



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie
Sciences Agronomiques
Hydropédologie

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
ZouioucheManal

Le : dimanche 26 juin 2022

Valorisation de la datte de qualité inférieure par le biais des eaux osmosées

Jury :

Mr.	Boukehil Khaled.	MAA	Université de Biskra	Promoteur
Mr	BoumaarafBelkacem	MCA	Université de Biskra	Président
Mr	Mehaoua MohamedSeghir	Pr	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2021 2022

Remerciements

Je remercie, tout d'abord, Dieu le tout puissant, qui m'a donné la Force et la volonté pour terminer ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements à **Mr. BOUKEHIL Khaled**, Maître Assistant A au département d'Agronomie à l'université de Biskra pour son encadrement et son soutien.

Je tiens à remercier **Mr. BOUMAARAF Belkacem**, Maître de conférence A au département d'Agronomie à l'université de Biskra, d'avoir accepté de présider le jury et pour évaluer ce modeste travail.

Mes sincères remerciements vont à **Mr. MEHAOUA Mohamed Seghir**, *Professeur* au département d'Agronomie à l'université de Biskra, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mon époux Mr Khelil Houssam de m'avoir soutenu, encouragé et pour sa contribution dans l'élaboration de ce projet. Je remercie également Dr. Abdellioui Sana pour son aide considérable et son soutien inconditionnel, ainsi que Dr. ZOUIOUECHE Fatima pour tous ses efforts.

En fin je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour l'acheminement fructueux de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à la mémoire de mon père ;

Ma mère ;

Mes enfants Ines , et Jawed ;

Tous mes proches et mes amis (es).

ZouiouecheManal épouseKhelil

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Introduction..... I

Chapitre I : Généralités sur le palmier dattier et la datte

Palmier dattier 4

1.1. Origine et taxonomie 4

1.2. Origine 4

1.3. Taxonomie..... 5

2. Fruit du dattier 6

2.1. Description de la datte 6

2.2. Stades d'évolution de la datte..... 6

2.3. Caractéristiques morphologiques et biochimiques de la datte 8

2.4. Importance économique de la datte dans le monde et en Algérie 13

2.5. Cultivars de dattiers 16

2.7. Critères d'évaluation de la qualité des dattes 17

2.8. Conditionnement et commercialisation des dattes 18

Chapitre II : Généralités sur l'eau et l'osmose inverse

1.1. Définition de l'eau 20

1.2. Différentes Ressources hydriques en Algérie 20

1.3. Ressources hydriques dans la région de Biskra..... 21

1.4. Hydrologie dans la région de Tolga..... 22

1.5. Normes algériennes 23

1.6. Paramètres de la qualité des eaux 25

2. Généralités sur l'osmose inverse 34

2.1. Définition de l'osmose inverse..... 34

2.2. Principe d'osmose inverse..... 35

2.3. Définition d'un osmoseur..... 36

2.4. Domaine d'application..... 36

2.5. Conception générale d'une installation d'osmose inverse 38

2.6. Processus de traitement de l'eau par Osmose inverse 38

2.7. Procédé de prétraitement dans l'osmose inverse..... 39

2.8. Membranes et modules d'osmose inverse 40

2.9. Avantages et inconvénients d'osmose inverse 41

Chapitre III : Matériels et Méthodes

1. Objectif de l'expérimentation..... 44

2. Présentation du site d'étude	44
3. Présentation de l'unité de production de dattes.....	44
4. Echantillonnage	45
5. Paramètres physicochimiques de l'eau de forage (non traitée).....	46
6. Paramètres bactériologiques.....	56
7. Installation de l'unité de traitement d'eau	67
8. Evaluation de la performance de l'osmose inverse	70
9. Processus de valorisation et conditionnement de datte.....	71
10. Analyses de la datte	75

Chapitre IV : Résultats et discussions

1. Analyses des paramètres physicochimiques	80
1.1. Les paramètres organoleptiques	81
1.2. La température.....	81
1.3. Le potentiel hydrogène pH.....	81
1.4. Conductivité électrique	82
1.5. Turbidité.....	83
1.6. Dureté totale de l'eau TH.....	84
1.7. Titre alcalimétrique complet TAC.....	85
1.8. Teneur en calcium (Ca ⁺⁺).....	85
1.9. Teneur en magnésium (Mg ⁺⁺)	86
1.10. Teneur en bicarbonates (HCO ₃)	87
1.11. Teneur en chlorures (Cl ⁻)	87
1.12. Teneur en nitrates (NO ₃).....	88
1.13. Teneur en nitrites (NO ₂).....	89
1.14. Teneur en sulfate (SO ₄).....	90
1.15. Le sodium (Na ⁺)	91
1.16. Teneur en potassium (K ⁺)	92
1.17. Résidu sec.....	92
1.18. Teneur de Fer.....	93
1.19. Teneur en manganèse (Mn ²⁺)	94
1.20. Teneur en phosphates.....	94
2. Analyse des paramètres bactériologiques	95
3. Evaluation de la performance de la station d'osmose inverse	98
3.1. Les avantages de la station d'osmose inverse installée	98
3.2. Taux de conversion (TC)	100
3.3. Taux de rétention de sels (TR)	100
3.4. Proportion de rejet et de passage des sels	102

4. Analyses de la qualité des dattes	102
4.1. Caractéristiques morphologiques des dattes	102
4.2. Caractéristiques physiques des dattes	103
4.3. Analyses de la teneur en eau des dattes	105
Conclusion	107
Résumé.....	121
Références Bibliographiques	Error! Bookmark not defined.

Liste des Tableaux

Tableaux	Pages
Tableau 1. Composition en sucres de quelquesvariétés	25
Tableau 2. Composition moyenne en acides aminés de la datte sèche	26
Tableau 3. Composition en acides gras de la variété DegletNour	26
Tableau 4. Composition vitaminique moyenne de la datte sèche	27
Tableau 5. Composition biochimique des noyaux des dattes irakiennes ettunisiennes en %.	28
Tableau 6. Les principaux pays producteurs et exportateurs de dattes en 2016	29
Tableau 7. Les principales wilayas productrices des dattes en Algérie	30
Tableau 8. Répartition des eaux renouvelables (en milliard de m3) selon les cinq bassins hydrographiques en Algérie	37
Tableau 9. Répartition de quantité des eaux souterraines exploitées	39
Tableau 10. Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie	40
Tableau 11. Quelques marches d'application des membranes d'OI	53
Tableau12. Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température	63
Tableau 13. Classifications des eaux d'après leur pH	64
Tableau 14. Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique	65
Tableau 15. Classifications des eaux d'après leurs conductivités électriques	65
Tableau 16. Résultats des analyses physicochimiques des eaux brutes et traitées utilisées dans l'unité de conditionnement STB el Baraka Tolga	96
Tableau 17. Résultats des analyses bactériologiques des eaux brutes et traitées utilisées dans l'unité de conditionnement STB el Baraka Tolga	111
Tableau 18. Taux de rétention de sels	116

Liste des Tableaux

Tableau 19. Proportions de rejet et de passage de sels	117
Tableau 20. Résultats des caractéristiques physiques des dattes étudiées au niveau de l'unité de conditionnement STB el Baraka Tolga	118
Tableau 21. Résultats d'analyses d'humidité des dattes (teneur en eau) trempées dans l'eau brute et dans l'eau omosédans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	120

Liste des figures

Figure	pages
Figure 1 <i>Phoenixdactylifera</i> L	21
Figure 2 Fruit et graine du dattier	22
Figure 3 Stades d'évolution de la datte	23
Figure 4 Différentes étapes de conditionnement des dattes	34
Figure 5 <i>Escherichiacoli</i> sous microscope électronique à G X 1000	47
Figure 6 <i>Streptocoques sp</i> sous microscope (Gx1000)	48
Figure 7 Streptocoques fécaux	49
Figure 8 <i>Clostridium perfringens</i> observée au microscope optique (G×1000)	50
Figure 9 Principe de l'osmose inverse.	52
Figure 10 Schéma de principe d'une unité de dessalement basé sur le principe d'osmose inverse	54
Figure 11 Prétraitement conventionnel typique	56
Figure 12 Structure interne d'une membrane	57
Figure: 13 Echantillonnage munis d'étiquette	62
Figure 14 La glacière transportant l'échantillon	62
Figure 15 Protocol de recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux et <i>E. coli</i> dans les eaux.	76
Figure 16 Protocole de recherche et dénombrement des entérocoques fécaux dans les eaux.	79
Figure 17 Protocole de recherche et dénombrement des spores anaérobies sulfito-réducteurs.	82

Liste des figures

Figure 18 Pompe doseuse	84
Figure 19 Tableau électronique	84
Figure 20 Manomètre	85
Figure 21 Débitmètre.	85
Figure 22 Schéma de l'unité de traitement d'eau par osmose inverse.	86
Figure 23 Echantillon de la Matière première DegletNour (dattes non traitées)	88
Figure 24 Pont bascule de l'unité de production STB	89
Figure 25 Chambre de Fumigation de l'unité,	89
Figure 26 Bassin pour trempage de datte de l'unité STB.	90
Figure 27 Laveuse de datte de l'unité STB	90
Figure 28 Mise en barquette et mise en boîte des dattes	91
Figure 29 Dessiccateur - analyseur d'humidité	93
Figure 30 Variation de la température des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	97
Figure 31 Variation du pH des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	98
Figure 32 Variation de la conductivité électrique des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	99
Figure 33 Variation de la turbidité des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	99
Figure 34 Variation de la dureté totale des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement	100

Liste des figures

STB el Baraka (Tolga).	
Figure 35 Variation du titre alcalimétrique complet des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	101
Figure 36 Variation du teneur en calcium (Ca^{++})des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	102
Figure 37 Variation du teneur en magnésium des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	102
Figure 38 Variation du teneur en bicarbonates (HCO_3)des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	103
Figure 39 Variation du teneur en chlorures (Cl^-)des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	104
Figure 40 Variation en nitrates (NO_3)des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	105
Figure 41 Variation en nitrites (NO_2)des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	106
Figure 42 Variation en sulfate (SO_4)des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	107
Figure 43 Variation en sodium (Na^+)des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	107
Figure 44 Variation en potassium (K^+) des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	108
Figure 45 Variation des résidus secs des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	109
Figure 46 Variation en fer (Fe) des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	109

Liste des figures

Figure 47 Variation en manganèse (Mn^{2+}) des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	110
Figure 48 Variation en phosphates (PO_4^{3-}) des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	111
Figure 49 Variation des résultats des paramètres bactériologiques d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	112
Figure 50 Tube positif d'Eva Litsky présentant un trouble.	112
Figure 51 Unité réelle d'osmose inverse de capacité 1000 l/h photo prise sur lieu du chantier dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	114
Figure 52 Bâche à eau. (Originale, 2022).	115
Figure 53 Variation des taux de rétention de sels.	117
Figure 54 L'aspect des dattes après trempage dans l'eau osmosée.	118
Figure 55 Mesure du poids d'une datte après le trempage dans l'eau osmosée.	119
Figure 56 Variation des paramètres physiques moyens des dattes trempées dans l'eau brute et osmosée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga), L : longueur, D : diamètre, PD : poids des dattes, PP : poids des pulpes.	120
Figure 57 Variation de la moyenne d'humidité des dattes trempées dans l'eau brute et osmosée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).	121

Liste d'abréviation

Abréviations	Significations
°C	Degré Celsius
°F	Degré Fahrenheit
ASR	Anaérobies sulfito-réducteurs
Ca⁺⁺	Calcium
CE	Conductivité électrique
CIP	Poste in clean, poste de nettoyage
Cl	Teneur en chlorures
D	Diamètre
EDTA	Éthylène Diamine Tetra Acétate
Fe	Teneur en fer
HCO₃	Teneur en bicarbonates
K⁺	Teneur en potassium
L	Longueur
MES	Matière en suspension
Mg/l	Milligramme par litre
Mg⁺⁺	Teneur en magnésium
Mn²⁺	Teneur en manganèse
Na⁺	Teneur en sodium
NET	Noir d'ériochrome T
NO₂	Teneur en nitrites
NO₃	Teneur en nitrates
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
OI	Osmose inverse
PD	Poids de la datte
PH	Le potentiel Hydrogène
PP	Poids de la pulpe
SDI	Silt density index indice de colmatage
SO₄	Teneur en sulfate
TA	Titre alcalimétrique
TAC	Titre alcalimétrique complet
TH	Titre hydrotimétrique
µg/l	Microgramme par litre
µS/cm	MicroSiemens par centimètre

Introduction

Introduction

L'évolution d'eau que connaît l'environnement urbain et industriel pose, dans de nombreux pays, le problème de l'eau. Par ailleurs, il est certain que nos besoins en eau ne cesseront de croître alors que les réserves en eau de bonne qualité diminuent.

Heureusement, ces dernières décennies témoignent d'un grand développement des nouvelles technologies de traitement des eaux. En particulier plusieurs types de procédés ont démontré être d'une grande valeur. Parmi les exemples, nous trouvons : l'osmose inverse, électrodialyse, nano-filtration, distillation.

Les procédés membranaires font partie de ces nouvelles technologies qui peuvent jouer un rôle environnemental important. Ces procédés permettent la production d'eau destinée soit à la consommation humaine soit aux industries qui consomment de l'eau de pureté contrôlée dans leur chaîne de production (industries agroalimentaires, industries pharmaceutiques,...etc.). Parmi les industries agroalimentaires les plus importantes dans notre région, citons celles de la valorisation et la conservation de la datte.

Réellement, dans la région de Biskra le développement de l'agriculture maraichère et dattière a connu un essor considérable malgré tous les problèmes reliés à la salinité de l'eau. En effet, l'eau salée provoque le dessèchement des dattes, et par conséquent, des milliers de tonnes de dattes restent non utilisées et peuvent dépasser les 30 % de la production selon les statistiques du ministère de l'agriculture. Elles pourraient être valorisées en exploitant les différentes technologies d'épuration de l'eau. Parmi ces technologies nous avons choisis l'osmose inverse appliquée dans une unité de production de datte située dans la région de Tolga à la wilaya de Biskra.

La présente étude a pour but de mettre en évidence les différentes étapes d'installation d'une station d'osmose inverse, de réaliser une étude comparative

Introduction

entre l'utilisation d'une eau de forage brute et celle d'une eau osmosée dans un procédé de valorisation de la datte de qualité inférieure, en étudiant les principaux paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux brutes et traitées, ainsi que la valorisation des dattes par le contrôle de la teneur en humidité .

Ce travail comporte deux parties principales :

La partie bibliographique avec deux chapitres qui traitent les dattes, l'eau, son traitement et enfin l'osmose inverse.

La partie expérimentale avec deux chapitres :

- Le premier chapitre porte sur la description du site d'étude ainsi que le matériel et les méthodes d'analyse utilisées.
- Le deuxième chapitre sera consacré à la présentation des résultats obtenus ainsi que leur interprétation.

Une conclusion générale clôturera ce travail où sont récapitulés les principaux résultats obtenus.

Chapitre I : Généralités sur le palmier dattier et la datte

Palmier dattier

Le palmier dattier (*Phoenixdactylifera L.*) constitue l'une des espèces fruitières dont la culture existe depuis la plus haute antiquité (Munier, 1973). Cet arbre représente un grand intérêt non seulement par sa productivité élevée et la qualité de ses fruits très recherchées mais également grâce à ses facultés d'adaptation aux régions sahariennes. Ou il permet de créer au milieu du désert des oasis à méso climat favorable à la culture de plusieurs espèces arboricoles, Céréalières, fourragères et maraichères, qui lui sont associées chaque fois que les disponibilités en eau (Saadi, 1990).

1.1. Origine et taxonomie

1.2. Origine

Le palmier dattier, *Phoenixdactylifera L.*, est dérivé du nom phénicien « Phoenix », qui signifie palmier dattier et « dactylifera » est dérivé d'un mot Grec « dactylos » qui signifie doigt, illustrant la forme du fruit (Kearney, 1906).

Le palmier dattier était primitivement cultivé dans les zones arides et semi-arides chaudes de l'Ancien monde Vers 4500 avant J-C entre l'Euphrate et le Nile. Les fossiles de palmiers à feuilles pennées ne remontent qu'au début de Tertiaire (Munier, 1973).



Figure 01:*Phoenixdactylifera* L(Originale).

1.3.Taxonomie

Le genre Phoenix comporte au moins douze espèces, parmi eux est dactylifera(Nixon, 1950). D'aprèsMunier (1973), la classification botanique du palmier dattier est comme suit :

Embranchement : Phanérogames.

Sous-embranchement : Angiospermes.

Classe : Monocotylédones.

Groupe : Phoenocoides.

Famille : Arecaceae.

Sous-famille : Coryphoideae.

Genre : *Phoenix*.

Espèce :*Phoenixdactylifera*L.

2. Fruit du dattier

2.1. Description de la datte

La datte, fruit du palmier dattier, est une baie, généralement de forme allongée, ou arrondie. Elle est composée d'un noyau ayant une consistance dure, entouré de chair. La partie comestible de la datte, dite chair ou pulpe, est constituée de:

Un péricarpe ou enveloppe cellulosique fine dénommée peau ;

Un mésocarpe généralement charnu, de consistance variable selon sa teneur en sucre et est de couleur soutenue;

Un endocarpe de teinte plus claire et de texture fibreuse, parfois réduit à une membrane parcheminée entourant le noyau (Espiard, 2002).

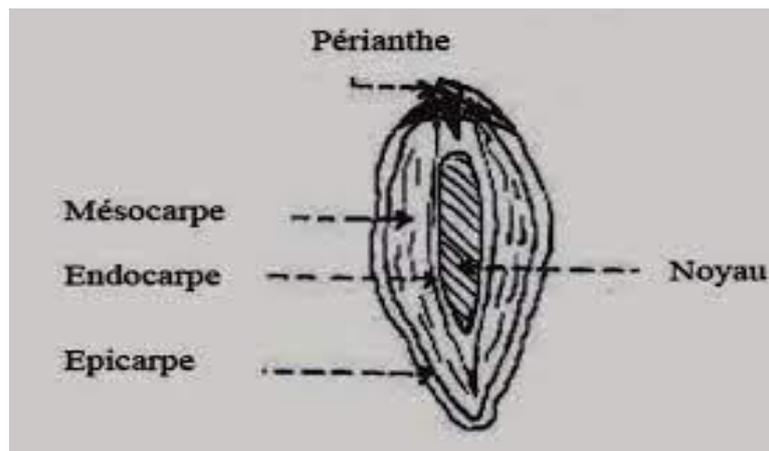


Figure 2:Fruit et graine du dattier (Munier, 1973).

2.2. Stades d'évolution de la datte

On distingue cinq stades qui sont (Fig.3):

2.2.1 .Loulou ou Hababouk

C'est le stade "nouaison" qui vient juste après la pollinisation. Les dattes ont une croissance lente, une couleur verte jaunâtre et une forme sphérique. Il dure 4 à 5 semaines après fécondation (Djerbi, 1994).

2.2.2 .Khalal ou Kimri,Blah

Ce stade dur sept semaines environs, il se caractérise par une croissance rapide en poids et en volume des dattes. Les fruits ont une couleur verte vive et un goût âpre à cause de la présence des tanins (Djerbi, 1994).

2.2.3 .Bser ou Bsir,Bissir

Les sucres totaux atteignant un maximum en fin du stade. La couleur vire au jaune, au rouge et au brun, suivant les cultivars. La datte atteint son poids maximal, au début de ce stade. Il dure en moyenne quatre semaines (Djerbi, 1994).

2.2.4 .Martouba ou Routab

C'est le stade de la datte mûre pour certains cultivars. Le poids et la teneur en eau vont diminuer à la fin. La durée de ce stade où le fruit prend une couleur brune est de 2 à 4 semaines. Les tanins émigrent vers les cellules situées à la périphérie du mésocarpe et sont fixés sous forme insoluble (Djerbi, 1994).

2.2.5 .Tamar ou Tmar

C'est la phase ultime de la maturation au cours de laquelle, l'amidon de la pulpe se transforme complètement en sucres réducteurs (glucose et fructose), et en sucres non réducteurs (saccharose) (Djerbi, 1994).

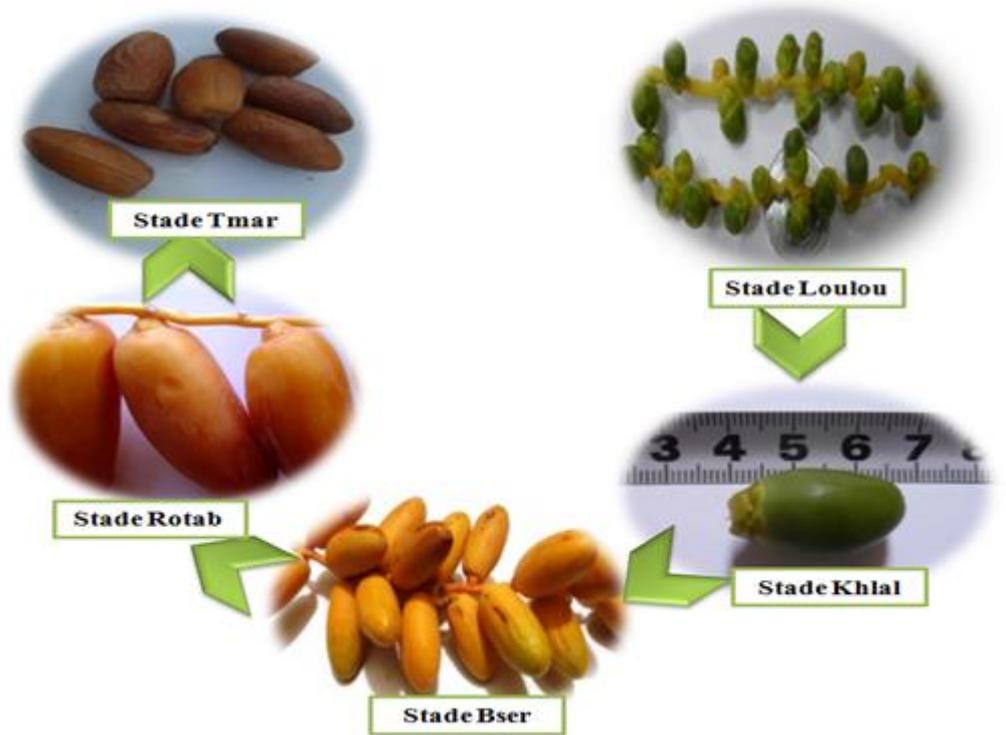


Figure 3 : Stades d'évolution de la datte (Zouioueche, 2021).

2.3. Caractéristiques morphologiques et biochimiques de la datte

Les dattes présentent des caractéristiques morphologiques différentes. Leurs dimensions sont très variables, de 2 à 8 cm de longueur et d'un poids de 2 à 8 grammes selon les variétés. Leur couleur va du blanc jaunâtre au noir en passant par les couleurs ambre, rouges, brunes plus ou moins foncées (Djerbi, 1994 ; Acourene, 2000).

La datte est considérée depuis longtemps comme un aliment de base des populations sahariennes, mais également un excellent produit diététique dont la composition biochimique détermine la qualité des dattes, et elle présente une bonne valeur alimentaire et énergétique (riche en sucres et en sels minéraux). Toutefois, cette richesse varie d'un cultivar à un autre.

2.3.1. Composition biochimiques des dattes

2.3.1.1. Composition biochimique de la partie comestible "Pulpe"

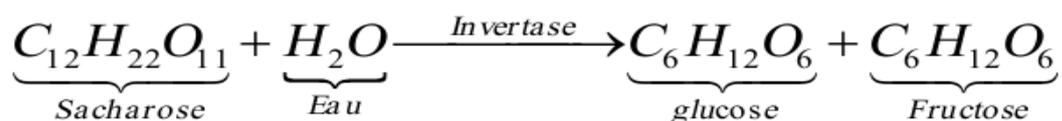
2.3.1.1.1. Teneur en eau

La teneur en eau de datte est variable selon les variétés, le stade de maturation et le climat. Les limites de cette valeur varient de 8 à 31% du poids de la chair fraîche avec une moyenne d'environ 19% (Noui, 2001). La teneur en eau de datte DegletNour varie entre 20 et 31% (Barreveld, 1993).

2.3.1.12.. Sucres

➤ Sucres totaux

La teneur en sucres totaux est très variable, elle dépend de la variété et du climat. Elle varie entre 60 et 80 % du poids de la pulpe fraîche. Le glucose et fructose résultant de l'inversion du saccharose (Gaudet et Yindoula, 2008) selon l'équation suivante:



➤ Sucres réducteurs

Le glucose et le fructose sont des sucres réducteurs (sucres invertis) qui proviennent de l'hydrolyse du saccharose (Estanove, 1990). Généralement, les dattes molles sont caractérisées par une teneur élevée en sucres réducteurs (glucose, fructose), et les dattes sèches par une teneur élevée en saccharose(Sayah, 2008).

Tableau 1: Composition en sucres de quelques variétés (Belguedj, 2002).

Variétés		Pourcentage par rapport à la matière sèche		
Consistance	Appellation	Sucres totaux	Sucres réducteurs	Saccharose
Molle	Ghars	85.28	80.68	04.37
Demi-molle	Tafezouine	56.9	47.7	8.74
Sèche	Degla-Beida	71.0	42.0	30.36

2.3.1.1.3. Amidon

Aux premiers stades de leurs évolutions, les dattes sont riches en amidon, puis cette substance est progressivement remplacée par d'autres sucres au stade de maturité botanique. Sauf exception, les dattes mûres n'en contiennent pas (Munier, 1973).

2.3.1.1.4. Acides aminés et protéines

Les dattes sont caractérisées par une faible teneur en protéines (Tab.2). Elle varie entre 0,38 et 2,5 % du poids sec (Yahiaoui, 1998).

Tableau 2: Composition moyenne en acides aminés de la datte sèche (Favier *et al.*, 1993).

Acides aminés	Teneur de la pulpe en mg
Isoleucine	64
Leucine	103
Lysine	72
Méthionine	25
Cystine	51
Phénylalanine	70
Tyrosine	26
Thréonine	69
Tryptophane	66
Valine	88
Arginine	68
Histidine	36
Alanine	130
Acide aspartique	174
Acide glutamique	258
Glycocolle	130
Proline	144
Sérine	88

2.3.1.1.5. Acides gras

La datte renferme une faible quantité de lipides. Leur taux varie entre 0,43 et 1,9 % du poids frais (Djouab, 2007). Cette teneur est en fonction de la variété et du stade de maturation. La teneur en lipides passe de 1,25 % au stade

Hababouk à 6,33 % au stade Kimiri (Tab.3). Cette teneur diminue progressivement au stade Routab pour atteindre une valeur de 1.97 % de matière sèche au stade Tmar (Yahiaoui, 1998).

Tableau 3 : Composition en acides gras de la variété DegletNour (Yahiaoui, 1998).

Acides gras	Teneur en % de matière grasse
Acide linoléique (C18 : 3)	12,30
Acide linoléique (C 18 : 2)	11,47
Acide oléique (C 18 :1)	10,74
Acide stéarique (C18 : 0)	10,47
Acide palmitique (C16: 0)	7,89
Acide myristique (C14 : 0)	8,66

2.3.1.1.6. Eléments minéraux

La pulpe de datte est riche en éléments minéraux ce qui rehausse davantage sa valeur nutritive. Selon Munier (1973), les dattes peuvent être considérées comme les fruits les plus riches en éléments minéraux.

Les éléments minéraux les plus importants de la pulpe de datte sont le potassium, le calcium, le magnésium, le phosphore et le sodium. Elles sont reminéralisantes et renforcent le système immunitaire (Albert, 1998). Les dattes constituent une source importante de sélénium (Al Farsi *et al.*, 2007).

2.3.1.1.7. Vitamines

La datte ne constitue pas une source importante de vitamines. La fraction vitaminique de la datte se caractérise par des teneurs appréciables de vitamines du groupe B (Tab.4). Ce sont des précurseurs immédiats des coenzymes indispensables à presque toutes les cellules vivantes et jouent un rôle primordial (Vilkas, 1993).

Tableau 4: Composition vitaminique moyenne de la datte sèche (Favrier*et al.*, 1995).

Vitamines	Teneur moyenne pour 100g
Vitamine C	2.00 mg
Thiamine (B1)	0.06 mg
Riboflavine (B2)	0.10 mg
Niacine (B3)	1.70 mg
Acide pantothénique (B5)	0.80 mg
Pyridoxine (B6)	0.15 mg
Folates (B9)	28 g

2.3.1.1.8. Pigments

Les pigments identifiés dans les dattes sont : caroténoïdes, anthocyanines, flavones, flavonols, lycopène, carotènes, flavoxanthine et lutéine dans certaines variétés. Les anthocyanines avec carotènes sont responsables de la couleur rouge de la Deglet-Nour au stade bser (Bousdira, 2007).

2.3.1.1.9. Fibres alimentaires

Les dattes sont riches en fibres alimentaires. La teneur en fibres dans la datte mûre est comprise entre 2-6 % du poids de la chair (Benflis, 2006). Il s'agit des constituants pariétaux de la datte à savoir les pectines, la cellulose, l'hémicellulose et la lignine (Benchabane*et al.*, 1996).

La proportion de cellulose diminue chez les variétés de haute qualité comme DegletNour, et peut augmenter jusqu'à 10% chez certaines variétés communes particulièrement farineuses (Munier, 1973).

Du fait de leur pouvoir hydrophile, les fibres facilitent le transit intestinal et exercent un rôle primordial de prévention des cancers colorectaux, des appendicites, de la diverticulose, des varices et des hémorroïdes. Elles ont aussi un rôle hypocholestérolémiant (Albert, 1998;Jaccot et Campillo, 2003).

2.3.1.2. Composition biochimique de la partie non comestible "Noyau "

Le noyau présente 7 à 30 % du poids de la datte. Il est composé d'un albumine blanc, dur et corné protégé par une enveloppe cellulosique (Espiard, 2002).

Tableau 5 : Composition biochimique des noyaux des dattes irakiennes et tunisiennes en %

Constituants	Teneur en %	
	Munier, 1973	Besbesetal., 2004
Eau	6,46	8.6 – 9.4
Glucides	62,51	81 – 83.1
Protides	5,22	5.17 – 5.56
Lipides	8,49	10.19 – 12.67
Cellulose	16,20	/
Cendres	1,12	1.12 – 1.15

Les noyaux constituent un sous produit intéressant. En effet, de ces derniers, il est possible d'obtenir une farine dont la valeur fourragère est équivalente à celle de l'orge. (Djerbi, 1994).

Selon Hamadaetal, (2002) le noyau de dattes contient jusqu'à 13.2 % de matière grasse. Cette dernière contient 14 types d'acides gras ; seulement 8 sont présents dans la pulpe à des teneurs très faibles (AL-Shahib et Marshall, 2003).

2.4. Importance économique de la datte dans le monde et en Algérie

2.4.1. Dans le monde

La production mondiale de dattes est variable selon les années dont, elle varie autour de 7 millions de tonnes par année. En 2012, la production mondiale de dattes a été estimée près de 746 019 500 tonnes, où l'Égypte détient 19,7% de cette production, l'Arabie Saoudite 14% et l'Algérie 11 % (Ixtapa et Guerrero 2015).

Selon les statistiques de la FAO, en 2016, l'Algérie est placée au 3ème rang mondial pour la production de dattes avec 1 029 596 tonnes (Tab.6), après l'Iran et l'Egypte (FAOStat, 2018).

Tableau 6 : Les principaux pays producteurs et exportateurs de dattes en 2016 (FAOStat, 2018).

Pays	Production dedattesen Tonne	Exportation de dattes (%)
Egypte	1694813	2,9
Iran	1065704	8,2
Algérie	1029596	3,1
Arabie Saoudite	964536	12
Emirats Arabes unis	671891	8,4
Iraq	615211	5,5
Pakistan	494601	7,3
Oman	348642	1,1
Tunisie	241000	20

2.4.2. Production de la datte En Algérie

Le patrimoine phoenicicole Algérien est évalué à environ 18605100 palmiers dattiers avec une production d'environ 848199,00 quintaux. Ce qui a permis de classer l'Algérie à la quatrième position parmi les pays producteurs de dattes et en première position pour la qualité de la variété « DegletNour » (FAO, 2015). Le nombre de palmiers dattiers évolue d'une année à une autre, dans presque toutes les wilayas phoenicicoles(Tab.7).

Les régions phoenicicoles couvrent 16 wilayas, dont Biskra est la première avec 27,4 % de la superficie totale, 23,1 % du nombre total de palmiers dattiers et 41,2 % de la production nationale de dattes. Elle est suivie par la wilaya d'El Oued avec respectivement 22,22 %, 22,4 % et 25,1%. Ces deux wilayas totalisent à elles seules plus des deux tiers de la production nationale de dattes (SIDAB, 2015 et 2017). Ces régions connaissent un patrimoine phoenicicole très diversifié, dont seulement 54 cultivars sont mis sur le marché national et

international, avec une prédominance totale de la variété DegletNour , suivie par les variétés Ghars et Degla Beida (SIDAB, 2017).

Tableau 7 : Les principales wilayas productrices des dattes en Algérie (SIDAB, 2017)

Wilayas	Production de dattes (Quintaux)	Production de dattes en (%)	Nombre de palmier	Surface (Hectares)	Surface en (%)
Biskra	4. 077.900	41,2	4. 315.100	42.910	27,4
El Oued	2. 474.000	25,1	3. 788.500	36.680	22,22
Ouargla	1. 296.300	13,15	2. 676.600	21.980	13,13
Adrar	910.300	9,23	3. 799.000	28.330	17,16
Ghardaïa	565.000	5,73	1. 246.500	10.850	6,57
Bechar	300.500	3,04	1. 639.800	14.120	8,55
Tamanrasset	109.400	1,11	688.900	7.000	4,24
Khenchela	68.200	0,69	124.400	770	0,46
Tébessa	20.500	0,2	61.800	820	0,5
Laghouat	16.200	0,16	37.300	320	0,19
Illizi	15.600	0,15	129.100	1.250	0,75
Total	9. 853. 900	100	18. 507. 000	1. 650. 30	100

2.4.3. Production de la datte à Biskra :

Plusieurs variétés sont recensées dans la région de Biskra, mais uniquement les trois variétés (DegletNour, Gars et MechDegla) sont vastement récoltées et produites. La variété DegletNour est la plus cultivée à cause de son rendement et sa valeur économique, elle représente 62% du patrimoine phœnicicole .Leur nombre été 998045 pieds en 1993 à Biskra dont 724901 pieds (soit 73%) productifs ; jusqu'à l'année 2000 où le nombre a augmenté aux 1281421 pieds dont 985483 pieds (soit 77%) productifs, avec un écart de 283376 pieds plus. Précisément depuis l'année 2001, la croissance en nombre des palmiers a connu une évolution très importante, d'un taux d'augmentation de +215 %, pour atteindre les 2756137 pieds dont 2690000 pieds DegletNour (soit 98%) productifs en 2018.

D'après les données de la direction de service agricole de Biskra, le nombre de la variété DegletNour complanté est resté très loin des autres variétés, l'écart de nombre de palmier variété DegletNour, par apport à MechDegla et Gars est en bordure de 463617 et 906191 pieds à 2000, pour atteindre les 1657097 et 2186447 pieds, respectivement en 2018

C'est un écart très volumineux qui traduit la concentration de la plantation du cultivar DegletNour et son importance traditionnelle et économique. Ces deux variétés (MechDegla et Gars) représentent 25%, 13% du patrimoine phoenicole ; Ont subi une augmentation légère, respectivement en 2000 étaient 817804, 375230 pieds complanté dont 629496 ; 289903 pieds en rapport ; Après 18 ans en 2018 le nombre aboutir les 1099040 ; 569690 pieds existes dont les 1096000 ; 559000 pieds productifs, avec un taux de croissance égale 134%, 152% successivement (DSA, 2018).

2.5. Cultivars de dattiers

Les variétés de dattes sont très nombreuses, seulement quelques-unes ont une importance commerciale. Elles se différencient par la saveur, la consistance, la forme, la couleur, le poids et les dimensions (Djerbi, 1994 ; Belguedj, 2001). En Algérie, il existe plus de 360 cultivars de dattes. Les principales variétés cultivées sont : Deglet-Nour, Ghars, Degla-Beida et Mech-Degla (Hannachi *et al.*, 1998 ; SIDAB, 2017).

Classification des variétés de datte

D'après Maâtallah (1970), il existe trois types de classification :

- Classification commerciale
- Classification selon la consistance de la datte
- Classification selon la composition biochimique

En effet, la classification de datte selon leur consistance est la plus répandue. Selon Espiard (2002) et Belguedj (2002), les dattes peuvent être classées en trois catégories qui sont ;

Dattes molles : Taux d'humidité supérieur ou égal à 30% elles sont à base de sucres (fructose, glucose) exemple : Ghars

Dattes demi-molles : de 20 à 30% d'humidité à base de saccharose par excellence, exemple :

Deglet-Nour

Dattes sèches de consistance dure : moins de 20% d'humidité riche en saccharose, exemple : MechDegla.

2.7. Critères d'évaluation de la qualité des dattes

Les critères primaires de classification des dattes sont: la variété (DegletNour ou Commune), le résultat de coupe (en branche ou en vrac) et l'état sanitaire (infesté de vers ou non). En respectant ces critères, les collecteurs au cours du pré-triage aux parcelles forment trois catégories de récolte: Les dattes branchées, les dattes en vrac et de bonne qualité "Extra" ou "I" et les dattes de moindre qualité "II". Les principaux critères de qualité des dattes sont les suivants:

- Le taux d'infestation, Ce critère acquiert une importance capitale surtout pour les dattes conditionnées et sur les marchés exigeants.
- L'homogénéité du produit par rapport à la grosseur du fruit, à sa couleur, à sa teneur en humidité et à son degré de maturité. Il s'agit ici d'un critère qui ne peut être garanti que par un triage minutieux qui se déroule sur la base d'une norme de qualité standard.
- La couleur et le goût du fruit sont des critères particulièrement bien remplis par la variété DegletNour. Sur presque tous les marchés européens, on peut constater une préférence pour les dattes nord-africaines.
- La grosseur du fruit dépend de la variété, est trouvée bonne dans l'ensemble de la variété DegletNour. Le degré de maturité et la teneur en humidité peuvent être également contrôlés(Haddad, 2007).

2.8. Conditionnement et commercialisation des dattes

D'une manière générale, le segment conditionnement des dattes en Algérie comme dans les autres régions phoenicicoles du pays est principalement orienté vers l'exportation parce que le marché algérien est peu consommateur des produits transformés vu le faible pouvoir d'achat des consommateurs et les habitudes alimentaires qui privilégient la consommation des produits frais (Benziouche, 2013).

L'industrie de conditionnement joue un rôle primordial dans la préservation, l'amélioration de la qualité et l'augmentation de la valeur marchande des fruits, surtout celles qui sont destinées à l'exportation. Le Conditionnement des dattes, concerne l'ensemble des opérations effectuées après la cueillette est destiné à présenter un produit fini prêt à être consommé. Ces opérations sont : la désinsectisation ou fumigation à la phosphine (PH₃) pendant 3 à 5 jours à température ambiante, le triage des dattes en trois catégories, en fonction de leur calibre et de la présence de défauts et le lavage éventuel, l'humidification et / ou le séchage, l'enrobage éventuel par le sirop, la mise en caisse ou en boîte et l'entreposage frigorifique (Abdelfateh., 1989).

Les Conditionnements sont très personnalisés dans chaque entreprise et selon la clientèle destinataire (Espiard., 2002).

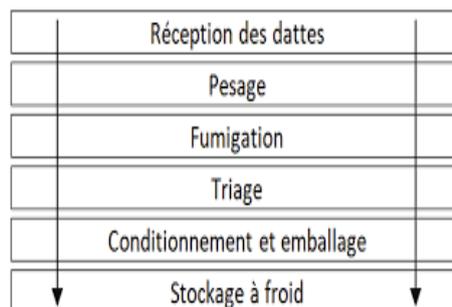


Figure 4 : Différentes étapes de conditionnement des dattes (Espiard., 2002).

Chapitre II : Généralités sur l'eau et l'osmose inverse

1. Généralités sur l'eau

1.1. Définition de l'eau

Nom féminin du latin aqua, l'eau est un corps incolore, inodore, insipide, liquide à la température ordinaire et composé d'hydrogène et d'oxygène (H₂O). L'eau était considérée par les anciens comme l'un des quatre éléments de base avec le feu, l'air et la terre. Elle constitue un élément indispensable à la vie. Elle est le substrat fondamental des activités biologiques et le constituant le plus important des êtres vivants (70% de leurs poids en moyenne). L'eau se rencontre dans l'écosphère sous trois états : solide, liquide, et gazeux dépendant de conditions particulières de température et de pression. L'eau a des propriétés physico-chimiques assez particulière par rapport aux autres liquides car elle est un excellent solvant, elle solubilise de nombreux gaz, corps minéraux et organiques, ionise les électrolytes et disperse les colloïdes électrochargés (Michard, 2002)

1.2. Différentes Ressources hydriques en Algérie

A l'exception des eaux fossiles des nappes profondes du Sahara, les ressources hydrauliques naturelles de l'Algérie dépendent essentiellement de la pluviométrie qui est très inégalement répartie sur le territoire et caractérisée par de fortes irrégularités intra-annuelles et interannuelles. Les volumes des précipitations sont très variables dans le temps : concentration sur quelques mois dans le Nord et quelques jours par an dans le Sud. Des années de fortes pluies peuvent être suivies par des périodes de sécheresses sévères. Des fluctuations aussi marquées vont affecter, d'une année à l'autre, le volume des ressources renouvelables disponibles (écoulements superficiels et alimentation des nappes souterraines). Les grandes différences dans la répartition des précipitations à travers le territoire national se retrouvent dans celle des ressources hydrauliques renouvelables. Ainsi, la région littorale du Nord, qui regroupe les bassins méditerranéens et ne représente que 7% de la surface du territoire national, accapare 90% du total des écoulements superficiels du pays (estimée à 12,4 milliards de m³ par an), le reste étant partagé entre les Hauts Plateaux pour 6% et les bassins sahariens pour 4%. En outre, les précipitations étant, en moyenne, deux fois plus importantes à l'est qu'à l'ouest, le même déséquilibre se retrouve dans les potentialités hydriques de ces régions. En tenant compte des débits que pourraient fournir les nappes souterraines situées au nord de l'Atlas saharien (région littorale et Hauts Plateaux) et réalimentées par les précipitations, on peut évaluer à 14,4 milliards de m³ le volume total annuel des eaux renouvelables. Mais une partie seulement (10 milliards maximum) de ce volume est

exploitable parce que physiquement et techniquement mobilisable. Deux autres types de ressources se rajoutent aux eaux naturelles renouvelables :

- les eaux fossiles des grandes nappes profondes de la région du Sahara septentrional dont le débit d'extraction maximum est fixé, actuellement, à 5 milliards de m³ par an.

- les eaux « non conventionnelles » fournies par les stations de dessalement d'eau de mer récemment installées à Oran et Alger et qui vont se développer sur le littoral algérien. (Benblidia,2010)

Les potentialités hydriques naturelles de l'Algérie sont estimées actuellement à 18 milliards de m³/an répartis comme suit : 12,5 milliards de m³/an dans les régions Nord dont 10 milliards en écoulements superficiels et 2,5 milliards en ressources souterraines (renouvelables). 5,5 milliards de m³/an dans les régions sahariennes dont 0,5 milliard en écoulements superficiels et 5 milliards en ressources souterraines (fossiles) (Ben debka,2020).

Tableau 8:Répartition des eaux renouvelables (en milliard de m3) selon les cinq bassins hydrographiques en Algerie.(Ben debka, 2020).

Régions hydrographiques	Eaux superficielles		Eaux souterraines	Total ressource
Oranie – Chott Chergui	1	0,6	1,6	
Cheliff – Zaher	1,5	0,33		1,83
Algérois –Hodna -Soummam	3,4	0,74	4,14	
Constantinois-Seybouse	3,7	0,43		4,13
Sahara	0,2	0,8		1

1.3. Ressources hydriques dans la région de Biskra

Dans la région aride de Biskra, les eaux souterraines représentent la ressource hydrique principale.

Les aquifères constituant la ressource souterraine sont représentées par quatre unités :

- **Nappe phréatique du Quaternaire**

Cette nappe se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires, elle est alimentée essentiellement par les eaux des précipitations, d'infiltration des Oueds et des eaux d'irrigation. Cette nappe est trop sollicitée dans la ville de Biskra, elle est utilisée pour l'alimentation en eau potable. Sa profondeur est comprise entre 20m et 150 m, avec un débit oscillant entre 05L /s et 20 L/s et une qualité chimique qui se situe de bonne à mauvaise, selon les zones (Megueni-Tani, 2013).

- **Nappe des Sables du Mio-pliocène**

L'aquifère est Constituée par une alternance de niveaux d'Argiles, Sables, et Cailloutis d'âge mio-pliocène, elle couvre une grande superficie de la wilaya. La profondeur de cette nappe varie de 100m à 300 m, avec un débit moyen de 15 L/s(Meguenni-Tani, 2013).

- **Nappe des calcaires de l'Eocène inférieur et du Sénonien**

Cette nappe est constituée essentiellement de calcaires fissurés, d'âge Eocène inférieur, elle est la plus sollicitée dans les palmeraies des Ziban, cette dernière est appelée « Nappe de Tolga ». La profondeur de cette nappe varie de 100 m dans la zone de Tolga, à 500 m dans la zone de Lioua, le débit de cette nappe varie de 10 L/s jusqu'à 30 L/s, jaillissant dans les zones d'Ourlal et Lioua. (Meguenni-Tani, 2013). Au Nord et au Nord Est de la wilaya de Biskra, cette nappe est représentée par un aquifère très important qui est le Maestrichtien et le Campanien, d'une profondeur comprise entre 200m et 900 m et d'une bonne qualité chimique d'eau (Meguenni-Tani, 2013).

- **Nappe des grès du continental Intercalaire**

C'est un réservoir très important, constitué essentiellement de Grès et de marnes d'âge Albien et Barrémien, son exploitation est très couteuse, en raison de sa profondeur qui dépasse 2000 m, la température de l'eau peut dépasser les 60 °c. Cette nappe est représentée dans la wilaya, par des sources hydro thermales qui sont les sources de HammameEssalhines, dans la commune de Biskra et de Hammam Sidi El- Hadj, dans la commune d'El-Outaya. (Chabour . 2006).

1.4. Hydrologie dans la région de Tolga

Tolga possède un ensemble des ressources en eau superficielle et souterraine, ils représentent des caractéristiques et des différents types permettent de donner des informations sur le potentiel hydrique utilisant dans l'alimentation en eau potable de la zone. (Ben debka,2020)

1.4.1. Ressources superficielles

Les versants sud d'Aurès caractérisent par des petits bassins avec un écoulement irrégulière et faible en hiver, sec a partir de moins avril. Ces versants utilisent dans irrigation agricole de la ville. (Ben debka,2020).

1.4.2. Ressources souterraines

Elles comportent des ressources en eau souterraines importantes représentées par trois unités aquifère:

Chapitre II : Généralités sur l'eau et l'osmose inverse

- **Nappe Phréatique** Cette nappe se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires, elle est alimentée essentiellement par les eaux des précipitations, d'infiltration des Oueds et des eaux d'irrigation. Elle est très sollicitée dans la ville de Tolga, utilisé pour alimenter en eau potable (Abdelkader,2013). C'est les couches d'eau exploitées par des puits, sa profondeur ne dépasse pas 40 m, elle existe dans tous les communes de la ville de Tolga(Tolga, Lichana, Bouchegroune, Borj Ben Azouz) mais sa débit est bas.
- **Nappe Albienne:** La moyenne de profondeur de cette couche environs de 1800 m exploités actuellement par de deux forages Tolga et Bouchegroune. Les versants sud d'Aurès caractérisent par des petits bassins avec un écoulement irrégulière et faible en hiver, sec à partir de moins avril. Ces versants utilisent dans l'irrigation agricole de la ville.
- **Nappe des Calcaires:** Elle est la plus sollicitée dans les palmeraies des Ziban, cette dernière est appelée « Nappe de Tolga ». La profondeur de cette nappe varie de 100 m dans la zone de Tolga, à 500 m dans la zone de Lioua, le débit de cette nappe varie de 10 L/s jusqu'à 30 L/s, jaillissant dans les zones d'Ourlal et Lioua (Ben debka,2020).

La quantité des eaux exploitées dans la ville est estimée par 100.975 million m³ des eaux souterraines, elle est répartie selon la nature d'exploitation à trois ; eau potable, agricole, industrie (Tab.9) (Ben debka, 2020).

Tableau 9:Répartition de quantité des eaux souterraines exploitées(Direction des ressources en eau Biskra sous-section Tolga2020).

Nature d'exploitation	Quantité (million m³)
Eau potable	10.974
Agriculture	89.949
Industrie	0.052
Totale	100.975

Le mode d'utilisation et exploitation des eaux souterraines sont sous formes des puits ou des forages (Ben debka,2020).

1.5. Normes algériennes

Le tableau ci-dessous résume la grille normative de la qualité de l'eau appliquée en Algérie (eau potable).

Tableau 10 : Grille normative pour estimer la qualité de l'eau en Algérie (Kudri, 2006).

Paramètres	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
Physicochimique				
pH				
T°C	6.5-8.5	6.5-8.5	>6, <9,	>5, <9
Minéralisation				
Ca ²⁺ mg/l	25	25-30	30-35	>35
Mg ²⁺ mg/l	300-1000	1000-1200	1200-1600	>1600
Na ²⁺ mg/l Chlorure	40-100	100-200	200-300	>300
mg/l Sulfates mg/l	30	30-100	100-150	>150
Organiques :	10-100	100-200	200-500	>500
O ₂ dissous%	10-150	150-300	300-500	>500
DBO5	50-200	200-300	300-400	>400
mg/l				
DCO mg/l Matières organiques	>100	100-50	50-30	>30
Composés azotés	5	5-10	10-15	>15
Ammonium mg/l	20	20-40	40-50	>50
Nitrites mg/l				
Nitrates mg/l	5	5-10	10-15	>15
Composés phosphorés :	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Phosphates mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Eléments toxiques et indésirables :	0-10	10-20	20-40	>40
Fe mg/l				
Mn mg/l	0-0.01	0.01-0.1	0.1-3	>3
Cr mg/l				
Cu mg/l				
Zn mg/l				
Cd mg/l	0-0.5	0.5-1	1-2	
Pb mg/l	0-0.1	0.1-0.3	0.3-1	>2
F - mg/l	0	0-0.05	0.05-0.5	>1
CN- mg/l	0-0.02	0.02-0.05	0.05-1	>0.5
	0	0-0.5	0.5-1	>1
	0	0	0-0.01	>1

	0	0	0-0.05	>0.01
	0	0-0.8	0.8-1.5	>0.05
	0	0	0-0.02	>1.5
	0.001-0.002			

1.6. Paramètres de la qualité des eaux

1.6.1. Normes physico-chimiques

1.6.1.1. Température

La température est un facteur écologique important du milieu. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. Elle agit aussi comme un facteur physiologique influençant sur le métabolisme de croissance des micro-organismes vivant dans l'eau (Rodier *et al.*, 1996).

1.6.1.2. Potentiel d'hydrogène

Le pH (potentiel hydrogène) est une des caractéristiques fondamentales de l'eau. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium (H⁺) ou d'ions hydroxide (OH⁻) contenus dans la substance. Quand les quantités de ces deux ions sont égales, l'eau (ou la substance) est considérée comme neutre. Le pH d'une substance varie entre 1 et 14. Au-dessus de 7, la substance est considérée comme basique. Au-dessous de 7, la substance est acide (OMS, 2007).

1.6.1.3. Turbidité

La turbidité c'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (Rejeseck, 2002).

1.6.1.4. Matières en suspension

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre

important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel (Metahri, 2012).

1.6.1.5. Conductivité

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Zeghoud, 2014).

1.6.1.6. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg /l (Rejsek, 2002).

1.6.1.7. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

Exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques présentes dans les eaux usées par les microorganismes du milieu. Mesurée par la consommation d'oxygène à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique des matières organiques carbonées (Xanthoulis, 1993).

1.6.1.8. Demande chimique en oxygène DCO

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. Ainsi, par la mesure de la DCO, on pourra évaluer la charge polluante d'une eau usée en matières organiques avant et après un traitement physique, chimique ou biologique afin de contrôler le fonctionnement d'une STEP et l'activité des microorganismes. La différence entre la DCO et la DBO est due aux substances qui ne peuvent pas être décomposées biologiquement. Le rapport entre la DBO et la DCO constitue une mesure indicative de la dégradabilité biochimique des composés présents dans l'eau. . Lorsque des composés toxiques sont présents, l'activité biologique est ralentie et, de ce fait, la quantité d'oxygène consommée après 5 jours est moindre. Ceci se traduit également par un rapport DCO/DBO élevé. La DBO et la DCO se mesurent en mg d'O₂ par litre (Devillers *et al.*, 2005).

1.6.1.9. Biodégradabilité

C'est la propriété des composés chimiques susceptible de subir une biodégradabilité sous l'action des micro-organismes décomposeurs présents dans le biotope où ils sont rejetés. La biodégradabilité est $K=DCO/DBO_5$ (Ramade, 1989) exprimée par un coefficient K tel que Si $k < 1,5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradable ; Si $1,5 < K < 2,5$: cela signifie que les matières oxydables sont moyennement Biodégradables. Si $2,5 < K < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables. Si $K > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables (Metahri, 2012).

1.6.1.10. Nitrites (NO₂-)

Les ions nitrites (NO₂-) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH₄⁺) et les ions nitrates (NO₃-). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitrification. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification. Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (Rodier *et al.*, 2005).

1.6.1.11. Nitrates (NO₃-)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitrifiantes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (Rodier, 2009).

1.6.1.12. L'azote

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se trouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral (ammoniaque, nitrate, nitrite), il constitue la majeure partie de l'azote total (Rodier *et al.*, 2005).

1.6.1.13. Phosphore

Les matières phosphorées sont des matières organiques et minérales possédant des atomes de phosphore. Elles ont deux origines principales, à peu près équivalentes : le métabolisme humain et les détergents. Dans les eaux usées, le phosphore se trouve soit sous forme minérale d'ions ortho-phosphate isolés, soit sous forme d'ions phosphate condensé entre eux (poly-phosphates), soit sous forme organique de groupements phosphate liés aux

molécules organiques. C'est l'un des facteurs limitant de la croissance végétale et son rejet dans le milieu récepteur favorise le phénomène de l'eutrophisation (Rejsek, 2002). L'apport journalier moyen de phosphore dans les eaux rejetées est d'environ 2.5 à 3g par habitant (Degrémont, 2005).

1.6.1.14. Salinité totale

La salinité totale est la somme de toutes les concentrations des substances minérales dissoutes dans l'eau. Il existe de nombreuses sources de minéralisation (sédiments de roches, argiles, sables,...). La notion de salinité est importante particulièrement pour les eaux de mer et certaines eaux industrielles, en effet elle permet de procéder à un choix optimal du traitement d'ionisation (Cojan et Renard, 2003).

1.6.2. Normes bactériologiques

1.6.2.1. Croissance bactérienne

Dans une population bactérienne la croissance se traduit par une augmentation du nombre de bactéries c'est-à-dire de la masse cellulaire. La croissance bactérienne dépend de plusieurs facteurs de nature physiques et chimiques (Annie et Françoise, 2001).

1.6.2.1.1. Influences des facteurs physiques et chimiques sur la croissance bactérienne

En plus de l'apport en éléments nutritifs et énergétiques, plusieurs facteurs modifient l'évolution de la croissance bactérienne (Annie et Françoise, 2001).

- **Température**

C'est l'un des facteurs les plus importants influençant les conditions de croissance et de survie (Annie, 2001). Généralement, un type de bactérie donné croît plus rapidement à une certaine température : la température optimale de croissance. La vitesse de croissance se réduit lorsque la température s'écarte de cet optimum. Pour toute bactérie, il y a une température maximum et une température au-delà desquelles la croissance s'arrête (Singleton, 2002)

- Les bactéries thermophiles sont celles dont la température de croissance optimale est 45 °C (*E.coli*)

- Les bactéries thermotolérantes peuvent survivre, mais ne pas nécessairement croître à des températures qui tueraient normalement la plupart des autres bactéries végétatives.

- Bactéries mésophiles ont une croissance optimale à des températures comprises entre 15 et 45°C.

- Les bactéries psychrophiles croissent de façon optimale à ou au-dessous de 15°C. Les bactéries psychrotrophes peuvent croître à basse température (0 à 50°C). (Singleton, 2002)

- **L'eau**

L'eau contribue à la masse d'une bactérie pour 80 % ou plus et au cours de leur croissance, les substances nutritives et les déchets pénètrent et quittent respectivement la cellule, en solution. Par conséquent, les bactéries ne peuvent croître que dans ou sur des matières contenant suffisamment d'eau libre (disponible). Dans une matière donnée toute d'eau n'est pas nécessairement disponible pour la croissance bactérienne ; une partie peut, par exemple, être liée à des gels hydrophiles ou à des ions en solution (Singleton, 2002).

- **Exigences gazeuses**

- ✓ **CO₂**

Le carbone entre dans la composition du squelette de toutes les molécules organiques et est à ce titre un des éléments les plus abondants de la cellule (50% du poids sec). Les autotrophes métabolisent la molécule carbonée la plus simple, le CO₂ atmosphérique comme seule source de carbone. Les hétéotrophes utilisent des molécules organiques complexes dont la diversité est étonnante (Annie et Françoise, 2001).

- ✓ **Oxygène O₂**

Les bactéries aérobies poussent en présence de l'oxygène de l'air. Quand elles manifestent une dépendance absolue vis-à-vis de ce gaz, elles sont aérobies « stricts » (Annie et Françoise, 2001).

Les anaérobies stricts ne croîtront normalement que si l'oxygène est absent. Ces organismes se trouvent, par exemple, dans la vase des cours d'eau et dans le rumen.

Les bactéries qui croissent normalement en présence d'oxygène mais peuvent quand même se développer en anaérobiose (absence d'oxygène) s'appellent les anaérobies facultatifs. De la même façon, celles qui croissent normalement en anaérobiose mais peuvent aussi s'accommoder de la présence d'oxygène, ont reçu le nom d'aérobies facultatifs (Singleton, 2002).

- **pH**

Le pH optimum pour la croissance de la plupart des bactéries se situe aux environs de 7 (pH neutre) car la majorité des espèces ne peuvent se développer dans des milieux très acides ou très alcalin. Toutefois, certaines bactéries non seulement tolèrent, mais préfèrent des

conditions acides ou fortement acides. Parmi ces organismes acidophiles, on peut citer thiobacillusthiooxidan (Singleton, 2002).

- **Substances nutritives**

Les substances nutritives servent de matières premières aux cellules bactériennes pour leur croissance, leur entretien et leur division. Considérées dans leur ensemble, les bactéries utilisent pour se nourrir une vaste gamme de composés ; ceux-ci incluent divers sucres et hydrate, de carbone, de méthane, des sels inorganiques, d'azote, de phosphore ; de soufre et d'autre matières dont a besoin la substance vivante (Hacene, 2016).

1.6.2.2. Métabolisme des bactéries

Le métabolisme est l'ensemble des réactions biochimiques mises en jeu par un organisme pour permettre sa croissance. Les réactions métaboliques peuvent être classées en deux catégories:

- Celles qui produisent de l'énergie: catabolisme.
- Celles qui consomment de l'énergie: anabolisme ou biosynthèse (Annie et Françoise, 2001)

1.6.2.3. Quelques germes indicateurs de pollution fécale

1.6.2.3.1. Les coliformes

Les coliformes sont des micro-organismes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae que nous retrouvons partout dans notre environnement, dans notre corps, de même que dans celui de tous les êtres vivants. L'ensemble de ces coliformes se nomme coliformes totaux (Rodier, 2009).

Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatif, oxydase négatifs facultativement anaérobies, capables de fermenter le lactose avec production de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36°C et 37°C.

Elles existent dans la matière fécale mais se développent également dans les milieux naturels (Leyralet *al.*, 2002).

1.6.2.3.1.1. Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux. Ce sont des bâtonnets Gram (-), aérobies et facultativement anaérobies ; non sporulant capables de fermenter le lactose avec production de l'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'*Escherichiacoli* (Hacene, 2016) (Fig. 5).



Figure 5: *Escherichiacoli* sous microscope électronique à G X 1000 (Denis *et al.*, 2000).

1.6.2.3.1.2. Métabolisme et habitat des coliformes fécaux

Hôte normal de l'intestin et des animaux, c'est l'espèce aérobie la plus représentée dans le tube digestif. La présence de colibacilles ou espèces voisines dans l'eau est un témoin de contamination fécale. *Escherichia coli* exprime les caractères généraux des entérobactéries.

Il est en outre :

- Lactose(+)
- Indole(+)
- Citrate(-)
- Acétoïne (-)
- H₂S(-)
- Gaz(+)
- Uréase (-)

1.6.2.3.2 Les streptocoques

Les streptocoques appartiennent à la famille des streptococcaceae. Ce sont des cocci à Gram positif arrondis ou ovoïdes ou rarement allongés en bâtonnets (Hacene, 2016). Les streptocoques nécessitent pour leur multiplication de nombreux facteurs de croissance qui sont présents dans la gélose au sang frais (Fig. 6).

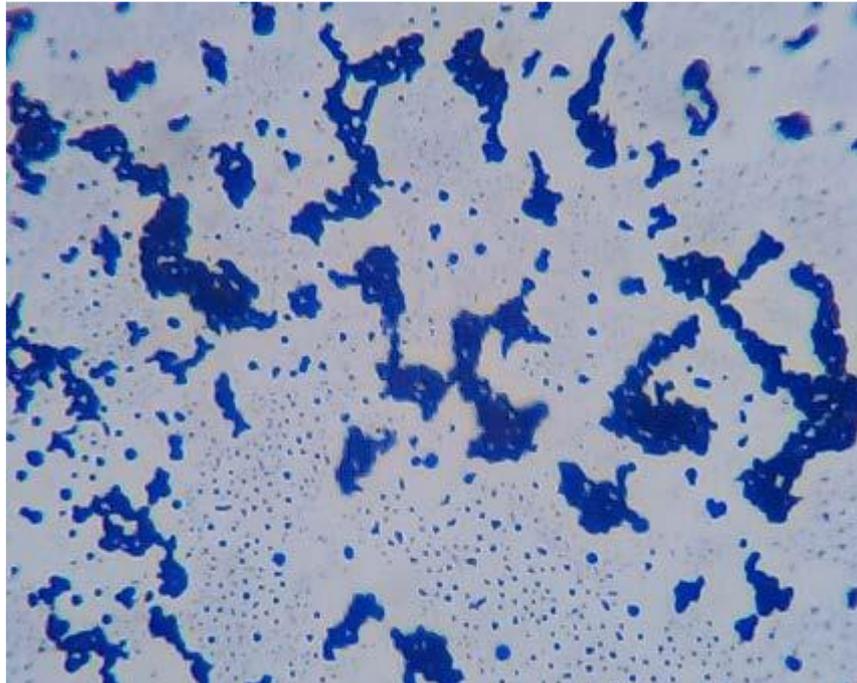


Figure 6:Streptocoquessp sous microscope (Gx1000)(Hacene, 2016).

1.6.2.3.2.1 Les streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont un sous-groupe des streptocoques, en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les fèces animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation. Ils apportent donc une information supplémentaire sur une pollution. L'identification de streptocoques fécaux donnera une confirmation importante du caractère fécal de pollution (OMS, 2004).

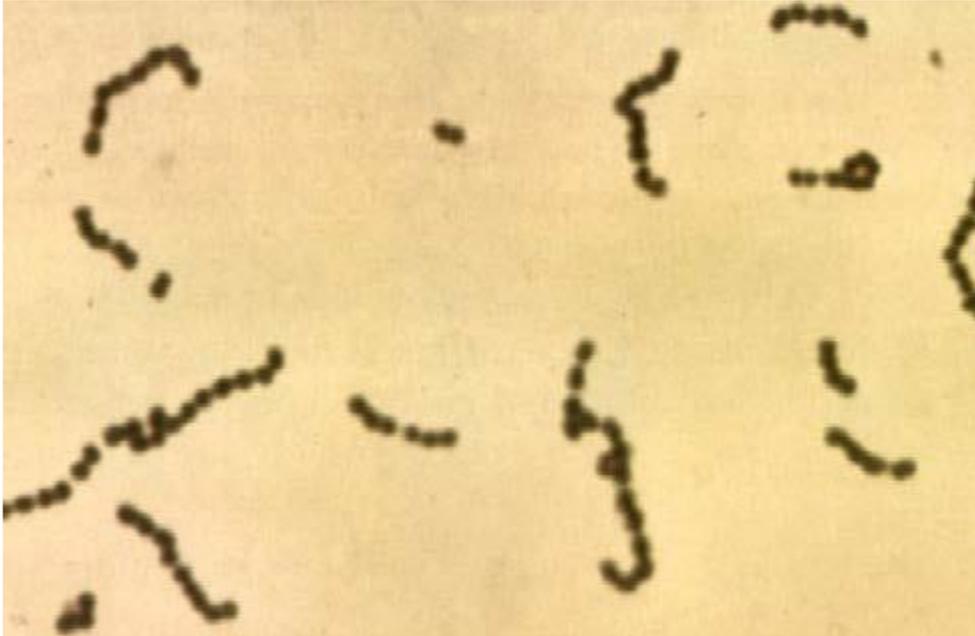


Figure 7:Streptocoques fécaux (www.wikipidia.com).

1.6.2.3.2. Métabolisme et habitat

Les streptocoques ont un métabolisme anaérobie, la plupart des souches tolèrent l'oxygène et peuvent être cultivées *in vitro* en aérobie, ils n'ont pas de catalase. Leur croissance est favorisée par l'apport de CO₂ ou par atmosphère anérobie

Les streptocoques sont des bactéries ubiquistes, saprophytes, ils sont retrouvés aussi bien dans l'eau que dans l'air et le sol. (Hacene, 2016).

1.6.2.3.3. Clostridiums

Le genre clostridium est un genre bactérien regroupant des bacilles gram positif anaérobies souvent sporulés anaérobies stricts pour la plupart, mobiles en général par l'intermédiaire de flagelles péritriches (Annie et Françoise, 2001).

1.6.2.3.3.1. Les clostridiums sulfito-réducteurs

Les Anaérobies Sulfito- Réducteurs (ASR) sont des germes telluriques (présents dans le milieu extérieur : sol, eau, air, etc... capables d'y résister très longtemps sous forme de spore (Nathaoilie,2002), présents également dans la flore intestinale de l'homme et des animaux. Ils se développent dans des conditions d'anaérobiose (absence d'oxygène). Les spores de ces germes sont très résistantes à la chaleur (Figarella*et al.*, 2001).

A la différence des Coliformes, ces spores survivent dans l'eau pendant longtemps, car elles sont plus résistantes à l'action des facteurs chimiques et physiques que les formes végétatives. Elles peuvent ainsi fournir des indications sur une pollution éloignée ou intermittente (ISO, 1986).

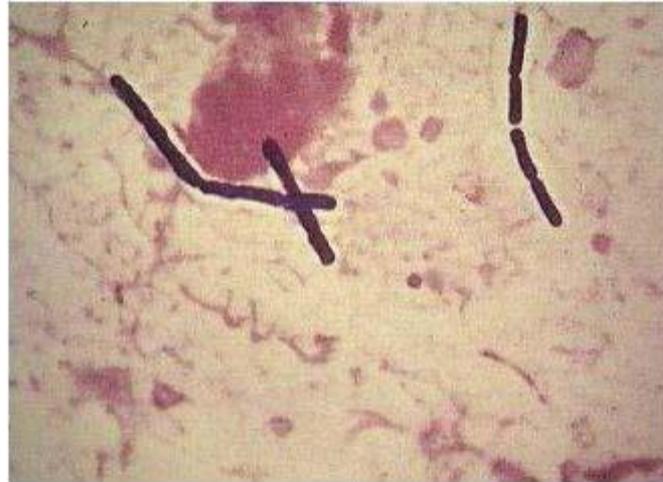


Figure 8 : *Clostridium perfringens* observée au microscope optique (G×1000) (Pourcher, 2007).

1.6.2.3.3.2. Métabolisme et habitat

Les clostridium sulfato-réductrices sont des bactéries anaérobies; ce sont les sulfates qui remplacent l'oxygène pour la respiration cellulaire. Au cours du métabolisme, les sulfates sont réduits en sulfures. Ils sont présents dans le sol, tube digestif de l'homme et des animaux. (Singleton, 1999).

2. Généralités sur l'osmose inverse

2.1. Définition de l'osmose inverse

Dans la nature l'osmose est un phénomène essentiel aux équilibres biologiques. Mais le procédé industriel est qualifié d'osmose inverse car à l'aide d'une forte pression (supérieur à la pression osmotique), on force l'eau salée à passer du compartiment le plus concentré en sels au compartiment d'eau. Dans la réalité, si on avait laissé faire la nature, sans imposer ni membrane ni pression, l'eau douce se serait chargée en sels et l'eau salée se serait diluée (SLCE, 2006).

L'osmose directe est un phénomène naturel selon lequel l'eau migre à travers une membrane semi-perméable, du compartiment le moins concentré vers le plus concentré. Il

se poursuit jusqu'à atteindre un équilibre; la différence de pression ainsi créée une pression osmotique. Si on applique sur la solution concentrée une pression supérieure à la pression osmotique, on inverse le phénomène : l'eau migre du compartiment le plus concentré vers le moins concentré. Les solutés (sels, molécules.....etc.) sont retenus par la membrane (Slce, 2006).

L'osmose inverse est un procédé de séparation en phase liquide qui permet l'élimination d'un solvant (eau dans la plupart des cas) d'une solution par perméation sélective à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de pression

Ce procédé fonctionne à température ambiante et n'implique pas de changement de phase. L'énergie requise par l'osmose inverse est uniquement électrique consommée principalement par les pompes hautes pressions (Noureddine,2008).

Le procédé de filtration par osmose inverse est de loin le plus efficace en ce qui concerne la potabilisation des eaux. L'osmose inverse est une des nombreuses techniques dites membranaires, c'est à dire utilisant un film de faible épaisseur semi-perméable. (<http://www.hydranet.net>).

2.2. Principe d'osmose inverse

Le principe de l'osmose est basé sur l'équilibre de concentration en soluté de part et d'autre d'une membrane semi-perméable. Considérons un système à deux compartiments séparés par une membrane perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes. Le phénomène d'osmose va se traduire par un flux d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. La quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera tel que le flux d'eau va s'annuler. Si pour simplifier, on suppose que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique. Une augmentation de la pression au-delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique. C'est à dire de la solution concentrée vers la solution diluée; c'est le phénomène d'osmose inverse (Maurel, 2006).

Donc ; l'osmose inverse est une technique séparative qui consiste à extraire l'eau d'une solution généralement salée. Elle permet en principe de réduire la concentration totale en solutés (Brun,1988).

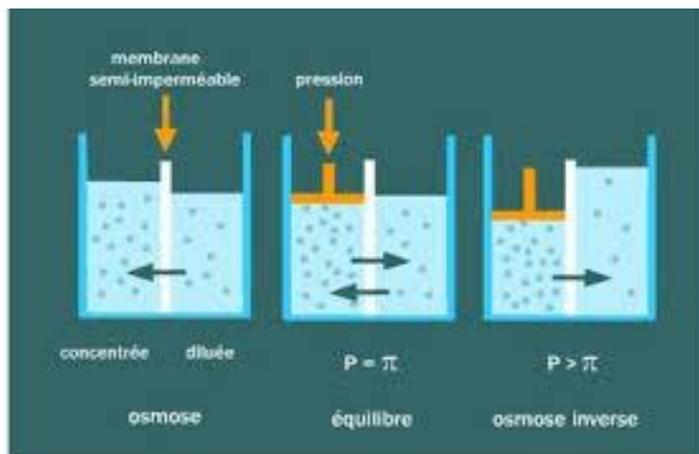


Figure 9: Principe de l'osmose inverse.(Tomas,2004).

2.3. Définition d'un osmoseur

- L'osmoseur est un dispositif permettant de produire de l'eau pure selon le principe de l'osmose inverse. Il débarrasse l'eau de la majeure partie de ses solutés tels que les sulfates, les phosphates, etc.... L'élément principal du système est une membrane semi-perméable, généralement en composite polyamide/polysulfone, dont la taille des pores n'autorise que le passage des molécules d'eau pure. L'eau brute arrive donc sous pression sur la membrane et la traverse par osmose inverse. Cette pression doit être supérieure à 2.5 bars et la température de l'eau idéalement aux alentours de 20°C. (Ayache et Foughali, 2015).

2.4. Domaine d'application

L'osmose inverse est utilisée dans beaucoup de domaines industriels dont on peut citer l'industrie agroalimentaire, l'industrie laitière et le traitement des effluents. Dans l'industrie agroalimentaire. Selon Ayache et Foughali (2015), l'osmose inverse est utilisée à des fins de :

- concentration des effluents de café, de fruits et légumes ;
- désalcoolisation ;
- purification et concentration des jus de pressages ;
- préconcentration des effluents. Dans l'industrie laitière pour :
- la concentration de sérum et de lait écrémé
- la préconcentration du lait. Et dans le Traitement des effluents pour :
- Le traitement et prétraitement des eaux de blanchiment ;
- Le recyclage des eaux usées ;
- La récupération et séparation des eaux de rinçage ;
- La concentration des effluents et récupération d'eaux pure ;

- Le dessalement d'eaux de mer ;
- Le traitement des effluents radios actifs ;
- L'abattement de la DBO.

Tableau 11 : Quelques marches d'application des membranes d'OI (Daniel, 1985).

Type d'industrie	Secteur industriel application	Nature de la solution traitée	Produits récupérés
Potabilisation		Eau saumâtre, eau de mer	Eau potable
Pharmacies, hôpitaux, cosmétiques		Eau contenant sels et micro organismes	-Eau déminéralisée -Eau apyrogène -Alimentation de distillateur -Préparant l'eau pour injection -Préparation de l'eau de dialyse.
Industries agricoles et alimentaires	Distilleries Lait Abattoirs, conserveries de viande, para-agricole	Résidus de distillerie Lactosérum, lait Jus de tomate, pomme, raisin, pruneaux, ananas, jus sucrés	-Produits destinés à l'alimentation animale, -Eau de chaudière Lactose, lait concentré, protéines, saumures, Jus concentrés, Jus sucrés
Papèteries		Effluents divers	Glucides, résines
Chimie	Acide acétique Sulfate de sodium	Effluents de fabrication, effluents divers	-Acide acétique -OI, suivie d'une électrodialyse, concentration puis conversion en soude et acide sulfurique -Concentration d'acide borique

2.5. Conception générale d'une installation d'osmose inverse

Les principaux constituants d'une installation d'osmose inverse sont:

- Membranes et modules
- Pompe à haute pression
- Plusieurs cuves de stockage, ainsi que tous les appareils de mesures nécessaires (conductimètre, débitmètre, manomètre, thermomètre,...)
- Pompes doseuses
- le poste de prétraitement
- le poste de nettoyage (C.I.P) (Maurel, 2006).

2.6. Processus de traitement de l'eau par Osmose inverse

Un procédé d'osmose inverse est le cœur du procédé de dessalement, avant de permettre à l'eau d'entrer la membrane elle passe par un poste de traitement appellais le poste prétraitement, l'eau refoulée vers les membranes d'osmose inverse à travers des pompes à haute pression sous pression ce qui nécessite une importante consommation d'énergie de tousles équipements de station (Arzate,2008).

D'après Maurel(2006), la solution à traiter se divise au niveau de la membrane en deux parties de concentrations différentes :

- Une partie qui passe à travers la membrane c'est le permeat ou le filtrat
- Une partie qui ne passe pas à travers la membrane appelée retentat ou concentrat qui est chargée des ions et particules retenues par la membrane.

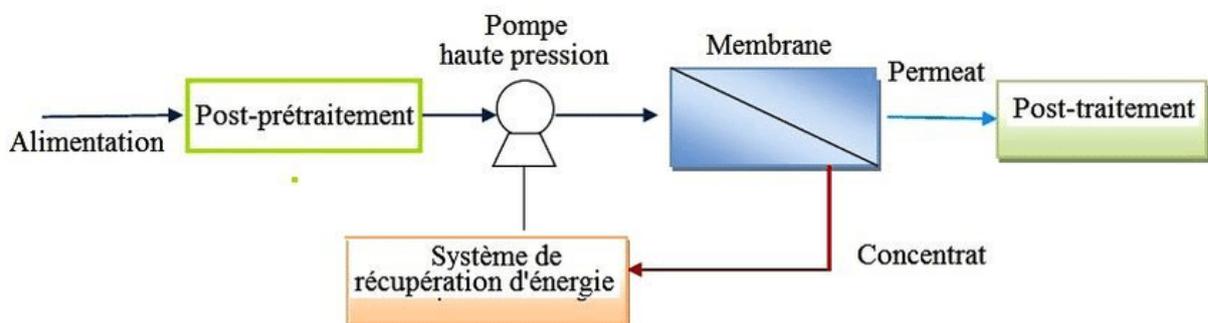


Figure 10 : Schéma de principe d'une unité de dessalement basé sur le principe d'osmose inverse (Abbas *et al.*, 2016).

2.7. Procédé de prétraitement dans l'osmose inverse

Le prétraitement de l'eau avant osmose inverse est absolument nécessaire car les membranes d'osmose inverse sont très sensibles au colmatage et une bonne qualité de l'eau en entrée des modules d'osmose inverse est indispensable pour assurer des performances stables de l'osmose inverse sur le long terme. Le prétraitement a pour objectif la réduction du colmatage, l'augmentation de la durée de vie des membranes, l'amélioration de la qualité de l'eau produite et la maintenance des performances de l'osmose inverse.

Les procédés de prétraitement peuvent être divisés en deux catégories : les prétraitements physiques et les prétraitements chimiques. Les prétraitements physiques incluent les préfiltres mécaniques, les filtres à cartouche, la filtration à sable et la filtration membranaire. Le prétraitement chimique consiste en l'addition d'inhibiteurs d'entartrage, de coagulants, de désinfectants et de polyélectrolytes. A l'heure actuelle, la plupart des usines d'osmose inverse utilisent un procédé de prétraitement conventionnel qui généralement consiste en un prétraitement physique et chimique (Cakaew, 2009).

• Prétraitement conventionnel

Le prétraitement conventionnel est encore très majoritairement utilisé dans les usines de dessalement. La filière de prétraitement conventionnel comporte généralement les étapes suivantes :

- Pré-filtration grossière : le rôle principal de la pré-filtration est d'éliminer les gros matériaux qui peuvent endommager les installations et réduire l'efficacité globale du procédé de traitement.
- Chloration : la chloration est nécessaire pour désinfecter et éviter la croissance biologique qui cause le bio-colmatage de la membrane.
- Ajustement du pH : l'addition d'acide comme l'acide sulfurique (H_2SO_4) est nécessaire pour empêcher l'entartrage par $CaCO_3$.
- Coagulation et floculation : les coagulants sont ajoutés pour que les particules colloïdales puissent s'agglomérer. Pour améliorer la procédure de floculation, des floculants comme les polymères cationiques ou anioniques sont également rajoutés.
- Filtration sur sable mono- ou bicouche : la filtration sur sable est nécessaire pour éliminer les agglomérats produits lors de la coagulation.
- Dé-chloration et antitartre : la dé-chloration doit être effectuée avant l'osmose inverse car le chlore résiduel peut détériorer les membranes d'osmose inverse

- Filtration à cartouche : la dernière étape du prétraitement conventionnel est la filtration sur cartouche avec une taille de maille de 5 à 10 μm pour protéger les membranes d'osmose inverse (Takabait, 2012).

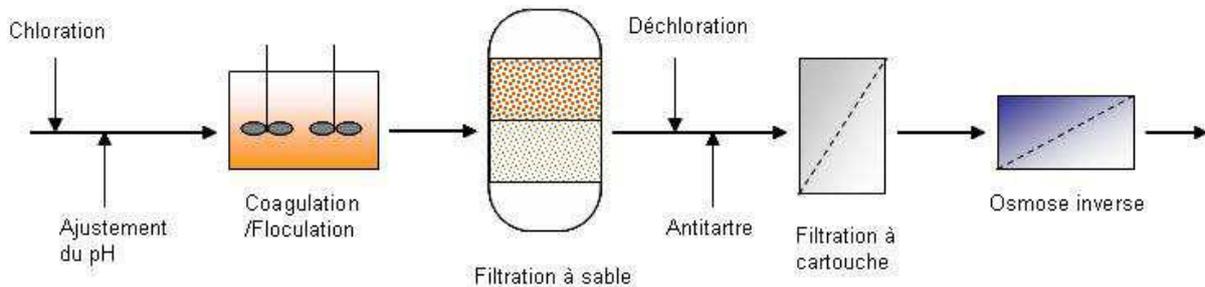


Figure11: Prétraitement conventionnel typique (Cakaew, 2009).

2.8. Membranes et modules d'osmose inverse

Les membranes d'osmose inverse utilisées dans l'unité d'OI sont de type dense, elles sont constituées d'une superposition de plusieurs couches de polymères (membranes composites) souvent de polyamide.

Les autres matériaux constituant le support n'interviennent pas dans le procédé.

La séparation des espèces dissoutes est due principalement aux propriétés chimiques du polymère de surface.

Les membranes de séparation sont insérées dans un dispositif appelé module afin d'obtenir un espace d'échange plus important. Un certain nombre de modules disposés selon divers arrangements forme une unité ou une vicelle.

Dans chaque module spiral, les membranes sont enroulées autour d'un tube central destiné à collecter le perméat.

La solution à filtrer circule parallèlement au tube central dans les espaces ménagés entre les deux faces actives des membranes par des espaceurs (écoulement tangentiel).

Les tubes de pression sont raccordés entre eux par des connecteurs, dont le taux de conversion est fonction du nombre de modules placés en série.

Ce montage en série est subdivisé en deux stades, la saumure rejetée du 1er étage est utilisée pour l'alimentation du 2eme étage. Ce mode de fonctionnement aboutit à un facteur de conversion aux environ 73% (Takabait, 2012).

De point de vue classification, il existe une grande diversité des membranes. Elles sont classées par famille selon leur nature chimique, leur structure et leur forme physique (Atallah, 2014)

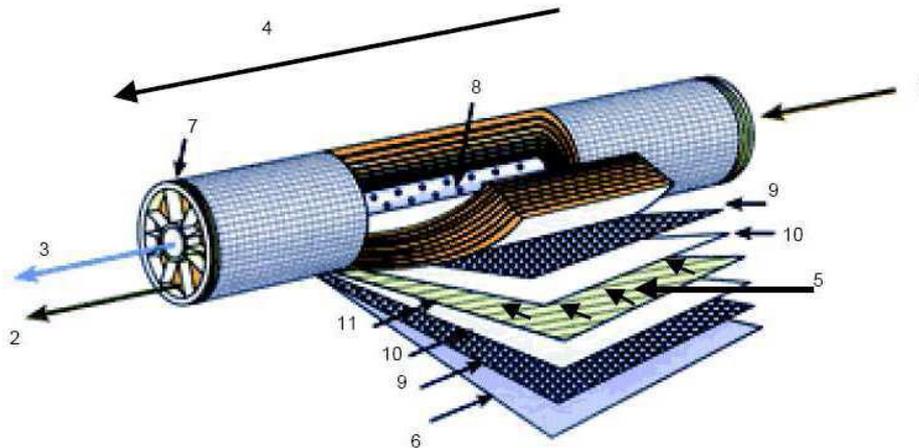


Figure12 : Structure interne d'une membrane (Berland,2002).

1. Entrée d'eau.
2. Sortie de concentrât.
3. Sortie de perméat.
4. Sens d'écoulement de l'eau brute.
5. Sens d'écoulement du perméat.
6. Matériau de protection.
7. Joint d'étanchéité entre module et enveloppe.
8. Perforations collectant le perméat.
9. Espaceur.
10. Membrane.
11. Collecteur de perméat.

2.9. Avantages et inconvénients d'osmose inverse

a. Les avantages de l'OI sont :

- Une séparation à température modérée, une absence de changement de phase, donc une moindre dépense énergétique comparée à des opérations comme la distillation ou l'évaporation.
- Le système ne gaspille pas autant d'eau, accumulation nulle de constituants dans la membrane, d'où un fonctionnement quasiment en continu, n'ayant pas besoin de cycle de régénération.

Chapitre II : Généralités sur l'eau et l'osmose inverse

- Simplicité d'exploitation dans l'unité de traitement (Lorientaise,2006).
- Capacité de séparation élevée.
- Recyclage de perméat et du retentât est possible.
- Salinité de l'eau produite qui convient bien aux usages domestiques(<http://www.ecotoxicologie.fr/Dessalement.PHP>).

b. Les inconvénients de l'OI :

- Risque de colmatage.
- Les membranes se dégradent au fil des utilisations. Lors du dimensionnement d'une installation d'osmose inverse, on tient compte en moyenne d'une durée de vie des membranes de l'ordre de 3 ans. Heureusement que leur coût est en diminution (Ayache et Foughali, 2015).

Chapitre III : Matériel et Méthodes

1. Objectif de l'expérimentation

Les objectifs de notre travail sont :

- Effectuer des analyses physicochimiques et microbiologiques des eaux (brutes et traitées).
- Réaliser une étude comparative entre une eau brute et une eau traitée par osmose inverse.
- Réaliser le montage d'une unité d'osmose inverse.
- Valorisation des dattes par le biais des analyses physicochimiques et microbiologique (comparaison entre la qualité des dattes trempées dans l'eau brute, et les dattes trempées dans l'eau osmosée).

2. Présentation du site d'étude

Tolga représente la zone la plus ancienne de la Wilaya de Biskra selon les fossiles et les témoins qu'ils ont trouvé sur le bord d'Oued Djeddi, elle est l'une des plus importantes oasis des Ziban et le lien entre les communes de l'ouest de la wilaya et les wilayas voisines.

➤ Situation géographique et administrative

La zone de Tolga est située dans le coté centrale ouest de la wilaya de Biskra, sous pied des montagnes des Aurès. Elle est limitée par: - La wilaya de Batna au Nord - La wilaya de M'Sila au Nord-Ouest - La Daïra l'Outaya au Nord-Est - La Daïra de Biskra à Est - La Daïra de Foughala à l'Ouest - La Daïra de Ourlal au Sud. Elle est classée Daira pendant la subdivision administrative de l'année 1974, elle était dans ce moment six commune, et après la nouvelle subdivision administrative de l'année 1984, la Daira est divisée en deux; Daira de Foghala et Daira de Tolga qui englobe actuellement quatre communes; Tolga, Lichana, Bouchagroune, Borj Ben Azouz.

3. Présentation de l'unité de production de dattes

La Sarl STB Tolga El Baraka. Située à la Zone d'activité n°68 TOLGA. Wilaya de Biskra, a été créée le 1er Avril 1997, entrée en production le premier janvier 1999 et depuis elle ne cesse d'évoluer et d'innover avec une gamme complète d'emballage mixte, pour atteindre un capital de 166.000.000 da.

Depuis 2011, STB a élargi ses activités par le lancement de l'atelier de conditionnement des dattes destinées en majorité à l'exportation.

La démarche qualité STB a été et reste toujours une préoccupation d'actualité pour la direction de l'entreprise qui manifeste son engagement à répondre aux mieux aux attentes de partenaires y compris ses clients en consacrant les moyens humains et financiers nécessaires.

Le besoin de satisfaire sa clientèle, de manière continue en termes de qualité, de coût, de délais et surtout de Sécurité des Denrées Alimentaires (SDA), a conduit l'entreprise à mettre en place un système de qualité visant l'optimisation de la satisfaction de leurs clientèles.

Afin de répondre aux exigences réglementaires et de ses clients (Exportation), la direction Générale STB envisage, l'instauration, à moyen terme, d'une démarche basée sur l'analyse des dangers (HACCP) visant une certification FSSC et IFS.

4. Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques et microbiologique de l'eau (gaz dissous, matières en suspension,... etc.), ainsi dans des conditions d'asepsie totale. Ces conditions ou précautions doivent être prises à trois niveaux

- Le matériel de prélèvement
- Le mode de prélèvement
- Le transport et la conservation des échantillons (Rejsek,2002).

Nos prélèvements ont été effectués au niveau des eaux de forage.

Le prélèvement consiste à ouvrir une vanne de sortie d'eau, puis laisser couler l'eau quelques minutes et remplir des bouteilles en verre de 500 ml étiquetées.

Les échantillons récupérés sont immédiatement acheminés au laboratoire pour analyse. Quant aux analyses, on distingue des analyses physico-chimiques et d'autres microbiologiques.

Pour éviter les risques de contamination, les flacons choisis pour l'échantillonnage ne doivent être ouverts qu'au moment du prélèvement de l'eau et une fois l'opération est effectuée, ils doivent être fermés hermétiquement jusqu'au moment de l'analyse.

➤ Enregistrement et étiquetage des échantillons et transport :

Pour faciliter le travail et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs (Rodier *et al.*, 1996), il est essentiel que les échantillons soient clairement étiquetés immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables.

Dans ces derniers, on doit noter avec précision : la date, l'heure, les conditions météorologiques, un numéro et toutes circonstances anormales. (Lightfoot, 2002)

Les échantillons soigneusement étiquetés sont placés dans une glacière contenant de la glace et transportés ensuite au laboratoire (Fig 14).



Figure: 13 Echantillonnage munisd'étiquette. (Originale, 2022).



Figure 14 : La glacière transportant l'échantillon. (Originale, 2022).

5. Paramètres physicochimiques de l'eau (non traitée)

5.1. La température :

Il est très important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. (Rodier *et al.*, 1996). En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz (De Villers *et al.*, 2005), dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique et dans la détermination de pH pour la connaissance de l'origine de l'eau. (Leclerc, 1996 ; Rodier *et al.*, 1996)

Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 °C. L'activité métabolique des microorganismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît. (De Villers *et al.*, 2005)

La mesure de la température est effectuée sur place, on utilise souvent dans ce but un thermomètre ou un multi-paramètre. La lecture est faite après une immersion de 10 minutes. (Boukrouma, 2008 ; Rodier *et al.*, 1996).

Mode opératoire On plonge la sonde munie d'un thermomètre dans un bécher qui contient les échantillons à analyser. On laisse le conductimètre se stabiliser puis on effectue la lecture et on la rapporte.

Tableau12 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température.

(Merzoug, 2009 ; Monod, 1989).

Température	Qualité
< 20 °C	Normale
20 °C – 22 °C	Bonne
22 °C – 25 °C	Moyenne
25 °C – 30 °C	Médiocre
> 30 °C	Mauvaise

5.2 Potentiel hydrogène (pH)

Le potentiel Hydrogène, plus connu sous le nom de « pH » est la valeur qui détermine si une substance est acide, neutre ou de base, il est calculé à partir du nombre d'ions Hydrogène présents.(Wilke et Boutiere, 1999 ; Rodier *et al.*, 1996).

L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. (De Villers *et al.*, 2005).Un pH inférieur à 7 indique que la solution est acide, et un pH supérieur à 7 indique que la solution est basique. Une solution est neutre lorsqu'il y a autant de H⁺ que d'OH⁻. (Rodier *et al.*, 1996).

Le pH d'une eau naturelle varie en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés (Tab, 13).(De Villers *et al.*, 2005) et varie habituellement entre 7.2 et 7.6.

Le pH sert à quantifier la concentration en ions H⁺ de l'eau qui lui confère son caractère acide ou basique.(Rejsek, 2002).

Des valeurs de pH inférieures à 4.5 et supérieures à 10 sont toxiques pour les poissons.(Wilke et Boutiere, 1999).La mesure du pH doit se faire sur place. (Rodier *et al.*, 1996)

➤ Mode opératoire :

Au laboratoire on doit :

- Etalonner le pH-mètre avec les solutions d'étalonnage de pH-mètre.
- Dans un bécher, verser l'échantillon de l'eau à tester.
- Plonger l'électrode dans l'échantillon d'eau, et brasser l'eau avec l'électrode pour homogénéiser et lire le pH lorsque la valeur affichée est stable.

- Il faut rincer l'électrode avec l'eau distillée après chaque lecture du PH d'un échantillon. (ISO 757,189 ,1990).

Tableau 13: Classifications des eaux d'après leur pH.(Hakmi, 2002 ; Agrigon, 2000).

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

5.3. Conductivité électrique

Mesurer la conductivité électrique de l'eau, c'est à dire sa capacité à transporter et à favoriser le passage du courant électrique. (Rejsek, 2002 ; Wilke et Boutiere, 1999).

La conductivité traduit la minéralisation totale de l'eau. (Rejsek, 2002 ; Rodier *et al.*, 1996).

La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. (Tab. 14)(De Villers *et al.*, 2005).

La conductivité est liée à la présence d'ions en solution, et dépend de leur nature et leurs concentrations. (Tab. 15)(Rejsek, 2002).

Donc, Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité. (Rodier *et al.*, 1996).

La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmentent avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité. Elle s'exprime en siemens par mètre. (Rejsek, 2002).

➤ Mode opératoire

- Rincer la verrerie avant l'usage avec de l'eau distillée.
- Allumer le conductimètre.
- Rincer la sonde à conductimètre d'abord avec de l'eau distillée.

Chapitre III : Matériel et Méthodes

- Prendre environ 100ml d'eau à analyser, dans un bécher.
- Tremper l'électrode de conductimètre dans le bécher.
- Il faut attendre la stabilisation de la lecture avant de prendre la valeur.

➤ Expression des résultats

Le résultat est donné directement sur l'appareil en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tableau 14:Qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique. (Merzoug, 2009).

Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Qualité des eaux
CE < 400	Bonne
400 < CE < 750	Bonne
750 < CE < 1500	Passable
1500 < CE < 3000	Médiocre

Tableau 15 : Classifications des eaux d'après leurs conductivités électriques.(Hakmi, 2002 ; Agrigon, 2000).

CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Types d'eaux
0.005	Eau déminéralisée
10 < CE < 80	Eau de pluie
30 < CE < 100	Eau peu minéralisée, domaine granitique
300 < CE < 500	Eau moyennement minéralisée, domaine des roches carbonatées
500 < CE < 1000	Eau très minéralisée
1000 < CE < 3000	Eau très minéralisée, saumâtre ou saline
CE > 3000	Eau de mer

5.4. Turbidité

➤ Principe

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée.

➤ **Mode opératoire :**

- Etalonner l'appareil à 0 avant l'utilisation.
- Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer avec du papier hygiénique avec l'échantillon à analyser bien homogène.
- Placer la cuvette dans le turbidimètre
- Effectuer rapidement la mesure.
- Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

➤ **Expression des résultats**

La mesure est obtenue directement en NTU. (ISO 7027, 1994).

5.5. Dureté de l'eau TH

Méthode par titrimétrie à l'EDTA :

➤ **Principe**

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide tétracétique à pH 10. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome. En milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium. La méthode permet de doser la totalité des ions calcium et magnésium. (Rodier, 2009).

➤ **Réactifs**

- Solution du noir ériochrome T à 0.5%.
- Solution tampon pH 10.
- Solution d'EDTA.

➤ **Mode opératoire**

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250 ml, ajouté 4 ml de solution tampon et 3 gouttes de solution noire ériochrome T. la solution se colore en rouge foncé ou violet, le pH doit être 10. En maintenant une agitation, verser la solution d'EDTA rapidement au début puis goutte à goutte lorsque la solution commence à virer au bleu. Vérifier que la coloration ne change plus par l'addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA. (Rodier, 2009) Expression de résultats :

La concentration totale en calcium et magnésium, exprimée en milliéquivalent par litre, est donnée par l'expression : $1000 \times C \cdot V_1 / V_2$.

- [c] = concentration en milliéquivalent par litre de la solution d'EDTA.
- v_1 = volume en ml de la solution d'EDTA.
- v_2 = volume d'échantillons (Rodier, 2009).

5.6. Titre alcalimétrique TA et titre alcalimétrique complet TAC

➤ Principe

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogencarbonates carbonate et hydroxydes

➤ Mode opératoire

- prendre 100ml d'eau à analyser et ajouter quelques gouttes de phénophtaléine ;
- S'il n'y a pas de changement de couleur, la réaction est négative, donc le TA=0 F. Cependant, il faut conserver l'échantillon pour la détermination du T.A.C.
- S'il y a apparition d'une couleur rose, effectuer un dosage avec l'acide chlorhydrique HCL 0,1 N jusqu'à la disparition totale de la couleur et noter le volume d'acide HCL
- V_1 ;
- $T.A = 5 \cdot V_1$;
- ajouter dans le même échantillon quelques gouttes de méthyl-orange ;
- On remarque l'apparition d'une couleur jaune ;
- Doser avec HCL (0,1N) jusqu'à la disparition de la couleur jaune et l'apparition de la couleur rose et noter le volume V_2 ; $T.A.C = 5 (v_1 + v_2)$.
- Remarque : La prise d'échantillon pour l'eau de source est de 10ml. (RODIER, 2006).

5.7. Dosage du calcium Ca^{2+} (ISO 6058,1984)

➤ Principe

Les ions calcium sont titrés avec une solution l'E.D.T.A à un PH entre 12 et 13 l'indicateur forme un complexe rouge avec le Ca^{2+} .

➤ Mode opératoire

- Prendre 50 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer de 100ml.
- Ajouter 2ml de Na OH à 2N
- Ajouter du Myrexide (0,2g) puis mélanger.
- Titrer immédiatement avec l'E.D.T.A (verser lentement) jusqu'au virage violet.

La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'E.D.T.A. Les résultats sont exprimés en mg/l.

➤ **Expression des résultats**

$$[Ca^{2+}] = 8.V.$$

V : Le volume de titrage EDTA.

5.8. Teneur en Magnésium (Mg²⁺)

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile par différence de calculer la dureté magnésienne

$$TH = TCa^{2+} + TMg^{2+} \quad TMg^{2+} = TH - TCa^{2+} \text{ (en mg/L)}$$

TH: Dureté totale

TCa²⁺: Dureté calcique

TMg²⁺ : Dureté magnésienne (Rodier, 2009).

5.9. Teneur en Bicarbonates (Alcalinité) (HCO₃⁻)

➤ **Principe**

Détermination du volume d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser au niveau de pH = 4.3, le volume d'eau à analyser. La détermination sert à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC). Elle est la mesure de la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates.

➤ **Électrode**

Électrode de pH

➤ **Mode opératoire**

- ✓ Prendre 100 ml d'eau à analyser, on l'ajoute des barreaux magnétiques;
- ✓ Noter son pH puis titrer avec HCl à 0,1 N jusqu'à obtention d'un pH de 4,3;
- ✓ Ce montage est réalisé à l'aide d'un agitateur magnétique.

➤ **Expression des résultats**

La détermination des bicarbonates en mg /L est donnée par la formule suivante :

$$[HCO_3^-] = (VA \times NA \times MHCO_3^- / VP.E) \times 1000$$

VA : Volume d'acide versé.

NA : Normalité d'acide versé.

MHCO₃⁻ : Masse molaire des bicarbonates (HCO₃⁻).

VP.E : Volume de la prise d'essai.

Cela nous a permis de calculer le titre alcalimétrique :

$$TAC (F^\circ) = V HCL \times 5. \text{(Khelifi, 2019).}$$

5.10. Chlorure : cl⁻

➤ **Principe**

Les ions chlorures réagissent avec les ions d'argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromate qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour indication du virage, durant le titrage, le PH est maintenu 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.

➤ **Mode opératoire**

- Prendre 100 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml de chromate de potassium K_2CrO_4 (coloration jaunâtre).
- Titrer avec nitrate d'argent $AgNO_3$ à 0,02N jusqu'à coloration brun rougeâtre.
- Après addition d'une goutte de la solution Na Cl. Cette coloration doit disparaître.
- Essai à blanc

Utiliser 100ml de l'eau distillée à la place de l'échantillon (la valeur ne devrait pas dépasser 0,2ml d' $AgNO_3$).

➤ **Expression de résultats**

$$[Cl^-] = (v_{AgNO_3} - v_{\text{blanc}}) \times 7,1$$

V_{AgNO_3} = volume $AgNO_3$ à 0,02 mol/l nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

V_{blanc} = volume $AgNO_3$ à 0,02 mol/l pour le dosage du blanc.

Le résultat s'exprime en mg/l. (ISO 9297, 1989).

5.11. Nitrites NO_2^- -

Les ions nitrites (NO_2^-) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH_4^+) et les ions nitrates (NO_3^-). Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitrification. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification.

Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. La toxicité augmente avec la température (Rodier, 2005).

➤ **Mode opératoire**

On effectue une dilution à l'eau de sortie à $\frac{1}{2}$ ou à $\frac{1}{5}$. -On prélève 10 ml d'échantillon, on y ajoute le réactif Nitriver 3 avec agitation puis 15 minutes de réaction l'un après l'autre et on fait la lecture.

Les blancs sont les échantillons sans réactifs. On règle le colorimètre en choisissant le programme et on fait la lecture.

5.12. Nitrates : Les NO_3^- -

Constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitrifiantes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Les nitrates ne sont pas toxiques ;

mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates (Rodier, 2009).

➤ **Le dosage de nitrate (NO₃) :**

Méthode au salicylate de sodium : Principe : En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent des paranitrosalicylate de sodium, colorés en jaune et susceptible d'un dosage spectrométrique. (Rodier, 2009)

➤ **Réactifs**

- Solution salicylate de sodium. - H₂SO₄. - Solution de tartrate double et NaOH.

Mode opératoire :

- Dans un bécher, mettre 10 ml de l'échantillon et ajoute 1 ml de solution salicylate de sodium. - Et le mettre à l'évaporation à sec jusque' à 80°C. - Ajouter 2 ml de H₂SO₄. - Attendre 10 minutes.

- Ajouter 15 ml d'eau distillé et 15 ml de la solution de tartrate double et NaOH.
- Attendre l'apparition de la coloration jaune.
- Effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm. (Rodier, 2009)

L'étalonnage :

- Préparer une solution mère étalon d'azote nitrique à 1000 mg/L :
722 mg de nitrate de potassium anhydre.
1000 ml d'eau distillée.
- Préparer une solution intermédiaire de 10 mg/L.
- Préparer des solutions filles de 5mg/L, 2mg/L, 1mg/L et le témoin (T).
- Appliquer le mode opératoire précédent.
- Tracer la courbe d'étalonnage. (Rodier, 2009).

5.13. Dosage des sulfates

➤ **Principe**

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de "TWEEN 20" ou de polyvinylpyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.

➤ **Mode opératoire**

On introduit successivement dans un tube à essai 39 ml d'eau à analyser, On ajoute 1 ml de solution d'acide chlorhydrique 0,1N et on complète par 5ml d'une solution de chlorure

de baryum dans 20 ml de Tween 20. On agite énergiquement et on laisse reposer 15mn. On agite de nouveau et on effectue les mesures au spectromètre à la longueur d'onde de 650nm.

➤ **Réactifs**

Solution d'acide chlorhydrique au 1/10

Solution de Tween 20 à 25%

Solution de chlorure de baryum stabilisée

Chlorure de baryum 10g

Solution de tween 20 20ml

Eau distilléeq.s.p..... 100ml

Solution étalon de sulfate de solution de sodium à 120mg/l de SO₄- -

Sulfate de sodium anhydre 0,1775g

Eau distilléeq.s.p.... 1000ml. (Douis, 2017).

5.14. Dosage du sodium et potassium

La photométrie de la flamme est une procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino - terreux. Les éléments à analyser (sodium, potassium lithium, calcium... etc.) sont généralement sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions. Appareil Dr. LANGE (JENWAY), Le résultat est donné directement en mg/l. (Douis, 2017).

5.15. Résidusec

On prélève 100 ml d'eau à analyser puis filtrer pour éliminer les matières en suspension. Verser dans un bécher puis séchez à une température de 110°C.

Expression des résultats

$$R.S = P * 10^4 \text{ en mg/l.}$$

P : résultat de la différence entre le poids de bécher vide et après la filtration et le séchage de l'eau. (Adnane,2015).

5.16. Teneur de Fer

Mesuré à l'aide d'un spectro-direct

➤ **Mode opératoire**

-Verser 10 ml d'échantillon dans une cuvette propre de 24 mm et fermer le couvercle de la cuvette, et mettre la cuvette dans la chambre de mesure et appuyer sur la touche ZÉRO.

- Retirer la cuvette de la chambre de mesure et ajouter dans l'échantillon de 10 ml une pastille d'IRON LR directement de l'emballage protecteur et l'écraser à l'aide d'un agitateur propre

-Refermer la cuvette avec le couvercle et mélanger le contenu en agitant jusqu'à dissolution complète de la pastille.

- Placer la cuvette dans la chambre de mesure, puis appuyer sur la touche TEST et attendre 5 minutes de temps de réaction. La mesure s'effectue automatiquement après écoulement du temps de réaction. Le résultat de la mesure s'affiche et indique le fer en mg/l. (Alloune, Gouader,2012).

6. Paramètres bactériologiques

➤ Matériel de laboratoire :

- Au laboratoire, on a utilisé le matériel classique d'un laboratoire de microbiologie : appareil de stérilisation (four Pasteur, autoclave), des appareils d'incubation (des étuves à 37°C, à 22 °C et à 44 °C), réfrigérateur, bec Bunsen.
- Les géloses employées sont : Mac Conkey, Chapman, Hektoen, *Salmonella-Shigella*, Thiosulfate – Citrate – Bile – Saccharose (TCBS), cétrimide, viande foie (VF), Tryptone – Glucose – Extrait de levure – Agar (TGEA), sabouraud Chloramphénicol, sabouraud, milieu à l'extrait de malt. Les milieux d'enrichissement utilisés sont : Sélénite Cystéine (SFB), eau peptonée alcaline (EPA). Pour le dénombrement des germes de contamination fécale on a utilisé les milieux liquides de dénombrement (BCPL, Rothe) et les milieux liquides de confirmation (bouillon Litsky, bouillon Schubert et/ou eau peptonée exempte d'indole).
- Pour l'observation microscopique on a utilisé : un microscope optique, violet de gentiane, fuschine, lugol, alcool, huile de cèdre, lames et lamelles, ruban adhésif.
- L'identification a été basée sur la galerie biochimique classique ou les API systèmes BioMérieux. Ainsi, on a utilisé le matériel usuel de paillasse tel que les additifs, eau distillée, pipette Pasteur, anse de platine, boîtes de Pétrie, etc.
- La composition des milieux et des réactifs utilisés dans notre travail est détaillée dans l'annexe 01.

➤ Précautions générales :

- Avant d'effectuer une analyse microbiologique, il est nécessaire de travailler dans des conditions aseptiques c'est-à-dire : des conditions de stérilisation parfaite.
- On ferme la porte et les fenêtres et on porte la blouse (fermée) avant de commencer toutes manipulations.

- On désinfecte les mains avec l'eau de Javel et on rince avec l'eau de robinet.
- On allume le bec Bunsen en prenant soin d'obtenir une flamme bleue afin de stériliser l'air alentour dans un rayon de 10 cm.
- On désinfecte la paillasse avec l'eau de Javel.
- On met tout le matériel dont on a besoin autour du bec Bunsen en respectant la zone stérile pour éviter toutes contaminations.
- Flamber, avant et après manipulations, les pipettes Pasteur et les anses métalliques utilisées pour les prélèvements.

6.1. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (*E. COLI*)

➤ Définition d'*Escherichia coli* présumé :

Les *Escherichia coli* sont des coliformes thermotolérants ayant la particularité de produire de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à $42\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. (Labres *et al.*, 2008 ; Denis *et al.*, 2007).

E. coli est le seul membre du groupe des coliformes totaux que l'on trouve exclusivement dans les matières fécales des humains et des animaux (Mitchell et Gu, 2010 ; Harvey *et al.*, 2007 ; Janda et Abbott, 2006), à ce titre, il est de plus en plus considéré comme l'organisme indicateur spécifique d'une pollution fécale. (Edberg *et al.*, 2000). Sa détection dans une eau indique non seulement une contamination récente par des matières fécales (Mitchell et Gu, 2010), mais aussi la présence possible de microorganismes pathogènes d'origine entérique. (Edberg *et al.*, 2000 ; Zmirouet *et al.*, 1987).

➤ Mode opératoire :

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'*E. coli* ont été effectués par la méthode du nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie. Cette méthode est une estimation statistique du nombre de microorganismes supposés distribués dans l'eau de manière parfaitement aléatoire (lois de Poisson qui détermine la probabilité d'apparition aléatoire des événements rares). (Rejsek, 2002). Elle utilise des milieux de culture liquide en tubes à essais inoculés par des échantillons de l'eau à analyser. (Madigan et Martinko, 2007).

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

- ∅ Le test présomptif : Réservé à la recherche des coliformes ;

∅ Le test confirmatif : Réserve à la recherche des coliformes fécaux et *E. coli*.(Fig...) (Labres et al., 2008 ; Chaouch, 2007 ; Lebres, 2002).

a- Test de présomption :

Il est effectué en utilisant le bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol simple concentration (BCPL S/C). Tous les tubes sont munis d'une cloche de Durham pour déceler le dégagement éventuel du gaz dans le milieu. (Lebres, 2002 ; Mouffok, 2001). Avant d'ensemencer les tubes, il faut vérifier qu'il n'y a pas de bulles d'air sous la cloche, pour éviter de fausser les résultats. (Joffin, 1999).

Avant chaque prélèvement, homogénéiser l'échantillon et les tubes de BCPL S/C ensemencés (les dilutions) afin d'obtenir une répartition homogène des microorganismes.

On prend 1 ml de l'eau à analyser à l'aide d'une pipette Pasteur stérile et on l'introduit au tube 10-1 contenant 9 ml d'eau distillée stérile. Après avoir bien homogénéisé la dilution 10-1 nous avons réalisé sept dilutions décimales successives (10-2, 10-3, 10-4, 10-5, 10-6, 10-7, 10-8) avec trois répétitions par dilution. Les dilutions sont toujours effectuées dans des conditions aseptiques (Rejsek, 2002).

- Prélever 1 ml de la dilution 10^{-1} à l'aide d'une pipette Pasteur stérile et la porter dans le premier tube de la première série contenant 9 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-2} .
- Nous prélevons 1 ml de la dilution 1/100 précédente et l'ajouter à un tube contenant 9 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-3} .
- Transférer 1 ml de la dilution 10^{-3} dans un tube contenant 9 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-4} .
- Refaire la technique pour les 4 tubes restants de BCPL afin d'obtenir 7 tubes de BCPL, et refaire la même opération pour les 2 autres séries (Fig14),(Delarras, 2007).
- Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum.
- L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures. (Lebres, 2002).

❖ Lecture :

Seront considérés positifs les tubes où il se produit simultanément:

- Un dégagement de gaz (supérieur au $1/10^{\text{ème}}$ de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage de la couleur du milieu vers le jaune ce qui indique une fermentation du lactose du milieu (La production d'acide suite à la fermentation du lactose ce qui entraîne le virage du bromocrésol pourpre au jaune)(Delarras, 2007).

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe 02 (Lebres, 2002) pour obtenir le nombre le plus probable de coliformes totaux présents dans 1 ml d'eau à analyser.

B. Test de confirmation (test de Mac Kenzie) :

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de coliformes fécaux parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*E. coli*. (Lebres, 2002).

Repiquer chaque tube de BCPL trouvé positif avec une anse bouclée ou une pipette Pasteur dans le (ou les) milieu(x) de confirmation. (Rodier et al., 2009). Comme milieu de confirmation, on a utilisé dans le premier prélèvement : le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham et pour le deuxième prélèvement : le milieu eau peptonée exempte d'indole. (Fig15).

Chasser l'air éventuellement présent dans la cloche de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci à 44 °C pendant 24 heures. (Lebres, 2002).

❖ Lecture :

Dans les tubes montrant un trouble microbien et un dégagement gazeux dans la cloche de Durham (Cas de milieu Schubert), ajouter quelques gouttes de réactif Kovacs. Une réaction considérée positive correspond à la formation d'un anneau rouge à la surface de tube autrement dit présence de coliformes fécaux « *E. coli* ».

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP. Les résultats sont exprimés sous la forme : nombre le plus probable de coliformes fécaux, *E. coli* présumés par 1 ml d'eau analysé. (Rodier et al., 1996).

Remarque :

Etant donné que les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux, il est pratiquement impossible de trouver plus de coliformes fécaux que de coliformes totaux. (Labres et al., 2008).

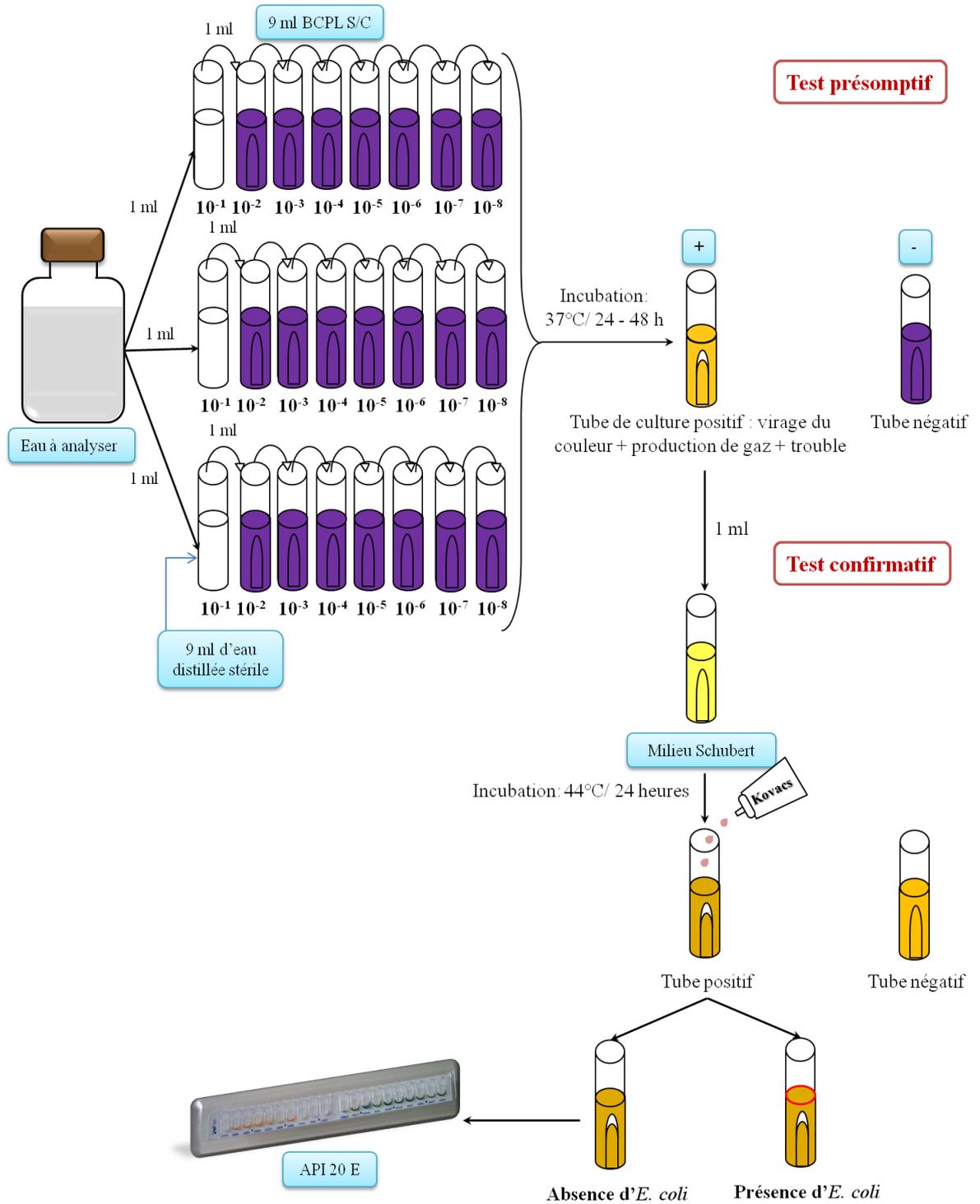


Figure 15 : Protocole de recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux et *E. coli* dans les eaux.

6.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (*Enterococcus*) :

❖ **Définition :**

Les streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe D de la classification de Lancefield, se présentent sous forme de cocci à Gram +, sphériques à ovoïdes formant des chaînettes (Hidouci, 2009 ; Lebres, 2002), ne possédant pas de catalase, immobile, anaérobie facultative, non sporulant (Engelkirk, 2008 ; Harvey *et al.*, 2007 ; Gillespie et Hawkey, 2006) mais possédant l'antigène du groupe D. (Hidouci, 2009 ; Lebres, 2002).

Ils produisent de l'acide lactique par fermentation du glucose et sont anaérobies-aérotolérants. (Denis *et al.*, 2007).

Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à 37 °C sur un milieu sélectif à l'azoture de sodium en donnant des colonies caractéristiques réduisant le TTC et qui de plus hydrolysent l'esculine en 48 heures à 44°C après repiquage d'une colonie sur une gélose biliée à l'esculine. (Hidouci, 2009 ; Lebres, 2002). Ces entérocoques intestinaux sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale (Mouffok, 2001), car tous ont un habitat fécal. (Rodier *et al.*, 2009).

❖ Mode opératoire :

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux, en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- ⊗ Le test présomptif : Réservé à la recherche présomptive des streptocoques.
- ⊗ Le test confirmatif : Réservé à la confirmation réelle des streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption. (Fig 16).

a- Test de présomption :

La recherche se fait en bouillon Rothe S/C (Bouillon à l'azide de sodium simple concentration) (Brichaet *al.*, 2007 ; Mouffok, 2001) :

- Après homogénéisation, On prend aseptiquement 1 ml de l'eau à analyser et on l'introduit au tube 10^{-1} contenant 9 ml d'eau distillée stérile.
- Homogénéiser et prélever 1 ml du tube 10^{-1} et l'introduire dans le premier tube de la première série contenant 9 ml du milieu Rothe S/C pour avoir la dilution 10^{-2} . Homogénéiser soigneusement, par agitation, le contenu des tubes ; s'assurer, une fois celle-ci terminée, que la teinte du bouillon est uniforme en haut et en bas du tube, de façon à ce que la concentration en inhibiteur soit identique en tous points (Rodier *et al.*, 2009).
- Transférer 1 ml de la dilution 10^{-2} dans un tube contenant 9 ml du milieu Rothe S/C, pour obtenir la dilution 10^{-3} .
- Refaire la technique avec les tubes de Rothe restant pour obtenir 7 tubes du milieu Rothe, et avec les séries 2 et 3 (Fig 16).

– Incuber les tubes à 37 °C et les examiner après 24 et 48 heures. (Lebres, 2002).

- **Lecture :**

Seront considérés positifs les tubes présentant un trouble microbien, seulement ces tubes doivent faire l'objet d'un repiquage sur milieu Eva Litsky dans le but d'être justement confirmés.

b- Test de confirmation :

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption. (Roux, 2003 ; Lebres, 2002).

Après agitation des tubes positifs, prélever sur chacun d'eux successivement 3 oses bouclés (de 3 mm de diamètre) ou quelques gouttes de pipette Pasteur, et les reporter dans des tubes du milieu Eva Litsky à l'éthyl violet et azide de sodium. (Rodier *et al.*, 2009) Bien mélanger le milieu et l'inoculum. (Lebres, 2002). Incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures. (Fig 16) (Lebres, 2002).

- **Lecture :**

Seront considérés positifs les tubes présentant :

- Un trouble due au développement bactérien ;
- Une pastille violette (blanchâtre) au fond du tube. (Lebres, 2002). Parfois, la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette. (Rodier *et al.*, 2009).

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP (Lebres, 2002).

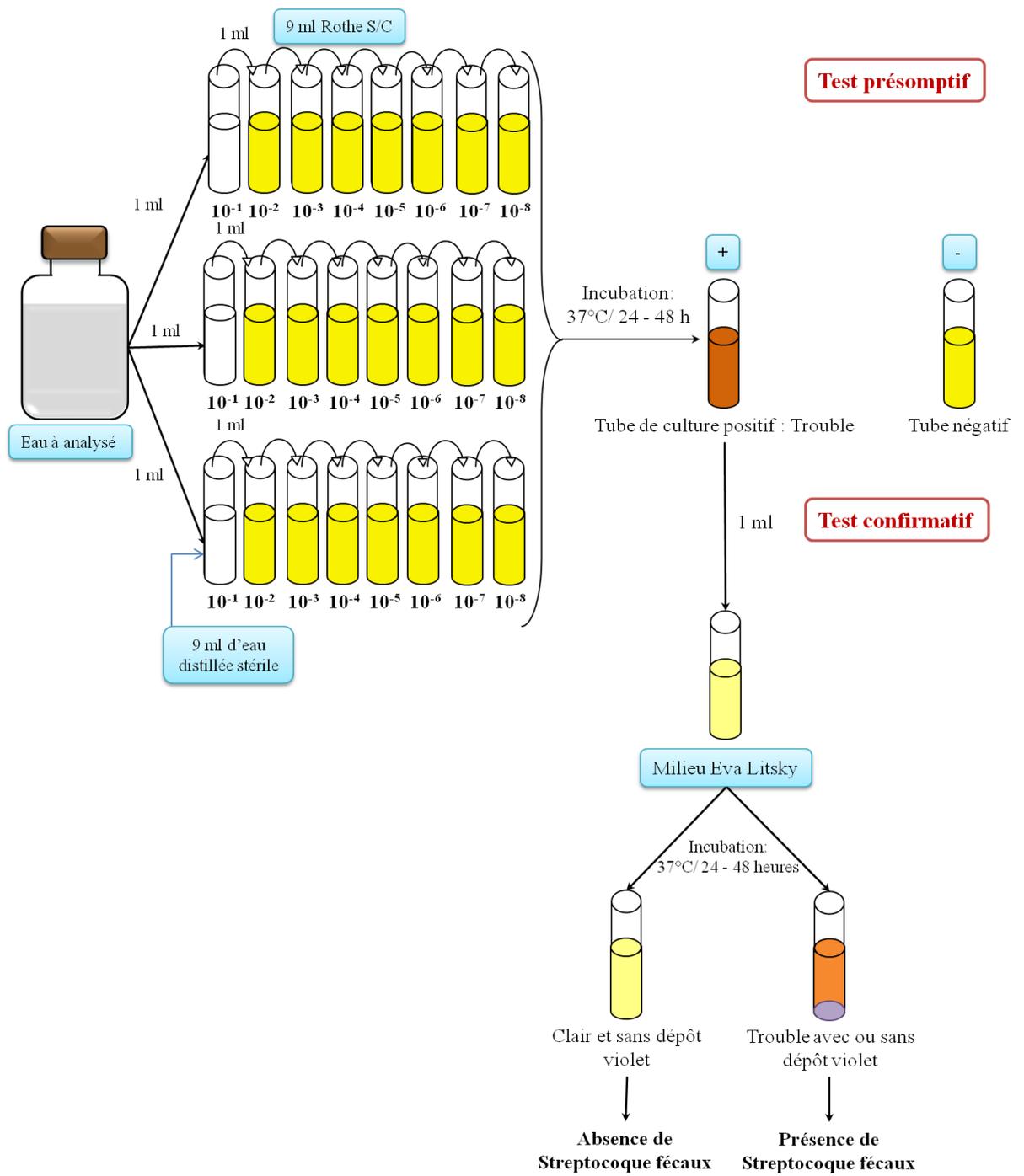


Figure 16 : Protocole de recherche et dénombrement des entérocoques fécaux dans les eaux.

6.3. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (*Clostridium*)

- **Définition :**

Les bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bacilles Gram positif (Lebres, 2002), ils sont capables de sporuler et résistent longtemps dans l'environnement (Ferron, 1984) ; se développent à une température de 36 ± 2 °C en 24 à 48 heures sur une gélose viande foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire. (Lebres, 2002 ; Pechère *et al.*, 1982).

Les *Clostridium* produisent des endospores ovales ou sphériques qui peuvent déformer la bactérie. Ce sont des bactéries anaérobies strictes, dont la tolérance vis-à-vis de l'oxygène varie selon les espèces, quelques espèces peuvent (sans sporuler) pousser en présence d'oxygène. Les *Clostridium* sont usuellement dépourvus de catalase. Ils produisent habituellement des acides organiques et des alcools à partir des hydrates de carbone et des peptones. (Avril *et al.*, 1992).

Les *Clostridium*sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente. (Rodier *et al.*, 2009).

- **Mode opératoire :**

La recherche et le dénombrement des spores des ASR dans l'eau se fait par la méthode d'incorporation en gélose en tubes profonds (Fig 17).

- Après l'avoir homogénéiser soigneusement, prendre environ 25 ml d'eau à analyser dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80 °C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.
- Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet.
- Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube. (Lebres, 2002).

Chapitre III : Matériel et Méthodes

- Ajouter dans chacun d'eux environ 18 à 20 ml de gélose viande foie, fondue puis refroidie à 45 ± 1 °C, additionnée de 1 ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alun de fer.(Rodier et *al.*, 2009).
- Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures. (Lebres, 2002).

- **Lecture :**

- La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les colonies des ASR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de 10^{-1} voire 10^{-2} , la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à 48 heures.
- Dénombrer sur les 04 tubes de culture, la totalité des colonies noires de 0,5 mm de diamètre, poussant en masse. Cette coloration est due à la germination des spores des bactéries dans le milieu de culture car elles se trouvent dans un milieu favorable à leur développement (Rejsek, 2002).

- **Interprétation des résultats :**

Il est donc impératif de repérer et de dénombrer toutes les colonies noires poussant en masse et de rapporter le total des colonies à 20 ml d'eau à analyser(Lebres, 2002).

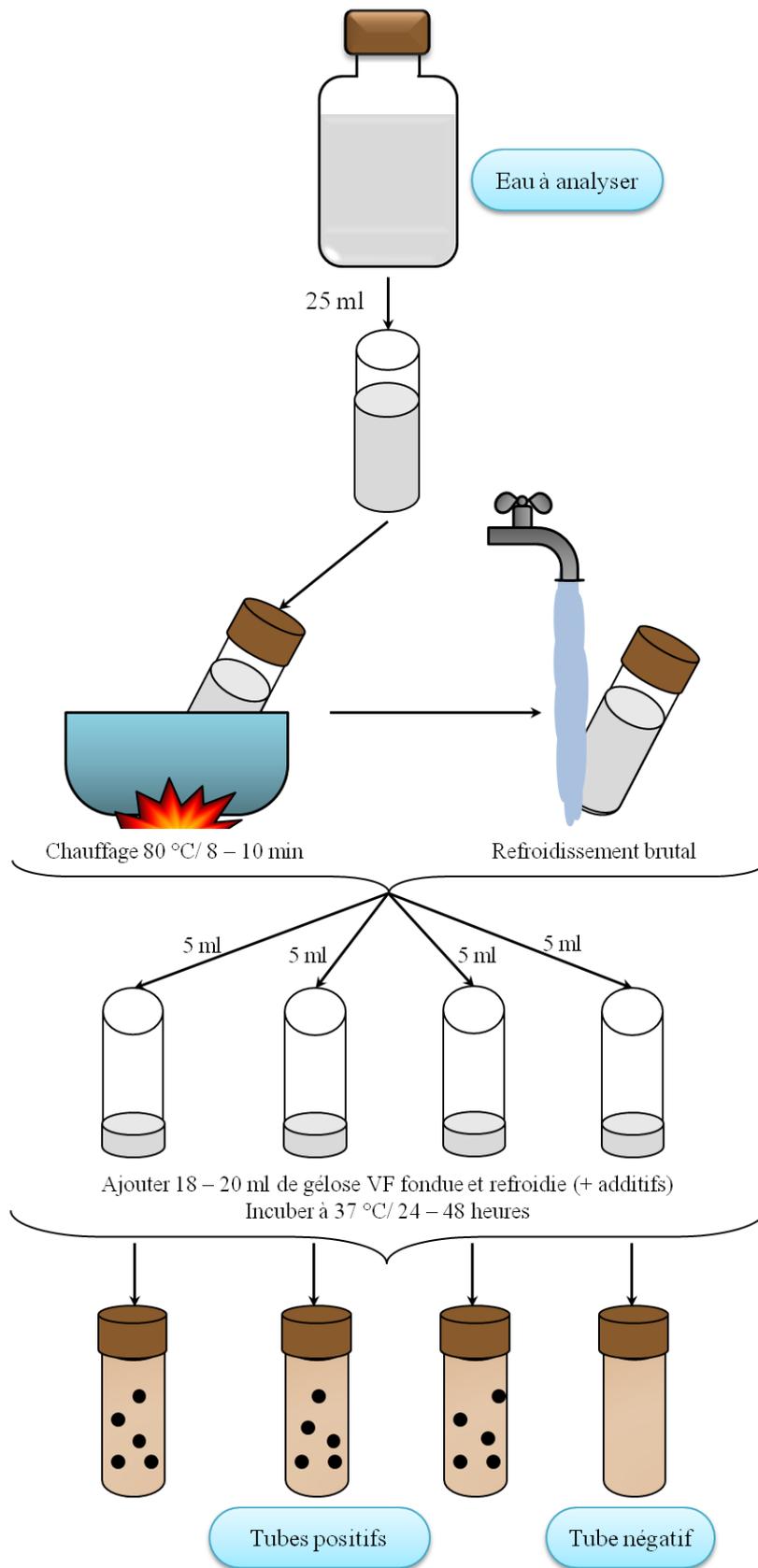


Figure 17: Protocole de recherche et dénombrement des spores anaérobies sulfito-réducteurs.

7. Installation de l'unité de traitement d'eau

7.1. Matériel utilisés

L'unité d'osmose inverse se compose de deux parties essentielles :

a- La pré-filtration

Cette partie comporte :

- Pompe doseuse pour injection d'hypochlorite de sodium (Fig. 18);
- Réservoir d'eau brute ;
- Pompe d'admission ;
- Filtre à sable ;
- Filtre à charbon ;
- Tuyauteries en PPR ;
- Filtre à cartouche (5 μm) et (1 μm)

b- L'unité d'osmose

Cette partie comporte :

- Un châssis en inox ;
- Pompe haute pression ;
- Membrane 40/40 ;
- Porte membrane (module) ;
- Pompe doseuse injection anti tartre ;
- Tableau électrique de commande et régulation (Fig. 19);
- Manomètre (Fig.20),débitmètre (Fig.21), lecteur de conductivité et de températureélectronique ;
- Pompe doseuse Régulateur de pH.



Figure 18 :Pompe doseuse (Originale, 2022).



Figure 19 : Tableau électronique. (Originale,2022)



Figure 20 : Manomètre (Originale,2022).



Figure 21 : Débitmètre(Originale, 2022).

7.2. Méthode d'installation de l'unité d'osmose

L'installation d'une unité d'osmose inverse peut être divisée en deux parties ; le prétraitement et l'osmose inverse. Les principaux facteurs qui interviennent dans la définition d'un prétraitement sont les caractéristiques physicochimiques de l'eau à traiter donc l'installation peut être adaptée sans problèmes aux exigences particulières des clients (Fig 22).

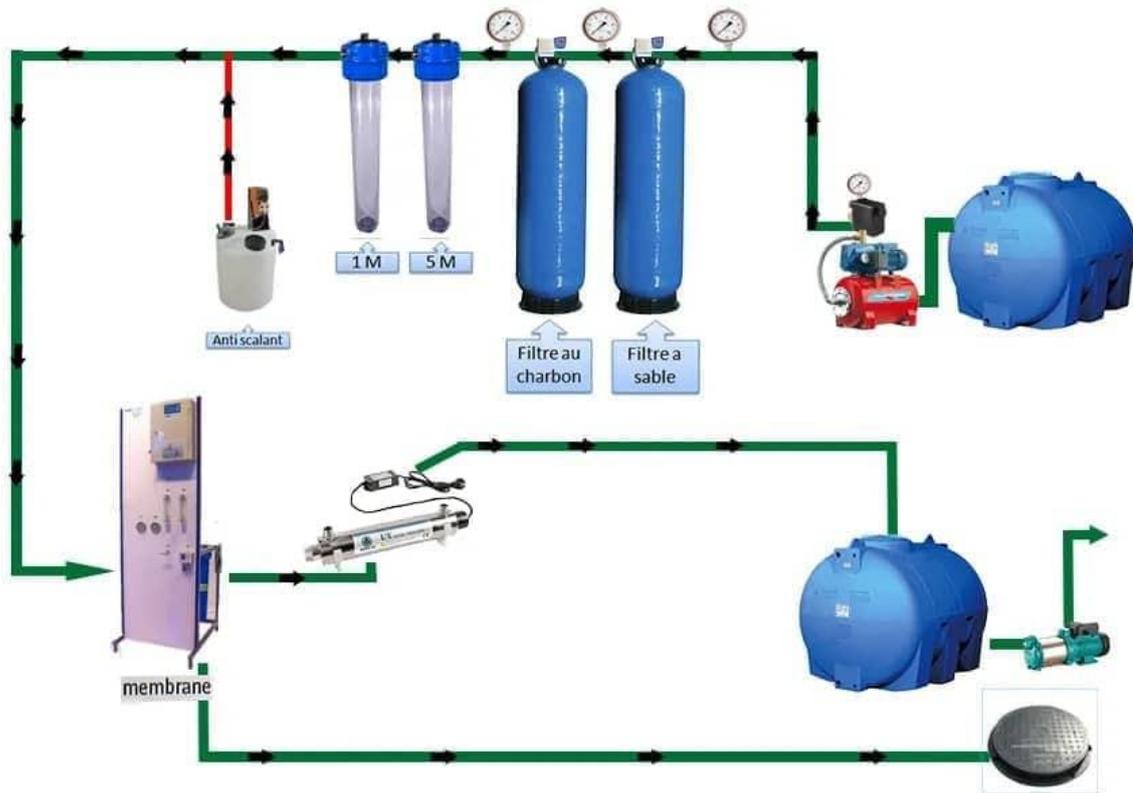


Figure 22: Schéma de l'unité de traitement d'eau par osmose inverse.

8. Evaluation de la performance de l'osmose inverse

8.1. Taux de conversion « TC »

Le taux de conversion d'une installation d'osmose inverse est la relation entre la quantité d'eau osmosée sur la quantité d'eau alimentée (Takabait, 2012).

$$TC = [\text{débit d'eau osmosée produite}] / [\text{débit d'eau alimentée}] \times 100$$

8.2. Taux de Rétention de sels

Une membrane d'osmose inverse est sélective, caractérisée par le taux de rétention de sels, il est donné par la relation suivante :

$$TR = [1 - Cp/C0] \times 100$$

C0 : est la concentration en sels à retenir dans l'eau osmosée

Cp: est la concentration de la même espèce dans le perméat (Takabait, 2012).

8.3. Proportion de Rejet de sels (RS %)

Cette proportion correspond à la teneur de la Saumur en sels, généralement ces sels sont évacués dans les Rejets après leur rétention par les membranes d'osmose inverse, elle peut être déterminée comme suit :

$$RS\% = [1 - \frac{Cp}{Ca}] \cdot 100$$

RS% : Proportion de sels rejetés ;

Cp: Concentration en sels dans l'eau osmosée produite (elle est aussi exprimée soit en salinité ou en conductivité).

Ca : Concentration en sels dans l'eau alimentant l'installation d'osmose inverse (Takabait, 2012).

8.4. Proportion de passage des Sels (PS%)

Elle représente la proportion de sel qui traverse la membrane d'osmoseur ou celle contenue dans l'eau osmosée, Elle permet de caractériser l'état de fonctionnement de la membrane de l'osmose inverse.

$$PS\% = (100 - RS\%)$$

PS : Proportion de sels passant la membrane ;

RS% : Proportion de sels rejetés (Takabait, 2012).

9. Processus de valorisation et conditionnement de datte

➤ Matière première

La datte est un fruit comestible du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), un cultivar populairement pris pour un arbre. C'est un fruit charnu, oblong, de 4 à 6 cm de long, contenant un « noyau » allongé, marqué d'un sillon longitudinal. C'est un fruit très énergétique.

Les dattes traitées sont de la variété DegletNour issus de la région de Djamaa (Tougourt), leurs spécificités ; dattes sèches à petit gabarit communément appelée deuxième ou troisième choix.

Mode de présentation

Datte entières (avec noyau)

➤ Période de récolte

➤ Octobre à Décembre

• **Caractéristiques organoleptiques**

Forme : Ovoïde à plat (après enlèvement du noyau).

Couleur: Brun claire.

Texture: Charnue et abondante.

Gout: Exquis et typique des dattes.

Odeur : Caractéristique de la datte.

Saveur : Absence d'odeur ou de saveur étrangère.

Aspect: Légèrement collant au toucher.

Allergènes : Absence d'allergènes (selon le règlement INCO UE /1169/2011)

Autres Caractéristiques

Résidus de pesticide : conforme à la réglementation CEE en vigueur

Calibre : ≤ 150 fruits d'un 1kg

Poids minimal du fruit 5g



Figure23 : Echantillon de la Matière première DegletNour (dattes non traitées).

(Originale, 2022).

➤ **Prétraitement**

Les dattes arrivent en camion à l'unité d'entreposage elles suivent les étapes suivantes :

- Le pesage par le biais d'un pont bascule.



Figure 24 : Pont bascule de l'unité de production STB(Originale, 2022).

-Vérification et contrôle de la qualité des dattes arrivées au sein du laboratoire local,
Le contrôle est basé sur les critères d'acceptations de **CODEX STAN 143-2019**.

➤ **Fumigation**

Fumigation : une fois les dattes transférées dans les chambres hermétiques à température ambiante (Fig 25), le processus de fumigation commence, le traitement est effectué pendant 4 jours en utilisant la phosphine PH₃ (5 pastilles / m cube) sous forme de comprimés, afin de se débarrasser des insectes vivants dans les dattes stockées.



Figure 25 : Chambre de Fumigation de l'unité, (Originale, 2022).

➤ **Triage**

Opération de triage pour éliminer les écarts, et trier les dattes par deux catégories dattes demi séchées et dattes demi grasses.

➤ **Stockage**

Entreposage des caisses dans des chambres froides entre 0 - 4° en attente de production.

➤ **Traitement**

a- Trempage

Dans cette étape les dattes sont lavées et trempées dans l'eau pour une meilleure douceur, Le trempage des dattes dans des bassins semi remplis d'eau pour une période allant de 2 jusqu'à 15 heures selon la qualité de l'eau et des dattes, afin d'améliorer la qualité physique de la datte (humidité, gabarit...).



Figure 26 : Bassin pour trempage de datte de l'unité STB.(Originale, 2022).

b- Lavage

Le lavage ou le nettoyage des dattes à l'aide d'une laveuse industrielle.



Figure 27 : Laveuse de datte de l'unité STB(Originale, 2022).

c- Etuvage

Etuver les dattes dans un tunnel d'étuvage par vapeur à température 60C° la durée d'étuvage est déterminée selon la qualité des dattes

- Dattes demi sèches : 3h
- Dattes demi grasses : 2h : 30min

Cette opération est conçue pour l'homogénéisation des dattes ainsi le tunnel sera utilisé pour s'assurer que le taux d'eau présents dans le fruit est homogène

d- Séchage

Cette étape est faite pour assurer la stérilisation des dattes

e- Le refroidissement

Entreposage des caisses dans une salle de repos à température ambiante pendant 12 heures.

f- Conditionnement

Au sein de ce lieu les dattes sont acheminées vers des ouvrières multitâches par le biais d'un tapis convoyeur, où elles passent par les étapes suivantes (tri- mise en barquette - emballage – étiquetage – pesage - mise en boîte - mise en palette - stockage dans des chambres froides). Ainsi les dattes seront prêtes pour la commercialisation.



Figure 28 : Mise en barquette et mise en boîte des dattes.(Originale, 2022).

10. Analyses de la datte

➤ **Principaux appareils utilisés**

Balance de précision, Broyeur, Four à moufle, Etuve, pH mètre, Agitateur magnétique, plaque chauffante, Capsules Dessiccateur, Béchers, Fiole conique, Bain-marie, Papier filtre Réfrigérateur, Fiole jaugée, Pipettes, Capsules en porcelaine.

➤ **produits utilisés**

L'eau distillée, Echantillons dénoyautés et broyés, Solution d'indicateur de phénolphtaléine Solution de Hydroxyde de sodium 0,1N.

9.1. Analyses morphologiques de la datte

Cette analyse a été réalisée sur un échantillon de 20 fruits :

Chapitre III : Matériel et Méthodes

- La forme de la datte
- La taille de la datte :déterminées par la règle et le papier millimètre
- Le poids moyen des dattes :déterminé à l'aide d'une balance analytique.

- La couleur : apprécier visuellement
- La consistance de la datte : ce paramètre de qualité est jugé sensoriellement entre les doigts de la main, en appliquant une simple pression sur la datte.
- La texture de la datte
- Le goût de la datte

9.2. Analyses physicochimiques de la datte

A - Teneur en eau (humidité)

Pour chaque variété de datte étudiée, nous avons dénoyauté et broyé la pulpe de datte à l'aide d'un mortier ou broyeur jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène. Puis, nous avons réalisé les différentes analyses physico-chimiques. Pour chaque analyse, nous avons fait 3 essais.

La teneur de la perte de masse à la dessiccation est obtenue par application de la méthode décrite par (Afnor, 1995).

➤ Principe

La dessiccation du produit est obtenue à la température $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ dans une étuve isotherme ventilée, à la pression atmosphérique, jusqu'à obtenir une masse d'échantillon constante, dont la teneur en eau est égale à la perte de masse subit dans les conditions de la mesure. (Djouab, 2007).

➤ Mode opératoire

- Une capsule vide est séchée Ensuite à l'étuve durant 15 mn à 105°C .
- Ensuite, elle est pesée après refroidissement dans un dessiccateur.
- On pèse 10 g de l'échantillon dans la même capsule et on la place dans l'étuve réglée à 105°C pendant 18 heures.
- La capsule est retirée de l'étuve et placée là dans le dessiccateur, après refroidissement elle est pesée et remise à l'étuve pendant une heure.

L'opération est répétée jusqu'à ce que la différence entre deux pesées successives soit nulle.



Figure 29 :Dessiccateur - analyseur d'humidité(Originale, 2022).

➤ **Expression des résultats**

$$H\% = \frac{M1_M2}{P} \times 100$$

Soit :

H% : Humidité.

M1 : Masse du creuset + matière fraîche avant l'étuvage.

M2 : Masse de l'ensemble après l'étuvage.

P: Masse de la prise d'essai.

b- Mesure du pH

➤ **Principe**

La détermination en unité de pH, de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans une solution aqueuse de pulpe de datte broyée. (AFNOR, 1970).

➤ **Mode opératoire**

- Placer 20 g de la pâte préparée dans un bécher et y ajouter 60 ml d'eau distillée.
- Chauffer au bain-marie à 60°C pendant 30 mn en remuant de temps en temps.
- Broyer, filtrer et procéder à la détermination en utilisant un pH-mètre à 20°C ± 2°C après étalonnage de l'appareil.

C - Dosage des sucres par chromatographie

➤ Dosage qualitatif

Le dosage est effectué par chromatographie en couche mince de gel de silice sur des solutions de dattes. Les sucres se séparent par migration différentielle, chacun d'entre eux soumis à une force d'entraînement de la phase mobile.

La migration est en fonction de la polarité des substances, de la polarité de l'éluant et du pouvoir d'adsorption de la phase stationnaire. La méthode de CCM est efficace, rapide et associe la sensibilité à la simplicité (Kolaillet *al.*, 2006).

D'après leur affinité, les glucides en solution sont plus au moins retenus par la phase stationnaire, ce qui rend possible leur séparation-adsorption (Randerath, 1971; Louisot, 1983).

➤ Dosage qualitatif

Elle est effectuée par comparaison entre la distance de migration de l'échantillon et celle d'une substance de référence pure (les sucres témoins). On utilise l'expression : valeur RF (Rétention Factor).

$$RF = \frac{\text{Distance parcourue par le constituant depuis le start (h)}}{\text{Distance parcourue par le l'éluant depuis le start (H)}}$$

Le RF permet l'identification des sucres. Lors de sa migration par capillarité sur le support poreux, le solvant entraîne avec lui les constituants du mélange; c'est le phénomène d'éluion. Chaque sucre migre avec une vitesse de migration caractéristique et qui dépend de la nature du solvant et les conditions expérimentales

➤ Dosage semi-quantitative

La méthode consiste à calculer la surface des spots après les avoir calculées sur du papier millimétré. L'aire (mm²) dépend de la quantité déposée initialement (Randerath, 1971).

Pour cela, on a procédé à la préparation d'une gamme étalon à partir des solutions mères (2.5g/l) à base des sucres majeurs (glucose, fructose et saccharose).

Le taux d'inversion est ensuite calculé par le rapport teneur en sucres réducteurs/teneur en sucres totaux.

Il exprime la vitesse d'inversion du saccharose en sucres réducteurs.

Chapitre IV : Résultats et discussions

Chapitre IV : Résultats et discussions

Dans ce chapitre, nous présenterons les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques des deux types d'eaux concernées par notre étude, à savoir l'eau brute et l'eau traitée dans l'unité de conditionnement STB El Baraka située à Tolga.

1. Analyses des paramètres physicochimiques

Les paramètres physico-chimiques pour les différents types d'eau analysés ont été effectués selon les modes opératoires décrits dans le chapitre III, et sont regroupés ensemble dans le tableau ci-dessous.

Tableau 16 : Résultats des analyses physicochimiques des eaux brutes et traitées utilisées dans l'unité de conditionnement STB El Baraka Tolga.

Paramètres physicochimiques	Unité	Eau brute	Eau traitée	Normes algériennes	Normes de l'OMS (2006)
Température	°C	25	22	25	12 à 25
PH à 20 °c	/	7,37	8.24	≥ 6,5 et ≤ 9	6,5 à 9,5
Conductivité à 20 °c	µS/cm	2740	49.7	2800	400
Turbidité	NTU	3,11	0.02	5	0,3
Dureté totale (TH)	°F	1440	10	200	200
Titre alcalimétrique complet (TAC)	mg/l	171	4	500	500
Teneur en calcium (Ca ⁺⁺)	mg/l	384	2	200	100
Teneur en magnésium (Mg ⁺⁺)	mg/l	116,64	1.2	150	50
Teneur en bicarbonates (HCO ₃)	mg/l	208,62	4.2	/	/
Teneur en chlorures (Cl ⁻)	mg/l	156,2	3.5	500	250
Teneur en nitrates (NO ₃)	mg/l	6,6	0,1	50	50
Teneur en nitrites (NO ₂)	mg/l	0,022	0	0,2	3
Teneur en sulfate (SO ₄)	mg/l	888	3	400	500
Teneur en sodium (Na ⁺)	mg/l	135,7	0	200	200
Teneur en potassium (K ⁺)	mg/l	23,69	0	12	10
Résidu sec	mg/l	2320	25	2000	1500
Teneur en fer (Fe)	mg/l	0,238	0.15	0,3	/
Teneur en manganèse (Mn ₂ ⁺)	µg/l	640	2	50	40
Teneur en phosphates (PO ₄ ⁻³)	mg/l	0,19	0	5	5

1.1. Les paramètres organoleptiques

L'eau brute ainsi que l'eau osmosée n'ont pas une couleur et ne dégagent aucune odeur particulière, elles sont transparentes et inodores.

L'eau brute est fade, tandis que l'eau traitée est extrêmement douce.

1.2. La température

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

L'échantillon de l'eau brute à une température de 25 °C, elle est d'une qualité passable (JORA, 2011). L'échantillon de l'eau traitée présente une température de 22 °C, elle est d'une qualité excellente (JORA, 2011). En mesurant la température, ces valeurs obtenues sont conformes à la norme algérienne recommandée qui est de 25°C (JORA, 2011) (Tab.16 ; Fig. 30).

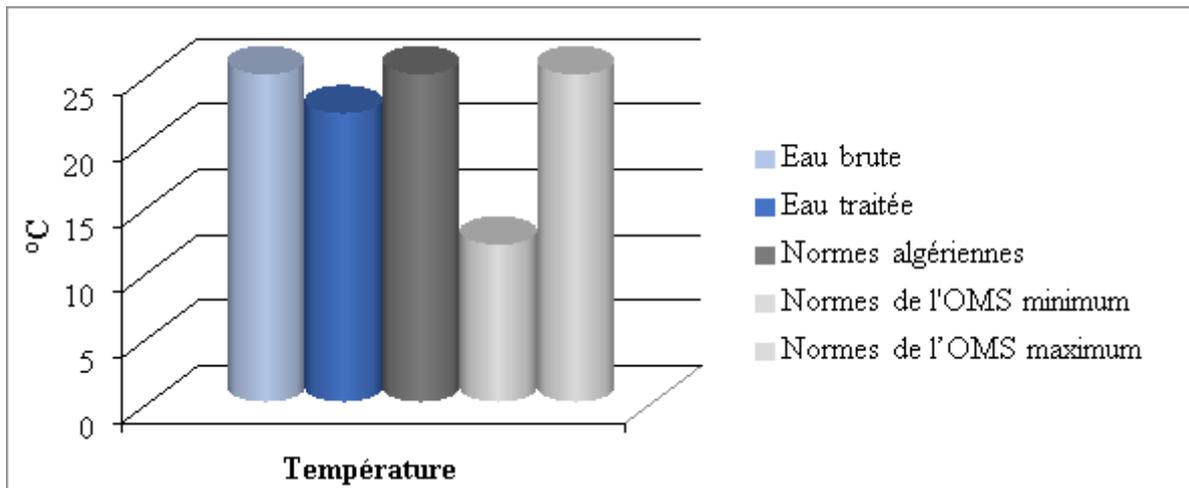


Figure 30 : Variation de la température des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.3. Le potentiel hydrogène pH

Le pH de l'eau brute est 7,37, donc de nature neutre. Le pH de l'eau traitée est élevé par rapport à l'eau brute (8,24), donc elle est légèrement alcaline.

Les résultats obtenus sont conformes aux normes algériennes (JORA, 2011) et sont similaires avec les résultats de Bouziane et Labadi (2009) où les valeurs du pH obtenues pour les différents forages de la wilaya de Biskra oscillent entre 7.2 à 8 (Tab. 16 ; Fig 31). Ce sont des valeurs assez proches de la neutralité avec une légère tendance vers la basicité. Dans la

plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre 6 et 8,5 alors que dans les eaux tièdes, celui-ci être compris entre 5 et 9 (HCEFLCD, 2007).

Selon Rodier *et al.*, (1996), le pH est très sensible à divers facteurs environnementaux, il dépend à des variations de la température, de la salinité, du taux de CO₂ dissous. Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Dussart, 1966 ; Bermond et Vuichard, 1973).

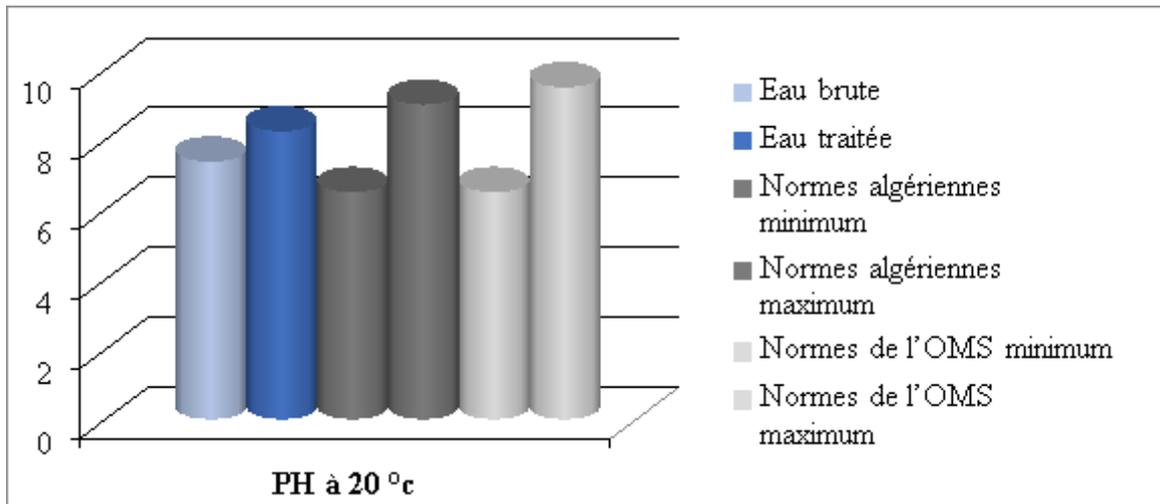


Figure 31 : Variation du pH des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.4. Conductivité électrique

La conductivité de l'eau variée considérablement entre les deux types d'eau, brute et traitée. En effet, la valeur obtenue de la conductivité de l'eau brute indique une minéralisation élevée (2740 us/cm), mais la rétention des ions par les membranes d'osmoseur fait baisser la conductivité dans l'eau osmosée jusqu'à 49,7 us/cm.

Malgré le taux élevé de la conductivité électrique de l'eau brute, elle est acceptable et ne dépasse pas les normes algériennes (JORA, 2011) (Tab. 16 ; Fig. 32).

D'après la grille de la qualité des eaux en fonction de la conductivité électrique, la qualité de l'eau brute est médiocre, très minéralisée et saline, tandis que la qualité de l'eau traitée est bonne et peu minéralisée.

La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau (HCEFLCD, 2006). En effet, la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation. La conductivité électrique dépend des charges de matière organique endogène et exogène,

génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé (Belghiti *et al.*, 2013).

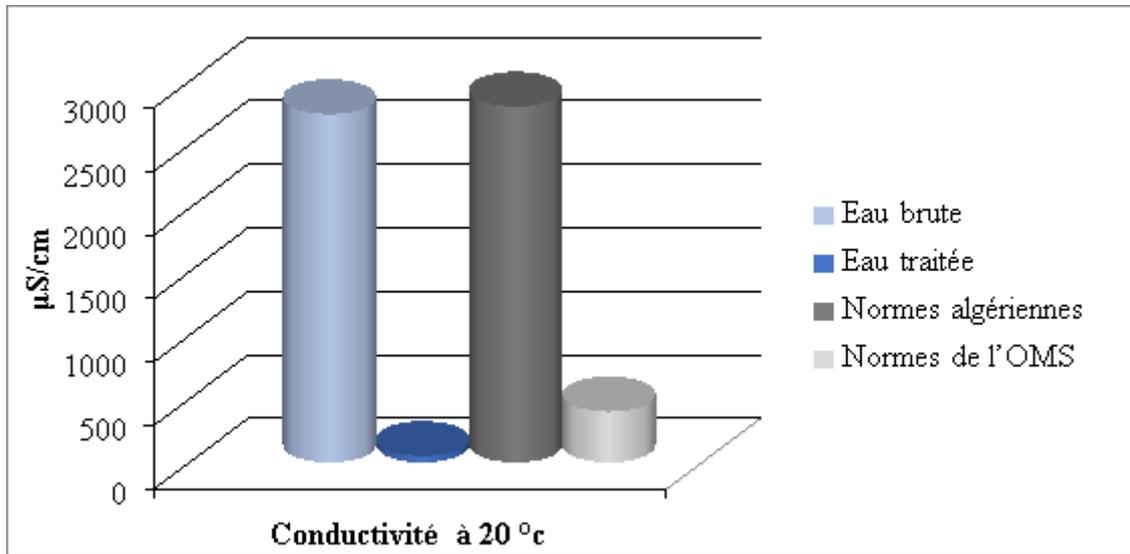


Figure 32 : Variation de la conductivité électrique des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.5. Turbidité

Les valeurs de turbidité montrent qu'elle est élevée dans l'eau brute par rapport à l'eau traitée. Malgré cette élévation, la turbidité de l'eau brute ne dépasse pas les normes admises (JORA, 2011 ; OMS, 2006) (Tab. 16 ; Fig. 33).

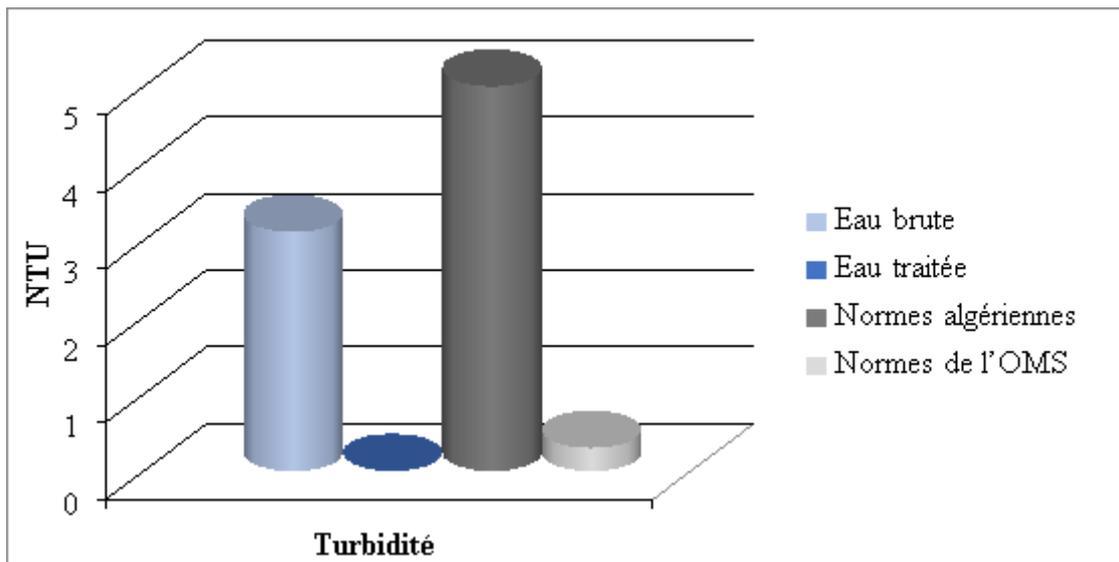


Figure 33 : Variation de la turbidité des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.6. Dureté totale de l'eau TH

La dureté totale d'une eau est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. On distingue : une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca et Mg et une dureté non carbonatée produite par les autres sels. Elle résulte principalement du contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses : Le calcium dérive de l'attaque du CO₂ dissout par les roches calcaires (dolomies) ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le gypse. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés (Belghiti, 2013). Dans les échantillons analysés, ce paramètre présente une grande variation entre l'eau brute et l'eau traitée. L'eau brute est très dure, sa dureté totale dépasse largement les normes algériennes (JORA, 2011). Les valeurs élevées de la dureté des eaux peut expliquer par la nature lithologique de la formation aquifère de la zone étudiée (Ghazali et Zaid, 2013). L'eau dure peut provoquer des dépôts de calcaire dans les conduites. Ces dépôts sont indésirables parce qu'ils diminuent l'efficacité des systèmes de tuyauterie.

Pour les eaux traitées, les résultats obtenus montrent une diminution de la valeur de la dureté totale (Tab. 16 ; Fig. 34), ce qui signifie le bon fonctionnement des membranes d'osmoseur qui ont retenus les ions carbonates de calcium et de magnésium, et les ont empêchés de se trouver dans l'eau traitée à la sortie de l'unité d'osmose.

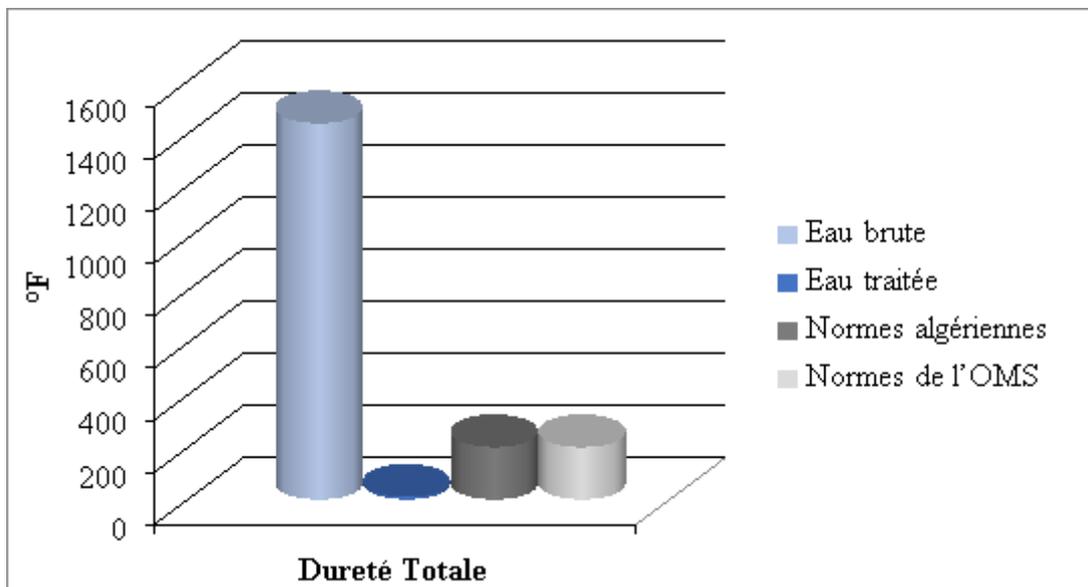


Figure 34 : Variation de la dureté totale des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.7. Titre alcalimétrique complet TAC

D'après les résultats présentés sur le tableau 16 et la figure 35 nous constatons que la technique d'osmose inverse est fiable pour l'élimination du TAC, en effet les valeurs diminuent de 171 mg/l dans le cas de l'eau brute à 4 mg/l à la sortie de la station d'osmose. Cette réduction indique le bon fonctionnement des osmoseurs, et la bonne rétention des ions carbonates par les membranes.

Les taux enregistrés des deux types d'eau étudiés ne dépassent pas les normes algériennes (JORA, 2011) et de l'OMS (2006).

La présence des ions bicarbonate dans les eaux naturelles est due à la dissolution des formations carbonatées (Calcite ou aragonite) par l'intervention de l'anhydride carbonique dissous dans l'eau et proviennent de l'air atmosphérique (Rodier, 2009).

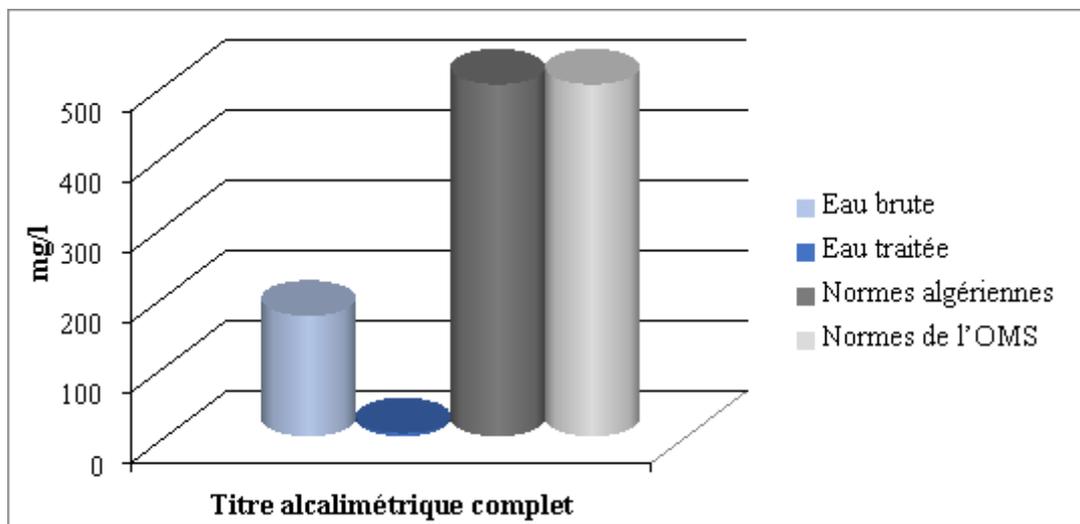


Figure 35 : Variation du titre alcalimétrique complet des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.8. Teneur en calcium (Ca^{++})

Les teneurs en calcium sont élevés dans l'eau brute, et dépasse la norme algérienne de 200 mg/l (JORA., 2011). Sa teneur varie essentiellement selon la nature des terrains traversés. Le calcium est retrouvé dans les eaux qui ont traversé des roches calcaires d'après Raymon (2007). Une quantité élevée de calcium dans l'eau peut causer un entartage des conduites.

Dans l'eau traitée, les teneurs en calcium sont très minimes et ne dépassent pas 2 mg/l (Tab. 16 ; Fig. 36).

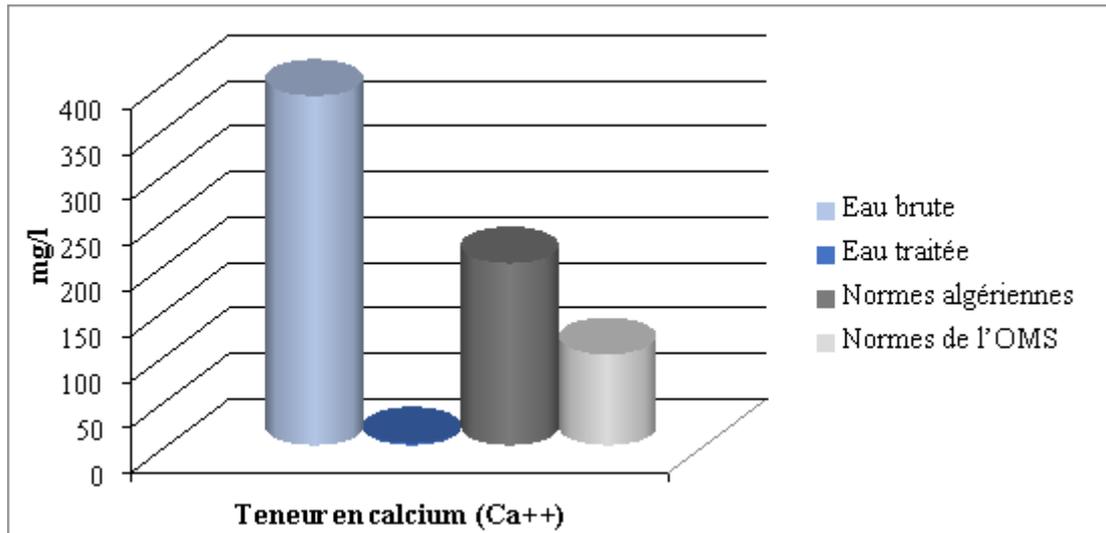


Figure 36 : Variation du teneur en calcium (Ca⁺⁺)des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.9. Teneur en magnésium (Mg⁺⁺)

Les valeurs enregistrées du magnésium dans l'eau brute et l'eau traitée sont respectivement 116,64 mg/l et 1,2 mg/l, elles ne dépassent pas les normes algériennes d'eau potable (150 mg/l) (JORA, 2011) (Tab. 16 ; Fig. 37).

A partir d'une concentration de 100mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau (Besser et Benine, 2016).

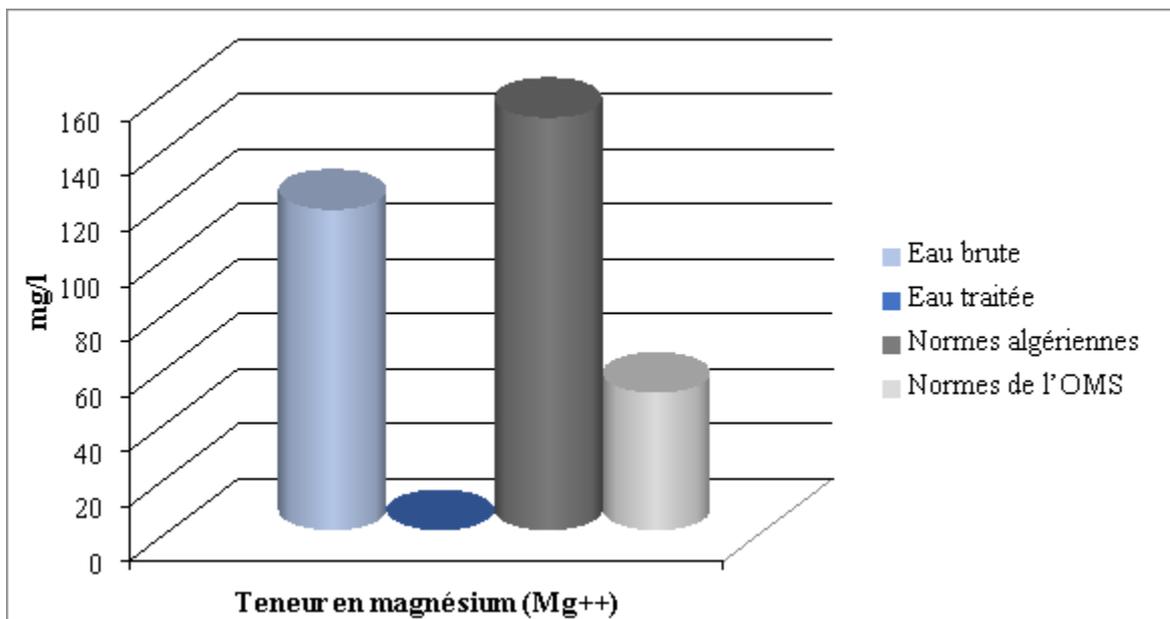


Figure 37 : Variation du teneur en magnésium des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.10. Teneur en bicarbonates (HCO_3)

Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, quelles que soient les teneurs en bicarbonates la potabilité n'est pas affectée.

Dans notre étude, les bicarbonates ont été détectés dans les eaux brutes avec des teneurs autour de 208 mg/l, et dans l'eau traitée les teneurs étaient 4,2 mg/l (Tab. 16 ; Fig. 38).

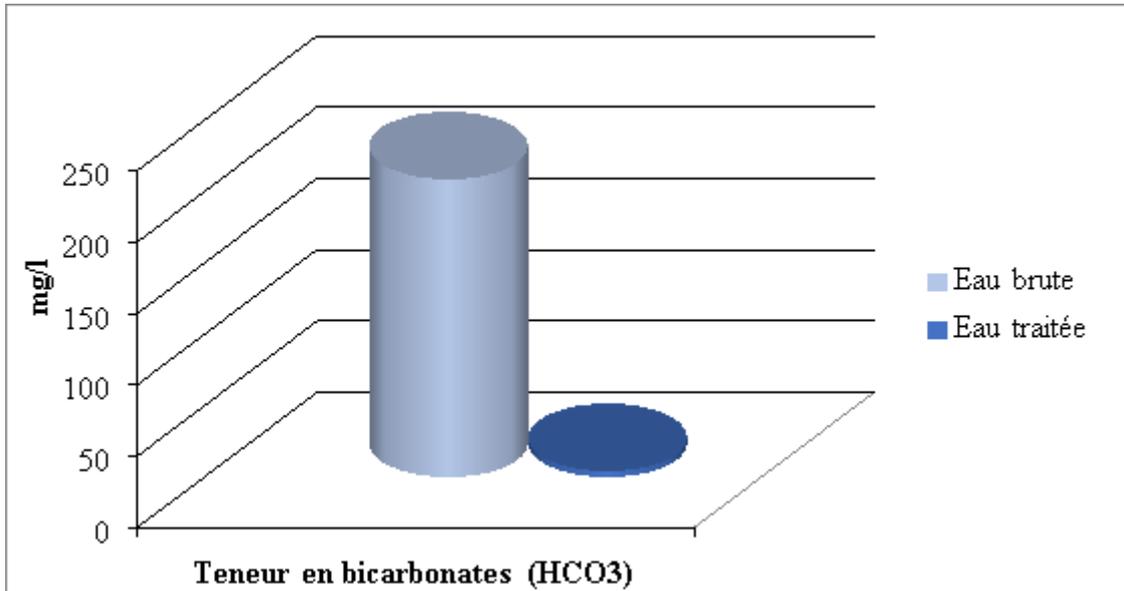


Figure 38 : Variation du teneur en bicarbonates (HCO_3) des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.11. Teneur en chlorures (Cl)

L'ion chlorure n'est pas adsorbé par les formations géologiques, ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques et reste très mobile. Il constitue un bon indicateur de la pollution affirmé par Chaker et *al.*, (2014). Les concentrations en chlorures dans les eaux brutes et traitées analysées sont respectivement 156,2 mg/l et 3,5 mg/l. Ces valeurs de chlorures sont considérées normales étant donné que la norme algérienne est fixée à 500 mg/l (JORA, 2011) (Tab. 16 ; Fig. 39). Ces résultats témoignent l'activité optimale des membranes d'osmoseur.

D'autre part, Andrews et *al.*, (2009), ont mentionné que les ions chlorures, à une concentration supérieure à 250 mg/l, altère la saveur de l'eau, ce qui peut entraîner une dégradation de la qualité de l'eau.

Les chlorures donnent un goût désagréable et posent le problème de corrosion des canalisations et des réservoirs (Besser et Benine, 2016).

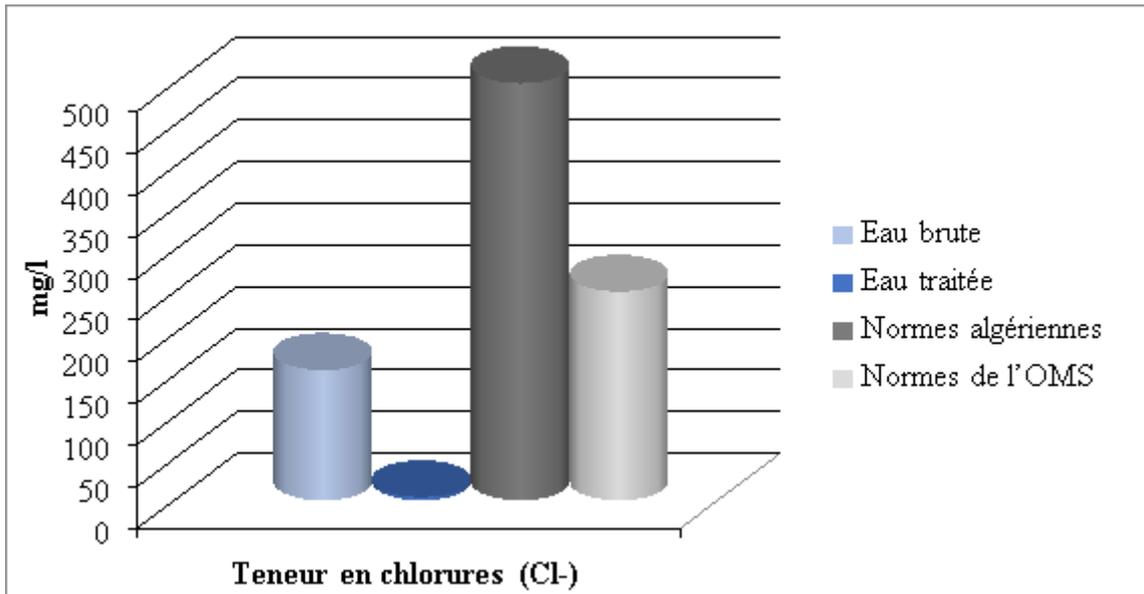


Figure 39 : Variation du teneur en chlorures (Cl⁻)des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.12. Teneur en nitrates (NO₃)

L'analyse de l'échantillon d'eau brute a révélé que les nitrates sont présents avec une quantité de 6,6 mg/l, mais qui restent inférieures à la valeur admissible par les normes algériennes (50mg/l) (JORA, 2011), tandis que l'analyse de l'échantillon d'eau traitée a montré que des traces de nitrates soit 0,1 mg/l (Tab. 16 ; Fig. 40).

De ce fait, les eaux étudiées ne sont pas sujette à un risque de pollution par les nitrates. Ces nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse ou naturels d'après Samak (2002).

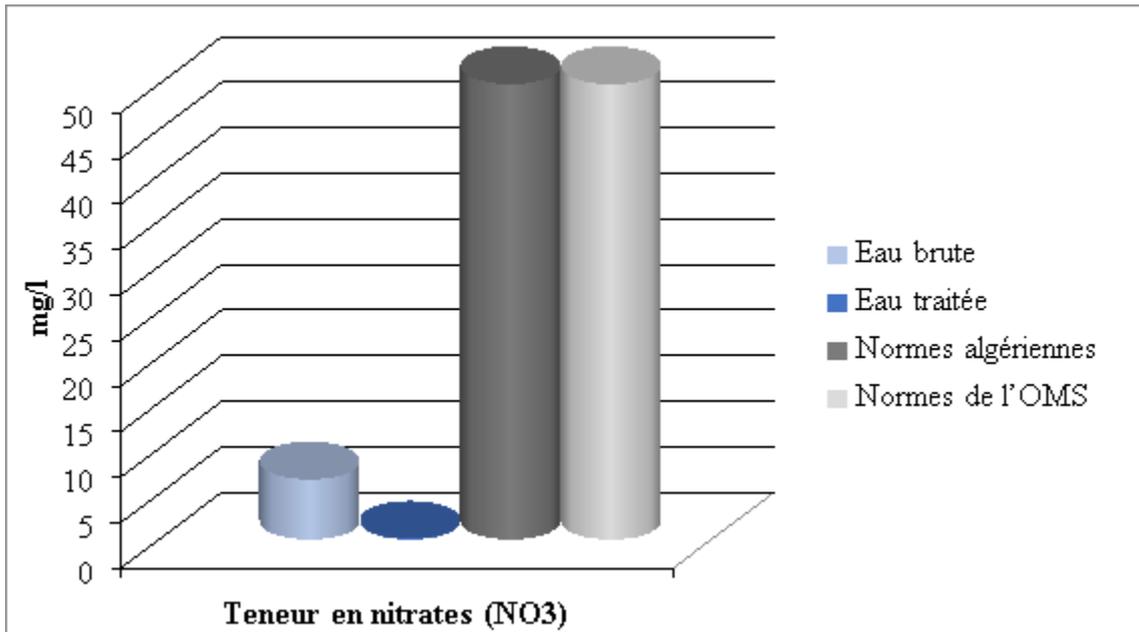


Figure 40 : Variation en nitrates (NO₃)des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.13. Teneur en nitrites (NO₂)

L'eau brute contient des traces très faibles de nitrite (0,022 mg/l) dont la valeur ne dépasse pas les normes admises (JORA, 2011). Tandis que l'eau traitée est exempte de nitrite (Tab. 16 ; Fig. 41).

Une teneur d'azote nitreux supérieure à 0,20 mg/l peut faire soupçonner un apport d'eaux riches en matières organiques en voie de décomposition (Cette teneur ne devrait pas être dépassée dans le cas d'une eau d'origine profonde) (Ghazali, Zaid, 2012).

D'après Belghiti et *al.*, (2013), La présence des nitrites dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant.

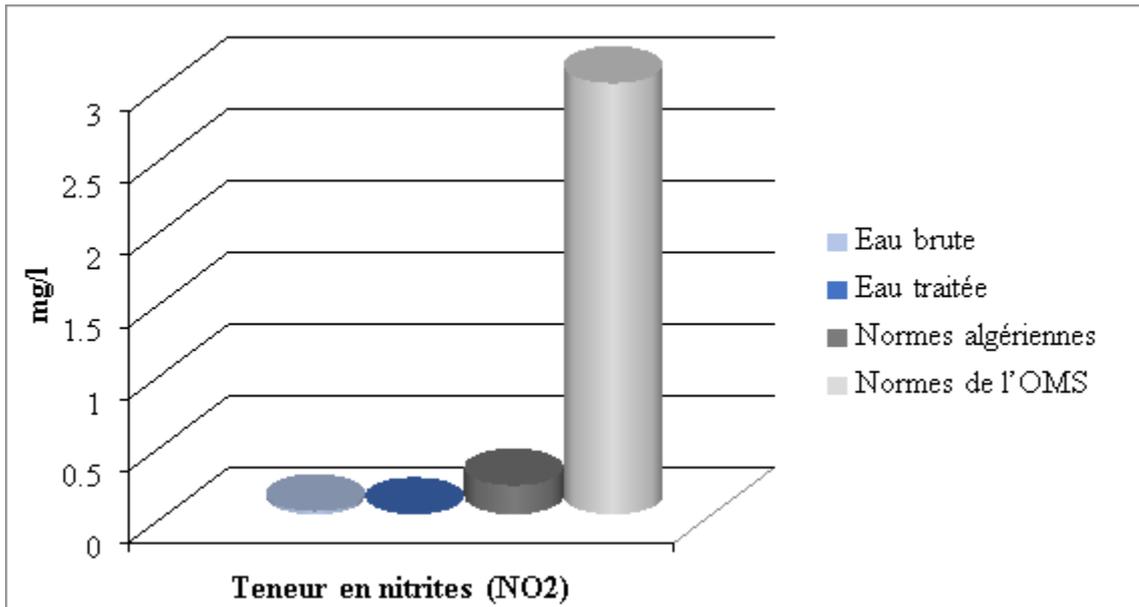


Figure 41 : Variation en nitrites (NO₂) des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.14. Teneur en sulfate (SO₄)

L'analyse de l'échantillon d'eau brute a montré qu'elle est très chargée en sulfate, voire le double de la norme admise (JORA, 2011), contrairement à l'échantillon de l'eau traitée, où la teneur en sulfate ne dépasse pas 3 mg/l (Tab. 16 ; Fig. 42).

Les sulfates proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.) (HCEFLCD, 2007).

Les eaux sulfatées peuvent avoir un goût désagréable, favoriser la corrosion des équipements de distribution, en particulier ceux en cuivre et donc entraîner la présence des métaux lourds, comme le plomb (Pb), dans le réseau (Hane et al., 2020).

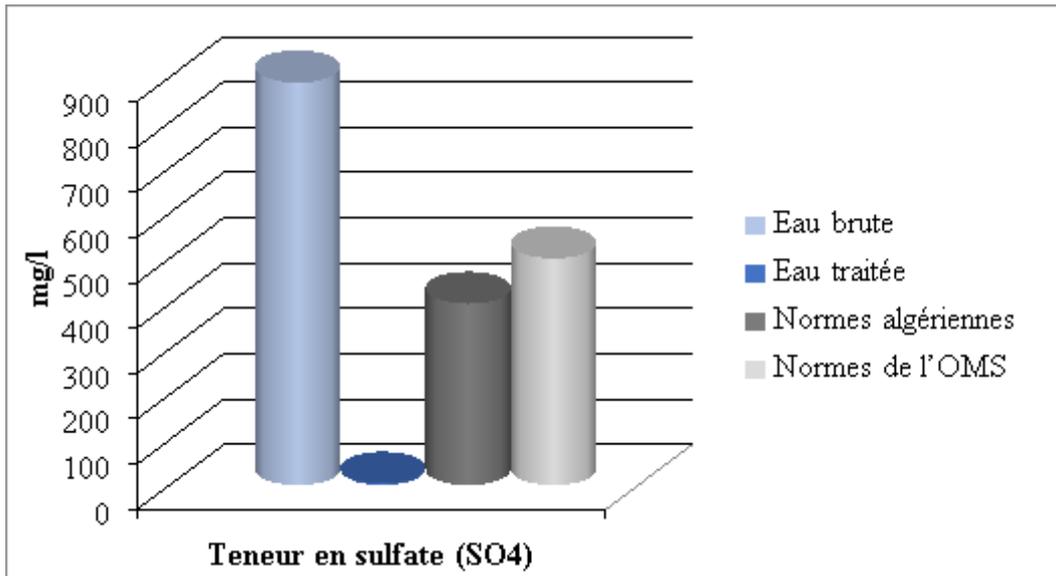


Figure 42 : Variation en sulfate (SO₄)des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.15. Le sodium (Na⁺)

Selon les résultats des analyses effectuées durant la période d'étude, les teneurs en sodium de l'eau brute sont 135,7 mg/l, et ne dépassent pas les normes algériennes (JORA, 2011) et de l'OMS (2006).

Le sodium est l'élément le plus dominant dans les cations et il existe dans la totalité des eaux car la solubilité de ses sels est très élevée (Tardat-Henry et Beaudry, 1984).

Par ailleurs, les résultats de l'analyse de l'eau traitée ont montré que l'élimination des sulfates par le procédé d'osmose inverse est très efficace et aboutit à des teneurs résiduelles nulles en sulfates après l'étape de l'osmose inverse (Tab. 16 ; Fig. 43).

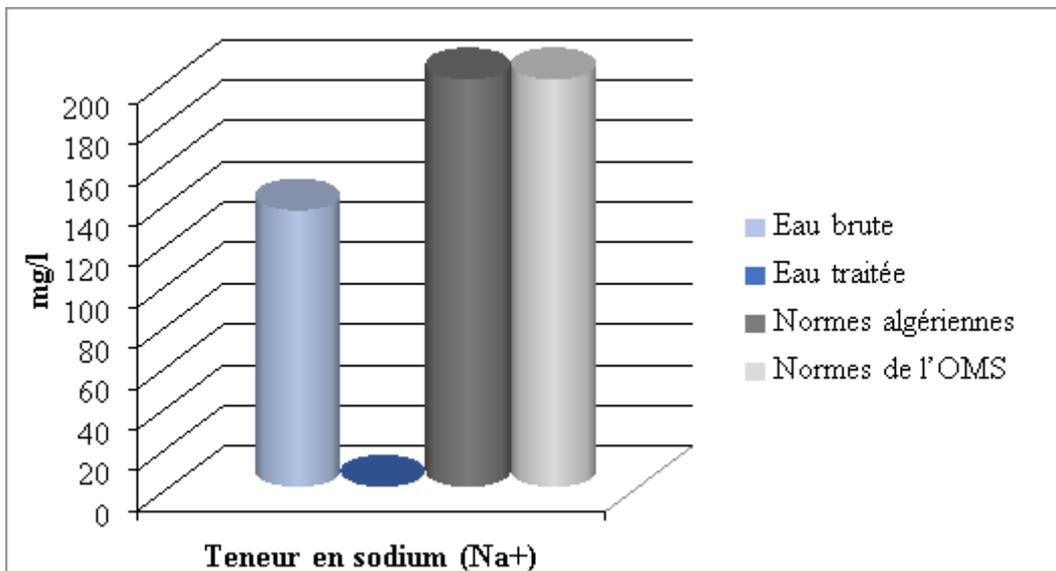


Figure 43 : Variation en sodium (Na^+)des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.16. Teneur en potassium (K^+)

La figure 44 illustre la variation des concentrations de potassium dans les échantillons de l'eau brute et traitée prélevés. De forte concentration en potassium ont été enregistrées dans l'échantillon de l'eau brute, soit 23,69 mg/l, dépassant les normes nationales et internationales admises (JORA, 2011 ; OMS, 2006). Cependant, l'eau traitée ne contient pas de potassium (Tab. 16 ; Fig. 44).

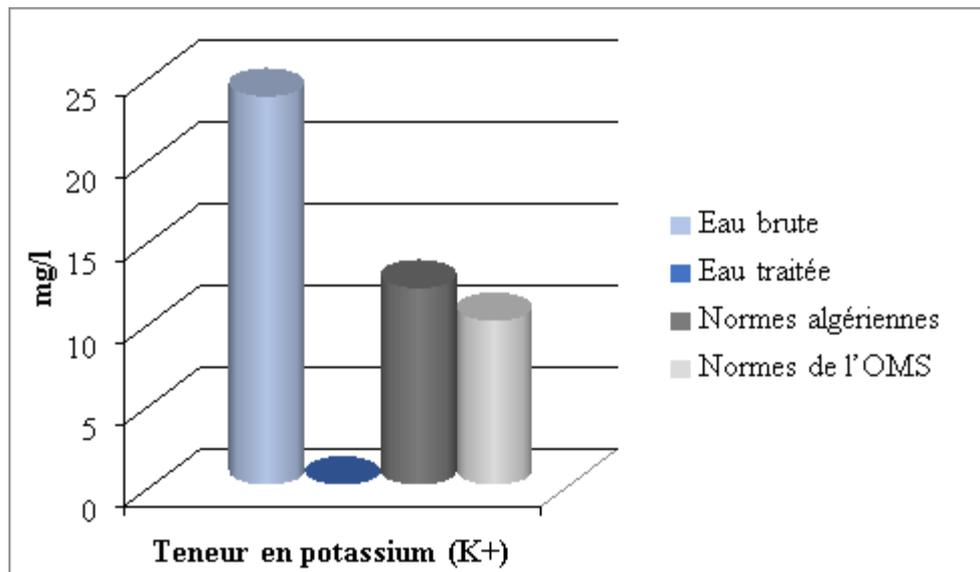


Figure 44 : Variation en potassium (K^+)des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.17. Résidu sec

D'après le tableau 16, on remarque que les concentrations des résidus secs dans l'eau brute dépassent les normes de potabilité algérienne (2000 mg/l ; JORA, 2011) et de l'OMS (1500 mg/l). Cette teneur en résidu sec est liée à la nature lithologique des formations et les rejets des eaux usées d'origines industriels (Besser et Benine, 2016).

A la sortir de la station d'osmose, l'eau traitée contient une concentration minimale en résidu sec qui ne dépasse pas les normes nationales et internationales admises (JORA, 2011 ; OMS, 2006) (Fig. 45).

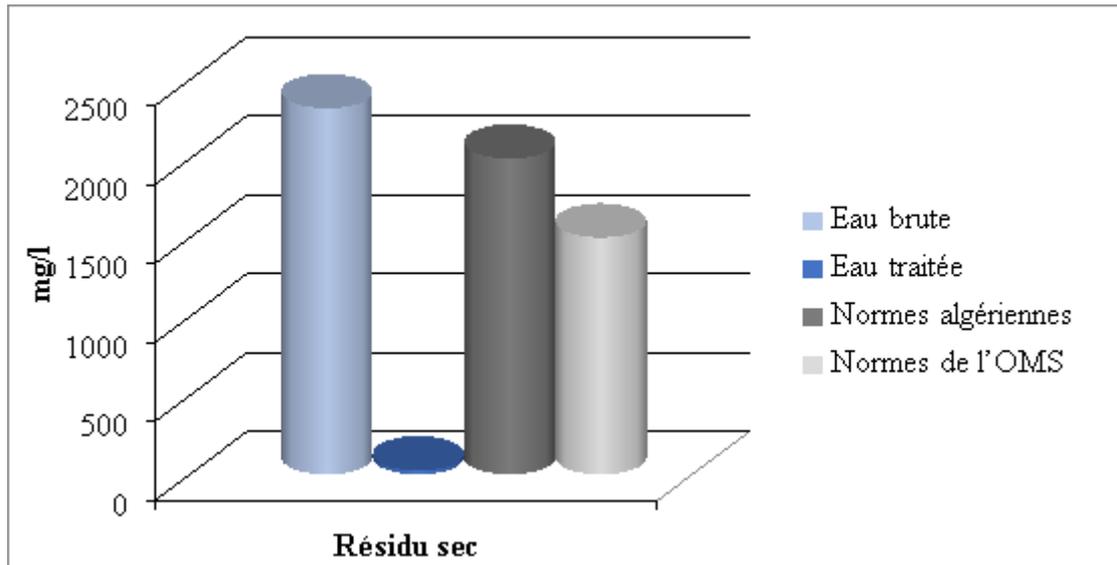


Figure 45 : Variation des résidus secs des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.18. Teneur de Fer

Les ions de fer existent sous forme de traces dans les deux types d'eau étudiés. Ils sont plus élevés dans l'eau brute par rapport à l'eau traitée, et restent inférieurs à la valeur guide (0,3mg/l) de la norme algérienne relative à la qualité des eaux potables (JORA, 2011) (Tab. 16 ; Fig. 46).

La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui le précipitent, corrodant ainsi les canalisations (Belghiti et *al.*, 2013).

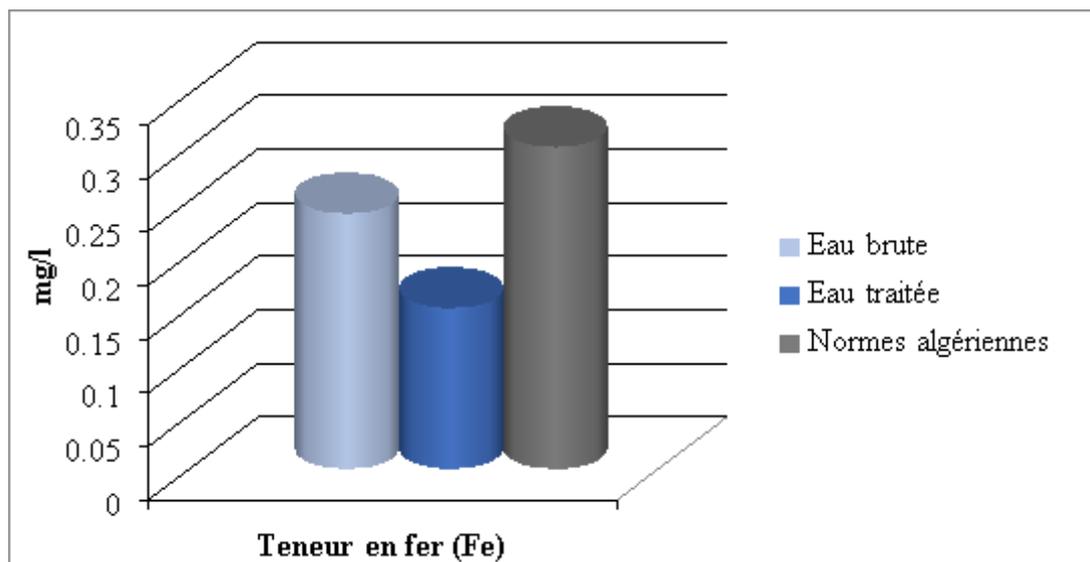


Figure 46 : Variation en fer (Fe) des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.19. Teneur en manganèse (Mn_2^+)

D'après le tableau 16, la concentration de manganèse dans l'eau brute est très élevée et dépassent largement les normes algériennes et de l'OMS (JORA, 2011 ; OMS, 2006).

Par ailleurs, les résultats trouvés et illustrés dans la figure 47 montrent que l'élimination des manganèses par le procédé d'osmose inverse est très efficace et aboutit à des teneurs en manganèses très satisfaisantes après l'étape de l'osmose inverse et sont inférieures à la norme de potabilité (JORA, 2011 ; OMS, 2006).

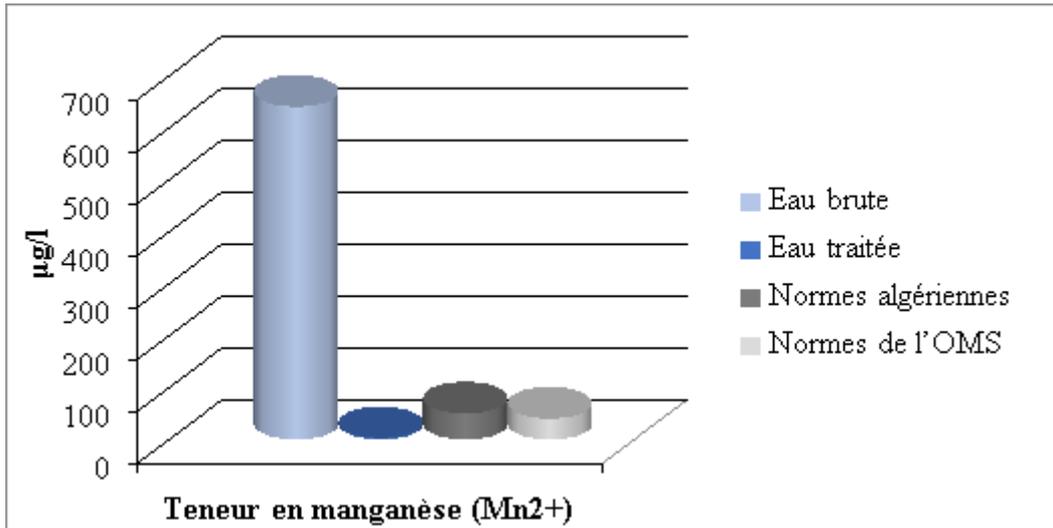


Figure 47 : Variation en manganèse (Mn_2^+) des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

1.20. Teneur en phosphates

Les résultats obtenus révèlent que les phosphates sont présents dans l'eau brute avec une quantité minime, soit 0,19 mg/l, et ne dépassent pas les normes algérienne de potabilité (JORA, 2011).

A la sortie de la station d'osmose, les phosphates sont totalement éliminés, témoignant l'efficacité des 4 membranes d'osmoseur (Fig. 16 ; tab, 48).

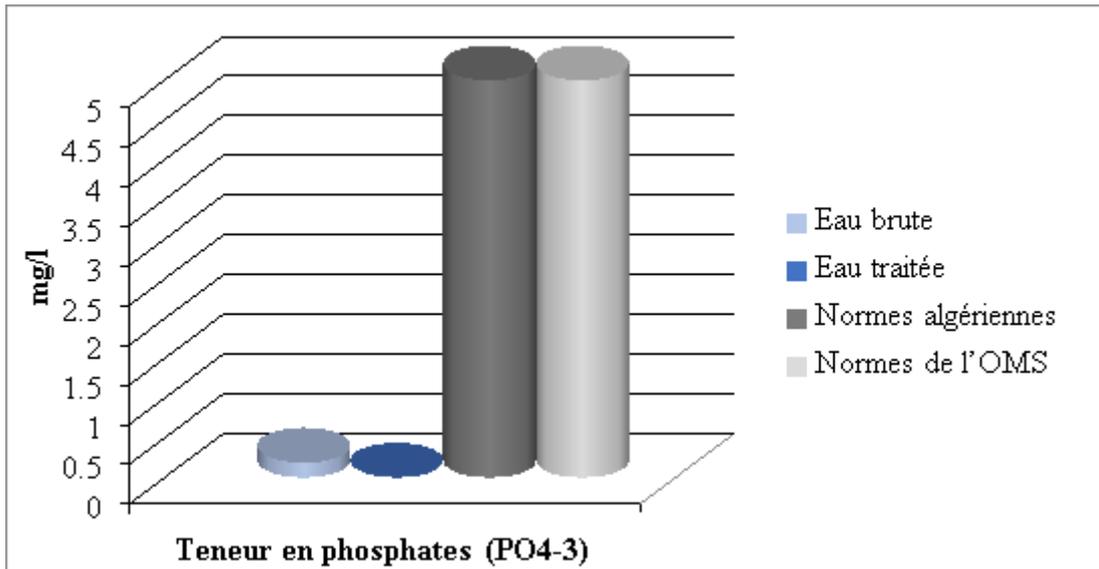


Figure 48 : Variation en phosphates (PO_4^{3-}) des échantillons d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

2. Analyse des paramètres bactériologiques

Les différents résultats d'analyses des paramètres bactériologiques, du mois de mai 2022, des deux types d'eau sont rapportés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 17: Résultats des analyses bactériologiques des eaux brutes et traitées utilisées dans l'unité de conditionnement STB el Baraka Tolga.

Paramètres bactériologiques	Eau brute	Eau osmosée
Coliformes totaux n/100 ml	00	00
<i>Escherichia coli</i> n/100 ml	00	00
Entérocoques n/100 ml	03	00
Spores anaérobies sulfite- réductrices n/20 ml	00	00

2.1. Recherche et dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale

➤ Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux

Les résultats des analyses bactériologiques d'eau ont montré une absence totale des coliformes totaux dans les deux types d'eau brute et traitée (Tab. 17 ; Fig. 49). D'après Chevalier (2003), les coliformes totaux sont d'origine animale et humaine, leur présence dans l'eau indique une contamination récente par des matières fécales.

Dans le test confirmatif, les résultats sont négatifs pour les coliformes fécaux dans les deux types d'eau étudiés, ce qui signifie une absence d'une contamination fécale. En effet, la présence des coliformes thermo-tolérants, signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'eau d'après Rodier et *al.*, (2009).

Ces résultats sont conformes avec les normes algériennes de l'eau destinée à la consommation (qui ne doit pas renfermer des coliformes totaux et fécaux dans 100 ml) (JORA,2011).

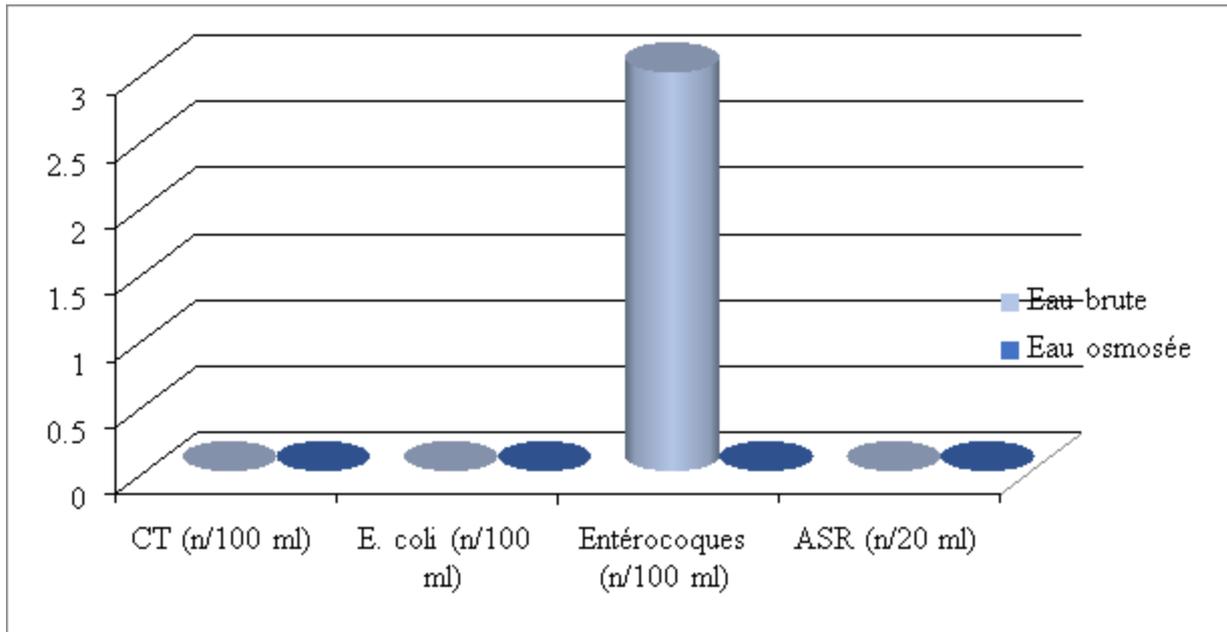


Figure 49 : Variation des résultats des paramètres bactériologiques d'eau étudiée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

2.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les entérocoques ont été trouvés que dans les eaux brutes ce qui indique qu'il y a une contamination par des matières fécales (Tab. 17 ; Fig. 49).



Figure 50 : Tube positif d'Eva Litsky présentant un trouble.

La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine ou dans des sources doit faire sérieusement soupçonner une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entéropathogènes confirme Simmons et *al.*,(2001).

La réglementation algérienne exclue impérativement la présence des streptocoques fécaux dans 100 ml d'eau (JORA, 2011), ce qui signifie que l'échantillon d'eau brute analysé est de qualité bactériologique médiocre.

La qualité d'eau traitée est de qualité bactériologique satisfaisante, elle répond aux spécifications bactériologiques des eaux de consommation humaine, fixées par le décret exécutif du 22 mars 2011 (JORA, 2011).

2.3. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)

Il faut signaler que les bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont souvent considérées comme des témoins de pollution fécale. La forme spore, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, permettrait ainsi de déceler une pollution fécale ancienne au intermittente (Hamed et *al.*,2012).

Selon la réglementation algérienne, une eau potable ne doit pas contenir des *Clostridium*sulfito-réducteurs dans 20 ml qui sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale.

Et l'absence de colonies entourées d'un halo noire dans l'eau brute et l'eau osmoséeanalysées montre qu'elles répondent aux normes(Tab. 17 ; Fig. 49).

3. Evaluation de la performance de la station d'osmose inverse

3.1. Les avantages de la station d'osmose inverse installée

Notre étude s'est portée sur une unité de transformation et de valorisation de datte. Après avoir fait plusieurs visites et un état de lieu, nous avons constaté que l'eau utilisée pour le processus est une eau de forage, non conforme aux exigences sanitaires, suite aux résultats des analyses physicochimiques et bactériologiques. Nous avons proposé des solutions sur mesure pour pallier aux différents problèmes causés par la nature de cette eau (Fig. 51) :

- ✓ Une chloration en aval du forage pour éliminer les germes pathogènes ;
- ✓ Une filtration à sable pour éliminer les particules et les matières en suspension jusqu'à 50 micron, ainsi que l'huile et les graisses ;
- ✓ Filtre à charbon pour l'élimination des chlorures injectés préalablement ainsi que les matières organiques et odeurs.
- ✓ Filtres à cartouches (5 µm) et (1µm) en cascade pour l'élimination des sédiments et particules fines en suspension jusqu'à 1 µm ;
- ✓ Pompe haute pression qui fonctionne entre 10 et 12 bar, ce qui assure le phénomène d'osmose inverse ;
- ✓ L'installation de 4 membranes d'osmose de type 40/40 qui peuvent assurer un débit de 1000 litre/h (250 litre/h par membrane) ;
- ✓ Injection d'antitartre inhibiteur de la précipitation des sels présents dans l'eau d'alimentation. Il est injecté au stade de prétraitement, son rôle est de retarder l'interaction entre le calcium, magnésium et le bicarbonate, empêchant ainsi la formation de tartre à la surface des membranes ;
- ✓ Un tableau électrique contenant un lecteur de conductivité et de température relié à une sonde placée à la sortie de l'eau du perméat, des voyants lumineux ainsi que les différents composants essentiels pour la mise en marche de la station ;
- ✓ Manomètre de pression qui indique les pressions d'admissions et de service de la station ;
- ✓ Débitmètre gradué en litre/min, pour indiquer le niveau de production et de rejet de la station;
- ✓ Régulation de pH pour atteindre un potentiel d'hydrogène entre 8 et 9,5 ;
- ✓ Réception de l'eau traitée dans une bache à eau prêt à la consommation ;



Figure 51 : Unité réelle d’osmose inverse de capacité 1000 l/h photo prise sur lieu du chantier dans l’unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).



Figure 52 : Bâche à eau. (Originale, 2022).

L’échantillon prélevé à la sortie de l’unité d’osmose affiche clairement des résultats plus que satisfaisants en terme de dureté totale, de teneur en magnésium, calcium, bicarbonate, chlorure, comme il est mentionné dans le tableau ci-dessus (Tab. 16).

Cela impacte positivement la chaîne de production de l’unité de conditionnement de dattes car une qualité d’eau moins dure influe sur les équipements suivants :

- **Tuyauteries** : durée de vie élevée, pas de colmatage ou bouchage.
- **Chaudières** : la chaudière utilisée pour produire de la vapeur nécessaire au processus d'étuvage, se colmatait périodiquement à cause de la dureté élevée de l'eau et elle nécessitait un entretien annuel très coûteux, environ 50% de sa valeur.

En utilisant une eau osmosée on a pu remédier à ce problème qui immobilisait l'unité au moment de la maintenance.

En plus des avantages économiques à ne pas négliger :

- Economie de 65% de produits utilisés pour le nettoyage et la désinfection de l'unité, car une eau osmosée se prête facilement au mélange des détergents.
- l'unité d'osmose peut fournir une eau plus minéralisée en effectuant un judicieux mélange entre le perméat et l'eau pré-filtrée (à la sortie du filtre à charbon), selon les besoins de l'unité.

3.2. Taux de conversion (TC)

Le taux de conversion est connu comme le rapport entre la quantité ou le débit d'eau osmosée sur celle ou celui de l'eau brute entrant dans l'unité d'osmose. Les débits de la station d'osmose installée sont comme suit :

- ✓ Eau brute : 1500 l/h
- ✓ Eau traitée: 1000 l/h

Donc le taux de conversion est de : 66,67 %, très acceptable, montrant la capacité de l'unité d'osmose à traiter une grande quantité d'eau brute.

3.3. Taux de rétention de sels (TR)

Le procédé de déminéralisation par osmose inverse est une technique de filtration membranaire très efficace. En effet, les résultats présentés dans le tableau 18 et la figure 53 montrent clairement que les membranes d'osmoseur arrivent à retenir des taux importants de tous les sels minéraux présents dans l'eau brute. Le rendement d'élimination a été supérieur à 97% pour tous les sels minéraux à l'exception du fer (36,97%). Une élimination totale a été marquée pour les nitrites, sodium, potassium et les phosphates.

Tableau 18 : Taux de rétention de sels

Sels minéraux	Taux de rétention (%)
Dureté totale (TH)	99,30
Titre alcalimétrique complet (TAC)	97,67
Teneur en calcium (Ca ⁺⁺)	99,48
Teneur en magnésium (Mg ⁺⁺)	98,97
Teneur en bicarbonates (HCO ₃)	97,99
Teneur en chlorures (Cl ⁻)	97,76
Teneur en nitrates (NO ₃)	98,48
Teneur en nitrites (NO ₂)	100
Teneur en sulfate (SO ₄)	99,66
Teneur en sodium (Na ⁺)	100
Teneur en potassium (K ⁺)	100
Teneur en fer (Fe)	36,97
Teneur en manganèse (Mn ²⁺)	99,69
Teneur en phosphates (PO ₄ ⁻³)	100

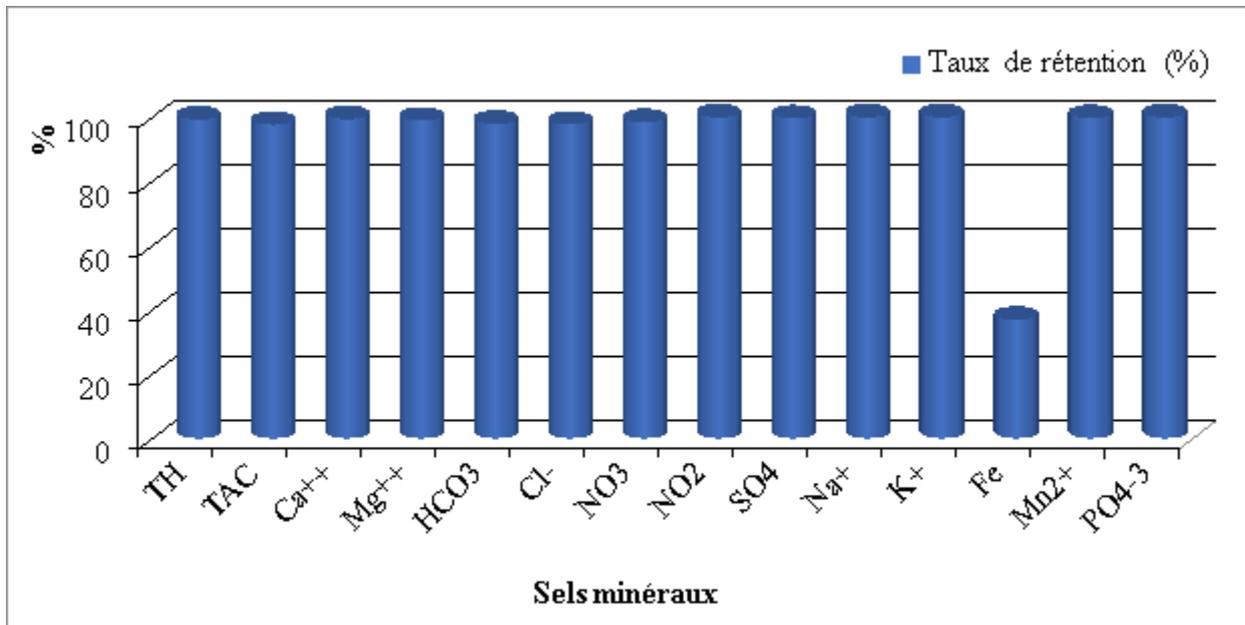


Figure 53 : Variation des taux de rétention de sels.

3.4. Proportion de rejet et de passage des sels

Les proportions de rejet et de passage de sels sont illustrées dans le tableau 19. Les résultats obtenus témoignent de meilleure performance de la station d'osmose, et montrent une élimination quasi-totale des sels minéraux contenus dans l'eau brute.

Tableau 19 : Proportions de rejet et de passage de sels.

Conductivité de l'eau brute ($\mu\text{S/cm}$)	Conductivité de l'eau osmosée ($\mu\text{S/cm}$)	RS%	PS%
2740	49,7	98,19	1,81

4. Analyses de la qualité des dattes

Les quelques études disponibles sur les dattes (Barreveld, 1993 ; Belarbi, 2001 ; Reynes, 1997 ; Baraem, 2001 ; Zaid et Arias-Jiménez, 2002 et Khali1, 2007) montrent que les critères de texture, couleur, flaveur et humidité sont adoptés par la majorité des auteurs comme paramètres d'évaluation de la qualité totale des dattes au cours de mûrissement naturel ou à travers un procédé industriel tel que la maturation artificielle, la réhumidification, le séchage ou le stockage à froid.

4.1. Caractéristiques morphologiques des dattes

Le trempage de DegletNour dans l'eau brute donne des dattes qui ont pu garder leur forme ovoïde à légèrement allongée. Ce produit final a pu conserver sa couleur claire, sa consistance demi-molle avec son goût original.

Après trempage des dattes dans l'eau osmosée, les dattes ont pu conserver leur forme ovoïde à légèrement allongée. Elles présentent une texture non altérée, charnue et abondante, de bonne qualité organoleptique, de couleur spécifique marron, de consistance molle (Fig. 00). En utilisant de l'eau osmosée, les dattes ont gagné de la brillance par rapport au trempage dans une eau brute, ceci est à la bonne qualité physico-chimique de l'eau osmosée pauvre en sels minéraux notamment le calcium qui laisse un dépôt calcaire sur la surface des dattes, ce dépôt va alors bloquer les pores, et donner une couleur terne aux dattes.



Figure 54 : L'aspect des dattes après trempage dans l'eau osmosée.

4.2. Caractéristiques physiques des dattes

Les caractéristiques physiques des variétés des dattes étudiées au niveau de l'unité de conditionnement STB el Baraka situé à Tolga, trempées dans l'eau brute et dans l'osmosée sont présentées dans le tableau ci-dessous. Une légère différence a été enregistrée.

Les critères d'évaluation qualitative des dattes des cultivars Algériens, Marocains, Tunisiens, Egyptiens et Irakien sont été rapportés par Meligi et Sourial (1982) et cité par Hannachi et *al.*, 1998.

Tableau 20 : Résultats des caractéristiques physiques des dattes étudiées au niveau de l'unité de conditionnement STB el Baraka Tolga.

Caractère	Eau brute	Eau osmosée	Normes	
Longueur (cm)	4,27	4,53	< 3,5	Mauvais caractère
			3,5 – 4 cm	Acceptable
			> 4 cm	Bon caractère
Diamètre (cm)	1,96	2,1	< 1,5	Mauvais caractère
			1,5 – 1,8 cm	Acceptable
			> 1,8 cm	Bon caractère
Poids des dattes (g)	9,6	11,2	< 6	Mauvais caractère
			6 – 8 g	Acceptable
			> 8 g	Bon caractère
Poids de la pulpe (g)	8,2	9,31	< 5	Mauvais caractère
			5 – 7 g	Acceptable
			> 7 g	Bon caractère

Chapitre IV : Résultats et discussions

Les résultats obtenus révèlent que la longueur moyenne des dattes oscille entre 4,27cm pour les dattes trempées dans l'eau brute et 4,53 cm pour les dattes trempées dans l'eau osmosée (Tab. 20 ; Fig. 56).

Pour le diamètre des dattes, les meilleurs résultats sont enregistrés pour les dattes trempées dans l'eau osmosée avec une moyenne de 2,1 cm, tandis que le diamètre moyen des dattes trempées dans l'eau brute est de 1,96 cm (Tab. 20 ; Fig. 56).

Les résultats présentés dans le tableau 20 et la figure 56 indiquent que le poids moyen des dattes trempées dans l'eau osmosée est supérieure que celles trempées dans l'eau brute avec une moyenne de 11,2 g et 9,6 g pour l'eau osmosée et brute successivement.



Figure 55 : Mesure du poids d'une datte après le trempage dans l'eau osmosée.

Pour le poids de la pulpe, les résultats obtenus indiquent que les valeurs des dattes trempées dans l'eau osmosée sont supérieures de celles trempées dans l'eau brute avec des moyennes de 9,31 g et 8,2 g pour l'eau osmosée et brute successivement. Elles sont de qualité bonne (Tab. 20 ; Fig. 56).

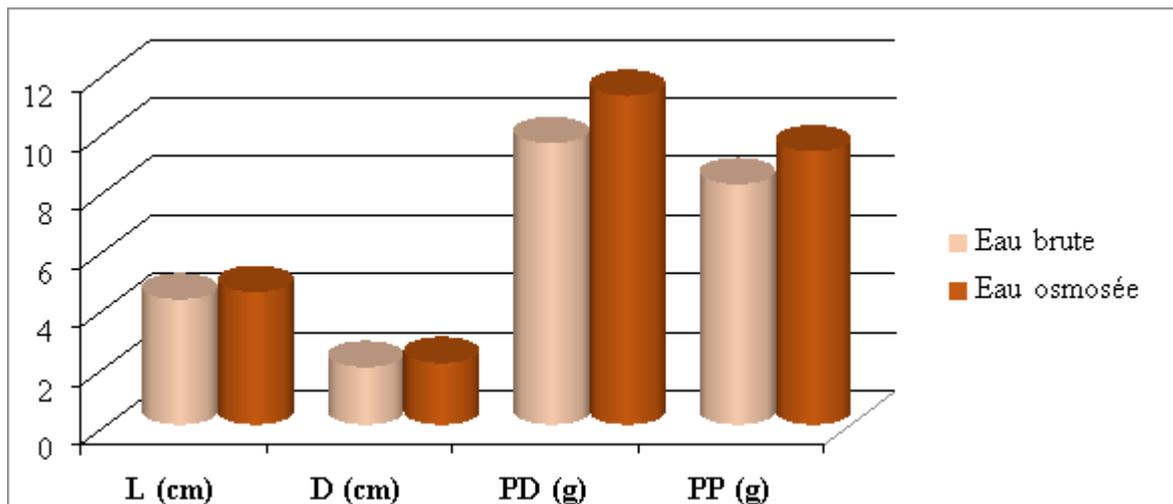


Figure 56: Variation des paramètres physiques moyens des dattes trempées dans l'eau brute et osmosée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga), L : longueur, D : diamètre, PD : poids des dattes, PP : poids des pulpes.

4.3. Analyses de la teneur en eau des dattes

L'expérience consiste à mesurer le taux d'humidité de deux échantillons de la même matière première avant trempage respectif dans une eau brute et une eau osmosée, et reproduire ces mesures avec un écart successif d'une heure.

Les résultats obtenus démontrent que le taux d'humidité moyen atteint après seulement 2h de trempage dans une eau osmosée se rapproche des taux exigés par les normes de conditionnement dont les valeurs varient entre 19 et 21% (Tab. 21 ; Fig. 57).

Par contre les dattes trempées dans de l'eau brute affichent presque le même résultat après 5h de trempage, donc 3h de différence (Tab.21 ; Fig. 57).

Une eau osmosée impacte considérablement la quantité journalière de dattes produites, donc une productivité plus élevée.

Nos résultats sont en accord avec les normes fixées par la Ministère de l'agriculture dans l'arrêté interministériel du 17 Novembre 1992 pour les variétés connues qui recommande une humidité comprise entre 10 – 30% (Bousdira, 2007).

Tableau 21 : Résultats d'analyses d'humidité des dattes (teneur en eau) trempées dans l'eau brute et dans l'eau osmosée dans l'unité de conditionnement STB el Baraka (Tolga).

Humidité	Eau brute	Eau osmosée
Humidité de la matière première (Avant trempage)	13.70%	
Humidité après 2h	15.99%	19.03%
Humidité après 3h	17.25%	19.22%
Humidité après 4h	18.30%	19.37%
Humidité après 5h	19.45%	20.42%

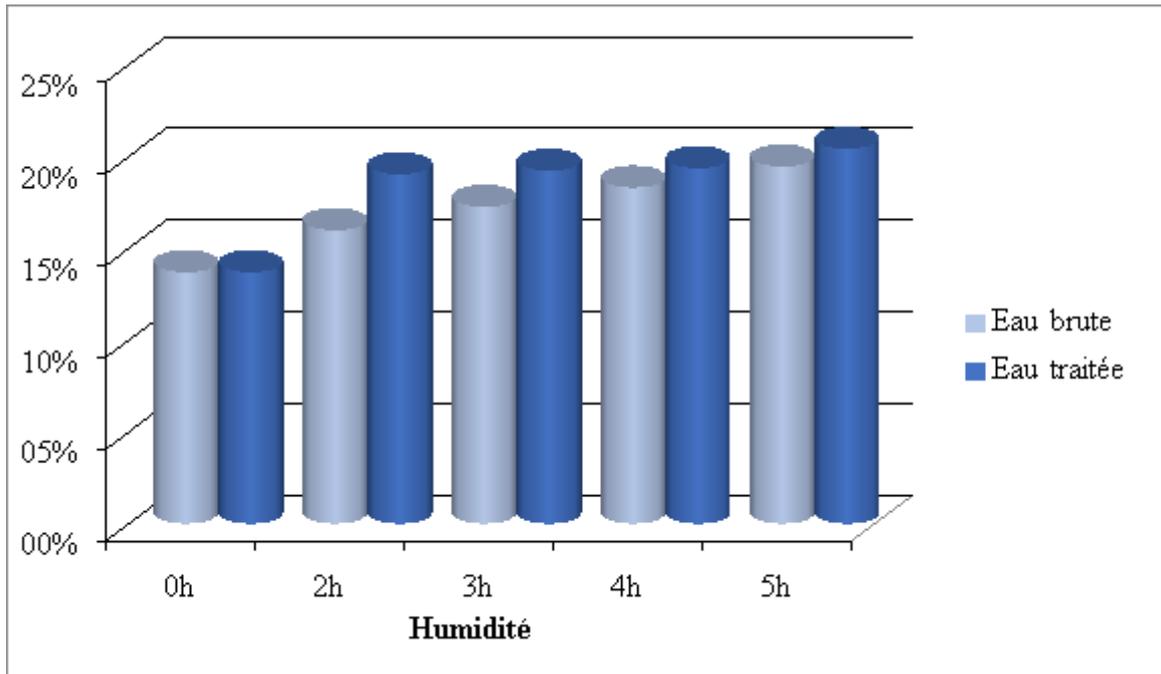


Figure 57 : Variation de la moyenne d'humidité des dattes trempées dans l'eau brute

Conclusion

Conclusion

L'objectif principal de notre étude est de démontrer l'impact positif de l'utilisation d'une eau osmosée sur tous le processus de valorisation de datte

La nature des sources utilisées par les unités de production de datte dans la région des Ziban et particulièrement dans la commune de Tolga est une eau souterraine abondante mais chargée en sodium, carbonate de calcium et de magnésium cela impacte négativement l'unité de production par rapport aux équipements et au fruit lui-même.

Pour remédier à ce problème nous avons décidé d'effectuer un traitement de cette eau.

Plusieurs techniques de traitement existent, notre choix, s'est porté sur une installation sur mesure d'une unité d'osmose inverse.

Nous avons entamé notre travail par :

- ✓ Effectuer des analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau de forage au sein de l'unité qui nous a permis de concevoir, dimensionner et d'installer l'unité d'osmose.
- ✓ Les résultats des analyses physicochimiques et microbiologiques issus du traitement de l'eau par l'unité d'osmose ont démontré clairement l'efficacité de celle-ci à réduire fortement les taux de sodium de carbonate de calcium et de magnésium et autres, et leur rapprochement aux normes ainsi que l'élimination complète de toute forme de contamination microbiologique.
- ✓ Après avoir utilisé cette eau dans le processus de valorisation de datte, nous avons constaté que le matériels utilisés dans ce processus à savoir, tuyauteries, chaudière, laveuse, fonctionnaient parfaitement sans avoir des incidents de bouchage ou de colmatage. La réduction des taux de sodium carbonate de et calcium et de magnésium permettent le fonctionnement optimal des équipements de l'unité de production.
- ✓ Le processus de valorisation des dattes contient plusieurs étapes dont le trempage. Le temps consacré pour cette étape a été considérablement réduit en utilisant l'eau traitée. De plus nous avons constaté une légère amélioration de l'aspect morphologique de la datte.

En fin L'unité de valorisation de datte STB, a pu atteindre ses objectifs à savoir :

Production d'environ 1000 L/H d'eauosmosée

Couvrir ses besoins en eau de bonnes qualités

Conclusion

Réduire le temps du processus de valorisation de datte en diminuant le temps de trempage ce qui augmente la production et par la suite leur profit.

Réduire considérablement l'effort fournis pour la maintenance et l'entretiens de l'équipement nécessitant l'eau pour leurs fonctionnements.

Pour conclure il serait bénéfique que l'exploitation des osmoseurs soit généralisée dans toutes les unités de production agroalimentaire de notre région vu leurs diverses avantages

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- Abbas M., Adda A., Wahib M. N., (2016).** Modélisation et optimisation de la consommation d'énergie d'une station de dessalement par procédé d'osmose inverse en Algérie. *Revue des énergies Renouvelables*, 19(2) : 157-164.
- Adnane F.,(2015).** Etude de la qualité des eaux de surface destinées à l'irrigation cas de barrage de Dahmouni wilaya de Tiaret université de Bida. Thèse de Master. Université de Blida. 83 p.
- Afnor, (1970).** Mesure de pH. Normes françaises relatives aux produits de l'agriculture et aux produits dérivés des fruits et des légumes. FV05-108. 88 p.
- Agrigon A., (2000).** *Annuaire de la qualité des eaux et des sédiments.* Dunod. Paris. 206 p.
- Albert L., (1998).** *La santé par les fruits.* De Vecchi. Nîmes. 147 p.
- Al-Farsi M., Alasalvar C., Al-Abid M., Al-Shoaily K., Al-Amry M., Al-Rawahy F., (2007).** Compositional and functional characteristics of dates, syrups, and their by-products. *Journal of Food chemistry*, 104(3): 943–947.
- Alloune M., Gouader Y., (2013).** Contrôle de qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de la région de Bordj Bou Aréridj. Thèse de Master. Université Mohamed El Bachir El-Ibrahimi Bordj Bou Aréridj. 87 p.
- Al-Shahib W., Marshall R.J., (2003).** The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future? *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(4) : 247-259.
- Annie C., Françoise P., (2001).** *Le préparateur en pharmacie, dossier 4 : Microbiologie – Immunologie.* Tec et Doc – Lavoisier. Paris. 115 p.
- Arzate A., (2008).** Procédés de séparation membranaire et leur application dans l'industrie alimentaire. Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc. 56 p.
- Atallah A., (2014).** Procédé de dessalement et qualité physico-chimique de l'eau dessalée par la station de dessalement de l'eau de mer. Mémoire de Master. Université Abou BekrBelkaid de Tlemcen. 99 p.
- Avril J. L., Dabernat H., Denis F., Monteil H., (1992).** *Bactériologie clinique.* 2^{ème} édition. Ellipses. Paris. 522 p.
- Ayache M., Foughali A., (2015).** Etude et réalisation d'une armoire électrique d'un osmoseur. Thèse de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 48 p.
- Baraem I., Haffar I., Baalbaki R., Henry J., (2001).** Development of a total quality scoring system based on consumer preference weightings and sensory profiles : application to fruit dates (Tamar). *Food quality and Preference*, (12) 499-506.

Références Bibliographiques

- Barreveld W. H., (1993).** Date Palm Products (FAO Agricultural Services Bulletin n° 101). Food & Agriculture Organisation. Rome. 39 p.
- Belarbi A., (2001).** Stabilisation par séchage et qualité de la datte DegletNour. Thèse de Doctorat. Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires. 203 p.
- Belghiti M. L., Chahlaoui A., Bengoumi D., El Moustaine R. (2013).** Etude de la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc). Larhyss Journal, (14) : 1112-3680.
- Belguedj M., (2002).** Les ressources génétiques du palmier dattier : caractéristiques des cultivars de dattier dans les palmeraies du Sud-Est Algérien. Revue annuelle de l'INRAA, 1 : 28-289.
- Ben Debka A., (2020).** Gestion de l'eau potable cas des communes Tolga, Bouchagroune, B.B.Azzouz, Lichana Wilaya de Biskra. Thèse de Master. Université Mohamed Khider de Biskra. 93 p.
- Benblidia M., Thivet G., (2010).** Gestion des ressources en eau : les limites d'une politique de l'offre, Plan Bleu. Les Notes d'Analyse du CIHEAM n°58. 15p.
- Benchabane A., (1996).** Rapport de synthèse de l'atelier "Technologie et qualité de la datte". CIHEAM - Options méditerranéennes. Série A, N° 28. Séminaires méditerranéens. Ed. IAM, Zaragoza, Spain, 205 – 210 pp.
- Berland J. M., Juery C., (2002).** Les procédés membranaires pour le traitement de l'eau. Document technique, FNDAE, N°14, Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche et des affaires rurales, Direction de l'Espace Rural et de la Forêt. Office international de l'eau. France. 71 p.
- Bermond R., Vuichaard R., (1973).** Les paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française. Paris. 179p.
- Besser D., Benine Y., (2016).** Etude comparative de la qualité des eaux des différentes nappes de la région d'El Oued (Souf). Thèse de Master. Université ElchahidHamma Lakhdar de l'Oued, 100 p.
- Bouguera A., Doumma A., Evina H.E., Hamdouni N., Musumbu J., (2003).** Valorisation de savoirs et savoir-faire: Perspectives d'implication des acteurs, dont la femme, dans la conservation in-situ de la biodiversité du palmier dattier dans les oasis du Djérid (Tunisie). ICRA. Montpellier. 97 p.

Références Bibliographiques

- Boukhiar A., (2009).** Analyse du processus traditionnel d'obtention du vinaigre de dattes tel qu'appliqué au sud algérien : essai d'optimisation. Thèse de Magister. Université M'Hamed Bougara de Boumerdes. 144 p.
- Boukrouma N., (2008).** Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de l'eau d'un écosystème aquatique artificiel : cas de la retenue collinaire d'Ain Fakroune (Wilaya d'Oum El Bouaghi). Thèse de Magister. Université 08 Mai 1945 de Guelma. 64 p.
- Bousdira K., (2007).** Contribution à la connaissance de la biodiversité du palmier dattier pour une meilleure gestion et une valorisation de la biomasse : caractérisation morphologique et biochimique des dattes des cultivars les plus connus de la région de M'zab, classification et évaluation de la qualité. Thèse de Magister. Université de M'hamedBougaradeBoumerdes. 149 p.
- Bricha S., Ounene K., Oulkheir S., El Haloui N., Attrassi B., (2007).** Etude de la qualité physicochimique et bactériologique de la nappe phréatique M'nasra (Maroc). *Afriques sciences*, 03(03) : 391 - 404.
- Brun J. P., (1988).** Procédés de séparations par membrane : transport, techniques membranaires, application. Masson. 288 p.
- Cakaew T., (2009).** Procédés Hybrides à membranes pour le traitement d'eau de mer avant dessalement par osmose inverse. Thèse de Doctorat. Université de Toulouse. 213 p.
- Chabour N., (2006).** Hydrogéologie des domaines de transition, entre l'Atlas saharien et la plateforme saharienne, à l'Est de l'Algérie. Thèse de Doctorat d'état. Université des Frères Mentouri de Constantine. 176 p.
- Chaouch R., (2007).** Identification et quantification des déchets solides encombrant les plages d'Annaba : aspect physicochimique et bactériologique des eaux. Thèse de Magister. Université Badji Mokhtar d'Annaba. 105 p.
- Cheftel J. C., Cheftel H., (1977).** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Tec et Doc – Lavoisier. Paris. 411 p.
- Cojan I., Renard M., (2003).** Sédimentologie. Dunod. France. 136 p.
- Daniel L., (1986).** Application des membranes d'osmose inverse au traitement de l'eau. Société hydrotechnique de France. *La Houille Blanche*, (72)7-8 : 577 – 590.
- De Villers J., Squilbin M., Yourassowsky C., (2005).** Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface : Cadre général. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE). 16 p.
- Degrémont, (2005).** Mémento technique de l'eau : vol 2. 10^{ème} édition. Lavoisier :Tec& Doc. Paris. 1718 p.

Références Bibliographiques

- Dellarras C., (2007).** Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire. Lavoisier : Tec & Doc. Paris. 463 p.
- Denis F., Dabernat H., Monteil H., (2000).** Bactériologie clinique. 3^{ème} édition. Ellipses. Paris. 608 p.
- Denis F., Ploy M. C., Martin C., Bingen E., Quentin R., (2007).** Bactériologie médicale : Techniques usuelles. Elsevier Masson. Paris. 594 p.
- Devillers J., Squilbin M., Yourassowsky C., (2005).** Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface : cadre général. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement. 16 p.
- Djerbi M., (1994).** Récolte des dattes. Précis de phéniciculture. FAO. Rome. 190 p.
- Djouab A., (2007).** Préparation et incorporation dans la margarine d'un extrait de dattes des variétés sèches. Thèse de Magister. Université M'hamed Bougara de Boumerdes. 102 p.
- Douis D., (2017).** Etude de la qualité des eaux souterraines (région sud ouest) du plateau de Mostaganem. Thèse de Master. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. 55 p.
- Dussart B., (1966).** Limnologie : Etude des eaux continentales. Gauthier- Villars. Paris.
- Edberg S. C., Rice E. W., Karlin R. J., Allen, M. J., (2000).** *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. Symposium Series Society for Applied Microbiology. 88(29) : 106 - 116.
- Engelkirk P. G., (2008).** Laboratory Diagnosis of Infectious Diseases: Essentials of Diagnostic Microbiology. 1st édition. Lippincott Williams & Wilkins. 754 p.
- Espiard E., (2002).** Introduction à la transformation industrielle des fruits. Lavoisier : Tec & Doc. Paris. 360 p.
- Favier J. C., Ireland R. J., Laussucq C., Feinberg M., (1993).** Répertoire générale des aliments. Table de composition des fruits exotique, fruits de cueillette d'Afrique Tome 3. ORSTOM, Lavoisier, INRA. Paris. 242 p.
- Favier J. C., Ireland R. J., Toque C., Feinberg M., (1995).** Répertoire général des aliments. Table de composition. Tec & Doc, INRA. Paris. 897 p.
- Ferron A., (1984).** Bactériologie médicale à l'usage des étudiants en médecine. 12^{ème} édition. C. et R. 376 p.
- Figarella J., et Leyral G., Terret M., (2001).** Microbiologie. Tome 2 : Microbiologie Appliquée. Jacques Lanore. Paris. 240 pages.

Références Bibliographiques

- Ghazali, D. 1., Zaid, A. (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknes – Maroc). Larhyss Journal, (12) : 25-36.
- Gillespie S. H., Hawkey P. M., (2006).** Principles and Practice of Clinical Bacteriology. 2nd edition. John Wiley & Sons. England. 620 p.
- Hacene H., (2016).** Microbiologie fondamentale et Appliquée Tome 1. Houma. Alger. 477 p.
- Hakmi A., (2002).** Traitement des eaux " analyse de l'eau de source Bousfer Oran. Thèse de Magister. Université des sciences et de la technologie Oran. Algérie. 71 p.
- Hane M., Diagne I., Ndiaye M., Ndiaye B., Dione C. T., Cisse D., Diop A., (2020).** Etude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de puits et de forage consommées dans la commune de Sinthiou Maléme dans la région de Tambacounda (Sénégal). Int. J. Biol. Chem. Sci, 14(9): 3400-3412.
- Hannachi S., Khitri D., Benkhalifa A., Brac de pière R. A., (1998).** Inventaire variétal de la palmeraie Algérienne. CDARS/URZA. 225p.
- Harvey R. A., Champe P. C., Fisher B. D., (2007).** Microbiology. 2nd edition. Lippincott Williams & Wilkins. 432 p
- Haut Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD), (2006).** Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR Dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat. 201p.
- Haut Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD), (2007).** Etude diagnostique de la zone humide AL Massira- Faija, cercle d'EL Brouj et Cercle de Settat (Maroc). 242p.
- Hidouci S., (2009).** Qualité bactériologique des eaux du golf d'Annaba. Thèse de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba. 132 p.
- International Organisation for Standardization. (1984).** Qualité de l'eau - Dosage du calcium - Méthode titrimétrique à l'EDTA (ISO Standard No. 6058 : 1984).
- International Organisation for Standardization. (1986).** ISO, (1986). Recherche et dénombrement des spores de micro-organismes anaérobies sulfite-réducteurs (clostridia)- partie 1 : méthode par enrichissement dans un milieu liquide (ISO Standard No. 6461-1 : 1986).
- International Organisation for Standardization. (1989).** Water quality- Determination of chloride-Silver nitrate titration with chromate indicator (ISO Standard No. 9297 : 1989).

Références Bibliographiques

International Organisation for Standardization. (1990). Agricultural tractors - Test procedures - Part 1: Power tests for power take-off (ISO Standard No. 757,189 : 1994).

International Organisation for Standardization. (1994). Qualité de l'eau - Détermination de la turbidité (ISO Standard No. 7027 : 1994).

Jaccot B., Campillo B., (2003). Nutrition humaine. Masson. Paris. 311 p.

Janda J. M., Abbott S. L.,(2006).The *Enterobacteria*.2ndedition.American Society for Microbiology.Washington. 440 p.

Joffin C., Joffin J. N., (1999). Microbiologie alimentaire. CRDP d'Aquitaine, 5^{ème}édition.Doin. France. 185 p.

Journal Officiel de la République Algérienne (JORA), (2011). Décret exécutif n° 11125 du 17 RabieEthani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers : Bir-Mourad Raïs. Alger, Algérie. pp. 7-25.

Kearney T. H., (1906). Date varieties and date culture in Tunisia. USDA Bureau of Plant Industry.N 92. Washington. 121-122.

Khali1 M., Selselet-attou G., Guetarni D., (2007).Influence de la thermisation et d'un emballage pour atmosphères modifiées sur la composition chimique de la datte DegletNour au cours du stockage au froid. Sciences & technologie - C, Biotechnologies, (0)26 : 9-16.

Khelifi I.,(2019).Analyses physicochimiques et bacteriologiques des eaux du barrage de sidi Mhamed Ben Tayba avant et après traitement. Thèse de Master.Université Mohand AkliOulhadj de Bouira, 45 p.

Kolai N., Berkani A., Lotmani B., (2006). Analyse chromatographique (CCM) des flavonoides des feuilles des Citrus en relation avec le taux de contamination de *phyllocnistiscitrella*Staint (*Lepidopetra*, *Gracillariidae*). Laboratoire de la protection des végétaux. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. 8 p.

Koudri Belala Z., (2006). Etude et traitement de l'eau du Barrage Djorf-Eltor de la wilaya Bechar par filtration sur sables. Thèse de Magister. Université Hassiba Ben Bouali de Chlef.

LabresE., Mouffok F., (2008). Les cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. Algérie. 53 p.

Lebres E., (2002). Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments « Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer ».Institut Pasteur d'Algérie. 34 p.

Leyral G., Ronnefoy C., Guillet F., (2002). Microbiologie et qualité des industries agroalimentaire. Doin. Paris. 245 p.

Références Bibliographiques

- Lightfoot N. F., (2002).** Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directive pour l'assurance qualité. France. 387 p.
- Louisot P., (1983).** Biochimie générale, structurale, métabolique et sémiologique. Simep. 180 p.
- Madigan M. T., Martinko J. M., (2007).** Biologie des microorganismes. 11^{ème} édition. Pearson. France. 870 p.
- Maier V. P., Metzler D. M., Huber A. E., (1964).** Effects of heat processing on the properties of dates. Date Grow. Inst. Rep, 41 : 8-9.
- Maurel A., (2006).** Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres : et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce. 2^{ème} édition. Tec et Doc – Lavoisier. Paris. 286 p.
- Maurel A., (2006).** Technique séparatives à membranes : Considérations théoriques. Technique de l'Ingénieur, traité Génie des procédés, J2790.
- Meguenni-Tani A., (2013).** Contribution à l'étude hydrogéologique de la nappe du mio-plioquaternaire de la région sud de la ville de Biskra, Algérie. Thèse de Master. Université Abou BekrBelkaid de Tlemcen. 70 p.
- Meligi M. A., Sourial G. F., (1982).** Fruit Quality and General Evaluation of Some Iraq Date Palm Cultivars Grown under Conditions of Barrage, Egypt. Proceedings of 1st Symposium on the Date Palm, Al-Hassa, 23-25 March 1982. pp. 212-219.
- Merzoug S., (2009).** Etude de la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de l'écosystème lacustre Garaet Hadj-Taher (Benazzouz, Wilaya Skikda). Mémoire de Magister. Université 08 Mai 1945 de Guelma. 79 p.
- Metahri M. S., (2012).** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixte. Cas de la STEP Est de la ville de TiziOuzou Thèse doctorat. Université Mouloud Mammeri de TiziOuzou. 148 p.
- Mitchell R., Gu J. D., (2010).** Environmental Microbiology. 2nd edition. John Wiley & Sons. Philadelphia. Etat Unis. 389 p.
- Monod T., (1989).** Méharées géographiques (N.A.N.I) normes Algérienne et normes international (2002). France loisir. 233 p.
- Mouffok F., (2001).** Guide technique d'analyses bactériologiques des eaux de mer. Institut Pasteur d'Alger. 40 p.
- Munier P., (1973).** Le palmier dattier. Maisonneuve et Larosse. Paris. 221 p.

Références Bibliographiques

- Noureddine N., (2008).** Etude d'impact des rejets des eaux de la station de déminéralisation de Brédéah sur l'environnement. Thèse de Magister. Université Ahmed Ben Bella d'Oran. 151 p.
- OMS, (2004).** Directive de qualité pour l'eau de boisson : Vol2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui. Genève. 1050 p.
- OMS, (2007).** Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées.
- Oualla A., (2006).** Projet d'évolution de la station de dessalement d'eau de mer par osmose inverse de l'île de Seine - Installation d'un module de récupération d'énergie par échange de pression. Société Lorientaise de construction électromécanique. 26 p.
- Pechère J. C., Acar J., Grenier B. et Nihoul E., (1982).** Reconnaître, comprendre et traité les infections. 4^{ème} édition. Edisem ST-Hyacinthe. Québec. 509 p.
- Pourcher S, (2007).** Apport diagnostique du dénombrement de *Clostridium perfringens* dans l'intestin grêle des ruminants suspects d'entérotoxémie. Thèse de doctorat vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon. 147 p.
- Ramade F, (1989).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Dunod. Paris. 800 p.
- Randerath K., (1971).** Chromatographie sur couche minces. Gauthier- Villars. Paris. 398 p.
- Rejsek F., (2002).** Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine (CRDP). Bordeaux. 358 p.
- Reynes M., (1997).** Influence d'une technique de désinfestation par micro-ondes sur les critères de qualité physico-chimiques et biochimiques de la datte. Thèse de doctorat de l'institut national polytechnique de France.
- Rodier J., (2006),** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} Edition. Dunod. Paris. 1434 p.
- Rodier J., Bazin O., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L.,(1996).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. 8^{ème} édition. Dunod. Paris. 1383 p.
- Rodier J., Legube B., Merlet N., (2009).** L'analyse de l'eau. 9^{ème} édition. Dunod. Paris. 1526 p.
- Roux A., (2003).** TP de microbiologie : Analyses de l'eau. IUP SIAL, Université de Paris. 12 p.
- Saaidi M., (1990).** Amélioration génétique du palmier dattier Critères de sélection, techniques et résultat. CIHEAM - Options méditerranéennes. Série A, N° 11. Séminaires méditerranéens. Institut National de la Recherche Agronomique, Centre Régional du Haouz-Présahara, Marrakech. 133 – 154 pp.

Références Bibliographiques

- Samake H., (2002).** Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001. Thèse de doctorat. Université de Bamako. 77 p.
- Simmons G., Hope V., Lewis G., Whitmore J., Gao W., (2001).** Contamination of potable roof-collected drainwater in unckland, New Zealand. *Water Research*, (35) : 1518-1524.
- Singleton P., (1999).** *Bacteria in Biology, Biotechnology and Medicine*. 5th edition. John Wiley and Sons. 489 p.
- Singleton P., (2002).** *Dictionary of Microbiology and Molecular Biology*. John Wiley and Sons. 908 p.
- Takabait F., (2012).** Traitement de l'Eau de Forage par Osmose Inverse au Niveau du Complexe Agroalimentaire Cevital. Thèse de Master. Université Abderrahmane Mira de Béjaïa. 75 p.
- Tardat-Henry M ., Beaudry J. P., (1984).** Chimie des eaux. Le griffon d'Argile INC. Canada. 350 p.
- Tomas A. P., (2004).** Étude comparée du colmatage en nano-filtration et ultrafiltration d'eau de surface ». Thèse de doctorat. Faculté de science et génie, Université Laval Québec. 11 p.
- Tortora G. J., Angnostakos, N. P., (1987).** *Principes d'anatomie et de physiologie*. 5^{ème} édition. INC. 1246 p.
- Vilkas M., (1992).** Vitamine : mécanismes d'action chimique. Hermann. Paris. 158 p.
- Wilke M., Boutiere H., (1999).** Petit lexique des paramètres du suivi physicochimique dans l'eau. Parc naturel régional de la Narbonnaise en Méditerranée. 2 p.
- Xanthoulis D., (1993).** Valorisation agronomique des eaux usées des industries agroalimentaires. *OIEau*. 27-32.
- Yahiaoui K., (1998).** Caractérisation physico-chimique et l'évolution du brunissement de la datte Deglet-Nour au cours de la maturation. Thèse de Magistère. I.N.A El Harrach Alger. 103 p.
- Zaid A., Arias-Jiménez E. J., (2002).** Date palm cultivation, FAO, Rome.
- Zeghoud M. S., (2014).** L'étude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra. Thèse de Master. Université d'ElOued. 90 p.
- Zmirou D., Ferley J. P., Collin J. F., Charrel M., Berlin J., (1987).** A follow-up study of gastro-intestinal diseases related to bacteriologically substandard drinking water. *American Journal of Public Health*. 77: 582 - 584.

Références Bibliographiques

Références électroniques

[1] <http://dspace.univ-bouira.dz:8080/jspui/handle/123456789/8495>

[2] www.wikipedia.com

[3] <http://www.hydranet.net>

[4] [http://www.ecotoscicologie.fr/ Dessalement. PHP](http://www.ecotoscicologie.fr/Dessalement.PHP)

<http://dspace.univ-bouira.dz:8080/jspui/handle/123456789/8495>

<http://www.hydranet.net>

<https://energic-eau.fr/losmose-inverse-benefices-et-inconvenients/>

www.wikipedia.com

Annexes

Résumé

Résumé

Notre travail s'est porté sur l'installation d'une unité d'osmose inverse dans l'unité de conditionnement de dattes STB Tolga, afin d'améliorer la qualité de l'eau utilisé dans le processus de valorisation de datte. L'étude consiste à analyser l'eau de forage et la comparer avec l'eau traitée par l'osmoseur. Les différents paramètres physico-chimiques et microbiologiques étudiés ont permis de constater que l'eau osmosée produite est de qualité très satisfaisante et conforme aux normes. Ce qui impacte positivement le rendement de l'unité de conditionnement de datte

Abstract

Our work focused on the installation of a reverse osmosis unit in the STB Tolga date packaging unit, in order to improve the quality of the water used in the date valuation process. The study consists of analyzing the borehole water and comparing it with the water treated by the osmosis unit. The various physico-chemical and microbiological parameters studied have shown that the osmosis water produced is of very satisfactory quality and complies with standards. This positively impacts the performance of the date packaging unit

ملخص

STB مركز عملنا على تركيب وحدة التناضح العكسي في وحدة تعبئة التمر Tolga ، من أجل تحسين جودة المياه المستخدمة في عملية تقييم التمر . اشتملت الدراسة على تحليل المياه البئر ومقارنتها بالمياه المعالجة بوحدة التناضح . أظهرت المعايير الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية المختلفة التي تم تدريسها أن مياه التناضح المنتجة ذات جودة مرضية للغاية وتتوافق يؤثر هذا بشكل إيجابي على أداء وحدة تعبئة التمر . مع المعايير

