

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

UNIVERSITE AHMED DRAIA ADRAR
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MATIERE



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
DE MASTER EN CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

Thème

Adoucissement de l'Eau des Foggaras par
Traitements Ecologique à base de *Moringa sp.*

Soutenu le : 30 Mai 2016

Présenté par : Mme BOUAMRA Djoher Chahinez & ASMOUNI Hanane

Encadré par : Mr SELKH Chouaib

Président : Pr. BENATILLAH Ali

Examineurs: Mr. BERCHID Rachid

Remercîments

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui on voudra témoigner toute notre reconnaissance.

*En premier lieu on voudrait adresser toute notre reconnaissance au directeur de ce mémoire **Mr SELKH Chouaib**, pour sa patience, sa disponibilité, ses judicieux conseils, son soutien, ses remarques pertinentes et son encouragement, qui nous ont aidés à trouver des solutions pour avancer.*

*On remercie aussi **Mr NASRI Bahous** chef de laboratoire d'analyses physico-chimiques à l'ANRH, pour ses conseils précieux et pour la qualité de son suivi durant toute la période de notre stage au sein du laboratoire.*

*On désire aussi remercier **Mr SIDAMOR Ahmed**, chef département de l'SNV à l'université Ahmed Draya ADRAR, pour son aide et soutient apportés.*

*On voudrait exprimer notre reconnaissance envers l'ANRH Adrar qui a accepté de nous accueillir en stage au sein de son laboratoire et tous ceux qui ont contribué à ce travail sans oublier **Mr BENHAMZA** Messaoud.*

*On tient aussi à remercier vivement **Mr SMAIL Abdelkrime** le directeur de l'hydraulique qui nous a fournit les données nécessaires pour compléter notre travail et **Mr Med SALEH** Abdekader de l'institut national des sols de l'irrigation et du drainage ADRAR.*

*On tient à témoigner toute notre gratitude à **Mr BAKHIRA Med** de la direction des forêts de nous avoir procuré les graines de **Moringa** ;*

*Nos remerciements vont aussi à l'université d'Ahmed DRAYA pour tout les moyens qui nous ont été mis sous disposition, et tous nos professeurs, enseignants qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de nos études universitaires sans oublier de cite **Mr SLIMANI Said**, **Mr AKACEM Mustapha**, **Mr LAHBEB Abderrahmane**, **BENHAMADI Abdelhamid** et Melle **LANSARI Bessa**.*

Enfin un grand merci pour la bibliothèque centrale d'Adrar et la bibliothèque des énergies solaire d'ADRAR pour nous avoir accueilli et ouvrir leurs portes.

DEDICACE

A mon très cher PERE adoré pour ses tendres encouragements durant toute ma vie,

A ma très chère MERE pour ses grands sacrifices consentis pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie,

A mon cher MARI pour le soutien qu'il n'a cessé de me porter et sans lui je ne serai arrivé là,

Mr et Mme ASMOUNI qui se sont dépensés pour nous sans compter durant toute notre formation universitaire, moi et leur fille Hanene,

Avec toute ma tendresse pour mon unique frère à qui je souhaite une meilleur vie,

Affectueuses reconnaissances à tous mes amis et membres de ma famille que j'ai pris de leur temps et consacré à mes études, à mon amie Wafa, à Si brahim et sa famille, à mama Aicha , à Ahlem, à ma grande sœur Wahiba, à ma belle-mère , sans oublier ma voisine Fatma.

A ma chère fille Areej

Djoher Chahinez

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

Mes parents :

Ma mère Souad, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Mes frères et sœurs Fatima, Slimane, Rachid et Youssef qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité..

Mes enseignants du primaire jusqu'à la fin de ma formation.

ASMOUNI Hanane

Table des matières

Liste des tableaux.....	i
Liste des figures.....	ii
Liste d'Abréviation.....	iii
Introduction générale.....	1
CHAPITRE 1 : Partie bibliographique	
I-1. Introduction.....	2
I-2. Aperçu sur les foggaras.....	3
I-2.1. Historique.....	3
I-2.2. Définition.....	3
I-2.3. Le principe de fonctionnement.....	4
I-2.4. Définition des composants de la foggara.....	4
I-2.5. Photos de foggara.....	6
I-3. Problème de la qualité de l'eau dans certaines foggaras.....	7
I-4. La dureté de l'eau	10
I-4.1. Définition de la dureté.....	10
I-4.2. Les désagréments de l'eau dure.....	10
I-4.3. Les eaux dure et la santé humaine.....	11
I-5. Principales méthodes d'adoussicement de l'eau dure.....	12
I-5.1. Précipitation.....	12
I-5.2. Bouillir l'eau.....	12
I-5.3. Filtre sur robinets ou sous évier.....	12
I-5.4. Carafe filtrante.....	13
I-5.5. La résine échangeur d'ions (adoussicteur domestique).....	13
I-6. Moringa.....	14
I-6.1. Systématique de Moringa oleifera.....	14
I-6.2. Quelque propriété de Moringa oleifera.....	16
I-6.2.1. Propriétés nutritifs.....	17
CHAPITRE 2 : Partie pratique	
II-1. Introduction.....	19
II-2. But de l'étude.....	19
II-3. Les analyses physico-chimiques.....	19
II-4. Principe.....	20

II-5. Matériels et réactifs.....	20
II-6. Prélèvement des échantillons.....	21
II-7. Préparation de la poudre de grains de Moringa	21
II-8. Préparation de l'échantillon.....	22
II-9. Technique d'analyse.....	23
II-9.1. Dosage de complexométrique.....	23
II-9.2 Dosage de Ca /Mg.	23
II-9.3. Dosage de calcium.....	24
II-10. Mode opératoire.....	24
II-10.1. Titre d'EDTA.....	24
II-10.2. Calcul de la normalité	25
II-10.3. calculs.....	25
CHAPITRE 3 : Résultats et discussion	
III-1. Résultats de volume d'EDTA versé à l'équivalence de dosage (Ca ²⁺)/Mg ²⁺).....	26
III-2. Résultats du dosage de la dureté totale	26
III-2.1. Tableau et graphe de TH de l'échantillon 1	27
III-2.2. Tableau de TH de l'échantillon 2.....	27
III-2.3. graphe l'échantillon 2.....	28
III-2.4. Tableau d'échantillon 3	28
III-2.5. graphe l'échantillon 3.....	29
III-3. Discussion.....	29
Conclusion	31
Résumé.....	33
Abstract.....	34
الملخص.....	35
Bibliographie	36

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Relation entre le titre hydrotimétrique d'une eau et sa dureté	10
Tableau2.1 : Le volume d'EDTA versé à l'équivalence (échantillon 1).....	26
Tableau2.2 : Le volume d'EDTA versé à l'équivalence (échantillon 2).....	26
Tableau2.3 : Le volume d'EDTA versé à l'équivalence (échantillon 3).....	26
Tableau2.4 : Résultats des dosages de TH (échantillon1).....	27
Tableau2.5 : Résultats des dosages de TH (échantillon2).....	27
Tableau2.6 : Résultats des dosages de TH (échantillon3).....	27

LISTE DES FIGURES

Figure1.1 : Plan d'une Foggara.....	3
Figure1.2 : Situation d'Alouchia,1.....	5
Figure1.3 : Situation d'Alouchia,2.....	5
Figure1.4 : foggara Ait Brahim.....	6
Figure1.5 : Elkasri du foggara AitBrahim.....	6
Figure1.6 : Analyses physico-chimique BBM.....	8
Figure1.7 : Analyses physico-chimique,Tamentit	9
Figure1.8 : Arbre de <i>Moringa</i> ,Ouayna- Adrar.....	15
Figure1.9 : Feuilles de <i>Moringa</i> ,Ouayna-Adrar.....	17
Figure2.1 : Poudre de NET et de Patton Reeder.....	21
Figure2.2 : Les graines de <i>Moringa Oleifera</i>	22
Figure2.3 : Les gousses de graines de <i>M.Oleifera</i>	22
Figure2.4 : Balance électronique sensible de laboratoire.....	23
Figure2.5 : Blinder.....	23
Figure2.6 : Filtration d'échantillon.....	23
Figure2. 7 : Dispositif de titrage complexométrique.....	25
Figure2. 8 : Le point de virage.....	25

LISTE D'ABREVIATION

ANRH : Agence Nationale des Ressource Hydraulique.

BBM : Borj Baji Mokhtar

Ca : Calcium.

CaCO₃ : Carbonate de Calcium.

CO₃⁻² : Carbonate.

Ca(OH)₂ : Dioxyde de Calcium.

°C : Degré Celsius.

°F :Degré Français.

FLO :Food And Agriculture Organization

g : Gramme.

g/l : Gramme par litre

H : Heure.

HCl : Acide Chlorhydrique.

In :Indicateur.

JC : Jésus-Christ.

Kg : kilo gramme.

Km/h : kilomètre par heure.

Km : kilomètre.

H₂O :L'eau.

l/s : Litre par seconde.

CaO : La chaux.

M : Moringa.

Mg: Magnésium.

ml : milli litre.

mbar : milli barre.

mé/l : milli équivalente par litre.

mg/l : milligramme par litre.

Mn : minute.

N : Normal.

NaCl : Chlorure de Sodium.

Na₂CO₃⁺ : Carbonate de Sodium.

Na⁺ : Sodium.

(-) : négatif

% : pourcentage.

PE: Prise d'Essai.

(+) : positive.

TH : Titre Hydrotimétrique.

V : Volume.

Y⁴⁺ : Ion complexe.

INTRODUCTION GENERALE

Au cœur du Sahara Algérien qui est un désert hyper aride chaud, quelques petites taches verdoyantes apparaissent dispersées dans un immense océan de couleur jaune qui est le Sahara. Ces dernières sont les oasis traditionnelles créées par la population autochtone en quête de survie dans ce milieu hostile qui est le désert.

Ces taches verdoyantes se sont formées petit à petit grâce à l'eau résultante des réseaux des galeries souterraines traditionnelles d'irrigation qu'on nomme localement foggaras, et qui ramènent l'eau souterraine des plateaux et des terrasses d'érosion qui les juxtaposent vers les palmeraies qui composent les oasis, et au-delà de l'irrigation des cultures vivrières de la population autochtone, cette précieuse eau acheminée par les foggaras, permet parfois par un simple jeu d'hasard de créer un écosystème artificiel riche qui est maintenant classé en zone humide Ramsar, à l'exemple des oasis de Tamentit et de Ouled said. (Selkh., publication en cours).

En consultant la bibliographie rapportant sur les qualités physico-chimique des eaux de ce système ancestral de captage de la nappe phréatique qu'on nomme foggara, notamment la dureté de l'eau et son impact sur la population, nous avons malheureusement trouvé que des études qui concernent uniquement quelques-unes, surtout les plus célèbres ou les plus importantes foggaras, qui sont déjà connues pour leur bonne qualité d'eau. Après avoir extrapolé les résultats sur l'ensemble des foggaras que compte la wilaya d'Adrar, ce qui de notre point de vue ne correspond pas à la réalité sur le terrain, à titre d'exemple l'eau de la foggara de Temana près de Timimoun est presque impropre à la consommation humaine à cause de sa haute dureté, ce qui oblige la population autochtone à chercher l'eau ailleurs.

CHAPITRE 1 :
PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

I-1 : Introduction :

L'objectif de cette présente étude est l'étude de la faisabilité de l'amélioration de la qualité de l'eau de consommation dure, c'est-à-dire à forte charge issues de la nappe phréatique de quelques endroits qui en souffrent dans la wilaya d'Adrar. Cette eau est récupérée traditionnellement par des galeries souterraines que l'on nomme localement Foggara dans la wilaya d'Adrar, ou par simple forages non profond dans quelques périmètres agricoles.

Problématique :

La population autochtone oasisienne dans certaines oasis isolées de la wilaya d'Adrar, n'ont pas accès au matériel d'adoucissement de l'eau dure pour améliorer la qualité de l'eau de consommation, vue que ce matériel est très coûteux pour leurs maigres revenus issus de l'agriculture vivrière, ce qui pose un sérieux problème pour les gens souffrants de l'hypertension artérielle ou calculs rénales, et autres, comme le prouvent les études scientifiques récentes. En plus cette eau dure à d'autres effets néfastes sur la vie quotidienne des oasisiens, comme l'altération du rendement agricole, et les autres désagréments connus de l'utilisation de l'eau dure dans l'activité ménagère quotidienne.

Dans cette perspective, nous essayons d'envisager après la validation de l'étude scientifique que nous menons actuellement, d'utiliser des moyens écologiques et peu coûteux à base de végétaux spontanés et exotiques (introduite) pour réduire la dureté de l'eau de consommation.

Enfin nous espérons que notre étude, si elle aboutit, sera un pas en avant pour le développement durable dans la région d'Adrar.

I-2 .Aperçu sur les foggaras :

I-2.1.Historique :

Qanat , Khattara, Ngoula, Falag, Ingruttati, Madjirat, Manbo , Jing-quen et Foggara en Algérie ; toutes ces appellations sont utilisées dans plusieurs zones arides dans le monde pour la technique de captage des eaux souterraines qui existe depuis la fin du VIème siècle avant JC, et introduite dans le Sahara Algérien (Tamentit ,Adrar) au XIème siècle par El Malik El Mansour.

I-2.2.Définition :

La foggara (voir schéma) est une canalisation souterraine légèrement inclinée qui draine l'eau de l'aquifère amont vers les terrains les plus secs. L'écoulement dans ce cas est gravitaire. Elle est constituée de plusieurs puits communicants successifs de profondeurs variables, réunis à la base par une galerie drainante appelée couramment « N'fad »..

Le nombre de puits varie entre 20 pour la petite foggara à 1000 pour la plus grande.

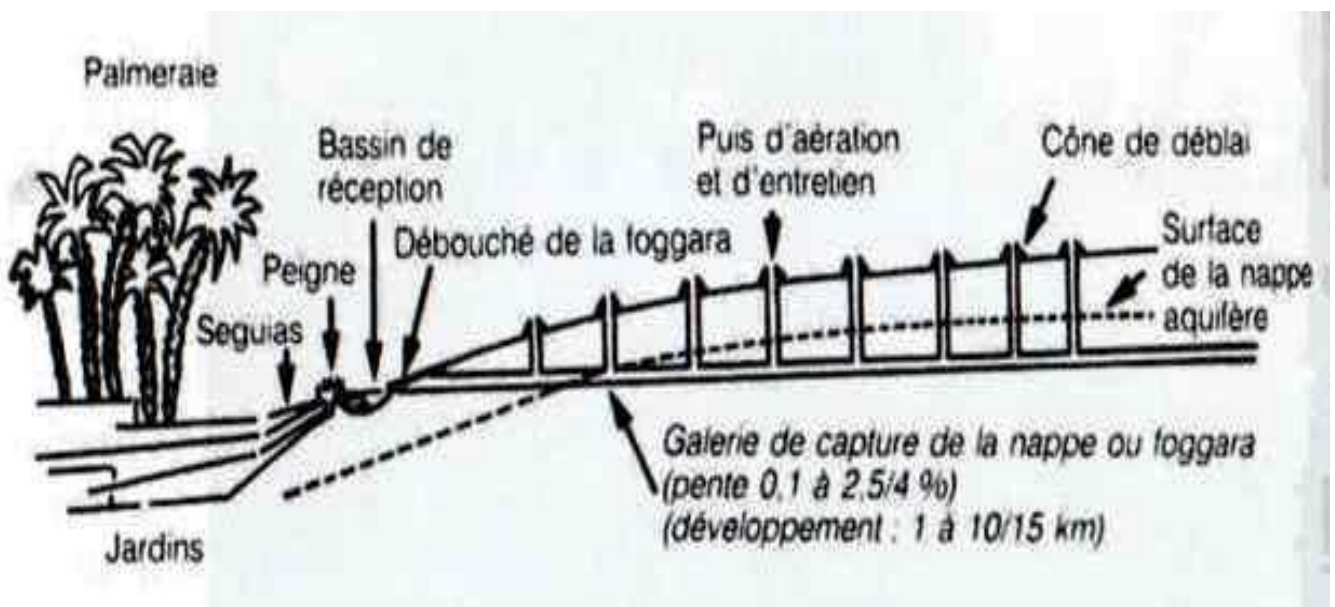


Figure1.1 Plan d'une Foggara(Remini,2010)

I-2.3 .Le principe de fonctionnement :

Le principe de la foggara consiste à capter l'eau d'une nappe souterraine située à une certaine distance de l'endroit à irriguer et la conduire par des canaux souterrains, en réalisant entre les deux points extrêmes une pente suffisante pour la circulation de l'eau. Comme la différence de niveau entre ces deux points est généralement peu importante, et que la distance à parcourir peut varier de 3 à 15 km, le calcul de la pente requiert l'intervention d'un spécialiste. Les couches géologiques dans lesquelles les foggaras prennent leur origine sont constituées de grès et des argiles. Les canalisations sont creusées à partir de ces nappes, et drainent de l'eau dont elles traversent; puis elles l'acheminent simplement vers l'oasis. (KHADRAOUI.A, Août 2007)

I-2.4. Définitions des composants de la foggara

I-2.4. 1. Noms de foggara : Afin de distinguer entre les foggaras, on leur a donné différentes appellations pour chacune, et aussi pour les puits qu'elles contiennent.

I-2.4.2.Tabajoute : C'est une grosse pierre qu'obstruent les travailleurs pendant le forage, où ils y font un trou pour que l'eau passe.

I-2.4. 3.Alfar'e : Si la foggara atteint une extrême hauteur avant l'obtention de la quantité d'eau voulue où si il y'a des difficultés de creuser dans la ligne droite de la foggara , l'expert est obligé d'arrêter l'extension et de planifier une nouvelle série de puits sur l'un des cotés de foggara nommé « Lakrae » .

I-2.4. 4.Anfede : le parcours de l'eau entre deux puits.

I-2.4. 5.Ougasrou : Ce sont des puits près de la surface des terrains agricoles où l'eau de foggara s'approche.

I-2.4.6. Saguia : Elle achemine l'eau où elle sera distribuer.

I-2.4.7 Elkasri : à la fin de la seguia principale on trouve elkasri (**Figure2.5**) ou elmaksem, qui sont des passages rectangulaire gravés soigneusement sur une pierre plate avec des calculs permettant la distribution d'eau selon les parts désignées.

Ce système ingénieux et simple fait appel à une grande maîtrise des techniques effectuées par des spécialistes qualifiés et une force de travail colossale (main de l'homme)

pour la conception et le suivi des travaux et encore une force plus grande pour entretenir la foggara afin de garder un débit constant et éviter sa dégradation qui est due à l'ensablement, le dessèchement, l'effondrement des galeries et de puits et la pollution des eaux.

Pour notre travail on a choisi la foggara « AIT BRAHIM » se situant à ELALOUCHIA , FOUNOUGHIL à 30km d'Adrar . Cette foggara est un point d'alimentation en eau pour la plupart des habitants de la région et cela malgré le raccordement d'eau par les châteaux.



Figur1.2 Situation d'Alouchia,1 (source internet)

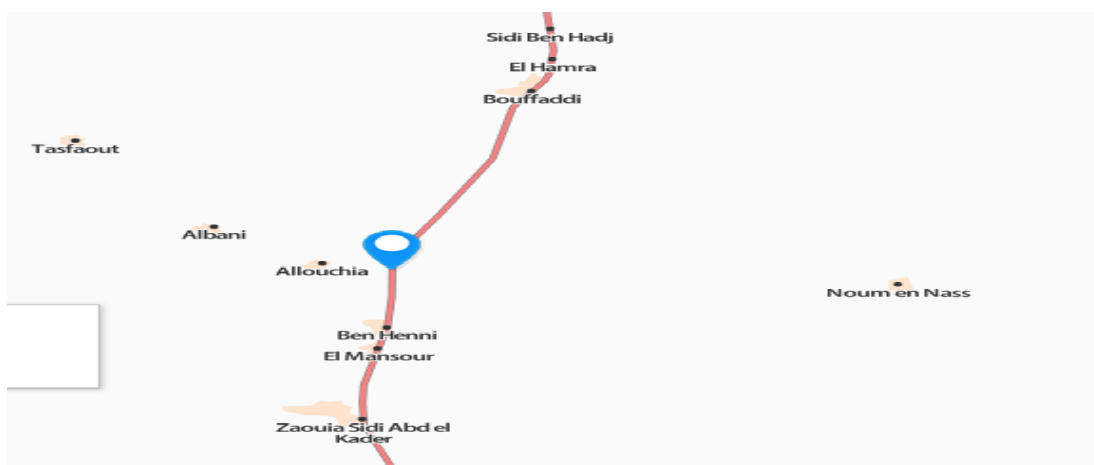


Figure1.3 Situation d'Alouchia,2 (source internet)



Figure1.4 :foggara Ait-Brahim(original)



Figure1.5 :Elkasri de foggara Ait-Brahim(original)

I-3 problèmes de la qualité d'eau dans certaines foggaras :

Durant des siècles l'eau de foggara a contribué pour la survie des habitants du Sahara et à surmonter le climat aride et chaud d'où son exploitation pour l'irrigation et la consommation.

Selon des analyses faites par l'ANRH Adrar pour des prélèvements de quelques eaux de foggaras de la région, leurs qualités sont classées mauvaises ou même médiocres pour la teneur élevée en **fluorure de calcium** qui peut entraîner la fluorose dentaire ou osseuse , ou une surdose de sels minéraux qui cause le problème de **calculs rénaux**, et la forte concentration en ions de magnésium et calciums qui rendent l'eau **dure** entraînant des désagréments comme l'entartrage et la diminution du rendement des détergents.

Ci après des tableaux illustrants des analyses physico-chimiques faites par l'ANRH Adrar afin de déterminer la qualité d'eau.



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة الموارد المائية
MINISTÈRE DES RESSOURCES EN EAU

الوكالة الوطنية للموارد المائية
AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES

Créée par décret N° 81 / 167 du 25 juillet 1981 - Compte Trésorerie d'Alger N° 0019800065 clé 59

Antenne Régionale Sud Ouest

الفرع الجهوي للجنوب الغربي

Demandeur : AISSANI
Analyse demandée : A.F
Date de réception : 25/05/2015
N° de laboratoire : 4072

Designation : PK400/50 BBM

RESULTATS D'ANALYSES

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	RESULTATS	NORMES DE POTABILITE	MINERALISATION GLOBALE	RESULTATS	NORMES DE POTABILITE
PH	4,88	≥ 6,5 et ≤ 9	Calcium Ca++ mg/l	2474	200,00
Conductivité ms/cm	84,00	2,80	Magnes. Mg++ mg/l	1546	150,00
Turbidité eau brute NTU	0,21	5,00	Sodium Na+ mg/l	19500	200,00
Turbidité eau déc. NTU	-		Potass. k+ mg/l	95	12,00
Residu sec à 110° C mg/l	52080,00	1500,00	Chlorure Cl- mg/l	56365	500,00
Temperature °C	-	25,00	Sulfate SO4-- mg/l	49981	400,00
PARAMETRES DE POLLUTION	RESULTATS		Bicarbon. HCO3- mg/l	18	-
			Carbonate CO3-- mg/l	0	-
Oxygène Dissous mg/l	-		Silice SiO2 mg/l	50,00	-
Ammonium NH4+ mg/l	22,000	0,50	TH °F	1237	-
Nitrite NO2- mg/l	0,000	0,20	TAC °F	2	-
Nitrate NO3- mg/l	1,76	50,00	TA °F	0	-
O.phosphate PO4- mg/l	0,800	0,50	Minéralisation mg/l	52080	-
Mat. Ox.(mil. Ac.) mg/l O2	11,00	5,00	Somme des ions mg/l	129982	-
Fer mg/l	-	0,30	F- mg/l	-	-

INTERPRETATION :

Eau très fortement minéralisée de qualité physico - chimique mauvaise

le prélèvement a été fait par le demandeur

CHEF DU LABORATOIRE

ANRH / D.R.S.O : B.P 364 Adrar (W. ADRAR) - ووم م : ص ب 364 ولاية أدرار -
Tél. : 049 96 66 92

Figure1.6 :Analyses physico-chimique (BBM)



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة الموارد المائية
MINISTÈRE DES RESSOURCES EN EAU

الوكالة الوطنية للموارد المائية
AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES

Créée par décret N° 81 / 167 du 25 juillet 1981 - Compte Trésorerie d'Alger N° 0019800065 clé 59

Antenne Régionale Sud Ouest

الفرع الجهوي للجنوب الغربي

Demandeur : ETUDIANT
Analyse demandée : A.F
Date de réception : 10/03/2015
N° de laboratoire : 4012
Designation : FOGARAS
TAMENTIT

RESULTATS D'ANALYSES

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	RESULTATS	NORMES DE POTABILITE	MINERALISATION GLOBALE	RESULTATS	NORMES DE POTABILITE
PH	7,89	≥ 6,5 et ≤ 9	Calcium Ca++ mg/l	87	200,00
Conductivité ms/cm	1,42	2,80	Magnes. Mg++ mg/l	28	150,00
Turbidité eau brute NTU	0,01	5,00	Sodium Na+ mg/l	160	200,00
Turbidité eau déc. NTU	-		Potass. k+ mg/l	20	12,00
Residu sec à 110° C mg/l	1080,00	1500,00	Chlorure Cl- mg/l	240	500,00
Temperature °C	-	25,00	Sulfate SO4-- mg/l	250	400,00
PARAMETRES DE POLLUTION	RESULTATS		Bicarbon. HCO3- mg/l	140	-
			Carbonate CO3-- mg/l	0	-
Oxygène Dissous mg/l	-		Silice SiO2 mg/l	-	-
Ammonium NH4+ mg/l	0,090	0,50	TH ° F	33	-
Nitrite NO2- mg/l	0,020	0,20	TAC ° F	12	-
Nitrate NO3- mg/l	20,00	50,00	TA ° F	0	-
O.phosphate PO4- mg/l	0,009	0,50	Minéralisation mg/l	880	-
Mat. Ox.(mil. Ac.) mg/l O2	0,30	5,00	Somme des ions mg/l	945	-
DCO en mg/l O2	23,04	0,30	DBO5 en mg/l O2	1,00	-

INTERPRETATION :

Eau minéralisée de qualité physico-chimique moyenne
le prélèvement a été fait par le demandeur

CHEF DU LABORATOIRE

ANRH / D.R.S.O : B.P 364 Adrar (W. ADRAR) - ووم م : ص ب 364 ولاية أدرار -
Tél. : 049 96 66 92

Figure1.7 : Analyses physico-chimique (Tamentit)

I- 4.LA DURETE

En se basant sur la lumière de ces études récentes, il nous a semblé utile de jeter notre petit pavé dans la marre, en étudiant le problème de l'eau dure consommée dans certaines oasis par la population locale dans les oasis de la région d'Adrar, tout en essayant de rapporter des réponses écologiques et abordables pour remédier à ce problème ; le choix c'est porté sur une solution écologique et durable qui a fait ses preuves dans le traitement des eaux de surfaces chargées en polluants ou en dureté mais pas les nappes phréatiques.

I- 4.1.Définition de dureté :

La dureté d'une eau ou bien le titre hydrotimétrique est définie comme étant la présence des ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} à forte concentration dans l'eau, auxquels s'ajoutent quelquefois les ions de fer, aluminium, manganèse, strontium.

La dureté de l'eau résulte de son contact avec les formations rocheuses lors de son passage dans le sous-sol. Elle varie donc en fonction de la nature de celui-ci et de la région d'où provient l'eau. A Adrar, la plupart des eaux de foggara sont naturellement dures.

La dureté d'une eau s'exprime en milliéquivalents de concentration en $CaCO_3$. Elle est aussi très souvent donnée en degrés français. De nombreux pays ont adopté des variantes dans la définition de la dureté.

Tableau 1 : Relation entre le TH d'une eau et sa dureté.

TH (°f)	1 à 7	7 à 15	15 à 25	25 à 42	>42
Eau	Très douce	douce	Moyennent dure	Dure	Très dure

I- 4.2 .Les désagréments de l'eau dure :

L'eau dure présente plusieurs désagrément et son utilisation est embarrassante voici quelques exemples :

-
- Change le goût de nourriture.
 - Laisse des traces sur les verres et la vaisselle.
 - Les cheveux perdent leurs éclats et deviennent rêches.
 - L'entartrage des appareils et des canalisations d'eau chaude par effet de réaction de calcaire en présence de substances alcalines telles que le savon et se précipite lorsque l'eau est portée à ébullition ou s'évapore.
 - Prendre une douche avec l'eau dure rend la peau sèche.
 - Les détergents perdent leur efficacité qu'il faut compenser par l'utilisation par plus de quantité.
 - Réduit la durée de vie du système de réchauffement qui accroît la consommation énergétique.
 - Réduit la durée de vie des vêtements.

I- 4.3. Les eaux dures et la santé humaine :

Jusqu'à une date récente, dans la bibliographie scientifique la dureté de l'eau n'était pas considérée un problème pour la santé humaine, mais uniquement un problème de désagrément dégustatif, et c'est sur la base de ces études que des recommandations gouvernementales sur la qualité de l'eau est devenue un problème de santé publique, à titre d'exemple le rapport sur la qualité de l'eau en Aquitaine en France en 2008, a directement mis en cause ce problème.

De plus les travaux de Pallav Sengupta dans le très respecté *international journal of preventive medicine* année 2013, a achevé le travail de la dangerosité de l'eau dure sur la santé publique et depuis l'avènement d'autres études récentes ont montré clairement une corrélation entre la consommation de l'eau dure et les troubles cardio-vasculaires, les retards de croissance, troubles de reproduction, la fluorose et bien d'autres troubles.

I-5. Principales méthodes d'adoucissement de l'eau dure :

L'adoucissement de l'eau est une technique qui élimine les ions causants la dureté de l'eau, en général les ions calcium et magnésium. Les ions du fer peuvent également être éliminés lors de l'adoucissement.

D'après certaines bibliographies, il existe plusieurs techniques d'adoucissement de l'eau dure, à savoir :

I-5.1. Précipitation :

Cette méthode consiste à ajouter des composants chimiques comme la chaux (CaO) ou Ca(OH)_2 , la soude (NaOH) ou Carbonate de Sodium (Na_2CO_3) à l'eau pour obtenir un précipité de Carbonate de Calciums et l'hydroxyde de Magnésium. Cette opération se fait dans des barils. De plus, il est préférable d'utiliser une filtration à sable après l'étape de précipitation.

I-5.1.1. Carbonate de calciums et l'hydroxyde de sodium : Cette méthode n'est pas utilisée pour les eaux basiques.

I-5.1.2. La chaux et hydroxyde de sodium : Cette méthode est utilisée pour diminuer la dureté totale car elle diminue la dureté temporaire (CO_3^{2-}) et une petite partie de la dureté permanente.

Inconvénients : Cette méthode nécessite beaucoup de temps.

I-5.2. Bouillir l'eau :

On porte l'eau à ébullition puis on la laisse refroidir, après quelques minutes on remarque une couche blanchâtre à la surface, des particules de chaux se regroupent. On l'enlève pour avoir de l'eau douce.

Inconvénients : Cette méthode n'est pas pratique car elle nécessite le temps et limite la quantité d'eau à adoucir.

I-5.3. Filtre sur robinet ou sous évier :

Le filtre se place tout simplement sur le robinet d'eau avec un brise-jet spécial séparant l'eau du robinet et l'eau filtrée.

L'eau traverse au moins une cartouche d'un bloc de charbon actif, parfois plusieurs, ces cartouches retiennent un nombre de substances indésirables. Les filtres éliminent des

polluants et autres éléments indésirables : nitrates, pesticides, plomb, goût de chlore combinant procédés de filtration mécanique et d'absorption.

Inconvénients : Ces filtres n'agissent pas sur la minéralisation de l'eau, ils n'éliminent pas son calcium.

I-5.4. Carafe filtrante :

C'est un type de théière ou une tasse d'eau de capacité d'environ 1,5L et est équipée d'un filtre à charbon qui filtre l'eau, son utilisation est pratique et coûte environ 5000 DA

Inconvénients : La cartouche doit être changée régulièrement, toutes les 4 à 6 semaines et le filtre ne doit pas rester sec plus de trois jours, et l'eau filtrée est susceptible pour les bactéries donc elle doit être consommée dans les 24heures...

I-5.5. La résine échangeur d'ions (adoucisseur d'eau domestique):

La résine est chargée en ions Na^+ quand on la plonge dans de l'eau dure on fait un échange avec les ions Mg^{+2} et le Ca^{+2} dans l'eau, le Ca^{+2} se fixe sur la résine et on perd du Na^+ . Une fois la résine chargée en Mg^{+2} et Ca^{+2} on la régénère dans de l'eau saturée en NaCl , cette opération de régénération provoque une sur consommation d'eau.

Inconvénients : l'eau adoucie est trop salée.

Nous nous intéressons uniquement aux méthodes de traitements écologiques pour plusieurs raisons ; d'après ces méthodes son respectueuse de l'environnement, et secundo leurs accessibilité à la population autochtone des oasis pour des raisons de coût bien-sûr.

I-6. Moringa :

Dans cette logique, nous nous sommes intéressés à l'adoucissement de l'eau dure par les graines de *Moringa oleifera* . Une technique déjà prouvée dans plusieurs régions du monde comme au Soudan, en Guinée et d'autres régions défavorisées où la population locale n'a pas accès à l'eau de qualité. Selon les dernières recherches scientifiques sur la qualité de l'eau, le *Moringa oleifera* a une action bactériostatique¹ plutôt que bactéricide² Plusieurs études scientifiques ont montré l'intérêt de l'utilisation de diverses parties du *Moringa oleifera*, dans le traitement de l'eau brute, on peut citer dans ce sens quelques études intéressantes, à titre d'exemple : Mangale Sapana M., et al. (2012), Arama P.F., et al (2011), Muhammad R. F., et al (2011), etc.

I-6.1. Systématique de *Moringa oleifera* :

Le Moringa oleifera, ou comme certains préfèrent le nommé, « arbre de vie », appartient à la famille des Moringacées qui comprend un seul genre, dont les représentants sont des arbustes et des arbres parmi lesquels seul le *Moringa oleifera*, d'après la F.A.O, il est parfois appelé « arbre à raifort », largement connue comme arbre à usages multiples. Originaire des régions sub-himalayennes d'Agra et d'Oudh, dans l'Uttar Pradesh (nord-ouest de l'Inde), il existe depuis des siècles dans l'ancienne Egypte³. Cette espèce est maintenant cultivée à des fins variées dans toute la zone intertropicale; elle peut résister à la sécheresse et se développe dans des conditions arides. Selon Lamarck qui a fait sa première description scientifique en 1785 : c'est un Arbre caduc (feuilles non persistantes) haut jusqu'à 20 m. Feuilles tripennées longue de 600 mm, composées de folioles elliptiques à obovales long de 10-24 mm et large : 5-18 mm, pétiolulées, à la base obtuse, aux marges entières, à l'apex obtus, au pétiole glabrescent long de 40-150 mm. Fleurs aux sépales linéaires à lancéolés (long: 13-15 mm), blancs, aux pétales oblongs et blancs (long : 12-18 mm), groupées en panicules sub-terminaux (long : 8-30 cm). Capsules linéaires (long : 300-450 mm).

1 Bactériostatique est le terme médical utilisé pour des substances qui suspendent la prolifération bactérienne.

² substance capable de détruire les bactéries présentes.

³ «wa chajara takhrojo men Tour Sinae tounbite bi adihné wa sibgh lialàkiline », Sourate Mouminine, Verset 20.



Figure1.8 Arbre de Moringa, Ouaina-Adrar (original)

Notre intérêt particulier pour la *Moringa oleifera* concerne son rôle d'«arbre purificateur» (shajarat al rauwāq), une technique qui a été observée dans le nord du Soudan. Principalement, après confirmation scientifique des propriétés flocculantes de ses graines que les villageoises avaient jusque-là surtout employé pour traiter l'eau boueuse du Nil (Jahn et Dirar, 1979; Jahn, 1981). Selon des études poussées de la *Moringa oleifera*, plus précisément, toutes les graines mises à l'étude contenaient des coagulants primaires de propriétés comparables à l'alun ordinaire. Appliquée à des doses de 30 à 200 mg/litre, selon la qualité de l'eau à traiter, la poudre de graines de *Moringa* en suspension permet de clarifier différents types d'eaux de surface tropicales de turbidité faible, moyenne et forte en leur conférant la qualité de l'eau de ville, en l'espace d'une à deux heures (Jahn, 1984). La suppression de la turbidité s'accompagnant d'une élimination à 98-99 pour cent des bactéries indicatrice. *Moringa oleifera* est aussi connu pour être un polyélectrolyte cationique naturel avec une composition chimique de polypeptides basiques avec des poids moléculaires allant de 6000 à 16000 daltons, contenant jusqu'à six acides aminés principalement de l'acide glutamique, la méthionine et l'arginine (Jahn, 1986).

Le traitement de l'eau domestique par les graines de *Moringa* s'est révélé une technique peu coûteuse pour améliorer la qualité de l'eau et les conditions sanitaires dans les communautés rurales des pays tropicaux en développement (Jahn, 1981; Sattaur, 1983; Jahn, 1986).

I-6.2. Quelques propriétés de *Moringa oleifera* :

Des études scientifiques ont montré l'utilité des différentes parties de *Moringa oleifera* dans plusieurs disciplines : la nutrition, le biodiesel, la fertilisation des sols, le fourrage d'animaux, l'aviculture et la fabrication de plusieurs médicaments et compléments alimentaires et même de traitement amincissant ; et utilisée aussi dans le domaine cosmétologique utilisée pour la fabrication de parfum, de savon, les crèmes et les masques pour la peau .Les médecins disent qu'il est un diurétique⁴et un bon laxatif et aussi il fait baisser le taux de lipides sanguins.

⁴ il augmente la sécrétion urinaire

I-6.2.1 Propriétés nutritifs :

D'après la bibliographie scientifique qu'on a pu consulter, presque toutes les parties de la *Moringa oleifera*, ont une valeur nutritionnelle, et sont quelques fois utilisées dans diverses régions du monde.

Feuilles fraîches de *Moringa oleifera*:

Les feuilles se consomment bouillies ou sautées. Les feuilles de *Moringa* sont riches en acides aminés, acides gras essentiels et contiennent des substances antioxydantes, elles accroissent les rendements de nombreuses plantes.

- Elles renferment la vitamine A qui agit comme un bouclier contre les maladies ophtalmologiques et cardio-vasculaires. Elles contiennent 7 fois plus de vitamine A que les carottes.
 - Elles sont riches en vitamine C qui combat une multitude de maladies, telles que les rhumes et la grippe.
 - Grande présence du potassium, très important pour le fonctionnement du cerveau et des nerfs, 3 fois plus de potassium que les bananes.
 - Le calcium est très présent, ce nutriment qui sert à reconstruire et à renforcer les os fragiles, à bâtir des dents fortes et prévient contre l'ostéoporose, elles contiennent 4 fois plus de calcium que le lait.
 - Les protéines qui maintiennent toutes les cellules de notre corps, autant de protéine que les œufs et contiennent 3 fois plus de fer que les épinards.
- **Les feuilles séchées de *Moringa oleifera*:**

Après séchage et réduction en poudre elle devient un complément alimentaire intéressant. La poudre de feuilles séchées (de qualité) peut s'utiliser dans tout type de nourritures et contient :

- 25 fois plus de fer que les épinards.
- 4 fois plus de protéine que les œufs, plus 0,75% de vitamine C que les oranges.
- 10 fois plus de vitamine A que les carottes.
- 15 fois plus de potassium que les bananes.
- 17 fois plus de calcium que le lait.

-
- Précisons également que le Moringa contient du sélénium, du zinc et les 10 acides aminés.



Figure1.9 (Feuilles de Moringa , Ouayna Adrar (original))

Les graines

Les graines, utilisées dans la médecine traditionnelle dans plusieurs régions d'Afrique, en Inde et pays du moyen orient, peuvent se manger grillées comme des cacahuètes, se réduire en poudre ou se transformer en huile.

L'huile extraite des graines (avec un rendement de 40%) appelée aussi huile de Ben, inodore et sa couleur jaune dorée a plusieurs vertus et utilisées depuis la nuit des temps en Grèce, Rome et l'Egypte antique par la médecine ayurvédique. consommée aux Indes, et est utilisée en horlogerie pour lubrifier les ressorts et les engrenages, aussi cette huile est bonne pour la peau et les cheveux.

La poudre de la graine de Moringa contient des protéines utilisées à la place du sulfate d'Alumine comme coagulant pour clarifier l'eau impur et turbide. La poudre contient aussi (le polypeptide "FLO"), possédant une action antibactérienne très puissante servant à purifier les eaux en détruisant 90 à 99% des bactéries.

CHAPITRE 2 :

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE II : PARTIE PRATIQUE

II-1.Introduction :

L'eau est une ressource vitale pour l'homme, d'où dépend sa survie, sa santé et son développement, elle l'est également pour ces activités agricoles et économiques.

Devant les besoins en eau douce qui ne cesse de croître, la recherche de moyens de traitement adéquats est devenue un choix obligatoire afin de mobiliser de plus importants volumes d'eau et satisfaire aussi la demande de plus en plus croissante, particulièrement dans les régions arides et semi arides.

L'intégration de procédés biologiques de traitement des eaux de consommation pourrait être une alternative durable dans l'amélioration de la qualité des eaux de boisson, du fait de la disponibilité et de la non-toxicité des substances. La présente étude porte sur l'optimisation de l'efficacité des graines de *Moringa oleifera* dans l'élimination de la dureté des eaux de foggara. L'eau de foggara Ait Brahim de la région de Boufadi a été traitée avec différentes concentrations de poudre de graines de *Moringa oleifera*. Le suivi de la dureté à différents temps a permis de déterminer les conditions optimales et d'évaluer l'efficacité des traitements. Il est ressorti des résultats que cette plante peut éliminer une partie importante de la dureté de l'eau.

II-2. But de l'étude :

Ce travail a pour but d'évaluer l'efficacité de la graine de *MORINGA OLEIFERA* dans les eaux de consommation et plus particulièrement l'élimination de la dureté de l'eau.

II-3. Les analyses physico-chimiques :

Les analyses physico-chimiques de l'échantillon ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'ANRH Adrar et quelques unes au niveau du laboratoire pédagogique de chimie à l'université Ahmed Draya Adrar. Ces analyses ont été réalisées sur les paramètres à étudier (Calcium, magnésium). Un titrage volumétrique à EDTA a été effectué sur l'échantillon brut et les autres échantillons après traitement avec la *MORINGA*.

II-4.Principe

Le sel disodique de l'acide Ethylène Diamino Tétra Acétique cristallisé avec H₂O, appelé aussi compléxon ou versénate forme avec un nombre de cation des complexes dont la stabilité dépend essentiellement du pH.

II-5.Matériels et réactifs

- Erlenmeyer de 300 ml.
- Agitateur magnétique chauffant
- Burette graduée de 50ml sur son support.
- Béchers de 50ml.
- Un barreau aimanté.
- Un papier filtre blanc.
- Une pissette d'eau distillée.
- Eprouvette graduée de 100ml.
- Fiole jauge de 500et 250 ml.
- Une balance sensible de marque UNI.
- Pipette de 10 ml.
- SOLUTION E.D.T.A
 - 40g E.D.T.A
 - 5g Soude caustique
 - 1g Chlorure de Magnésium.

Dissoudre 40g E.D.T.A, ajouter les 5g NaOH puis ajuster avec de l'eau distillée Q.S.P 1000ml.

Dissoudre à part 1g de chlorure de magnésium, ajuster avec de l'eau distillée Q.S.P 1000ml.

Mélanger les 2L ainsi obtenus et y ajouter 8 autres litres d'eau distillée, ce qui donne 10 litres d'E.D.T.A.

- SOLUTION TAMPON pH / 10 (Ca/Mg)

Le Tampon pH/10 est constitué par des mélanges à volume égale des solutions A et B.

- **Solution A** : Peser 67g de Chlorure d'ammonium préalablement séché 12 heures à l'étuve à 100°C puis refroidit au dessiccateur et ajouter 400ml d'Ammoniaque à 28% (448ml à 25%). Compléter à 1000ml par de l'eau distillée.

-
- **Solution B** : Dissoudre à 2 litres d'eau distillée 1,5Kg environ de Tartrate double de Sodium et de Potassium appelé couramment sel de seignette. Chauffer jusqu'à dissolution totale et ajuster à 2L
- SOLUTION DE SOUDE N (Ca) : 40g de Soude par litre d'eau distillée.
- INDICATEUR COLORE



Figure2.1: Poudre de NET et de Patton Reeder(original)

II-6. Prélèvement des échantillons :

La prise des échantillons a été faite directement d'une foggara d'Ait Brahim de la région de Founoughil dont l'objectif principal de l'échantillonnage est d'obtenir un prélèvement représentatif de l'élément à analyser. L'eau doit être prélevée dans des bouteilles en polyéthylène particulièrement propres et rincées plusieurs fois avec l'eau à analyser. Le mode le plus fréquemment utilisé est de remplir le flacon son agiter l'eau en évitant le plus possible le contact de l'échantillon avec l'air. Cet échantillon a été transmis au laboratoire dans un délai de 2h. Des paramètres ont été prise in situ comme suite :

La température atmosphérique était de 23°C et la **température** de l'eau à l'émergence de 14°C, la **pression** atmosphérique 1,009 mbar et **vitesse de vent** à 6km/h, débit approximatif la seconde est 20 l/s.

II-7. Préparation de la poudre de graines de Moringa :

Généralement l'arbre de Moringa donne ses graines en mois de Mai, les graines ont été ramenées de la région de Zaouiét Kounta (70 km d'Adrar Route Nationale N° 6).

Les graines doivent être séchées dans leurs gousses et à l'ombre pendant plusieurs jours, après on pourra les écraser et les réduire en poudre à l'aide d'un moulin à grain ou un mortier.



Figure2.2 : Graines du Moringa Oleifera (original)



Figure2.3 :Gousses des graines du M.Oleifera (original)

II-8. Préparation de l'échantillon :

Dans cette partie, les expériences ont été effectuées sur les eaux de foggara. Des volumes d'eau ont été traités par des quantités de la poudre de Moringa, de telles sortes à obtenir les concentrations de 4.4 g/l, 6 g/l et 9 g/l.

Le mélange est agité pendant des temps de contact différents (minute). Les échantillons sont collectés à des intervalles de temps prédéterminés, puis filtrés. Les échantillons collectés sont analysée par la suite par la méthode décrite en dessous. Les résultats obtenus sont dans le chapitre suivant.



Figure 2.4 : balance électronique de laboratoire (original).



figure 5: blinder (original)



figure 6 : filtration (original)

II-9. Techniques d'analyse :

Le dosage des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} se fait par complexométrie à l'aide de l'EDTA, la mesure du TH correspond à l'analyse des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} .

II-9.1. Dosage complexométrique :

Une réaction formant un complexe peut être utilisée comme réaction de dosage, pourvu qu'elle remplisse les conditions que doit remplir une telle réaction, à savoir être totale et instantanée. Le signal indiquant la fin de la réaction correspond souvent à la formation d'un autre complexe d'une couleur différente de celle du complexe formé au cours du dosage. Il faut bien entendu que ce second complexe n'apparaisse que lorsque le taux d'avancement de la réaction de dosage est aussi proche que possible de 100 %. C'est ce qui se passe, par exemple, au cours du dosage des ions chlorure Ca^{++} par l'ion EDTA Y^{4-} en présence de l'indicateur « noir d'ériochrome T » symbolisé par la formule HNet^{2-} bleu en absence d'ion calcium et rouge en présence d'ion calcium.

II-9.2. Dosage du Ca/Mg

Mélanger intimement puis broyer au mortier 100g de Chlorure de Sodium préalablement séché et une quantité de Noir d'Eriochrome T telle qu'on obtient un mélange de coloration mauve. On décèle la fin du virage par le Noir Eriochrome T qui vire du rose au bleu.

II-9.3. Dosage du Ca

Mélanger intimement puis broyer au mortier 100g de Chlorure de Sodium préalablement séché et une quantité de Patton et Reeder (Acide hydroxy-2 (Hydroxy-2 Sulfo-4 Naphtoiqe-3). On observe la fin du virage quand la couleur passe alors du rouge au bleu foncé.

II-10. Mode opératoire :

II-10.1. Titre de l'EDTA

- Le dosage de l'E.D.T.A s'impose à chaque fois que le remplissage du flacon doseur est fait.

- On prépare une solution de CaCO_3 à 1g/l (attaque de 1g de CaCO_3 par HCl dilué puis ajuster à 1litre par de l'eau distillée. Le CaCO_3 doit avoir été séché à l'étuve puis refroidi au dessiccateur). On prélève 10ml qui seront dosés en même temps que les échantillons. Cette solution contient 20mé/l de Ca^{++}

- Les PE ayant été placés dans des béchers de 50ml on y ajoute systématiquement 2ml de Tampon (Ca/Mg) et 2 ml de NaOH (Ca) et une pincée d'indicateur; la solution prend une teinte rose (Ca/Mg) et rouge (Ca).

- La solution étalon de Ca^{++} et les échantillons ainsi préparés sont alors traités de manière identique. L'E.D.T.A étant placé dans la burette, on verse jusqu'au virage du rose au bleu en maintenant une agitation dans le bécher. On notera soigneusement le volume V_1 d'E.D.T.A nécessaire pour faire virer la solution étalon de Ca^{++} et les volumes V_2 d'E.D.T.A nécessaire pour faire virer les échantillons.



Figure2.7 : Dispositif de titrage complexométrique(original)



Figure2.8 : Le point de virage (original)

II-10.2.Calcul de la normalité de l'E.D.T.A

10ml à 20mé/l de Calcium ont été dosés par V1 d'E.D.T.A

$$N_{E.D.T.A} \text{ méq/l} = \frac{20 \times 10}{V_1} = \frac{200}{10}$$

II-10.3.CALCULS :

Teneur en Calcium et Magnésium des échantillons

$$X \text{ méq/l Ca/Mg} = N_{E.D.T.A} \times \frac{V_2}{PE_{ml}} \quad (1)$$

Teneur en Calcium des échantillons

$$X \text{ méq/l Ca} = N_{E.D.T.A} \times \frac{V_2}{PE_{ml}} \quad (2)$$

Teneur en Magnésium des échantillons

$$X \text{ méq/l de Mg} = \text{méq/l de Ca/Mg} - \text{méq/l de Ca} \quad (3)$$

$$1 \text{ méq/l} = 5 \text{ F}^0$$

CHAPITRE 3 : RESULTAS ET DISCUSSION

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

Avant de traiter et discuter les différents résultats d'analyse des données obtenus on a besoin de définir les teneurs de dureté des différents échantillons traités, Sachant que la dureté total d'une eau obtenue après le titrage avec l'EDTA à l'équivalence est calculée à l'aide de la formule :

$$TH (F^0) = V \text{ EDTA} \cdot N \text{ EDTA} \cdot 100 \cdot 5 \dots\dots\dots \text{équation (4)}$$

Le résultat de ces analyses montre que l'eau de foggara possède une dureté totale de l'ordre de 43 Degré Français ce qui est équivalent à 430 mg/l de CaCO₃.

III-1. Résultats de volumes EDTA versés à l'équivalence (Dosage Ca⁺² /Mg⁺²) :

III-1.1. Tableau de concentration 4,4g /l (échantillon1) :

Temps(h)	1/6	1	2	3	4
V EDTA (ml)	4	3,7	3,4	3,1	3

III-1.2. Tableau de concentration 6 g /l (échantillon2) :

Temps(h)	1/6	1	2	3	4
V EDTA(ml)	3,3	2,5	2	1,6	1,4

III-2.3. Tableau de concentration 9 g /l (échantillon3) :

Temps(h)	1/6	1	2
V EDTA(ml)	3,1	1,7	1,2

III-2. Résultats du dosage de la dureté totale :

Après l'application des valeurs précédentes des volumes versés dans la formule (4), on obtient les résultats de dureté élaborés dans les tableaux qui suivent donnant la variation du TH en (F⁰) avec le temps de contact, ainsi que l'influence de masse du Moringa sur le traitement.

III-2.1. Tableau de TH de l'échantillon 1:

Temps (h)	0	1/6	1	2	3	4
TH (F°)	43	40	37	34	31	30

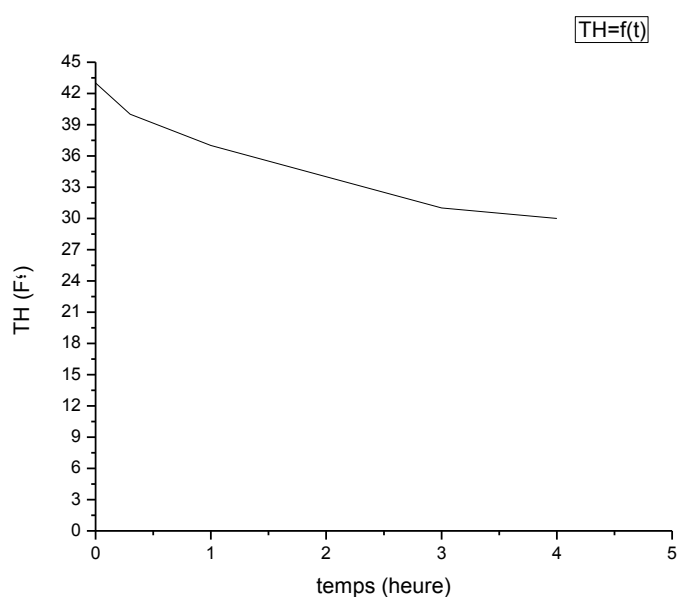


figure3.1: graphe de TH en fonction de temps de l'échantillon 1

Ce graphe présente le titre hydrotimétrique en F° d'une eau traitée en graines de Moringa avec une concentration de 4,4g/l, en fonction du temps en heure .

On remarque une diminution de TH de l'eau de 3 Degrés Français juste après l'ajout de graines de *Moringa*, et la dureté continue à baisser arrivant à 30 F° après 4 heures du traitement , ce qui rend l'eau dure après être très dure. Donc le traitement utilisé est efficace mais nous n'avons pas atteint l'objectif de rendre l'eau douce.

III-2.2. Tableau de TH de l'échantillon 2:

Temps (h)	0	1/6	1	2	3	4
TH (F°)	43	33	25	20	16	14

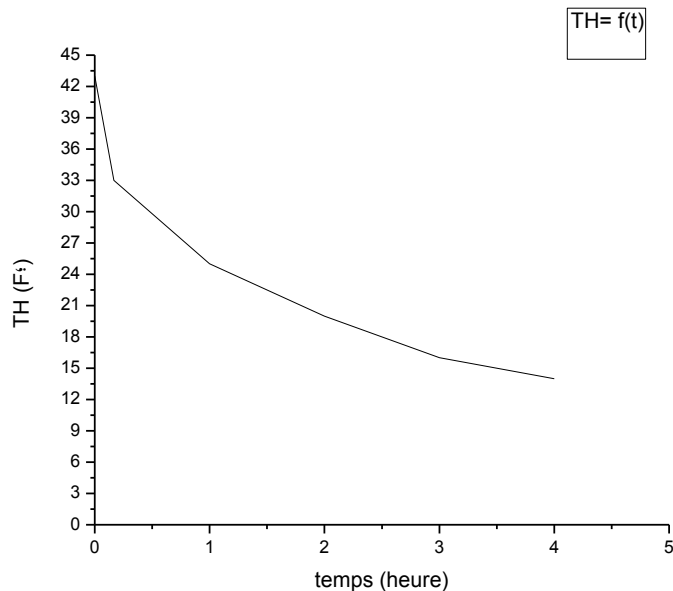


figure3.1: graphe de TH en fonction de temps de l'échantillon2

Ce graphe présente la variation du titre hydrotimétrique en F° d'une eau traitée en graines de *Moringa* avec une concentration de 6g/l, en fonction du temps en heure.

On remarque une diminution de TH de l'eau de 10 Degrés Français juste après l'ajout de graines de *Moringa*, et la dureté continue à baisser arrivant à 25 F° après une heure de traitement, ce qui rend l'eau **moyennement dure**, et c'est satisfaisant comme résultat, et après trois heures on remarque une baisse jusqu'à 16 F° et quelque temps après on atteint notre objectif de rendre l'eau **douce** et cela après un temps de plus de trois heures.

III-2.3. Tableau d'échantillon 3:

Temps(h)	0	1 /6	1	2
TH (F°)	43	31	17	12

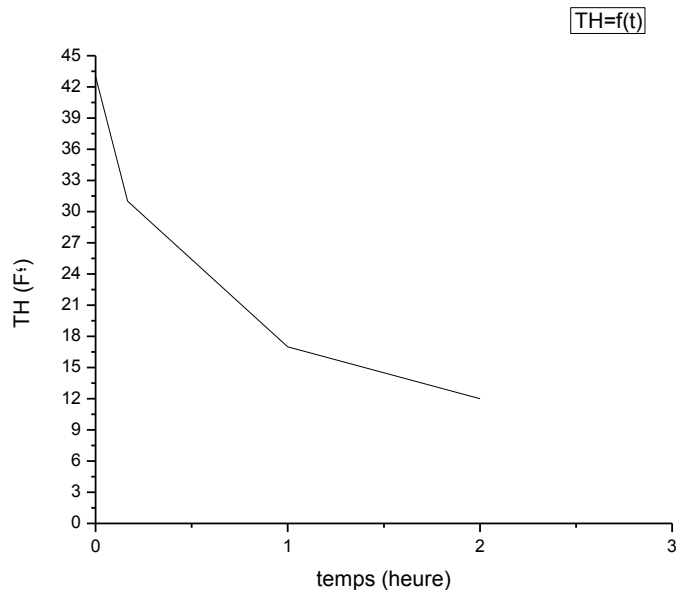


figure3.1: graphe de TH en fonction de temps de l'échantillon 3

Ce graphe présente le titre hydrotimétrique en F^0 d'une eau traitée en graines de Moringa avec une concentration de 9g/l, en fonction du temps en heure.

On remarque que le TH de l'eau diminue considérablement ; après un temps de contact de deux heures le TH diminue de $43 F^0$ à $12F^0$, donc il y'a élimination d'un taux de 28% ce qui rend l'eau **moyennement douce** et confirme l'efficacité du traitement avec les graines de Moringa.

III-3.Discussion :

A la lumière des résultats obtenus cités dans des tableaux ci-dessus du rapport entre la dureté totale de l'eau de foggara traitée avec les graines de *Moringa* et le temps (on observe une baisse de TH de l'eau). Nous pouvons avancer que l'objectif de notre travail a été atteint.

Lorsque nous regardons le rapport entre les deux variables, nous constatons que le niveau d'interaction est inversement proportionnel, plus le temps passe plus la dureté diminue; et plus la concentration est élevée plus cette diminution est rapide. Donc la concentration contribue directement à la réduction du temps de traitement et on pourra dire que ces résultats nous montrent l'efficacité de la méthode utilisée.

On conclue que les graines de Moringa ont un pouvoir réducteur de dureté totale de l'eau et cela est du à son pouvoir d'adsorption et inter-particules pontage au tant que poly-électrolyte .

On pense comme perspective compléter ce modeste travail par une recherche complémentaire visant à améliorer le rendement de cette méthode d'adoucissement de l'eau dure par l'utilisation de graines de Moringa, d'un coté et d'un autre coté on souhaite connaitre les points de saturation et de stabilisation des réactions chimiques de cette méthode notamment en fonction du volume d'eau maximal qui peut être traité par cette technique écologique, chose qu'on n'a pas pu réaliser convenablement à cause du manque de temps .

Nous souhaitons vivement que le service des forêts ainsi que les populations des oasis s'impliquent dans la valorisation de cet arbre noble qu'on nomme modestement Moringa, et ceci par sa plantation et l'extension de son aire à travers les oasis, pour tirer tout les profits bénéfiques de cette arbre, que nous venons uniquement de mettre un petit coté de lumière sur son pouvoir adoucisseur d'eau dure, que nous tenons à rappeler sans cesse que les dernières études scientifiques ont prouvé qu'il y a une corrélation positive entre la dureté de l'eau et les risques des maladies cardio-vasculaires et l'hypertension artérielle et d'autres maladies insoupçonnées.

CONCLUSION GENERALE

La présente étude porte sur l'amélioration de la qualité d'eau de consommation dure issue de la nappe phréatique de la wilaya d'Adrar grâce à des méthodes écologiques, avec comme principale objectifs deux volets distincts à atteindre dans le cadre de notre discipline, à savoir l'environnement et la sauvegarde de ces composantes et en même l'application des solutions innovatrices et durables qui s'inscrive dans le cadre du respect des principes de la chimie vertes tel que défini dans les annales de ce domaine.

Dans ce cadre notre choix c'est porté sur l'utilisation des graines de *Moringa oleifera* pour la réduction de la dureté de l'eau, une plante déjà connu par la population autochtone de certains régions du monde pour réduire la turbidité de l'eau des fleuves et des rivières depuis des lustres de temps comme à titre d'exemple. Actuellement d'après notre modeste recherche bibliographique ; une grande tendance scientifique se développe depuis presque deux décennies pour des différentes parties de *Moringa oleifera* dans le traitements des eaux usées notamment en ce qui concerne la réduction de la charge organique et la turbidité de ces effluents liquides urbains.

Quelques études scientifiques ont déjà été faites dans plusieurs endroits du monde pour la réduction de la dureté l'eau de consommation, qu'elle soit de surface ou à partir de la nappe phréatique (voir bibliographie) dans le but d'améliorer le quotidien de la population locale qui en souffre, mais d'après notre recherche bibliographique les résultats obtenu ne peuvent être qu'à titre indicatif, vue que les eaux douces utilisés pour les études leurs composition physico-chimique et la nature et la concentration des polluants varie d'une saison à l'autre (M. L. Ndiaye, et *al.*, 2010).

Pour ces raisons nous avons jugées utiles d'appliquer ces recherches sur l'eau de la nappe phréatique de la wilaya d'Adrar qui est capté grâce aux réseaux de foggara, en sachant que cette eau contraire aux autres études se caractérise par une composition physico-chimique très stable dans le temps, pour savoir quels sont les paramètres à tenir en comptes pour l'utilisation des graines de *Moringa oleifera*, pour la population autochtone, surtout dans les régions où l'eau est très dure et presque impropre à la consommation comme l'oasis de Temana près de Timimoun.

Nous avons obtenus des résultats satisfaisants, et nous avons découvert que cette technique n'est pas fonctionnelle si la température de l'eau à adoucir et la même que la température de la chambre en plein été chaud qui caractérise cette ville saharienne qu'on nomme Adrar, c'est-à-dire, plus de 35°, ce qui nous pousse à suggérer que l'adoucissement de

l'eau dure par les graines de *Moringa oleifera*, ne peut être fait dans la saison d'été uniquement en amont de la foggara là où l'eau à une température constamment fraîche, ou avec une eau préalablement rafraîchie qu'elle soit par les moyens traditionnels des oasis ou le simple réfrigérateur.

Enfin nous considérons que l'étude qui a été faite comme purement préliminaire, et nous comptons la perfectionner dans un futur proche pour qu'elle soit avec un meilleur rendement et sous toutes les saisons qui caractérisent le climat saharien de la wilaya d'Adrar.

Résumé :

Jusqu'à une date récente, l'eau dure n'était pas considérée comme un problème de santé publique, tout au plus elle était comme un simple problème dégustatif dans le pire des cas. Ça ce qu'on trouvait dans les recommandations de l'organisation mondiale de la santé, et les directives européennes et américaines sur les normes des paramètres physico-chimiques de l'eau de consommation .

Or d'après les études récentes et très sérieuses, et les preuves qui s'accumulent depuis 5 ans, il y a une corrélation positive entre la consommation excessive de l'eau dure et les risques de maladies cardio-vasculaires, diabétiques et les insuffisances rénales...ce qui nous oblige à revoir notre concept de consommation de l'eau dure quotidiennement et de ses effets néfastes non pas en se tournant vers les techniques coûteuses et déjà éprouvées des adoucisseurs industriels bon marché, mais plutôt vers les solutions respectueuses de l'environnement dans l'esprit de la chimie verte qui encourage cette voie.

Dans cette perspective, nous avons opté pour la validation d'une solution tout à fait naturelle et qui a prouvée son efficacité dans d'autres altitudes : à savoir l'utilisation de *Moringa oleifera* Lam., pour l'adoucissement de l'eau dure, mais cette fois l'étudier et voir sa faisabilité et ses points de faiblesses sous la latitude d'Adrar qui est se caractérise par son climat désertique hyper chaud.

Notre étude préliminaire nous a donné des résultats encourageants, mais en même temps nous a montré que cette méthode respectueuse de l'environnement a besoin d'être amélioré, car elle montre des carences que nous comptons les réduire dans nos études ultérieures.

Mots clés : santé humaine, eau dure, environnement, *Moringa oleifera*, adoucissement.

ABSTRACT

Until recently, the hard water was not considered as a public health problem, it just presented list a simple problem of taste. That was one of the recommendations of the World Health Organization, and the European and Americans guidelines on standards of physical and chemical parameters of water consumption.

But according to recent and serious studies, and evidence that accumulated for 5 years, there is a positive correlation between excessive consumption of hard water and the risk of cardiovascular disease, diabetes and shortcomings kidney... forcing us to rethink about our daily water consumption its harmful effects, not turning to the expensive technical experienced by industrial softeners, but rather to solutions that respect the environment in the spirit of green chemistry that encourages this path.

In this prospective, we opted for the validation of a solution purely natural which has proven her efficiency in other latitudes: namely the use of *Moringa oleifera Lam*, for softening of hard water, but this time studying it, and see its feasibility and the points of weaknesses in the latitude of Adrar which is characterized by its super hot desert climate.

Our preliminary study gives us encouraging results, but at the same time has shown that this method witch respects the environment, needs to be improved, because it shows deficiencies that we expect to reduce them in our further studies.

Key words: human health, hard water, environnement, *Moringa oleifera*, softness.

المخلص:

قبل سنوات معدودة، لم تكن المياه الصالحة للشرب المحملة بشكل زائد بأملاح كربونات الكالسيوم و كربونات المغنيزيوم تعتبر مشكلة لصحة الانسان حسب توصيات منظمة الصحة العالمية و التوصيات الحكومية للاتحاد الاوروبي و كذا الولايات المتحدة الامريكية، كانت المياه الشرب المحملة بشكل زائد بكربونات الكالسيوم و كربونات المغنيزيوم ؛بل كانت تعتبر فقط مشكلة في الاستعمالات اليومية مثل سخانات المياه و الصناعة و غيرها، حتى اثبتت دراسات جادة حديثة جدا ان هناك علاقة وثيقة بين الاستهلاك اليومي للمياه العسرة و الاستعداد التلقائي للإصابة بأمراض ضغط الدم و القلب و الكلى بشكل لا يترك مجال للشك.

انطلاقا من هذه الدراسات الحديثة جدا، ظهر لنا جلي ان نهتم بالحلول الصديقة للبيئة من اجل خفض تركيز الاملاح السالفة الذكر، و مراعات مدى فعالية هذه الحلول في المناخ الصحراوي الحار الذي تتميز به منطقة ادرار. و قد استعملنا لهذا الغرض بدور نبات المورينغا، لأنه يساهم في اثناء التنوع البيولوجي من جهة و من جهة اخرى لكلفته الاقتصادية المعقولة جدا. و لقد تحصلنا في هذه الدراسة على نتائج مشجعة، لكن ظهر لنا جليا ان هذه الطريقة بحاجة الى دراسات اخرى قصد الوقوف على نقاط ضعفها.

الكلمات المفتاحية:

المياهالعسرة ، صحة الانسان، المورينغا، البيئة، تحلية المياه.

Bibliographie :

- Ansari Taha. (?) -Système traditionnel d'exploitation des eaux souterraines foggaras. Agence nationale des ressources hydrauliques direction régionale sud-ouest A (?).
- Ansari Taha. 2015- La préservation des foggaras dans la province d'Adrar en l'Algérie. 26th Euro-mediterranean Regional Conference and Workshops « Innovate to improve Irrigation performances »12-15 October 2015, Montpellier, France.
- Arama Peter Futi., Wagai Samuel Otieno., Ogun Joseph Acholla., Walter Atieno Otieno., Owido Seth Ochieng., and Mahagayu Clerkson Mukisira. 2011- Harvesting surface rainwater – purification using *Moringa oleifera* seed extracts and aluminum sulfate. Journal of Agricultural Extension and Rural Development Vol. 3(6), pp. 102-112, June 2011.
- Benhamza Messaoud. 2013- aperçu hydrogéologique et hydro-chimique sur le système de captage traditionnel des eaux souterraines « Foggara » dans la région d'Adrar. Mémoire de magister Option: qualité des eaux et impact sur l'homme et l'environnement. Faculté des Sciences de la Terre Département de Géologie Université Badji Mokhtar-Annaba.
- Bernard LEGUBE, Nicole MERLET et coll. L'analyse de l'eau. Edition Lacroix 2011.
- Bisson J., 1957 – Le Gourara, étude de géographie humaine, Mémoire de l'IRS n° 3, Université d'Alger.
- Bisson J., 2003 – Mythes et réalités d'un désert convoité, Le Sahara. Edition l'Harmattan.479p
- Boualem Remini, Bachir Achour et Rabah Kechad. 2010- La foggara en Algérie : un patrimoine hydraulique mondial. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 23, n° 2, 2010, p. 105-117.
- Elhassein Ahmed Adam Hamad. 2012- Coagulation Efficiency of *Moringa Oleifera* for Removal Turbidity and Reduction of Total Coliform. University of Gezira, Republic of the Sudan, Protection of environment and water quality: the basis for agricultural production, Food Security and sustainable development 2012.
- Farooq Anwar., Sajid Latif., Muhammad Ashraf., Anwarul Hassan Gilani. 2007- *Moringa oleifera*: A Food Plant with Multiple Medicinal Uses. Phytotherapy research. 21, 17–25 (2007).
- Gustavo Hitzschky Fernandes Vieira, Jozeanne Alves Mourão, Ângela Maria Ângelo, Renata Albuquerque Costa & Regine Helena Silva dos Fernandes Vieira 2010- antibacterial effect (in vitro) of *Moringa oleifera* and *Annona muricata* against gram positive and gram negative bacteria. Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo 52(3):129-132, May-June, 2010.
- http://formad-environnement.org/moringa_mada_5dec10.pdf
- <http://moringa.alismiri.com/Content/Pages/ValeurNutritive.html>
- http://www.plantes-botanique.org/espece_moringa_oleifera

-
- M. L. Ndiaye, H.-R. Pfeifer, S. Niang, Y. Dieng, M. Tonolla et R. Peduzzi., 2010- Impacts de l'utilisation des eaux polluées en agriculture urbaine sur la qualité de la nappe de Dakar (Sénégal). <http://vertigo.revues.org>. Volume 10 numéro 2. 2010.
 - Maazouzi A. Kettab, A. Badri, B. Zahraoui, R. Khalfaoui 2013- Physicochemical parameters of groundwater (Foggara) and sand dune (Timimoun) Algeria. *Desalination and Water Treatment*, 51 (2013) 7353–7358 November.
 - Mangale Sapana M., Chonde Sonal G. and Raut P. D., 2012- Use of *Moringa Oleifera* (Drumstick) seed as Natural Absorbent and an Antimicrobial agent for Ground water Treatment. *Research Journal of Recent Sciences* Vol. 1(3), 31-40, March (2012).
 - Morris F. Hiji., Justin W. Ntalikwa. 2014- Investigations of Dodoma municipal hard water: (Part 1): Review of hard water treatment processes and identification of contaminants. *International Journal of Environmental Monitoring and Protection* 2014; 1(3): 56-61.
 - Muhammad Ridwan Fahmi, Nor Wahidatul Azura Zainon Najib, Fang Chan Ping and Nasrul Hamidin. 2011- Mechanism of Turbidity and Hardness Removal in Hard Water Sources by using *Moringa oleifera*. *Journal of Applied Sciences* 11 (16): 2947-2953, 2011.
 - Pallav Sengupta. 2013- Potential Health Impacts of Hard Water. *Int J Prev Med*. 2013 Aug; 4(8): 866–875.
 - Ravikumar KÅ., and Sheeja A. K., 2014- Removal of Fluoride from Aqueous System using *Moringa oleifera* Seed Cake and its Composite Coagulants. *International Journal of Current Engineering and Technology*, Vol.4, No.3 (June 2014).
 - Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. (?)Document technique - Le pH de l'eau potable.
 - REMINI B., ACHOUR B., 2008- Les foggaras du grand erg occidental algérien. *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 07, Juin 2008, pp. 21-37.
 - S.V. Maruti Prasad., B. Srinivasa Rao., 2013- Environmental sciences a low cost water treatment by using a natural coagulant. *International Journal of Research in Engineering and Technology*. Volume: 02 Issue: 10 | Oct-2013.
 - Samia Al Azharia Jahn, Hassan A. Musnad., Heinz Burgstaller. 1986- L'arbre qui purifie l'eau: Culture de *Moringa* spp. au Soudan. *Unasylya* - No. 152 - La génétique et les forêts de l'avenir 1986. Publication F.A.O.
 - Selkh C., 2012 – Contribution à l'étude phytoécologique du pourtour de l'Erg Occidental. Mémoire Magistère option Écologie végétale. Université d'Oran Es-Senia.
 - Sethupathy. 2015- An experimental investigation of alum and *Moringa oleifera* seed in water treatment. *International Journal of Advanced Research* (2015), Volume 3, Issue 1, 515-518.
 - Suleyman A. Muyibi and Lilian M. Evison. 1994- *Moringa oleifera* seeds for softening hardwater. *Wat. Res.* Vol. 29, No. 4, pp. 1099-1105. 1994.