaque 15 jours, nous faisons sortir de ce stock 08 bidons comme suit :

- ✓ Pour les analyses physico-chimiques :
 - * 01 bidon : qui est stocké à l'air libre ;
 - * 01 bidon : qui est stocké à 4°C.
- ✓ Pour les analyses microbiologiques :
 - * 03 bidons : qui sont stockés à l'air libre ;
 - * 03 bidons : qui sont stockés à 4°C.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques ou microbiologiques.

Le plan d'échantillonnage est expliqué dans le tableau IV :

Tableau IV : Plan d'échantillonnage.

Les échantillons à analyser	Nombre d'échantillon destiné à l'analyse physique	Nombre d'échantillon destiné à l'analyse microbiologique	Lieu de prélèvement
Eau de forage (F)	01 bouteille en plastique de 1.5 l	03 flacons en verre borosilicate de 250 ml	Un robinet au niveau de forage
Eau de cuve (C)	-	03 flacons en verre borosilicate de 250 ml	Un robinet au niveau de cuve
Eau après filtration (AF)	-	03 flacons en verre borosilicate de 250 ml	Un robinet après filtration finale
Eau après conditionnement (produit fini PF)	01 bidon de 06.5 l	03 bidons de 06.5 l	Choisis au hasard du lot
Eau durant le stockage	06 bidons de 06.5 l	18 bidons de 06.5 l	Choisis au hasard du lot

I.4.3- Méthode de prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée (Rodier *et al.*, 2009). Pour cela le prélèvement doit répondre aux conditions suivantes :

- Assurer la représentativité et l'intégrité des échantillons réalisés depuis l'échantillonnage jusqu'au laboratoire d'analyses.
- Eviter la contamination du prélèvement lors de l'échantillonnage en s'équipant de protections individuelles propres et en utilisant du matériel nettoyé (Lepot *et al.*, 2011).

***Prélèvement destiné aux analyses physico-chimiques**

Avant de procéder au prélèvement, il est nécessaire de rincer 2 à 3 fois la bouteille en plastique (usage unique) avec l'eau prélevée avant de remplir.

***Prélèvement destiné aux analyses microbiologiques**

Pour les analyses microbiologiques on a utilisé des flacons de 250 ml en verre borosilicate qui sont stérilisés par la chaleur à l'autoclave à 120°C pendant 20 minutes pour éviter toute sorte de contamination.

Avant de procéder au prélèvement à partir d'un robinet, il est nécessaire de :

- Flamber le robinet pendant au moins une minute ;
- Ouvrir le robinet et laisser couler 3 à 5 minutes avant de faire le prélèvement ;
- Flamber rapidement le bord du flacon et le remplir presque entièrement ;
- Flamber à nouveau le bord du flacon et mettre le bouchon.

*Inscrire sur une étiquette portée sur la bouteille et les flacons, toutes les indications nécessaires à l'identification du prélèvement : l'origine, la date et l'heure de prélèvement.

I.4.4- Transport et conservation

Les prélèvements sont transportés dans des glacières, les analyses microbiologiques sont effectuées le jour de prélèvement et les analyses physico-chimiques sont effectuées après 24h, ils sont conservés dans un réfrigérateur à 4°C.

I.4.5- Analyses physico-chimiques

I.4.5.1- Paramètres physiques

❖ Température

La température est mesurée au niveau de forage et au laboratoire, sa lecture est faite par thermomètre et les valeurs obtenues sont exprimées en (°C) (Rodier *et al.*, 2005).

Mode opératoire

Plonger le thermomètre dans l'échantillon et laisser l'appareil se stabiliser puis noter la valeur de la température.

❖ pH

Principe

La mesure de pH d'une solution s'appuie sur la mesure de potentiel d'une électrode à hydrogène plongée dans la solution (Rodier *et al.*, 2005).

Mode opératoire

- Etalonner d'abord le pH mètre par les solutions tampon (pH=7, pH =4), puis rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;
- Plonger l'électrode dans l'eau et laisser l'appareil se stabiliser puis noter la valeur du pH.

❖ Conductivité électrique (Selon ISO 7888, 1985)

Principe

La mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine maintenues parallèles.

Mode opératoire

- Etalonner d'abord la conductimètre par la solution de KCl 1413 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ;
- Prolonger l'électrode dans l'échantillon et laisser l'appareil se stabiliser puis noter la valeur de la conductivité (Ce) qui s'exprime en ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

❖ Turbidité (Selon ISO 7027 ,1999)

La turbidité est mesurée avec un turbidimètre de lecture directe. L'unité est le Nephelometric Turbidity Unit (NTU). Les mesures s'effectuent simplement après calibrage de l'appareil.

Mode opératoire

Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec l'échantillon, bien homogénéiser et effectuer la mesure.

I.4.5.2- Paramètres chimiques

❖ Mesure de l'oxygène dissous

Mode opératoire

L'oxygène dissous est mesurée avec un oxymètre de lecture directe, les résultats sont exprimés en mg /l (Rodier *et al.*, 2005).

❖ Mesure du CO₂ (Rodier *et al*, 2005)

Mode opératoire

- Avec un manomètre mesurer la pression et la température de l'eau à analyser ;
- Avec un convertisseur du CO₂ et à partir des valeurs de la pression et la température on peut conclure la concentration du CO₂.

❖ Dureté totale

Principe

La dureté totale ou le titre hydrométrique (TH) d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas elle est surtout due aux ions Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺.

La somme des ions Ca²⁺ et Mg²⁺ est dosée dans des conditions opératoires bien déterminées et en présence du noir eriochrome et de K10 comme indicateurs. Le TH est exprimé en degré Français (°F) (Rodier *et al.*, 1996).

Mode opératoire

- Mettre 100 ml d'eau minérale dans un erlenmeyer de 250 ml ;
- Ajouter de 3 à 5 gouttes de l'indicateur noir eriochrome ;
- Ajouter de 2.5 ml de l'indicateur K10 ;
- Titrer avec la solution éthylène diamine tétra-acétique EDTA 0.02N avec agitation jusqu'au virage de couleur au bleu.

Expression des résultats

$$TH = V_{(EDTA)} \cdot 10$$

V_E : volume d'EDTA du titrage de l'échantillon en ml

TH : titre hydrométrique exprimé en degré français

❖ Détermination de l'alcalimétrie

Principe

On évalue l'alcalinité d'une eau par le dosage acidimétrique des carbonates CO_3^{2-} et d'hydrogencarbonates HCO_3^- qui s'y trouvent présents (Rodier *et al.*, 1996).

Mode opératoire

❖ Détermination de la concentration du titre alcalimétrique (TA) (Rodier *et al.*, 1996)

- Mettre 100 ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 250ml ;
- Ajouter 3 gouttes de phénolphtaléine, bien remuer ;
- Si la couleur ne devient pas rose : $TA = 0$
- Si la couleur rose apparaît titrer avec l'acide sulfurique H_2SO_4 de 0.1N jusqu'à la disparition complète de la couleur (solution A).

❖ Détermination de la concentration du titre alcalimétrique complet (TAC) (Rodier *et al.*, 1996)

- Ajouter à la solution (A) 2 gouttes de l'indicateur hélianthine ;
- Continuer de titrer par H_2SO_4 de 0.1N jusqu'au virage à l'orange.

Expression des résultats

$$TA = V_A \times 50$$

$$TAC = V_T \times 50$$

- V_A : le volume de la solution d'acide de titrage pour le TA, en ml.
- V_T : le volume de la solution d'acide de titrage pour le TAC, en ml.

- Les résultats exprimés en °F = TA x 5 et TAC x 5
- équivalence de carbonate de calcium (Ca CO₃) = 50 mg

❖ Dosage du calcium et magnésium

Principe

Le calcium est déterminé directement par le titrage avec l'éthylène diamine tétra-acétique (EDTA), quand ce dernier est ajouté à l'eau, il se combine d'abord avec le calcium. Le magnésium, en grande partie, est précipité et l'indicateur utilisé (noir ériochrome) se combine avec le calcium seulement, le magnésium est déterminé par le calcul (Rodier *et al.*, 1996).

Mode opératoire

➤ Dosage du calcium

- Mettre 20 ml de l'échantillon dans un bécher de 50 ml ;
- Ajouter 1ml de solution NaOH ;
- Mettre le bécher sur un agitateur magnétique pour mélanger continuellement l'échantillon;
- Titre avec la solution standard EDTA de 0.01N jusqu'au virage de la couleur au violet ;

❖ Dosage du calcium et magnésium (Rodier *et al.*, 1996)

- Mettre 20ml de l'échantillon dans un bécher de 50 ml ;
- Ajouter 1ml de la solution tampon (ammoniaque) pH=10 ;
- Ajouter une pincé de l'indicateur calcium magnésium (noir ériochrome) ;
- Mettre le bécher sur un agitateur magnétique pour mélanger continuellement l'échantillon ;
- Titre avec la solution standard EDTA de 0.01N jusqu'au virage au bleu clair stable

➤ Le titre

- Mettre 10ml de la solution de calcium à 20 méq/l dans un bécher de 50 ml ;
- Ajouter 1ml de la solution NaOH ;
- Ajouter une pincé de l'indicateur acide hydroxy 2 ;
- Mettre le bécher sur un agitateur magnétique pour mélanger continuellement l'échantillon ;
- Titre avec la solution standard EDTA de 0.01 jusqu'au virage au violet.

Expression des résultats

- Calcul de titre (T) de la solution EDTA :

$$T = (20\text{még/l} \times V_{\text{Ca}^{+2}}) / V_{\text{EDTA}}$$

- La teneur de l'échantillon en calcium :

$$X_{\text{Ca}^{+2}}(\text{még/l}) = (T \times V_{\text{EDTA}}) / \text{PE}$$

$$X_{\text{Ca}^{+2}}(\text{mg/l}) = \text{MM}_{\text{Ca}^{+2}} / 2$$

- La teneur de l'échantillon en calcium et magnésium :

$$X_{\text{Ca/Mg}}(\text{még/l}) = (T \times V_{\text{EDTA}}) / \text{PE}$$

- La teneur de l'échantillon en magnésium :

$$X_{\text{Mg}^{+2}}(\text{még/l}) = X_{\text{Ca/Mg}}(\text{még/l}) - X_{\text{Ca}^{+2}}(\text{még/l})$$

$$X_{\text{Mg}^{+2}}(\text{mg/l}) = \text{MM}_{\text{Mg}^{+2}} / 2$$

V_{EDTA} : volume d'EDTA nécessaire pour faire virer la solution étalon de Ca^{+2} .

V_{EDTA} : volume d'EDTA nécessaire pour faire virer l'échantillon.

MM : la masse molaire

❖ Dosage du sodium et potassium

Principe

Lorsque les atomes d'un élément sont excités par une flamme, ils émettent des photons de longueur d'onde déterminée dont l'intensité peut être mesurée par spectrophotométrie (Rodier *et al.*, 2005).

Mode opératoire

-Dissoudre 6.35g de Na Cl dans 250 ml d'eau distillé pour la préparation de la solution mère du sodium ;

-Dissoudre 0.47g de K Cl dans 250 ml d'eau distillé pour la préparation de la solution mère du potassium ;

-La préparation de la gamme étalon se fait comme suit :

- Dans une fiole de 100ml : mettre successivement à partir de la solution mère Na^+ 0.6 ml, 1.2ml, 1.8ml, 2.4 ml, 3ml ;
- Dans les mêmes fioles ajouter successivement à partir de la solution mère du K^+ 0.25ml, 0.5 ml, 1ml, 2ml, 4ml puis compléter avec de l'eau distillée.

-Analyser les gammes d'étalon et l'échantillon.

L'appareil utilisé pour le dosage de sodium et potassium est le spectrophotomètre d'émission de flamme de type SKALAR, la lecture se fait à la longueur d'onde de 580 nm pour le sodium et 776 nm pour le potassium.

Les résultats sont obtenus directement à partir du logiciel d'analyse et exprimés en milligramme par litre.

❖ Dosage du sulfate

Principe

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état du sulfate de baryum par de chlorure de baryum (BaCl_2) (Rodier *et al.*, 1996).



Mode opératoire

-Dissoudre 13.755g de $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ dans 1000 ml de l'eau distillée pour la préparation de la solution mère de SO_4^{2-}

-Préparation de la gamme étalons :

Prendre successivement : 50, 40, 30, 20, 15, 10 et 5 ml de la solution mère de SO_4^{2-} , compléter chaque prélèvement à 1000 ml par de l'eau distillée.

On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement : 500, 400, 300, 200, 150, 100 et 50mg/l en SO_4^{2-} .

Mettre 5ml de solutions étalons, témoin (H_2O) et l'échantillon dans des erlenmeyers de 50 ml sont alors traités de manière identiques à savoir :

-Ajouter 20ml de la solution de BaCl_2 et laisser au repos pendant 20 minutes jusqu'à la mesure.

-Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 495nm.

Expression des résultats

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

❖ Dosage des chlorures

Principe

Les chlorures, en présence du thiocyanate mercurique et de l'alun ferrique donnent en milieu nitrique acide un complexe coloré orange susceptible d'un dosage colorimétrique à la longueur d'onde de 470nm (Rodier *et al.*, 2005).

Mode opératoire

-Mettre 5ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 50ml ;

-Ajouter dans l'ordre 15ml de la solution de thiocyanate mercurique préalablement diluée puis 15 ml de la solution nitrique d'alun ferrique.

-Agiter vigoureusement les erlenmeyers pour uniformiser la coloration qui apparaît et laisser au repos pendant $\frac{1}{2}$ heure.

-Préparation de la gamme étalons :

Prendre successivement : 100, 80, 65, 50, 35, 20, 10 et 5 ml de la solution mère de Cl^- compléter chaque prélèvement à 1000 ml exactement par de l'eau distillée.

On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement : 1000, 800, 650, 500, 350, 200, 100 et 50 mg/l en chlorures.

-Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 470 nm.

Expression des résultats

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

❖ Dosage des bicarbonates

Principe

Les carbonates n'existant qu'à $\text{pH} > 8,3$ et les bicarbonates si le pH est compris entre 4,4 et 8,3. Au cours d'un dosage acimétrique doublé d'une mesure de pH , à quel moment ces ions sont encore présents ou non dans l'échantillon (Rodier *et al.*, 2005).

Mode opératoire

1) Si $\text{pH} > 8,3$

Ajouter à la burette H_2SO_4 à 0,01N goutte à goutte et arrêter quand le pH/mètre indique $\text{pH} = 8,3$; noter le volume d'acide sulfurique V_1 ml versé.

2) Si pH est compris entre 4,4 et 8,8

Ajouter à la burette H_2SO_4 à 0,01N jusqu'à obtenir $\text{pH} = 4,4$; noter le volume d'acide V_2 ml versé.

Si $V_2 < 5$ ml prendre 40ml de PE (prise d'essais)

Si $V_2 > 10$ ml prendre 10ml de PE (prise d'essais)

Expression des résultats

✓ Si $\text{pH} > 8,3$

1) $V_2 > 2V_1$ il y a des bicarbonates dans l'échantillon ce qui implique une teneur négligeable en OH^- .

$\text{OH}^- = 0$

CO_3^{2-} mé/l = $2V_1 \times 0,01 \times 1000/\text{PE}$ ml

CO_3^{2-} mg/l = CO_3^{2-} mé/l x 30

HCO_3^- mé/l = $(V_2 - 2V_1) \times 0,01 \times 1000/\text{PE}$ ml

HCO_3^- mg/l = HCO_3^- mé/l x 61

2) $V_2 < 2V_1$ il y a des OH^- dans l'échantillon donc une teneur en bicarbonates négligeable.

$$\text{HCO}_3^- = 0$$

$$\text{OH}^- \text{ mé/l} = (2V1 - V2) \text{ ml} \times 0,01 \times 1000/\text{PE ml}$$

$$\text{CO}_3^{2-} \text{ mé/l} = 2(V2 - V1) \text{ ml} \times 0,01 \times 1000/\text{PE ml}$$

$$\text{OH}^- \text{ mg/l} = \text{OH}^- \text{ mé/l} \times 17$$

$$\text{CO}_3^{2-} \text{ mg/l} = \text{CO}_3^{2-} \text{ mé/l} \times 30$$

✓ Si pH est compris entre 4,4 et 8,3

Il n'y a ni carbonates ni OH^- dans l'échantillon.

$$\text{HCO}_3^- \text{ mé/l} = V2 \text{ ml} \times 0,01 \times 1000/\text{PE ml}$$

$$\text{HCO}_3^- \text{ mg/l} = \text{HCO}_3^- \text{ mé/l} \times 61$$

I.4.5.3- Eléments indésirables

❖ Dosage de nitrate

Principe

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

Les nitrites obtenus sont alors dosés par colorimétrie : diazotation avec l'acide sulfanilique et copulation avec Naphtylamine. On mesure la densité du colorant ainsi formé à 520nm (Rodier *et al.*, 2005).

Mode opératoire

-Préparation de la gamme étalons :

Prendre successivement : 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 10 ml de la solution mère de nitrate et compléter chaque prélèvement à 100 ml par de l'eau distillée. On obtient alors des solutions étalons contenant respectivement : 5, 10, 20, 40, 60, 80 et 100 mg/l de nitrates.

-Mettre 1ml d'échantillon dans un flacon en verre brun de 100 ml ;

-Ajouter 5ml de la solution de soude 0.05N et 5ml de mélange réducteur ;

-Agiter et attendre 1 heure ;

-Ajouter 40ml de mélange colorant ;

-Laisser la coloration se développer dans l'obscurité pendant $1/4$ heure. Mesurer sa densité à 520 nm.

Expression des résultats

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en nitrate exprimée en mg/l.

❖ Dosage de nitrite

Principe

La détermination de la concentration des nitrites est basée sur la diazotation des nitrites par de la sulfanilamide et de l' α , naphthyléthylénediamine pour donner un complexe d'onde de 540 nm (Rodier *et al.*, 2005).

Mode opératoire

La solution mère est faite en diluant 0.6068g de nitrate de sodium dans un litre de l'eau distillée.

-La gamme étalon est préparée comme suit :

A partir de la solution mère prendre successivement dans une fiole de 100ml : 5ml, 4ml, 3ml, 2ml, 1ml et compléter avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

-Introduire l'échantillon, la gamme étalon et la solution mère dans l'échantillonneur du spectrophotomètre ;

-La lecture est effectuée à 520nm.

Expression des résultats

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

❖ Dosage de l'ammonium

Principe

L'ammoniaque réagit avec les ions hypochlorites pour donner de la monochloramine, celle-ci forme avec un phénol substitué un dérivé bleu d'indophénol dont la concentration est dosée par photométrie à 625 nm (Rodier *et al.*, 2005).

Mode opératoire

-La solution mère de l'ammonium est faite en diluant 2.972g de chlorure d'ammonium dans un litre d'eau distillée ;

-La gamme étalon est préparée comme suit :

A partir de la solution mère prendre successivement : 0.5ml, 1ml, 2.5ml, 5ml, 7.5 ml, 10ml dans une fiole jaugée de 100ml et compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge ;

-Mettre 50 ml d'échantillon dans une fiole de 100ml ;

Les solutions étalons, témoin (H₂O) et l'échantillon sont alors traités de manière identiques à savoir :

-Ajouter 2ml de réactif mélange et 0.5ml de la solution Hypochlorite de sodium à 2° dans la gamme et l'échantillon ;

-Laisser les fioles à l'obscurité pendant une heure et demie (virage du couleur au bleu) ;

-Effectuer la lecture dans le spectrophotomètre à 625 nm.

Expression des résultats :

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en ammonium exprimée en mg/l.

❖ Dosage de la matière organique

Principe

L'oxydabilité au permanganate consiste en l'oxydation modérée par le permanganate des matières réductrices dans l'eau (Rodier *et al.*, 2005).

Mode opératoire

- Mettre 100ml d'échantillon dans un erlenmeyer de 250ml ;
- Ajouter 10ml de l'acide sulfurique ;
- Laisser l'erlenmeyer sur la plaque chauffante 10 minutes et au début de l'ébullition ajouter 10ml de la solution de permanganate de potassium $\text{KMnO}_4\text{N}/80$;
- Refroidir rapidement et ajouter 20ml de sulfate ferreux ammoniacal ;
- Doser l'excès de sulfate ferreux par du permanganate $\text{MnO}_4\text{N}/80$, soit V le volume de permanganate trouvé.
- Procéder de la même manière avec un témoin d'eau distillé, soit v_0 le volume de permanganate.

Expression des résultats

La teneur de l'échantillon en matière organique est calculée par l'équation suivante :
M.O en mg/l = (V-V₀)

❖ Dosage de phosphate

Principe

Le molybdate d'ammonium réagit en milieu acide en présence de phosphate en donnant un complexe phosphomolybdique qui réduit par l'acide ascorbique développe une coloration bleue susceptible d'un dosage colorimétrique (Rodier *et al.*, 2005).

Mode opératoire

- La gamme étalon est préparée comme suit :
Prendre successivement 2.5, 5, 7.5, 10, 15 et 20ml de la solution à 10mg puis compléter à 50 ml par de l'eau distillée. On obtient 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4 et 5mg/l de PO_4^{-3}
- Au moment du dosage mélanger les 2 réactifs (solution molybdique et la solution d'acide ascorbique) dans les proportions suivantes :
3 volumes de la solution molybdique et 1 volume de la solution d'acide ascorbique
- Effectuer les réactions dans des tubes à essai :
- Mettre 20ml de l'échantillon ;
- Ajouter 5ml du réactif mélangé, porter au bain marie à 80°C durant 10 mn ;
- Laisser refroidir et mesurer l'absorption à 825 nm.

Expression des résultats

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en phosphate exprimée en mg/l.

❖ Dosage de silice

Principe

Formation avec molybdate d'ammonium d'un complexe jaune. La réduction du silicomolybdate d'ammonium par l'acide Amino-I-Naphtol-2-Sulfonique-4 en présence d'acide sulfureux donne un composé bleu sur lequel on effectue la colorimétrie (Rodier *et al.*, 2005).

Mode opératoire

-Préparation de la gamme étalons :

Dans des fioles jaugées de 50 ml, mettre 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45ml de SiO₂ à 10mg/l .Ceci correspond respectivement à 2, 5, 10, 15, 20.....mg/l de SiO₂ pour une prise d'essai de 10ml.

-Mettre 10ml d'échantillon dans une fiole de 50ml ;

-Compléter la gamme étalons et l'échantillon à environ 20ml avec de l'eau distillé ;

-Ajouter 1ml de la solution molybdate d'ammonium, laisser agir 15mn minimum ;

-Compléter avec de l'eau distillé à 50ml et laisser développer la coloration 20 mn dans l'obscurité ;

-Mesurer l'absorption à 750nm.

Expression des résultats

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en silice exprimée en mg/l.

I.4.6- Analyses microbiologiques

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence des bactéries qui modifient l'appétitude d'une eau à une utilisation donnée, elle consiste la recherche et la numération des germes de la flore totale de l'eau.

Cette flore est composée de micro-organismes banaux et de germes pathogènes. Ces derniers sont d'origine fécale dont le dénombrement est facilité par l'utilisation de germes indicateurs de pollution.

Concernant cette étude, les germes recherchés sont les suivantes : les germes totaux, coliformes totaux et fécaux, streptocoques fécaux, des spores des anaérobies sulfite-réducteurs et des *Pseudomonas*.

I.4.6.1- Recherche et dénombrement des germes totaux

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables, se réalise à deux températures différentes afin de cibler à la fois les micro-organismes à tendance psychrophile soit à 22°C et ceux franchement mésophiles soit à 37°C.

-Homogénéiser l'échantillon et porter à la fois 1 ml dans deux boites de pétri vides de 90 mm de diamètre préparées à cet usage et numérotées ;

-Compléter ensuite chacune des boites avec environ 20 ml de gélose Plate Count Agar (PCA) fondue puis refroidie à 45°C ;

-Homogénéiser les boites en faisant des mouvements circulaires de va-et-vient en forme de 8 ;

-Laisser solidifier sur paillasse, puis rajouter une 2^{ème} couche d'environ 5 ml de la même gélose PCA pour la protection contre des diverses contaminations ;

-Incuber les boites couvercle en bas l'une à 22°C et l'autre à 37°C

-La lecture se fait après 24 heures et 48 heures d'incubation à 37°C, et jusqu'à 72 heures d'incubation à 22°C.

Lecture et dénombrement

Dénombrer les colonies qui sont lenticulaires poussant en masse, tenir compte les boites ayant un nombre compris entre 15 et 300.

I.4.6.2- Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

La technique de filtration sur membrane fait appel à des étapes à savoir :

- Homogénéiser l'échantillon et filtrer 250 ml de cet échantillon sur deux membranes stériles de 0.45 μm ;
- Mettre chacune des membranes sur une boîte de gélose lactosée au tergitol 7 et au TTC (Triphényltétrazolium Chlorure) ;
- Incuber ces boîtes l'une à 37°C et l'autre à 44°C ;
- La lecture se fait après 24 heures et 48 heures.

Lecture et dénombrement

La lecture de la boîte, après incubation à 37°C permet de reconnaître la présence de coliformes par les caractéristiques suivantes :

- Coloration jaune des colonies, résultant de l'absence de réduction du Triphényltétrazolium Chlorure (TTC) par les coliformes.
- Halo jaune autour des colonies précédentes correspondant à une fermentation du lactose par les germes de ces colonies.

La lecture des boîtes incubées à 44°C permet de mettre en évidence les coliformes fécaux de la même façon que sur les boîtes incubées à 37°C.

Test de confirmation

Pour confirmer la présence d'*Echerichia coli*, on l'applique le test de l'indole :

Avec une anse bouclée ou une pipette pasteur, prélever quelques colonies à partir des boîtes incubées à 44°C pendant 48 heures puis ajouter 2 à 3 gouttes de réactif Kovacs. L'apparition d'un anneau rouge en surface du milieu confirme la présence d'*E.coli*.

I.4.6.3- Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Ces streptocoques de groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale car tous ont un habitat fécal.

Tout comme la méthode de recherche des coliformes par filtration sur membrane, celle de la recherche et le dénombrement des Streptocoques fécaux fait appel à des étapes à savoir :

- Faire fondre un flacon de 250 ml de gélose de Slanetz et Bartley, le refroidir dans un bain marie à 45°C
- Homogénéiser l'échantillon et filtrer 250 ml de cet échantillon sur une membrane stérile de 0.45 μm ;
- Incuber cette membrane à 37°C pendant 24 heures et 48 heures ;

Lecture et dénombrement

Après 24 heures d'incubation, les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies rouge, marron ou rose, lisse légèrement bombées.

Test de confirmation

Afin de confirmer que toutes les colonies sont des streptocoques fécaux :

- Transférer aseptiquement le filtre sur une boîte de gélose Bile Esculine Azide (BEA) et l'incuber à 37°C pendant 4 heures ;
- Dénombrer toute les colonies entourées d'un halo noir.

I.4.6.4- Recherche et dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteurs

La recherche de *Clostridium* sulfito-réducteurs est basée sur la recherche des formes sporulées et pour cela il faut :

- Placer 250 ml de l'eau à analyser dans un flacon et chauffer au bain-marie réglé à 80°C durant 10 minutes afin de détruire les formes végétatives des bactéries et conserver seulement les spores thermo- résistantes ;
- Procéder à un refroidissement rapide du flacon avec l'eau de robinet jusqu'à 45°C ;
- Déposer la membrane stérile de 0.22 µm dans la boîte, face supérieure tournée vers le bas, en s'assurant qu'il ne reste pas de bulles d'air emprisonnées sous le filtre ;
- Couler la boîte avec la gélose viande foie (VF) qui a été au préalable fondue au bain marie, refroidie à 45±1°C et additionnée de 48 gouttes d'alun de fer et deux ampoules plus 40 gouttes de sulfite de sodium ;
- Laisser solidifier sur paillasse, puis incuber à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Lecture et dénombrement

Les colonies entourées d'un halo noir sont comptées comme susceptibles de provenir de bactéries anaérobies sporulées sulfito-réductrices.

I.4.6.5- Recherche et dénombrement des *pseudomonas*

-Faire fondre un flacon de 250 ml de gélose électif cétrimide, le refroidir dans un bain marie à 45°C ;

-Homogénéiser l'échantillon et filtrer 250 ml de cet échantillon sur une membrane stérile de 0.45 µm ;

-Mettre la membrane sur le milieu cétrimide et l'incuber à 37°C ;

-La lecture se fait après 24 heures et 48 heures.

Lecture et dénombrement

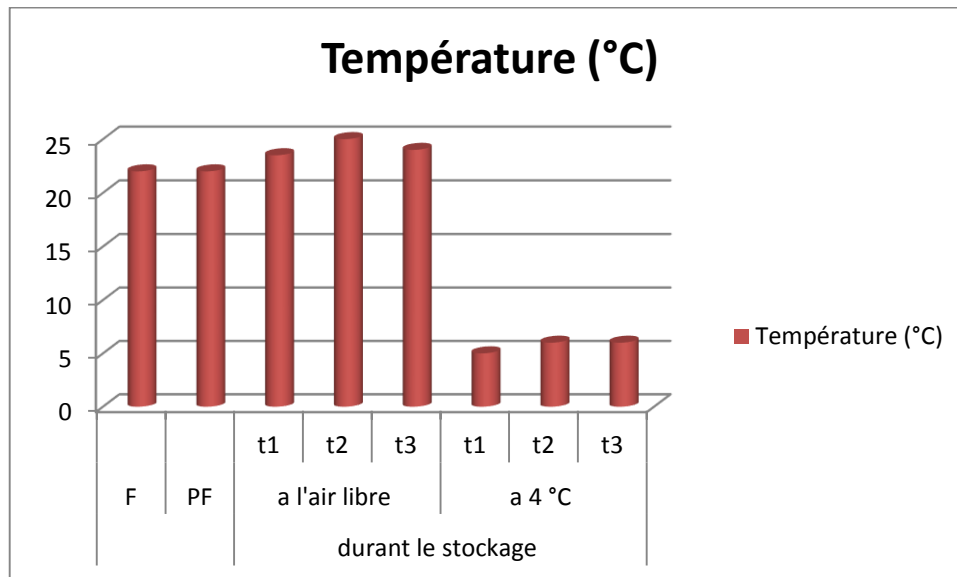
Compter les colonies caractéristiques de *pseudomonas* qui sont pigmentées en bleu vert.

II.1- Résultats et discussion des analyses physico-chimiques

II.1-1 Paramètres physiques

a) Température

Les valeurs de la température varient entre 4°C et 25°C (figure 03). Ce qui montre quelles sont conformes aux normes JORA 2006.



F : Forage ; **PF** : Produit fini ; **t1** : j₀+15 ; **t2** : j₀+30 ; **t3** : j₀+45

Figure 03 : Variations des valeurs de la température

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci ; en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (HCEFLCD, 2006).

Une température de l'eau dépassant 25°C, limite maximale de la norme, est un paramètre déclassant qui augmente le volume des non-conformités physico-chimiques de l'eau (AUF, 2008). Elle favoriserait le développement des microorganismes en même temps qu'elle peut intensifier les odeurs et les saveurs.

b) pH

La figure 04, représentant la variation des valeurs du pH au cours de la fabrication et durant le stockage (à l'air libre et au réfrigérateur à 4°C), montre que les valeurs fluctuent entre 6.9 et 7.5.

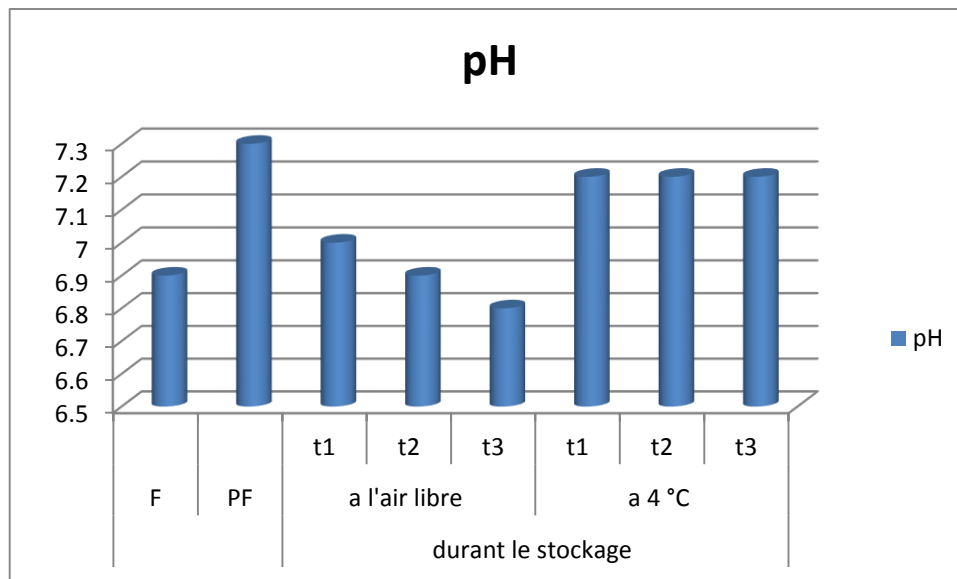


Figure 04: Variations des Valeurs du pH

Toutefois, ces valeurs oscillent dans l'intervalle des valeurs fixées par la norme JORA (2006) [6.5 à 8.5] et sont dans les normes de potabilité. De ce fait, et concernant ce paramètre, la qualité de l'eau analysée est bonne.

c) Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque celle-ci augmente (Rodier *et al.*, 2005).

Les résultats obtenus durant la période d'étude varient entre 1442 et 1720 $\mu\text{S}/\text{cm}$. D'une manière générale, les valeurs de la conductivité électrique enregistrées durant le stockage (à l'air libre (entre 1502 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1720 $\mu\text{S}/\text{cm}$) sont largement supérieures à celles relevées pour l'eau de forage (1475 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et de l'eau conditionnée (1490 $\mu\text{S}/\text{cm}$), par contre, les valeurs enregistrées à 4°C sont stable (673 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Pour rappel, une eau douce accusera généralement une conductivité basse, au contraire une eau dite dure affichera une conductivité élevée (Brémaude *et al.*, 2006).

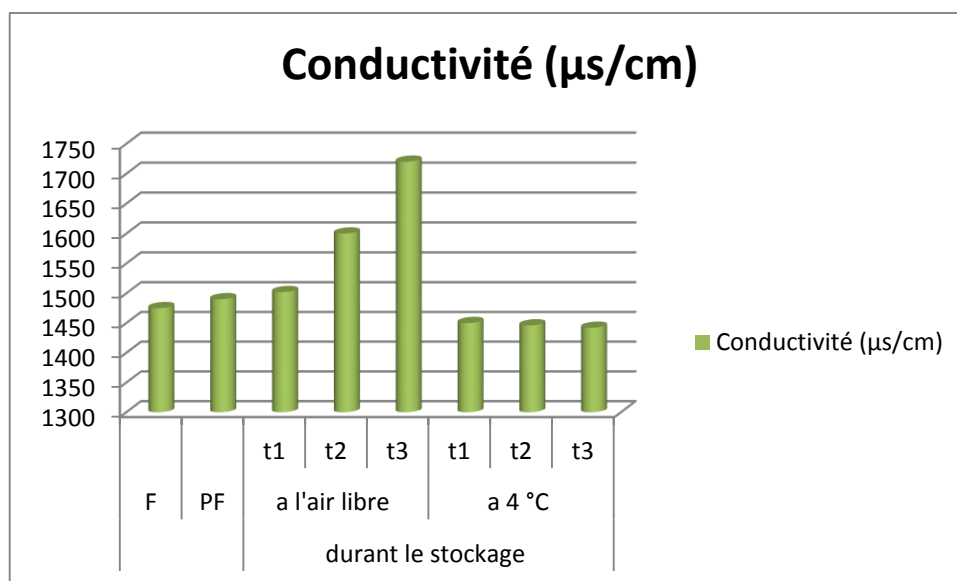


Figure 05 : Variations des valeurs de la conductivité électrique.

La mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau, donc sa minéralisation. D'après Rodier *et al.*, (2009), une conductivité supérieure à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ impliquent une minéralisation excessive des eaux, ce qui est le cas de l'eau minérale naturelle « Mouzaïa ». Concernant ce paramètre, les valeurs de la conductivité électrique enregistrées présentant une minéralisation excessive (conductivité $\geq 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$). Il est impératif de constater que malgré que ces valeurs soient élevées, elles restent cependant inférieures à la norme du JORA (2006) (valeur maximale de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Rodier *et al.*, (2005), signalent que la variation de la conductivité est induite par la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Cette mobilité dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration, tel que les ions de calcium (Ca^{+2}), de sodium (Na^+), des chlorures (Cl^-), des bicarbonates (HCO_3^-) etc.

d) Turbidité

D'après la figure 06, les valeurs de la turbidité de l'eau de forage et de l'eau conditionnée sont respectivement 0.3 et 0.1 NTU (très faible) et conforme aux normes (< 2 NTU), ceci s'explique par la faible teneur en matières organiques et matière en suspension.

Le graphe montre aussi l'augmentation des valeurs de la turbidité durant le stockage à l'air libre jusqu'à 1.03 NTU, et une stabilité observée à 4°C (0.1 NTU).

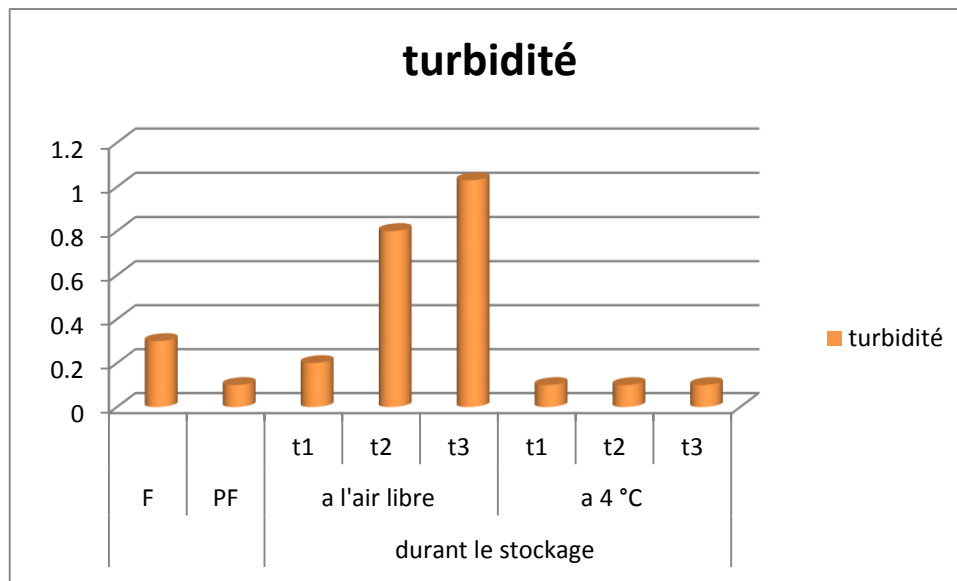


Figure 06 : Variations des valeurs des turbidités

Il en ressort d'après les résultats obtenus que l'eau minérale « Mouzaia » présente des valeurs acceptables et concordantes aux normes de JORA (2006). Ces faibles valeurs indiquent une bonne qualité de l'eau souterraine de la région d'étude. Selon Desjardins (1997) et Bogelin (2000), parmi les caractéristiques générales des eaux souterraines, il faut retenir leur très faible turbidité.

La turbidité peut ainsi être considérée comme une excellente indicatrice de la qualité générale d'une eau. Elle peut aussi servir « d'indice d'efficacité » de traitement de l'eau et de sa conservation dans le réseau de distribution (Degremont, 2005).

II.1-2 Paramètres chimiques

a) Oxygène dissous

Les teneurs en oxygène dissous dans l'eau oscillent entre 0.02 mg/l et 0.6 mg/l (figure 07), dont la valeur maximal est enregistré pour l'eau de forage (0.6 mg/l). Ces valeurs sont concordantes aux normes de JORA (2006) (<8 mg/l).

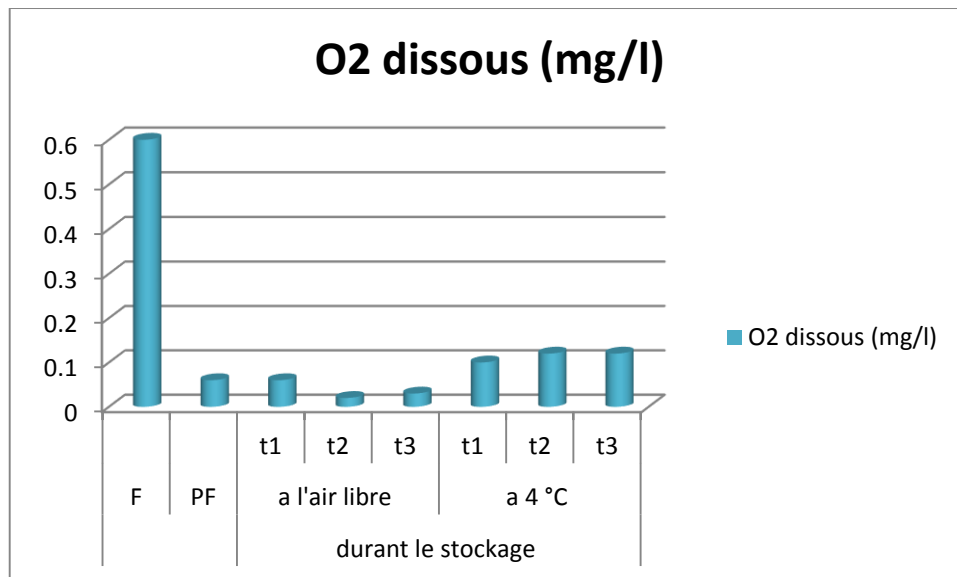


Figure 07 : Variations des valeurs de l'oxygène dissous

La teneur en oxygène dans l'eau dépasse rarement 10mg/l selon l'origine de l'eau, les eaux profondes ne contiennent pas que quelques milligrammes (Derradji *et al.*, 2005).

Selon Rodier *et al.*, (2009), les variations de la teneur en oxygène sont aussi importantes que la valeur de taux absolu. On devra rechercher la cause de toute variation ; celle-ci pouvant être fonction de la présence des matières organiques oxydables, des organismes et des germes aérobies.

Quand la température s'élève, la teneur en oxygène diminue en raison de sa plus faible solubilité, mais aussi à cause de la consommation accrue par les bactéries qui se multiplient. Ainsi peut être favorisée la réduction des nitrates en nitrites et des sulfates en sulfures.

b) Calcium (Ca^{+2}), magnésium et Dureté totale (TH)

Les teneurs en calcium sont comprises entre 136 et 184 mg/l (figure 08), dont la valeur maximale est observée au temps t_3 de stockage à l'air libre (184mg/l).

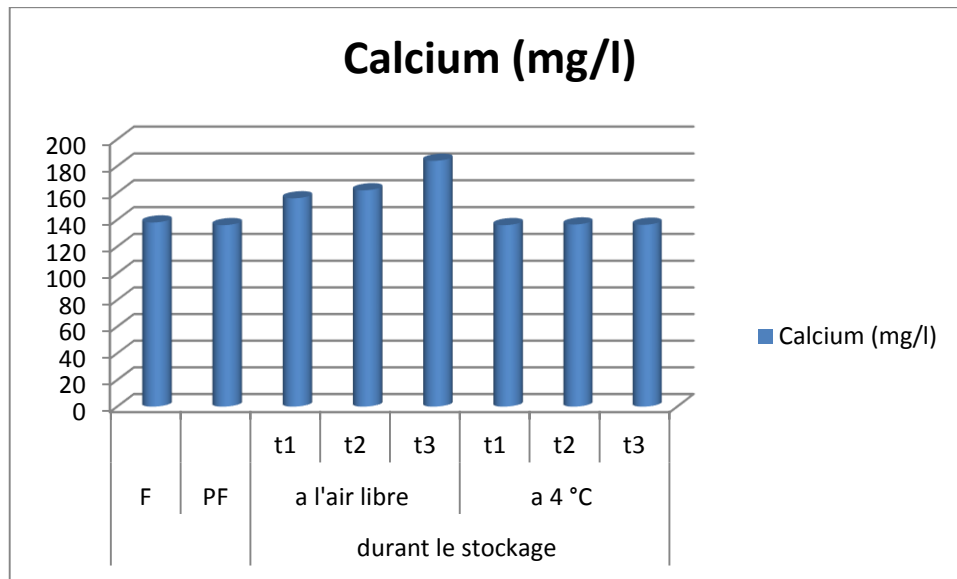


Figure 08 : Variations des valeurs des calciums

Le calcium se rencontre dans les eaux ayant traversé des roches calcaires. Avec le magnésium, il est responsable de la dureté de l'eau qui est exprimée par titre hydrométrique en degrés français (Queneau et Habert, 2009).

Le calcium provient de la dissolution des bicarbonates de calcium (Defranceshi, 1996) ce qui expliquerait probablement les teneurs élevées en calcium de l'eau analysée.

D'après Defranceshi (1996), Les eaux potables de bonne qualité renferment de 100 à 140 soit 150 à 200 mg en CaO ou 250 à 350 mg en CaO_3 . Bien que l'influence du calcium de l'eau sur la santé de l'individu a souvent été discutée, des études statistiques ont montré qu'il n'y aurait pas de relation dose-effet avec la teneur de cet élément dans l'eau, de plus le calcium de l'eau n'est que peu absorbé par l'intestin son apport est surtout alimentaire.

Selon Rodier *et al.*, (2005), en dehors de certaines manifestations gustatives, les eaux qui dépassent 200 mg /l de calcium présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques.

Généralement, dans les eaux naturelles, la teneur en calcium est plus importante que celle du magnésium (Rodier *et al.*, 2005). La figure 13 montre que les échantillons prélevés présentent des teneurs considérables en magnésium restant toutefois inférieures à la norme algérienne (150 mg /l).

D'après la figure 09, représentant la variation des teneurs en magnésium de l'eau minérale naturelle gazeuse « Mouzaia », on constate que les valeurs enregistrées oscillent entre 49 et 80 mg/l, et restent conformes aux normes algériennes (<150 mg/l).

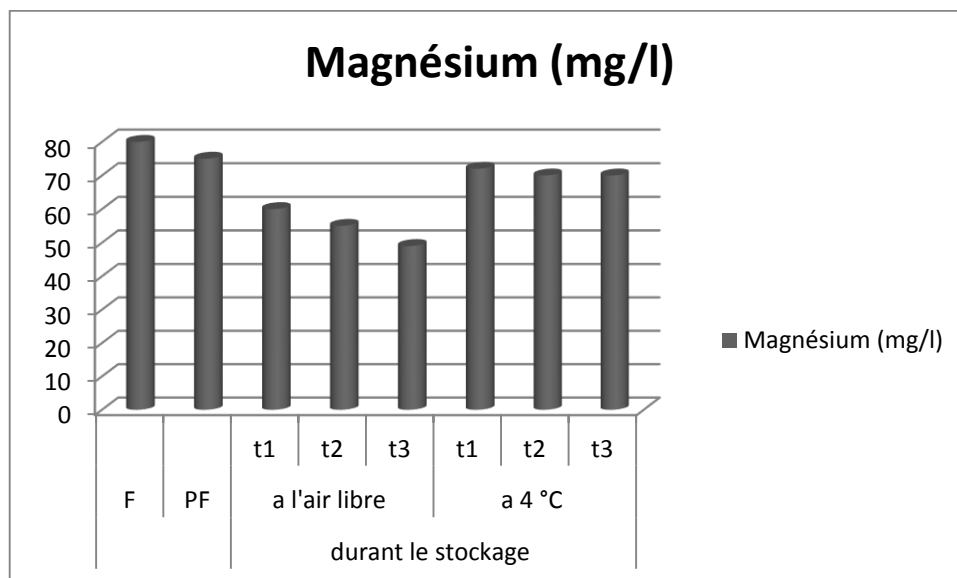


Figure 09 : Variations des valeurs des magnésiums

La variation du magnésium dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une part, et d'autre part aux formations salifères comme les argiles et les marnes qui sont riche en Mg^{++} (Brémaude *et al.*, 2006).

Des apports excessifs en cas d'insuffisance rénale peuvent entraîner des troubles cardio-respiratoires (Queneau et Habert, 2009).

Le titre hydrotimétrique (TH) correspond à la teneur globale en sels de calcium et de magnésium. Dans la plupart des eaux naturelles, le calcium contribue au TH dans la proportion de 70 à 90% (Rodier *et al.*, 2005). Les valeurs de TH des échantillons prélevés durant toutes les étapes de notre étude, oscillent entre 50 et 66°F (figure 10).

On remarque que pour l'ensemble des échantillons prélevés, les valeurs de la dureté de l'eau dépassent généralement 50°F ; ce qui montre que l'eau minérale naturelle « Mouzaïa » est très dure. L'eau dure n'a pas d'effet nocif sur la santé (Rodier *et al.*, 2005).

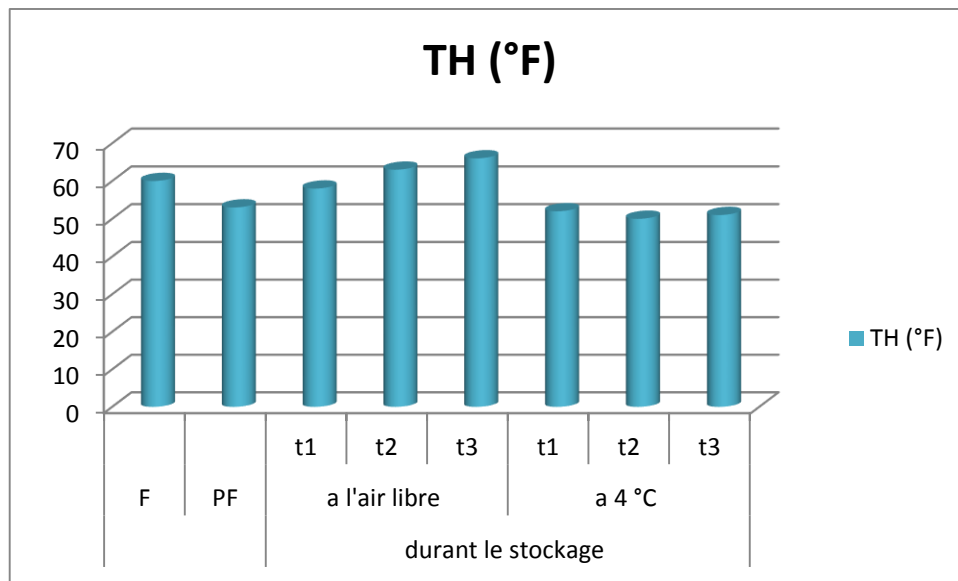


Figure 10 : Variations des valeurs de TH

c) Sodium et Potassium

D'après les résultats des échantillons analysés (figure 11), les teneurs enregistrées oscillent entre 71 et 145 mg/l et restent inférieures à la norme JORA (2006) relative à la qualité des eaux minérale (<200 mg/l). Pour Montiel et Welte (2001), la présence exagérée de sodium dans les eaux peut affecter certaines populations (sujet souffrant d'hypertension par exemple), et peut aussi affecter certains sujets normaux (augmentation de la tension sanguine chez les adolescents).

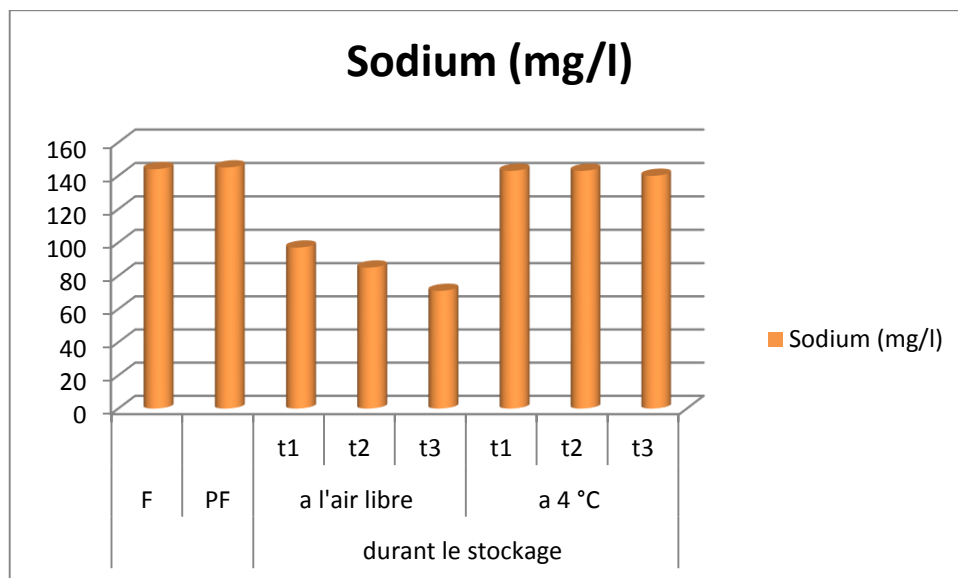


Figure 11 : Variations des valeurs de Sodium

Les concentrations en potassium ne présentent aucun changement au cours de fabrication et durant le stockage. Elle est de 3 mg/l (Tableau VII).

Sur la base des résultats des analyses effectuées, les valeurs enregistrées sont inférieures à la norme Algérienne (<20mg/l). De ce fait, et concernant ce paramètre, la qualité de l'eau minérale naturelle «Mouzaïa » est excellente.

Le potassium à faible dose ne représente pas de risques significatifs. Même des variations importantes des teneurs dans cet élément n'auraient que des effets négligeables sur les concentrations de l'organismes (Rodier *et al.*, 2005).

d) Chlorure

Les teneurs des chlorures dans les eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés (Rodier *et al.*, 2005).

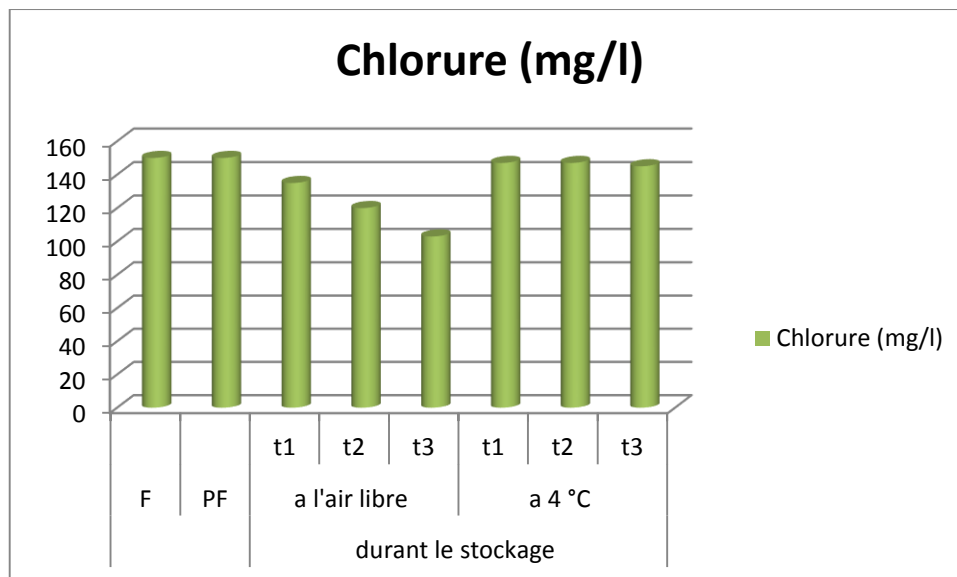


Figure 12 : Variations des valeurs des chlorures

Les teneurs en chlorures de l'eau analysée varient entre 103 et 150 mg/l (figure 12) et restent conformes à la norme algérienne (500mg /l).

e) Sulfate

Les teneurs en sulfate sont de 102 mg/l au niveau de forage et 99 mg/l après conditionnement, mais ces teneurs augmentent après le stockage à l'air libre pendant 45 jours jusqu'à 162 mg/l (figure 13), et restent conformes aux normes algériennes (<400mg/l).

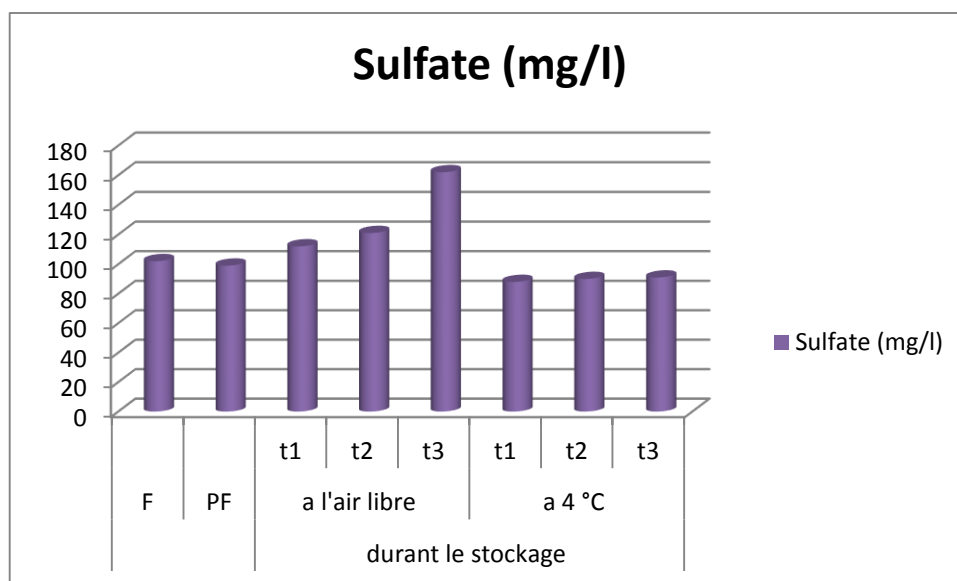


Figure 13 : Variations des valeurs de sulfate

La présence de sulfate dans l'eau analysée résulte de la solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfates répandus dans les roches que l'eau traverse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H_2S) toxique en sulfate (Hceflcd, 2006).

Les fortes concentrations d'ion sulfate provoquent des irritations gastro-intestinales et peuvent donner à l'eau un goût amer et avoir un effet laxatif sur les personnes n'étant pas habituées à cette eau (Self, 2010).

f) Bicarbonate, Gaz carbonique (CO_2) et TAC

La figure 14 montre que les teneurs en bicarbonates des échantillons prélevées oscillent entre 640 et 740 mg/l. Ces valeurs sont élevées par rapport aux normes Algérienne (\leq à 600 mg/l).

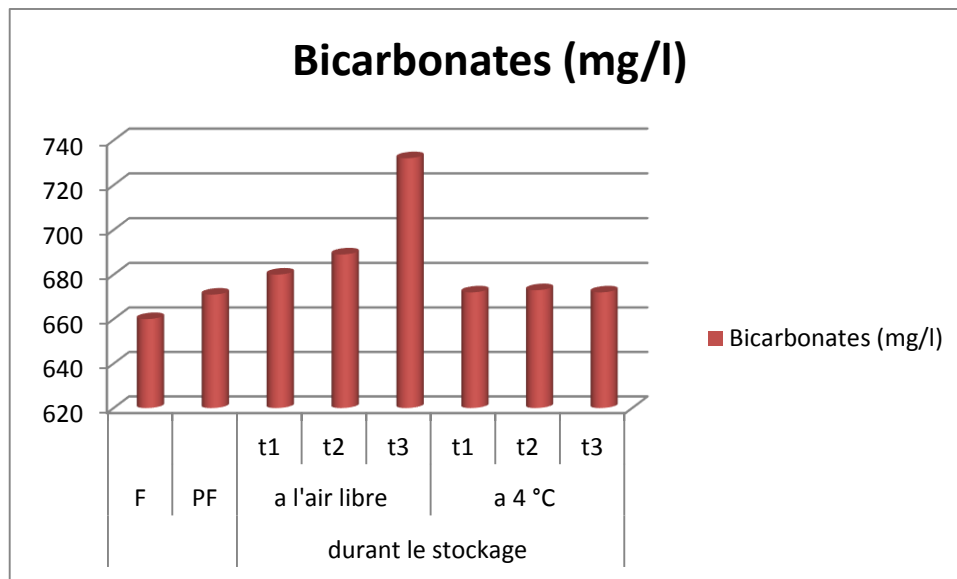


Figure 14 : Variations des valeurs de bicarbonate

La concentration des eaux en bicarbonate est en fonction de lithologie des terrains traversés (calcaire, dolomite), du pH de l'eau et de la température (Celier et Faby, 2003). La teneur en bicarbonate pour l'eau conditionnée est plus élevée (TAC élevée) par rapport à celle de l'eau de forage et ceci est dû à l'adjonction du CO_2 dans l'eau conditionnée. Cette eau est considérée comme une eau minérale gazeuse bicarbonatée.

D'après Monique et Beaudry, 1992, ces eaux ne doivent pas être bues sans restriction, car l'abus de leur consommation peut être dangereux pour la santé.

Le graphe des teneurs en gaz carbonique (figure 15), montre que les valeurs de ce derniers est de 68mg/l pour l'eau de forage, et variées entre 320mg/l et 349mg/l pour le produit finit et stockées (à l'air libre et au réfrigérateur à 4°C).les teneurs en gaz carboniques sont conformes aux normes algérienne (<1500mg/l).

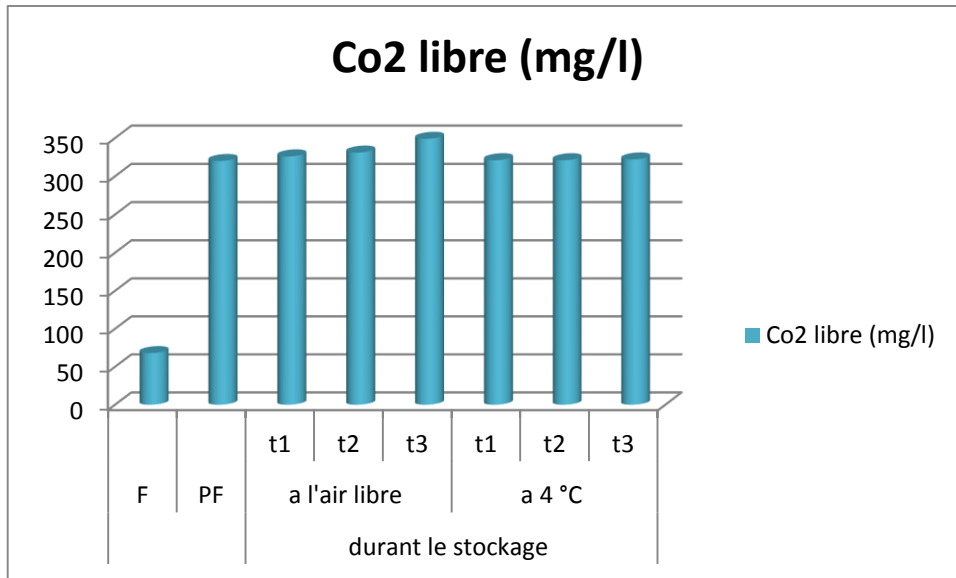


Figure 15 : Variations des valeurs du gaz carbonique

Le TAC appelé titre alcalimétrique complet, qui indique globalement la teneur en carbonates et bicarbonates contenues dans l'eau (Dupont, 1981). Les valeurs de titre alcalimétrique (TAC) sont comprises entre 36 et 60°F (figure 16), dont la valeur maximal est enregistrée après le stockage à l'air libre pendant 45 jours et qui dépasse la norme algérienne (<50°F).

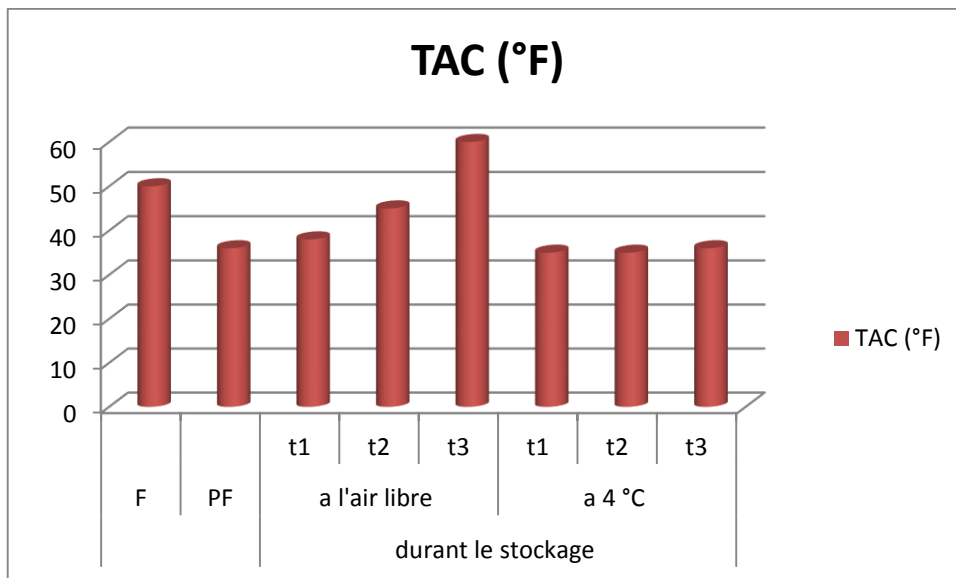


Figure 16 : Variations des valeurs de TAC

II.1-3 Substances indicatrices de pollution

a) Nitrate

D'après la figure 17, les teneurs en nitrates varient entre 02 mg/l et 08 mg /l. Donc les teneurs enregistrées sont conformes aux normes algérienne (<50mg/l).

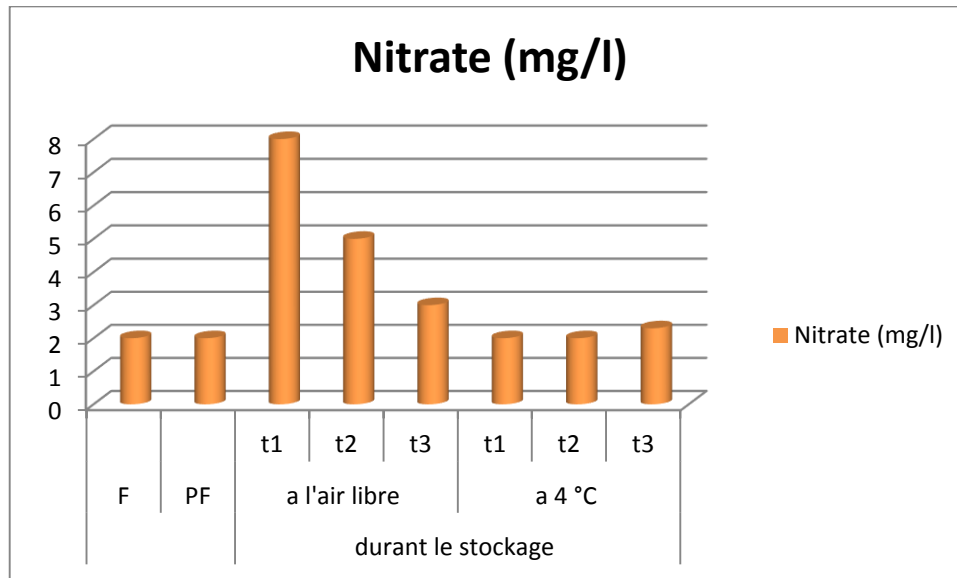


Figure 17 : Variations des valeurs des Nitrates.

Selon Queneau et Habert (2009), les nitrates sont des témoins de la dégradation de la qualité de l'eau. Ces valeurs pourraient être expliquées par le fait que l'eau provient de forage bien protégé de toute sorte de pollution, alors cette eau est de bonne qualité.

La concentration des eaux ayant des teneurs élevées en nitrate provoque l'irritation des muqueuses, des nausées, des vomissements, des selles sanguinolentes et des hypertensions. Sa présence excessive peut aussi provoquer un problème de santé tel que la méthémoglobinémie (Desjardins, 1997). La méthémoglobinémie est une affection qui se manifeste par un manque d'oxygénation des tissus, se traduit par des difficultés respiratoires et des vertiges (Kemmer *et al.*, 2002).

b) Nitrite

D'après la figure 18, nous notons une faible concentration des nitrites dans l'ensemble des échantillons prélevés au niveau de forage, après conditionnement et durant le stockage à 4°C, dont les valeurs sont respectivement 0.007 mg/l, 0 mg/l et 0 mg/l. En effet, les teneurs des nitrites enregistrées durant le stockage à l'air libre sont largement supérieures à celles relevées au niveau de forage, après conditionnement et durant le stockage à 4°C dont la valeur maximale est 0.202 mg/l. Selon les normes algériennes (2006), une eau minérale ne doit pas contenir des teneurs en nitrites dépassant 0.1 mg/l. Donc les échantillons stockés à l'air libre ne sont pas conformes aux normes algériennes 2006.

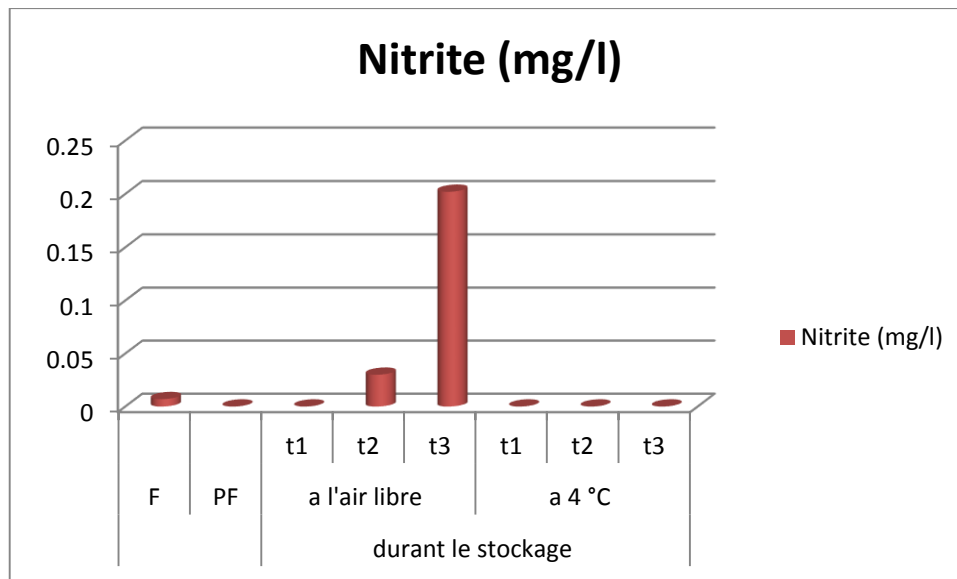


Figure 18 : Variations des valeurs des Nitrites.

Leur présence dans l'eau conditionnée et stockée 45 jours à l'air libre témoigne probablement d'une concentration résultant probablement d'une mauvaise conservation des eaux minérale. Les nitrites peuvent affecter la santé humaine (Belghiti, 2013). En effet, ce sont des agents vasodilatateurs puissants qui causent des vertiges et des hypotensions (Derradji *et al*, 2005). Des preuves d'association entre l'ingestion de nitrite et l'incidence de cancer de l'estomac ont été découvertes dans des études épidémiologiques descriptives en Italie par Gilli *et al.*, (1984).

c) Ammonium et Phosphate

Pour l'ensemble des échantillons analysés, l'ammonium et le phosphate présentent une valeur nulle (voir tableau VIII) et qui est conforme à la norme algérienne. (<0.5mg/l)

d) Matière organique (M.O)

La figure 19, représentant les variations des teneurs en matière organique (M.O) des échantillons d'eau analysées. Montre que les teneurs obtenues varient entre 0.4 et 02 mg/l et ils sont inférieurs à la valeur limite de la norme algérienne (3.5 mg/l).

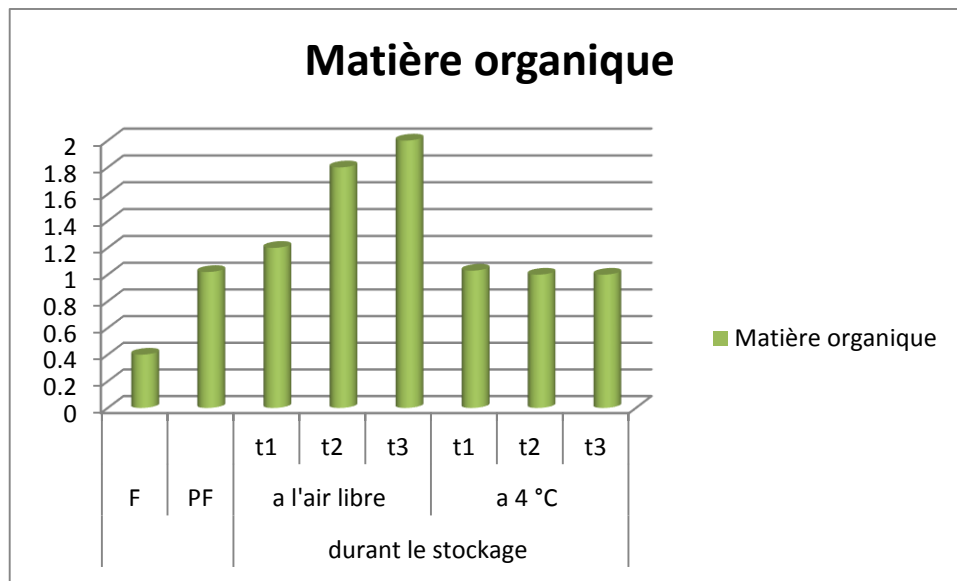


Figure 19 : Variations des valeurs de matière organique.

D'après Bliefert et Perraud (2009), l'eau est de mauvaise qualité si la concentration en matière organique est supérieure à 4 mg/l. Cette dernière peut être à l'origine des goûts et des odeurs désagréables. En plus la matière organique représente une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne. En effet une consommation de matières organiques s'accompagne d'un accroissement de la densité bactérienne.

e) Silice

D'après la figure 20, les teneurs en Silice varient entre 9 mg/l et 10 mg/l au cours de production et entre 9 mg/l et 21 mg/l au cours du stockage.

Les valeurs enregistrées au cours du stockage ne sont pas conformes à la norme algérienne (<20mg/l). Ces valeurs dues à la mauvaise conservation de ce produit au cours de stockage.

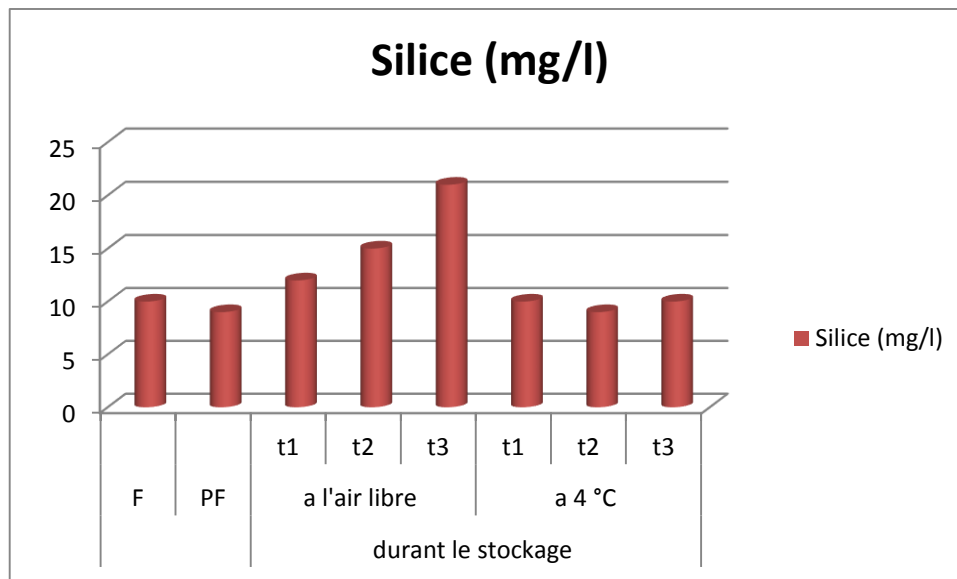


Figure 20 : Variations des valeurs du Silice

Une eau de bonne qualité ne contient pas plus de 20 mg/l de silice. En dehors de ses manifestations pathologiques au niveau du poumon liées à l'inhalation, l'action biologique du silicium a été peu étudiée. Cependant, il y a lieu de tenir compte de l'interaction fluor-silicium qui peut être responsable de manifestations d'hyperfluoroses. Expérimentalement, le silicium développe chez l'animal un « squelette de silex » très particulier. Il pourrait être associé au calcium dans les processus de minéralisation des tissus osseux et entraîner ainsi une action anticariogène (Rodier *et al.*, 2009).

II.2- Résultats et discussion des analyses microbiologiques

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau et permet également de contrôler l'efficacité des mesures de protection ou de traitement.

a) Germes revivables

✓ A 22°C

D'après la figure 21, qui représente la variation de nombre de colonies des germes revivifiables à 22°C, On constate :

❖ Au cours de la fabrication

+ Forage

La valeur enregistrée au niveau du forage est de 08 colonies dans 01 ml d'eau analysée.

+ Cuve

La valeur enregistrée est de 04 colonies dans 01 ml d'eau analysée.

+ Après filtration

La valeur enregistrée est de 03 colonies dans 01 ml d'eau analysée.

+ Produit fini

La valeur enregistrée est nul dans 01 ml d'eau analysée.

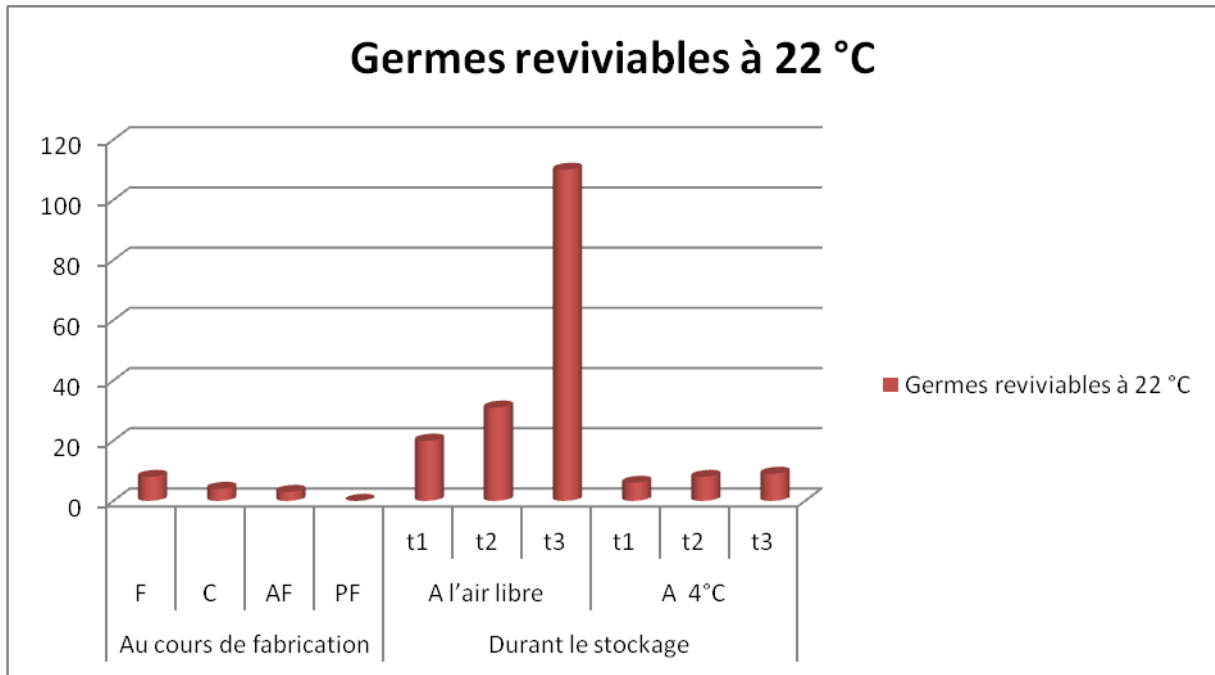
❖ Durant le stockage

+ Après 45 jours à l'air libre

La valeur enregistrée est de 110 colonies dans 01 ml d'eau analysée.

+ Après 45 jours à 4°C

La valeur enregistrée est de 09 colonies dans 01 ml d'eau analysée.



F : Forage ; **C** : Cuve ; **AF** : Après filtration ; **PF** : Produit fini ; **t₁** : j₀+15 ; **t₂** : j₀+30 ; **t₃** : j₀+45

Figure 21 : Variations des valeurs en germes revivifiabes à 22°C

✓ A 37°C

D'après les résultats des échantillons analysés (figure 22), les valeurs en germes revivifiabes à 37°C sont enregistrés comme suit:

❖ Au cours de la fabrication

✚ Forage

La valeur enregistrée au niveau du forage est de 03 colonies dans 01 ml d'eau analysée.

✚ Cuve

La valeur enregistrée est de 01 colonie dans 01 ml d'eau analysée.

✚ Après filtration

La valeur enregistrée est de 01 colonie dans 01 ml d'eau analysée.

✚ Produit fini

La valeur enregistrée est de 01 colonie dans 01 ml d'eau analysée.

❖ Durant le stockage

✚ Après 45 jours à l'air libre

La valeur enregistrée est de 25 colonies dans 01 ml d'eau analysée.

✚ Après 45 jours à 4°C

La valeur enregistrée est de 03 colonies dans 01 ml d'eau analysée.

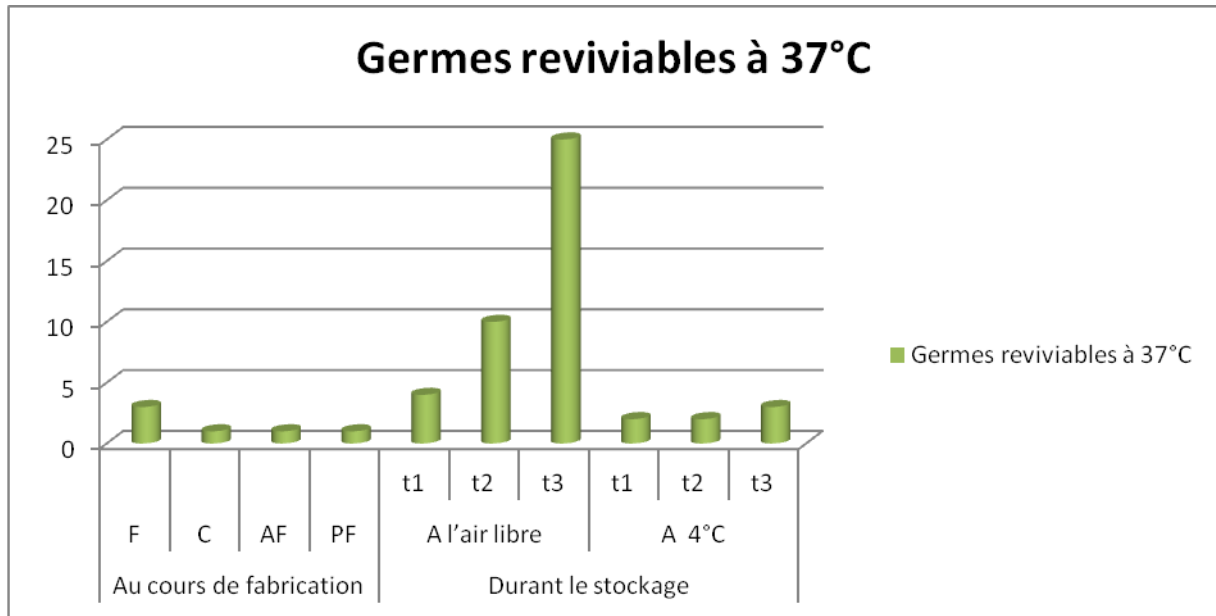


Figure 22 : Variations des valeurs en germe revivifiables à 37°C

A l'émergence, la teneur totale en micro-organismes revivifiables d'une eau minérale naturelle doit être conforme à son microbisme normal et témoigner d'une protection efficace de la source contre toute contamination.

Après l'embouteillage et au cours de sa commercialisation, les critères microbiologiques sont les mêmes qu'à l'émergence sauf pour les micro-organismes revivifiables (leur teneur ne peut dépasser 100 par ml à 22°C et 20 par ml à 37°C).

Au stade de la commercialisation, leur teneur ne peut résulter que de l'évolution normale de la teneur en germe à l'émergence. Ces critères sont vérifiés obligatoirement tous les 2 mois auprès d'un laboratoire agréé, et au frais de l'embouteilleur (Delarras et Trebaol, 2003).

b) Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (Chevalier, 2003).

La figure 23 représentant la variation des valeurs en coliformes totaux au cours de fabrication et durant le stockage (à l'air libre et au réfrigérateur à 4°C) de l'eau minérale naturelle gazeuse « mouzaia », montre que :

Au cours de la fabrication

La valeur enregistrée est nul dans 250 ml d'eau analysée.

❖ Durant le stockage

✚ Après 45 jours à l'air libre

La valeur enregistrée est de 29 colonies dans 250 ml d'eau analysée.

✚ Après 45 jours à 4°C

La valeur enregistrée est nul dans 250 ml d'eau analysée.

D'après les résultats obtenus durant le stockage à l'air libre, on constate que les valeurs enregistrées ne sont pas conformes à la norme algérienne (0 colonies/250 ml).

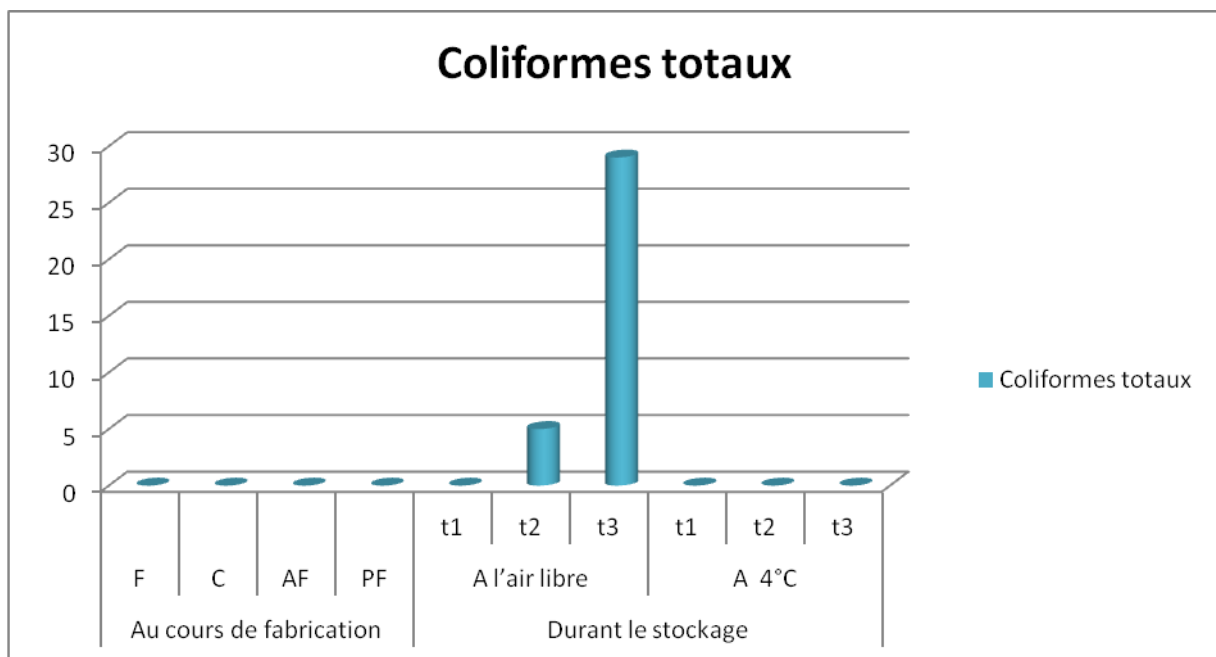


Figure 23 : Variations des valeurs en coliformes totaux

Le risque sanitaire relié directement à leur présence est faible, mais leur présence indique qu'une source d'approvisionnement en eau peut être contaminée par des micro-organismes plus nuisibles (Chevalier, 2003). Cependant, selon Barwick *et al.*, (2000), il existe des cas où il est mis en évidence une association entre la détection de coliformes totaux et l'apparition d'épidémies d'origine hydrique.

c) Coliformes fécaux

Il en ressort de cette étude l'absence totale en coliformes fécaux dans tous les échantillons d'eau prélevés (tableau V). De ce fait, nous pouvons qualifier cette eau souterraine de bonne qualité bactériologique et propre à la consommation. Les normes algériennes (JORA, 2006) précisent qu'aucun coliforme thermotolérant ne doit être présent dans un échantillon d'eau minérale. Leur présence apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente.

d) Streptocoques fécaux

Les streptocoques sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de contamination fécale car tous ont un habitat fécal (Hasly et Lerlec, 1993). Les résultats des analyses montrent une absence totale des streptocoques fécaux pour l'ensemble des échantillons prélevés (Tableau V).

La réglementation algérienne impose l'absence des streptocoques fécaux dans 250 ml d'eau prélevés (JORA, 2006). De ce fait, nous pouvons qualifier cette eau souterraine de bonne qualité bactériologique.

e) Spores des anaérobies sulfito-réducteurs

Les spores d'anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) sont extrêmement persistantes dans l'environnement et résistantes aux processus de désinfection de l'eau, par conséquent, leur valeur comme indicateur de contamination fécale a été mise en doute car les spores pourraient se trouver naturellement dans l'environnement ou représenter une source ancienne de contamination fécale (Pitkanen, 2010).

Les résultats de la recherche et du dénombrement des ASR durant cette étude sont conformes aux normes algériennes de la qualité de l'eau minérale qui exigent l'absence totale de ces germes dans les eaux minérales (Tableau V). Cette eau minérale est donc de bonne qualité bactériologique.

f) *Psuedomonas*

En se basant sur les normes algériennes (JORA, 2006), l'eau minérale doit être exempte de *Psuedomonas*. Au regard donc de cette disposition fixée par JORA (2006) et des résultats obtenus dans le cadre de cette étude (Tableau V), on peut affirmer que l'eau minérale « Mouzaia » est propre à la consommation humaine, car elle ne présente pas un risque sanitaire à *Psuedomonas*. En effet, les *psuedomonas aeruginosa* sont connues pour leur caractère pathogène opportuniste et leur implication dans des gastro-entérites chez des personnes à risque notamment les enfants, les personnes âgées, les femmes enceintes et des personnes immunodéprimées (Guiraud et Rosec, 2004).

Etude expérimentale

Tableau V : Résultats des analyses microbiologiques de l'eau minérale naturelle « Mouzaia »

	Au cours de fabrication				Durant le stockage						NA
	F	C	AF	PF	A l'air libre			A 4°C			
					t ₁ (j ₀₊₁₅)	t ₂ (j ₀₊₃₀)	t ₃ (j ₀₊₄₅)	t ₁ (j ₀₊₁₅)	t ₂ (j ₀₊₃₀)	t ₃ (j ₀₊₄₅)	
Germes revivables à 22 °C	08	04	03	00	20	31	110	06	08	09	<20/ml
Germes revivables à 37°C	03	01	01	01	04	10	25	02	02	03	<05/ml
Coliformes totaux	00	00	00	00	00	05	29	00	00	00	00
Coliformes fécaux	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
Streptocoques fécaux	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
ASR	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
<i>Pseudomonas</i>	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

F : au niveau de forage ; **C** : eau de cuve ; **AF** : après filtration ; **PF** : produit fini ; **NA** : norme algérienne.

Tableau VI : Résultats des analyses physiques de l'eau minérale naturelle « Mouzaia »

	Au cours de fabrication		Durant le stockage						NA
	F	PF	A l'air libre			A 4°C			
			t ₁ (j ₀ +15)	t ₂ (j ₀ +30)	t ₃ (j ₀ +45)	t ₁ (j ₀ +15)	t ₂ (j ₀ +30)	t ₃ (j ₀ +45)	
Température (°C)	22	22	23.5	25	24	4	4	4	R<25°C
pH	6.9	7.3	07	6.9	6.8	7.5	7.5	7.5	6.5<R<8.5
Conductivité (µs/cm)	1475	1490	1502	1600	1720	1450	1446	1442	R<2800
Turbidité (NTU)	0.3	0.1	0.2	0.8	1.03	0.1	0.1	0.1	R<2

F : au niveau de forage ; **PF** : produit fini ; **NA** : norme algérienne.

Etude expérimentale

Tableau VII: Résultats des analyses chimiques de l'eau minérale naturelle « Mouzaia »

	Au cours de fabrication		Durant le stockage						NA
	F	PF	A l'air libre			A 4°C			
			t ₁ (j ₀₊₁₅)	t ₂ (j ₀₊₃₀)	t ₃ (j ₀₊₄₅)	t ₁ (j ₀₊₁₅)	t ₂ (j ₀₊₃₀)	t ₃ (j ₀₊₄₅)	
O ₂ dissous (mg/l)	0.6	0.06	0.06	0.02	0.03	0.1	0.12	0.12	R<8
CO ₂ libre (mg/l)	68	320	326	331	349	321	321	322	R<1500
Calcium (mg/l)	138	136	156	162	184	136	136.5	136.27	R<200
Magnésium (mg/l)	80	75	60	55	49	72	70	70	R<150
Sodium (mg/l)	144	145	97	85	71	143	143	140	R<200
Potassium (mg/l)	03	03	03	03	03	03	03	03	R<20
Chlorure (mg/l)	150	150	135	120	103	147	147	145	R<500
Sulfate (mg/l)	102	99	112	121	162	88	90	91	R<400
Bicarbonate (mg/l)	660	671	680	689	732	672	673	672	R<600
TA (°F)	00	00	00	00	00	00	00	00	00
TH (°F)	60	53	58	63	66	52	50	51	R<50
TAC (°F)	50	36	38	45	60	35	35	36	R<50

F : au niveau de forage ; **PF** : produit fini ; **NA** : norme algérienne.

Etude expérimentale

Tableau VIII: Résultats des analyses des substances indicatrices de pollution de l'eau minérale naturelle « Mouzaia »

	Au cours de fabrication		Durant le stockage						NA
	F	PF	A l'air libre			A 4°C			
			t ₁ (j ₀ +15)	t ₂ (j ₀ +30)	t ₃ (j ₀ +45)	t ₁ (j ₀ +15)	t ₂ (j ₀ +30)	t ₃ (j ₀ +45)	
Ammonium (mg/l)	00	00	00	00	00	00	00	00	R<0.5
Nitrate (mg/l)	02	02	08	05	03	02	02	2.3	R<50
Nitrite (mg/l)	0.007	00	00	0.03	0.202	00	00	00	R<0.1
Phosphate (mg/l)	00	00	00	00	00	00	00	00	R<0.5
Matière organique (mg/l)	0.4	1.02	1.2	1.8	02	1.03	01	01	R<3.5
Silice (mg/l)	10	09	12	15	21	10	09	10	R<20

F : au niveau de forage ; **PF** : produit fini ; **NA** : norme algérienne.

Conclusion

Ce travail s'inscrit dans le domaine de la protection de la santé de consommateur, en particulier la protection des aliments en termes de qualité.

Nous nous sommes intéressés à un type des eaux minérales embouteillées, l'eau minérale naturelle gazeuse « Mouzaia ».

Etant donnée l'importance de cette eau, nous avons évalué la qualité de l'eau minéral naturel gazeuse « Mouzaia » et les résultats que nous avons obtenus (année 2015 Mars-Mai) montrent que l'eau est de bonne qualité physico-chimique et microbiologique, concernant l'eau de forage, l'eau conditionnée et l'eau stocké au réfrigérateur à 4°C, alors que les échantillons stockées à l'air libre sont de mauvaise qualité physico-chimique confirmée par les résultats obtenus et ce à la forte valeur des nitrites qui est de 0.202 mg/l et celle des silices est de 21 mg/l.

Nous notons également soit des valeurs en bicarbonates varient entre 671 mg/l et 732 mg/l, le TAC entre 35°F et 60°F, le CO₂ entre 68 mg/l et 349 mg/l, le calcium varient entre 136 mg/l et 184 mg/l, le magnésium entre 49 mg/l et 80 mg/l et le TH varient entre 50°F et 66°F. Ces résultats nous ont permet de classer cette eau comme eau minérale naturelle gazeuse, bicarbonatée, calcique, magnésienne, fortement minéralisée et très dure.

Toute fois les valeurs retrouvées dans cette étude pour les germes revivifiables (110 colonies/ml à 22°C et 25 colonies /ml à 37°C) et pour les coliformes totaux (25 colonies/250ml) après 45 jours de stockage à l'air libre ont dépassé les normes et qui est due à la mauvaise conservation de l'eau qui est parfois exposé au soleil.

D'après les résultats obtenus nous pouvons conclure que l'eau minérale naturelle gazeuse « Mouzaia » est de bonne qualité microbiologique et physico-chimique si les conditions de conservation sont bien respectées.

Dans l'avenir nous espérons de poursuivre ce que nous avons fait pour mener à bien des études approfondies sur l'effet de soleil sur les eaux minérales embouteillées de point de vue toxicologique, et pour la santé publique, il faut mettre en place un ensemble d'organismes étatiques et privés pour le contrôle et le suivi de l'eau embouteillée.

Références bibliographiques

AFNOR, 2005. Qualité de l'eau. Edition AFNOR. P 344.

AUF, 2008. Agence Universitaire de la Francophonie. Gestion des ressources en eau et développement local durable (Caraïbe-Amérique latine-Océan Indien). Edition KARTHALA. 418 p.

Banton, O et Bangoy, L.M., 1999. Hydrogéologie. P 12, 66.

Barwick, R. S., Levy, D. A., Craun, G.F., Beach, M. J., Calderon, R. L. 2000, Surveillance for waterborne-disease outbreaks- United States, 1997-1998. Morbidity Weekly Review Surveillance Summaries, 49 (SS04): 1-35 p.

Beal. C, Sodini. I., 2003. Fabrication des yaourts et des laits fermentés. Techniques d'ingénieur. Edition technique d'ingénieurs/Paris. P 13

Bekkada, Z., 2004. La valeur de l'eau par. Édition Chiron. P 54, 62.

Berlinet.C., 2006. Étude de l'influence de l'emballage et de la matrice sur la qualité du jus d'orange. Mémoire de l'obtention de grade de docteur en France. P268.

Bliefert et Perraud., 2009. Chimie de l'environnement air, eau, sol, déchets 2^{ème} édition Française de Boeck. p319,

Bogelin, J.C. 2000. Contrôle des eaux douces et de consommation humaine. Edition. Techniques de l'ingénieur, 24 p.

Boeglin, J-C., 2001. Technique d'ingénieur G1. Environnement. Edition technique d'ingénieur/ Paris.

Bouziani. M., 2006. L'eau dans tous ces états : source de vie, ressource épuisable, maladies hydriques, pollutions chimiques. Edition DAR EL GHARB-Oran. P 11, 30, 38.

Brémaude, C. Claisse, J-R. Leulier, F. Thibault, J et Ulrich, E. (2006). Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rurale. Edition Educagri. Dijon. France. p 220-221.

Celierier, J.L., Faby, J.A., 2003. La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Office international de l'eau, document technique, sinde. 304 p.

Champait. D et Larpent. J.P., 1988. Biologie des eaux. Edition Masson, Paris. P 213.

Chevalier, P., 2003. Coliformes totaux. Fiches synthèse sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau. Institut national de santé publique du Québec, 4 p.

Références bibliographiques

- Defranceshi, (1996).** L'eau dans tous ses états. Ellipse, Paris P75-103.
- Degremont., 1978.** Mémento technique de l'eau. Lavoisier technique et documentation 8^{ème} édition. Paris. p 1200, 1718.
- Degremont, (2005).** Mémento technique de l'eau Tome II, 10^{ème} édition Lavoisier France, 1928 p.
- Delarras. C et Trebaol. B., 2003.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : réglementation, prélèvements, analyse. Edition Tec et Doc- Paris. P 11, 70, 71, 83, 92, 107
- Delarras .C., (2007).** La microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire (aliment. Produits cosmétique. Eaux produits. Pharmaceutiques). Edition médicale internationales. LAVOISIER. P 473- 476.
- Delarras. C, Trébaol. B. Durand. J., 2010.** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux, 2^{ème} édition Lavoisier, 2010. P 98, 105, 136
- Derradji. F, Kherici. N, Romeo. M, Caruba. R., 2005.** Etude de l'influence de la pollution de l'oued Seybouse sur l'aquifère d'Annaba. Fichier pdf.
- Desbordes. 2001.** Innovation management in the sports industry: lessons from the Salomon case. European Sport Management Quarterly. P 501
- Desjardins., 1997.** Le traitement des eaux. 2^{ème} édition, presses internationales polytechnique de Montréal. 304 p.
- Dupont. A., 1981.** Hydrogéologie captage et traitement des eaux, tome I .5^{ème} édition. EYROLLES. P 62, 67
- Dupont, 1981.** Hydraulique urbaine : hydrologie et traitement de l'eau. Tome I, 6^{ème} Ed E. Eyrolles p 53, 61-67.
- Gaujous., D, 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide mémoire 2^{ème} édition. Edition Tec et Doc Lavoisier-Paris. 50, 68 p.
- Gilli. E. M, Mangan. C, Mudry. J., 2008.** Hydrogéologie objet, méthodes, application 2^{ème} édition. Edition DUNOD, Paris. P 12, 43
- Graindorge, J et Landot, E., 2007.** La qualité de l'eau potable. Édition Groupe Territorial, Voiron. p 30, 101
- Guiraud et Rosec, 2004.** Pratique des normes en microbiologie alimentaire. «Edition Québec Griffon d'argile ».768p.

Références bibliographiques

Hasly. C et Lerlec. H., 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation. Édition Lavoisier _ paris. P 66, 68, 101, 108, 110.

Hertig et Fallot, (2006). Étude d'impact sur l'environnement. 2^{ème} édition. Volume 23 .presses polytechnique et universitaires romandes. P544

Hceflcd, 2006. Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, 201 p.

ISO 7027, (1999).Water quality - Determination of turbidity ISO 7027:1999

ISO 7888, (1985).Water quality - Determination of electrical conductivity (ISO 7888:1985)

J.O.R.A.D.P., 2006. Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire n° 27 du 26 avril. Arrêté interministériel 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.

Kemmer. F.N, Mccaillon. J, Qellosi. Q., 1984. Manuel de l'eau. Edition Lavoisier Tec & Doc-Paris.P 95, 100, 105, 109

Lamy Doeve., 1997. Réglementation des produits et qualité. Edition juridique et technique Tome 3. p 225.

Lebras., 2002. Les anaérobies en hygiène alimentaire. Institut Pasteur d'Algérie. Fichier pdf.

Lepot, B. Houeix, N. Ghestem, J-P. Coquery, M et Schiavoe, S., 2011. Guide des prescriptions techniques pour la surveillance physico-chimique des milieux aquatiques échantillonnage et analyses des eaux et des sédiments en milieu continentale, 116 p.

Malleviale. A, Suffeti. J., 1991 Effet de l'ozone sur les goûts et les odeurs. Ozone et ozonation des eaux. Edition Lavoisier 1991. p 103.

Maurel. A., 2001. Dessalement des eaux de mer et des eaux saumâtre technique et des autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce, 1^{er} édition. 226 p.

Mhiri. A., 2002. Le potassium dans le sol de la Tunisie. INA de la TUNISIE

Monique. T.H et Beaudry. J.P, 1992. Chimie des eaux. 2^{ème} édition Québec. P 64, 71,95.

Montiel. A et Welte. B., 2001. Nettoyage et désinfection obligatoire après intervention. TSM 3 : p 246.

Références bibliographiques

- Multon. J.L., 2002.** Additif et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaire. Edition Lavoisier Tech et Doc – Paris. P 427
- Multon. J-L et Bureau. G., 1998.** L’emballage des denrées alimentaires de grandes consommation technique et documentation. Lavoisier, Paris 2^{ème} édition.
- Pitkanen., 2010.** Studies on the detection methods of compylobacter and faecal indicator bacteria in drinking water. National institute for health and Welfare. Finland. 118 p.
- Potelon. J-I et Zysman.k, 1998.** Le guide des analyses de l’eau. Édition : La Lettre du Cadre Territorial. P 71, 75, 77, 89, 97 121, 205, 253, 260, 310.
- Pothet.J-P., 2008.** Les matériaux d’emballage. Paris : Dunod.
- Prescott, Harley. Klein, Wiley, Sherwood et Woolverton., 2010.** Microbiologie 8^{ème} édition : Groupe De Boeck s.a., p 559.
- Queneau., Habert., 2009.** Place des eaux minérales dans l’alimentation. Bul Acad Nle, 190 p.
- Rejsek, F., 2002.** Analyse des eaux. Aspects règlementaires et techniques. Édition CRDP d’aquitaine. P 63
- Rodier. J, Bazin. C, Brouton. J.P, Chambou. P, Champseur. H., 1978.** Analyse des eaux 6^{ème} édition : DUOND-Paris. p 872.
- Rodier. J, Bazin. C, Brouton. J.P, Chambou. P, Champseur. H., 1996.** Analyse de l’eau 5^{ème} édition : DUNOD-Paris. 1384 p.
- Rodier. J, Bazin. C, Brouton. J.P, Chambou. P, Champseur. H., 2005.** Analyse de l’eau 8^{ème} édition : DUNOD-Paris .P 945, 947, 954, 1132
- Rodier. J, Legube. B, Merlet. N et coll., 2009.** Analyse de l’eau 9^{ème} édition. DUNOD, Paris, 2009. P 03, 06, 33, 35, 727, 775. 1526.
- Satin et Selmi, 1999.** Guide technique de l’assainissement 2^{ème} édition. Edition Regisourier. P 255.
- Self, 2010.** Domestic water quality criteria. Manager, soil, waterand plant Testing laboratory, colorado state university crop series irrigation fact sheet 3p.
- Tampo. D, Hartemann. P, Moll. M., 1992.** Les eaux conditionnées. Edition Lavoisier Tec et Doc-Paris. p 08, 14, 22, 64, 65, 66, 70, 91, 105.
- Tardat-Henry. M et Beaudry.J-P 1992.** Chimie des eaux. Édition Le Griffon d’agile. P 129, 211, 265 266,

Références bibliographiques

Thaithe. T., 2006. Partager l'eau : les enjeux de demain, paris édition. Technique. 159p.

Vaillant. J.R., 1973. Protection de la qualité des eaux et maîtrise de la pollution. Édition Eyrolles . p 08, 09, 61.

Vilaginès., 2003. Eau, environnement et santé publique introduction à l'hydrogéologie 2^{ème} Ed Lavoisier. 36, 198 p

Zerluth, J et Gienger, M., 2006. L'eau et ses secrets. Édition Déslris. P 37, 102, 106, 111, 114, 123, 124.

Annexe 01

I. Matériel biologique



Figure 24 : Bidon d'eau minérale « Mouzaia » de 6.5 L

II. Matériel non biologiques

II.1- Matériel pour l'analyse physico-chimique

➤ **Matériel pour l'échantillonnage**



Figure 25 : Bouteille en plastique de 1 litre

➤ **Appareillage**



Figure 26 : pH-mètre



Figure 27 : Conductimètre



Figure 28: Turbidimètre



Figure 29 : Oxymètre



Figure 30 : Manomètre



Figure 31 : Convertisseur de CO₂



Figure 32 : Balance



Figure 33: Spectrophotomètre

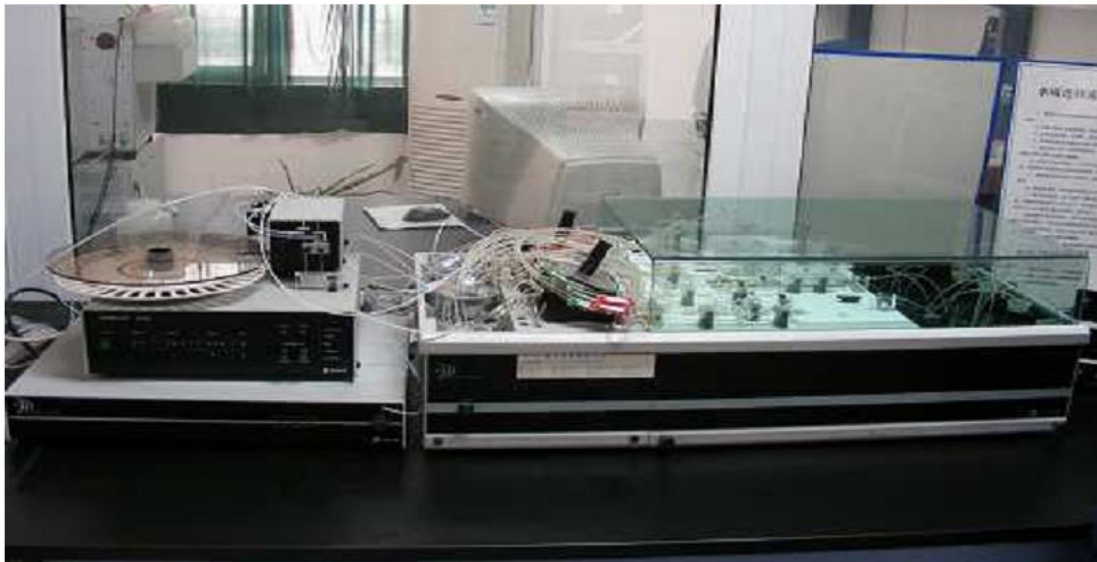


Figure 34 : Spectrophotomètre d'émission de flamme (SKALARE)



Figure 35 : Spectromètre (UV/VIS) pour le dosage des nitrates et nitrites



Figure 36 : Auto Analyseur pour le dosage de phosphate

➤ **Verreries**



Figure 37 : Fioles jaugées



Figure 38 : Béchers



Figure 39 : Burette



Figure 40 : Eprouvette

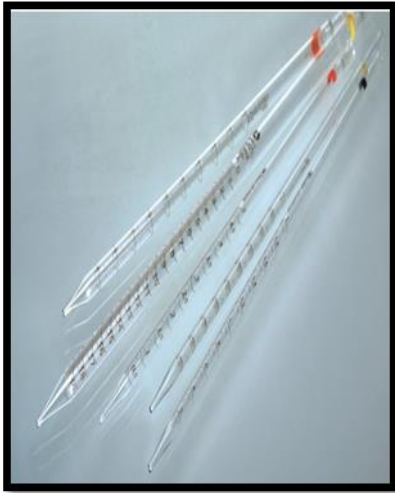


Figure 41 : Pipettes



Figure 42 : Erlenmeyer

II.2- Matériel pour l'analyse microbiologique

➤ Matériel pour l'échantillonnage



Figure 43 : Flacon en verre stérile

- ✓ Alcool
- ✓ Coton

➤ Matériel pour l'analyse



Figure 44 : Pince



Figure 45 : Rampe de filtration



Figure 46 : Bec bunzen



Figure 47 : Bain-marie



Figure 48: Autoclave



Figure 49 : Etuve à 22°C



Figure 50 : Etuve à 37°C



Figure 51 : Etuve à 44°C



Figure 52 : Compteur électrique

➤ Autre matériel



Figure 53 : Boîtes de pétri stériles

- ✓ Tubes à essai
- ✓ Pipette pasteur stériles
- ✓ Portoirs
- ✓ Pince stérile
- ✓ Anse de platine

Annexe 02

Réactifs physico-chimiques

Mesure de pH :

- Solution tampon pH=7, pH=4.

Mesure de la conductivité :

- Solution de KCl 1413 μ S/cm

Détermination de la dureté totale :

- Indicateurs TH 1, TH 2
- Solution EDTA 0.01N :
 - E.D.T.A 40g
 - Soude caustique 5g
 - Chlorure de magnésium 1g

Détermination de l'alcalimétrie :

- Phénolphtaléine
- Acide sulfurique :
 - Acide ascorbique (90 – 97%) 14ml
 - Eau distillée 986ml
- Hélianthine

Dosage de calcium et magnésium :

- Solution de soude :
 - Soude 40g
 - Eau distillée 1000 ml
- Solution EDTA 0.01 N
- Solution tampon pH=10 : mélange à volume égale des solutions A et B.
 - Solution A :*
 - Chlorure d'ammonium 67g
 - Ammoniaque à 28% 400ml
 - Eau distillée 1000ml
 - Solution B :*
 - Tartrate double de Sodium et de Potassium 1.5Kg
 - Eau distillée 2 litres

- Indicateur de calcium (noire ériochrome)
- Indicateur acide Hydroxy 2

Dosage de calcium et magnésium :

- Solution mère de calcium
- Solution mère de magnésium

Dosage de sulfate :

- Solution de BaCl_2 et de gélatine :
 - Gélatine 40g
 - Chlorure de baryum 200g
 - Phénol 3g
 - Eau distillée 2000ml
- Solution mère de SO_4^-

Dosage de chlorure :

- Solution mère de chlorure
- Solution de thiocyanate de mercure :
 - $\text{Hg}(\text{SCN})_2$ 2g
 - Eau bidistillée 2 litres
- Solution nitrique d'alun ferrique :
 - Alun ferrique 67g
 - Acide nitrique concentré 430ml
 - Eau distillée 1000ml

Dosage de bicarbonate :

- Solution Tampon Ph/10 Et Ph/4
- Solution H_2SO_4 A 0,01n

Dosage de nitrate

- Solution mère de nitrate
- Solution de soude
- Mélange colorant :

Acétone	10ml
Acide sulfanilique	20ml
E.D.T.A 20ml	20ml
Acétate de sodium	20ml
Eau distillée	1000ml

Dosage de nitrite :

- Solution mère de nitrite

Dosage de l'ammonium :

- Hypochlorite de sodium à 2°
- Réactif mélange :
 - Solution tampon et complexante 200ml
 - Solution de phénate 200ml
 - Solution de nitroprussiate 10ml

Dosage de la matière organique :

- Solution d'acide sulfurique
- Solution de permanganate de potassium (KMnO_4) N/20 :
 - Permanganate de potassium 1.58g
 - Eau distillée 1000ml
- Solution de permanganate de potassium à N/80
A partir de la solution de permanganate de potassium N/20 que l'on dilue 4 fois.
- Solution de sulfate ferreux N/80 :
 - Sulfate ferreux Fe SO_4 4.9g
 - Acide sulfurique concentré 5ml
 - Eau distillée 1000ml
- Solution de permanganate (MnO_4)

Dosage de phosphate :

- Solution d'acide ascorbique :
 - Acide ascorbique 10g
 - Eau distillée 1000ml
- Solution de molybdate d'ammonium :
Solution A :
 - Dissoudre 25g de molybdate d'ammonium dans 100ml d'eau distillée

Solution B :

Ajouter à 400ml d'eau distillée 280ml d'acide sulfurique concentré

Après refroidissement, mélanger les solutions A et B puis compléter par de l'eau distillée à 1000ml

Dosage de silice :

➤ Réactif Amino I Naphtol 2 Sulfonique 4 :

Solution A :

Bisulfite de sulfite de sodium 90g

Eau distillée 800ml

Solution B :

Sulfite de sodium 7g

Eau distillée 800ml

Acide amino I naphtol 2 sulfonique 4 1.5g

Mélanger A et B, compléter à 1000ml, chauffer légèrement et filtrer.

➤ Solution sulfurique de molybdate d'ammonium :

Molybdate d'ammonium 75g

Acide sulfurique 10N 322ml

Eau distillée 1000ml

➤ Solution d'acide tartrique :

Acide tartrique 100g

Eau distillée 1000ml

Annexe 03

Milieux de culture

➤ **Plat Count Agar (PCA) :**

La formule type de ce milieu de culture en g/l d'eau distillée est :

Tryptone 0.6

Extrait de levure 3.0

Agar Agar 15.0

pH final 7.2 à 25°C

Stérilisation à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

➤ **Gélose lactosée au tergitol 7 et au TTC :**

La formule type de ce milieu de culture en g/l d'eau distillée est :

Lactose20.0

Peptone10.0

Extrait de levure6.0

Extrait de viande 5.0

Bleu de bromothymol 0.05

Agar Agar 12.7

Solution TTC 0.05% 50ml

Solution Tergitol 7 0.2%50ml

pH final 7.2 à 25°C

Stérilisation à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

➤ **Gélose Slanetz et Bertely :**

La formule type de ce milieu de culture en g/l d'eau distillée est :

Tryptone	17.0
Peptone	3.0
Extrait de levure	5.0
Bile de bœuf déshydratée	10.0
Chlorure de sodium	5.0
Esculine	1.0
Citrate de fer ammonical	0.5
Azoture de sodium	0.15
Agar Agar	13

pH final 7.2 à 25°C

Stérilisation à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

➤ **Gélose viande – foie :**

La formule type de ce milieu de culture en g/l d'eau distillée est :

Base viande – foie	30
D- Glucose	2.0
Agar	8.0
Ethyle violet	7.6 ±0.2

Stérilisation à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

➤ Cétrimide

La formule type de ce milieu de culture en g/l d'eau distillée est :

Peptone pancréatique de gélatine	20
Cétrimide	0.3
Sulfate de potassium	10
Chlorure de magnésium	1.4
Agar-agar	15

pH final 7.2 à 25°C

Réactifs et additifs:

➤ **Réactif Kovacs**

La formule de type de ce réactif en g/l d'eau distillée est:

Peptone bactériologique	10
Phosphate dipotassique	3.5
Agar	18
Lactose	10
Fuchsine basique	0.4

pH final 7

Stérilisation à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.

➤ **Alun de fer**

➤ **Sulfite de sodium**

Annexe 04

Historique de l'usine « AQUA Sim »

AQUA Sim suite au rachat dans le cadre de la privatisation en 2005 par le groupe SIM des unités EPEM de Mouzaïa et de Ben haroun de Bouira, englobe actuellement les deux seules sources d'eau minérales naturellement gazeuses sur tout le territoire algérien. Située à 45 km à l'ouest d'Alger dans la wilaya de Blida, la source de Mouzaïa a été découverte par un colon, M. LEBLANC. Son exploitation à des fins commerciales a débuté en 1949 sous l'appellation "**Source LEBLANC**".

(<http://www.groupesim.org/acqua>).

Annexe 05

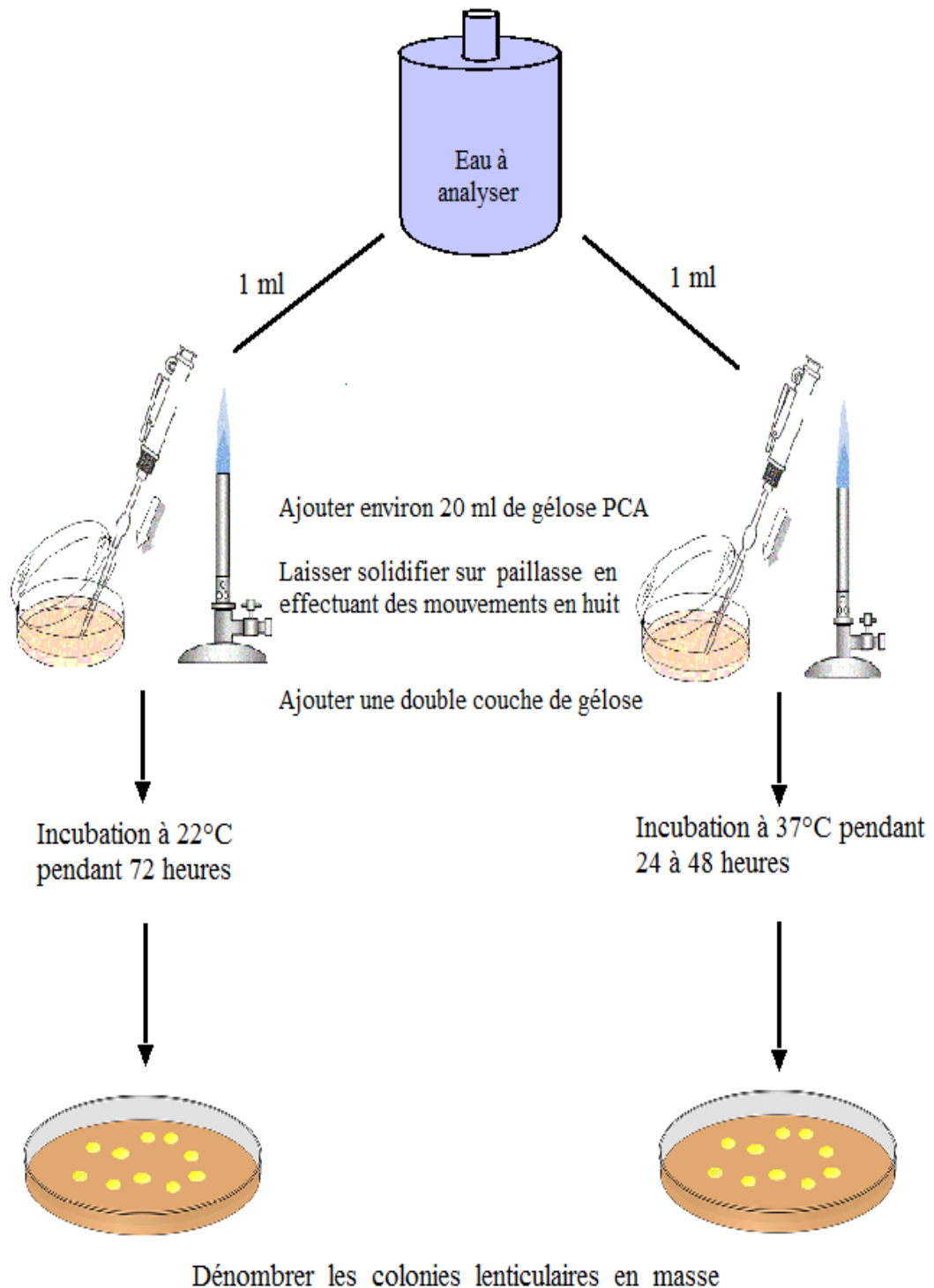


Figure 54 : Recherche et dénombrement des germes totaux

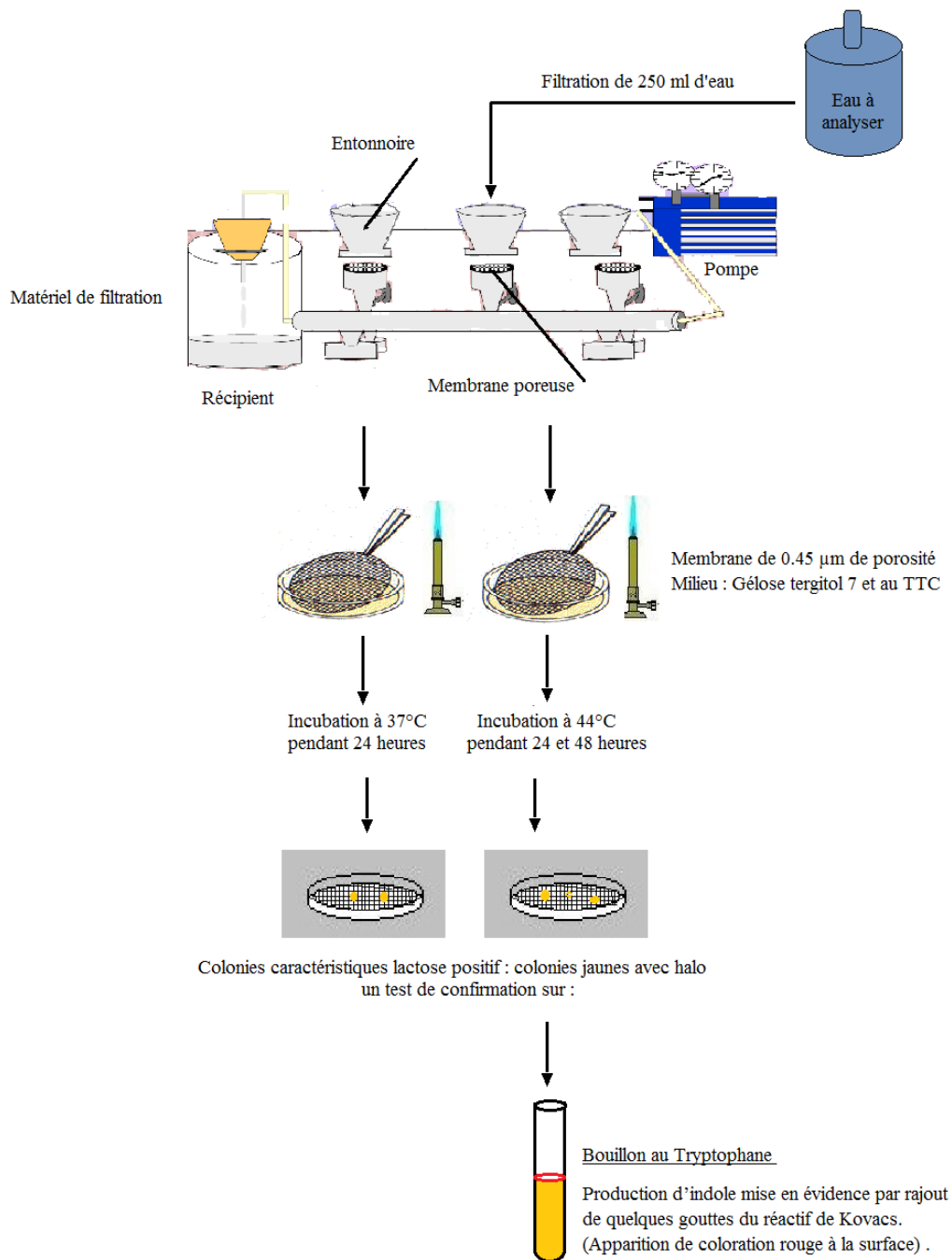


Figure 55 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

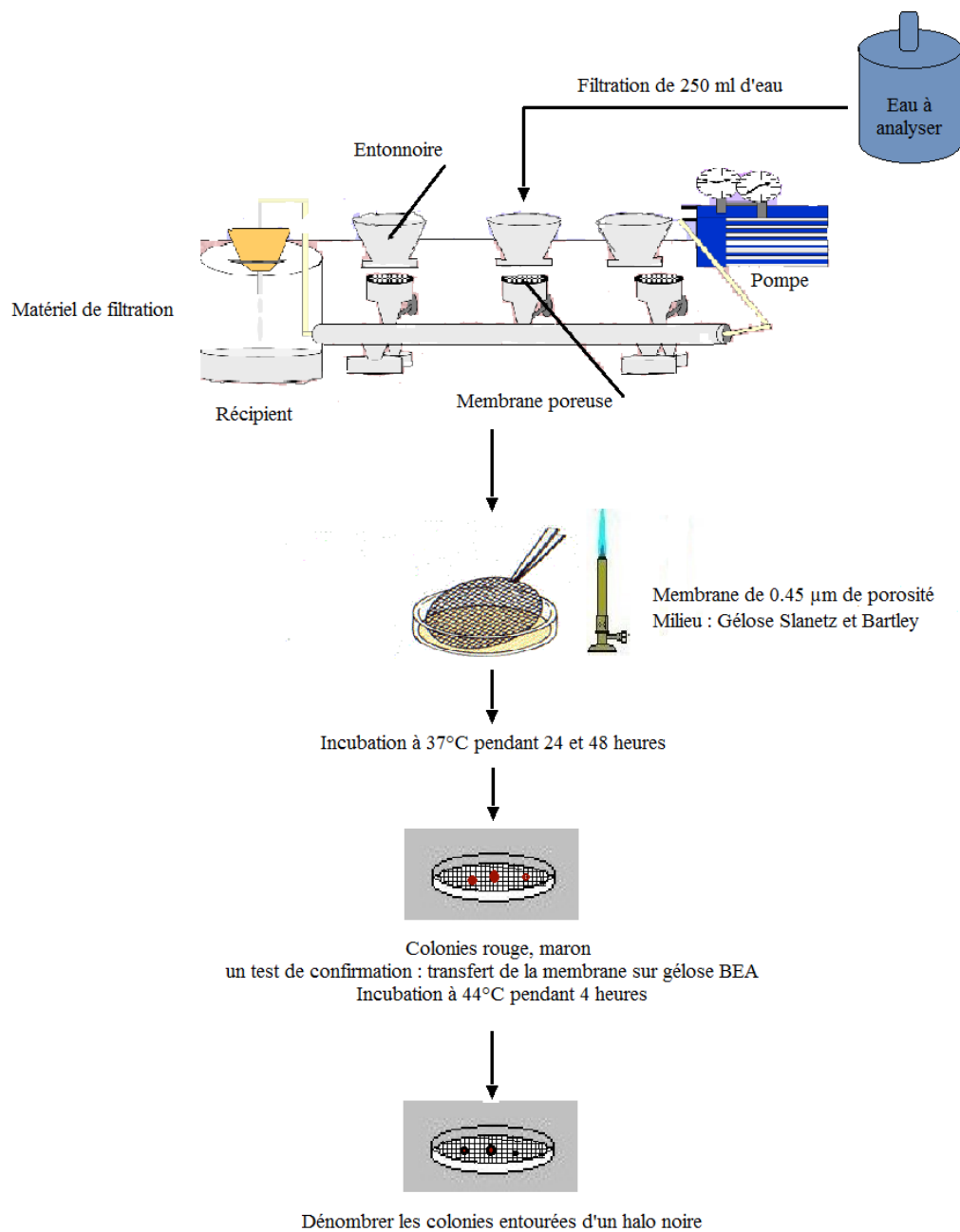


Figure 56 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

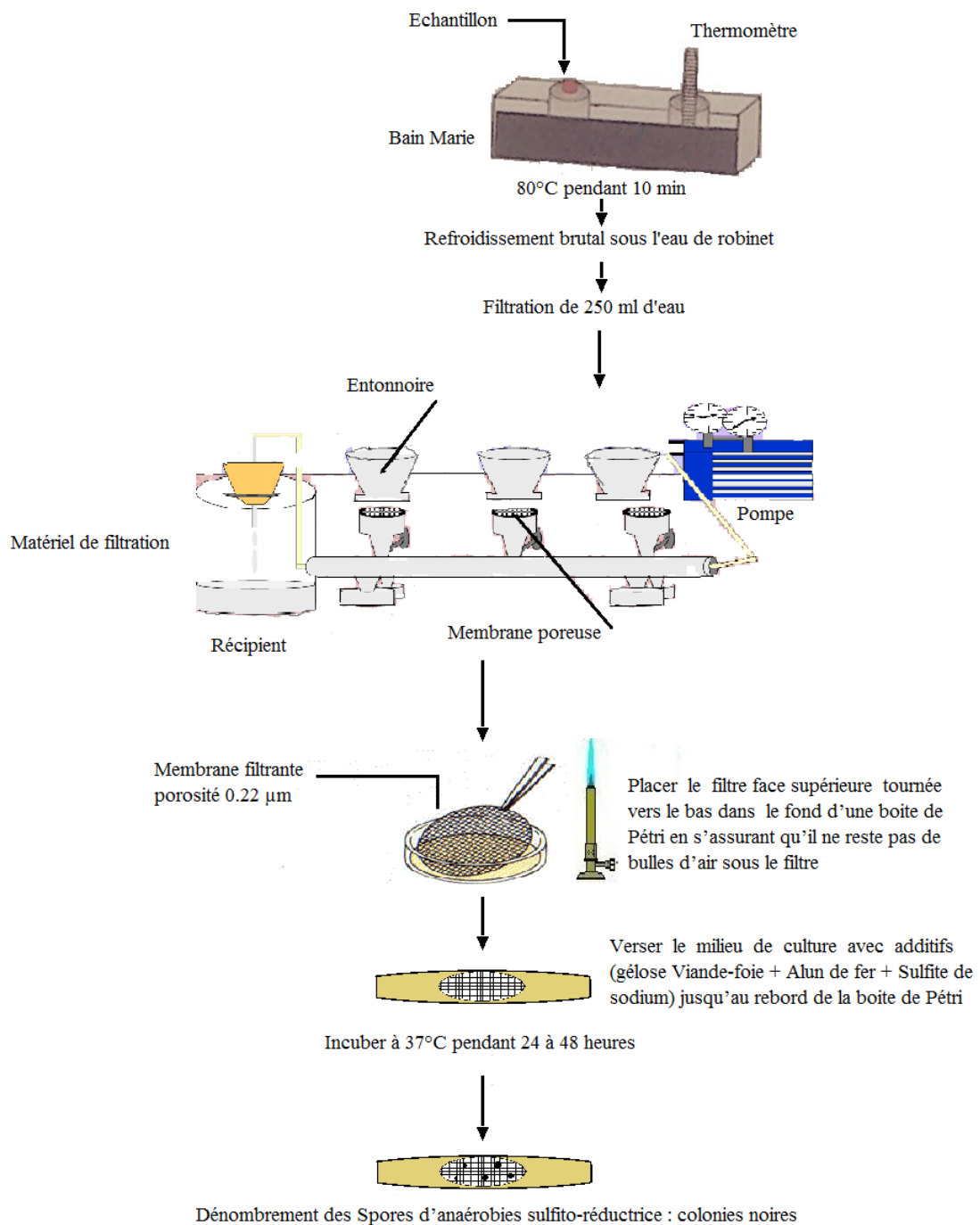


Figure 57 : Recherche et dénombrement des spores de *Clostridium* sulfito-réducteurs

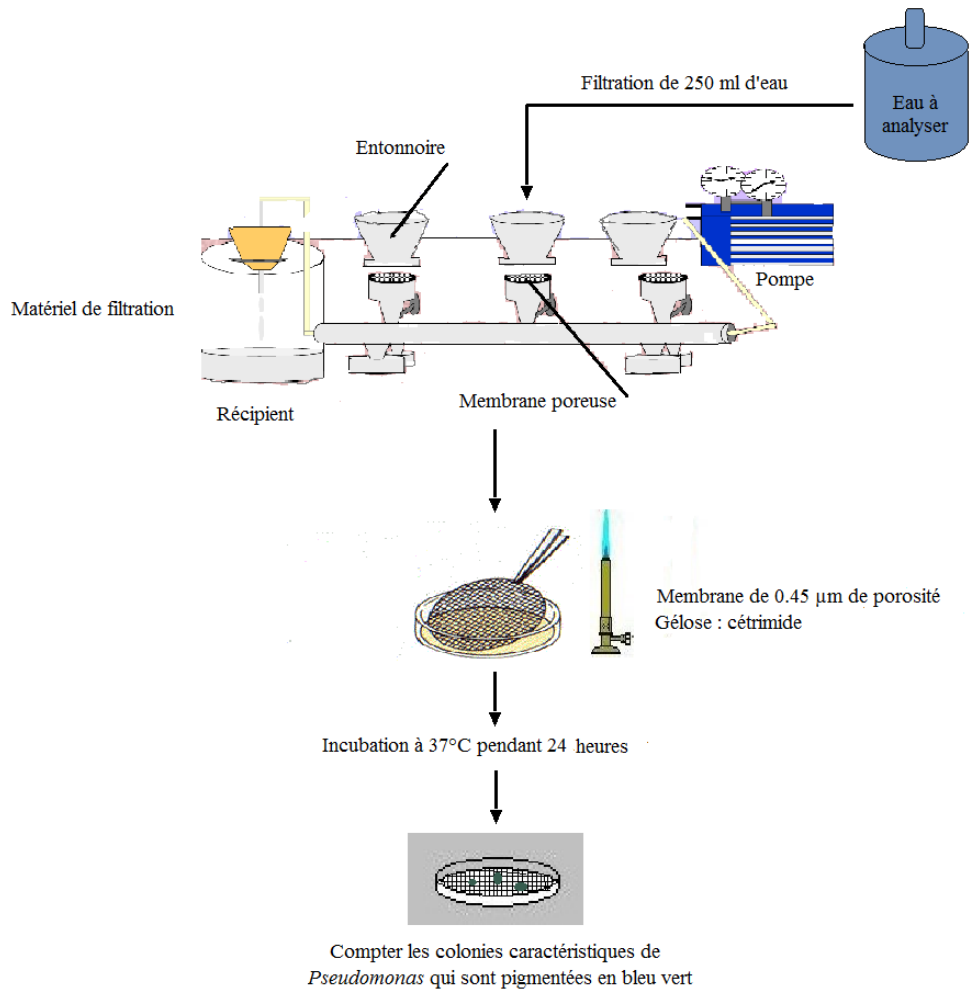


Figure 58 : Recherche et dénombrement des *Pseudomonase*