

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ahmed Draïa Adrar



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département d'Hydrocarbures et Energies Renouvelables

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master en :
Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie Chimique

Thème :

**Evaluation de la qualité physico-chimique et
microbiologique de l'eau conservée dans la poterie
« Guella »**

Préparé par :

Mlle. DADAOU Fayza

Mlle. DJABAILI Assia

Membres de jury d'évaluation :

| | | | |
|----------------------------------|---------------------|------------|-------------------------|
| Mme. DJEDID Kheira | Président | MAA | Univ. Adrar |
| M. DAHOU Mohamed El Amine | Encadreur | MCA | Univ. Adrar |
| M. CHENINI Ali | Co-encadreur | / | CACQE. Timimoune |
| M. ABDELAZIZ Nabil | Examineur | MAA | Univ. Adrar |

Remerciement

Avant tout, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant, le Miséricordieux, de nous avoir donné le courage, la force, la santé et la persistance et de nous avoir permis de finaliser ce travail dans de meilleures conditions.

Nous tenons tout d'abord à remercier notre encadreur, Dr.Dahou, et co-encadreur, A.Chenini, pour le temps qu'ils ont consacré à nous fournir les outils méthodologiques essentiels à la conduite de cette recherche. Nous avons fortement motivé sa demande.

Nous remercions toutes les personnes qui ont travaillé dans laboratoire de contrôle de la qualité à Timimoune et dans l'usine d'eau minérale « Tazliza » à Tinerkouk, qui ont contribué à la réussite de notre stage et qui nous ont aidés lors de la rédaction de cette mémoire.

Nous remercions particulièrement Chnini, B. Aslafi, A. et Rabhi, N. pour leur patience à répondre à nos innombrables questions.

Nous remercions par ailleurs vivement les membres du jury de nous avoir fait l'honneur de juger notre travail et d'assister à la soutenance.

Un grand merci également à tous les enseignants du département d'hydrocarbures et énergies renouvelables d'université Ahmed Draïa Adrar.

Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude à nos amis et collègues qui nous ont apporté un soutien moral et intellectuel tout au long de notre travail.



Dédicas

A ma chère Mère Necira Khadidja,

A mon père Abdelkader, pour tous leurs sacrifices, leur amour,

Leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

*A ma grand-mère Mazouzi Fatena qui à gardé une place dans mon cœur, tu ma
manqueras toujours,*

*A mon grand-père El-Hadj Mouhammed, A ma grand-mère El-Hadja Fatna que
Dieu soit bénisses d'eux et gardes pour moi,*

A ma chère sœur Ritadj Djebaili pour ses encouragements,

A mes chère frères : Mouhammed Rida, Ayoub, Youcef,

A mon oncle Abdellah Necira pour son aide et ses encouragements,

A ma tante Nazifa,

*A mon binôme Fayza Dadaou qui 'a partagé avec moi les bons et les durs moments,
et tous sa famille,*

A tous mes amis de la spécialité Génie Chimie, En particulier : Ilham Yahiaoui,

Meriem, Nawal, Mouna, Sabrina, Khadidja,

A toute la Famille

A ceux que j'aime et surtout qui m'aiment.

Assia





Dédicace

En priant Dieu jour et nuit qu'il les garde et les protège pour moi.

Je dédie ce mémoire en premier lieu à ceux qui m'ont donné la vie,

Qui m'ont été la source De l'amour,

de la tendresse, et du courage, qui m'ont soutenu durant tous les moments de ma vie

A mes très

Chers parents,

Ahmed et El-Hadja

A mon chère frère : Abdelbari,

A mes belles sœurs : Mabrouka, Rihab pour ses encouragements.

A toute la famille surtout mes deux grand-mères,

A tous mes oncles et mes tantes et à tous mes cousins et mes cousines.

A mon binôme Assia et toute sa famille,

A tous mes camarades de Génie chimique la promotion 2021 sans exception.

fayza



Résumé

Le présent travail porte sur l'étude expérimentale du suivi de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau de foggara « BADGHA » d'Ouled Saïd à Timimoun , conservée traditionnellement en poterie d'argile (Guella), pendant une période de 15 jours.

Les résultats des analyses physicochimiques de notre échantillon ont montré que ce mode de conservation peut améliorer la qualité de l'eau, où nous avons enregistré une diminution de la température, de la conductivité électrique, du titre alcalimétrique complet TAC, du chlorure, du magnésium et du titre de l'eau TH (dureté totale).

Ces résultats montrent aussi une légère augmentation du pH et de la turbidité, tandis qu'on a enregistré une forte augmentation du calcium.

Les analyses bactériologiques telles que les coliformes totaux, les clostridium sulfite - réducteurs et E. coli, n'ont montré aucun changement et confirment l'absence des germes dans l'eau conservée.

Au vu des résultats obtenus, nous avons nettement démontré que ce mode de conservation non coûteuse, peut remplacer la méthode de conservation classique de l'eau dans les bouteilles de plastique qui considérée selon plusieurs étude comme cancérigène.

Mots-clés : L'eau potable, poterie d'argile, normes de potabilité, conservation traditionnelle de l'eau.

الملخص

يتعلق العمل الحالي بالدراسة التجريبية لمتابعة الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمياه الفقارة "بادغة" في أولاد سعيد في تميمون ، والمحافظة تقليدياً في الفخار الطيني (الجرة) ، لمدة 15 يوماً.

أظهرت نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية لعينتنا أن طريقة الحفظ هذه يمكن أن تحسن جودة المياه ، حيث سجلنا انخفاضاً في درجة الحرارة ، والتوصيل الكهربائي ، عنوان قلوي كامل ، والكلوريد ، والمغنيسيوم ، ومعيار الماء (صلابة كاملة).

تظهر هذه النتائج أيضاً زيادة طفيفة في درجة الحموضة والعكارة ، بينما تم تسجيل زيادة كبيرة في الكالسيوم.

لم تظهر التحليلات البكتريولوجية مثل القولونيات الكلية والمطثيات المختزلة بالكبريت والإشريكية القولونية أي تغيير وأكدت عدم وجود الجراثيم في المياه المخزنة.

في ضوء النتائج التي تم الحصول عليها، أظهرنا بوضوح أن طريقة الحفظ غير المكلفة هذه يمكن أن تحل محل الطريقة التقليدية لحفظ المياه في الزجاجات البلاستيكية، والتي اعتبرت وفقاً لعدة دراسات، مسببة للسرطان.

الكلمات المفتاحية: مياه الشرب ، الخزف الفخاري ، معايير الشرب ، المحافظة على المياه التقليدية.

Summary

The present work concerns the experimental study of the follow-up of the physicochemical and bacteriological quality of the foggara water "BADGHA" of Ouled-Saïd in Timimoun, traditionally preserved in clay pottery (Guella), for a period of 15 days.

The results of the physicochemical analyzes of our sample showed that this mode of conservation can improve the quality of the water, where we recorded a decrease in temperature, electrical conductivity, full alkalimetric strength TAC, chloride, magnesium and the titre of the water TH (total hardness).

These results also show a slight increase in pH and turbidity, while a large increase in calcium was recorded.

Bacteriological analyzes such as total coliforms, sulfite-reducing clostridiums and E.coli, showed no change and confirmed the absence of the germs in the stored water.

In view of the results obtained, we have clearly demonstrated that this inexpensive method of preservation can replace the conventional method of preserving water in plastic bottles, which according to several studies is considered to be carcinogenic.

Keywords: Drinking water, clay pottery, drinking standards, traditional water conservation.

| | |
|-----------------------------|----|
| Nomenclature | i |
| Liste des figures | ii |
| Liste des photos | iv |
| Liste des tableaux | v |
| Introduction générale | 1 |

Chapitre I : La notion d'eau potable

| | |
|---|----|
| I.1. Importance de l'eau | 05 |
| I.2. Ressource hydraulique naturel | 05 |
| I.2.1. Eaux superficielles | 05 |
| I.2.2. Eaux souterraines | 06 |
| I.2.2.1. Différent types des nappes | 07 |
| I.3. Structure de l'eau | 09 |
| I.3.1. Etats de l'eau | 09 |
| II. Qualité de l'eau potable | 10 |
| II.1. Les caractéristiques organoleptiques | 10 |
| II.1.1. La couleur | 10 |
| II.1.2. Gout et odeur | 10 |
| II.1.3. La saveur..... | 11 |
| II.2. Les caractéristiques physiques et chimique | 11 |
| II.2.1. Les caractéristiques physiques | 11 |
| II.2.1.1. Température | 11 |
| II.2.1.2. Dureté | 11 |
| II.2.1.3. Turbidité | 11 |
| II.2.1.4. Conductivité électrique | 12 |
| II.2.1.5. Résistivité électrique | 12 |
| II.2.1.6. Minéralisation globale | 12 |
| II.2.1.7. Résidu sec | 13 |
| II.2.2. Les caractéristiques chimiques | 13 |
| II.2.2.1. pH (potentiel Hydrogène) | 13 |
| II.2.2.2. Oxygène dissous | 13 |
| II.2.2.3. Dureté totale ou titre hydrométrique (TH) | 14 |
| II.2.2.4. Matière en suspension | 14 |

| | |
|---|----|
| II.2.2.5. Matière organique dissoutes..... | 14 |
| II.2.2.6. Dioxyde de carbone libre (CO ₂ libre)..... | 15 |
| II.2.2.7. Titre alcalimétriques TA et TAC | 15 |
| II.2.2.8. Sels minéraux Dissous..... | 15 |
| II.2.3. Les paramètres microbiologiques | 18 |
| II.2.3.1. Germe | 18 |
| II.2.3.1.1. Coliforme totaux | 18 |
| II.2.3.1.2. Coliforme fécaux | 18 |
| II.2.3.1.3. Les salmonelles | 19 |
| II.2.3.1.4. Les entérocoques | 19 |
| II.2.3.1.5. Bactérie sulfiteaux-réducteur | 19 |
| III. Les normes des qualités des eaux potables | 20 |
| III.1. Définition d'une norme | 20 |
| III.2. Les normes de qualité des eaux potables | 20 |
| III.3. Les normes de paramètre physico-chimique | 20 |

Chapitre II : Généralité sur la poterie

| | |
|--|----|
| I.1. Historique | 23 |
| I.2. Définition de la poterie | 24 |
| I.3. Etapes et processus de fabrication de la poterie | 24 |
| I.3.1. Extraction de l'argile | 24 |
| I.3.2. Préparation de l'argile | 25 |
| I.3.3. Battage et pétrissage de l'argile | 25 |
| I.3.4. Tour de potier | 26 |
| I.3.5. Fond et parois | 27 |
| I.3.6. Finition et décoration | 28 |
| I.3.7. Séchage | 28 |
| I.3.8. Modelage à l'aide des moules | 28 |
| I.3.9. Cuisson | 29 |
| I.3.10. Décoration | 30 |
| II. Généralité sur la poterie | 31 |
| II.1. Les étapes principales de la fabrication de la poterie | 31 |
| II.2. Les avantages de conserve l'eau dans le pot d'argile | 31 |
| II.3. Les inconvénients de conserve l'eau dans le pot d'argile | 31 |

| | |
|--|----|
| II.4. Propriétés d'argile | 31 |
| II.4.1. Absorbante et adsorbant | 32 |
| II.4.2. Thixotrope, couvrance | 34 |
| II.4.3. Acide, oxydo-réductrice, photovoltaïque, radioactive | 35 |
| II.4.4. Colloïdale | 35 |
| II.4.5. Catalyseur | 36 |

Chapitre III : Matériels et Méthodes

| | |
|--|----|
| I.1. Les laboratoires d'analyse | 38 |
| I.2. Echantillonnage | 38 |
| I.3. Prélèvements des échantillons | 38 |
| I.4. Lieux et période de stage pratique | 38 |
| I.5. La région d'étude | 39 |
| I.6. Stérilisation de pot de poterie | 39 |
| II. Méthode d'analyse | 40 |
| II.1. Partie physico-chimique | 40 |
| II.1.1. La température | 40 |
| II.1.2. Mesure de pH | 41 |
| II.1.3. Mesure de la conductivité électrique | 42 |
| II.1.4. Mesure de turbidité | 43 |
| II.1.5. Titre Alcalimétrique simple TA | 44 |
| II.1.6. Titre Alcalimétrique complet TAC | 45 |
| II.1.7. Dosage de la dureté totale (Titre hydrométrique TH | 46 |
| II.1.8. Détermination des chlorures (Cl ⁻) | 46 |
| II.1.9. Détermination du Calcium (Ca ²⁺) | 48 |
| II.1.10. Détermination du Magnésium (Mg ²⁺) | 49 |
| II.2. Les analyses bactériologiques | 50 |
| II.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (E.coli) | 51 |
| II.2.1.1. Confirmation par le milieu EC | 54 |
| II.2.1.2. Confirmation par le milieu tryptophan culture Broth | 55 |
| II.2.1.3. Test de Confirmation ou test Indole Kovac's | 56 |
| II.2.2. Recherche et dénombrement des entérocoques..... | 57 |
| II.2.3. Recherche et dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs | 58 |

Chapitre IV : Résultats et Discussion

| | |
|--|----|
| I. Résultats des analyses physicochimiques | 62 |
| I.1. Température | 62 |
| I.2. Le pH..... | 63 |
| I.3. La turbidité | 64 |
| I.4. Conductivité | 65 |
| I.5. Titre Alcalimétrique TA | 67 |
| I.6. Titre Alcalimétrique TAC | 68 |
| I.7. Titre hydrométrique TH (La dureté totale) | 69 |
| I.8. Calcium | 70 |
| I.9. Magnésium | 71 |
| I.10. Chlorure | 72 |
| II. Résultats des analyses bactériologiques | 73 |
| II.1. Escherichia Coli | 73 |
| II.2. Les entérocoques | 74 |
| II.3. Les clostridium sulfito-réducteurs | 75 |
| Conclusion | 78 |
| Bibliographie | 81 |
| Annexe | 89 |

Liste des nomenclatures

%: Pourcentage.

°F: Le degré français.

ADE : Algérienne des eaux.

ASR : Les archées sulfato-réducteurs.

BSR : Les bactéries sulfato-réductrices.

C° : Degré celsius.

Cond : Conductivité.

CSR : Clostridium sulfito-réducteur.

D/C: Double concentrations.

E. coli: Escherichia coli.

Ech: Echantillon.

EDTA : Sel dissodique d'acide éthylène diamine tetracétique.

F : Forage.

g/ml : Germes par 1 millilitre.

mg/l : Milligramme par litre.

ml: Millilitre.

MSR : Micro-organismes sulfato-réducteurs.

NPP : Nombre plus probable.

NTU : Unité de turbidité néphélométrique.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

pH: Potentiel d'hydrogène.

PSR : Les procaryotes sulfato-réducteurs.

S/C : Simple concentrations.

TAC:Titre alcalimétrique complète.

TCA: Dureté calcique.

TH : Dureté totale.

V_{éq} : Volume équivalent.

µs/cm: Micro-siémens par centimètre.

Ω.cm⁻¹: L'Ohm par centimètre.

Méq : Millimètre équivalent.

h : heurs.

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure I.1 : Nappe phréatique..... | 07 |
| Figure I.2 : Nappe alluvionnaire..... | 08 |
| Figure I.3 : La nappe libre..... | 08 |
| Figure I.4 : La nappe captive..... | 09 |
| Figure I.5 : Structure de molécule de l'eau..... | 09 |
| Figure II.1 : Le processus d'extraction et préparation de l'argile du peuple de la tribu Haïti..... | 25 |
| Figure II.2 : Battage et pétrissage de l'argile du peuple de tribu Haïti..... | 26 |
| Figure II.3 : Le potier travail avec l'aide de son camarade sur le tour du potier..... | 26 |
| Figure II.2 : Le processus de modification du fond et des parois du bloc d'argile..... | 27 |
| Figure II.3 : Finition et décoration de la poterie..... | 28 |
| Figure II.4 : Séchage naturelle des poteries par le soleil..... | 28 |
| Figure II.5 : Modelage des poteries a l'aide des moules..... | 29 |
| Figure II.6 : Faire cuire la poterie au four traditionnelle..... | 30 |
| Figure II.7 : Décoré la poterie..... | 30 |
| Figure III.1: Localisation de la zone d'étude..... | 39 |
| Figure III.2 : Recherche et dénombrements des coliformes totaux et fécaux dans l'eau de poterie..... | 51 |
| Figure III.3 : Recherche et dénombrements des entérocoques dans l'eau de poterie..... | 55 |
| Figure III.4 : Recherche et dénombrements des clostridium sulfito-réducteurs dans l'eau d poterie..... | 58 |
| Figure IV.1: Evolution de la température de l'eau en fonction de temps..... | 63 |
| Figure IV.2: Evolution du pH de l'eau conservée en fonction de temps..... | 64 |
| Figure IV.3: Evolution de la turbidité de l'eau conservée en fonction de temps..... | 65 |
| Figure IV.4: Evolution de la conductivité de l'eau conservée en fonction de temps..... | 66 |

| | |
|---|----|
| Figure IV.5: Evolution des valeurs de titre alcalimétrique en fonction de temps..... | 67 |
| Figure IV.6: Evolution des valeurs de TAC en fonction de temps..... | 68 |
| Figure IV.7 : variation du titre hydrométrique en fonction du temps..... | 69 |
| Figure IV.8 : Evolution de la dureté calcique en fonction du temps..... | 70 |
| Figure IV.9 : Evolution du magnésium en fonction du temps..... | 71 |
| Figure IV.10 : Evolution du chlorure en fonction du temps..... | 73 |
| Figure A.1: Convergence de trois foggaras d'Ouled Saïd..... | 92 |
| Figure A.2: Schéma synoptique du site d'Ouled Haroun : lieu de convergence des foggaras :Anrite, Amokrane et Badgha (dessiné par HADDADJ LILIA)..... | 93 |

Liste des photos

| | |
|--|-----|
| Photo III.1: Le thermomètre utilisé..... | 41 |
| Photo III.2: Le pH mètre utilisé | 42 |
| Photo III.3: Appareil multi-paramètres mesuré (pH, conductimètre)..... | 43 |
| Photo III.4: Le turbidimètre utilisé..... | 44 |
| Photo III.5, 6: Préparation de la solution..... | 45 |
| Photo III.7: Virage de couleur avant titrage..... | 47 |
| Photo III.8: Virage de couleur après titrage..... | 47 |
| Photo III.9: Virage de couleur après titrage..... | 48 |
| Photo III.10: Virage de couleur après titrage..... | 49 |
| Photo III.11: Les tubes après l'incubation..... | 51 |
| Photo III.12: Les tubes de milieu EC après incubation..... | 52 |
| Photo III.13: Lecture finale après l'incubation..... | 53 |
| Photo III.14: Lecture finale après l'adjonction du réactif KOVAC'S..... | 54 |
| Photo III.15: Les tubes de Roth avant incubation..... | 55 |
| Photo III.16: Mélangeur vortex avancé..... | 55 |
| Photo III.17: Incubation des tubes de TSC..... | 56 |
| Photo A.1: L'endroit où l'échantillon a été prélevé..... | 99 |
| Photo A.2: Le pot de poterie « Guella »..... | 99 |
| Photo A.3: Gélose Lauryl Sulfate..... | 100 |
| Photo A.4: poudre de milieu EC..... | 101 |
| Photo A.5: poudre de milieu tryptophane..... | 102 |
| Photo A.6: poudre de milieu Rothe..... | 103 |
| Photo A.7: Le milieu de culture TSC..... | 103 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau I.1 : Classes de turbidités usuelles (NTU)..... | 12 |
| Tableau I.2 : Relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité électrique..... | 13 |
| Tableau I.3 : Les normes des paramètres physico-chimique et paramètres indésirable selon normes Algériennes..... | 21 |
| Tableau II.2 : Surface spécifique et capacité d'échange de cations de différentes argiles | 33 |
| Tableau II.3 : Comparatif des pouvoirs d'absorption et d'adsorption de différentes argiles | 34 |
| Tableau IV.4: Variation de température..... | 62 |
| Tableau IV.5 : Résultats de mesure pH..... | 64 |
| Tableau IV.6: Résultats de mesure la turbidité..... | 65 |
| Tableau IV.4 : Résultats de mesure la conductivité..... | 66 |
| Tableau IV.5 : Résultats de titre alcalimétrique..... | 67 |
| Tableau IV.6 : Résultats de titre alcalimétrique complet..... | 68 |
| Tableau IV.7: Résultats de mesure le titre hydrométrique..... | 69 |
| Tableau IV.8: Résultats de mesure le calcium..... | 70 |
| Tableau IV.9: Résultats de mesure magnésium..... | 71 |
| Tableau IV.10: Résultats de mesure chlorure..... | 72 |
| Tableau IV.11: Résultats d'analyse bactériologique(E.coli)..... | 74 |
| Tableau IV.12: Résultat d'analyse bactériologique(les entérocoques)..... | 75 |
| Tableau IV.13: Résultat d'analyse bactériologique (CSR)..... | 76 |
| Tableau A.1: Les normes physico-chimiques selon l'OMS..... | 89 |
| Tableau A.2 : Normes bactériologiques des eaux potable | 90 |
| Tableau A.3: La composition d'argile..... | 91 |
| Tableau A.4 : Matériels et verrerie des analyses physico-chimiques..... | 94 |
| Tableau A.5 : Préparation des solutions des analyses physico-chimiques..... | 98 |

Tableau A.6 : Table de MAC CREDY (NPP).....104

Introduction générale

Introduction générale

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et l'activité humaine. C'est une composante majeure des mondes minéral et organique. Dans le monde présent, l'eau participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles, ce qui la rend un élément récepteur exposé à tous les genres de pollution (**Achour, 2001**).

Le sud-ouest algérien se caractérise par la spécificité de l'approvisionnement en eau de manière traditionnelle appelée les *foggaras*, qui sont la plus ancienne source d'eau d'irrigation qui a été pendant des siècles la création d'oasis dans la région de Timimoun, la capitale de la région Gourara, où 90% de la population de la région pratique des activités agricoles dans les anciennes oasis et les nouvelles terres pour la remise en état. En outre, ils sont réputés pour utiliser des pots en argile pour conserver et stocker l'eau.

L'utilisation de techniques de traitement domestique des eaux de consommation est une alternative complémentaire aux systèmes centralisés de gestion et de fourniture d'eau. Les méthodes de traitement à domicile des eaux de consommation sont utilisées dans le but d'améliorer la qualité de l'eau consommée là où il n'existe aucun système centralisé de traitement et de distribution des eaux de consommation ou lorsque la qualité de l'eau à disposition est compromise. Les technologies de traitement et de stockage de l'eau à domicile sont nombreuses, variées et évoluent régulièrement et beaucoup sont largement utilisées dans différentes parties du monde (**OMS, 2012**).

La technologie la plus appropriée dépendra : de la qualité de l'eau brute, la disponibilité des matériaux et des équipements nécessaires, le délai d'utilisation de l'eau, les coutumes et préférences de la population locale et enfin les moyens nécessaires pour le suivi de la technologie (**Mwabi et al., 2011**).

L'utilisation de la poterie céramique semble être la technique appropriée pour parler, compte tenu des avantages qu'elle offre et de sa valeur historique et traditionnelle. Par conséquent, il est nécessaire de mener une recherche scientifique approfondie afin de pouvoir la contrôler.

Plusieurs travaux ont été réalisés sur l'évaluation de la qualité des eaux potable dans la région telle que les travaux de (**Mebarki et Bouregba, 2013 ; Aissaoui, 2013 ; Ammouche, 2013 ; Ayad, 2017 ; Behloul, 2009**), mais aucun travail n'a été fait sur

l'évaluation de la qualité des eaux dans la poterie en argile. Dans ce contexte, le présent travail vise principalement à la valorisation des poteries comme technique de conservation des eaux potable à domicile, économique, non coûteuse, et durable. Spécifiquement, il s'agit de :

- ✓ Déterminer les paramètres de performances physico-chimiques et microbiologiques des eaux conservées dans des poteries ;
- ✓ Evaluer les paramètres de performances microbiologiques des poteries en Argile.

Le présent manuscrit est constitué de trois chapitres, en plus d'une introduction et une conclusion générale.

Le 1^{er} chapitre présente une synthèse bibliographique sur l'eau et la poterie.

Le 2^{ème} chapitre présente les méthodes et matériels utilisés ainsi que les protocoles expérimentaux.

Dans le dernier chapitre sont présentées l'analyse et l'interprétation des résultats obtenus durant cette étude.

À la fin une conclusion générale est présentée, où seront rappelés les objectifs fixés et les résultats obtenus.

Chapitre I

Généralité sur l'eau potable

I. Généralité sur l'eau

I.1. Importance de l'eau

L'eau est un élément constitutif du milieu naturel dans l'écosystème, c'est également un élément indispensable à toute forme de vie sur notre planète et recouvre les 3/4 de la surface du globe terrestre et elle se présente sous multiples formes Pluie, glace, neige, etc. Sans oublier l'eau contenue dans le sol et la végétation (**Anglaret et Mortier, 2002**).

L'eau est un élément indispensable à la vie humaine, elle entre dans la composition du corps humain et la plupart des aliments. Elle est utilisée en alimentation humaine et animale, en industrie, en agriculture et autres secteurs (**Guerd et Mesghouni, 2007**).

De part sa consommation, elle joue également un rôle important dans la transmission des maladies hydriques par les agents pathogènes qu'elle véhicule (**Guerd et Mesghouni, 2007**).

I.2. Ressources hydriques naturelles

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 agricoles, à deux type de ressources naturelles :

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

L'eau à l'état naturel, superficielle ou souterraine, n'est jamais pure, c'est un milieu vivant qui se charge très rapidement divers éléments en contact des milieux qu'elle traverse et sur lesquels elle ruisselle. Ces éléments peuvent être présents dans l'eau sous les trois états (gaz, solide, liquide), posséder un caractère organique ou minéral et à l'état particulier avoir des dimensions très variables.

I.2.1. Eaux superficielles

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents, elles ont pour origine soit les eaux de ruissellement, soit les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau puis de rivière (**Jean-claude, 1983**).

Ces eaux se rassemblent en cours d'eau caractérisés par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et vitesse de circulation appréciable, elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (retenues, barrages)

caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour souvent élevée (**Guilbert, 2000**).

Il s'agit d'une ressource facilement accessible mais, malheureusement fragile et vulnérable, qui doit être protégée contre les divers facteurs de pollution qui la menacent.

Ces facteurs résultent, pour la plupart, de l'activité humaine et industrielle, mais aussi de processus naturels (eutrophisation: développement excessif d'algues et de plancton) qui peuvent dégrader la qualité de l'eau (**Berne et Jean, 1991**).

I.2.2. Eaux souterraines

Les eaux potables d'origine souterraines proviennent de deux sources essentielles: les nappes profondes et les nappes phréatiques (**Manceur et Djaballah, 2016**).

Les eaux des nappes profondes sont bien protégées des contaminants microbiens. Par contre, elles sont beaucoup plus accessibles aux souillures chimiques tels que les nitrates, les hydrocarbures, les détergents, les pesticides, les métaux, etc. En dépit de ce danger, les eaux profondes lorsqu'elles sont potables, sont idéales pour le consommateur (**Manceur et Djaballah, 2016**).

La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes, on appelle nappe aquifère une zone de terrain poreux et perméable formant une roche-magasin limitée à la partie inférieure par une roche imperméable formant le fond du réservoir. La surface supérieure de la nappe est appelée surface piézométrique (**Boeglin, 2001**).

L'altitude de chaque point de cette surface est appelée niveau-piézométrique qu'il ne faut pas confondre avec le niveau hydrostatique d'une surface d'eau libre. La forme de la surface piézométrique peut être déterminée par des sondages. Cette forme est fonction du niveau et du débit de l'exutoire ainsi que de la perméabilité du terrain, la pénétration, la circulation, le séjour de l'eau dans les terrains dépendent à la fois de leur nature, de leur structure élémentaire et des dispositions relatives des diverses couches géologique, parmi les paramètres de structure, citons: la répartition granulométrique, la porosité, la perméabilité (**Boeglin, 2001**).

I.2.2.1. Différent types des nappes

Selon les géologues, on peut distinguer différents types de nappes (**Behlouli et Laibiad, 2008**).

➤ Nappes profondes

Peuvent fournir des eaux naturellement peines utilisables à leur émergence naturelle (source) soit par forage ou par puits, sous réserves que soient protégés contre les infiltrations superficielles (**Rodier, 1996**).

➤ Nappes phréatiques

Couramment exploitées en milieu rural par les puits, malheureusement l'infiltration est importante et la nappe est souvent contaminée (**Jean-claude, 1983**).

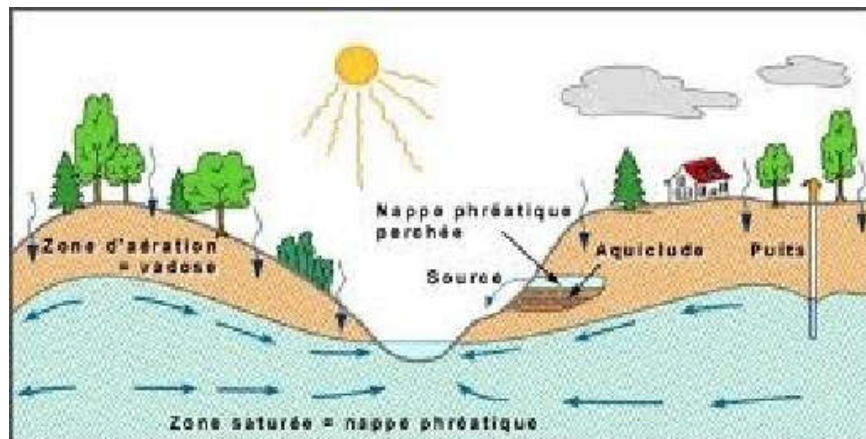


Figure I.1 : Nappes phréatiques.

➤ Nappes alluvionnaires

Les plaines alluvionnaires sont souvent formées de matériaux détritiques, c'est-à-dire de débris, très poreux et gorgés l'eau (figure I.2). 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 coteaux. Au voisinage de la mer, la nappe peut recevoir de l'eau salée.

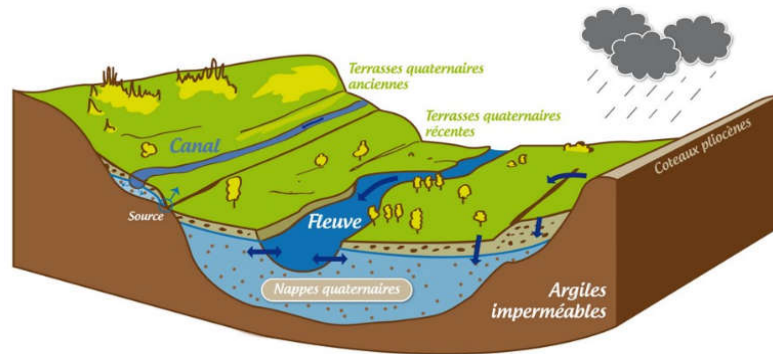


Figure I.2 : Nappes alluvionnaires.

➤ **Nappes actives (ou nappes libres)**

C'est une nappe due à la succession d'une couche imperméable surmontée d'une roche-magasin (figure I.1).

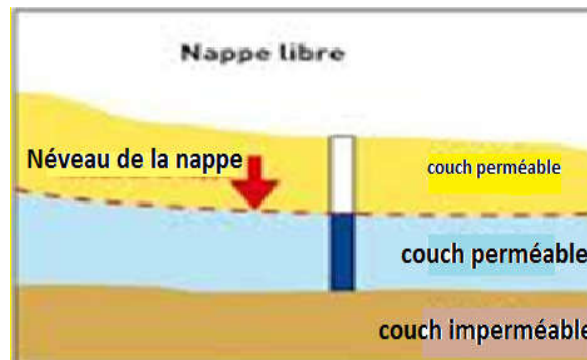


Figure I.3 : Nappes actives.

Elles sont directement alimentées par infiltration des eaux de ruissellement, donc elle très sensible à la pollution de surface (**Mokeddem et Ouddane, 2005**).

➤ **Nappe captive**

Ces nappes sont le résultat de l'enfoncement d'une roche-magasin par suite de la pente des couches géologiques (figure I.2). L'eau est enfouie dans le sol depuis des milliers ou des certaine de milliers d'années. Ces nappes sont exploitées par des forages leur profondes jusque 600 et même 1000 m (**Behlouli et Laibiad, 2008**).

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

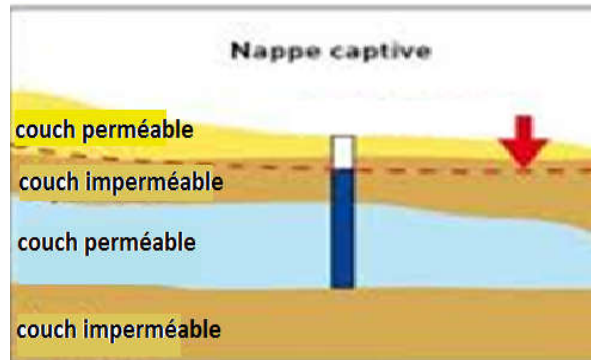


Figure I.4 : Nappes captives.

I.3. Structure de l'eau

La molécule d'eau est composée de deux atomes d'hydrogène (de symbole chimique H) et d'un atome d'oxygène (de symbole chimique O) lié par deux liaisons covalentes simples, formant un angle de 104.5° , sa formule chimique est H_2O . Les liaisons entre les molécules d'eau sont appelées liaisons hydrogène (sont des liaisons physiques très faibles) (figure I.3). Comme toute molécule, celle de l'eau est électriquement neutre. La molécule d'eau présente un moment dipolaire élevé (1,85 D), dû à la forte électronégativité de l'atome d'oxygène. Cette polarisation permet d'expliquer pourquoi l'eau conduit le courant électrique et d'autres propriétés remarquables (Blancher, 1972).

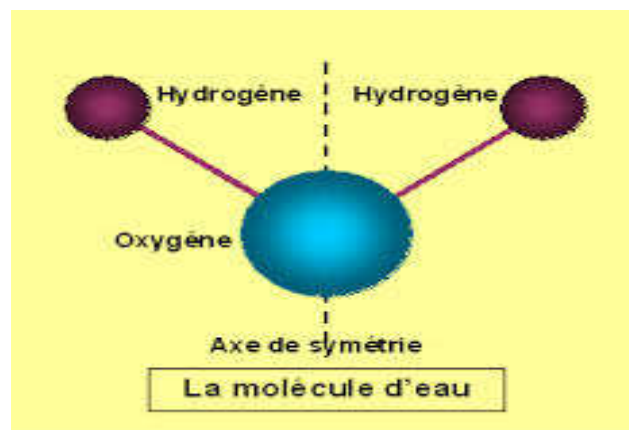


Figure I.5 : Structure de molécule d'eau.

I.3.1. Etats de l'eau

Est la seule substance sur terre qui existe naturellement sous ses trois états:

- **L'état gazeux (vapeur)** : correspond exactement à la formule H_2O et en particulier au modèle angulaire.

- **L'état solide (glace, neige) :** l'arrangement élémentaire consiste en une molécule d'eau centrale et quatre périphérique, l'ensemble affectant la forme d'un tétraèdre.
- **L'état liquide (océans, rivières) :** il y a association de plusieurs molécules par des liaisons particulières dites liaisons hydrogène, chaque atome d'hydrogène d'une molécule d'eau étant lié à l'atome d'oxygène de la molécule voisine. Dans l'espace la molécule est tétraédrique (**Roux, 1987**).

II. Qualité de l'eau potable

Afin de définir régulièrement une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nuisibles et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne désigne donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur (**Alouane, 2012**).

II.1. Les caractéristiques organoleptiques

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé.

II.1.1. La Couleur

Dans l'idéal, l'eau potable doit être claire et incolore. Le changement de couleur d'une eau potable peut être le premier signe d'un problème de qualité. Dans un échantillon d'eau, l'intensité relative d'une couleur est analysée à l'aide d'une échelle arbitraire composée d'unités de couleur vraie (**Degrement, 1952**).

II.1.2. Goût et Odeur

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur non désagréables.

La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur. Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont dextrement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer.

Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère (**Degrement, 1952**).

II.1.3. La saveur

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (**Rodier, 2005**).

II.2. Les caractéristiques physico-chimiques

II.2.1. Caractéristiques physique

II.2.1.1. Température

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond (**Rodier, 1996**).

II.2.1.2. Dureté

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations en cations métalliques calcium, magnésium, aluminium, fer, strontium etc.

Présents dans l'eau, les deux premiers cations (Ca^{2+} et Mg^{2+}) étant généralement les plus abondants. Comme le calcium est un des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau (**Guilbert, 2000**).

Une eau à titre hydrotimétrie élevée est dit « dure » dans le cas contraire il s'agit d'une « douce » (**Rodier, 1996**).

II.2.1.3. Turbidité

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée sur la teneur en matière en suspension. Les eaux troubles sont chargées de substances finement divisées (grains de silice, matière organique, limons, ...etc.), elles forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs. Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU (**Jean-Claude, 1983**).

Tableau I.1 : Classes de turbidités usuelles (NTU).

| NTU | La nature de l'eau |
|--------------|---|
| NTU < 5 | Eau claire |
| 5 < NTU < 30 | Eau légèrement trouble |
| NTU > 50 | Eau trouble |
| NTU | NTU La plupart des eaux de surface en Afrique atteignent ce niveau de turbidité |

II.2.1.4. Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau ou la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm, elle est l'inverse de la résistivité électrique (**Rodier, 1996**).

II.2.1.5. Résistivité électrique

La résistivité est l'inverse de la conductivité et permet de mesurer la minéralisation globale de l'eau (**Coinl, 1981**).

On obtient la résistivité à partir de la conductivité par la formule suivante :
Résistivité (Ω cm) = 1000000/conductivité.

II.2.1.6. Minéralisation globale

La minéralisation traduit la teneur globale en sels minéraux dissous, tels que carbonates, bicarbonates, chlorures, sulfates, calcium, sodium, potassium, magnésium (**Degremont, 1990**).

Une minéralisation excessive donne un goût salé et peut avoir des effets laxatifs. Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (**Rodier, 2009**).

Tableau I.2 : La relation entre la minéralisation de l'eau et la conductivité électrique
(Behlouli et Laibiad, 2008).

| Qualité de l'eau | Minéralisation | Conductivité électronique |
|---------------------------|----------------|------------------------------|
| Eau de qualité excellente | Faible | 50.....400 $\mu\text{S/cm}$ |
| Eau bonne | Moyenne | 400.....750 $\mu\text{S/cm}$ |
| Eau moyenne | Importante | 750.....150 $\mu\text{S/cm}$ |
| Eau mauvaise | Excessive | > 1500 $\mu\text{S/cm}$ |

II.2.1.7. Résidu sec

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau cette teneur peut varier de moins de 100 mg/l (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/l (Berne et Jean, 1991).

II.2.2. Caractéristiques chimiques

La qualité chimique de l'eau est l'ensemble des caractéristiques générales de l'eau et des concentrations de minéraux dissous dans l'eau. Elle dépend des types de matériaux présents dans le sol et du temps de contact de l'eau avec ces matériaux. Le terme technique qui désigne les éléments à analyser est « paramètres » (Catherine, 2009).

II.2.2.1. pH (Potentiel Hydrogène)

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène (H^+), il est inférieur ou supérieur à 7 suivant que l'eau est acide ou basique. Il n'a pas de la signification hygiénique mais il représente une notion importante de la détermination de l'agressivité de l'eau et la précipitation des éléments dissous (Abdeselem, 1999).

II.2.2.2. Oxygène dissous

L'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau, il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique (Ghazali et al., 2013).

II.2.2.3. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés. Elle correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins Na^+ , K^+ et H^+ . Elle est souvent due aux ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. On distingue la dureté carbonatée ou dureté temporaire qui provient des carbonates et bicarbonates et la dureté non carbonatée ou dureté permanente qui provient des sulfates et chlorures.

Une eau très dure présente des inconvénients d'utilisation, tels que la diminution des propriétés des détergents des lessives, savons et les dépôts de tartre sur les parois des canalisations d'eau. Une eau trop douce est une eau corrosive. Elle attaque les parois des canalisations d'eau et contribue à la dégradation de la qualité de l'eau à la suite de la dissolution de métaux lourds tels que le plomb (**Degremont, 2005**).

II.2.2.4. Matières en suspension

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, donc retenues par un filtre. Les matières en suspension, qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution de l'eau (**Satin et Selmi, 1999**).

La présence des matières en suspension augmente la turbidité de l'eau et diminue sa transparence (**Rodier, 2005**).

Une eau potable ne doit pas contenir de matières, en suspension décantables, pour une eau qui contient des suspensions à des teneurs de quelques milligrammes par litre, ne pose pas de problèmes majeurs (**Degremont, 2005**).

II.2.2.5. Matières organiques dissoutes

Dans les eaux naturelles, elles représentent plusieurs familles de composés parmi les quelles on peut citer les acides humiques, les acides carboxyliques et les acides hydrates de carbone. Elles sont caractérisables globalement par l'oxydabilité au permanganate ou le carbone organique total (**Codex Stan et Coin, 1981**).

On distingue deux origines de ces matières : les matières organiques acides d'origines animales et les matières organiques basiques d'origines végétales (**Codex Stan et Coin, 1981**).

Elles constituent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne. Ces matières réagissent avec le chlore et affectent le goût et l'odeur (**Jean, 2002**).

II.2.2.6. Dioxyde de carbone libre (CO₂ libre)

Le gaz carbonique CO₂ joue un rôle important dans la chimie des eaux. Le CO₂ combiné à l'eau, possède effectivement des propriétés acides, ce qui donne naissance notamment aux carbonates et bicarbonates de calcium et de magnésium (**Dupont, 1974**).

II.2.2.7. Titre Alcalimétrique (TA et TAC)

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes « OH⁻ » et une valence de carbonates. Le titre alcalimétrique complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates (**Berné et Cordonnier, 1991**).

a) Le Titre Alcalimétrique (TA)

Permet de connaître la teneur en hydroxyde (OH⁻), la moitié de la teneur en Carbonate CO₃²⁻, et un tiers environ des phosphates présents (**Degremont, 1989**).

b) Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

Elle correspond à la teneur en ions OH⁻, CO₃²⁻ et HCO₃⁻ pour des pH inférieurs à 8.3, la teneur en ions OH⁻ et CO₃²⁻ est négligeable (TA= 0) dans ce cas la mesure de TAC correspond au dosage des bicarbonates seuls (**Desiardins Raymond, 1990**).

Le TAC s'exprime en degré française (°F), ou en milliéquivalent par litre, on déduit que 1 méq/l = 5 °F.

Le niveau guide dans les eaux de consommation humaine est 50 °F (**Lagreb et al., 2006**).

II.2.2.8. Sels Minéraux Dissous

1. Cations

a) Calcium (Ca⁺)

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates.

Composant majeur de la dureté de l'eau le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature de terrains traversés.

Il existe surtout à l'état l'hydrogénocarbonate et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures, ...etc. **(Rodier, 1976).**

b) Magnésium (Mg^{+})

Éléments indispensables à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau **(Kemmer, 1984).**

c) Potassium (K^{+})

Le potassium est le cation le plus abondant du liquide intracellulaire et joue un rôle important dans un grand nombre de fonctions cellulaires pour les quelles les besoins de l'organisme par jour sont importants **(Houillier et al., 2004).**

d) Sodium (Na^{+})

Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommées **(Rodier, 2005).**

e) Ammonium (NH_4^{+})

Dans l'eau, l'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes : l'ion ammonium (NH_4^{+}) et la seconde non dissociée communément appelée ammoniaque (NH_3) **(Gaujour, 1995).**

En ce qui concerne la toxicité de l'ammoniaque, il est reconnu que ce n'est pas la forme ammoniaque ionisée qui est toxique, mais celle non ionisée dont la proportion dépend du pH et de la température **(Rodier, 1996).**

f) Fer

Le fer est l'un des métaux les plus abondants dans la croûte terrestre. Il se trouve dans l'eau douce naturelle à des niveaux allant de 0,5 à 50 mg /litre. Le fer peut également être présent dans l'eau de boisson à la suite de l'utilisation de coagulants de fer ou de la corrosion de l'acier et des tuyaux en fonte pendant la distribution de l'eau. Le fer présent dans l'eau potable est un élément essentiel dans la nutrition humaine **(OMS, 2003).**

2) Anions

a) Les chlorures

Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations variables. Ils peuvent avoir plusieurs origines:

- Percolation à travers des terrains salés ;
- Infiltration d'eaux marines dans les nappes phréatiques ;
- Activités humaines et industrielles.

Les normes Algériennes préconisent pour les chlorures une concentration maximale acceptable de 200 mg/l et une concentration maximale admissible de 500 mg/l.

Une présence excessive des chlorures dans l'eau d'alimentation, la rend corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes. Une forte fluctuation des chlorures dans le temps peut être considérée comme indice de pollution (**Berne, 1972**).

b) Carbonates et Bicarbonates

L'ion bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes, sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO₂ à partir des minéraux contenant des carbonates (**Rodier, 2005**).

c) Nitrates (NO₃⁻) et nitrites (NO₂⁻)

Les nitrites et nitrates sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH₄⁺) (**Gaujour, 1995**).

Ils sont extrêmement solubles, ils pénètrent le sol et les eaux souterraines où se déversent dans les cours d'eau par ruissellement, ils constituent une des causes majeures de la dégradation des eaux à long terme.

Les nitrites sont formés par dégradation de la matière azotée mais ils sont rapidement transformés en nitrates dans les sources d'eau potable (**Lepeltie, 2005**).

Dans les eaux, la quantité des nitrates maximale admissible est fixée de 50 mg/L (**Coulais, 2002**).

Chez les nourrissons, la réduction du nitrate en nitrite peut provoquer une méthémoglobinémie (inaptitude du sang à transporter l'oxygène) (**Gaujour, 1995**).

II.2.3. Les paramètres microbiologiques

Le but essentiel des analyses bactériologiques est en premier lieu de confirmer la présence de bactéries, puis de définir les circonstances dans laquelle cette eau a été contaminée et enfin la désinfection.

Pour évaluer ces risques un certain nombre d'indicateurs de contamination fécale ont été retenus. On cite les organismes coliformes qui sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux (thermotolérant), les streptocoques fécaux et les clostridium sulfite-réducteurs (**Hartemann, 2004**).

II.2.3.1. Germes

Ils comprennent tous les bacilles en bâtonnets gram-négatif, non sporulés qui font faire fermenter à 37 °C et au moins de 24 h le lactose.

Les dénombrements de ces organismes à 37 °C « coliformes totaux » ; la présence de ces organismes dans l'eau est la preuve qu'elle a subi une contamination par des matières fécales.

II.2.3.1.1. Les coliformes totaux

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des enterobacteriaceae, correspondent à des bacilles gram négatif, non sporulés, aéro/anaérobies facultatifs, possèdent des propriétés caractéristiques de structure et de culture à 35-37 °C, ils sont sensibles au chlore (**Hamed et al., 2012**).

II.2.3.1.2. Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la température de 44 °C (**Edbberg et al., 2000**).

- **Escherichia coli (colibacille)**

L'espèce la plus fréquemment associée aux coliformes fécaux est E.coli représente toutefois 80 à 90% des coliformes thermo-tolérants détectés (**OMS, 2004**), n'énonce que la présence d'E.coli, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente (qui pousse à 44 °C) (**Maiga, 2005**).

- **Intérêt de la recherche et de dénombrement d'E.coli**

Selon l'OMS, l'indicateur le plus précis pour estimer la pollution fécale est en fait E.coli, en raison de son abondance dans les fèces humaines (jusqu'à 1 milliard de bactéries par gramme de matière fraîche), et de sa persistance pour être recherché (sa durée de détection dans l'eau à 20 °C varie d'une semaine à un mois) (**Debabza, 2005**).

II.2.3.1.3. Les Salmonelles

Le genre salmonella comprend de nombreuses espèces pathogènes, les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes touchent dans le monde environ cinq cent mille personnes. Les salmonelles sont éliminées par les selles et peuvent contaminer l'eau (**Baziz, 2000**).

II.2.3.1.4. Les entérocoques

Sous la dénomination générale de «streptocoques fécaux», il faut entendre l'ensemble des streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield (**Rodier, 2005**).

Ils sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, ils sont des Grams positifs, groupes en chaînettes, anaérobies facultatifs, catalase négatif et immobiles (**Bourgeois et Mescle, 1996**).

- **Intérêt du dénombrement des streptocoques fécaux**

L'apport d'entérocoques par rapport aux coliformes consiste en leur plus grande résistance dans les eaux naturelles (**Maiga, 2005**).

Leur présence serait donc le signe d'une contamination fécale de l'eau plus ancienne (**Maiga, 2005**).

II.2.3.1.5. Bactérie sulfato- réducteurs

Les micro-organismes sulfato-réducteurs (MSR) ou réducteurs de sulfate, encore appelés procaryotes sulfato-réducteurs (PSR) sont un groupe de microorganismes comprenant les bactéries sulfato-réductrices (BSR) et les archées sulfato-réducteurs (ASR).

Ces deux sous-groupes peuvent effectuer leur respiration anaérobie en utilisant le sulfate (SO_4^{2-}) comme accepteur d'électron final, en le réduisant en sulfure d'hydrogène (H_2S). Par conséquent, ces micro-organismes sulfidogènes "respirent" du sulfate plutôt que de l'oxygène moléculaire (O_2), qui est l'accepteur d'électron final réduit en eau (H_2O) dans la respiration aérobie

III. Les normes de qualité des eaux potables

III.1. Définition d'une norme

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

III.2. Les normes de qualité des eaux potable

L'eau après traitement doit répondre aux normes de qualité établis selon différents paramètres, notamment microbiologique, des analyses sont effectuées pour vérifier le respect de ces normes (**Degrmont, 2005**).

Ces normes de qualité, s'appuient sur les travaux médicaux de l'organisation mondiale de la santé (O.M.S) qui diffusent des recommandations sur les doses maximales admissibles à respecter, c'est-à-dire la quantité qu'un individu peut absorber dans danger quotidiennement et tout au long de vie.

Ces recommandation sont adaptées dans chaque pays en fonction de leur état sanitaire, leur situation économique et selon la réglementation en vigueur (**Degrmont, 2005**).

III.3. Les normes des paramètres physico-chimiques

Tableau I.3 : Les normes des paramètres physico-chimiques et paramètres indésirable selon normes algériennes (Nasrri et al., 2008).

| Les paramètres | Unités | Les normes Algériennes |
|------------------------------|------------|------------------------|
| pH | - | 6.5 - 8.5 |
| La conductivité électronique | $\mu S/cm$ | 2800 |
| La turbidité | NTU | 5 |
| La dureté | °F | 50 |
| L'alcalinité | °F | - |
| L'anhydride carbonique libre | mg/l | - |
| Les chlorures | mg/l | 200 |
| Nitrates | mg/l | 50 |
| Nitrites | mg/l | 1 |
| Magnésium | mg/l | 150 |
| Calcium | mg/l | 200 |
| Sodium | mg/l | - |
| Aluminium | mg/l | - |
| Potassium | mg/l | - |
| Résidu sec | mg/l | 2000 |

Chapitre II

Généralité sur la poterie

I.1. Historique

L'invention de la poterie a eu lieu pendant la préhistoire : on situe souvent cette invention au Néolithique, en Asie Mineure, vers le VIII^e millénaire av. J.-C. mais cette hypothèse est toutefois battue en brèche par les découvertes des dernières décennies : au Japon, la poterie aurait été inventée vers le XI^e millénaire av. J.-C., pendant la période Jomon. Au Proche-Orient, elle serait apparue vers le Xe millénaire av. J.-C. Un autre foyer d'invention, situé en Afrique saharienne, a quant à lui été daté du VIII^e millénaire av. J.-C. par ailleurs, des découvertes récentes le long du fleuve Amur, dans l'est de la Russie, ont révélé des traces de céramique. Ces dernières ont été datées de 13 000 av. J.-C., mais leur conception laisse à penser que les traditions céramiques seraient encore plus anciennes **(Dorothee Bajoux poterie, 2013)**.

Plus encore, les datations au carbone 14 effectuées en Chine du sud à la fin des années 1990 sur les couches où l'on avait trouvé des tessons de poterie ont donné des dates situées entre 9 000 et 14 000 avant Jésus-Christ. Enfin, en Tchécoslovaque, on a daté une statuette de céramique de la culture gravettienne autour de 24 000 ans avant Jésus-Christ, entre 3500 et 3450 avant J.C., la poterie subit une véritable révolution avec l'introduction du tour de potier, au Proche-Orient grâce à une nouvelle population venue du croissant fertile, et en Chine entre 3000 et 2000 avant J.-C., grâce à la culture de Long shan. Entre 2900 et 2300 avant J.-C., durant l'âge du bronze, on trouve des traces de décoration à base d'engobe, la fabrication de pièces de porcelaine faisant appel à une large proportion de kaolin remonte en Chine à la dynastie des Han de l'est, entre 25 et 220 ans après l'ère chrétienne. La conduite de la cuisson jusqu'à 1200 °C environ et les poteries blanches vitrifiées utilisant des pâtes principalement composées de kaolin existent donc en Chine depuis le III^e siècle de l^{ère} chrétienne au moins, même si à cette époque la très grande majorité des céramiques étaient en fait de simples terres cuites, ou, au mieux, des grès. Cette découverte très ancienne de la porcelaine a été un triomphe technique dans le domaine de la céramique, même s'il a fallu attendre les XVII^e et XVIII^e siècles pour voir affluer en Europe des porcelaines « coquilles d'œuf » dont la minceur des parois met en valeur le caractère translucide **(Dorothee Bajoux poterie, 2013)**.

En Algérie, l'histoire de la poterie remonte à 3000 ans auparavant, quelques morceaux de poterie berbère ont été trouvés dans certaines régions d'Afrique du Nord, cela montre l'âge de la culture, l'ancienneté de la civilisation et la fascination pour la présence des berbères en Afrique du Nord. Je vais parler de la poterie qu'à partir de l'année 670 de

notre ère. Cette période coïncide avec la création de la ville de Kairouan, première ville musulmane en Afrique du Nord, est le symbole du triomphe de l'invasion musulmane-arabe. A partir de cette date, jusqu'au XVe siècle, tous les principes fondamentaux de la civilisation viendrait uniquement de l'orient (**Guerri, 2014**).

Le milieu de ce siècle verrait une flottille d'envahisseurs nomades, envoyé par le calife du Caire, sur les berbères orientaux. Ce devait être un événement d'une importance capitale qui allait changer la face de l'Algérie. Néanmoins, la série d'invasions qui allaient suivre allaient changer la source des principes guidant le développement de la civilisation qui, à l'avenir, viendrait de l'Ouest (**Guerri, 2014**).

La poterie est différente d'une région à l'autre, résultat des diverses influences qu'elle a subi au cours de l'histoire. Si les étapes de fabrication sont sensiblement les mêmes, le résultat est loin d'être identique. En Kabylie, par exemple, la poterie, ornée de motifs, est de teinte rouge. Au sud d'Adrar, on trouve des objets aux formes plutôt originales et de couleur noire. Les poteries des Monts Nemencha sont façonnées dans de l'argile aux tons rosés et décorées de dessins bruns. A l'origine, les objets étaient fabriqués en famille et échangés entre voisins. Aujourd'hui vous en trouverez à la vente un peu partout dans les pays (**Oudjedoub et Chalouche, 2004**).

I.2. Définition de la poterie

La poterie, l'un des arts décoratifs les plus anciens et les plus répandus, constituée d'objets en argile et durcis à la chaleur. Les objets fabriqués sont généralement utiles, tels que des récipients pour contenir des liquides ou des assiettes ou des bols à partir desquels la nourriture peut être servie (**George Savage, 2000**).

I.3. Étapes et processus de fabrication de la poterie (Edouard, 1998)

La fabrication d'une poterie commence par :

I.3.1. Extraction de l'argile

L'argile se trouve sous terre, parfois à plusieurs mètres de profondeur. En général, elle est sèche et friable. Pour vérifier qu'il s'agit bien d'argile, on mélange un peu avec de l'eau. Si la masse devient malléable et non boueuse, c'est bien de l'argile. S'il se forme une mousse ou un liquide blanc ou si la masse devient noire et très collante il est préférable de ne pas utiliser cette terre.

I.3.2. Préparation de l'argile

La première étape consiste à débarrasser l'argile brute de tous les corps étrangers. Ensuite, on la mélange à de l'eau jusqu'à obtenir une masse souple et malléable. Il est possible de stocker de l'argile, mais à condition qu'elle soit humide et bien couverte. Pour cela, le mieux est d'utiliser des sacs ou des seaux en plastique. Des chiffons ou des éponges humides peuvent aussi empêcher l'argile de sécher. Ainsi protégée, elle peut être stockée pour une très longue durée.



Figure II.1 : Le processus d'extraction et préparation de l'argile du peuple de la tribu Haïti.

I.3.3. Battage et pétrissage de l'argile

C'est en battant et en malaxant l'argile qu'on la prépare pour le modelage. Le battage permet d'éliminer les bulles d'air et de bien mélanger les couches éventuelles de l'argile. Pour ce faire, on divise en deux une boule d'argile de la taille d'un melon, en la tordant des deux mains ou en utilisant un morceau de fil de fer, puis on presse à nouveau les deux moitiés ensemble. On répète l'opération 10 à 20 fois jusqu'à obtenir une masse parfaitement malléable.

Après le battage, on ne pétrit que la quantité d'argile dont on a besoin pour la séance de travail. On utilise les deux mains, paumes et doigts, pendant environ 20 minutes.



Figure II.2 : Battage et pétrissage de l'argile du peuple de tribu Haïti.

I.3.4. Tour de potier

Pour ce qui est du travail du tour, mieux vaut demander les conseils d'un potier expérimenté, le tour de potier est toujours utilisé pour le modelage des récipients de forme ronde, le plateau du tour est en rotation pendant toute la phase du modelage. Pour commencer, il faut placer une Boule d'argile bien au centre du plateau qui doit être propre et humide.



Figure II.3 : Le potier travail avec l'aide de son camarade sur le tour du potier.

Remarque

Le volant d'inertie, une sorte de roue, est l'un des types les plus anciens et les plus simples d'entraînements utilisés pour faire de la poterie au tour. Le potier entraîne la roue en la poussant du pied à intervalles réguliers. L'utilisation de ce type de tour demande de la force et de la pratique, mais il permet au potier de travailler seul.

I.3.5. Fond et parois

Une règle d'or : veillé à ce que les mains et l'argile soient toujours humides, sinon l'argile se dessèche et risque de se briser.

Pour écarter la masse d'argile, on appuie les deux pouces au milieu de la boule qui s'ouvre, jusqu'à l'épaisseur de fond voulue. La bordure d'argile restante sert ensuite à dresser les parois. Pour cette opération (qui exige déjà une certaine expérience), on utilise la main droite, bien humidifiée, pour presser la bordure d'argile de l'extérieur vers l'intérieur. La main gauche, elle, sert de guide et de soutien côté intérieur. En combinant ainsi l'action des deux mains et la rotation de l'argile, on parvient peu à peu à dresser la paroi.



Figure II.4 : Le processus de modification du fond et des parois du bloc d'argile.

Remarque

En cas de ratage, on peut toujours remodeler et refaçonner le gâteau d'argile tant qu'il reste encore humide. C'est l'intensité de la pression qui détermine le diamètre du récipient. Une pression un peu plus forte de l'intérieur et la paroi devient plus ventrue. Le diamètre se réduit si la pression est plus forte de l'extérieur. Eviter surtout les gestes brusques et travailler tout en souplesse.

Les extrémités du pouce et de l'index permettent de façonner le col du récipient. Les bords et le bec peuvent être modelés en laissant libre cours à son imagination.

Enfin, le tour arrêté, on détache le récipient du plateau à l'aide d'un fil métallique.

I.3.6. Finition et décoration

Avant le séchage, on lisse le récipient soit avec une pierre ronde, un morceau de bois ou encore une éponge humide, sans oublier de gratter l'argile en excédent. On rectifie la surface de la base et avec un objet pointu, on dessine les motifs que l'on veut sur le récipient.



Figure II.5 : Finition et décoration de la poterie.

I.3.7. Séchage

Avant la cuisson, il faut faire sécher la poterie modelée pendant 8 à 10 jours. Au bout d'une journée, l'objet acquiert la consistance du cuir, mais il peut encore être retouché et nettoyé. On reconnaît une poterie bien sèche à sa couleur plus claire et à la hauteur du son qu'elle rend lorsqu'on la tapote avec précaution. Attention : une poterie sèche est encore très fragile, C'est uniquement quand elle est cuite au four qu'elle devient dure comme pierre.



Figure II.6 : Séchage naturelle des poteries par le soleil.

I.3.8. Modelage à l'aide des moules

On peut également modeler l'argile sans tour, soit à la main tout simplement, soit à l'aide de moules.

S'il faut respecter une certaine régularité des tailles, il est recommandé d'utiliser des formes dans lesquelles l'argile est pressée. On emploie cette méthode pour les matériaux de construction tels que les tuiles, les briques et les carreaux. Quant aux moules, ils peuvent être fabriqués par un menuisier ou un forgeron. Quand le moule est réalisé en deux parties, le démoulage est plus facile.

Avant de presser ou de battre l'argile dans la forme, on peut enduire celle-ci avec de l'eau ou mieux encore avec du kérosène ; cela facilite le démoulage ultérieur.



Figure II.7 : Modelage des poteries à l'aide des moules.

I.3.9. Cuisson

Il existe plusieurs sortes de fours, nous en décrivons ici deux :

Le premier est un four cylindrique en terre avec un toit plat, le foyer se trouve à l'intérieur. La chaleur monte de l'intérieur et sort par les trous pratiqués dans le toit et sur lequel la poterie est entassée. Pour que la chaleur ne puisse s'échapper trop vite, on recouvre les objets de tessons de terre cuite ou de terre humide.

Le deuxième type de four est un four en briques, à foyer attenant, une cheminée produit un appel d'air qui entraîne les gaz chauds du foyer vers les chambres de cuisson. Ces gaz circulent autour de la poterie et s'échappent à travers le conduit. Pour alimenter le feu, il n'est pas nécessaire d'abattre des arbres puisqu'on trouve facilement de la bagasse ou des écales de noix de coco, ou toute sorte de combustible qui brûle aussi bien.



Figure II.8 : Faire cuire la poterie au four traditionnelle.

I.3.10. Décoration

Bien que de nombreuses poteries soient restées naturelles, il est fréquent de les trouver Décorées de motifs géométriques.

Dans le cas de représentations zoomorphes ou anthropomorphes, ces motifs sont stylisés et s'adaptent à la surface complexe du support, les motifs sont produits par l'ajout, partiel ou total, d'un engobe ou d'un émail pour les poteries vernissées. Le motif peut être exécuté par un procédé mécanique, scarification ou gravure de la surface ou bien par une réaction chimique après masquage de certaines parties, le décor peut être également réalisé après cuisson à l'aide de peintures industrielles. Ces pièces peintes, peu résistantes, sont réservées aux usages décoratifs ou cultuels.



Figure II.9 : Décoré la poterie.

II. généralité sur la poterie (Guella) (Krinah, 2021)

II.1. Les Étapes principale de la fabrication la poterie « Guella »

- 1) Préparation de boue et de liquidation d'impuretés, puis un bon pétrir ;
- 2) La poterie est soumise à la formation manuelle sur la machine à roues ;
- 3) La poterie est soumise à un séchage normal afin de perdre toute l'eau en argile ;
- 4) Le manque d'argile doit être soumis à une cuisson à l'intérieur du four à une température comprise entre 95 °C et 100 °C et ce sera pour une durée de 8 à 10 h.

II.2. les avantages de conserve l'eau dans le pot d'argile (Guella)

- 1) Fournit de l'oxygène et de l'énergie pour le corps ;
- 2) Contient l'énergie vitale imperméable ;
- 3) Disponibilité de la température réduite et appropriée pour le corps ;
- 4) Augmente naturellement l'eau alcaline ;
- 5) Améliore le processus de métabolisme ou de métabolisme ;
- 6) Le corps étend les minéraux naturels ;
- 7) L'argile est considérée comme un agent nettoyant naturel pour l'eau des d'impuretés et des bactéries.

Remarque

L'eau alcaline est le secret de la santé et de la vitalité.

L'eau alcaline est un type d'eau dont le pH est élevé, on considère que les liquides ont un pH supérieur à 7 solutions alcalines ou basiques. Quant au pH de 7, il est considéré comme neutre et est égal à l'acidité de l'eau pure à une température de 25 °C, l'eau ionisée alcaline contient un pourcentage élevé des éléments du premier groupe du tableau périodique tels que le sodium et le potassium, et ces éléments sont appelés alcalins, et l'eau alcaline contient d'autres éléments tels que le calcium et le magnésium.

II.3. les inconvénients de conserve l'eau dans le pot d'argile (Guella)

En général, il n'y a pas d'inconvénients confirmés et validés à l'eau conservée dans la poterie, sauf dans le cas où l'argile utilisée dans l'industrie est impure ou de source polluée.

II.4. Propriétés argile

Les propriétés sont définies par la constitution chimique, l'épaisseur et l'écartement des feuillets de l'argile, la composition d'argile sont conférer à (**Annexe N° 04**).

II.4.1. Absorbant et Adsorbant (Andriane, 2003).

L'absorption correspond à l'internalisation d'un liquide ou d'un gaz. L'exemple typique est celui de l'éponge s'imbibant de liquide, au niveau de l'argile ce phénomène est passif, il se produit par capillarité, contrairement à l'absorption au niveau du tube digestif. Les argiles les plus absorbantes ne sont pas conseillées en usage interne. Le risque de constipation est trop important.

Elles sont généralement utilisées comme capteur de liquides et d'odeur (entrent dans la composition des litières) ou comme détachant, ...etc.

L'adsorption est une autre qualité des argiles. Contrairement au phénomène d'absorption qui internalise les molécules (à l'état liquide ou gazeux), l'adsorption correspond à la fixation de molécules en surface. Elle s'applique également aux liquides et aux gaz, cette fixation peut être ionique, électrostatique ou encore relative aux tensions superficielles.

Deux types d'adsorptions sont identifiés. Le premier est physique, par la formation décomplexes avec des molécules organiques, les liens électrostatiques entre les feuillets et les cations inter foliaires étant très faibles (liaisons de Van der Waals), ils permettent la fixation de molécules organiques externes. Le second l'adsorption chimique, qui relève des liaisons ioniques, est la majeure partie du pouvoir adsorbant. Les argiles étant chargées négativement à l'intérieur et positivement en surface. Les atomes de silicium (Si) et aluminium (Al), à l'intérieur de la structure, sont positifs. Les ions oxygène (O) et hydroxyles (OH) aux sommets de la structure sont négatifs. Ces ions négatifs à la surface du feuillet sont fixés à des atomes de sodium (Na), chargés positivement.

L'adsorption est mesurable par les échanges ioniques, par la méthode CEC (capacité d'échange de cations). C'est une méthode colorimétrique à l'aide de bleu de méthylène exprimée en milliéquivalents de colorant adsorbé pour 100 g d'argile (Andriane, 2003).

Tableau II.1 : Surface spécifique et capacité d'échange de cations de différentes argiles (Andrienne, 2003).

| Minéral | Surface interne (m ² /g) | Surface externe (m ² /g) | Surface total (m ² /g) | Capacité d'échange de cations (méq/100 g) |
|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---|
| Kaolinite | 0 | 10-30 | 10-30 | 5-15 |
| Illite | 20-55 | 80-120 | 100-175 | 10-40 |
| Smectites | 600-700 | 80 | 700-800 | 80-150 |
| Vermiculite | 700 | 40-70 | 760 | 100-150 |
| Chlorite | - | 100-175 | 100-175 | 10-40 |

C'est de la charge positive de surface que découle une grande partie des propriétés des argiles, Cette propriété est utilisée dans le raffinage du pétrole, celui du sucre ou encore des huiles, ainsi que dans certaines méthodes analytiques telles que l'HPLC (High Performance Liquide Chromatographie). L'argile, dont le pouvoir d'adsorption est optimal, est la smectite, argile utilisée en thérapeutique (exemple : Smecta). Les argiles peuvent donc adsorber des toxines, virus, bactéries, antibiotiques, acides organiques, gaz intestinaux, alcaloïdes,...etc.

Elles ont un rôle anti-infectieux par fixation des microorganismes qui seront ensuite éliminés dans les selles. Leur efficacité est démontrée pour certaines espèces bactériennes, également comme détoxiquant par élimination de toxines. Pour exemple, la strychnine (Alcaloïde indolique extrêmement toxique) est neutralisée jusqu'à 250 mg/g d'argile.

Tableau II.2 : Comparatif des pouvoirs d'absorption et d'adsorption de différentes argiles
(Lelief-Delcourt. A, 2011).

| Minéral | Pouvoir d'absorption | Pouvoir d'adsorption |
|-----------------|----------------------|----------------------|
| Montmorillonite | + | +++ |
| Illite | +++ | + |
| Kaolinite | + | +++ |
| Attapulгите | +++ | + |
| Ghassoul | +++ | +++ |

Ces propriétés font des argiles des épurateurs d'eau naturels (Qabaqous et al., 2014).

II.4.2. Thixotrope, couvrance

L'effet thixotrope fait passer l'argile de l'état solide à celui d'un gel en fonction de son hydratation. Par adsorption, l'argile va gonfler par écartement de ses feuillets jusqu'à disparition des espaces libres entre les cristaux. L'eau ne peut alors plus circuler, rendant la roche imperméable. Se gorgeant d'eau, elle devient une réserve disponible pour les plantes alentours (Andrienne, 2003).

En cas de charge forte unissant les feuillets, ceux-ci ne se sépareront pas, empêchant l'eau de s'infiltrer. Ces argiles ne gonfleront pas en présence d'eau. Le gonflement d'une argile dépend donc de la charge des ions unissant les feuillets. Seuls les ions de charge faible laisseront l'eau s'adsorber (Andrienne, 2003).

Le chlorite quand à elle, ne possède pas de pouvoir de gonflement (Orcel et al., 1950).

Cette propriété visant à écarter les feuillets les uns des autres empêche également tout passage d'oxygène. Cela en fait un antibactérien par blocage d'apport en dioxygène aux micro-organismes aérobies.

Le pouvoir couvrant résulte de l'effet thixotrope. Le gel formé se fixe à la muqueuse digestive. Les feuillets, de part la disparition des espaces libres, empêchent l'accès à la muqueuse des acides. Ce processus permet de soulager les douleurs de la sphère digestive, avec un effet protecteur des muqueuses digestives.

II.4.3. Acide, oxydo-réductrice , photovoltaïque, radioactive

Le pH de l'argile varie de 4,6 à 10,2. Les argiles présentent des atomes de surface à caractère accepteur ou donneur d'électrons. Les sites donneurs vont piéger les accepteurs d'électrons et inversement. Ceci est lié à un caractère acide des argiles. Les minéraux argileux vont réagir comme des catalyseurs acides. Une charge sera transférée entre les formes adsorbées ou entre cations échangeables ou bien l'oxydation ou la réduction du cation à la surface de l'argile par le champ électrique fort du cation. Cette propriété varie selon les argiles ainsi que les substances en contact avec celles-ci. La nature du cation échangeable de l'argile, sa teneur en eau ou encore sa charge électrique négative feront varier l'acidité.

L'argile peut capter, transférer et cumuler l'énergie solaire (et également radioactive). Une expérience de la NASA recense qu'un bombardement d'argile par des charges énergétiques électrique et photonique modifie sa structure par acceptation d'électrons libres (Coyne, 1984), cette propriété est relative à la présence de silice dans la structure de l'argile. Cet oligoélément est capable de retenir les photons et de les stocker sous forme d'énergie électrique, principe du photovoltaïque. L'énergie électromagnétique engendrée par l'argile au contact du soleil est transmise au corps en contact avec celle-ci.

Si l'argile est mise en suspension dans un verre d'eau en verre fin, celui-ci se casse malgré l'absence de choc. Dans le même ordre d'idée, l'argile ne doit pas être touchée avec du métal afin de ne pas recevoir de décharge.

On appelle propriété « radioactive » de l'argile la présence de roches dégradées présentant une faible radioactivité résiduelle. L'argile possède donc une certaine radioactivité naturelle. Elle profite à l'argile comme actif. Cette radioactivité est régénératrice, l'argile peut même absorber certaines radiations nocives. Elle est capable de capter la radioactivité en excès dans les corps ou d'un transmettre en cas de carence offrant une protection naturelle à l'organisme (Andrienne, 2003), ces propriétés expliquent la raison pour laquelle l'argile est dite riche en énergie.

II.4.4. Colloïdale

Contrairement à une solution vraie, l'argile mise en suspension est dite colloïdale. Cette spécificité dépend de la taille des particules. Celles de l'argile sont chargées négativement et vont garder leurs propriétés initiales (avant d'être en suspension). Elles se regroupent pour former des micelles ou des « clusters » (agrégats de molécules) pouvant

aller du nanomètre au micromètre. Les cellules cibles pourront donc internaliser ces particules. La solvataion des particules les isole électriquement les unes des autres contribuant à la stabilité de la suspension (**Andriane, 2003**).

II.4.5. Catalyseur

Utilisées essentiellement dans l'industrie pétrochimique pour cette propriété, les argiles vont permettre la catalyse hétérogène ou « cracking » du pétrole pour le transformer en essence. Cette étape est préalable au raffinage du pétrole. Précisément, la structure lamellaire de l'argile va compartimenter les différents composés chimiques et les concentrer. Les réactions seront simultanées, successives ou encore indépendantes.

Cette propriété ainsi que celles d'absorption et d'adsorption sont intimement liées à la Surface de l'argile très développée (1 g d'argile correspond à 500 m²), la nature des sites actifs, la densité de charge intraduisible et la nature des molécules avec les quelles les argiles interagissent (**Andriane, 2003**).

Chapitre III

Matériels et Méthodes

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'ensemble des dispositifs expérimentaux et toutes les méthodes d'analyses utilisées, ainsi que l'origine et la caractérisation du substrat utilisé.

I.1. Les laboratoires d'analyses

Les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de contrôle de la qualité à Timimoun et de laboratoire de l'usine d'eau minérale « Tazliza » à Tinerkouk, et cela pour une durée estimée de 15 jours.

I.2. Echantillonnage

L'étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau potable de foggara conservée dans la poterie.

Les principaux aspects dont il faut tenir compte pour obtenir un échantillon d'eau représentatif sont les suivants (**Rodier, 1996**) :

- La sélection convenable de points d'échantillonnage ;
- Le strict respect des procédures d'échantillonnage ;
- La conservation adéquate de l'échantillon.

I.3. Prélèvements des échantillons de l'eau

Le prélèvement d'un échantillon est une opération délicate, à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Pour ce faire, il doit satisfaire aux conditions ci-dessous (**Rodier et al., 2009**) :

- Les échantillons doivent être homogènes et représentatifs ;
- Les échantillons doivent être recueillis, conservés et expédiés dans des flacons stérilisés adéquats s'il s'agit d'analyse bactériologique ;
- Le volume recueilli doit être suffisant pour permettre une analyse précise ;
- Tous les renseignements utiles sur les échantillons doivent être indiqués et le flacon doit être étiqueté correctement pour éviter les erreurs.

I.4. Lieux et période de stage pratique

Notre travail porte au niveau du laboratoire, a été réalisé pendant d'une durée de 15 jours, s'étendant du 02/03/2021 au 16/03/2021.

I.5. La région d'étude

La commune d'Ouled Saïd se situe entre la longitude 0°16'-0°20' NE et la latitude 29°22'-29°27', comprend une superficie de 650 km², elle se trouve à 30 km au Nord de la willaya de Timimoun (chef lieu du Gourara), à 240 km du chef lieu de la willaya d'Adrar et à 1300 km de la capitale Alger.

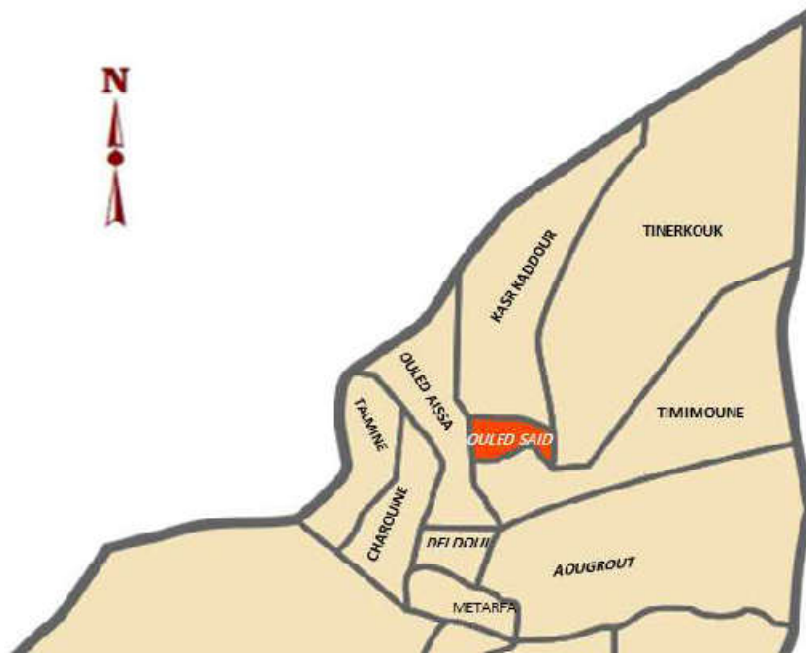


Figure III.1: Localisation de la zone d'étude.

C'est la deuxième grande commune de la willaya de Timimoun. Elle est limitée par :

- La willaya de Timimoun au Sud ;
- La commune de Ksar Kadour au Nord ;
- La commune de Tinerkouk à l'Est ;
- La commune d'Ouled Aïssa à l'Ouest.

L'oasis d'Ouled Saïd est composée par plusieurs ksour, dont chacun regroupe une ou plusieurs familles d'origines différentes (**Al-Hadj-Idda, 1958**).

Les caractéristiques de la foggara d'Ouled Saïd sont conférer à **Annexe N° 04**.

I.6. Stérilisation de pote de poterie (Guella)

Avant de commencer l'analyse, on a lavé l'intérieur de pot de poterie avec du sel et de l'eau distillée pour la stérilisation.

II. Méthodes d'analyse

Les analyses physico-chimiques ont concerné la température, le pH, la conductivité électrique, la turbidité, le calcium, le magnésium, le chlorure, le titre alcalimétrique complet TAC, le titre alcalimétrique simple TA et le titre hydrotimétrique TH.

Les germes recherchés sont : Bactéries coliformes (totaux et fécaux), l'identification d'*Escherichia coli*, les entérocoques, et la recherche et le dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs.

II.1. Partie physico-chimique

Dans notre pays, l'eau destinée à la consommation humaine est contrôlée, les paramètres physico-chimiques concernant tout ce qui est relatif à la structure naturelle de l'eau et délimitent des concentrations maximales pour un certain nombre d'éléments souvent des ions.

Nous avons donc réalisé des analyses pour déterminer la qualité physico-chimique de l'eau conservée dans le pot de poterie et les comparer avec les normes sont conférer à **Annexe N° 04**.

II.1.1. La température

a) Principe

La température de l'eau, joue un rôle non négligeable dans l'intensité de la sensation de l'eau. La température est le facteur le plus apprécié pour une eau destinée à la consommation, elle est mesurée par un thermomètre en (°C) (**Gregorio et Pierre-marie, 2007**).

b) Appareillage

- Thermomètre.

c) Mode opératoire

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

d) Expression de résultat

- Résultats obtenue par unité (°C).



Photo III.1: le thermomètre utilisé.

II.1.2. Mesure du pH

a) Principe (L’Azhar, 2011)

Pour cette détermination, nous utilisons une méthode électro-métrique avec électrode combinée selon la norme AFNOR. Cette méthode consiste à plonger dans l’échantillon, (une électrode spécifique).

b) Appareillage

- Le pH mètre :(MARQ : Hanna, MODEL : HI3220).

c) Mode opératoire (Rodier, 2009)

- Prélever 100 ml d’eau à analyser ;
- Mettre un agitateur avec une faible agitation ;
- Tremper l’électrode dans le bêcher ;
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d’agitation ;
- Noter la valeur du pH.

d) Expression de résultat

- La valeur du pH s’affiche sur l’écran de l’appareil.



Photo III.2: le pH mètre utilisé.

II.1.3. Mesure de la conductivité électrique

a) Principe (Brémaude et al., 2006)

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique, elle détermine la teneur globale des minéraux présent dans une solution, une eau douce accusera généralement une conductivité basse et bien au contraire une eau dite dure affichera une conductivité élevée.

b) Appareillage

- Conductimètre :(MARQ : HANNA/HI- MODEL : 2300).

c) Mode opératoire (Rodier, 2009)

- Remplir un bécher avec une quantité suffisante d'échantillon pour l'immersion de l'électrode du conductimètre ;
- Mettre l'électrode dans un bécher puis appuyer sur touche Read, la valeur de la conductivité s'affiche sur l'écran de l'appareil.

d) Expression de résultat

- Les résultats s'expriment en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{s}/\text{cm}$).



Photo III.3: Appareil multi-paramètres mesuré (pH, conductimètre).

II.1.4. Mesure de la turbidité

a) Principe

La réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières en suspension se fait par comparaison entre la lumière diffusée et la lumière transmise par un échantillon d'eau et une gamme étalon constituée de solution de formazine (**Glaude et Robert, 2001**), a été réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre.

La mesure de la lumière diffusée est significative pour les eaux de faible turbidité non visible à l'œil.

La mesure de la lumière transmise est significative pour les eaux de turbidité visible à l'œil.

Remarque

La formazine est le standard de turbidité d'étalonnage international. Il peut être reproduit par des produits chimiques du commerce selon la recette ci-dessous, extraite de la norme (**ISO 7027-1:2016**) (composition de l'eau – évaluation de la turbidité).

b) Appareillage

- Le turbidimètre : (**MARQ : HACH-MODEL : 2100Q**).

c) Mode opératoire (**Rodier et Bernard, 2009**)

- Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique ;
- Homogénéiser l'échantillon à analyser et effectuer rapidement la mesure ;

- vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.



Photo III.4: le turbidimètre utilisé.

d) Expression des résultats

- La mesure est obtenue directement en NTU.

II.1.5. TA (Titre Alcalimétrique simple)

a) Principe (Rodier et Bernard, 2009).

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide sulfurique (H_2SO_4), dilué en présence de la phénophtaléine. Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate (CO_3).

b) Réactifs

- 100 ml d'eau potable conservée ;
- Solution de phénol phtaléine à 0,5% ;
- Solution acide sulfurique (H_2SO_4) de 0.02 normalité (**Annexe N° 06**).

c) Mode opératoire (Rodier et Bernard, 2009)

- Prélever 100 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 3 gouttes de phénolphtaléine à 0.5% ;
- Titrer avec de solution H_2SO_4 jusqu'à disparition de couleur.

d) Expression des résultats

- La mesure de TA est obtenue directement en °F (degré Français)

- Si Le pH de l'eau est < 8.3 , donc le $TA = 0$ (apparition d'une coloration rose) ;
- Si le pH de l'eau est > 8.3 , donc le $TA \neq 0$ (pas de couleur rose).

II.1.6. TAC (Titre Alcalimétrique complet)

a) Principe

Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau.

$$\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-].$$

b) Réactifs

- 100 ml d'eau potable conservée dans la poterie ;
- Solution de méthyle orange à 0,5% (**Annexe N° 06**) ;
- Solution acide sulfurique (H_2SO_4) de 0.02 normalité.

c) Mode opératoire (Rodier et Bernard, 2009)

- Prélever 100 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 3 gouttes de méthyle d'orange à 0.5% ;
- Titrer avec de solution sulfurique (H_2SO_4) jusqu'au virage de jaune orange.



Photo III.5, 6: préparation de la solution.

d) Expression des résultats

Le virage du méthyle d'orange produit dès que le $\text{pH} < 4.4$, c'est-à-dire dès qu'il apparaît un excès d'acide fort dans le milieu. La mesure de TAC est obtenue directement en °F.

II.1.7. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH) (Rodier et al., 1996)

a) Principe

Le titrage par complexométrie du calcium et du magnésium avec une solution aqueuse de sel di sodique d'acide éthylène diamine tétra acétique à un pH = 10, lors du titrage, EDTA réagit d'abord avec les ions calcium et magnésium libres, puis au point d'équivalence, avec les ions calcium et magnésium combinés à l'indicateur, ce qui libère l'indicateur et provoque un changement de couleur.

b) Réactifs et appareillage

- Prélever 10 ml d'eau à analyser ;
- Solution tampon pH=10 ;
- Le noir d'ériochrome T (indicateur coloré) ;
- Solution d'acide éthylène diamine tétra acétique EDTA (**Annexe N° 06**) ;
- Agitateur magnétique avec plaque chauffante (**MARQ** : VEL-MODEL : ARE).

c) Mode opératoire (Rodier et Bernard, 2009)

- Prélever 10 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 ml de solution tampon et 1 goutte de solution de noir ériochrome T, cela nous donne une couleur violet clair ;
- Chauffer un peu la solution avec un réchauffeur ;
- Titrer la solution de l'EDTA rapidement en début puis goutte à goutte jusqu'à virage bleu ;
- Noter $V_{\text{éq}}$ de solution l'EDTA.

d) Expression des résultats

- La mesure de TH est obtenue directement en °F.

II.1.8. Détermination des chlorures (Cl⁻)

a) Principe

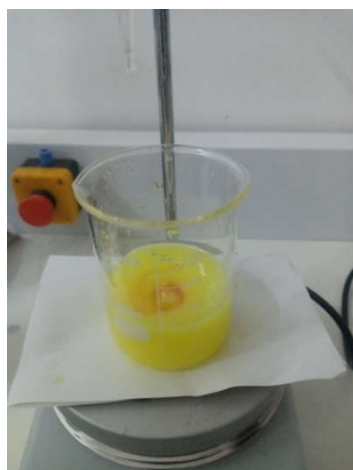
Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (**Rodier et al., 2005**).

b) Réactifs et appareillage

- 100 ml d'eau à analyser ;
- Chromate de potassium (K_2CrO_4) ;
- Solution de nitrate d'argent ($AgNO_3$) pour le titrage (**Annexe N° 06**) ;
- Agitateur magnétique avec plaque chauffante (**MARQ** : VEL-MODEL : ARE).

c) Mode opératoire (Rodier et Bernard, 2009)

- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans un bécher ;
- Ajouter 2 goutte de K_2CrO_4 (Chromate de potassium) ;
- Titrer la solution avec l' $AgNO_3$ (0.02 N) jusqu'au le virage du « rouge brique ».

**Photo III.7: (A).****Photo III.8: (B).**

(A): Virage de couleur avant titrage.

(B): Virage de couleur après titrage.

d) Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 ml, le résultat est exprimé en milligrammes de Cl^- par litre d'eau (mg/l), par le calcul de : $V \times 10 \times 3,55$.

Avec :

V: est le volume en ml de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage de l'échantillon.

II.1.9. Détermination du calcium (Ca^{2+})

a) Principe

Les ions calcium sont titré selon la norme (**ISO 6058,1984**) avec une solution l'EDTA à un pH=12 l'indicateur forme un complexe rose avec le Ca^{2+} .

b) Réactifs et appareillage

- 100 ml d'eau à analyser ;
- La solution de NaOH de concentration 1 N ;
- Le murexide (indicateur coloré) ;
- La solution d'acide éthylène diamine tétra acétique EDTA pour le titrage ;
- Agitateur magnétique avec plaque chauffante (**MARQ : VEL-MODEL : ARE**).

c) Mode opératoire (Rodier et Bernard, 2009)

- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans un bécher ;
- Ajouter quelque goutte de la solution de NaOH de 1 N de concentration pour augmenter le pH d'échantillon à pH=12 ;
- Ajouter un pincé de murexide (indicateur coloré) ;
- Titrer avec de solution EDTA jusqu'à virage violet.



Photo III.9: Virage de couleur après titrage.

d) Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 ml, le résultat est exprimé en milligrammes de Ca^{2+} par litre d'eau (mg/l) : $V \times 10 \times 4,008$ donne la teneur en calcium.

Avec :

V: est le volume en ml de la solution d'EDTA utilisée pour le titrage de l'échantillon.

II.2.10. Détermination du magnésium (Mg^{2+})

a) Principe

Le même principe que le calcium, titrage molaire des ions magnésium avec une solution de sel di sodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à pH=10. Le noir érichrome T qui donne une couleur violet en présence des ions magnésium, est utilisé comme indicateur.

b) Réactifs et appareillage

- 100 ml d'eau à analyser ;
- Solution d'ammoniac ;
- Le noir érichrome T (indicateur coloré) ;
- Solution d'acide éthylène diamine tétra acétique EDTA pour le titrage ;
- Agitateur magnétique avec plaque chauffante (**MARQ** : VEL-MODEL : ARE).

c) Mode opératoire (Rodier et Bernard, 2009).

- Prélever 10 ml d'eau à analyser avec 90 ml de l'eau distillé dans un bécher (pour faire le titrage il faut faire la dilution de solution, parce que dans ce cas l'eau est saturée d'ions magnésium) ;
- Ajouter quelque goutte de la solution d'ammoniac pour augmenter le pH d'échantillon à pH=10 ;
- Ajouter un pincé de noir érichrome T (indicateur coloré) ;
- Titrer avec de solution EDTA à jusqu'à virage bleu.



Photo III.10: Virage de couleur après titrage.

d) Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 ml :

$V \times 10 \times 2,431$ donne la teneur en Magnésium, exprimée en milligrammes de Mg^{2+} par litre d'eau (mg/l).

Avec :

V: est le volume en ml de la solution d'EDTA utilisée pour le titrage du l'échantillon.

II.2. Les analyses bactériologiques

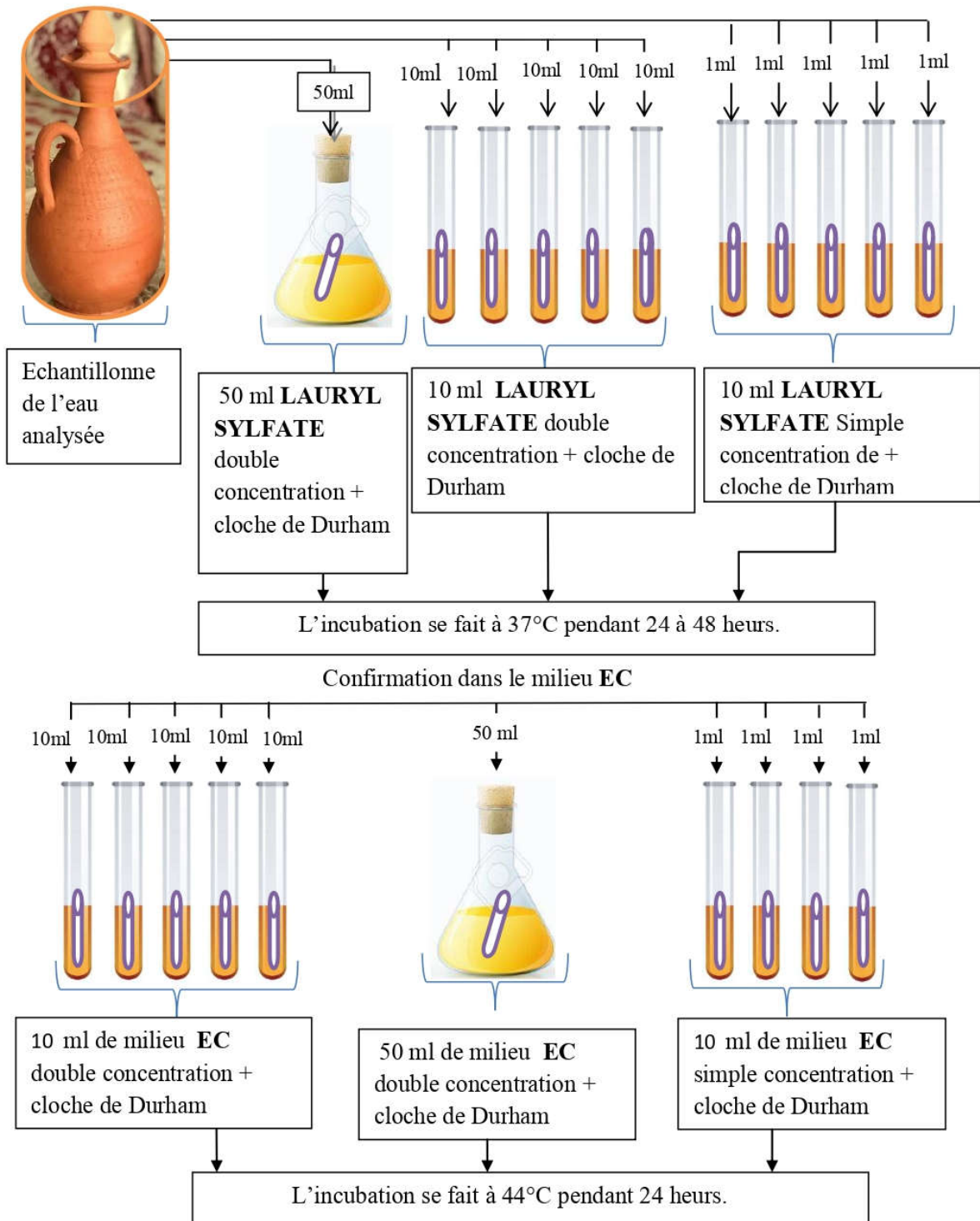
L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence des germes, basés sur la recherche et la numération de celles ci dans les échantillons à analyser. L'analyse n'est pas seulement qualitative mais aussi quantitative (**Leyral et al., 2002**).

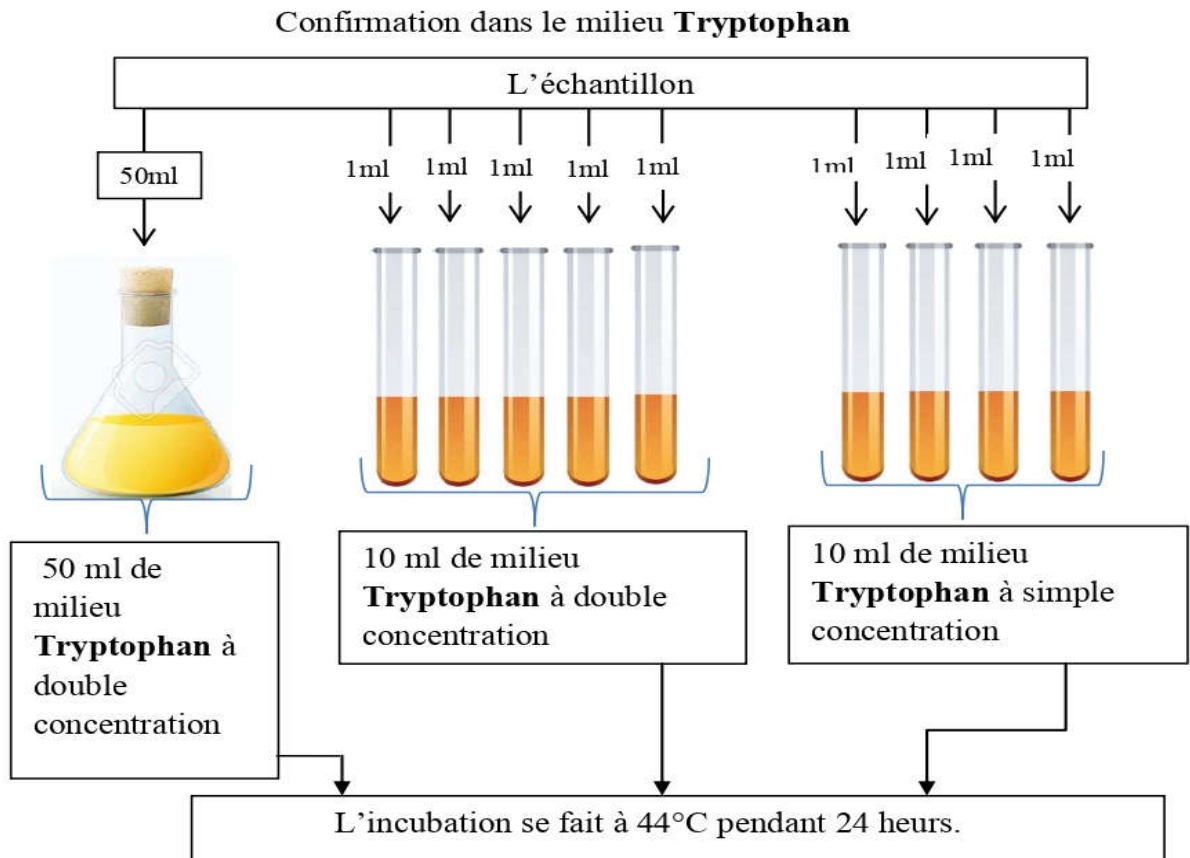
Il faut signalé qu'un examen bactériologique ne peut être interpréter que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes.

Une analyse complète de l'eau brute a été effectuée en se basant sur les paramètres suivants :

- Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux ;
- Recherche et dénombrement des entérocoques ;
- Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs.

II.2.1. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux (escherichia Coli)





Test de confirmation ou test Indole

KOVACS

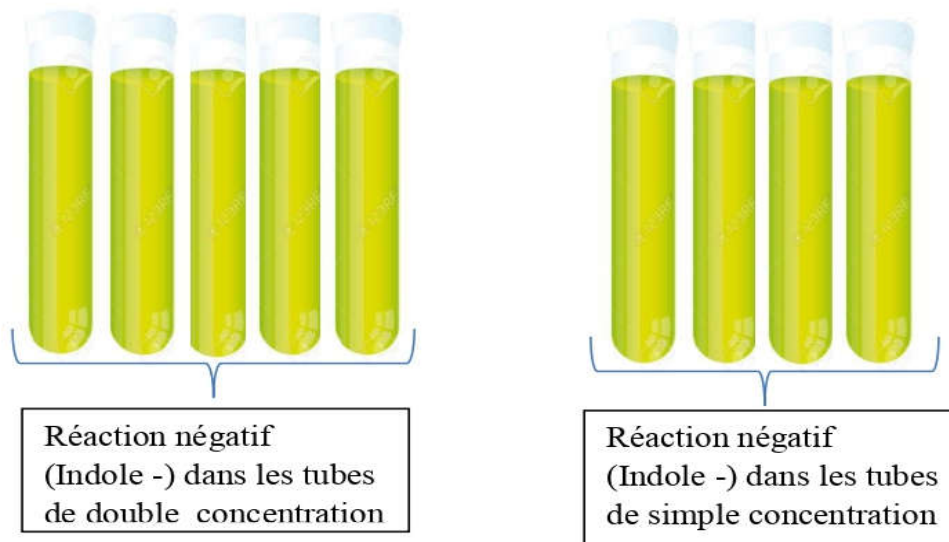


Figure III.2 : Recherche et dénombrements des coliformes totaux et fécaux dans l'eau de poterie.

a) Principe (ISO 4831 /2006)

Donne des lignes directrices générales pour la détection et le dénombrement des coliformes. Elle s'applique aux produits destinés à la consommation humaine et à l'alimentation des animaux, ainsi qu'aux échantillons environnementaux dans le domaine de la production et de la manipulation des aliments.

Cette méthode de dénombrement est applicable lorsque le nombre recherché est censé être compris entre 1 et 100/ml ou par gramme d'échantillon à tester.

Recherche et dénombrement des coliformes peuvent se faire selon deux techniques :

- a) Technique en milieu liquide : Technique de NPP ;
- b) Technique en milieu solide : Technique sur membrane filtrante.

Dans cette étude, nous utilisons la technique NPP (**Annexe N° 08**).

b) Matériels utilisés (Annexe N°05)

- Tubes ;
- Bec bunsen ;
- Pipettes Pasteur ;
- Cloche de Durham.

c) Mode opératoire (ISO 4831/2006)

- Porter dans 5 tubes 10 ml de l'échantillon à analyser avec 10 ml du milieu lauryl sulfate à double concentration (D/C) munis d'une cloche de Durham ;
- Porter dans un flacon 50 ml de l'échantillon à analyser avec 50 ml du milieu lauryl sulfate à double concentration (D/C) munis d'une cloche de Durham ;
- Porter dans 5 tubes 1 ml de l'échantillon à analyser avec 10 ml du milieu lauryl sulfate (**Annexe N°07**) à simple concentration (S/C) munis d'une cloche de Durham ;
- Agiter les tubes pour homogénéiser et enlever l'air dans les cloches ;
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

d) Lecture

- Si les tubes présentent des troubles microbiens : Cas positifs (+) ;
- Si les tubes ne présentent pas des troubles microbiens : Cas négatifs (-).

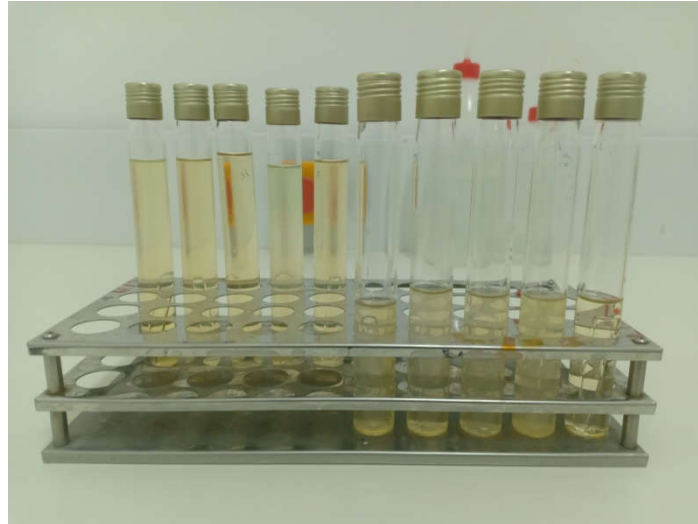


Photo III.11: les tubes après l'incubation.

II.2.1.1. Confirmation par le milieu EC

a) Principe (ISO 7251/2005)

Donne des directives générales pour la détection et le dénombrement d'*Escherichia coli* présumés, au moyen de la technique de culture en milieu liquide avec calcul du nombre le plus probable (NPP) après incubation à 37 °C, puis à 44 °C. La présente norme internationale est applicable aux produits pour l'alimentation humaine et animale et aux échantillons d'environnement dans les domaines de la production et de la distribution des aliments.

b) Mode opératoire (ISO 7251/2005)

- Porter dans 5 tubes 10 ml de l'échantillon précédent à analyser avec 10 ml du milieu EC à double concentration (D/C) munis d'une cloche de Durham ;
- Porter dans un flacon 50 ml de l'échantillon précédent à analyser avec 50 ml du milieu EC à double concentration (D/C) munis d'une cloche de Durham ;
- Porter dans 4 tubes 1 ml de l'échantillon précédent à analyser avec 10 ml du milieu EC (**Annexe N° 07**) à simple concentration (S/C) munis d'une cloche de Durham ;
- Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu l'inoculum ;
- L'incubation se fait à 44 °C pendant 24 h.

c) Lecture

- Si les tubes présentent des troubles microbiens et des gaz : Cas positifs (+) ;
- Si les tubes ne présentent pas des troubles microbiens et des gaz : Cas négatifs (-).

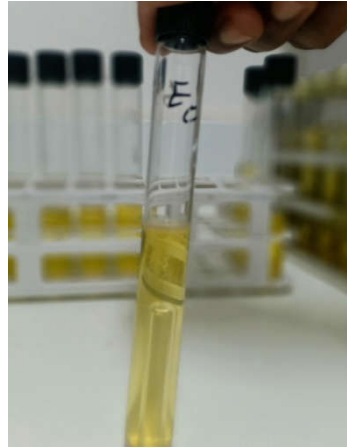


Photo III.12: Les tubes de milieu EC après incubation.

II.2.1.2. Confirmation par le milieu tryptophan culture broth

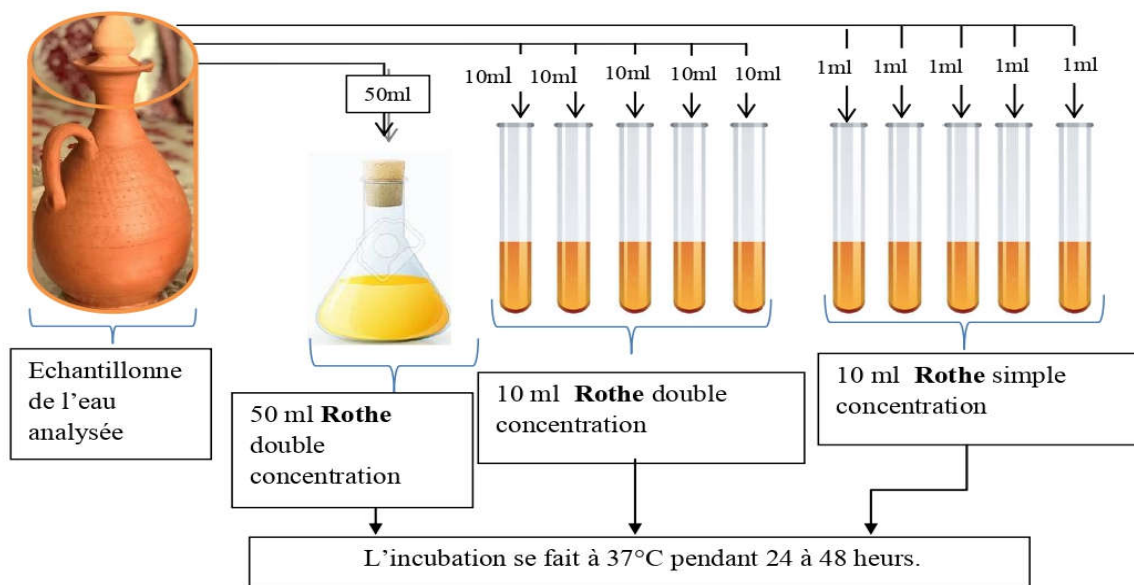


Figure III.3 : Recherche et dénombrements des entérocoques dans l'eau de poterie.

a) Mode opératoire (L'ISO 9308-1 /2014)

- Porter dans 5 tubes 1 ml de l'échantillon précédent à analyser avec 10 ml du milieu tryptophan à double concentration (D/C) munis d'une cloche de Durham ;
- Porter un tube 1 ml de l'échantillon précédent (à partir de flacon de 50 ml) à analyser avec 10 ml du milieu tryptophan à double concentration (D/C) munis d'une cloche de Durham ;
- Porter dans 4 tubes 1 ml de l'échantillon précédent à analyser avec 10 ml du milieu tryptophan (**Annexe N° 07**) à simple concentration (S/C) munis d'une cloche de Durham ;

- Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu l'inoculum ;
- L'incubation se fait à 44 °C pendant 24 h.

b) Lecture

- Si les tubes présentent des troubles microbiens : Cas positifs (+) ;
- Si les tubes ne présentent pas des troubles microbiens : Cas négatifs (-).

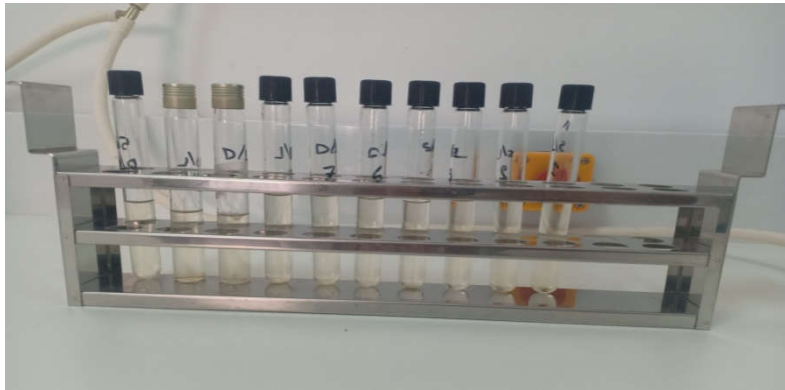


Photo III.13: lecture finale après l'incubation.

II.2.1.3. Test de confirmation ou test Indole KOVAC'S**a) Principe**

Le réactif KOVAC'S est destiné à la mise en évidence de la production d'indole par les bactéries qui possèdent un tryptophane (bactéries à gram (-), entérobactérie en particulier).

Les bactéries possédant un tryptophane ont la capacité de dégrader le tryptophane en indole. Le réactif KOVAC'S permet de réagir avec cet indole en se colorant en rouge cerise.

b) Mode opératoire

Ajouter 2 à 3 gouttes de réactif KOVAK'S à chaque tube.

c) Lecture

Si on trouve une coloration rouge dans la surface du tube, donc la réaction est positive (Indole +), s'il n'y a pas de coloration, la réaction est négative (Indole -).

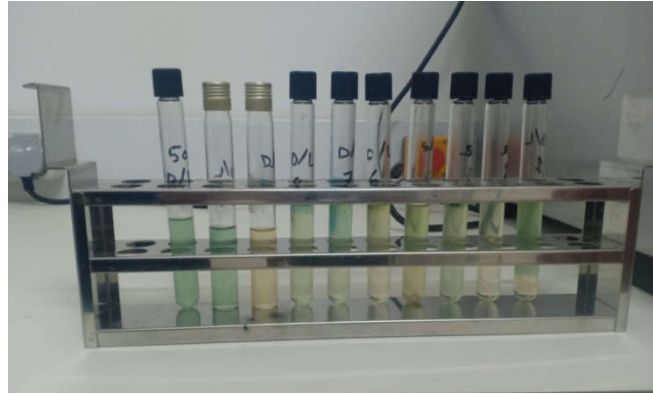


Photo III.14: lecture finale après l'adjonction du réactif KOVAC'S.

II.2.2. Recherche et dénombrement des entérocoques

a) Matériels utilisés

- Tubes ;
- Bec Bunsen ;
- Pipettes Pasteur.

b) Mode opératoire (ISO 7899-1:1998)

- Porter dans 5 tubes 10 ml de l'échantillon à analyser avec 10 ml du milieu rothe à double concentration (D/C) ;
- Porter dans un flacon 50 ml de l'échantillon à analyser avec 50 ml du milieu rothe à double concentration (D/C) ;
- Porter dans 5 tubes 1 ml de l'échantillon à analyser avec 10 ml du milieu rothe (**Annexe N° 07**) à simple concentration (S/C) ;
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.



Photo III.15: Les tubes de rothe avant incubation.

c) Lecture

- Si les tubes présentent des troubles microbiens : Cas positifs (+) ;
- Si les tubes ne présentent pas des troubles microbiens : Cas négatifs (-).

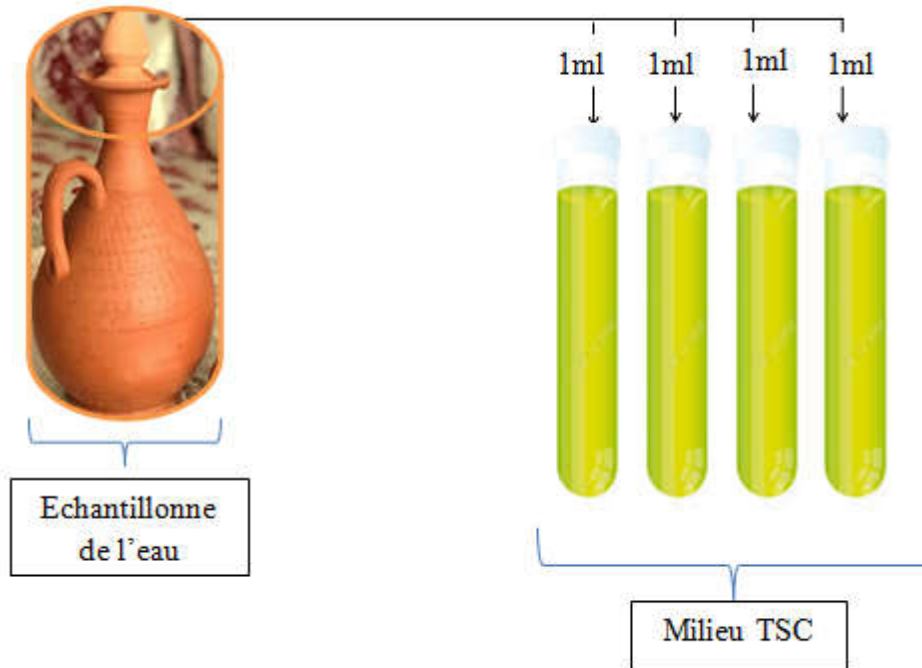
II.2.3. Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs

Figure III.4 : Recherche et dénombrements des clostridium sulfito-réducteurs dans l'eau de poterie.

a) Matériels utilisés

- Tubes ;
- Support de tubes ;
- Bec Bunsen ;
- Pipettes Pasteur ;
- Mélangeur vortex avancé (MARQ : VELP-MODEL : ZX3).



Photo III.16: Mélangeur vortex avancé.

b) Mode opératoire (NF V08-061, 2009)

- Porter dans des tubes 1 ml de l'échantillon à analyser ;
- Remplir les tubes avec du milieu de culture TSC (**Annexe N° 07**) jusqu'au pleine des tubes ;
- Mélange les tubes par un mélangeur vortex avancé ;
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 48 h avec une première lecture après 16 h d'incubation.



Photo III.17: Incubation des tubes de TSC.

c) Lecture

- Si les tubes présentent des colonies noir : Cas positifs (+) ;
- Si les tubes ne présentent pas des colonies noir : Cas négatifs (-).

Remarque

Le dénombrement après 24 h d'incubation est effectué parfois après 48 h, les tubes devient complètement noir et devient donc indénombrable.

Chapitre IV

Résultats et discussion

Dans ce chapitre, tous les résultats expérimentaux obtenus pour tous les cas étudiés sont présentés et discutés.

En effet, comme mentionné auparavant, le programme expérimental réalisé consiste à étudier l'effet de la conservation de l'eau dans le pot de poterie.

I. Résultats des analyses physicochimiques

IL s'agit des paramètres facilement mesurables et utiles pour voir l'évolution des éléments chimiques les plus dominants pendant la conservation de l'eau dans le pot de poterie « Guella ». Parmi les paramètres physico-chimiques nécessitant une surveillance sont : La température, le pH, la conductivité, la turbidité, le titre alcalimétrique TA, le titre alcalimétrique complet TAC, le titre hydrométrique TH, le calcium, le magnésium et les chlorures.

I.1. Température

La température joue un rôle important dans la solubilité et la dissolution des sels dissous, dans la solubilité des gaz, sur la conductibilité électrique et dans la détermination de pH.

Les valeurs de température de l'eau examinée sont données dans le tableau IV.1 et la figure IV.1 ci-dessous :

Tableau IV.1 : Le suivi de la variation de la température.

| Temps Paramètre | Témoin | 3 ^{ème} jour | 7 ^{ème} jour | 15 ^{ème} jour |
|--------------------|--------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| T (°C) | 24.4 | 19.1 | 16.4 | 15 |

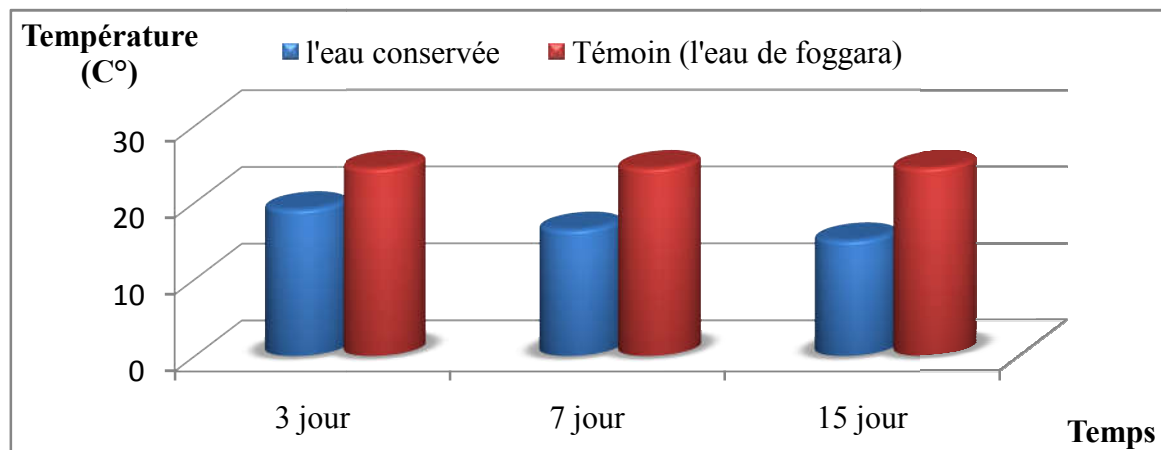


Figure IV.1: Evolution de la température de l'eau en fonction du temps.

Les résultats obtenus durant la période d'étude, montre que les valeurs de température de premier jour (témoin) jusqu'au 15 jour était de l'ordre de 24.4 à 15 °C. Il est à noter que l'écart entre les températures de l'eau conservée dans la poterie, et le premier jour est 9.4 °C.

Si l'on souhaite refroidir l'eau pour la boire par temps chaud et que de la glace ne peut pas être obtenue à cette fin, laissez-la être conservée dans un pichet en terre cuite non émaillé enveloppé de deux ou trois plis de tissu de coton grossier maintenu constamment humide. La théorie de l'eau de refroidissement de cette manière est l'absorption de chaleur de celui-ci, par l'évaporation de l'humidité dans le vêtement de coton l'expansion produit froid, chaleur de compression (**Brian Lada, 2016**).

I.2. Le pH

C'est un paramètre chimique caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu. Il résulte de la composition ionique de l'eau, et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone (CO₂) à l'interface air-eau, ainsi que de la dissolution du calcaire (**Aminot et Kérrouel, 2004**).

Un pH élevé peut conduire à des dépôts incrustants dans des circuits de distribution, et influe par une diminution de l'efficacité de la décontamination microbienne par le chlore.

Les valeurs de pH de l'eau examinée sont montrées dans le Tableau IV.2 et la Figure IV.2:

Tableau IV.2 : Les résultats de la variation du pH.

| Temps \ Paramètre | Témoin | 3 ^{ème} jour | 7 ^{ème} jour | 15 ^{ème} jour | Norme Algérienne |
|-------------------|--------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------|
| pH | 7.73 | 8.68 | 8.77 | 8.77 | 6.5 < pH < 9 |

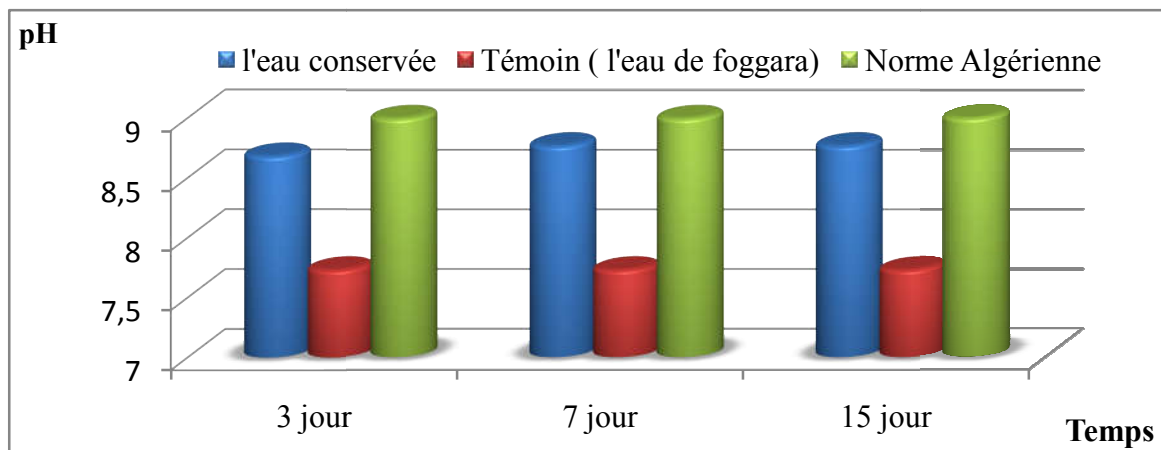


Figure IV.2: Evolution du pH de l'eau conservée en fonction de temps.

D'après les résultats trouvés, on remarque que les valeurs de pH de l'eau conservée dans la poterie « Guella » augmentent au cours du temps, elles varient entre 7.73 et 8.77. Ces valeurs sont conformes aux normes algériennes de l'eau potable qui mentionne une valeur comprise entre 6.5 et 9 (Jora, 2011).

Selon (Bouchleghe, 2014), le pH de l'eau conservé dans des pots est légèrement devient alcalin, ce qui peut être expliqué par la nature géologique d'argile.

I.3. La turbidité

(Shual et al., 1986), ont confirmés que la turbidité d'une eau est due à la présence de matières en suspension finement divisées. L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure le degré de turbidité. Dans une station de traitement des eaux usées, celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement aura été efficace. Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle de qualité des eaux.

Les valeurs de turbidité de l'eau examinée sont données dans le Tableau IV.3 et la Figure IV.3:

Tableau IV.3 : les résultats de suivi de la turbidité.

| Temps \ Paramètre | Témoin | 3 ^{ème} jour | 7 ^{ème} jour | 15 ^{ème} jour | Norme Algérienne |
|-------------------|--------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------|
| Turbidité (NTU) | 0.14 | 0.19 | 0.24 | 2.98 | 5 |

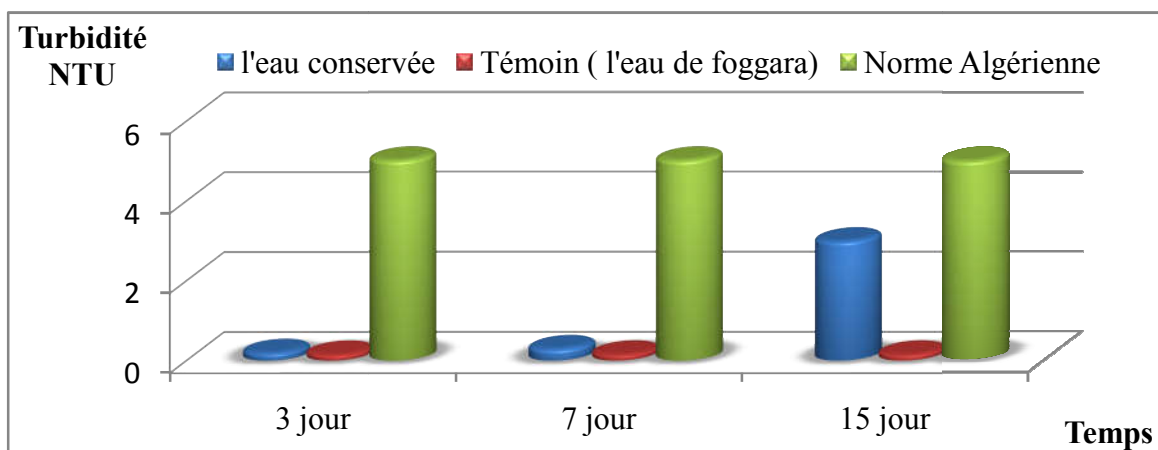


Figure IV.3: Evolution de la turbidité de l'eau conservée en fonction de temps.

Les résultats obtenus ont révélés que la turbidité a légèrement augmenté durant la période d'analyse, ces valeurs sont comprises entre 0.14 et 2.98 NTU pour l'eau conservée, ce qui ne dépasse pas la norme de potabilité.

Cette augmentation peut s'expliquer par l'augmentation des matières en suspension de l'argile, qui est due à la nature de l'argile.

I.4. Conductivité

Signalant que la variation de conductivité électrique 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 leurs concentration tels que les ions de calcium (Ca^{2+}), sodium (Na^{2+}), chlorure (Cl^-), bicarbonates (HCO_3^-)...etc.

Généralement la conductivité électrique augment avec l'augmentation de concentration des ions en solution et la température, la conductivité électrique diminue avec diminution de concentration des ions en solution et la température (**Rodier et al, 2009**).

Les valeurs de conductivité de l'eau examinée sont données dans le Tableau IV.4 et la Figure IV.4:

Tableau IV.4 : les résultats de mesure de la conductivité.

| Temps \ Paramètre | Témoin | 3 ^{ème} jour | 7 ^{ème} jour | 15 ^{ème} jour | Norme Algérienne |
|--|--------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------|
| Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | 1750 | 1692 | 1628 | 1521 | 2800 |

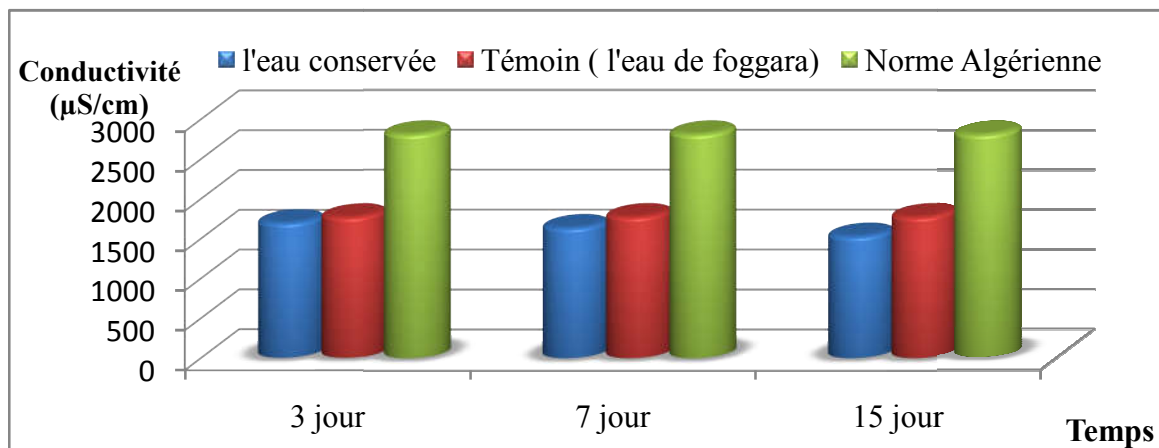


Figure IV.4: Evolution de la conductivité de l'eau conservée en fonction du temps.

Selon les valeurs obtenues, on remarque une chute de la conductivité électrique au cours du temps, elles variant entre 1750 et 1521 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La variation de la valeur de conductivité peut être expliquée par la variation de la concentration des sels dans l'eau conservée.

Toutes les valeurs de la conductivité électrique enregistrées pendant la durée de conservation sont conformes à la norme Algérienne de la potabilité (2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

I.5. Titre Alcalimétrique TA

Permet de connaître la teneur en hydroxyde (OH^-), la moitié de la teneur en Carbonate CO_3^{2-} , et un tiers environs des phosphates présents (Degremont, 1989).

Les valeurs du titre alcalimétrique de l'eau examinée sont données dans le Tableau IV.5 et la Figure IV.5 :

Tableau IV.5 : Résultats de la variation de titre alcalimétrique.

| Temps \ Paramètre | Témoin | 3 ^{ème} jour | 7 ^{ème} jour | 15 ^{ème} jour | Norme Algérienne |
|-------------------|--------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------|
| TA (°F) | 0 | 2.5 | 1.4 | 1 | 0 |

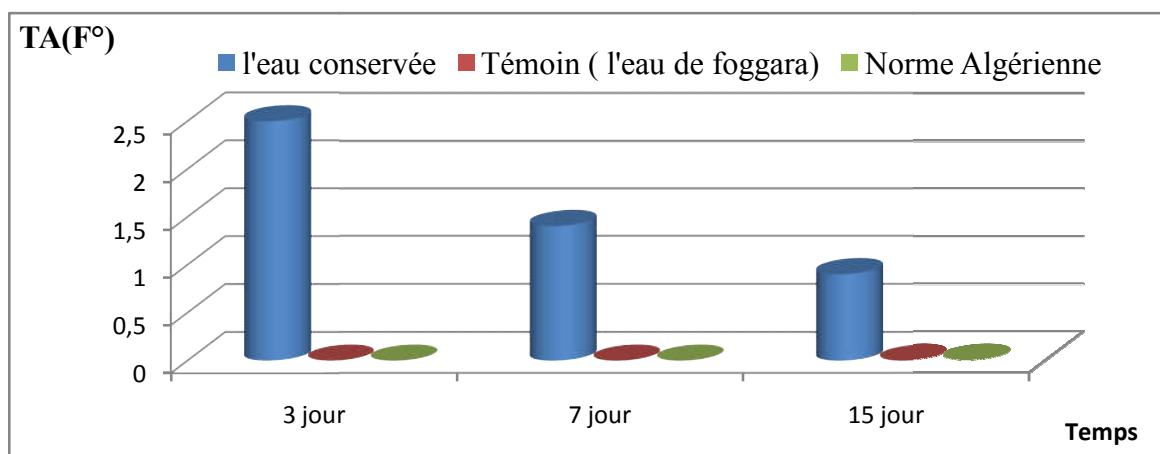


Figure IV.5: Evolution des valeurs de titre alcalimétrique en fonction de temps.

L'analyse de TA montre une valeur nulle ($\text{TA} = 0 \text{ } ^\circ\text{F}$) pour le témoin, et des valeurs variant entre 1 et 2.5 $^\circ\text{F}$ pour l'eau conservée pendant la durée d'analyse, qui sont pas conformes aux normes Algérienne de potabilité.

La variation de TA de l'eau conservée est due à la variation des valeurs du pH qui devient alcalin, ce que est accompagnée par la variation de TA.

I.6. Titre Alcalimétrique complète (TAC)

(Berne et Cordonnier, 1991), montre que le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes «OH-» et une valence de carbonates. Le titre alcalimétrique complète ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libre, carbonates et hydrogénocarbonates. Le titre alcalimétrique représente l'alcalinité du milieu. Cette alcalinité est la capacité à neutraliser les acides en solution.

Les valeurs du titre alcalimétrique complet de l'eau examinée sont données dans le Tableau IV.6 et la Figure IV.6 :

Tableau IV.6 : Résultats de la variation de titre alcalimétrique complet.

| Temps \ Paramètre | Témoin | 3 ^{ème} jour | 7 ^{ème} jour | 15 ^{ème} jour | Norme Algérienne |
|-------------------|--------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------|
| TAC (°F) | 8 | 6.1 | 4.2 | 4 | 50 |

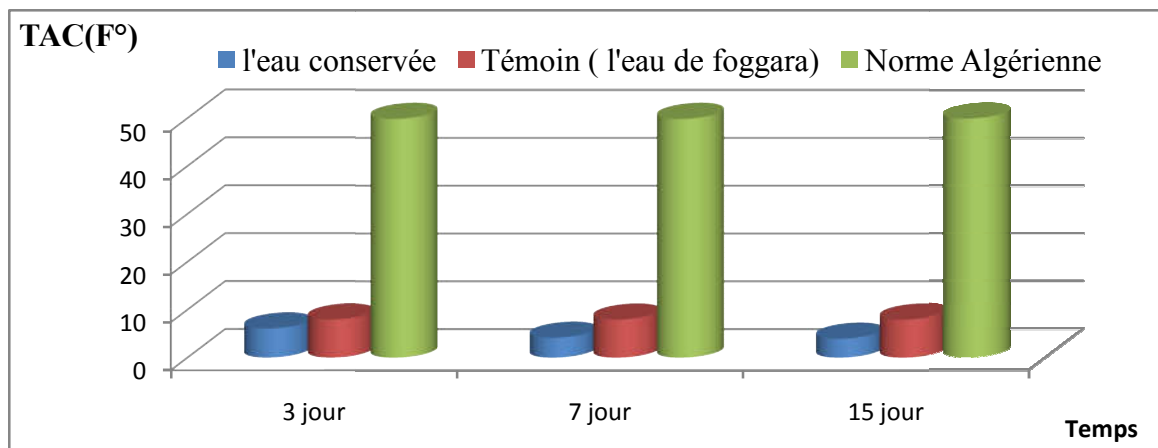


Figure IV.6: Evolution des valeurs de titre alcalimétrique complet en fonction de temps.

L'analyse de TAC montre des valeurs variant entre 4 et 8 °F, qui restent trop loin de la norme algérienne et d'OMS de TAC limité par 50 °F.

Cette diminution est traduite par la diminution des ions hydroxydes « OH⁻ » dans le milieu.

I.7. Titre hydrométrique TH (la dureté totale)

La dureté totale a un caractère lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (Hakmi, 2006), ce paramètre présente une grande variation qui serait liée à la nature lithologique de la formation aquifère (Ghazali et Zaid, 2013).

Les eaux provenant des terrains calcaires ou surtout de terrains gypseux, peuvent avoir des duretés très élevées.

Les valeurs de titre hydrométrique de l'eau examinée sont représentées dans le Tableau IV.7 et la Figure IV.7 :

Tableau IV.7: Résultats de mesure le titre hydrométrique.

| Temps \ Paramètre | Témoin | 3 ^{ème} jour | 7 ^{ème} jour | 15 ^{ème} jour | Norme Algérienne |
|-------------------|--------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------|
| TH (°F) | 29.65 | 28.7 | 25 | 24.5 | 50 |

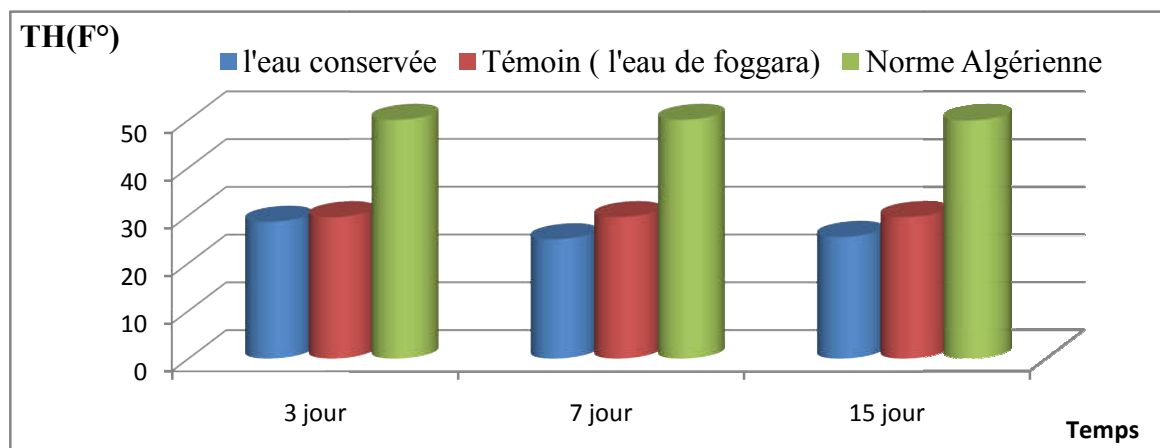


Figure IV.7 : variation du Titre hydrométrique en fonction du temps.

L'évolution de la dureté totale de l'eau conservée dans la poterie a montré une diminution progressive pour les valeurs qui passent de 29.65 à 24.5 °F. Ces valeurs la norme algérienne estimée à 50 °F.

Cette diminution de TH peut être expliquée par la nature de l'argile peut être adsorbée les différents sels tels que : Na^+ , Cl^- et Mg^{2+} .

I.8. Calcium

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Rodier et al., 2009). L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/l de calcium, le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartage (Rodier, 2005).

Montre que l'origine du calcium liée généralement au terrain traversé et les eaux d'alimentation. Plusieurs types des formations géologiques sont à l'origine du calcium parmi les quelles nous citons : les roches carbonatées et les roches gypseuses. Les roches carbonatées libèrent le calcium par l'attaque des eaux en présence de gaz carbonique (CO₂) et par dissolution dans le cas des roches gypseuses.

Les résultats de calcium qui sont obtenues sont représentés dans le Tableau IV.8 et la Figure IV.8 :

Tableau IV.8: Résultats de mesure le calcium.

| Temps \ Paramètre | Témoin | 3 ^{ème} jour | 7 ^{ème} jour | 15 ^{ème} jour | Norme Algérienne |
|---------------------------------|--------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------|
| Calcium Ca ²⁺ (mg/l) | 180.36 | 256.512 | 305 | 305 | 200 |

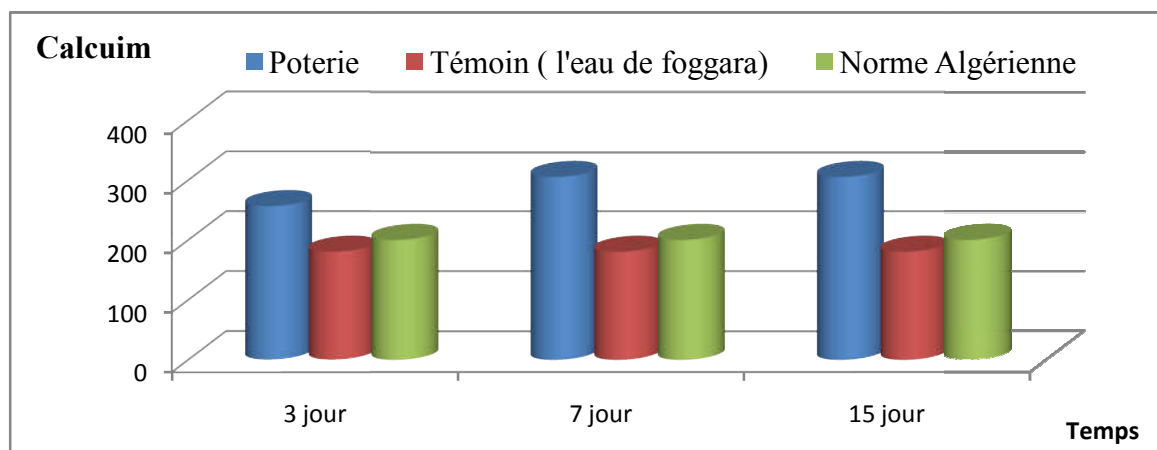


Figure IV.8 : Evolution de la dureté calcique en fonction du temps.

Les résultats obtenus de notre échantillon a montré une augmentation de la dureté calcique passe de 180.36 à 305 mg/l, ce qui dépasse la norme internationale de l'OMS qui est limité au 200 mg/l.

Cette augmentation est peut être expliquée par le phénomène d'évaporation des eaux sous l'effet des températures.

I.9. Magnésium

Éléments indispensables à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs Origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau (Kemmer, 1984).

Les résultats de magnésium qui sont obtenues sont représentés dans le Tableau IV.9 et la Figure IV.9 :

Tableau IV.9 : Résultats de mesure magnésium.

| Temps / Paramètre | Témoin | 3 ^{ème} jour | 7 ^{ème} jour | 15 ^{ème} jour | Norme Algérienne |
|--------------------------------------|--------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------|
| Magnésium Mg ²⁺ (mg/l) | 802.23 | 850.85 | 583.44 | 388.69 | 150 |

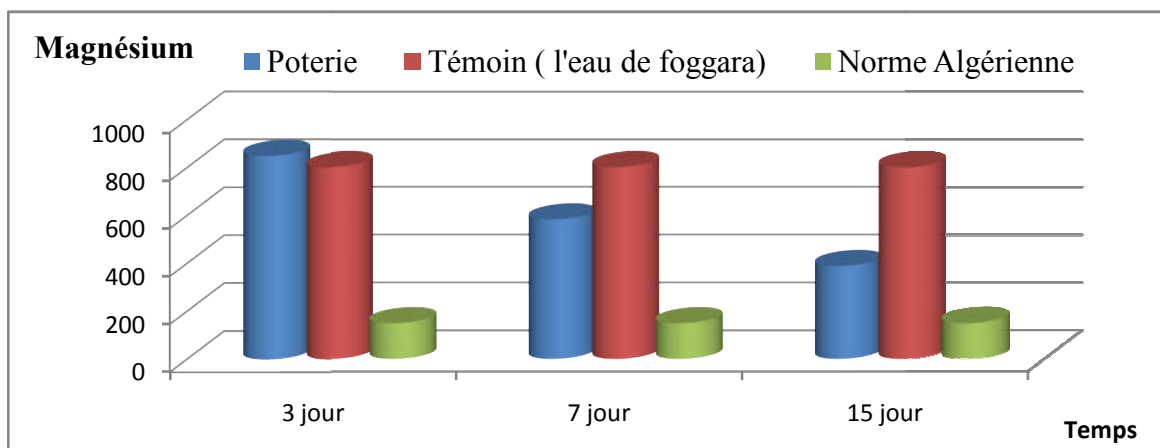


Figure IV.9 : Evolution du magnésium en fonction du temps.

Les concentrations en ions magnésium ont été diminuées progressivement en fonction du temps, et restent toujours supérieurs à la norme Algérienne d'eau potable limité par 150 mg/l.

Cette diminution est peut être expliquée par l'absorption des sels minéraux par l'argile qui constitue la poterie.

Le magnésium donne un goût désagréable à l'eau (**Rodier et al., 2009**). Selon (**Nouayti et al., 2015**), la source du magnésium semble être liée au contact des eaux avec les roches calcaires et dolomitiques.

I.10. Chlorure

Selon (**Debbakh, 2012**), les chlorures sont toujours présents dans les eaux naturelles mais à des proportions variables. Ils proviennent essentiellement de la dissolution des sels naturels par le lessivage des terrains salifères, des rejets des eaux usées d'origine domestique et industrielle.

Les gros inconvénients des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau à partir de 250 mg/l.

L'ion de chlorure n'est pas adsorbé par les formations géologique, ne se combine pas facilement avec les éléments chimique et reste très mobile. Il constitue un bon indicateur de la pollution (**Chaker et Slimani, 2014**), on explique cette diminution par l'effet de la poterie dans la filtration et l'adsorption de ses minéraux.

Les résultats de chlorure qui sont obtenues sont représentés dans le Tableau IV.10 et la Figure IV.10:

Tableau IV.10 : Résultats de mesure chlorure.

| Temps Paramètre | Témoin | 3^{ème} jour | 7^{ème} jour | 15^{ème} jour | Norme Algérienne |
|---|---------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Chlorure Cl⁻ (mg/l) | 369.2 | 333.7 | 237.85 | 188.15 | 500 |

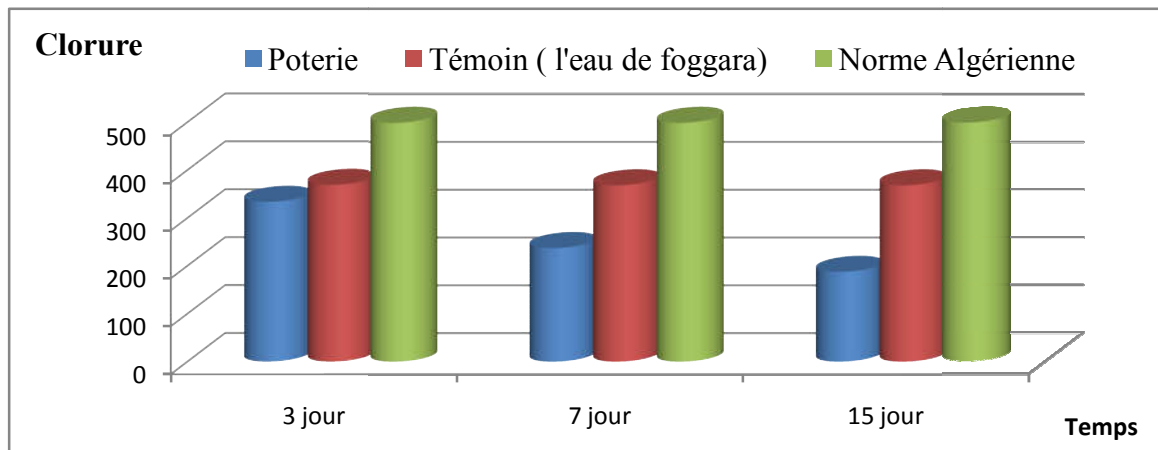


Figure IV.10 : Evolution du Chlorure en fonction du temps.

Les résultats obtenus indiquent une diminution importante de la teneur en chlorure de l'eau conservée qui passent de 369.2 mg/l à 188 mg/l. Malgré ça, ces résultats restent toujours inférieurs à la norme Algérienne limitée par 500 mg/l.

II. Résultats des analyses bactériologiques

II.1. Escherichia Coli

Les coliformes totaux parmi les quels E.coli, représentent approximativement 10% des micro-organismes intestinaux humaines et animaux, sont considérées comme étant un organisme indicateur de pollution.

Les zones humides peuvent contenir des organismes (virus, bactéries, protozoaires, helminthes...etc.) qui peuvent être pathogènes.

Les résultats d'analyse bactériologique (E.coli) qui sont obtenus sont regroupés dans le tableau IV.2 ci-dessous.

Tableau IV.11 : Résultats d'analyse bactériologique (E.coli).

| Temps Milieus | Témoin | 3^{ème} jour | 7^{ème} jour | 15^{ème} jour | Norme Algérienne |
|--------------------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Lauryl Sulfate | + | - | - | - | 0 |
| EC | + | - | - | - | 0 |
| Tryptophane | - | - | - | - | 0 |
| Kovacs | - | - | - | - | 0 |
| Résultat | - | - | - | - | 0 |

En ce qui concerne l'eau en objet, les résultats obtenus montrent l'absence des coliformes totaux et d'E.coli.

La présence des coliformes (E.coli) est un signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau (**Richard, 1996 ; Figarella et Leyral, 2002 ; L'OMS, 2004 ; Rodier et al, 2009 ; El Haissoufi et al., 2011**).

II.2. Les entérocoques

La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine doit faire penser à une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entéro-pathogènes (**Chevalier, 2002; Ladjel, 2009**).

Les résultats d'analyse bactériologique (Les entérocoques) qui sont obtenus sont regroupés dans le tableau IV.3 suivant :

Tableau IV.12 : Les résultats d'analyse bactériologique (Les entérocoques).

| Temps Milieux | Témoin | 3 ^{ème} jour | 7 ^{ème} jour | 15 ^{ème} jour | Norme Algérienne |
|------------------|--------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------|
| Rothe Broth | - | - | - | - | 0 |

L'analyse des prélèvements de l'eau conservé dans le pot montraient l'absence des streptocoques fécaux, mais avec un taux 0 germe/250 ml et cela reste dans les normes de l'OMS qui est 0 Germe/250 ml.

La même exigence pour les coliformes fécaux est portée sur les entérocoques, c'est aussi le cas de l'eau étudiée, on constate l'absence totale des entérocoques. Confirmant ainsi les normes de potabilité en relation avec ce paramètre. (Les normes bactériologies sont conférer à (Annexe N° 02)).

II.3. Clostridium sulfito-réducteur

Les clostridium sulfito-réducteurs sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne.

Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants, ils constituent donc un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (Hamed et al., 2012).

Les résultats d'analyse bactériologique (CSR) qui sont obtenus sont regroupés dans le tableau IV.4 Suivant :

Tableau IV.13 : Les résultats d'analyse bactériologique (CSR).

| Temps Milieux | Témoin | 3^{ème} jour | 7^{ème} jour | 15^{ème} jour | Norme Algérienne |
|--------------------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|
| TSC | - | - | - | - | 0 |

Les analyses montrent l'absence totale de clostridium sulfito-réducteurs (sporulées et végétatives) dans notre échantillon formes végétative ou sporulée, ce qui est conforme avec les normes Algériennes qui excluent sa présence.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'eau fait partie de notre environnement naturel, tout comme l'air que nous respirons et la terre qui nous porte et nous nourrit. Elle constitue un des éléments familiers et indispensables de notre vie quotidienne.

Le problème majeur de l'eau destinée à l'alimentation humaine a été longtemps d'ordre sanitaire, pour cela nous avons utilisé l'argile, qui est de nature alcaline et lorsqu'elle est en contact avec l'acidité de l'eau, elle fournit un équilibre de pH qui aide à réduire l'acidité. Il regorge également de minéraux et d'énergie électromagnétique qui aident à guérir certains problèmes de santé.

L'objectif principal de ce travail c'était de suivre la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de foggara « BADGHA » d'Ouled Saïd à Timimoune, conservé dans la poterie « Gualla » pendant 15 jours.

Du point de vue physico-chimique, l'ensemble des résultats obtenus ont révélé :

- l'augmentation de certains paramètres dans 15 jours y compris :
 - le pH ;
 - Turbidité ;
 - Calcium (Ca^{2+}).
- La diminution de :
 - La température ;
 - La conductivité ;
 - Le titre alcalimétrique complète (TAC) ;
 - Le TH ;
 - Le chlorure (Cl^-) ;
 - Le magnésium (Mg^{2+}).

Une augmentation puis diminution a été obtenue pour le titre alcalimétrique (TA) au troisième et septième jours et diminution aux quinzièmes jours. Les valeurs des ions magnésium et calcium dépassent la norme Algérienne d'eau potable.

Les analyses bactériologiques ont révélé l'absence totale des germes totaux, coliformes totaux et fécaux ainsi que les entérocoques et le clostridium sulfite-réducteurs.

Les résultats d'analyse obtenus, nous pouvons donc conclure, que l'eau potable de foggara « BADGHA » d'Ouled Saïd conservée dans la poterie (Guella) est de bonne qualité bactériologique et physicochimique, ce qui est conforme à nos traditions et nous permettons de les préserver.

Nous souhaitons et recommandons que ce travail soit repris afin de confirmer les résultats obtenue sur l'effet bénéfique de l'utilisation de pot de poterie concoure à la conservation des eaux potable et pourrait constituer un prélude à toute recherche scientifique plus approfondie dans ce domaine, notamment dans l'aspect physico-chimique.

Bibliographie

- Abdesselem, A. (1999).** Suivi de La qualité microbiologique et physicochimique de trois serres alimentant de la région de Tlemcen. Institut de biologie, *Université De Tlemcen*.
- Al-Hadj-IDDA, (1958).** Texte manuscrit, traduit in R.Bellil (2003). ANRH d'Adrar (2019).
- Alouane, H. (2012).** Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones a vocation agricole, impacte des nitrates sur la qualité des eaux destinées a la consommation humaine. *Mémoire magistère de l'Université Constantin*.
- Aminot, A. et Kérouel, R. (2004).** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. *Éditions Ifremer, France*.
- Anglaret, X. et Mortier, E. (2002).** Maladies infectieuses, *Editions Med-Lin*.
- Baziz, N. (2000).** Etude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé cas de la ville de BATNA.
- Behlouli, D-J. et Laibiad, S. (2008).** Etude de la qualité des eaux de quelques sources de la région de Djelfa.
- Belhoudjeb, F-A. et Toaiba, A-H. (2006).** Initiation à la régionalisation stochastique des paramètres chimiques, application à la région d'Ain oussera, *thèse master d'Université de Djelfa*.
- Berne, F. (1972).** Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière. *Editions Technip*.
- Berne, F. et Cordonnier, J. (1991).** Traitement des eaux : épuration des eaux résiduaires de raffinage, conditionnement des eaux de réfrigération. *Editions Technip, Paris*.
- Blancher, G. (1972).** Abrégé de médecine préventive et d'hygiène.
- Boeglin, J-C. (2001).** Techniques de l'ingénieur : propriété des eaux naturelles.
- Bouchelaghem, S. (2014).** Suivi de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau du lac TEMACINE (région de TOUGGOURT). *Université d'El-TARF*.
- Bourgeois, C-M. et Mesclé, J-F. (1996).** Microbiologie alimentaire : aspect, Microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. *Editions Lavoisier*.

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. *Éditions Educagri Dijon, France.*

Brian Iada, (2016). 5 ways people stayed cool before air conditioning was invented accuweather.

Catherine, G. (2009). La qualité chimique de l'eau, 3^{ème} *Éditions, Paris.*

Chaker, H. et Slimani, A. (2014). Evaluation de la qualité physico chimique des eaux d'abreuvements des ruminants dans la zone semi-aride d'Oum El Bouaghi, Nord-est de l'Algérie, d' *Université d'El Tarf, Algérie.*

Codex Stan et COIN, (1981). La pratique de l'eau : usages domestiques, collectif et Industriel. *Édition Moniteur, Paris.*

Coinl, M. (1981). La pratique de l'eau usage domestique collective a l'industrielle Lavoisier.

Coulais, J-M. (2002). Qualité des eaux et normes de potabilité en deux serves, *Édition des Ateliers.*

Coyne, L. (1984). Evidence found supporting mineral origins of life theory, NASA activities.

Debabza, M. (2005). Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes. *Mémoire de magister d'Université Badji-Mokhtar, Annaba.*

Amiri, K., Bekkari, N., Débbakh, A., Benmalek, A. Bouchahm, N. (2012). Caractérisation des eaux usées des rejets domestiques.

Degrement, (1952). Mémento technique de l'eau, 1^{ère} *Editions.*

Degremont, (2005). Mémento technique de l'eau. 2^{ème} *Editions.*

Degremont, G. (1990). Mémento technique de l'eau. *Tome 1, 2^{ème} Editions: Copyright degremont.*

Dupont, A. (1974). Hydraulique urbaine. Hydrologie, captage et traitement des eaux. *Edition Eyrolles, Paris.*

Dussart, B. (1992). L'étude des eaux continentales, limnologie, 2^{ème} *éditions.*

Edberg, R., Raczynski, M., PROST, J-C. et ELMUR, T. (2000). Aide à la fiabilisation de l'eau potable en milieu rural. Aspect techniques et financiers, *France*.

Edouard, M. (1998). Programme d'action mondial en faveur de l'éducation pour tous, des compétences : une campagne de motivation livret support au film « l'apprendre et travailler développement poterie ». *Édition par UNESCO (organisation des nations unies pour l'éducation la science et la culture) et par UNIVOC (centre international pour l'enseignement et la formation technique et professionnels).*

EL-Haissofi, H., Berrada, S., Merzouki, M., Aabouch, M., Bennani, Benlemlih, M., Idir, M., Zanibou, A., Bennis, Y., EL-Oualilalmi, A. (2011). Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de FES, Maroc.

Gaujour, D. (1995). La pollution des milieux aquatiques. *2^{ème} Editions Lavoisier.*

George Savage, (2000). Auteur de l'histoire concise de la décoration intérieure; Art décoratif français; Porcelaine à travers les âges; et de nombreux autres ouvrages sur les arts décoratifs.

Ghazali, D. et Zaid, A. (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source AIN SALAMA-JERRI (région de Meknes –Maroc).

Glaude, B. et Robert, P. (2001). Chimie de l'environnement (air, eau, sol et déchet). *Éditions Boeck, paris.*

Gregorio, C. et Pierre-Marie, B. (2007). Traitement et épuration des eaux industrielles polluées : procédés, presses, *Université Franche-Comté.*

Guerd, H. et Mesghouni, A. (2007). Mémoire de fin d'étude, performance de la station de dessalement des eaux dans la région d'El-Oued, *Université Kasdi Merbah-Ouagla.*

Guilbert, L. (2000). Chimie dans la buanderie, projets d'intégration des sciences et des technologies en enseignement au secondaire.

Haddadj, L. et Abdelouahed, M-E. (2019).Etat descriptif et dégradations du système de captage par foggara (foggara de Badghad'Ouled Saïd à Timimoune wilaya d'Adrar). *Thèse de doctorat Université Khemis Miliana.*

Foad, Y., Hamed, EM., Al-Hajj, N. (2012). Acétate de cellulose issu des déchets de biomasse de l'industrie oléicole . *Article universitaire.*

Hamed, M. et al., (2012). Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Djorf-Torba. *Thèse magister, de l'Université des Sciences et Technologies Béchar, Algérie.*

Houillier, P., Blanchard, A. et Pailard, M. (2004). Métabolisme du potassium, *Elsevier SAS, 1 : 138-157.*

(ISO 6058/1984). Qualité de l'eau, Dosage du calcium, Méthode titrimétrique à l'EDTA

(ISO 7027-1:2016). Qualité de l'eau, détermination de la turbidité, partie 1: Méthodes quantitatives.

(ISO 7251/2005). Microbiologie des aliments, Méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement d'Escherichia coli présumés, Technique du nombre le plus probable.

(ISO 7899-1/1998). Qualité de l'eau, Recherche et dénombrement des entérocoques intestinaux, Partie 1: Méthode miniaturisée (nombre le plus probable) pour les eaux de surface et résiduaires.

Jean Luc Celleric, (2002). La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau.

Jean-claude, (1983). Contrôle des eaux douces et de consommation humaine. *Edition Techniques Ingénieur,*

Jora, (2011). Journal Officiel de la République Algérienne, décret exécutif n°11-125 relatif la qualité de l'eau de consommation humaine.

Kemmer, F. (1984). Manuelle de l'eau. *Editions Lavoisier technique et documentation.*

Krinah, A. (2021). Atelier de poterie et céramique islamique, *Algérie.*

Lagreb, H. et Semanes, (2007). Etude de la qualité des eaux potables de la ville de Djelfa par régionalisation stochastique des paramètres hydro chimiques. *Thèse magister d'Université de Djelfa.*

Lazhar, G. (2011). Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique. *Thèse de magister de l'Université FERHAT ABBAS-SETIF.*

Lelief-Delcourt, (2011). Argile c'est malin. *Editions Leduc.*

Lepeltier, S. (2005). Un bon état écologique des eaux.

Leyral, G., Ronnefoy, C., Guillet, F. (2002). Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire, *Paris.*

Maiga, A. (2005). Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière. *Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Bamako, Bamako, Mali.*

Manceur et Djaballah, (2016). Analyse microbiologique de l'eau distribuée dans la ville de Tébessa. *Mémoire de Master d'Université Labri Tébessi, Tébessa, Algérie.*

Mokeddem, K. et Ouddane, S. (2005). Qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de source sidi yaakoub (Mostaganem). *Mémoire D'ingénieur.*

Nasrri, H., Leajel, N. et Jaafar, N. (2008). Etude les caractéristiques physico-chimique de certains eaux minérale dans marché algérien et comparé avec sources naturelles, *Mesila.*

NF V08-061 Décembre (2009). Microbiologie des aliments-Dénombrement en anaérobiose des bactéries sulfite-réductrices par comptage des colonies à 46 °C.

Nouayti, N., Khattach, D., et Hilali, M. (2015). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes.

OMS, (1994). Santé, population et développement : rapport de situation de l'OMS, Conférences internationale sur la population et le développement, Le Caire, 1994, résumé d'orientation.

OMS, (2003). Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality Geneva, Switzerland.

OMS, (2004). Rapport sur la santé dans le monde, disponible en anglais, français et espagnol.

Orcel, J., Caillère, S. et Hénin, S. (1950). Nouvel essai de classification des chlorites, Minéral.

Oudjedoub, Mohamed. et Chalouche, Abdenour. (2004). L'histoire de la poterie et de la céramique en Algérie.

Qabaqous et al., (2014). Elaboration et caractérisation des supports plans à base d'argile (Rhassoul) pour membranes minérales (Preparation and characterization of supports plans from the (Rhassoul) Clay for mineral membranes).

- Rodier, J. (1976).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. *Éditions Dunod, Paris, France.*
- Rodier, J. (1996).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires. *Éditions Dunod, Paris.*
- Rodier, J. (1997).** L'analyse de l'eau (eaux Naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer). *Editions Dunod, Paris, p 66.*
- Rodier, J. (2005).** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. *Édition Dunod, Paris.*
- Rodier, J. (2009).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. *Editions Dunod, Paris.*
- Rodier, J. (2009).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. *Éditions Dunod, Paris.*
- Rodier, J. et Bernard, L. (2009).** l'analyse d'eaux. *9^{ème} Editions, Paris.*
- Rodier, J. et bernad, (2009).** L'analyse de l'eau : eaux Naturelles, eaux résiduaires, eau de Mer. *Editions Dunod , Paris.*
- Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J-P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodi, L. (2005).** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, physico-chimie, microbiologie, biologie. *Editions Dunod, Paris.*
- Rodier, J., Bazin, C., Broutin, J-P., Chambon, P., Champsaur, H., Rodi, L. (1997).** L'analyse des eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. *Editions de nord, paris.*
- Rodier, J., Legube, B. et Merlet, N. (2009).** L'analyse de l'eau, 9^{ème} Edition. *Editions Dunod.*
- Rodier., Legube, B., Merlet, N., Brunet, R., Mialocq, J-C., Leroy, P., Houssin, M., Lavison, G., Bechemin, C., Vincent, M., Rebouillon, P., Moulin, L., Chomodé, P., Dujardin, P., Gosselin, S., Seux, R., Almardini, F. (2009).** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. *9^{ème} Editions Dunod, Paris.*
- Roux, (1987).** Office internationale de l'eau : l'analyse biologique de l'eau. *Édition TES&DOC, Paris.*
- Satin, M. et Selmi, B. (1999).** Guide technique de l'assainissement, *2^{ème} Édition Moniteur.*

Shuval, H-I., Fattal, B., Yekutieli, P. (1986). Revue de l'état de l'art: une approche épidémiologique des effets sur la santé de la réutilisation des eaux usées.

Site Internet

[Wikipédia] *Micro-organisme sulfato-réducteur*. **(en ligne)** Disponible sur <https://fr.wikipedia.org/wiki/Micro-organisme_sulfato-r%C3%A9ducteur> (consulté le 11/06/2020).

[Dorothee Bajoux Poterie] *potier*. Disponible sur <<http://potier-mayenne.e-monsite.com/>> (consulté le 02/04/2021).

Annexes

ANNEXE N° 01

Tableau A.1: Les normes physico-chimiques selon l'OMS.

| Les paramètres | Unités | Les normes OMS |
|------------------------------|------------|-----------------|
| pH | Sans unité | 6.5 – 9 |
| Température | °C | 25 |
| La conductivité électrique | µs/cm | 1250 |
| La turbidité | NTU | 5 |
| La dureté | °F | 50 |
| L'alcalinité | °F | - |
| L'anhydride carbonique libre | mg/l | inférieure à 10 |
| Les chlorures | mg/l | 200 |
| Sulfates | mg/l | 25 |
| Magnésium | mg/l | 50 |
| Calcium | mg/l | 120 |
| Sodium | mg/l | 150 |
| Aluminium | mg/l | 12 |
| Potassium | mg/l | 12 |
| Résidu sec | mg/l | 1500 |

ANNEXE N° 02

Tableau A.2 : Normes bactériologiques des eaux potable (Hamed et al., 2012).

| Paramètre bactériologique | Unités | Recommandation (OMS) |
|-----------------------------|--------------|----------------------|
| Germs totaux | Germe/ml | 100 |
| Coliformes fécaux | Germe/100 ml | 0 |
| Streptocoque fécaux | Germe/100 ml | 0 |
| Bactérie sulfato-réducteurs | Germe/20 ml | 0 |

ANNEXE N° 03

Tableau A.3: La composition d'argile.

| Exemple de composition minéralogique d'une argile blanchemontromorillonite | |
|---|-------|
| Elements majeure | |
| Silice | 61% |
| Aluminium | 23% |
| Fer | 12% |
| Magnesium | 4.5% |
| Sodium | 3% |
| Calcium | 2.5% |
| Potassium | 0.4% |
| Manganese | 0.08% |

| Elements mineurs | |
|------------------|------------|
| Cuivre | 0.008pmm |
| Cobalt | < 0.001ppm |
| Molybdène | < 0.001ppm |

ANNEXE N°04

Caractéristiques de la foggara d'Ouled Saïd (Haddadjet Abdelouahed, 2019)

Ouled Saïd est une commune très connue par ces ksours particuliers de couleur noire et ses foggaras opérationnelles. Une foggara particulière, située au centre des jardins d'Ouled Saïd, regroupe trois foggaras sur le site d'Ouled Haroun.

Il s'agit des foggaras de *Badgha*, Amokrane et Anrite (**Fig A.2**). Contrairement aux foggaras de Timimoune centre et d'Adrar qui capte les eaux de la nappe profonde du Continental intercalaire, ces trois foggaras exploitent les eaux de la nappe du Grand Erg Occidental. Ces eaux se forment au-dessous du Grand Erg occidental grâce à l'eau qui s'écoule lentement sous l'Erg dans les anciens cours d'eau en provenance de l'Atlas Saharien. Les trois foggaras sont été creusées progressivement, au fil du temps. Les galeries en provenance du Grand Erg occidental sont perdues au-dessous des immenses dunes de sable et personne n'a confirmées leur itinéraire exact. Une fois sortie de l'Erg, les trois foggaras d'une longueur dépassant 1 km convergent au même endroit au milieu des oasis d'Ouled Saïd pour former un site de partage et de répartition de l'eau, la foggara de *Badgha*, comme la surnomme la population locale.

L'originalité des trois foggaras d'Ouled Saïd réside dans son réseau ramifié de souaguis (pluriel de la *segua*), destinées à la distribution de l'eau entre les 150 propriétaires des foggaras. Il s'agit du réseau le plus dense et le plus compliqué de toutes les oasis du Grand Erg Occidental. C'est un véritable enchevêtrement des souaguis creusées et façonnées avec de l'argile et de la roche.

Tout est calculé et mesuré à une *habba* près sans la moindre erreur. Chaque propriétaire reçoit sa part d'eau en fonction de son effort et de sa contribution à la réalisation et à l'entretien de la foggara. Ce réseau a été conçu par le collectif

graduellement dans le temps en fonction de l'évolution des quantités d'eau distribuées aux propriétaires ayant des actions dans les trois foggaras.



Figure A.1: Convergence de trois foggaras d'Ouled Saïd.

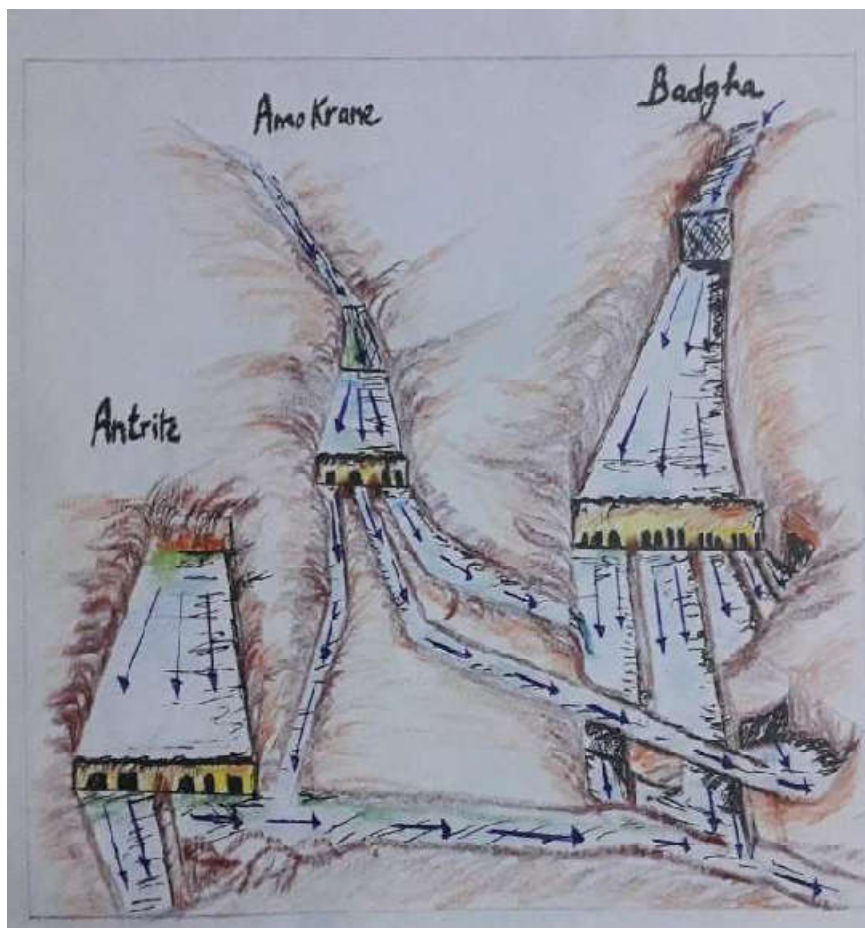




Figure A.2 : Schéma synoptique du site d'Ouled Haroun : lieu de convergence des foggaras : Antrite, Amokrane et Badgha (dessiné par HADDADJ LILIA).

1

ANNEXE N°05

Tableau A.4 : Matériels et verrerie des analyses physico-chimiques.





| Matériels et verrerie | Les Figures |
|-----------------------|--|
| Bécher |  |
| Pipettes Graduée |  |

Fiole Jaugée

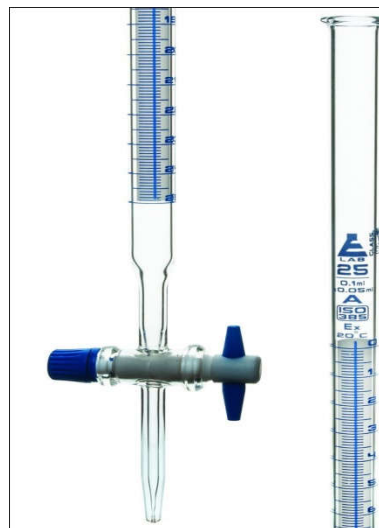


Bec Bunsen



| | |
|------------------|---|
| Pissette |  |
| Spatule |  |
| Les tubes |  |
| Pipettes Pasteur |  |

burette graduée



Etuve et incubateur

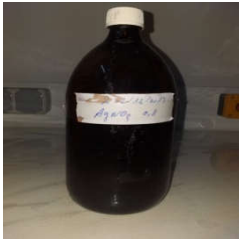

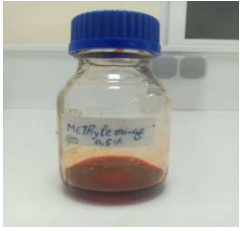




Plaques chauffants



ANNEXE N° 06

Tableau A.5 : Préparation des solutions des analyses physico-chimiques.

| Réactifs | Préparation des solutions | Les Photos |
|--------------------------------|--|---|
| Nitrate d'argent 0.02 N | Nitrate d'argent (AgNO_3) m=3.40 g Eau distillée V=1000 ml |  |
| Acide sulfurique 0.02 N | Acide sulfurique (H_2SO_4) V=0.54 ml Eau distillée V=1000 ml |  |
| Méthyle d'orange 0.5 % | Méthyle d'orange m=1 g Eau distillée V=99 ml |  |
| EDTA 0.02 N=0.01 M | EDTA m=3.725 g Eau distillée V=1000 ml |  |
| Phénolphtaléine 0.5% | Phénolphtaléine m= 0.5 g Alcool éthylique (éthanol 96%) V=100 ml Eau distillée V=100ml |  |


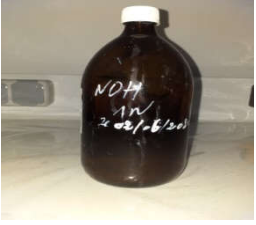

| | | |
|---|--|--|
| <p>Noir d'eriochrome T (N.E.T) 0.5 %</p> | <p>Noir d'eriochrome T (N.E.T) m=0.5 g</p> <p>Alcool éthylique (éthanol 96 %) V=100 ml</p> |  |
| <p>NaOH 0.1 N</p> | <p>NaOH m=1.124 g</p> <p>Eau distillée V=275 ml</p> |  |
| <p>Chromate de potassium</p> | <p>Chromate de potassium K_2CrO_4 m=10 g</p> <p>Eau distillée V= 100 ml</p> |  |



Photo A.1: (A).

(A) : L'endroit où l'échantillon a été prélevé.



Photo A.2: (B)

(B) : Le pot de poterie « Guella ».

ANNEXE N°07

1. Préparation du milieu de culture (Lauryl Sulfate)**a) A double concentration (D/C)****Photo A.3:** Gélose Lauryl Sulfate.

On' a:

- 1l → 35.6 g
- 1000 ml → 35.6 g
- 100 ml → $m_{S/C}$
- $m_{D/C} = m_{S/C} * 2$
- $m_{D/C} = 7.12$ g

Mettre en suspension 7.12 g de milieu dans 100 ml d'eau distillée stérile dans une fiole jaugée. Conditionner le mélange liquide en flacons en verre stérile ensuite les fermer afin de l'autoclave.

b) A simple concentration (S/C)

On' a:

- 1l → 35.6 g
- 1000 ml → 35.6 g
- 50 ml → $m_{S/C}$
- $m_{S/C} = 1.78$ g

Mettre en suspension 1.78 g de milieu dans 50 ml d'eau distillée stérile dans une fiole jaugée. Conditionner le mélange liquide en flacons en verre stérile ensuite les fermer afin de l'autoclave.

2. Préparation du milieu EC

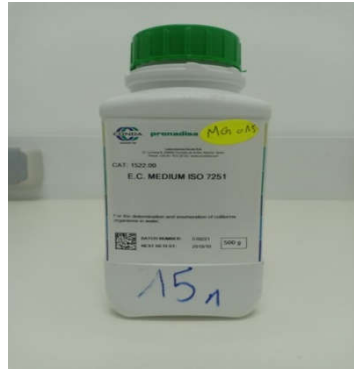


Photo A.4: poudre de milieu EC.

On a:

- 38 g → 1000 ml
- m → 140 ml
- m = 5.32 g

Mettre en suspension 5.32 g de milieu dans 140 ml d'eau distillée stérile dans une fiole jaugée. Conditionner le mélange liquide en flacons en verre stérile ensuite les fermer afin de l'autoclave.

3. Préparation du milieu Tryptophane

On a:

- 16 g → 1000 ml
- m → 100 ml
- m = 1.6 g

Mettre en suspension 1.6 g de milieu dans 100 ml d'eau distillée stérile dans une fiole jaugée. Conditionner le mélange liquide en flacons en verre stérile ensuite les fermer afin de l'autoclave.

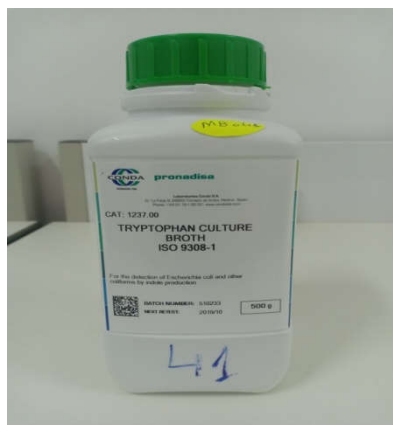


Photo A.5: poudre de milieu tryptophane.

4. Préparation du milieu de culture Roth/Broth

a) A double concentration (D/C)

On' a:

- 34.7 g → 1000 ml
- $m_{D/C} \rightarrow 100$ ml
- $m_{D/C} = m_{S/C} * 2$
- $m_{D/C} = 6.49$ g

Mettre en suspension 6.49 g de milieu dans 100 ml d'eau distillée stérile dans une fiole jaugée. Conditionner le mélange liquide en flacons en verre stérile ensuite les fermer afin de l'autoclave.

b) A simple concentration (S/C)

On' a:

- 34.7 g → 1000 ml
- $m_{S/C} \rightarrow 50$ ml
- $m_{S/C} = 1.735$ g

Mettre en suspension 1.735 g de milieu dans 50 ml d'eau distillée stérile dans une fiole jaugée. Conditionner le mélange liquide en flacons en verre stérile ensuite les fermer afin de l'autoclave.



Photo A.6: poudre de milieu Rothe.

5. Préparation du milieu de culture TSC

On' a:

- 42 g → 1000 ml
- m → 100 ml
- m= 4.2 g

Mettre en suspension 4.2 g de milieu dans 100 ml d'eau distillée stérile dans une fiole jaugée. Conditionner le mélange liquide en flacons en verre stérile ensuite les fermer afin de l'autoclave.

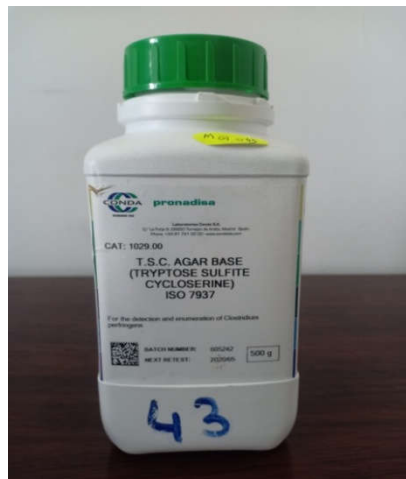


Photo A.7: Le milieu de culture TSC.

ANNEXE N° 08

Tableau A.6 : Table de MAC CREDY (NPP).

| Nombre de tubes positifs au niveau des taux de dilution retenus | NPP | Nombre de tubes positifs au niveau des taux de dilution retenus | NPP |
|---|-------|---|-------|
| 000 | < 0.3 | 230 | 2.9 |
| 001 | 0.3 | 300 | 2.3 |
| 010 | 0.3 | 301 | 4 |
| 020 | 0.6 | 302 | 6 |
| 100 | 0.4 | 310 | 4 |
| 101 | 0.7 | 311 | 7 |
| 110 | 0.7 | 322 | 12 |
| 111 | 1.1 | 320 | 9 |
| 120 | 1.1 | 321 | 15 |
| 121 | 1.5 | 322 | 21 |
| 200 | 0.9 | 323 | 29 |
| 201 | 1.4 | 330 | 20 |
| 210 | 1.5 | 331 | 50 |
| 211 | 2.0 | 332 | 110 |
| 220 | 2.1 | 333 | > 110 |
| 221 | 2.8 | | |