



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 :
Ahlam Mahboub

Le : mercredi 30 septembre 2020

**Etude de la qualité des eaux chaudes « CI » et de l'entartrage au
niveau des refroidisseurs d'Oued Righ. Cas de djamaa.**

Jury :

M. KHACHEI S.	MAA	Université de Biskra	Président
M. BOUKEHIL K.	MAA	Université de Biskra	Rapporteur
M. BOUMAARAF B.	MCA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2019 - 2020

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier le bon Dieu le tout puissant de nous avoir donné le Courage, la volonté et la patience pour achever ce travail.

Je tiens tout d'abord à remercier Mr. Boukehil Khaled enseignant au département des sciences agronomiques à l'université de Mohammed Khider Biskra pour avoir encadré et dirigé ce travail, avec une grande rigueur scientifique. La qualité de sa formation et ses conseils, le soutien et la confiance qu'il m'a accordée.

Enfin je remercie tous les enseignants de la Faculté des Sciences de la nature et de la vie de Biskra du Département des Sciences Agronomiques pour toutes les informations nécessaires à ce travail dans le domaine de l'étude.

Dédicaces

A mes très chers parents : ma très chère mère qui
ma soutenu par ces bénédictions et mon très cher père

que m'a aussi été d'une aide morale et matérielle

Ames frères: Djalal; Samah ; Zaid ; Amal ; Malak.

Et a toute la famille : Mahboub.

Et à tous mes amis

Merci pour votre soutien

SOMMAIRE

Liste de figures	I
Liste des tableaux.....	II
Liste d'abréviation.....	III
Introduction	I

PARTIE I : BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA REGION D'OUED-RIGH

I.1. Généralités.....	03
I.2. Situation géographique.....	04
I.3. Relief.....	05
I.4. Climat.....	06
I.4.1. Données climatiques.....	06
I.4.1.1. Pluviométrie.....	06
I.4.1.2. Humidité de l'air.....	06
I.4.1.3. Températures.....	07
I.4.1.4. Vents.....	07
I.4.1.5. Evapotranspiration	07
I.5. Classification du climat.....	07
I.5.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen.....	07
I.5.2. Le climat gramme d'Emberger.....	09
I.6. Sol.....	09
I.7. Texture.....	09

CHAPITRE II : RESSOURCES EN EAU DANS LA REGION D'OUED RIGH

II.1. Hydrogéologie.....	12
II.1.1. La nappe phréatique	12
II.1.2. La nappe du Complexe Terminal.....	13
II.1.2.1. Caractéristique principales.....	14
II.1.2.1.1. La première nappe des sables CT1.....	15
II.1.2.1.2. La deuxième nappe CT2.....	15
II.1.2.1.3. La nappe des calcaires du Sénonien carbonaté/Eocène inférieur CT3.....	16
II.1.3. La nappe du Continental Intercalaire.....	17
II.1.4. Une nappe du Mio-Pliocène dite nappe des sables	19

CHAPITRE III : GENERALITE SUR LA PROBLEMATIQUE D'ENTARTRAGE

III.1. Définition L'entartrage.....	19
III.2. Problèmes d'exploitation des eaux albiennes et état des installations hydrauliques.....	20
III.3. Impact des incrustations sur les installations et les équipements hydrauliques.....	20
III.4. Causes de l'entartrage	21
III.5. Conséquences de l'entartrage	22
III.5.1. Conséquences hydrauliques.....	22
III.5.2. Conséquences bactériologiques.....	22
III.5.3. Conséquences technologiques.....	22
III.5.4. Conséquences thermiques et énergétiques.....	22
III.5.5. Conséquences économiques.....	23

III.6 .Evolution des diamètres des canalisations au cours du temps.....	23
III.6.1. Analyse de l'évolution du dépôt de tartre dans les différentes conduites.....	23
III.6.2. Etablissement de la formule de prévision d'entartrage.....	24
III.7. Variétés cristallographiques de CaCO ₃	25
III.7.1. Calcite.....	25
III.7.2. Aragonite.....	25
III.7.3. Vatérite.....	25
III .8. Moyens de lutte contre l'entartrage.....	26
III.9.Synthèse bibliographique.....	26
III.9.1.Mécanisme de l'entartrage.....	26
III.10.Paramètres de l'entartrage.....	26
III.10.1.La présence de calcaire dans l'eau.....	27
III.10.2.La température de l'eau.....	28
III.10.3.La présence dans l'eau d'éléments favorisants.....	29
III.10.4.Influence de la nature de la canalisation.....	29
III.11.Différents types de tartre.....	29
III.11.1.Tartre alcalin.....	30
III.11.2.Tartre non alcalin.....	32

PARTIE II : EXPERIMENTATION

CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES D'ETUDE

IV.1 Objectif de travail.....	32
IV .2 Matériel expérimentale	33
IV.3 Méthodologie adopté	33

IV.3.1 Sur terrain	33
IV.3.1.1 Choix de site	33
IV.3.2 Echantillonnage.....	33
IV.3.2.1 Echantillonnage d'eau	33
IV .3.2.2 Echantillonnage de tartre.....	35
IV .4.2. Méthodes d'analyses physico-chimiques du l'eau	35
IV .4.2.1. Analyses physiques de l'eau.....	35
IV .4.2.1.1. La Température	35
IV .4.2.1.2. Potentiel D'hydrogène (PH)	35
IV .4.2.1.3. La conductivité électrique	36
IV .4.2.2. Analyses chimiques du l'eau	36
IV .4.2.2.1. Dosage des éléments suivants	36
IV .4.2.3. Taux d'absorption du Sodium (SAR)	36
IV .4.2.4. La dureté d'une eau.....	36

CHAPITRE VI : RESULTATS ET DISCUSSION

VI. Analyse physique et chimique de l'eau.....	39
VI.1 Les différents types de deux régions.....	39
VI.1 .1Température	39
VI.1 .2 Potentiel D'hydrogène (PH).....	39
VI .1 .3 Conductivité électrique.....	39
VI.1 .4 Cations.....	40
VI.1 .5 Anions.....	41
VI .1 .6 Dureté.....	42
VI .1 .7 Taux d'absorption du Sodium (SAR).....	43
VI.2 Résultats d'article (novembre 2010).....	43
VI.2.1 Température.....	44
VI.2.2 Potentiel D'hydrogène (PH).....	44

VI.2.3	Conductivité électrique.....	45
VI.2.4	Cations.....	46
VI.2.5	Anions.....	47
VI.2.6	Dureté.....	48
VI.3.	Résultats d'article (avril 2012).....	49
VI.3.1	Température.....	50
VI.3.2	Potentiel D'hydrogène (PH).....	50
VI.3.3	Conductivité électrique.....	51
VI.3.4	Cations.....	52
VI.3.5	Anions.....	53
VI.3.6	Dureté.....	54
VI.3.7	Faciès chimique	55
	Conclusion.....	58

Références bibliographique

Annexe

LISTE DES FIGURES

Liste des figures	Page
Figure 1: Photo satellite de la région de l'Oued Righ	03
Figure.2. Schéma géographique du haut et moyen Oued Righ	03
Figure 3 : Situation géographique de la vallée de l'oued Righ (A.N.R.H, 2015). A. Situation géographique B. Subdivision administrative	05
Figure 4 : Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson appliqué à la région de l'Oued Righ	08
Figure 5 : Climagramme d'Emberger pour la région d'Oued Righ	09
Figure06 : Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (ZERROUKI et SALHI, 2017).	12
Figure07 : Coupe hydrogéologique Nord- Sud du Complexe Terminal du Sahara (ZERROUKI et SALHI, 2017).	15
Figure 08: Forage nappe du continental intercalaire (photo originale)	16
Figure 09 : Photo satell Conséquence de l'entartrage (Photo originale)	20
Figure 10 : Conduite de distribution neuve en amiante ciment de diamètre initial 500 mm b) Entartrage de la même conduite après quatre années d'exploitation	21
Figure 11 : Représentation graphique de l'évolution des diamètres en fonction du temps d'exploitation	27
Figure 12. Schéma général de dépôt de tartre dans une conduite	28
Figure 13 : <i>Cristaux de calcite (a) Aragonite (b), de Vatérite (c) pris par MEB [20]</i>	29
Figure 14 : Position des points d'échantillonnage d'eau dans la région d'étude (Google Earth, 2020).	33

Figure 15: Photo représentatif de la manière échantillonnage de l'eau chaud effectuée au niveau du bassin d'accumulation supérieur des refroidisseurs (Photo original) .	34
Figure16 : Position des points d'échantillonnage d'eau dans la région d'étude (Google Earth, 2020) .	35
Figure 17 : Photo représentatif d'échantillonnage du tartre (Photo original) .	39
Figure 18: Présentation des pH de la différente région de types d'eau.	40
Figure19 : Présentation des CE de la différente région de types d'eau.	41
Figure20 : Présentation des cations solubles de la différente région de types d'eau.	42
Figure21 : Présentation des anions solubles de la différente région de types d'eau.	43
Figure 22: Présentation de la dureté différente région de types d'eau.	44
Figure23 : Présentation de taux d'absorption du sodium (SAR) de deux régions d'eau.	45
Figure24 : Présentation de pH	46
Figure25 : Présentation de Conductivité électrique et salinité	47
Figure 26: Présentation des cations solubles de l'aquifère albien de la zone d'étude (novembre 2010).	48
Figure27 : Présentation des Anions solubles de l'aquifère albien de la zone d'étude (novembre 2010).	49
Figure28 : Présentation de la dureté	50
Figure29 : Présentation des pH des eaux	51
Figure30 : Présentation de la CE et salinité	52
Figure31 : Présentation des Cations solubles de l'aquifère albien de la zone d'étude (avril 2012)	53
Figure32 : Présentation des Anions solubles de l'aquifère albien de la zone d'étude (avril 2012)	53
Figure 33: Présentation de la dureté	54
Figure34: Diagramme de Piper des eaux échantillonnés CI.	55

LISTE DES TABLEAUX

Liste des tableaux	Page
Tableaux 01 : Synthèse régionale des différents aquifère de la région d'étude, échelle arbitraire (ANRH/Ouargla).	06
Tableau 02. Données climatique de la région d'Oued Righ (2001-2011)	14
Tableaux 3: des éléments minéraux (ROBRT. Andrews ,2016)	37

LISTE D'ABREVIATION

T : température.

TAC (°F) : titre Alcalimétrique.

CI : Continentale Intercalaire

% : Pourcentage

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydraulique.

CE : La Conductivité Electrique

CRSTRA : Centre de Recherche Scientifique et Techniques sur les Régions Arides.

FAO : Food and Agriculture Organisation of the United Nations.

O.N.M : Office National Météorologique.

SAR : Sodium Absorption Ratio.

Introduction

Général



Introduction générale

Le Sahara est un vaste espace caractérisé par son aridité avec la présence notamment de sable et de roches. Avec près d'un million de km² de superficie, le Sahara septentrional, qui s'étend d'Ouest en Est entre l'Algérie, la Tunisie et la Libye, est l'un des plus grands déserts au monde. Le Sahara renferme d'importantes réserves d'eau souterraines qui sont à la base du développement agricole et urbain dans cette région. Il est constitué de deux principales couches aquifères qui sont peu renouvelables et ne sont pas exploitables en totalité : le Continentale Intercalaire et le Complexe Terminal (**BENHADDYA, 2007**).

La qualité physico-chimique de l'eau a une influence considérable sur la durée de vie des ouvrages et les équipements hydrauliques. L'inconvénient majeur de l'utilisation de ces eaux chaudes est la précipitation du tartre dans les canalisations de distribution et les ouvrages de régulation et de refroidissement. D'ailleurs, à l'état actuel des choses, la majorité des refroidisseurs se trouvent en arrêt et des dizaines de milliers de mètres de conduites sont obstruées. Ces dépôts peuvent avoir des conséquences préjudiciables et irréversibles sur les ouvrages et conduisent inévitablement à leur détérioration. (**BOUTAOUTAOU D, 2011**)

La région d'Oued Righ connaît un important essor économique avec un grand développement sur tout agricole par conséquent les eaux souterraines de la région sont les plus sollicitées. Les eaux naturelles, en particulier dans le Sud Algérien qui se trouvent très chargées, ont une dureté très élevée. Elles sont le siège d'une précipitation importante de CaCO₃ dans les canalisations ce qui favorise le risque d'entartrage des conduites nécessitant ainsi des traitements spécifiques pour éviter leur usure (**CHAIB, 2016**).

La dureté élevée de l'eau et le dégazage qui se produit à l'occasion du passage de l'eau à l'intérieur de la pompe, conduisent à la précipitation de carbonate de calcium. Le tartre formé crée des problèmes de blocage (**HANAFI, 2005**).

L'objectif de la présente étude s'articule autour de l'étude du phénomène d'entartrage créé par les eaux géothermales de la région d'Oued Righ

Notre objectif est d'examiner la problématique « l'influence de la qualité des chaudes et de l'entartrage au niveau des refroidisseurs d'Oued Righ le cas « continentale intercalaire » **CI** sur les le phénomène d'entartrage dans la région de oued Righ » la commune de djamaa.

Ce document comporte trois parties essentielles, à savoir :

- 1 ère partie : Synthèse bibliographique se compose de trois chapitres
 - Chapitre I: généralité sur l'entartrage
 - Chapitre II : Ressources en eau dans la région de l'Oued- Righ
 - Chapitre III : présentation de la région d'Oued-Righ
- 2 ème partie : Matériels et méthodes d'étude et Résultats et discussion

Enfin, conclusion généra

Chapitre I :

Présentation de la région d'oued- Righ

Présentation de la région d'Oued- Righ

I.1.Généralités

La région dite « Oued-Righ » dans le Sahara algérien septentrional, est connue par le développement considérable de ses oasis qui produisent des dattes bonnes qualité. Ces oasis sont alignées du Nord au Sud, en partant de l'importante Oasis d'Ourir jusqu'à celle de Témacine, sur une longueur de 150 Km environ. La largeur de la zone varie entre 20 et 30 Km (HAFOUA, 2005).



Figure 01 : Photo satellite de la région de l'Oued Righ



Figure 02 : Schéma géographique du haut et moyen Oued Righ

(Site Internet : www.rove.to/alegeria).

Géographiquement parlant, l'Oued-Righ n'est pas un court d'eau, mais en le survolant, on se rend compte que cette dénomination correspond à une réalité. Le tracé de l'Oued est marqué par l'échelonnement de petits « Chotts » exécutoires des eaux. Le grand canal Oued Righ relie ces petits chotts et sert à l'évacuation vers le grand chott Merrouane des eaux de drainage et des eaux usées des oasis le long de la vallée. (**BENDAOU**, 2012).

I.2. Situation géographique

La vallée de l'Oued Righ est une entité économique, qui regroupe près de 50 Oasis, situées au Nord-Est du Sahara, longeant les rives Ouest du grand Erg Oriental et au Sud du massif des Aurès (Castagny G., 1980)

Administrativement la zone d'étude englobe les daïras de M'Rhaïer et de Djamâa dans la Wilaya d'El Oued au Nord et la daïra de Touggourt dans la wilaya d'Ouargla. Elle est limitée par :

- Au Nord par la commune de Tolga (Wilaya de Biskra)
- Au Sud-Ouest par les oasis d'Ouargla.
- A l'Est par la vallée de l'Oued Souf.

Elle s'étend sur un axe Sud-Nord sur environ 150 km, entre les latitudes 32°54' à 39°9' Nord et les longitudes 5°50', 5°75' Est. Elle couvre près de 20000 ha de palmiers.

La vallée de l'Oued Righ débute à Ain Chikh au Nord à 500 km au Sud-Est d'Alger, et à 330 km au Sud de Constantine (**BELKSIER**, 2017).

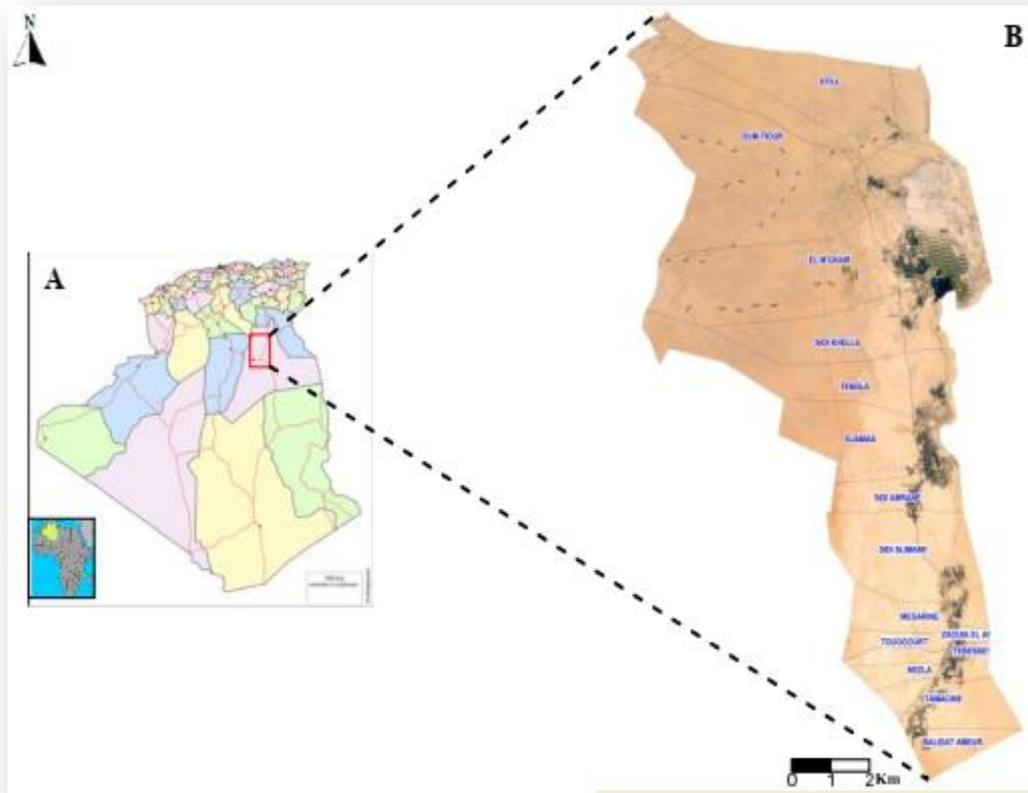


Figure 03 : Situation géographique de la vallée de l'oued Righ (A.N.R.H, 2015).

A. Situation géographique

B. Subdivision administrative

I.3. Relief

La région de l'Oued –Righ fait partie d'un large fossé, de direction Sud Nord.

Cette région est connue sous le nom de Bas Sahara, à cause de sa basse altitude, notamment dans la zone des chotts au Nord, où les altitudes sont inférieures au niveau de la mer.

Les altitudes s'élèvent progressivement du Nord au Sud : négatives à Ourir et Meghaier (entre -16 et 10m), elles atteignent (+75m) à Touggourt et (+8m) à Temacine. La pente générale est très faible, elle est de l'ordre de 1%. Cependant, le profil longitudinal de la vallée est très irrégulier : on note une succession de petits chotts communiquant entre eux par des seuils bas. Une coupe géologique transversale fait apparaître à la partie supérieure, un niveau quaternaire ancien, constitué par une croûte gypso-calcaire, recouverte de formations dunaires (Erg). (HAFOUA, 2005).

I.4. Climat**I.4.1. Données climatiques**

Le climat de la vallée de l'Oued Righ est un climat désertique, chaud, de type saharien, caractérisé par des précipitations très abondantes et irrégulières, par des températures élevées, accusant des amplitudes journalières et annuelles importantes, et par une faible humidité de l'air (tab02).

Tableau 01. Données climatique de la région d'Oued Righ (2001-2011)

Paramètres mois	T M (°C)	Tm (°C)	T moye (°C)	H %	V (m/s)	Ins (h)	Evaporation (mm)	Prec (mm)
janvier	18.9	4,3	11.5	63	1.5	262.8	95.7	0.1
février	19.1	5.3	12,2	60	2,6	244.8	110	0.6
mars	22.1	9.7	15.9	57	3,4	263.3	128	5.3
avril	29.6	14,9	22.3	50	3.7	300.5	183.9	4.4
mai	31.6	18.2	24.9	48	3.3	330.8	157	2.3
juin	36.7	22.6	29.6	41	2.4	321.3	224.6	0.2
juillet	42.2	27.4	34,8	30	3,5	368.8	387.8	0
aout	40.9	26	33.4	32	2.9	352	361	1.5
septembre	38	24.6	31.3	38	2,6	275.8	298.8	0.2
octobre	28.1	15.1	21.6	56	1.8	282.9	143.8	0.4
novembre	23.1	10.1	16.6	57	2,5	240	131.8	Trace
décembre	18.7	5,5	12.1	65	1.8	247	86.9	0.6
moyen	29.1	15,3	22,2	59 .7	2.7	2224,9 *	2309,3*	15,6*

(O.N.M. Touggourt, 2011)

I.4.1.1. Pluviométrie

Les pluies sont irrégulières et faibles avec une cumulation annuelle de 15.6 mm, en été elles sont rares surtout en juillet (0 mm) et juin (0.2 mm) et obtenue le maximum au mois de mars (4.4 mm). (O.N.M. 2011).

I.4.1.2. Humidité de l'air

L'humidité relative est maximum au mois de janvier avec 63%, le minimum est au mois de juillet avec 30% (O.N.M, 2011).

I.4. 1.3.Températures

Dans cette région l'hiver est trop froid 4.3°C aux mois janvier et comportant d'importants risques de gelées, et pendant l'été, le climat est trop chaud 42.2 °C aux mois juillet, au cours duquel l'ETP maximum dépasse les possibilités des plantes.

I.4.1 .4. Vents

Les vents sont relativement fréquents dans la région de l'Oued Righ. En hiver, ce sont les vents d'Ouest qui dominent, tandis qu'au printemps, ce sont ceux du Nord-Est, alors qu'en été, ce sont ceux du Sud-ouest, la vitesse peut dépasser le (18 Km/h). (O.N.M, 2010).

I.4.1.5. Evapotranspiration

Dans la région de l'Oued Righ, l'évapotranspiration maximale connaît une importante variation saisonnière. L'ETP mensuel en hiver est trois fois moins important que l'ETP mensuel en été.

I.5. Classification du climat**I.5.1. Diagramme Ombrothermique de Gaussen**

Le diagramme de (BAGNOULS et GAUSSEN, 1953 in Daddi BOUHOUN, 1997) est de suivre les variations mensuelles des températures et des précipitations. Il représente à une échelle ou $P=2T$

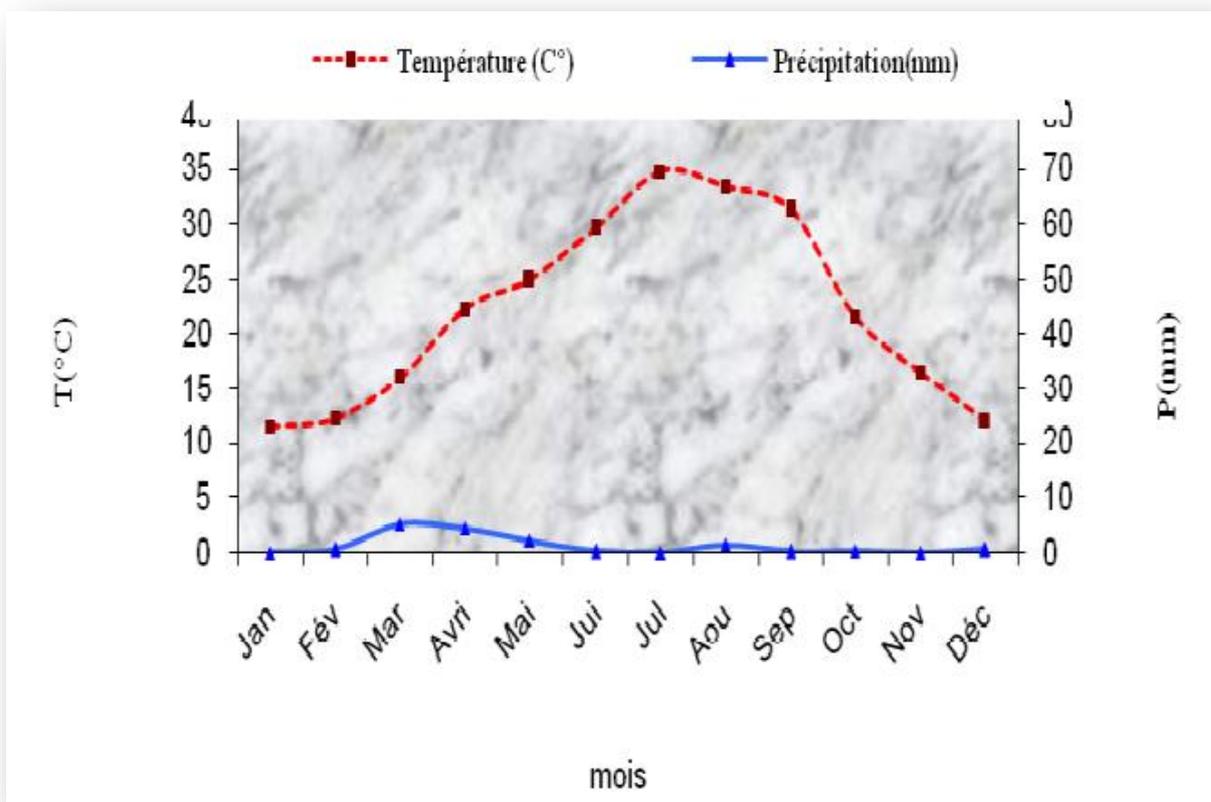


Figure 04. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausson appliqué à la région de l'Oued Righ

L'aire existant entre les deux courbes exprime la période sèche, notre région à période sèche, s'étalant sur toute l'année.

I.5.2. Le climat gramme d'Emberger

Nous avons utilisé la formule de (STEWART, 1969) adaptée pour l'Algérie et le Maroc, qui est: $Q3 = 3,43 * P/M - m$

P : cumul pluviométrie moyen annuel en mm est égal 76,29 mm

M : température moyenne maximale du mois le plus chaud en °C, est égal à 52,28°C

m : température moyenne minimale du mois le plus froid en °C, est égal à 4,28°C

À partir de ces données, on peut calculer le quotient pluviothermique qui est égal à 5,45, donc la région est classée dans l'étage bioclimatique saharien à hiver doux.

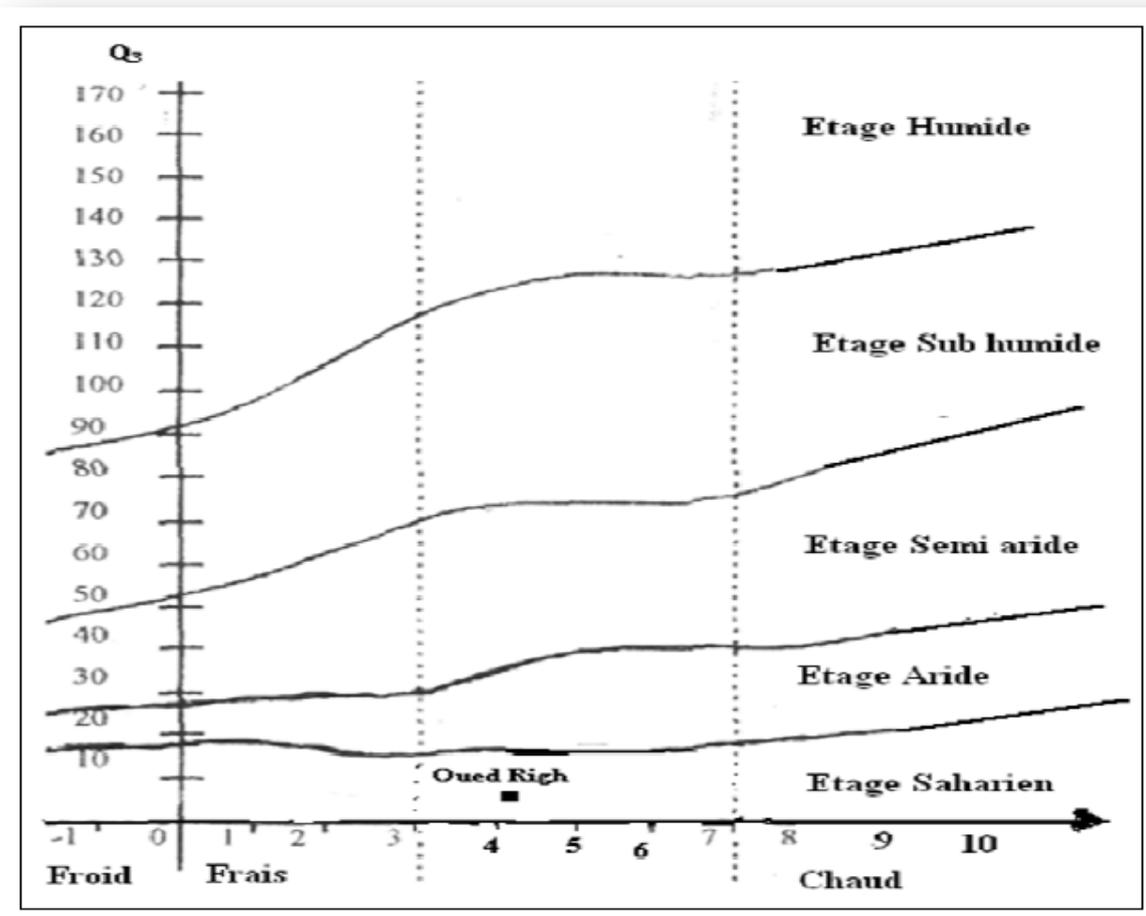


Figure 05 : Climagramme d'Emberger pour la région d'Oued Righ.

I.6. Sol

Les sols sont d'origine allu-colluviale à partir du niveau quaternaire ancien, encroûtés essentiellement à la surface par des apports éoliens sableux. Ce sont des sols généralement meubles et bien aérés en surface, en majorité salés ou très salés. L'influence de la nappe phréatique est déterminante, et on observe parfois un horizon hydromorphe ou un encroûtement gypso-calcaire. La salure est de type sulfato-calcaire dans les sols les moins salés ($EC < 6 \text{ mmol/cm}$) et du type chloruro-sodique pour les sols les plus salés. Les sols sont généralement pauvres en matière organique, et à une trop rapide minéralisation. Le pH est alcalin, de l'ordre de 7.5 à 8.5 (FAO, 1988).

I.7. Texture

Les sols contiennent une très forte proportion de cristaux de gypse, de toutes tailles (40% en moyenne). Le matériau des horizons, superficiels et peu profonds (moins de 70

cm), et est assez homogène. Son taux d'argile varie de 5 à 10 % et sa texture est limonosableuse (le plus souvent) ou sablo limoneuse (Sogita-Soghrea, 1969-1970) in (**BENDAOU**, 2012).

Quelques palmeraies du groupe Nord (région de Méghaier) montrent cependant des surfaces relativement importantes de sol plus fin (limono-argileux et argilo-limoneux) (SOGETA-SOGHREA, 1969-1970).

Certains horizons profonds principalement près de la ligne des chotts ont une texture fine à très fine, d'autres sont interstratifiés (SOGETA-SOGHREA, 1969-1970) in (**BENDAOU**, 2012).

Chapitre II :

Ressource en eau dans la région d'oued- Righ

II.1.Hydrogéologie

Les études antérieures ont montré que la région d'étude regroupe trois formations géologiques multicouches, réputées perméables et alternées par d'autres formations hétérogènes et imperméables. Dans la région d'étude, on y distingue trois aquifères qui sont respectivement de haut en bas :

- Nappe phréatique.
- Nappe ou système aquifère du Complexe Terminal (CT).
- Nappe ou système aquifère du Continental Intercalaire (CI) (**Fig.06**).

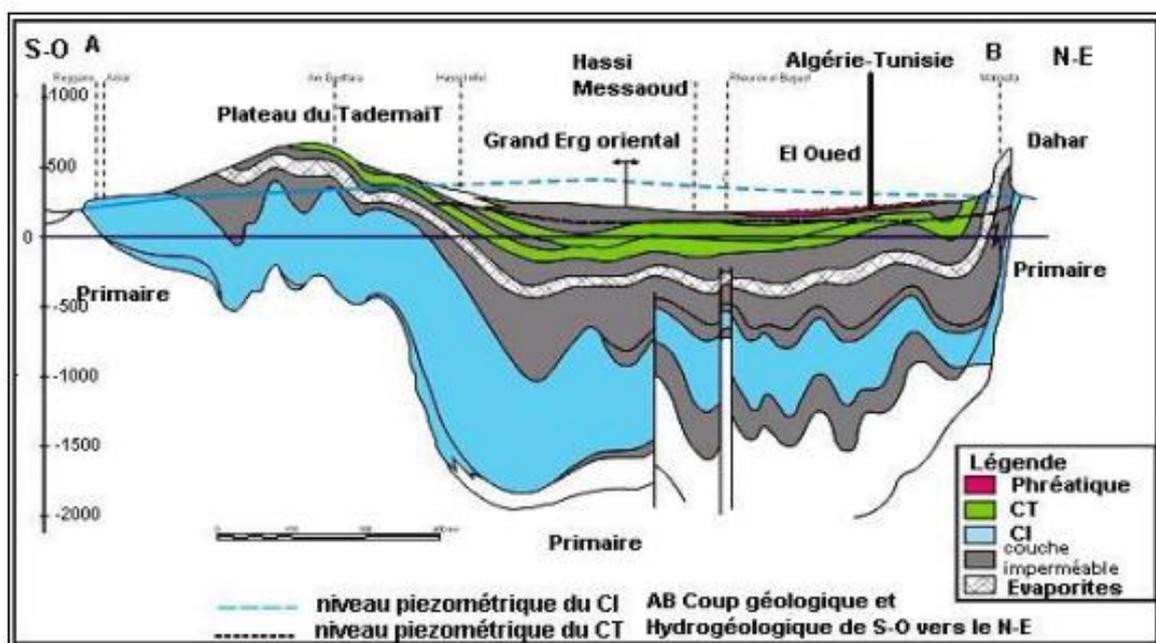


Figure06 : Coupe hydrogéologique à travers le Sahara (ZERROUKI et SALHI, 2017).

II.1.1. La nappe phréatique

D'où son nom, cette nappe libre ou d'inféro-flux, encaissée dans les sables quaternaires à cristaux de gypse par endroit, coiffe la nappe du CT, qui elle-même repose sur le CI, son substratum est constitué essentiellement par des argiles, sables et évaporites. Elle est prédominante sur l'ensemble des oasis de la vallée d'Oued Righ, sa puissance est en moyenne environ une vingtaine de mètres s'aminéit du Nord vers le Sud, par endroits. (tab. 01). Des études ont montré que la salinité de la nappe phréatique est très forte dépassant largement les 7mg/l. (OSS, 2003).

Ainsi, la vallée d'Oued Righ est affectée par le phénomène de la remontée des eaux, causée

essentiellement par la prolifération des forages d'eau, captant le CT et le CI et leur exploitation irrationnelle, pertes de charges hydrauliques ascendantes favorisées au fur et à mesure par le dépérissement des tubages, notamment que les nappes profondes sont artésiennes et chimiquement agressives, outre que l'excès des eaux de l'irrigation. Pour y faire face et lutter contre cette remontée des eaux qui ne cessent de nuire le sol, la nappe et la flore, un réseau de drainage a été artificiellement mis en œuvre, par lequel l'excès des eaux est drainé vers le Nord de la vallée.

Du point de vue recharge de la nappe phréatique, l'aridité du climat amène à supposer que la recharge s'effectue que par les rares précipitations et l'infiltration des eaux usées et celles d'excès d'irrigation, d'autant plus qu'on peut avancer l'hypothèse d'une recharge profonde par le biais des tubages corrodés et usés du CI et CT ; percolation par perte de charge hydraulique par drainance ascendante.

II.1.2. La nappe du Complexe Terminal

La nappe du CT est encaissée dans les divers horizons perméables du Crétacé supérieur et du Tertiaire, selon l'étude menée par (ZERROUKI et SALHI, 2017), ces horizons sont essentiellement :

- Le Sénonien supérieur carbonaté (surtout le Maestrichtien).
- L'Eocène inférieur également carbonaté.
- Le Mio-pliocène sableux. (tab. 01).

Ainsi, ces trois ensembles aquifères en étroite communication, ont été regroupés en un seul réservoir qui intègre également les formations carbonatées du Turonien dans les zones de bordures (ZERROUKI et SALHI, 2017)., (Fig.07).

Le bassin oriental a fait l'objet de plusieurs travaux qui ont tenté de comprendre le comportement hydrodynamique du CT, qui couvre une superficie de 350 000Km².

ERE	Etage	Lithologie	Intérêt Hydrogéologique	
Q u a t e r n a i r e		Sables.	Nappe superficielle (la nappe phréatique)	
		Argiles, évaporites, Sables.	(semi-perméable)	
T e r t i a i r e	Mio-Pliocène	Sables.	1 ^{ère} nappe des sables (Complexe Terminal).	
		Argiles gypseuses, Sables.	(semi-perméable)	
	Pontien	Sables, graviers et grès	2 ^{ème} nappe des sables (Complexe terminal).	
	Eocène	Moyen	Argiles lagunaires	Substratum (imperméable)
		Inférieur		Nappe des calcaires (Complexe Terminal).
S e c o n d a i r e	Crétacé	Sénonien calcaire	Dolomies et calcaires	
		Sénonien lagunaire	Evaporites, argiles	Substratum (imperméable)
		Cénomaniens	Argiles, marnes	Substratum (imperméable)
		Albien		Nappe albienne
		Barrémien	Sables et grès	(Continental Intercalaire).

Tableaux 02 : Synthèse régionale des différents aquifères de la région d'étude, échelle arbitraire

(ANRH/Ouargla).

II.1.2.1. Caractéristiques principales

La nappe du Complexe Terminal est en charge à l'intérieur de la limite d'extension des argiles du Mio-pliocène. Elle est donc jaillissante dans le centre du bassin et libre sur les bordures DaharM'Zab (ZERROUKI et SALHI, 2017).

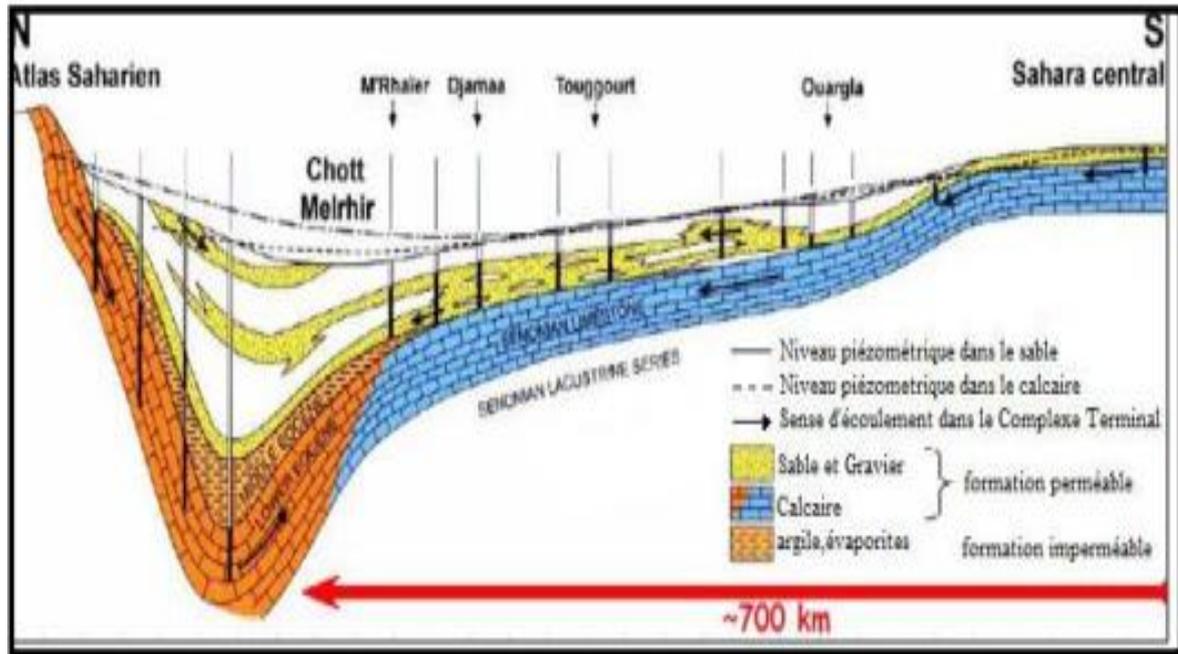


Figure07 : Coupe hydrogéologique Nord- Sud du Complexe Terminal du Sahara
(ZERROUKI et SALHI, 2017).

La profondeur de la CT variée entre 100 et 500 m. la température des eaux peu élevée et l'eau est moins chargée en sels sur les bordures et relativement plus chargée au centre (**plus de 3g/l**). La nappe du CT regroupe trois aquifères, situés dans des formations géologiques différentes subdivisées en deux ensembles : l'un continental au sommet (CT1 et CT2) et l'autre marin à la base (CT3) :

II.1.2.1. 1. La première nappe des sables CT1

sa puissance varie entre 50 et 100m par endroits, il s'agit d'une nappe semi-captive moins profonde, elle est constitué de sable fin à moyen, sable argileux et grès, du Mio-pliocène. Limitée par des formations semi-perméables.

II.1.2.1.2. La deuxième nappe CT2

son épaisseur est de 20 à 36m, surmontée par la nappe du CT1, elle est constituée par des formations d'âge mio-pliocène, essentiellement formée par des grès, gravier et sable avec la présence de quelques lentilles argileuses.

II.1.2.1.3. La nappe des calcaires du Sénonien carbonaté/Eocène inférieur CT3

son épaisseur atteint les 200m à Touggourt et 360m à Meghaier. elle est formée essentiellement de calcaires, calcaires dolomitiques avec passées de marne, d'anhydrite et de gypse.

II.1.3. La nappe du Continental Intercalaire

La nappe du CI est contenue dans des formations continentales du Crétacé inférieur, sablogréseuses, dolomitiques et calcaire-marneuses. Il s'agit bien d'un immense réservoir aquifère qui contient un volume considérable d'eau douce, dû à la fois à son extension sur tout le Sahara Septentrional sur plus de 600.000 Km² et son importante épaisseur qui dépasse les 1000m par endroit.

La réserve théorique estimée par le projet OSS et ERESS extrapolée des anciens travaux de à 60 000 milliards de m³, soit seulement 1/6e, environ 10 000 milliards, sont exploitables.

Le CI s'étend du Nord au Sud, depuis l'Atlas Saharien jusqu'au Tassili du Hoggar etd'Ouest en Est, depuis la vallée du Guir et de la Saoura jusqu'au désert libyen (**ZERROUKI et SALHI, 2017**).

L'irrigation se fait gravitairement à partir des eaux des forages CI (continental intercalaire)

Caractéristiques du forage CI.

- 1- Profondeur :** 1500 m à 2000
- 2- Débit :** 120 L\ S
- 3- Température:** 60°
- 4- Salinité :** 2 à 4 g/ L(**ONID2020**).



Figure 08: Forage nappe du continental intercalaire (photo originale)

II.1.4. Une nappe du Mio-Pliocène dite nappe des sables

Dans cette région, cela a permis d'établir un classement des ressources potentielles disponibles, pour trois différentes zones : - Les zones à forte potentialités : comprenant les régions du sud-ouest, du sud et du centre-sud dont les prélèvements globaux pourraient passer de 6655 l/s en 1981 à 12365 l/s en 2000. - Les zones à potentialités moyennes : comprenant les régions du centre, du sud de l'Oued Righ et du Souf pour lesquelles, les prélèvements pourraient passer selon les modèles, de 4258 l/s en 1981 à 16486 l/s en l'an 2000. - Les zones à faibles potentialités incluant essentiellement la région de l'Oued Righ nord pour laquelle on a prévu un accroissement des prélèvement globaux à 5295 l/s en 1981 et 7787 l/s en l'an 2000 (*BENDAOU, 2012*).

Chapitre III :

Généralités sur l'entartrage

III. Généralité sur l'entartrage

III.1. Définition l'entartrage

De puis l'aube des temps, le phénomène d'entartrage est connu, ne serait ce que par la formation d'architectures tout à fait remarquable comme par exemple les stalactites et leurs homologues les stalagmites, qui sont essentiellement composées de CaCO_3 , dont le processus de formation est inséparable du dégazage en CO_2 de l'eau naturelle.

Le tartre est le nom donné à un dépôt cristallin adhérent, constitué majoritairement de carbonate de calcium CaCO_3 , lorsqu'il est déposé à partir des eaux de surface. Dans installations industrielles, le CaCO_3 est fréquemment associé à un peu d'hydrogène ferrique lorsque l'eau circule dans des conduites en acier.

On a également signalé des associations avec de la silice et quand les eaux naturelles utilisées pour le refroidissement contiennent des matériaux en suspension (sables ou argiles) on le retrouve aussi associés au dépôt.

Dans l'industrie ce sont surtout les circuits de refroidissement et les chaudières qui sont concernés à cause de la dégradation des coefficients de transfert thermique dû à la formation dans les échangeurs de chaleur de dépôts cristallins.

Dans les procédés à membranes, la formation de tartre provoque des colmatages plus ou moins difficiles à éliminer, ce qui dégrade très rapidement les performances.

En exploitation pétrolière et en géothermie, de redoutables problèmes de colmatage des structures géologiques se posant aussi, d'autant plus gênantes qu'une intervention in-situ devient ici très compliquée.

Les formations de tartre sont à l'origine de certaines maladies : calculs rénaux et calcifications du système cardio-vasculaire.

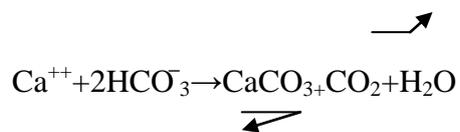
Et comment ne pas évoquer les implications géologiques puisque tous les dépôts calcaires apparus au cours des âges géologiques représentant un gigantesque processus d'entartrage développé en milieu marin et qui se perpétue encore de nos jours (**BEDDIAF, 2014**).



Figure 09: Conséquence de l'entartrage (Photo originale)

III.2. Problèmes d'exploitation des eaux albiennes et état des installations hydrauliques

L'eau émergeant des forages sous pression est transportée en haut de la tour de refroidissement mais du fait de la baisse brutale de la pression en haut de la tour et de la division de l'eau en gouttelettes fines à son entrée dans la tour, le dioxyde de carbone libre se dégage dans l'atmosphère, perturbe l'équilibre carbonique provoquant ainsi la précipitation du carbonate de calcium selon la réaction:



Un des principaux problèmes liés à l'exploitation et la gestion des eaux géothermales de la vallée de l'Oued Rhir est la précipitation du tartre au niveau des installations de refroidissement, des conduites des réseaux de distribution, des équipements et des accessoires hydrauliques, ce qui a généré de sérieux problèmes aux services techniques concernés (BOUCHEKIMA, 2002).

La masse de tartre déposée annuellement est évaluée en moyenne à 40-50 tonnes par forage (BOUTAOUTAOUUD et al, 2011).

Les surcoûts de rénovation et de réfection des équipements touchés par ce phénomène nécessitent annuellement une enveloppe financière estimée à 10 milliards de centimes.

III.3. Impact des incrustations sur les installations et les équipements hydrauliques

En effet, ce phénomène affecte l'ensemble du système d'alimentation où des dommages considérables ont été constatés notamment sur les conduites de distribution les réservoirs d'accumulation, les tours de refroidissement et la station de pompage. (BOUTAOUTAOU et al, 2011).



a)



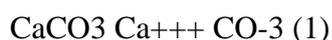
b)

Figure.10. a) Conduite de distribution neuve en amiante ciment de diamètre initial 500 mm
b) Entartrage de la même conduite après quatre années d'exploitation

III.4. Mécanisme de l'entartrage

Les dépôts incrustants communément appelés tartres sont essentiellement constitués de sels d'alcalino-terreux (calcium et magnésium) et leur formation liée à de nombreux paramètres. Parmi ces sels, le carbonate de calcium sera l'élément perturbateur principal dans les installations d'eaux immobilières courantes.

La présence de sels de calcium et, dans une moindre mesure, de magnésium dans l'eau est le premier facteur qui contribue au caractère en tartrant de l'eau. Ainsi, plus la dureté de l'eau est élevée, plus il y a pré disposition au dépôt de calcaire (en fait, de carbonate de calcium $\text{CaCO}_3(1)$) sur la paroi en contact avec l'eau. Mais la présence de sels de calcium dans l'eau n'est pas à elle seule suffisante pour provoquer l'entartrage.



La réaction chimique qui provoque la précipitation du carbonate de calcium est largement favorisée par l'élévation de la température qui, en libérant du gaz carbonique, accélère la précipitation du tartre. Il n'y a pas ou très peu d'entartrage sur les canalisations d'eau froide. En revanche, les circuits d'eaux chaudes sanitaires représentent un terrain favorable à

l'entartrage.

La formation des tartres alcalins CaCO_3 et $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dépend de la température, du pH, du taux de désorption du CO_2 ainsi que les concentrations des ions HCO_3^- , CO_3^{2-} , Ca^{2+} , et Mg^{2+} (CHAIB, 2016).

III.5. Paramètres de l'entartrage

Il existe quelques paramètres qui contribuent dans la précipitation des sels (CHAIB, 2016).

Ces paramètres sont:

- La présence de calcaire dans l'eau ;
- La température de l'eau ;
- La présence dans l'eau d'éléments favorisants ;
- Influence de la nature de la canalisation.

III.5.1. La présence de calcaire dans l'eau

La présence de sels de calcium et, dans une moindre mesure, de magnésium dans l'eau est le premier facteur qui contribue au caractère entartrant de l'eau. Ainsi, plus la dureté de l'eau est élevée, plus il y a de prédisposition au dépôt de calcaire (en fait, de carbonate de calcium $\text{CaCO}_3(1)$) sur les parois en contact avec l'eau. Mais la présence de sels de calcium dans l'eau n'est pas à elle seule suffisante pour provoquer l'entartrage.

III.5.2. La température de l'eau

La réaction chimique qui provoque la précipitation du carbonate de calcium est largement favorisée par l'élévation de la température qui, en libérant du gaz carbonique, accélère la précipitation du tartre. Il n'y a pas ou très peu d'entartrage sur les canalisations d'eau froide. En revanche, les circuits d'eaux chaudes sanitaires représentent un terrain favorable à l'entartrage.

III.5.3. La présence dans l'eau d'éléments favorisants

On a pu constater que deux types d'eaux de composition identique et placées dans les mêmes conditions n'avaient pas forcément le même pouvoir entartrant. Le phénomène tient à la présence dans l'eau en quantité infinitésimale si elle est susceptible de déclencher le phénomène d'entartrage. Ainsi, la présence dans l'eau d'ions cuivre ou

d'ions zinc freine le dépôt de tartre qui reste en suspension dans l'eau. Les quantités nécessaires sont très faibles, de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de microgrammes par litre.

III.5.4. Influence de la nature de la canalisation

Dans le cas des eaux moyennement ou peu entartrantes, le cuivre peut empêcher l'apparition des premières traces de tartre et bloquer ainsi le développement naturel du processus d'entartrage. Le cuivre a donc un avantage décisif sur les autres matériaux avec lesquels il y a toujours sa morce d'entartrage. Dans le cas des eaux très entartrées, il y a aussi un avantage au cuivre mais d'un autre ordre. Le tartre déposé sur un tube de cuivre contient lui-même des traces de cuivre qui jouent leur rôle bactéricide vis-à-vis des eaux transportées par la canalisation. On sait que le tartre favorise le développement de certaines bactéries comme celles de la légionellose, mais si la canalisation est en cuivre, la présence de ces traces de cuivre dans le tartre vainhiberleris que de prolifération de ces micro-organismes.

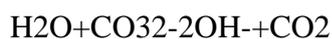
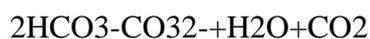
III.6. Différents types de tartre

L'analyse de tartre provenant du circuit de refroidissement ou des chaudières et même dans les installations industrielles les montre la présence de plusieurs composants. Parmi les composants fondamentaux qui forment le tartre l'ion bicarbonate (HCO_3^-), l'ion carbonique (CO_3^{2-}), l'ion calcium (Ca^{++}), l'ion magnésium (Mg^{++}) et les sulfates. Généralement il ya deux types de tartre (CHAIB, 2016).

III.6.1. Tartre

alcalin

Le tartre alcalin est dû principalement à la présence de carbonate et d'hydroxydes, résultant de la décomposition thermique de l'ion bicarbonate (HCO_3^-).



L'élévation de la température provoque l'élimination du CO_2 donc obligatoirement la formation d'ion CO_3^{2-} , lorsque les ions de calcium, de magnésium et les ions de carbonates et hydroxyde contenus dans l'eau, le carbonate de calcium CaCO_3 et l'hydroxyde de magnésium

$\text{Mg}(\text{OH})_2$ se forment, et de nous donnent respectivement:
 $\text{Ca}^{++}\text{CO}_3$ - 2CaCO_3



La formation du carbonate de calcium solide est maximale eaux alentours de 60°C, ce la se traduit par une nette diminution de la concentration des ions Ca^{++} en solution ,en effet les bicarbonates se transforment en carbonates moins solubles .Au de là de cette température ,le solide alcalin commence à disparaître pour céder la place au n'autre dépôt de tartre alcalin: l'hydroxyde de magnésium $\text{Mg}(\text{OH})_2$ entre 90-100°C .Donc ,le degré de formation des ces deux mélanges dépend de la concentration de bicarbonate et de la température de travail (circuit).

III.6.2. Tartre non alcalin

Le type de tartre non alcalin le plus important est composé essentiellement de sulfates et sur tout de sulfates de calcium (CaSO_4).

Il commence à apparaître d'une façon nette à partir de 100°C. Le sulfate de calcium peut se présenter sous plusieurs formes ; dans la nature, il existe trois formes:

- L'anhydride (CaSO_4).
- L'hymydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$).
- Le di hydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Les trois formes sont beaucoup plus solubles que le carbonate de calcium et l'hydroxyde de magnésium. Donc, ces tartres ne se forment que dans le cas où la solution serait sur saturée en sulfate de calcium à des températures élevées.

III.7. Causes de l'entartrage

La formation du tartre est causée essentiellement par le CO_2 de l'atmosphère. Les eaux naturelles dissolvent le CO_2 au contact de l'atmosphère. Après hydratation et ionisation, celui-ci donne lieu à une réaction acide contribuant à l'altération chimique des carbonates présents dans les roches sous forme d'hydrogénocarbonate beaucoup plus soluble que le carbonate. A la suite d'altération chimique et de l'érosion des sols, les eaux contiennent de la matière en suspension et un certain nombre d'éléments dissous :

-

- Des cations tels que Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , Fe^{2+} .
- Des anions tels que CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}
- Des gaz dissous, essentiellement CO_2 et O_2
- Des matières organiques telles que les acides humiques.

Dans le cas où ces matières en suspension peuvent être éliminées par simple décantation, voir filtration, ou si elles forment des dépôts, cela ne présente pas de problèmes majeurs. Le cas des matières dissoutes est plus délicat. En effet, s'il n'y a pas un traitement préalable, les eaux chargées provoquent la formation des dépôts sur les parois en contact et forment ainsi le tartre. La nature chimique de ces variables varie en fonction des roches préalablement traversées par l'eau. Le tartre est le plus fréquemment constitué de composés de :

- Sels de calcium (carbonates, sulfates) ;
- Sels de magnésium (carbonates, hydroxydes) ;
- Silice et silicate (silico-aluminates de calcium et de magnésium).

Cependant le composé majoritaire présent reste le carbonate de calcium (**DEKKOUCHES et BECHARB, 2013**).

III.8. Conséquences de l'entartrage:

Les tartres quelque soient leur origine, ont des conséquences néfastes sur les conduites et le fonctionnement des installations. Ces conséquences sont bien connues et sont d'ordre (**DEKKOUCHES et BECHARB, 2013**):

- hydrauliques
- bactériologiques
- technologiques
- énergétiques et thermiques.
- Économiques.

III.8.1 Conséquences hydrauliques

L'accumulation d'une épaisseur de tartre sur les équipements conduit à une diminution des sections de passage. En réduisant ces dernières et en dégradant les états de surface, le tartre provoque une augmentation des pertes de charge et par conséquent les dépenses énergétiques liées à la circulation des fluides (**DEKKOUCHES et BECHARB, 2013**).

1.8.2 Conséquences bactériologiques

Ces conséquences peuvent résulter de la présence des bactéries (Légionnelles) qui sont naturellement présentes dans les réservoirs et les réseaux ainsi que les points de puisage (robinets, pomme de douche). Elles colonisent fréquemment les réseaux d'eau, notamment les réseaux d'eau chaude sanitaire ainsi que les tours aéro-réfrigérantes (**DEKKOUCHES et BECHARB, 2013**).

1.8 .3 Conséquences technologiques

On peut citer la diminution rapide de la limite élastique statique qui cause le risque de rupture des tubes et d'autres causes de fragilisation tel que le fluage du métal, le risque de coup de feu qui résulte d'une différence importante entre le coefficient de dilatation du tartre et celui du métal (**DEKKOUCHES et BECHARB,2013**), ainsi que l'alourdissement des structures porteuses des tours de refroidissement, réservoirs, etc.L'entartrage peut aussi avoir pour conséquences :

- le blocage des organes de manœuvre des robinetteries ;
- l'impossibilité d'obtenir l'étanchéité siège - clapet des robinetteries
- le blocage des soupapes de sécurité
- la diminution du volume utile des réservoirs
- des dégradations des états de surface des appareils sanitaires
- l'entraînement de particules en suspension qui peuvent être abrasives
- de plus l'amorce de corrosions sous dépôts est possible.

III.8 .4 Conséquences thermiques et énergétiques

Ces causes résultent d'une part de la réduction de la section de passage des canalisations avec la dégradation de l'état de surface, le tartre adhérent, augmente les pertes de charges et par conséquent les dépenses énergétiques liées à la circulation des fluides, et d'autre part, la diminution de la conductivité thermique qui est le problème majeur rencontré dans les équipement industriels. Le tartre déposé sur la surface où l'échange thermique s'effectue amène la résistance de transfert à croître très rapidement étant donné que le coefficient de conductibilité thermique de ces minéraux est faible (**DEKKOUCHES et BECHARB, 2013**).

III.8.5 Conséquences économiques

La formation du tartre reste un problème économique majeur aussi bien dans l'industrie que dans les installations domestiques du fait qu'il engendre des surcoûts économiques considérables, dus aux coûts de maintenance et renouvellement de ces installations (**DEKKOUCHES et BECHARB, 2013**).

III.9 Evolution des diamètres des canalisations au cours du temps

III.9.1 Analyse de l'évolution du dépôt de tartre dans les différentes conduites

L'analyse des résultats des différents diamètres des conduites ($\varnothing = 100 \dots 350$ mm), montrent qu'en période d'exploitation le diamètre de ces canalisations diminuent d'une manière très intense, par suite des dépôts de tartre. La représentation graphique de l'évolution du taux de réduction des différents diamètres au cours du temps est donnée en *Figure 3* (**BOUTAOUTAOU et al, 2011**).

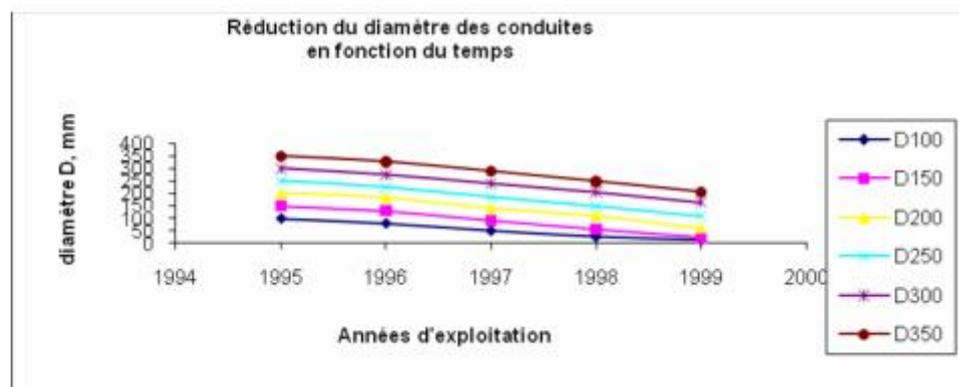


Figure 11 : Représentation graphique de l'évolution des diamètres en fonction du temps d'exploitation

Le taux de bouchage dans les conduites de diamètre inférieur à 150 mm ($\varnothing \leq 150$ mm) est de l'ordre de 85 -90% ce qui fait que celles-ci ne seraient plus opérationnelles au delà de la quatrième année d'exploitation. Pour les conduites de diamètres $\varnothing = 200 - 300$ mm le taux de bouchage durant ces mêmes années varient entre 70 et 45 %. Par contre le taux de bouchage dans les diamètres égales à 300 mm se trouve en nette diminution comparativement aux autres cas et ne représente que 40% dans la conduite de diamètre $\varnothing = 350$ mm.

III.9.2 Etablissement de la formule de prévision d'entartrage

Sur la base des données d'observations de l'entartrage des conduites et quelques considérations théoriques (on considère que la couche de tartre déposée est homogène ment répartie sur le périmètre de la conduite et la réduction se fait d'une manière linéaire) comme présenter en schéma de *la Figure 4*. La diminution du diamètre durant la période d'exploitation peut alors être déterminée par la relation suivante :

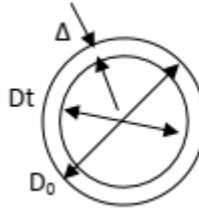


Figure 12 : Schéma général de dépôt de tartre dans une conduite

$$D_t = D_0 - \Delta \quad (1)$$

Où :

D_t : le diamètre après « t » années d'exploitation en mm ;

D_0 : le diamètre initial avant exploitation en mm;

Δ : la quantité de tartre déposée après " t " années d'exploitation en mm;

$$\Delta = k \times t$$

k : l'accroissement annuelle du dépôt de tartre qui peut-être assimilée à une vitesse moyenne d'entartrage en mm/an;

t : nombre d'années d'exploitation de la conduite

Divisons les 2 membres de l'égalité (1) par D_0 , on obtient :

$$D_t/D_0 = 1 - \alpha t \quad (2)$$

$$D_t = D_0 [1 - \alpha t] \quad (3)$$

$$\alpha = k / D_0 \quad (4)$$

α – constante de vitesse

Selon les données d'observations la famille des courbes (D_t/D_0) en fonction du temps « t » *Figure3*, est représentée par des lignes droites issues presque d'un même point ayant pour ordonné

(Dt/Do) = 1.

III.10. Variétés cristallographiques de CaCO₃

Le carbonate de calcium CaCO₃ est le principal constituant du tartre. Il est à l'essentiel des roches sédimentaires (AIDOU, 2017). Le carbonate de calcium se présente sous deux groupes, les formes anhydres et les formes hydratées sous le nom des différentes variétés du carbonate de calcium varient en fonction de la température. Les formes anhydres sont peu solubles et se distinguent par leur structure cristalline. Elles sont au nombre de trois : la calcite, Aragonite et Vatérite. Les formes hydratées sont beaucoup moins étudiées, probablement à cause de leur faible stabilité dans les conditions ordinaires.

III.10.1. Calcite

C'est la variété la plus fréquemment observée dans la nature à la température ordinaire. C'est un minéral qui présente de très nombreux faciès. Il est rencontré ordinairement sous la forme de rhomboèdre (figure 5). C'est la forme la plus stable thermodynamiquement de toutes les variétés du carbonate de calcium.

III.10.2. Aragonite

Elle est moins stable que la calcite. Les faciès les plus fréquemment rencontrés sont constitués par des aiguilles plus ou moins allongées rassemblées en amas plus ou moins fournies. Ces amas ont des allures très variées qui ont été baptisées "croix", "fagots" et "oursin"(figure 5). Cette forme est stable à une température supérieure à 50 °C et en présence des ions magnésium et elle est métastable à la température ordinaire.

III.10.3. Vatérite

Trois faciès sont couramment rencontrés, les faciès dits en "lentilles", en "fleurs" et la "rose des sables" qui est un groupement de lentilles (figure 5). La transformation de la Vatérite en aragonite est facilement observable. Elle s'amorce par les extrémités de la lentille qui se garnit pour constituer finalement un "fagot" d'aragonite. Elle est la moins stable des trois formes anhydres.

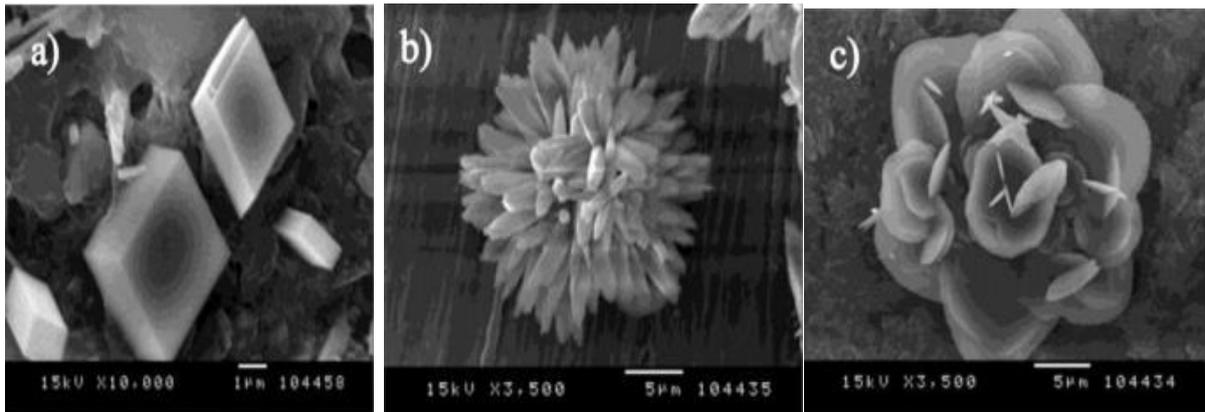


Figure 13 : Cristaux de calcite (a) Aragonite (b), de Vaterite (c) pris par MEB [20]

I.11 Moyens de lutte contre l'entartrage

Pour lutter contre l'entartrage des réseaux d'eau, plusieurs moyens sont à disposition :

- Il est possible d'agir sur les paramètres de l'équilibre calco-carbonique (pH, TAC, Ca^{2+}) par exemple en utilisant des résines échangeuses d'ions, des procédés de décarbonatation, ou d'acidification de l'eau.

- La précipitation du CaCO_3 peut être ralentie voire bloquée par l'ajout d'inhibiteurs, ce qui permet de lutter contre l'entartrage. Les trois grands mécanismes d'inhibition de l'entartrage sont les suivants (Khormali, Petrakov et Shcherbakov, 2014, MacAdam et Parsons, 2004, NALCO, 2015) :

- L'inhibition du seuil de précipitation : utilisation du pouvoir complexant de composés tels que des polymères hydrosolubles (phosphonates ou polyphosphonates, cf. § 4.2) qui vont interrompre la formation de germes dans le processus d'entartrage en formant des composés solubles stables.

- La dispersion des cristaux de CaCO_3 : utilisation d'agents chimiques tels que des dispersants anioniques qui vont modifier les charges de surface des cristaux de CaCO_3 . Ceux-ci ne peuvent plus s'agglomérer pour former du tartre et sont dispersés sans adhérer aux surfaces. Par exemple, des polymères anioniques contenant des groupes phosphoniques, carboxyliques et sulfoniques peuvent être utilisés.

- La modification et/ou la distorsion des cristaux de CaCO_3 : utilisation de composés chimiques qui vont retarder les phénomènes d'adsorption ou d'agglomération des cristaux empêchant leur dépôt et/ou adhérence sur les surfaces.

Chapitre IV :

Matériel et méthodes

IV .Matériels et méthodes d'étude

IV.1 Objectif de travail

Notre objectif est d'examiner la problématique « nature des eaux chaudes **CI** et leurs qualités et le problème d'entartrage constaté au niveau des refroidisseurs d'Oued Righ. Cas des refroidisseurs et de Meghaier et Djamaa.

IV .2 Matériel expérimentale

- Matériel biologique :
 - Tartre.
 - Eaux CI.
- Matériels physique sur terrain Des:
 - étiquettes.
 - sacs en plastiques pour le tartre.
 - bouteilles en plastiques.
 - un GPS.

IV.3 Méthodologie adopté

IV.3.1 Sur terrain :

IV.3.1.1 Choix de site :

Notre zone d'étude se situe dans le Sud-Est de la capital d'Alger elle est limite aux Nord par la commune d'Oum Touyouur et Sidi Khellil aux Sud et à l'Est parla ville de Hamraia et la Wilaya de Biskra à l'Ouest



Figure14 : Position des points d'échantillonnage d'eau dans la région d'étude (Google Earth, 2020).

IV.3.2 Echantillonnage

IV.3.2.1 Echantillonnage d'eau

Les prélèvements d'échantillons d'eau dans notre étude sont réalisés à partir de forages du Continentale Intercalaire (CI). Nous avons réalisé le premier échantillonnage d'eau, Date 05 Mars 2020.



Figure 15:Photo représentatif de la manière échantillonnage de l'eau chaude effectuée au niveau du bassin d'accumulation supérieur des refroidisseurs (**Photo original**).



Figure16 : Position des points d'échantillonnage d'eau dans la région d'étude (**Google Earth, 2020**).

IV .3.2.2 Echantillonnage de tartre

Les prélèvements des échantillons du tartre, Date 05 Mars.



Figure 17 : Photo représentatif d'échantillonnage du tartre (**Photo original**).

IV .4.2. Méthodes d'analyses physico-chimiques du l'eau

IV .4.2.1. Analyses physiques de l'eau

IV .4.2.1.1. La Température

La température est mesurée par un appareil conductimètre, Et le résultat apparaît sur l'écran de l'appareil.

IV .4.2.1.2. pH

Mesuré directement à l'aide d'un pH-mètre de terrain équipé d'une électrode verre-calomel, préalablement étalonné à l'aide des pH étalons 7 et 4. Il est important de le mesurer directement lors de la prise d'échantillon.

IV .4.2.1.3. La conductivité électrique

Mesurée à l'aide d'un conductimètre de terrain équipé d'une cellule, d'une sonde pour la mesure de la température et d'un convertisseur intégré convertissant les Siemens en g/l de sel (TDS). Les résultats sont directement lus sur l'écran digital de l'appareil.

IV .4.2.2. Analyses chimiques du l'eau**IV .4.2.2.1. Dosage des éléments suivants**➤ **Dosage des anions**

- **Cl⁻**: par titrimétrie à nitrate d'argent.
- **SO₄²⁻**: sont dosés par Colorimètre.
- **HCO⁻³ et CO₃²⁻** : méthode titrimétrie avec acide sulfurique H₂SO₄.

➤ **Dosage des cations**

- **Na⁺ et K⁺** : sont dosés par spectrophotomètre à flamme.
- **Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺**: méthode titrimétrie avec EDTA.

IV. 4.2.3. Taux d'absorption du Sodium (SAR)

Pour maintenir les conditions d'infiltration adéquates dans les sols irrigués, il faut veiller à empêcher les complexes d'échange du sol de se charger en Na⁺. On exprime le danger de solidité d'une eau d'irrigation par le SAR (Sodium Absorption Ratio),

$$\text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{[(\text{Ca}^{++}) + (\text{Mg}^{++})/2]}$$

Où Na⁺, Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ sont exprimés en meq/l.

IV. 4.2.4. La dureté d'une eau

Les ions Ca²⁺ et Mg²⁺ sont responsable du dépôt de tartre dans les canalisations, aussi est-il souhaitable de limiter leur concentration.

Une dureté de 1°f correspond à une concentration en ions Ca²⁺ de 4 mg/L ou 2,4 mg/L en ion Mg²⁺

$$\text{dureté} = \frac{[\text{Ca}^{++}]}{4} + \frac{[\text{Mg}^{++}]}{2,3}$$

Minéral	Masse Atomique	Valance
Calcium	40	2
Chlorures	35.4	1
Magnésium	24.3	2
Phosphore	31	2
Potassium	39	1
Sodium	23	1
Sulfure	32	2
Sulfate	96	2
Zinc	65.4	2

Tableaux 3: des éléments minéraux (ROBRT. Andrews, 2016)

Formule: $1 \text{ méq} = 1 \text{ mg} / \text{masse atomique} * \text{valence}$

Chapitre VI :

Résultats et discussion

Résultats et discussion

Nous traitons dans cette partie les résultats des analyses physicochimiques obtenus des trois documents deux mémoires de master de **RAHAL Lakhder 2017** et **BERRI Imen 2015** et l'article **CHAIB Warda et KHERICI Nacer 2014**.

Récapitulatif des résultats des mémoires Master

VI. Analyse physique et chimique de l'eau

VI.1 Les différents types de deux régions

VI.1.1 Température

On remarque que la température d'eau la plus élevée c'est la température de El Meghaeir avec $59,36\text{ }^{\circ}\text{C}$ par contre au Sidi khelil est $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (**Annexe 1**).

VI.1.2 PH

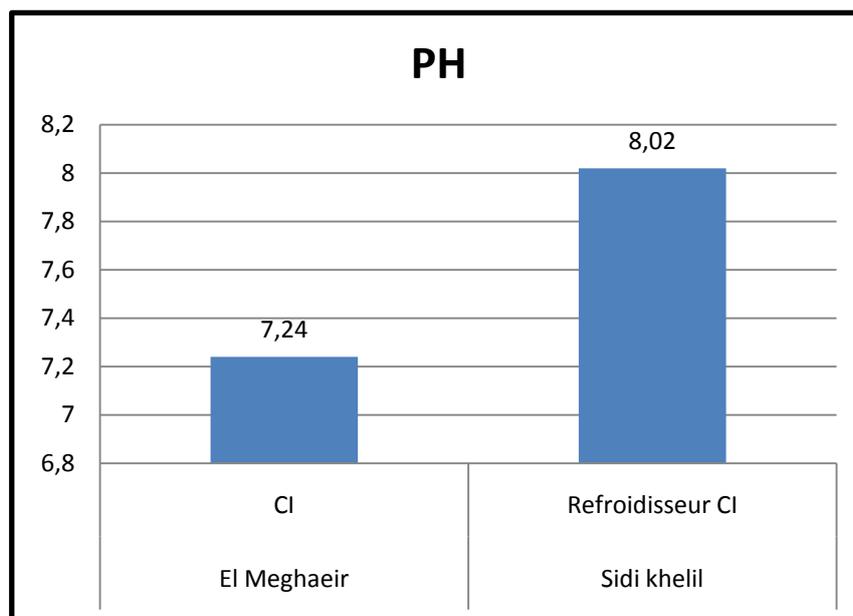


Figure 18: Présentation des pH de la différente région de types d'eau.

Dans ce diagramme ci dessus on observe que le valeur de pH est 7.24 au El Meghaeir (pH légèrement alcalin) par contre le pH au Sidi Khalil est plus élevées 8.02, l'irrigation se réalise avec des eaux de nature alcaline. Selon le Protocol laboratoire de département d'agronomie de Biskra. (U.M.K.B).

VI.1.3 Conductivité électrique

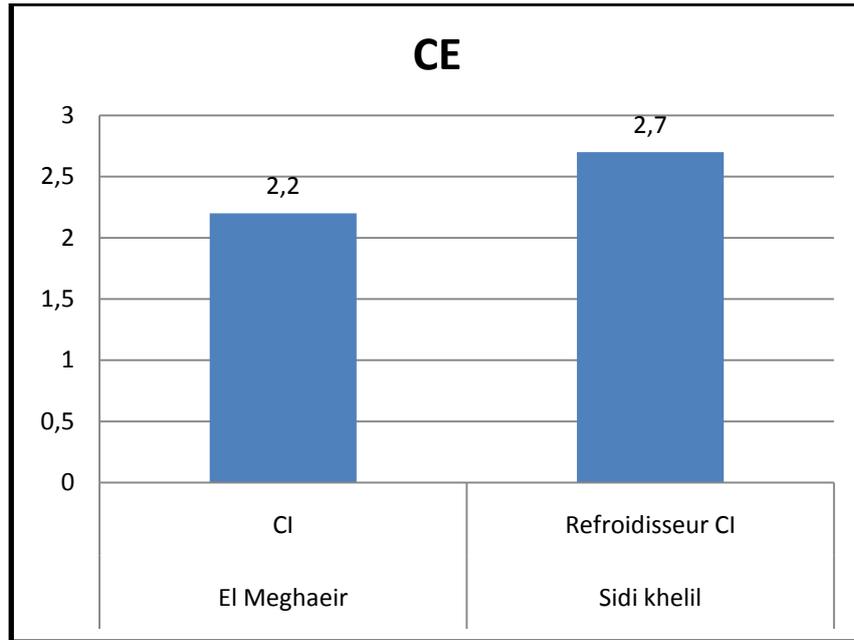


Figure19 : Présentation des CE de la différente région de types d'eau.

Dans ce diagramme ci dessus on observe que La conductivité électrique au El Meghaeir des eaux de CI présentent la plus faible conductivité 2.20 dS/Cm, alors que les eaux de CI au **Sidi khelil** présentent la plus élevée conductivité 2.7 dS/Cm

Pour l'évaluation de CE, nous avons utilisés les critères étudiés dans le cours de mise en valeur de **Masmodi (2019)**. La conductivité électrique des eaux de CI qui varie entre 2.20 et 2.7dS/m en peut les classées comme des eaux peu salé.

VI.1 .4 Cations

En fonction de l'abondance relative des cations dans les types d'eau analysés (voir figure 20)

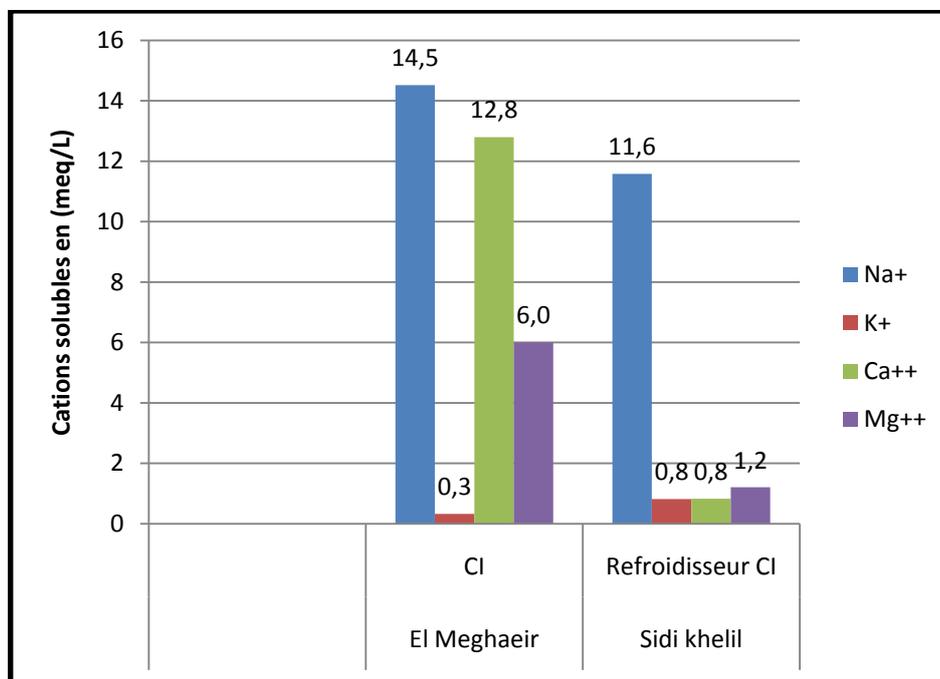
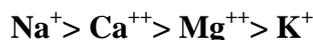


Figure 20 : Présentation des cations solubles de la différente région de types d'eau.

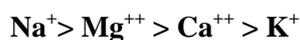
Dans ce diagramme ci dessus on observe que la concentration de sodium «Na» est plus élevée avec 14,52 meq/L pour les eaux de CI . puis le calcium «Ca⁺⁺ » avec 12,8 meq/L pour les eaux de CI, après le Mg⁺⁺ avec 6 meq/L pour les eaux de CI et potassium « K » porte la plus faible concentration, 0,33 meq/L .

L'ordre de classement des cations selon leur importance est le suivant :



Dans le même diagramme (**Figure 20**) on observe que la concentration de sodium «Na» est la plus élevée dans l'eau de CI, par rapport les autres cations.

L'ordre de classement des cations selon leur importance et le même pour la région de la El Meghaeir sauf que pour le Mg⁺⁺ et le Ca⁺⁺ on trouve que la concentration de Mg⁺⁺ est 1,21 meq /L par contre le Ca⁺⁺ se trouve avec une concentration de 0,83 meq/L.



VI.1.5 Anions

On remarque l'abondance relative des anions dans les types des eaux analysés dans les région d'El Meghaeir et sidi khelil .

Dans ce diagramme pour ci-dessous on observe que la concentration de chlorures « Cl⁻ » de 17.43 méq/L pour les eaux de CI et alors par comparaison les bicarbonates « HCO₃⁻ » sont quantitativement moins présents que les chlorures avec une concentration de 3,25 méq/L pour les eaux de CI ; suivi par les sulfates «SO₄²⁻» avec les concentrations les plus faibles de 0.28méq/L.

L'ordre de classement des anions selon leurs importances est le suivant :

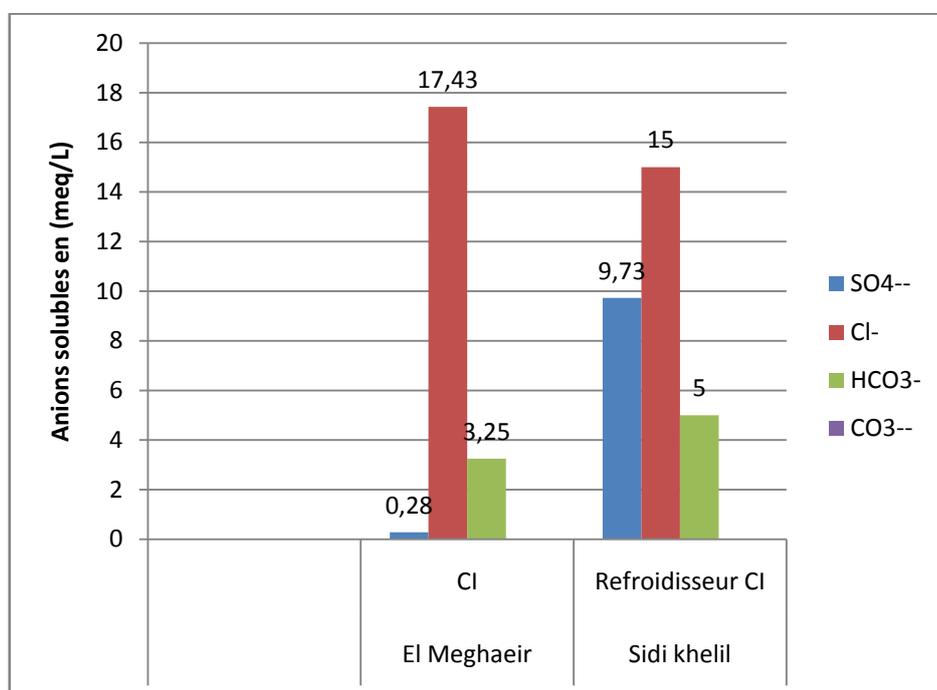


Figure21 : Présentation des anions solubles de la différente région de types d'eau.

Selon la **figure21** on observe que la concentration de « Cl⁻ » est plus élevée dans l'eau de CI, par rapport les autres anions donc l'eau elle est chlorurée.

L'ordre de classement des anions selon leurs importances est le suivant :



VI.1.6 Dureté

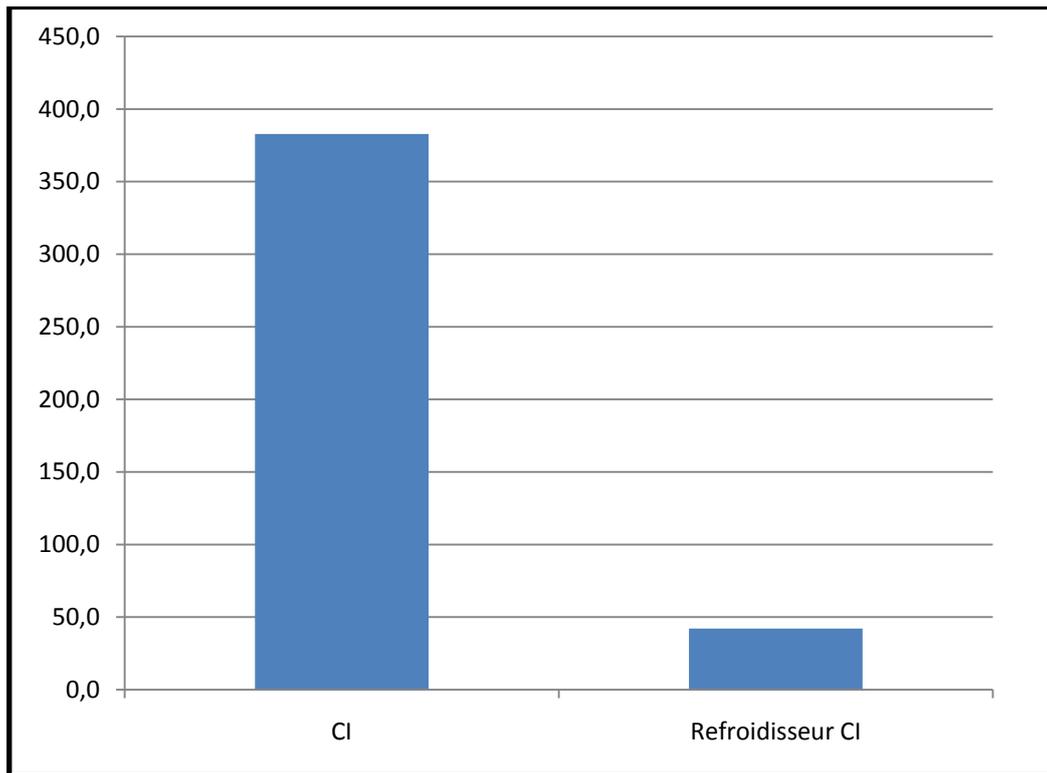


Figure 22: Présentation de la dureté différente région de types d'eau.

Dans ce diagramme ci dessus on observe que la dureté de la région d'El Meghaeir est plus élevées avec 382,8 mg/L (eau très dure) par contre au Sidi khelil elle est faible avec 42,2 mg/L (dureté eau douce). (Cite web)

VI.1.7 Taux d'absorption du Sodium (SAR)

On utilise le SAR pour classifier les risques liés au sodium dans les sources d'eau d'irrigation. L'eau caractérisée par un SAR supérieur à 10 aura tendance à produire une accumulation de sodium dans le sol. Le sodium agit au niveau de la défloculation du sol argileux ce qui entraîne une diminution de la macroporosité (air) et du taux d'infiltration d'eau (**MORIN, non daté**) Cette action sur la structure du sol est particulièrement néfaste.

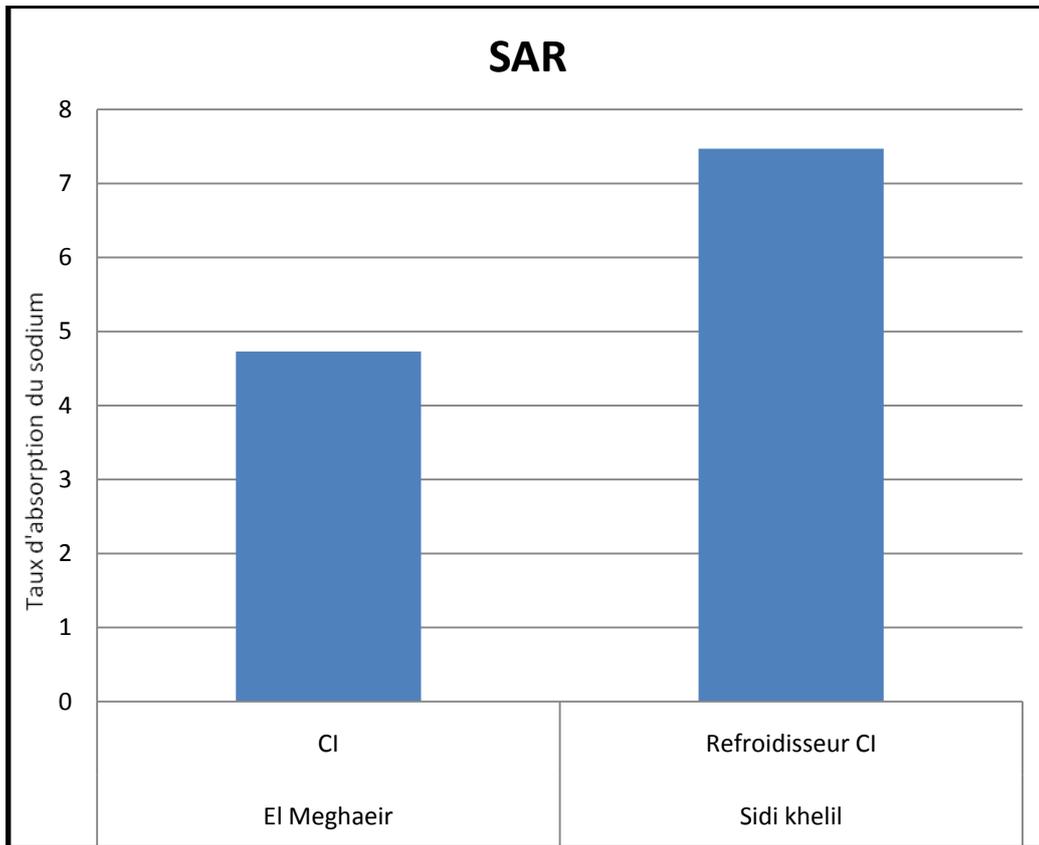


Figure23 : Présentation de taux d'absorption du sodium (SAR) de deux régions d'eau.

Les valeurs de SAR présentées au niveau de diagramme ci-dessus en fonction de nos analyses, indiquent que nos types d'eau (CI) varient entre 0 et 10. De deux régions Cet intervalle indique un risque d'alcalinité faible (**BAADI, 2016**).

VI.2.Résultats d'article (novembre 2010).

VI.2.1Température

Les échantillons prélevés dans l'aquifère CI sont caractérisés par des températures élevées variant de 47,5 ° C à 60,4 ° C en novembre 2010 (**Annexe 2**).

VI.2.2 PH

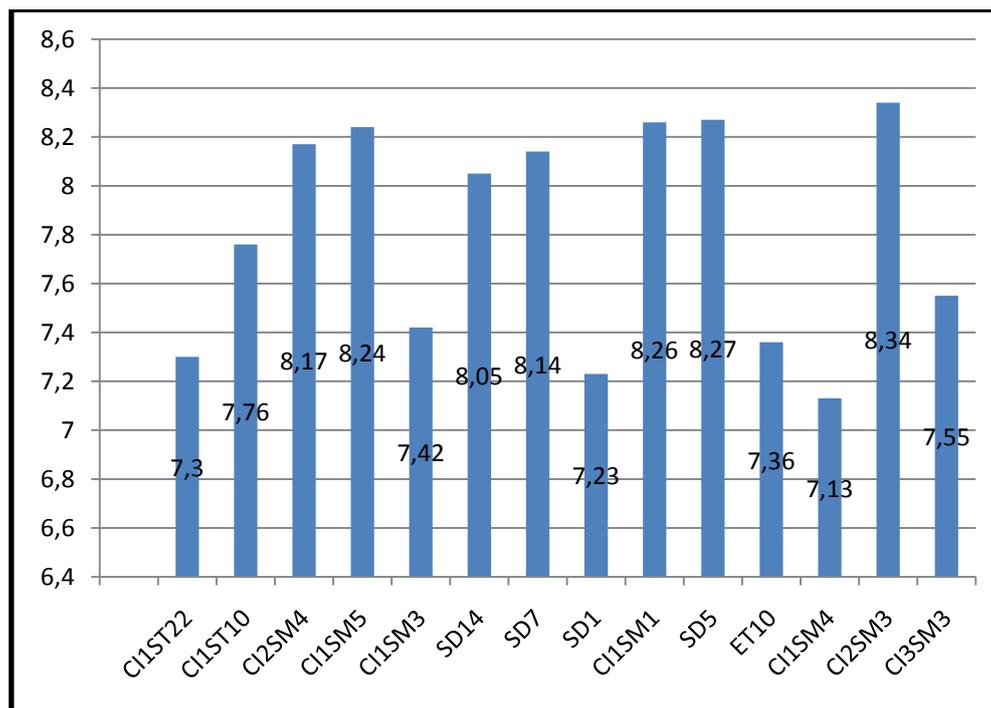


Figure24 : Présentation de pH

Dans ce diagramme ci dessus on observe que le pH d'eau qui varie entre 7.52et 9,33 veut dire pH légèrement alcalin. Selon le Protocol laboratoire de département d'agronomie de Biskra. (U.M.K.B).

VI.2 .3 Conductivité électrique

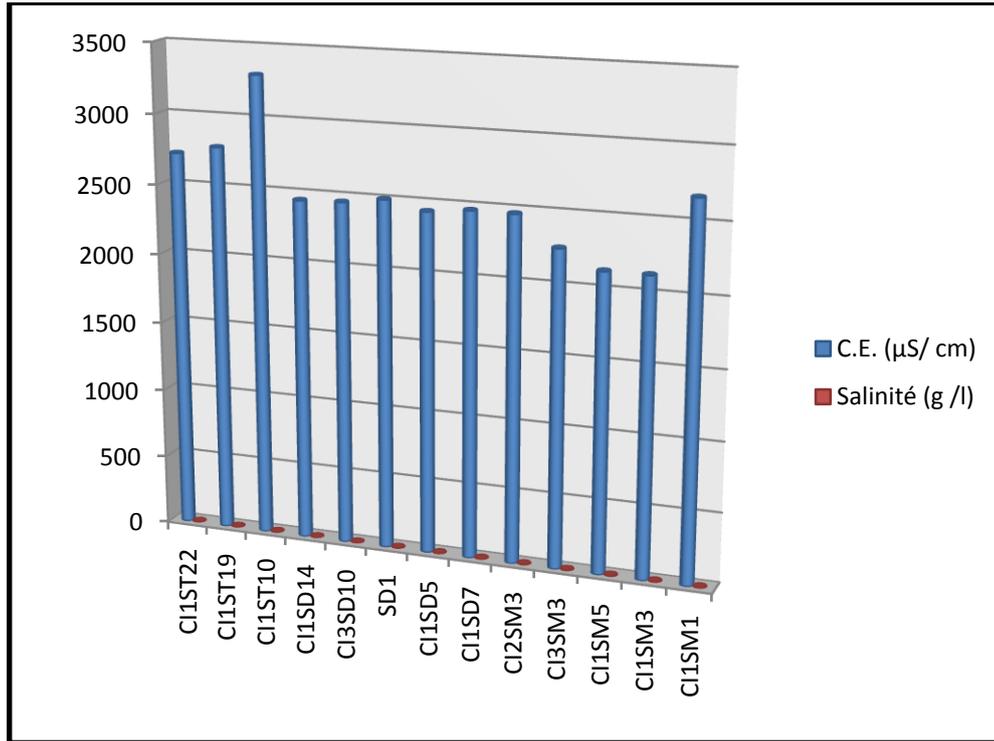


Figure25 : Présentation de Conductivité électrique et salinité

Dans ce diagramme ci dessus on observe que la CE est très élevée pour les eaux de CI par rapport la salinité.

Pour l'évaluation de la CE, nous avons utilisés les critères étudiés dans le cours de mise en valeur de **Masmodi (2019)**. La conductivité électrique extrêmement salé en $\mu\text{S}/\text{cm}$ des eaux qui varie entre 2440-3300 avec une salinité en g/l qui varie entre 1,1-1,8, on la classée comme eau non salé.

VI.2.4 Cations

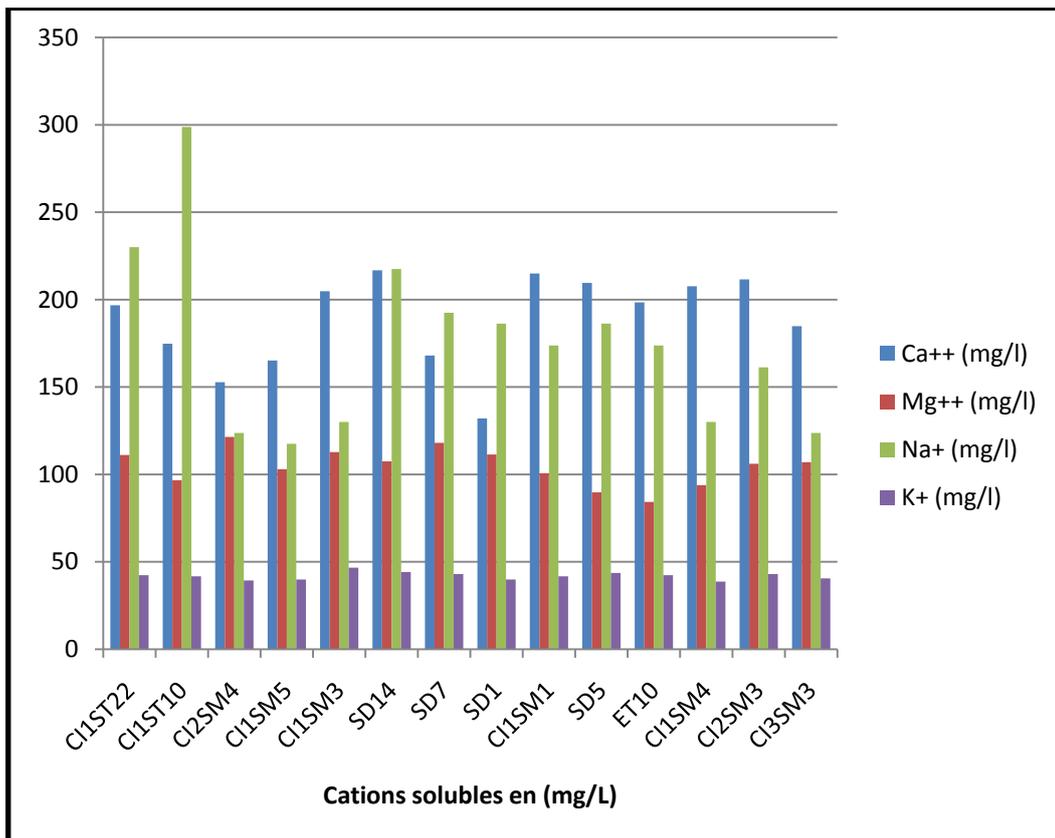
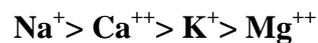


Figure 26: Présentation des cations solubles de l'aquifère albien de la zone d'étude (novembre 2010).

Dans ce diagramme ci dessus on observe que la concentration de sodium «Na» est plus élevées avec 370,20mg/l pour les eaux et plus faible 211,26mg/l, pour le calcium «Ca⁺⁺ » avec une concentration maximale 208mg/L et une concentration minimale 108mg/l , pour le Mg⁺⁺ avec une concentration maximale, 124,80mg/l pour les eaux et 17,28mg/l 47,75mg/l pour les eaux et 51,60, suivi par le potassium « K » L'ordre de classement des cations selon leur importance est le suivant :



VI.2 .5 Anions

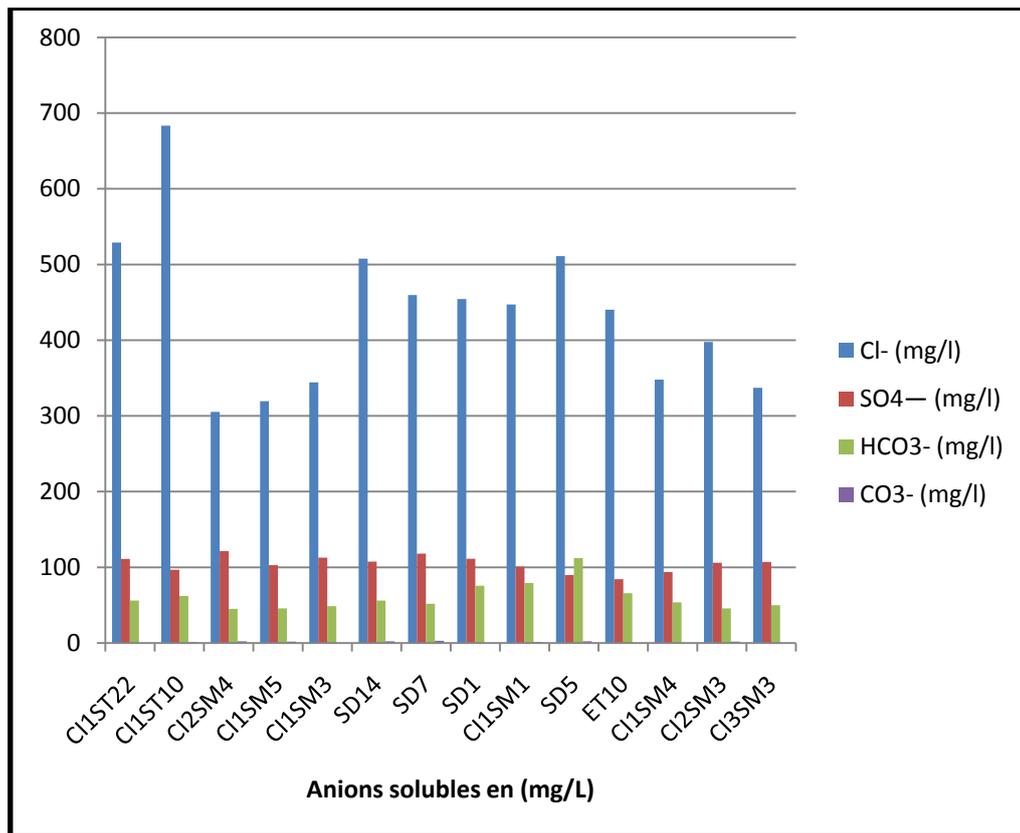


Figure27 : Présentation des Anions solubles de l'aquifère albien de la zone d'étude (novembre 2010).

Dans ce diagramme ci dessus **figure27** on observe que la concentration de chlorures « Cl » de 695,80mg/L pour les eaux, 312,40mg/L pour les eaux de et les bicarbonates « HCO₃ » 226,92mg/l de l'eau et 131,76mg/L pour les eaux ; suivi par les sulfates «SO₄⁻» avec les concentrations les plus élevé de 714,54mg/L pour les eaux, 410,10mg/L pour les eaux, et par leCO₃ plus faible 0mg/l et élevé 14,4 mg /l

L'ordre de classement des anions selon leurs importances est le suivant :



VI.2.6 Dureté

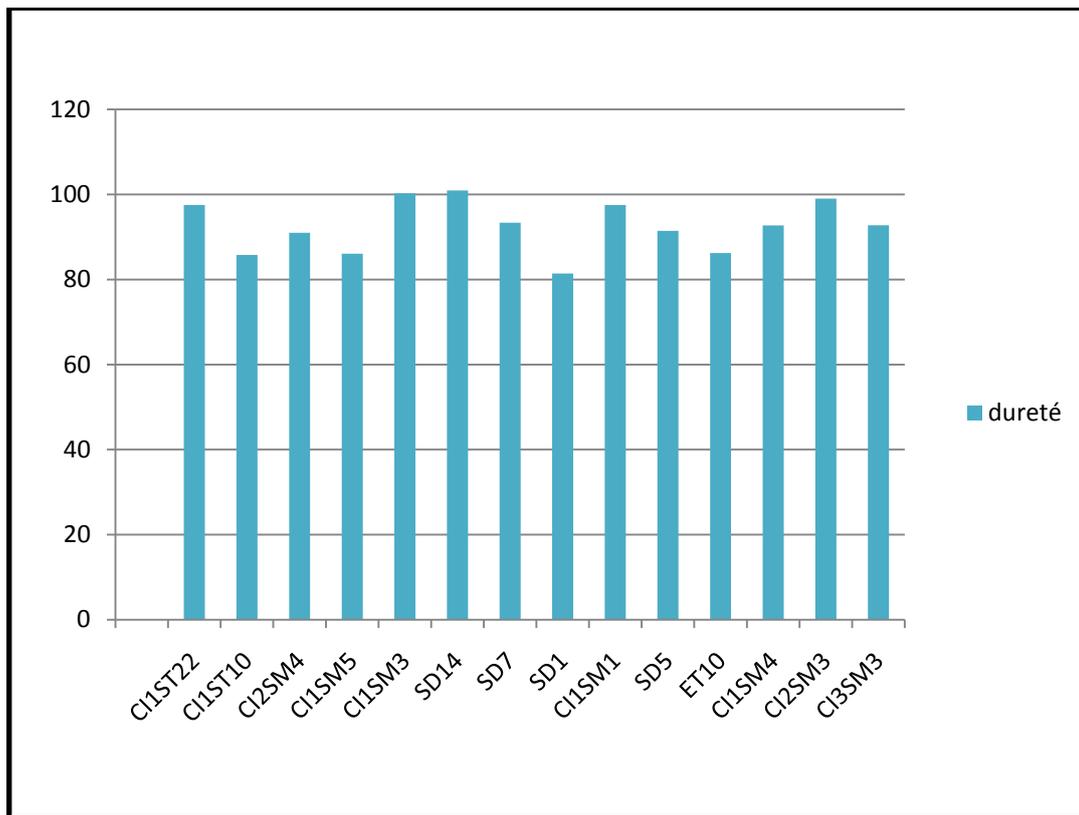


Figure28 : Présentation de la dureté mg/L

Dans ce diagramme ci dessus on observe que la dureté des eaux varie entre 59, 51 mg/L et 88,49 mg/L C'est adire les eaux sont légèrement dure. (Cite web)

VI.3.1 Température

Les échantillons prélevés dans l'aquifère CI sont caractérisés par des températures élevées variant de 40,5 ° C à 61,3 ° C en avril 2012 (**Annexe 2**).

VI.3.2 PH

Dans le diagramme pour ci-dessous on observe que la concentration de pH est plus élevées des types d'eaux varie entre 7.3et 8,27 veut dire pH légèrement alcalin. Selon le Protocole laboratoire de département d'agronomie de Biskra. (U.M.K.B).

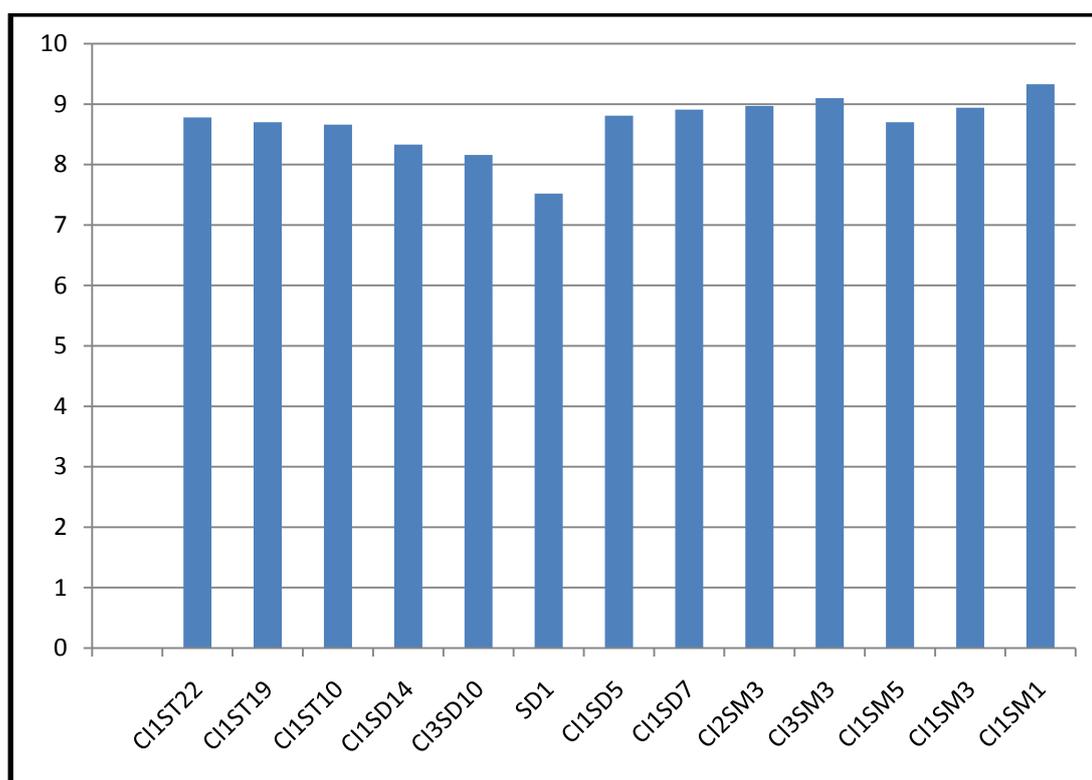


Figure29 : Présentation des pH des eaux

VI.3.3 Conductivité électrique

Dans le diagramme pour ci-dessous on observe que la concentration de CE est très élevée pour les eaux de CI par rapport la salinité.

Pour l'évaluation de la CE, nous avons utilisés les critères étudiés dans le cours de mise en valeur de **Masmodi (2019)**. La conductivité électrique est extrêmement salée des eaux qui varie entre 210-3370 C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$) avec une salinité entre 1,1-1,7 de, g/l, on la classe non salé.

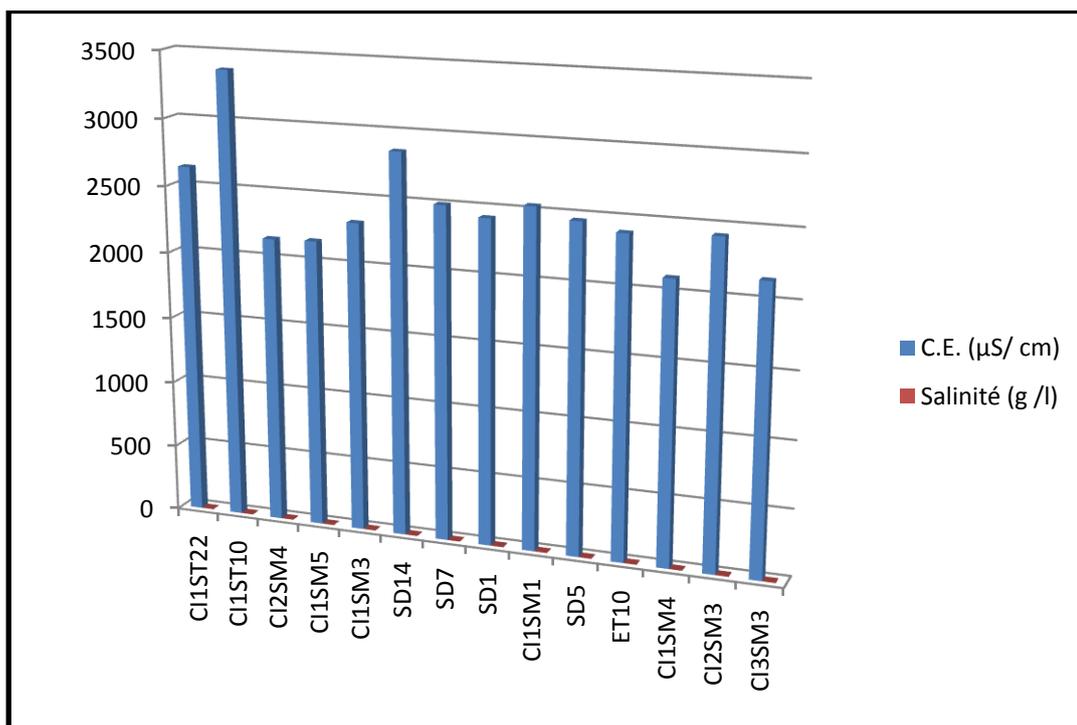


Figure30 : Présentation de la CE et salinité

VI.3.4 Cations

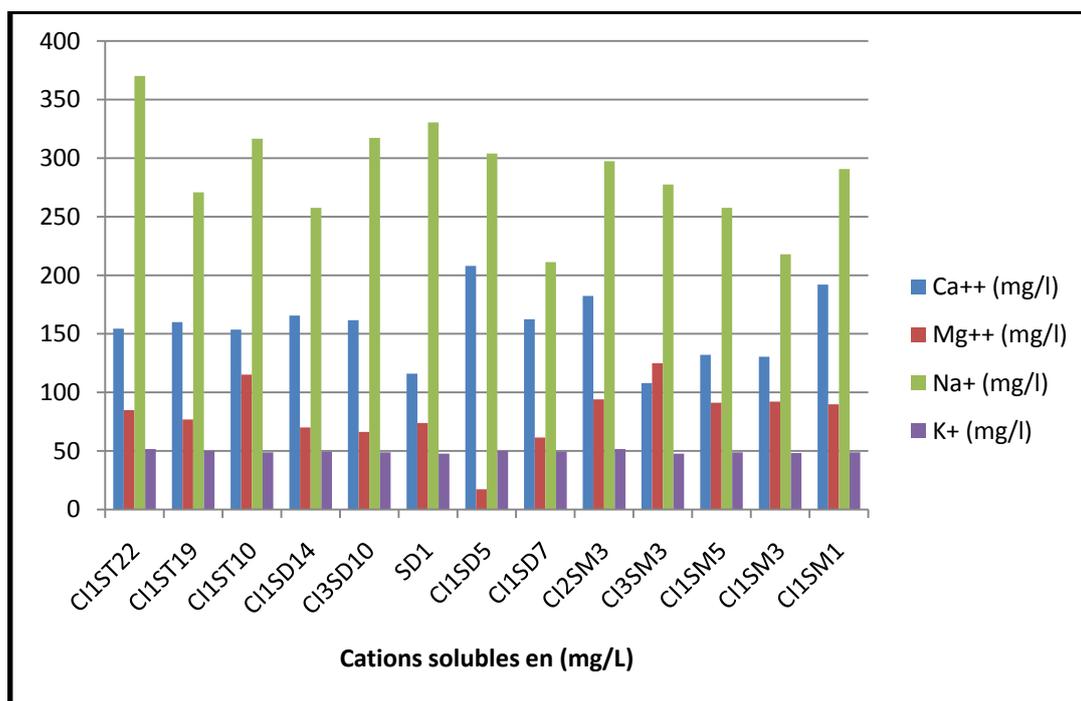
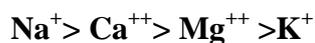


Figure31 : Présentation des Cations solubles de l'aquifère albien de la zone d'étude (avril 2012)

Dans ce diagramme ci dessus on observe que la concentration de sodium «Na» est plus élevées de 298,75mg/l pour les eaux et faible 123,75mg/l, pour le calcium «Ca⁺⁺ » avec 216,8mg/L pour les eaux et 132mg/l, 121,44mg/l pour les eaux et 84,24mg/l pour le Mg⁺⁺, 46,67mg/l pour les eaux et 38,72mg/l, suivi par le potassium « K » L'ordre de classement des cations selon leur importance est le suivant :



VI.3.5 Anions

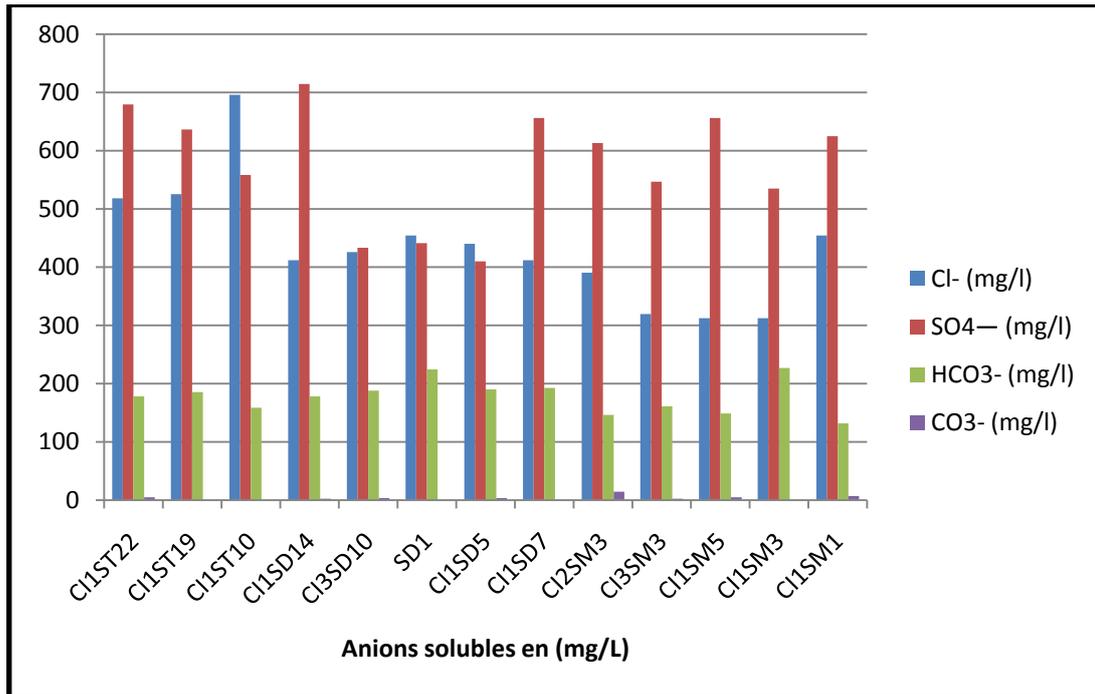
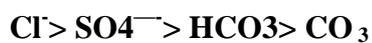


Figure32 : Présentation des Anions solubles de l'aquifère albien de la zone d'étude (avril 2012)

Dans ce diagramme ci dessus on observe que la concentration de chlorures « Cl » de 528,95mg/L pour les eaux, 305,3mg/L pour les eaux de et les bicarbonates « HCO₃ » 112,2mg/l de l'eau et 45,1mg/L pour les eaux de CI ; suivi par les sulfates «SO₄⁻» avec les concentrations les plus élevé de 121,95 mg/L pour les eaux de CT, 84,24mg/L pour les eaux de CI .et par le CO₃ plus faible 0mg/l et 2,4 mg /l

L'ordre de classement des anions selon leurs importances est le suivant :



VI.3.6 Dureté

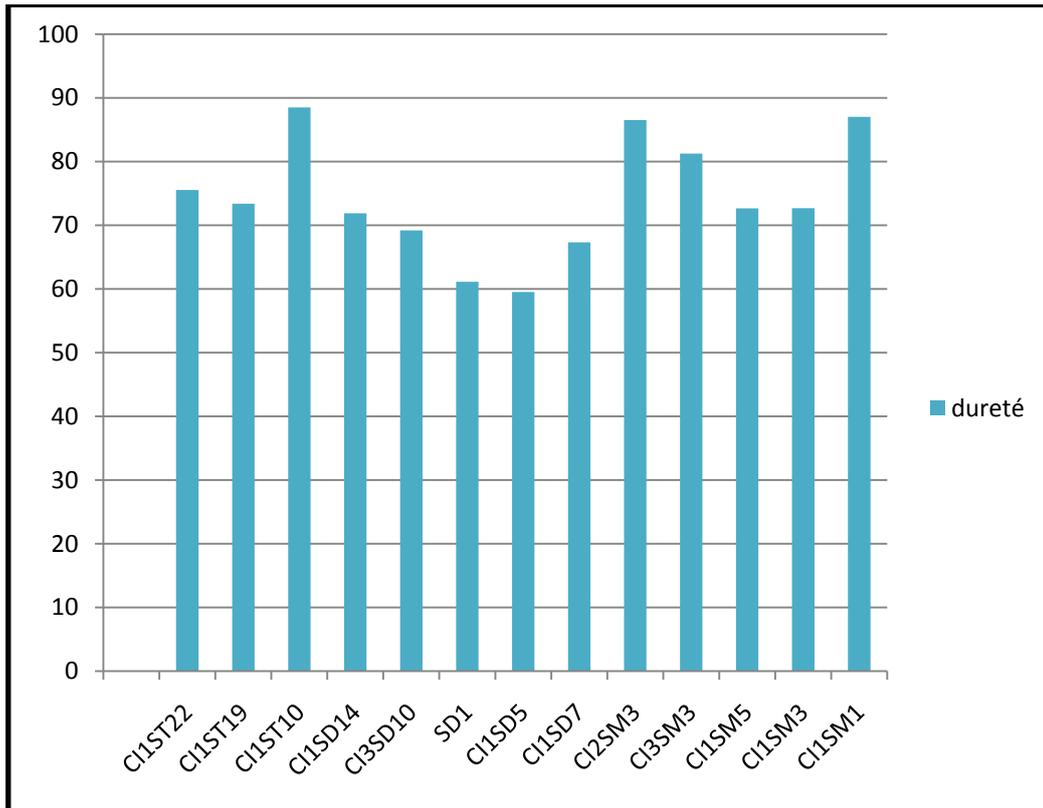


Figure 33: Présentation de la dureté mg/L

Dans ce diagramme on observe que la dureté est plus élevée des types d'eaux varie entre 81,42mg/L et 100,95mg/L C'est adire les eaux sont légèrement dure. (Cite web)

VI.3 .7 Faciès chimique :

Le diagramme de piper est composé de deux triangles plus un losange. Les deux triangles permettent de représenter, respectivement, la proportion relative (%) des différents cations (faciès cationique) et anions (faciès anionique) dans l'eau analysée. Le losange supérieur permet de synthétiser le faciès global.

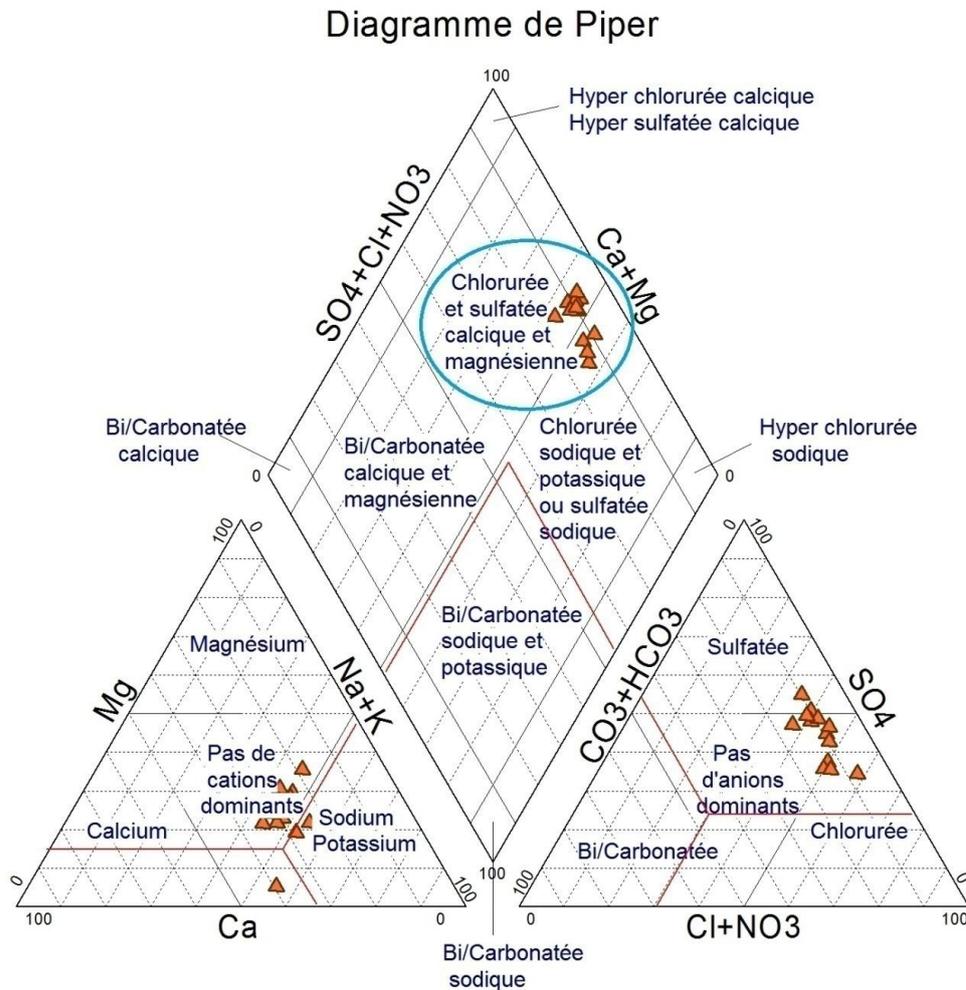


Figure34: Diagramme de Piper des eaux échantillonnées CI.

La représentation des échantillons sur le diagramme de PIPER (Fig.ci- dessus) montre que les eaux de CI présente un faciès chimiques commun « Hyper chloruré calcique ».

Conclusion

Conclusion

Notre étude expérimentale a pour but d'étudier l'effet de la qualité des eaux chaudes sur la formation de l'entartrage au niveau des refroidisseurs d'oued Righ. Vu les conditions globale et la situation exigé par le Covid 19, on ne peut mener notre expérimentation bien comme il faut.

Mais à travers l'étude bibliographique, on peut conclure d'une manière générale que la nature de l'eau de l'Albionne génère des problèmes au niveau des refroidisseurs de oued Righ et l'entartrage est l'un des paramètres les plus importants dans le dysfonctionnement et le bouchage des réseaux et canalisations d'eau et ainsi des refroidisseurs.

Une étude expérimentale sur la nature d'eau et la nature d'entartrage est plus qu'indispensable ultérieurement.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

AIDOUD R., 2017- Etude de l'effet de certains inhibiteurs sur le pouvoir entartrant de l'eau potable de la ville d'Ain Kébira. Thèse de Doctorat. Option Electrochimie des Matériaux, Université Ferhat Abbas, Sétif-1,13-14p.

BAADI.N ,2016-Etude de l'influence des eaux d'irrigation dans la recharge du lac de Témacine.Université Kasdi Merbah Ouargla.Memoire Master. Option : Génie de l'eau.17-18pp.

BEDDIAF H., 2014- La Qualité Des Eaux Sur Les Conduites De Réseau d'AEP Des régions (HMD-Touggourt). Mémoire de Master. Département Génie Civil et Hydraulique. Université Kasdi Merbah Ouargla, 37p.

BELKSIER M S ., 2017- Caractéristiques hydrogéologiques de la nappe superficielle dans la région de l'Oued Righ et évaluation de l'impact de la pollution et de la salinité sur la qualité de ses eaux. Thèse de Doctorat. Option Hydrogéologie, Université Badji Mokhtar-Annaba, 3-4p.

BENDAOUH H ., 2012- Diagnostic sur la conduite d'irrigation de palmiers dattiers dans la région d'Oued Righ. Mémoire de Master. Option Mise en valeur. Université Kasdi Merbah Ouargla, 04-11 p.

BENHADDYA ML., 2007-Contribution à l'inventaire des éléments traces dans les sols et dans les eaux souterraines dans la région de l'Oued Righ : leurs origines et leur impact sur l'environnement. Thèse Magister. Centre universitaire Ouham El Bouaghi, 131p.

BERRI I, 2015-Effet de la qualité des eaux sur la qualité des dattes dans la région d'Oued Righ-Djamaa .Mémoire Master. Option : Hydro-pédologie, Université de Biskra Annexe : 03

BOUCHEKIMA B., Prévention et lutte contre l'entartrage par les eaux géothermales du sud Algérien.Journées Techniques. Touggourt 27-29 Avril 2002, 264 p.

BOUTAOUTAOU D et al. ,2011-Etude de l'évolution de l'entartrage dans les conduites de distribution d'eau la vallée de l'oued R'hir ; Laboratoire Exploitation et Valorisation des Ressources Naturelles en Zones Arides. Université Kasdi Merbah, BP 511 Ouargla, 436-441p.

CHAIB W and KHERICI N. ,2014 -Hydrochemistry and geothermometry of an Albian aquifer from Oued Righ region in northeastern Algerian Sahara. Geothermal Energy, Annaba 23000, Algeria, 4-6 p.

CHAIB W., 2016- L'effet des eaux chaudes albiennes sur l'homme et l'environnement de la

région d'Oued Righ, Sud-est Algérien. Thèse de Doctorat. Option Hydrogéologie, Université Badji Mokhtar-Annaba, 207-210.

Cite web http://scientificsentence.net/Chemistry/index.php?key=yes&Integer=_durete consulté le 15/09/2020

DEKKOUCHE S et BECHAR B., 2013 - Étude du phénomène d'entartrage et de son inhibition par un artrifuge vert par la méthode de dégazage contrôlé du CO₂. Mémoire de Master. Département de Génie des Procédés, Université A. Mira-Bejaia, 10-11p.

DOWSON et ATEN, 1963. Composition et maturation, récolte et conditionnement des dattes. Ed .F.A.O. Rome ,397p.

HAFUODA L, 2005. Caractérisation et quantification de la salinité du sol et de la nappe phréatique dans la vallée de l'oued, thèse Magister Hyd, Institut national agronomique -El Harrach –Alger, p27

HANAFI Y., 2005- Caractérisation électrochimique de l'entartrage et inhibition par l'acide hydroxypropylenedi phosphorique : cas de la pompe a vide de la papeterie de baba-Ali. Mémoire de Magister. Option Chimie Appliquée, Université de M'Mohamed Bouguerrra-Boumerdes, 2 p.

http://scientificsentence.net/Chemistry/index.php?key=yes&Integer=_durete

<https://www.google.com/maps/@33.5440375,5.998166,11z?hl=en>

MASMODI A., 2019-cours deuxième mis en valeur.

MORIN, N.non date-Agronome,la qualité de l'eau d'irrigation .Maitrise en science du gazon.2p

O.N.M.2011, Donné climatique, Office Nationale de Météorologie TOUGGOURT.

RAHAL L ,2017-Effet de la qualité des eaux de l'albienne sur la qualité de dattes produites dans l'oued Righ (cas de la région d'El Meghaeir) .Memoire Master. Option : Hydro-pédologie, Université de Biskra 57-58 p.

ROBERTL. Andrews ,2016-conversion calculator : Milligrams (mg) to méq.

ZERROUKI F et SALHI A., 2017- Caractérisation hydrogéochimique de la nappe du Continental Intercalaire de la gouttière de l'oued Righ, Sahara septentrionale. Mémoire de Master. Option Hydrogéologie, Université de Tlemcen, 28-32p.

Annexes

Analyse chimique :

Annexe (1)

Tableau 1: Résultats des analyses d'eau pour les cations et anions

Région	Eaux	Cations solubles en (méq/L)				Anions solubles en (méq/L)			
		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	SO ₄ ⁻⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻⁻
El Meghaeir(2018)	CI	14,52	0,33	12,8	6	0,28	17,43	3,25	0
Sidi khelil	refroidisseur CI	11,58	0,82	0,83	1,21	9,73	15	5	

Tableau 2: Récapitulatif des résultats des analyses de (, pH, CE, SAR, Tc°, Dureté) des eaux d'irrigation

La région	Eaux	pH	CE dS/Cm	SAR	Tc°	Dureté
El Meghaeir					59, 36	382,8
	CI	7,24	2,2	4,73		
Sidi khelil	refroidisseur	8,02	2,7		25	42,2
	CI			7,47		

Annexe (2)

Tableau 3: Données chimiques de l'aquifère albien de la zone d'étude (novembre 2010)

ID échantillon	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	CO ₃ ⁻ (mg/l)	TDS (mg/l)	Dureté
CI1ST22	154,4	84,96	370,20	51,60	518,30	679,41	178,12	4,8	2042	75,54
CI1ST19	160	76,8	270,86	49,95	525,40	636,47	185,44	0	1905	73,39
CI1ST10	153,6	115,20	316,56	48,85	695,80	558,41	158,6	0	2047	88,49
CI1SD14	165,6	70,08	257,62	49,40	411,80	714,54	178,12	2,4	1850	71,87
CI3SD10	161,6	66,24	317,22	48,85	426,00	433,41	187,88	3,6	1645	69,20
SD1	116	73,92	330,46	47,75	454,40	441,32	224,48	0	1688	61,14
CI1SD5	208	17,28	303,97	49,95	440,20	410,10	190,32	3,6	1624	59,51
CI1SD7	162,4	61,44	211,26	49,40	411,80	655,99	192,76	0	1745	67,31
CI2SM3	182,4	94,08	297,35	51,60	390,50	613,06	146,4	14,4	1790	86,50
CI3SM3	108	124,80	277,48	47,75	319,50	546,70	161,04	2,4	1588	81,26
CI1SM5	132	91,20	257,62	48,85	312,40	655,99	148,84	4,8	1652	72,65
CI1SM3	130,4	92,16	217,88	48,30	312,40	534,99	226,92	0	1563	72,67
CI1SM1	192	89,76	290,73	48,85	454,40	624,77	131,76	7,2	1840	87,03

Tableau 4 : Données chimiques (pH, C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$, Salinité) de l'aquifère albien de la zone d'étude (novembre 2010)

ID échantillon	pH	C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Salinité (g/l)	Tc°
CI1ST22	8,78	2720	1,4	48,4
CI1ST10	8,66	3300	1,8	56,4
CI1SD14	8,33	2450	1,3	54,4
CI3SD10	8,16	2460	1,3	52
SD1	7,52	2500	1,3	10,8
CI1SD5	8,81	2440	1,3	53
CI1SD7	8,91	2470	1,3	53,1
CI2SM3	8,97	2470	1,3	47,5
CI3SM3	9,1	2260	1,2	58
CI1SM5	8,7	2130	1,1	56,4
CI1SM3	8,94	2130	1,2	60,4
CI1SM1	9,33	2670	1,4	50

Tableau 5: Données chimiques de l'aquifère albien de la zone d'étude (avril 2012)

ID échantillon	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	CO ₃ ⁻ (mg/l)	TDS (mg/l)	Dureté
CI1ST22	196,8	111,12	230	42,39	528,95	111,12	56,12	0	1488	97,51
CI1ST10	174,8	96,72	298,75	41,77	683,37	96,72	62,2	1,2	4101	85,75
CI2SM4	152,8	121,44	123,75	39,33	305,3	121,44	45,1	2,4	3813	91,00
CI1SM5	165,2	102,96	117,5	39,94	319,5	102,96	45,72	1,8	3491	86,07
CI1SM3	204,8	112,8	130	46,67	344,35	112,8	48,8	0	4945	100,24
SD14	216,8	107,52	217,5	44,22	507,65	107,52	56,08	2,4	4762	100,95
SD7	168	118,08	192,5	43,00	459,72	118,08	51,8	3	4573	93,34
SD1	132	111,36	186,25	39,94	454,4	111,36	75,64	0	3480	81,42
CI1SM1	214,96	100,70	173,75	41,77	447,3	100,70	79,28	1,2	4267	97,52
SD5	209,6	89,76	186,25	43,61	511,2	89,76	112,2	2,4	3447	91,43
ET10	198,4	84,24	173,75	42,39	440,2	84,24	65,88	0	3752	86,23
CI1SM4	207,6	93,84	130	38,72	347,9	93,84	53,68	0	3509	92,70
CI2SM3	211,6	106,08	161,25	43,00	397,6	106,08	45,72	1,8	5480	99,02
CI3SM3	184,8	107,04	123,75	40,55	337,25	107,04	50,02	0	3651	92,74

Tableau 6: Données chimiques (pH, C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Salinité (g/l) de l'aquifère albien de la zone d'étude (avril 2012)

ID échantillon	pH	C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Salinité (g/l)	Tc°
CI1ST22	7,3	2640	1,4	53,2
CI1ST10	7,76	3370	1,7	50,3
CI2SM4	8,17	2150	1,1	49,5
CI1SM5	8,24	2160	1,1	49,2
CI1SM3	7,42	2320	1,2	55,5
SD14	8,05	2860	1,5	50
SD7	8,14	2500	1,3	46,2
SD1	7,23	2430	1,3	49
CI1SM1	8,26	2540	1,3	41
SD5	8,27	2460	1,3	40,5
ET10	7,36	2400	1,3	52,7
CI1SM4	7,13	2110	1,1	59,9
CI2SM3	8,34	2430	1,3	49
CI3SM3	7,55	2150	1,1	61,3

Etude de la qualité des chaudes et de l'entartrage au niveau des refroidisseurs d'oued Righ. Cas de djamaa.

RESUME : L'objectif de ce travail l'évaluation est de trouver une solution à un problème, dit-il (BOUTAOUTAOU D ,2011) L'inconvénient majeur de l'utilisation de ces eaux chaudes est la précipitation du tartre dans les canalisations ..., et Etude de la qualité des chaudes et de l'entartrage au niveau des refroidisseurs d'oued Righ. (Cas de djamaa). Les résultats obtenus ont montré que le daigramme de piper, les eaux d'irrigation étudiés sont regroupées dans un seul faciès chimiques : chloruré et sulfate calcique et magnésien, Signifie que la dureté est liée Ca^{++} .

Mots clés : qualité, évaluation, eau, oued Righ, Continental Intercalaire (CI).

SUMMARY

The objectif of This évaluation Works is to find a solution to a problem, he sans(BOUTAOUTAOU D, 2011) the results obtained showed That according to the Piper diagram ,the irrigation water Can be classified into a singal chemical facies :Chloride and sulphated calcium and magnesium, , Means that the hardness is related Ca^{++} .

Key words : quality, evaluation, water, dureté.

المخلص :

الهدف من عمل التقييم هذا هو إيجاد حل لمشكلة كما يقول (BOUTAOUTAOU D, 2011) العيب الرئيسي لاستخدام هذا الماء الساخن هو ترسيب الحجم في الأنابيب... ، ودراسة نوعية المياه الساخنة والقياس على مستوى مبردات وادري غ (جامعة) أظهرت النتائج المتحصل عليها أن مخطط بايبر ومياه ومياه الري المدروسة حيث تم تجميعها في سحنة كيميائية واحدة كلوريد وكبريتات الكالسيوم والمغنيسيوم. يعني أن الصلابة مرتبطة ب Ca^{++} .

كلمات البحث : نوعية، تقييم، مياه، صلابة