



**République Algérienne Démocratique et
Populaire**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique**

UNIVERSITÉ D'EL OUED

FACULTÉ DES SCIENCES ET DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE SCIENCES ET DE TECHNOLOGIE

Filière: hydraulique

Mémoire

Présenté en vue de l'obtenir du diplôme licence (LMD) professionnel en
hydraulique

Option : hydraulique urbaine

Thème

**Contribution à l'étude des propriétés
physico chimique des eaux albiennes et
optimisation de son utilisation**

Encadré par :

Mr : GUESSEIR Belkacem

réalisé par :

BELAID Hosni
ZIN Youcef
RAHAL Nariman

juin 2014

Remerciement

« Avant toute chose, nous remercions DIEU qui a nous a donné la force, la volonté et le courage pour accomplir ce modeste travail ».

Nous exprimons toute gratitude à notre encadreur Mr.guesseir belkacem pour ces conseils pendant notre travail de fin d'étude.

Toutes nos expressions de gratitude et de reconnaissance vont vers les membres du jury. Nos remerciements vont également à l'ensemble des enseignants du département hydraulique pour la formulation qu'ils nous ont donné durant notre cycle d'étude.

Enfin nous remercions, avec toute la suprême sincérité tout ceux qui ont aidé de près ou de loin à terminer et réaliser notre projet de fin d'étude.



Sommaire

Introduction.....	01
Chapitre I - Présentation de la région d'étude	
1.1.- Situation géographique du Souf	03
1.2.- Facteurs abiotiques	04
1.2.1.- Relief du Souf	04
1.2.2.- Caractères pédologiques de la région d'étude	04
1.2.3.- Hydrogéologie	04
1.2.3.1.- Nappe phréatique superficielle	04
1.2.3.2.- Nappes profondes	04
1.2.3.2.1.- Complexe terminal	05
1.2.3.2.2.- Continental intercalaire (Barrémien-Albien).....	05
1.2.4.- Facteurs climatiques du Souf.....	05
1.2.4.1.- Températures.....	05
1.2.4.2.- Précipitations.....	05
1.2.4.3.- Humidité relative de l'air.....	07
1.2.4.4.- Insolation.....	07
1.2.4.5.- Vents dominants et particuliers	07
1.2.4.6. – Evaporation.....	08
Conclusion	08

CHAPITRE II : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE CONCERNANT LA NAPPE ALBIENNE

2.1.- Historique d'exploitation et découverte du continental intercalaire : nappe dite de l'Albien.....	09
2.2.- Quelques données générales sur la nappe du continental intercalaire <<Albien>>....	09
2.3.- Caractéristiques physico - chimiques des eaux du Continental intercalaire dit Albien	10
2.4.- Types de refroidisseur	11

CHAPITRE III :MATERIEL ET METHODES

3.1.- Présentation des stations d'étude.....	14
3.2.- Matériel	16
3.2.1.- PH.....	16
3.2.2.- Température.....	16
3.2.3.- Conductivité électrique.....	16
3.2.4.- Calcium.....	16
3.2.5.- Magnésium.....	17
3.2.6.- Sodium.....	17
3.2.7.- Potassium.....	17
3.2.8.- Anhydrique carbonique.....	17
3.2.9.- Sulfates.....	18
3.2.10.- Chlorures.....	18
3.3.- Méthodes d'analyses et détermination des principaux paramètres physico-chimiques.....	18
3.3.1.- PH.....	18

3.3.2.- Température.....	18
3.3.3.- Conductivité électrique.....	18
3.3.4.- Calcium.....	19
3.3.5.- Magnésium.....	19
3.3.6.- Sodium	19
3.3.7.- Potassium.....	19
3.3.8.- Anhydrique carbonique.....	19
3.3.9.- Sulfates.....	20
3.3.10.- Chlorures.....	20

CHAPITRE IV : PARTIE EXPERIMENTALE

4.1. – Paramètres physico- chimiques.....	21
4.2.- Prélèvement.....	21
4.2.1.- Echantillonnage.....	21
4.2.2.- Conditionnement.....	22
4.2.3.- Mode opératoire.....	22
4.2.3.1.- PH.....	22
4.2.3.2.- Température.....	22
4.2.3.3.- Conductivité électrique.....	22
4.2.3.4.- Calcium.....	22
4.2.3.5.- Magnésium.....	23
4.2.3.6.- Sodium.....	23
4.2.3.7.- Potassium.....	23

4.2.3.8.- Anhydrique carbonique.....	23
4.2.3.9.- Sulfates.....	24
4.2.3.10.- Chlorures.....	24
4.3.- Résultats d'analyse.....	25
4.4.- Discussions.....	27
Optimisation de l'utilisation des eaux albiennes.....	28
Conclusion général.....	31
Référence bibliographiques	

Annexes

Liste des Tableaux

Number de Tableau	titre	Page
	Chapitre I : Présentation de la région étude.	
Tableau 1	Données climatiques moyennes de la région d'El-Oued (Souf) (1998- 2012)(O.N.M., El-Oued, 2010)	06
	CHAPITRE III : matériel et méthodes	
Tableau 2	présentation des forages Albiens d'Oued Souf	15
	<i>CHAPITRE IV : PARTIE EXPERIMENTALE</i>	
Tableau 3	caractéristique physico chimique de l'eau Albien d'Oued Souf	25
Tableau 4	normes des paramètres physico-chimiques concernant les eaux de boisson selon la C.E.E. (1985) et l'O.M.S. (2006)	26

Liste des Figures

Nombre de Figure	Titre	Page
	Chapitre I : Présentation de la Région d'Etude	
Figure 01	Carte géographique du Souf (DUBOST, 2002 modifié par ALLAL, 2008)	03
	CHAPITRE II : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE CONCERNANT LA NAPPE ALBIENNE	
Figure 02	carte de ressources en eau du Sahara septentrional	12
Figure 03	carte de gréseuse du continental intercalaire	12
Figure 03	carte géographique d'Oued Souf	14

Introduction générale

INTRODUCTION

L'eau est le composant prédominant du milieu vivant. Avec l'oxygène, qui en est aussi un constituant, et la lumière solaire, l'eau est alors l'élément universel de toute vie sur terre.

Elle occupe en volume une part quantitativement importante dans tous les organismes vivants. De plus, elle est présente partout, ce qui lui a conféré un emplacement primordial dans la vie sociale au vu des défis et enjeux énormes qui se posent actuellement. En outre, l'eau a un caractère universel parce qu'elle ne connaît pas de frontière (cycle mondial de l'eau). Autrement dit le cycle de l'eau traverse les limites géographiques, physiques, biologiques et bien sur sectorielles. Elle est aujourd'hui utilisée pour la boisson, la même unité d'eau pourrait être demain absorbée par une plante dans un champ ou une palmeraie pour être ensuite plus utile dans une usine dans le pays voisin.

L'Algérie reçoit approximativement 100 milliards de m³ de pluviométrie par an dont 85% s'évaporent et le reste ruisselle dans les cours d'eau avec une partie qui s'infiltré dans le sol.

Par ailleurs, la seconde moitié du XX^{ème} siècle s'est soldée à la fois par la connaissance des ressources profondes et des moyens de leur exploitation. Autrement dit, ce sont les prospections des hydrocarbures qui ont entraîné la découverte d'aquifères profonds du Sahara notamment la nappe du Complexe Intercalaire dite Albien.

A cet effet, la découverte de cette nappe albienne a été d'une grande importance pour les régions sahariennes dont l'utilisation était multiple pour différents secteurs (agriculture, hydraulique et industrie). En outre, les besoins croissants en eau de boisson et d'irrigation générés par l'augmentation des populations sahariennes secondée par le développement agricole de ces régions durant ces dernières années ont été couverts en partie par la nappe albienne. De plus, la sollicitation de cette nappe pour la zone d'El-Oued (Souf), était aussi dans un but d'amélioration de la qualité des eaux des nappes existantes (Phréatique et Complexe Terminal) qui sont caractérisées par une forte minéralisation et un taux de fluor élevé etc... engendrant certains inconvénients (dureté élevée, corrosion, entartrage...) et fluoroses des os (ostéoporose) et dentaire.

Pour toutes ces raisons, nous avons jugé utile d'apporter notre contribution à l'étude des propriétés physico-chimiques de l'eau albienne et à l'optimisation de son utilisation.

A cet effet, nous avons structuré notre étude en quatre chapitres qui sont :

_ **CHAPITRE I** : présentation de la région d'étude qui est El-Oued (Souf) dans son contexte géographique, administratif ainsi que sa climatologie , sa géologie et l'hydrogéologie de la zone.

_ **CHAPITRE II** : synthèse bibliographique concernant les eaux albiennes.

- **CHAPITRE III** : matériel et méthodes d'analyse des eaux

- **CHAPITRE IV** : partie expérimentale qui illustre la présentation et l'interprétation des résultats expérimentaux obtenus tout au long de l'étude.

Chapitre I
Présentation de la région
d'étude

Chapitre I - Présentation de la région d'étude

1.1.- Situation géographique du Souf

La région du Souf est une partie de la wilaya d'El-Oued rattachée au Sahara septentrional et caractérisée par des facteurs écologiques assez spécifiques.

Elle est située dans le Sud - Est algérien et au Nord du grand Erg oriental (Fig. 1) avec une superficie de 35706 km². Elle est comprise entre le 33° 19' à 33°61' N et 6° 80' à 7° 10' E (NADJAH, 1971) avec une altitude moyenne de 60 m. Elle est limitée par :

- la zone des chotts (Melghir et Merouane) au Nord
- la zone frontalière tunisienne avec le chott El-Djérid à l'Est
- la wilaya d'Ouargla et la vallée de l'Oued-Righ à l'Ouest

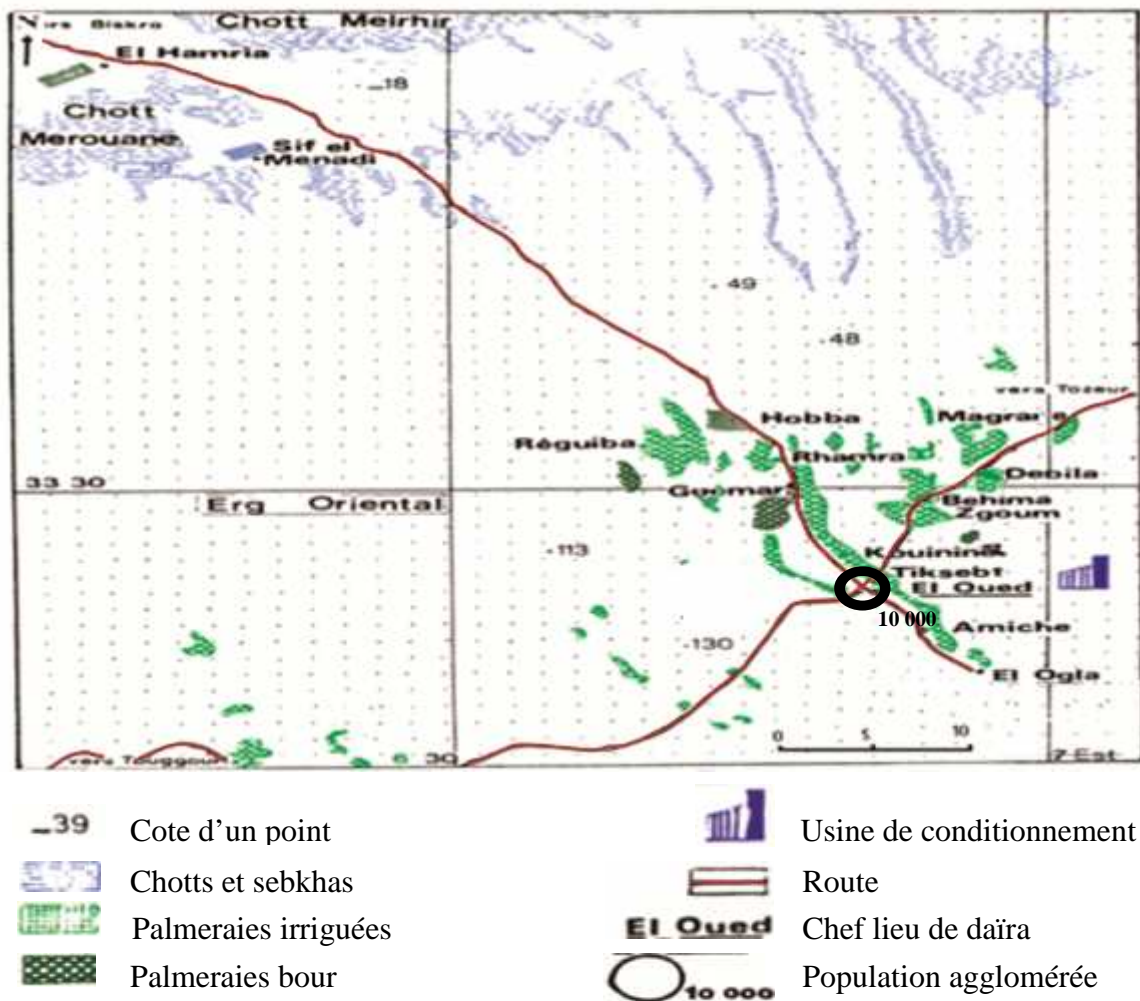


Fig .1- Carte géographique du Souf (DUBOST, 2002 modifié par ALLAL, 2008)

Quant à la ville d'El - Oued, elle se trouve à environ 650 km au Sud- Est d'Alger et à 350 km de Gabès (Tunisie) selon la D.P.A.T. (2008).

1.2.- Facteurs abiotiques

Les plus actifs sont au nombre de quatre. Il s'agit du relief, du sol, de l'hydrogéologie et du climat (températures, précipitations, humidité relative, insolation et vents).

1.2.1.- Relief du Souf

La configuration du relief de la vallée du Souf est sablonneuse avec des dunes qui peuvent atteindre une centaine de mètres de hauteur (NADJAH, 1971). Ce relief est assez accentué et se présente sous un double aspect dont l'un est un Erg occupant les 3/4 de la surface totale et l'autre sous forme de dépressions fermées entourées de dunes. Le Souf tout entier est presque compris entre deux lignes : 80 mètres à l'Est et 120 mètres à l'Ouest (VOISIN, 2004).

1.2.2.- Caractères pédologiques de la région d'étude

Le sol du Souf prend deux aspects dont le plus dominant est l'ensemble dunaire qui est constitué par de grandes accumulations sableuses tandis que l'autre partie dénommée localement "Shounes" est située dans la partie Nord-Est-Sud, caractérisée par une superficie caillouteuse avec des croutes gypseuses entourées par de hautes dunes (Ghroud) qui leur donnent aussi une forme de cratère, alors qu'à l'Ouest, on trouve la Tefza constituée essentiellement par du carbonate de calcium (CaCO_3). En outre selon VOISIN (2004), le sable de la région est constitué essentiellement de silice (40 à 60 %), de gypse (10 à 40 %), de calcaire (2 à 20 %) et d'une très faible proportion d'argile (0 à 5 %).

1.2.3.- Hydrogéologie

Les formations géologiques dans la région du Souf présentent une succession régulière allant du Crétacé inférieur jusqu'au Mi- Pliocène, ainsi qu'à celui du quaternaire qui renferment de grands aquifères selon l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques d'Ouargla (2005). On distingue :

1.2.3.1.- Nappe phréatique superficielle

Cette nappe se trouve partout dans le Souf, elle est semi-captive et repose sur un plancher argilo - gypseux du Pontien supérieur (VOISIN, 2004). Elle est constituée

principalement par des dépôts de sable quaternaire. Son épaisseur atteint les 67 mètres et sa profondeur varie de 10 à 40 mètres selon la topographie du terrain et sa salinité oscille entre 5 et 7 g / l (D.H.W., 2010). Elle est actuellement exploitée pour l'irrigation.

1.2.3.2.- Nappes profondes

Elles sont constituées par deux grands réservoirs de deux bassins sédimentaires : le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire qui sont exploités dans le cadre de l'irrigation et de l'alimentation en eau potable (D.H.W., 2010).

1.2.3.2.1.- Complexe terminal

Il est constitué par des calcaires sénoniens de sable du mi-pliocène. L'épaisseur de la nappe est d'une centaine de mètres et de profondeur variable allant de 100 à 500 mètres, débitant en moyenne 25 à 35 l / s .Sa température est de l'ordre de 23 à 25 °C. avec une salinité de 3 à 7 g / l (D.H.W., 2010).

1.2.3.2.2.- Continental intercalaire (Barrémien-Albien)

Cette nappe est contenue dans les argiles sableuses et les grès du Continental Intercalaire. Il s'agit d'une eau fossile emmagasinée au cours des périodes pluviales du quaternaire. Elle se situe entre le massif du Tassili et de l'Atlas saharien, couvrant une étendue de 600.000 km² avec une épaisseur importante de plusieurs centaines de mètres (VOISIN, 2004). Elle est artésienne, débitant 200 à 250 l / s et caractérisée par une température élevée de 58 à 70 °C, avec une salinité de 1,5 à 2 g / l (D.H.W., 2010).

1.2.4.- Facteurs climatiques du Souf

Le Sahara est le plus grand des déserts mais également le plus extrême. En effet c'est là que les conditions climatiques atteignent leurs plus grandes amplitudes. Celles-ci sont dues d'abord à la situation de cette entité géographique par rapport à la latitude et au tropique du Cancer, ce qui entraîne de fortes températures et un régime des vents à courants chauds et secs. Pour cela la présente caractérisation est faite à partir d'une synthèse climatique établie sur 15 ans (1998-2012) selon les données de l'Office National de Météorologie (O.N.M.) d'El-Oued qui sont illustrées dans le tableau 1.

1.2.4.1.- Températures

Du fait de son appartenance aux régions sahariennes, de sa position continentale et de sa proximité de l'équateur, le Souf présente de forts maxima de températures et de grands écarts thermiques (DUBIEF, 1963 *in* VOISIN, 2004). Selon les données du tableau 1, la température moyenne annuelle est de 21,18 °C. avec une moyenne mensuelle des maxima et des minima atteignant respectivement les 27,42 °C. et 14,37°C. Soit une amplitude entre les moyennes de 13,05 °C, considérée comme importante.

Quant aux températures maximales absolues, elles dépassent parfois les 45 °C. durant les mois de juin, juillet et août alors que les minima absolus descendent au dessous de 0 °C. pendant 3 à 4 jours durant l'hiver, de décembre à février.

Tableau 1 - Données climatiques moyennes de la région d'El-Oued (Souf) (1998- 2012)

(O.N.M., El-Oued, 2010)

Mois Paramètres	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Moyennes annuelles
Température minimale °C. (m)	3,8	6,8	9,4	13	17,4	22,4	24,6	24,5	21,2	15	8,8	5,5	14,37
Température maximale °C. (M)	16,7	18,9	22,1	26,5	31,5	37,5	41,5	40,5	34,7	27,8	21,3	17,3	27,42
Température moyenne °C. (m+M) /2	10,8	12,9	15,8	19,8	24,5	29,9	32,5	32	28	21,4	15,2	11,4	21,18
Minimum absolu °C.	-1,4	-1,5	0,9	4,8	4,9	9,8	14	17,9	18,8	12	6,7	-2,1	7,07
Maximum absolu °C.	27	30	36,5	37,8	43	46,6	47,8	47,5	44,9	39,8	30,5	25,8	37,33
Précipitations (mm)	9,5	10,5	11	10	4	2	0	0	4	5,8	9	11	76,80 *
Humidité (%)	63	48,5	38	29,4	30,4	31	24	32,5	40,6	61	60,2	69	43,97
Insolation (h / mois)	263	229	256	240	223	337	365	351	244	196	239	222	3165 *
Evaporation (mm)	110	150	165	206	200	290	330	312	220	190	139	105	2417 *
Vent (m / s)	1,6	2	3,6	4,3	4,4	4,2	4,1	2,5	2,6	2,7	2,6	2,2	3,07

* : Cumul annuel

1.2.4.2.- Précipitations

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement des écosystèmes terrestres (RAMADE, 1994). Le climat du Souf est caractérisé par la rareté et l'irrégularité frappante des précipitations inter-mensuelles et inter-annuelles. La répartition des pluies est marquée par une sécheresse absolue durant toute l'année. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 76,80 mm pour une période d'une quinzaine d'années (1998-2012), caractérisées par deux maxima de chutes de pluies en mars et en décembre avec 11 mm pour chaque mois selon les données de l'Office National de Météorologie (tableau 1).

1.2.4.3.- Humidité relative de l'air

Selon RAMADE (2003), elle est fonction des précipitations. Une certaine humidité relative de l'air est toujours indispensable pour les animaux et les végétaux (DREUX, 1980). Quant au Souf, l'humidité de l'air est très faible et varie sensiblement à travers les saisons de l'année. En effet, pour la période 1998-2012, l'humidité maximale est enregistrée pendant l'hiver durant le mois de décembre en atteignant 69 % alors que pendant la saison estivale, elle chute à 24 % en juillet sous l'effet d'une forte évaporation due aux vents chauds et secs, notamment du sirocco. La moyenne annuelle est de 43,97 % (Tab.1).

1.2.4.4.- Insolation

Selon RAMADE (2002) la lumière joue un rôle primordial dans la plupart des phénomènes écologiques, par sa photopériode, contrôlant l'ensemble du cycle vital des espèces animales, (hibernation, diapause, maturation sexuelle). Au Souf, le ciel est dégagé presque durant toute l'année traduisant l'image caractéristique des zones sahariennes. Durant la période 1998-2012, la moyenne annuelle de l'insolation est de 3165 heures marquée par un pic pour le mois de juillet avec un volume horaire de 365 heures et un minimum de 222 heures pour le mois de décembre (Tab.1).

1.2.4.5.- Vents dominants et particuliers

Le vent est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat (SELTZER, 1946), il agit en activant l'évaporation qui pourrait induire ainsi une sécheresse. D'après les données de l'Office National de Météorologie (1998-2012) pour la région d'El-Oued, les vents sont fréquents et leur vitesse moyenne annuelle est de 3,07 m/s (Tab.1) avec une direction dominante et variable suivant les saisons. Le vent du Nord-Ouest (Dahraoui) sévit surtout au printemps, tandis que celui d'orientation Est- Nord (Bahri), se manifeste généralement de la fin mai à la mi-octobre mais parfois très violemment en se transformant en véritables tempêtes de sable avec des vitesses maximales atteignant 15 à 30 m / s soit 54 à 180 km / h (B.N.E.DE.R., 1983) occasionnant des dégâts importants notamment aux productions agricoles. Il pourrait jouer dans ces conditions particulières le rôle de facteur de mortalité pour les oiseaux durant la couvaison et le nourrissage (BOUKHEMZA, 1990). Le sirocco (vent du Sud) chaud et sec intervient surtout en été (SELTZER, 1946).

1.2.4.6. - Evaporation

L'intensité de l'évaporation est fortement renforcée par les vents, notamment ceux qui sont chauds tel que le sirocco (TOUTAIN, 1979). Dans la présente zone d'étude, comme partout en zones arides, l'évaporation est toujours la plus importante en surface nue que sous couvert végétal, surtout en été. Elle enregistre une moyenne annuelle de 2417 mm en passant par un maximum en juillet avec 330 mm à cause des hautes températures et un minimum de 105 mm en décembre (Tab.1).

Conclusion

La région d'El-Oued (Souf) est située dans l'étage bioclimatique aride. Elle est caractérisée par la faiblesse de la pluviométrie, les fortes amplitudes thermiques, une intense évaporation ainsi que par l'existence de vents qui sont parfois violents et catastrophiques. Elle renferme d'immenses ressources hydriques (la phréatique, le C. T.et le C.I.) mais par contre, la qualité de ces eaux exige au préalable des traitements (deminéralisation, adoucissement, refroidissement, défluoruration ...).

CHAPITRE II

SYNTHESE

BIBLIOGRAPHIQUE

CONCERNANT LA NAPPE

ALBIENNE

CHAPITRE II : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE CONCERNANT LA NAPPE ALBIENNE

2.1.- Historique d'exploitation et découverte du continental intercalaire : nappe dite de l'Albien

Selon Mehalli (2002), la nappe albiennaise a été exploitée bien avant qu'elle ne soit connue. Et ce par :

- le développement de chapelets de population autour des sources de dépression
- au tarissement de ces sources, l'homme commençait à creuser des puits domestiques et mobiliser l'eau par différents moyens
- au 10^{ème} siècle, une technique ingénieuse d'origine perse de captage et de drainage de l'eau de nappe fut introduite communément appelée << Foggaras >>
- quelques décades plus tard, l'exploitation par puits artésiens avait vu le jour à El Menia, In Salah puis à Ghardaia mais l'eau n'était pas jaillissante
- des forages test à Touggourt (899 m) et Ouargla (887 m) n'atteignirent pas cet aquifère

Depuis, plusieurs études ont été réalisées et cette nappe fut captée pour la première fois en 1949 à Zelfana et le deuxième fois à Guerrara en 1951 puis suivirent d'autres réalisations notamment dans la zone de l'Oued Righ, des Zibans et dernièrement dans le Souf.

2.2.- Quelques données générales sur la nappe du continental intercalaire <<Albien >>

Le Continental Intercalaire constitue incontestablement la ressource la plus importante au Sahara septentrional. Ses principales caractéristiques sont selon Meskouri (2002) :

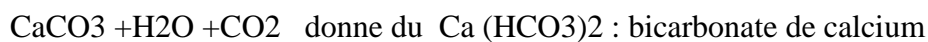
- Etendue : 840 000 km²
- Epaisseur : 50 à 1000 m
- Profondeur : 60 à 2400 m
- Profondeur au toit : 20 à 2000 m
- Epaisseur : 50 à 400 m

- Débit : 50 à 400 l/s
- Niveau statique : 10 – artésien (30 bars)
- Transmissivité : 10- 30 10000m²/s
- Alimentation moyenne : 270 Hm³/an
- Température : 25- 70 °C
- Salinité des eaux : 0,5 à 6 g/l

2.3.- Caractéristiques physico - chimiques des eaux du Continental intercalaire dit Albien

Selon Benzaoui (2002), les eaux de cette nappe ont des qualités particulières à savoir un P.H et une température élevée ainsi qu'une forte minéralisation. En outre, il précise que leurs températures sont variables allant de 50 à 70°C et leurs P.H. dépassent les 7,5. Leur titre hydrotimétrique avoisine les 80°C. Quant aux caractéristiques chimiques, elles surpassent dans leur majorité les normes, d'où les moyennes recensées sur différents forages sont élevées : Ca : 180 mg/l, Mg : 77 mg/l, Cl : 550 mg/l, SO₄ : 665 mg/l, CO₃ :183 mg/l, RS : 2100 mg/l.

De plus , cette eau est caractérisée par son agressivité (eau + gaz carbonique forme l'acide carbonique) ce qui entraîne la corrosion. En outre, elle est entartrante suite à la vaporisation. Les tartres sont généralement composés de sels d'alcalino-terreux peu sensibles (Ca, Mg). Les plus courants sont le gypse (CaSO₄, 2H₂O) qui se forme à froid et l'anhydrite (CaSO₄) qui est la forme la plus courante à chaud (CHOUGUI K., 2002). Autrement dit, la formation des tartres est due à la solubilité des sels d'où :



Si la température dépasse les 55°C et la concentration en sel augmente, on obtient de la précipitation sous forme de carbonate de calcium qui est la formation de tartre. A cet effet, les spécialistes conseillent de faire des traitement contre la tartre avant l'arrivée de l'eau au refroidisseur ou au réseau afin de sauver les installations et les canalisation en aval. Selon Dob (2002), ces traitements sont au nombre de trois :

- traitement à la chaux
- addition de phosphates

- passage sur sel de microphos.

2.4.- Types de refroidisseur :

La température élevée de l'eau albiennaise nécessite un refroidissement préalable avant son utilisation aussi bien humaine qu'agricole

Selon la D.H.W. d'El-oued (2002), il existe deux types de refroidissement pour ces eaux chaudes :

- refroidissement à ventilation naturelle
- refroidissement à ventilation forcée

Au niveau de la wilaya d'El-Oued, les services techniques ont opté pour le refroidissement à ventilation forcée (pour raisons technique et économique). Il est obtenu par la chute libre de l'eau sur les grilles de séparation et ainsi, elle est fractionnée en fines gouttelettes pour augmenter leur surface de contact et se refroidit en tombant sur les grilles de remplissage en traversant l'air brassé par les ventilateurs.

Caractéristiques du refroidisseur de Ain Choucha (Djamaa)

Type de réfrigérant :	contre courant
Nombre de cellules :	02
Hauteur de la tour :	19 m
Hauteur de l'entrée d'eau :	13m
Nombre de ventilateur :	02
Diamètre des ventilateur :	3,8 m
Capacité du bassin :	380 m ³
Débit à refroidir :	1500 m ³
Température de l'eau :	59 °C
Température de l'eau refroidie :	30°

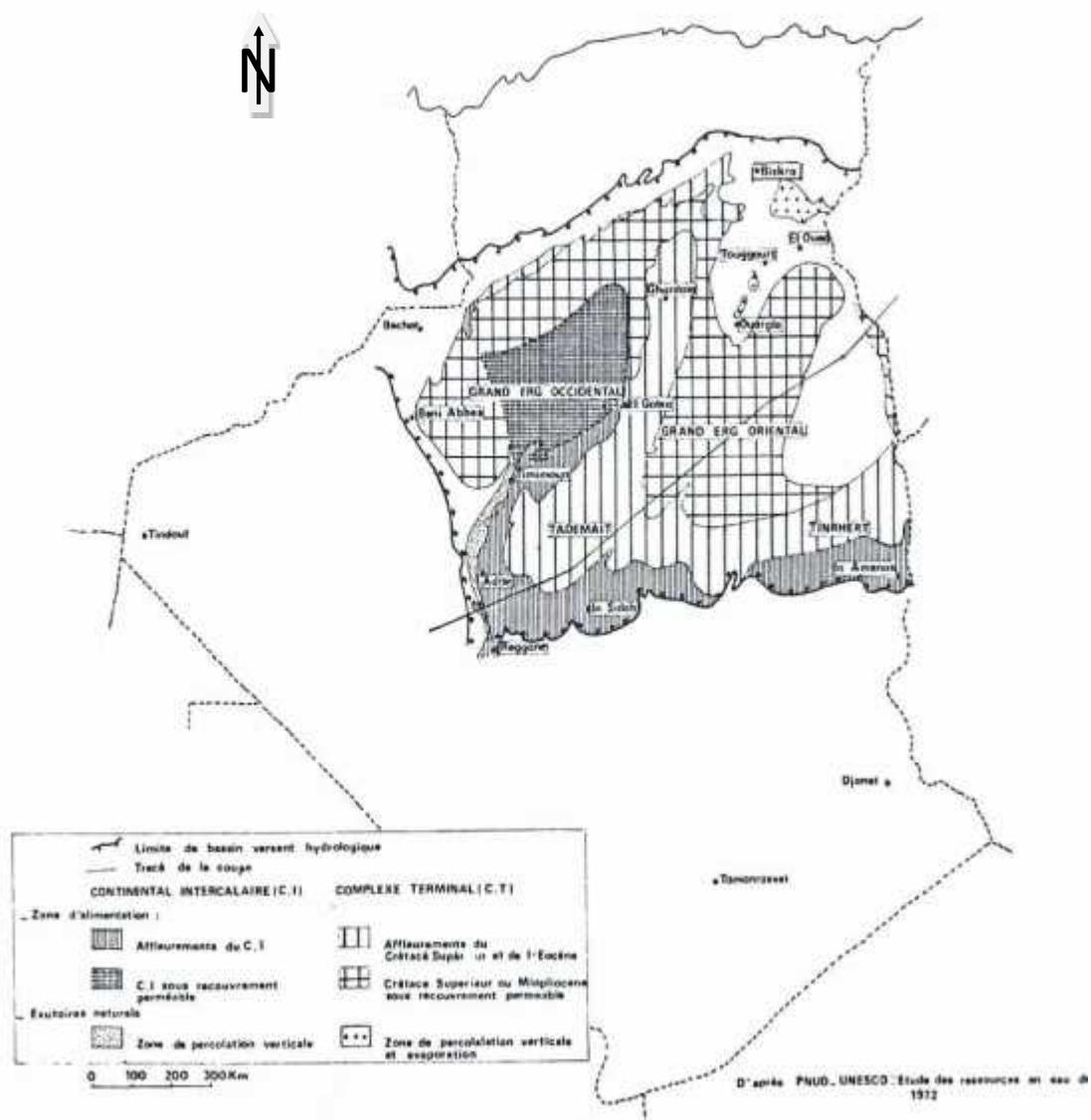


Fig 02 : carte de ressources en eau du Sahara septentrional

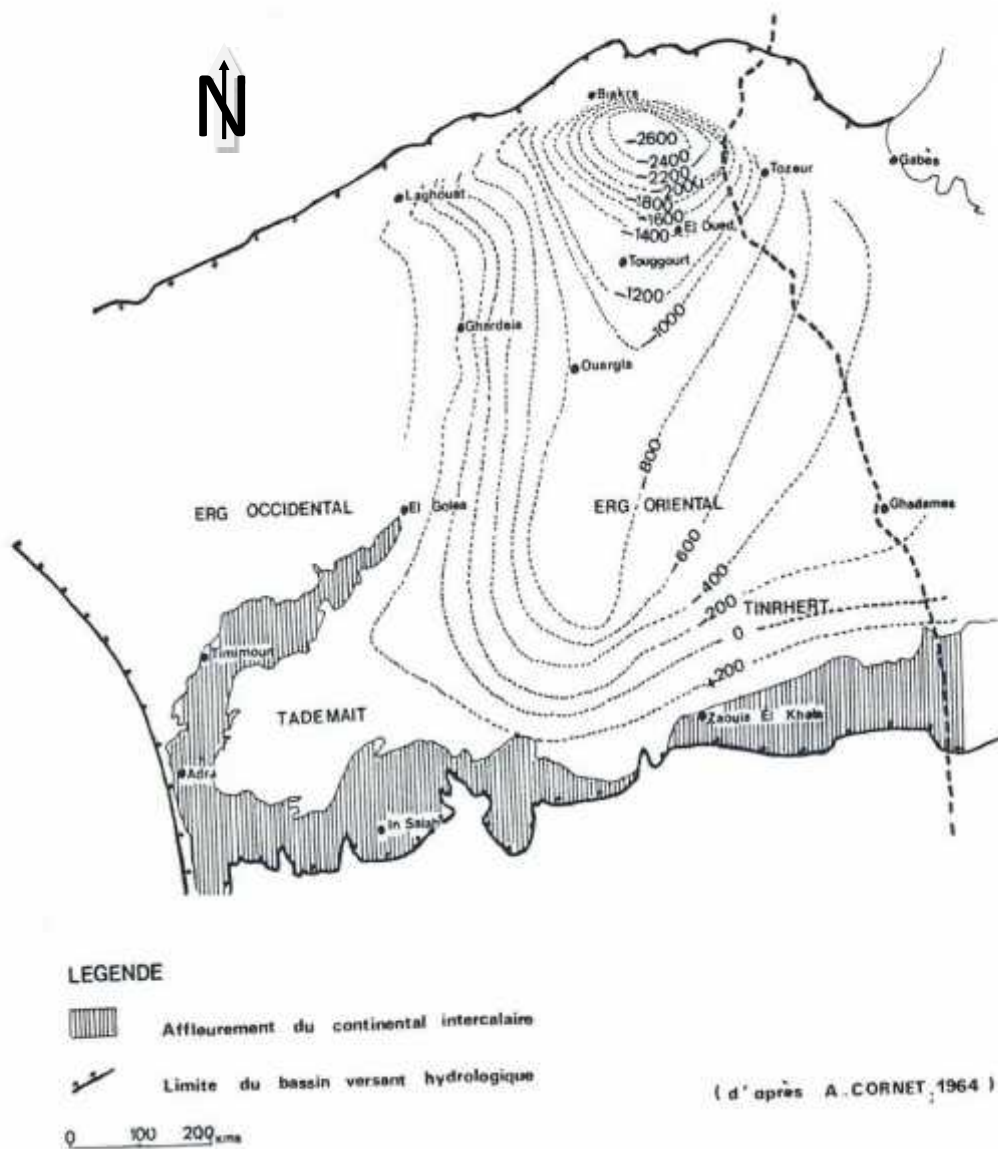


Fig 03 : carte de gréseuse du continental intercalaire

CHAPITRE III

matériel et méthodes

CHAPITRE III :MATERIEL ET METHODES

3.1.- Présentation des stations d'étude

Les choix de ces stations obeit à des raisons de facilité d'accés et de proximite. Il s'agit des stations dénommée forages albien : 19 mars, chouhada et celui de la route de touggourt .

3.1.1.- Forage 19 mars

Il est situé à 3km du chef lieu de wilaya (El-Oued) et dans la direction sud. Son accessibilité est très facile et longeant la route de Robbah.

3.1.2.- forage de Chouhada

Ce forage se trouve à 2 Km du chef lieu de wilaya (El-Oued) et dans le sens géographique du sud. Il est très accessible et longeant la route de Bayada. Ses coordonnées sont les suivantes:

X: 889.40 Y: 312.60 Zs: 100.00

3.1.3.- forage route de Touggourt

Il est situé à environ 2km du chef lieu de wilaya (El-Oued) dans la direction ouest. Il est aussi accessible et dans le prolongement de la route de Touggourt. Ses coordonnées sont les suivantes: suivantes: X885.30 Y: 314.00 Zs: 98.00

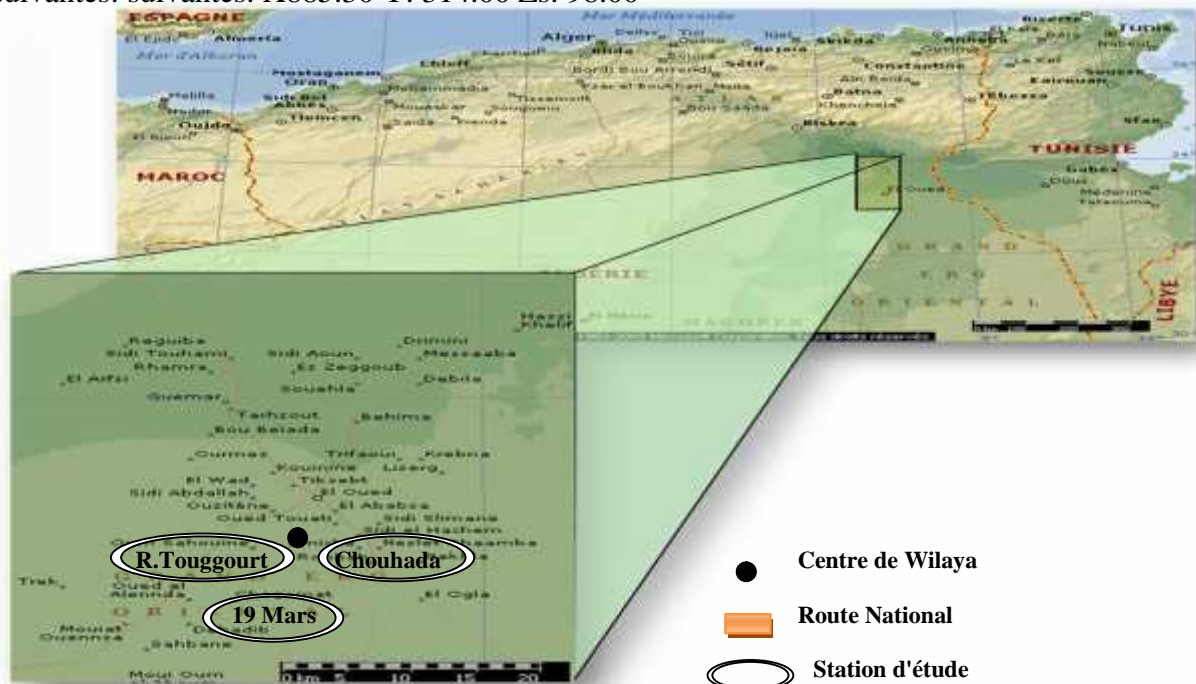


Fig 4 : carte géographique d'Oued Souf

Tableau 02 : présentation des forages Albiens d'Oued Souf

Forage d'Oued Souf	Année de réalisation	Profondeur (m)	débit (l/s)	Horizon capté	Température (C⁰)	Pression (bar)
E-B Forage 19Mars Albien c/19 Mars	2011	1876	150	Barrémien	60	15
E-B Forage Albien Route Touggourt c/ Route Touggourt	1986	1835	145	Barrémien	55	16
E-B Forage Chouhada Albien c/ Chouhada	1987	1849	145	Barrémien	55	16

3.2.- Matériel

3.2.1.- PH

- Electrode de verre
- Electrode de référence au calomel- KCl saturé
- Dispositif potentiométrique amplificateur spécialement construit pour la mesure du PH.



3.2.2.- Température

- Thermomètre précis gradué au 1/10 de degré et étalonné



3.2.3.- Conductivité électrique

- Conductimètre



- Puissance limitée à 1 watt



- Une cellule constituée par deux lames carrées de 1 cm de côté

3.2.4.- Calcium

- Spectrophotomètre d'absorption atomique



3.2.5.- Magnésium

Comme réactifs on utilise :

- HCl de densité 1,19.
- Solution de phosphate d'ammonium à 25%
- Ammoniaque pure
- Solution d'ammoniaque dilué au 1/2



3.2.6.- Sodium

- Spectrophotomètre
- Réactifs de zinc uranyl acétique (ZUA)

3.2.7.- Potassium

- Spectrophotomètre
- Réactifs : cobaltinitrite de sodium

3.2.8.- Anhydrique carbonique

- Appareil de Vanslyke



3.2.9.- Sulfates

- Dessiccateur et balance



- Réactifs utilisés : solution HCl à 10%, solution de chlorure de baryum à 10%, solution de nitrate d'argent à 10%, acide nitrique pur, alcool éthylique pur, ether.

3.2.10.- Chlorures

- Burette



- Réactifs : HNO₃ pur, CaCO₃ pur, solution de chromate de potassium à 10%, solution de nitrate d'argent N/10, 17,3g de nitrate d'argent, 100ml d'eau distillée. Titrer la solution avec HCl N/10. L'indicateur coloré est le chromate de potassium.

3.3.- Méthodes d'analyses et détermination des principaux paramètres physico-chimiques

Plusieurs méthodes d'analyses sont utilisées pour la détermination des paramètres physico-chimiques dont on cite la gravimétrie, la spectrophotométrie, colorimétrie, la titrimétrie etc...

3.3.1.- PH

Le PH est mesuré par voie électrométrique à l'aide d'une électrode de verre. La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel, KCl saturé). Selon des lois de Nerst, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H⁺ présents.

3.3.2.- Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision pour les raisons suivantes. Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz. De plus, la dissolution des sels dissous est liée à la température donc la conductivité sera fonction de celle-ci. En outre, la valeur du PH dépend de la température.

3.3.3.- Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle

est l'inverse de la résistivité électrique. Elle s'exprime généralement en microsiemens par centimètre pour les eaux.

Sa mesure est basée sur le principe du pont de Watson en utilisant comme appareil de zéro un galvanomètre.

3.3.4.- Calcium

Il pourrait se déterminer par l'utilisation de la méthode par absorption atomique basée sur la propriété qu'ont les atomes neutres d'absorber à une certaine longueur d'onde un quantum d'énergie.

3.3.5.- Magnésium

Le magnésium est précipité dans l'eau après élimination du calcium sous forme de phosphate ammoniaco-magnésium qui après calcination, permet le dosage des ions Mg^{2+} sous forme de pyrophosphate $Mg_2+P_2O_7$.

3.3.6.- Sodium

Le dosage du sodium est effectué par la méthode colorimétrique. Il est précipité sous forme de zinc uranyl acétate de sodium. Le précipité après lavage est mis en solution dans l'eau à laquelle il communique une teinte jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en sodium. Avant le dosage, la coloration est stabilisée par une solution diluée de sulfocyanure d'ammonium.

3.3.7.- Potassium

Le dosage du potassium s'effectue par colorimétrie. Les ions K^+ sont précipités sous forme de complexe nitrocobaltique. Le précipité de cobaltinitrite de sodium et de potassium placé en solution aqueuse est dosé en utilisant la coloration bleue donnée par le cobalt en présence du sulfocyanure.

3.3.8.- Anhydrique carbonique

Son dosage s'effectue par la méthode de Vanslyke. Les bicarbonates et les carbonates sont décomposés par un acide et les gaz de l'eau (oxygène, azote, anhydride carbonique) sont extraits sous vide et amenés à un certain volume. La pression de ces gaz est mesurée par un manomètre à mercure. Le CO_2 est absorbé par la soude et les gaz restants ramenés à nouveau au volume initial.

La différence entre ces deux mesures représente la pression de l'anhydride carbonique. La teneur en anhydride carbonique total est donné par la formule de Vanslyke.

présence du sulfocyanure.

3.3.9.- Sulfates

Leur dosage peut s'effectuer par la méthode gravimétrique. Les ions SO_4 sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évalués gravimétriquement. Cette méthode est considérée comme une méthode de référence mais elle est d'une mise en œuvre assez longue et elle fait appel à une certaine expérience de la manipulation.

3.3.10.- Chlorures

Les chlorures sont déterminés par la méthode de Mohr. Elle consiste à doser les chlorures en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

CHAPITRE IV

**partie expérimentale qui illustre la
présentation et l'interprétation des
résultats expérimentaux obtenus tout au
long de l'étude.**

CHAPITRE IV : PARTIE EXPERIMENTALE

4.1. – Paramètres physico- chimiques

L'évaluation des caractéristiques physico-chimiques des eaux se fait sur des échantillons qui ont été correctement prélevés. Notons que les prélèvements seront effectués sur des sites bien choisis et réalisés d'une manière soit manuelle ou par l'intermédiaire d'appareils spécifiques.

Le but essentiel de ce type d'étude est la détermination des valeurs des paramètres physico-chimiques et l'interprétation de leurs résultats afin d'avoir une caractérisation de cette eau. Autrement dit, on aura le faciès – ionique ou le faciès chimique de cette eau.

Les paramètres physico-chimiques étudiés dans cette étude sont principalement :

- le PH
- la température
- la conductivité électrique (C.E.)
- le calcium
- le magnésium
- le sodium
- le potassium
- le bicarbonate
- les sulfates
- les chlorures

4.2.- Prélèvement

4.2.1.- Echantillonnage

Les prélèvements des échantillons d'eau sont des opérations délicates pour lesquelles le plus grand soin leur sera apporté. Ils conditionnent les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. A cet effet, l'échantillon doit être homogène et représentatif.

En pratique, l'emploi de flacons neufs en verre borosilicaté, de préférence bouché à l'éméri ou le cas échéant avec des bouchons en polyéthylène maintenus pendant une heure dans de l'eau distillée puis séchés est recommandé.

4.2.2.- Conditionnement

Les échantillons, une fois prélevés seront mis dans des glaciaires et orientés vers le laboratoire le plus rapidement possibles pour subir les analyses physico-chimiques nécessaires.

4.2.3.- Mode opératoire

4.2.3.1.- PH

L'appareil est étalonné directement en unités de PH. On prend une quantité d'eau dans un bécher puis on remet l'électrode du PH-mètre dans cette dernière. La lecture du résultat est donnée directement sur l'appareil après stabilisation du PH.

4.2.3.2.- Température

La mesure de la température est effectuée sur le terrain sur le thermomètre après son immersion dans l'eau pendant une durée de 10 minutes.

4.2.3.3.- Conductivité électrique

D'une façon générale, opérer avec de la verrerie rigoureusement propre et rincer avant usage avec de l'eau distillée.

Mesure directe : On rince la cellule à conductivité en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner. Faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergés . On agite le liquide '(barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.

L'expression des résultats est donnée directement en microsiemens/ cm.

4.2.3.4.- Calcium

On acidifie par 1 ml de HCl, un échantillon de 100 ml d'eau. On porte à l'ébullition. Après refroidissement, ramener au volume initial. On dilue à l'aide de la solution de chlorure de

strontium de façon à ramener les teneurs dans les limites de la courbe d'étalonnage. La lecture s'effectue à une longueur d'onde de 422, 67 nm tout en se rapportant à la courbe d'étalonnage.

4.2.3.5.- Magnésium

On évapore le filtrat acétique provenant de la précipitation du calcium jusqu'à environ 150 ml. On ajoute 2 gouttes de HCl puis 20ml de phosphate d'ammonium à 25 %. On porte à l'ébullition. On neutralise la solution encore chaude par de l'ammoniaque puis ajouter 1/5 du volume d'ammoniaque pure. Agiter et laisser au repos 12 heures à la température ambiante. Filtrer sur filtre sans cendres et laver le précipité à l'ammoniaque au 1/2. Sécher puis calciner au rouge vif dans une capsule tarée. Peser, soit P mg de pyrophosphate de magnésium.

4.2.3.6.- Sodium

Dans deux tubes à centrifuger coniques de 15 ml. On introduit dans le premier 2 ml d'eau à analyser et 11 ml de réactif ZUA et dans le second 2ml d'eau distillée et 11 ml de ZUA. On mélange avec un agitateur (2mn) et on laisse reposer pendant 15mn. On centrifuge pendant 15mn puis on décante le liquide surnageant. On lave le précipité en le remettant en suspension dans 2 ml d'alcool acétique puis on centrifuge et laisse se décanter.

Enfin, on effectue les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420 nm. On se reporte à la courbe d'étalonnage.

4.2.3.7.- Potassium

On évapore au bain marie 100 ml d'eau à analyser en présence de 1 ml de solution de soude au 1/4. Porter le résidu à l'étuve à 180 °C pendant 2 heures. Reprendre par 5 à 10 ml d'eau distillé chaude acidifié par HCL. Transvaser dans un tube à centrifuger puis traiter ensuite la solution comme les tubes étalons. Enfin, on effectue les lectures au spectrophotomètre à 590 nm tout en se reportant à la courbe d'étalonnage.

4.2.3.8.- Anhydrique carbonique

Dans une fiole jaugée de 200 ml, on introduit 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium N/40, puis on complète avec de l'eau à analyser. On ajoute 6 à 8 gouttes de la solution de phénolphtaléine.

On titre ensuite avec HCl N/10 jusqu'à décoloration. La quantité de CO₂ en ml par litre est donnée par l'expression : $1,0526 A \times 22$

4.2.3.9.- Sulfates

On introduit 100 ml d'eau à analyser dans un bécher. On ajoute 5 ml de HCl à 10 % . On chauffe jusqu'à ébullition. On fait tomber goutte à goutte 20ml de solution de chlorure de baryum à 10%. On prolonge l'ébullition et on laisse reposer. On décante sur un filtre puis on lave le précipité avec H₂O. On calcine et on refroidit dans un dessiccateur et on pèse. Soit P le poids de sulfate de baryum trouvé. La teneur en sulfates en mg/l est : $P \times 10 \times 0,416$.

4.2.3.10.- Chlorures

On introduit 100ml d'eau à analyser filtrée dans un erlenmeyer de 250 ml. On ajoute 2 à 3 gouttes de HNO₃ puis une pincée de CaCO₃ et 3 gouttes de solution de chromate de K⁺ 0 10%. On verse par une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre. Soit V le nombre de ml de nitrate d'argent N/10 utilisés. La teneur en mg de chlorure par litre d'eau est : $V \times 10 \times 5,85$.

Lieu de prélèvement		E-B Forage 19Mars Albien c/19 Mars	E-B Forage Albien Route Touggourt c/ Route Touggourt	E-B Forage Chouhada Albien c/ Chouhada
Paramètre	Unité			
Paramètres physiques				
PH	/	7.09	7.42	7.51
C.E	microS/cm	2640	2590	2470
T	°C	61.8	61.8	61.1
Salinité	%	1.4	1.3	1.9
Paramètres chimiques				
TH	mg/l	870	1280	900
Na+	mg/l	150	180	190
Ca++	mg/l	196.39	232.46	191.76
Mg++	mg/l	92.35	138.538	104.511
NH4+	mg/l	///	0.022	0.002
K+	mg/l	30	32	33
Cl-	mg/l	584.97	815.41	496.342
Turbidité	NTU	0.450	1.072	2.58
HCO3-	mg/l	152.50	147.620	169.58
TAC	F ⁰	12	12	11.8
NO3-	mg/l	0.35	0.125	0.174
Fe (total)	mg/l	//	0.061	0.288
PO4-	mg/l	0.013	0.27	0.35
NO2-	mg/l	0.029	0.020	0.001
SO4--	mg/l	809.5	812	824
RS	mg/l	2000	2040	2010

Tableau 03 : caractéristique physico chimique de l'eau Albien d'Oeud Souf

4.3.- Résultats d'analyse

Tableau 04 : normes des paramètres physico-chimiques concernant les eaux de boisson selon la C.E.E. (1985) et l'O.M.S. (2006)

Paramètre	Unité	Normes OMS	Normes CEE
Paramètres physiques			
PH	/	6.5-8.5	6.5-8.5
C.E	microS/cm	400	450
T	°C	25	20
Salinité	%	-	-
Paramètres chimiques			
Na+	mg/l	100	30
TH	mg/l	300	150
Ca++	mg/l	125	100
Mg++	mg/l	50	30
NH4+	mg/l	0.5	0.03
K+	mg/l	12	10
Cl-	mg/l	300	250
Turbidité	NTU	0.3	0.1
HCO3-	mg/l	50	30
TAC	F⁰	12	15
NO3-	mg/l	50	50
Fe (total)	mg/l	0.5	0.3
PO4-	mg/l	2	0.3
NO2-	mg/l	3	0.1
SO4--	mg/l	400	250
RS	mg/l	1500	1000

4.4.- Discussions

D'après les résultats obtenus dans le tableau, il ressort que les valeurs des paramètres physico_chimiques sont normales pour le pH (7,09 à 7,51) selon les normes O.M.S et C.E.E . Quant à la température et à la conductivité électrique, leurs valeurs sont trop élevées (T : 61,1 à 61,8 °C , C.E: 2470 à 2640 microsiemens/cm) comparativement aux normes internationales (T: 20 à 25°C et C.E: 400 à 450 microsiemens/cm). Ceci nous amène à programmer des refroidisseurs pour l'utilisation de cette eau d'autant plus il nous semble qu' une déminéralisation est nécessaire au vu d'une conductivité élevée afin d'améliorer la qualité de cette eau et sa potabilité.

Quant aux valeurs des paramètres chimiques, ils paraissent assez élevés pour l'ensemble de ces éléments (origine généralement géologique) comme indiqués dans le tableau ci-dessus comparativement aux normes internationales (tableau). Ce qui qualifie cette eau de moyennement calcique; magnésienne, chlorée, sulfatée et assez dure exigeant sdéminéralisation. Eutre, cette eau est entartante au vu des teneurs assez élevée des ions calcium et magnésium (dommages au niveau des installations hydrauliques). De plus, elle est agressive du fait du taux élevé du CO₂ ce qui necessite une protection des installation par des matériaux spécifiques(P.V.C., tuyauterie galvanisée ...).

Le résidu sec est aussi élevé (1500 à 2040 mg/l) selon les normes des organisations mondiales ce qui oblige à traiter cette eau par les procédés classiques de déminéralisation (osmose inverse, electrodialyse, échange d'ions...).

D'un autre coté, cette eau à d'autres utilisations au vu de sa température élevée pour le chauffage des maisons durant la période hivernale (gain d'énergie), au chauffage des serres (précocité des productions agricoles).

Optimisation de l'utilisation des eaux albiennes

Tout d'abord, nous tenons à signaler que la nappe albienne est une source d'énergie. Nous rappelons que selon Bouchkima (2002), la géothermie basse énergie (50 à 90 °C) peut se développer dans des zones à gradient normal où des formations géologiques favorables (porosité, perméabilité, épaisseur importante) sont situées à une profondeur suffisante pour atteindre les températures que l'on cherche. Dans la plupart des cas, la réinjection est recommandée, non seulement pour protéger l'environnement (les eaux sont salines), mais aussi pour maintenir la pression du gisement, et plus généralement, permettre une meilleure exploitation à long terme.

Quant aux avantages pratiques de l'utilisation optimale de ces eaux fossiles géothermales à grande profondeur (Albien) notamment dans le développement de l'agriculture sous serres (heating greenhouse) et aussi le chauffage des locaux et habitations car la température de l'eau à la sortie de ces forages varie entre 50 et 70 °C . Depuis quelques années, la chaleur de cette eau est exploitée pour le chauffage des serres à Hassi Ben Abdallah (Ouargla) dans le but est d'améliorer la production et la précocité des primeurs (tomate, concombres, melons ...) dont le rôle est très important dans le développement de la région en matière d'exportation des extra-primeurs (source de devise). Cette eau est réutilisée après refroidissement, pour l'irrigation des cultures de plein champ et de la palmeraie. Ce chauffage des serres par géothermie appliquée est utilisée aussi en Tozeur (Tunisie).

De plus, cette eau géothermale est utilisée durant la période hivernale dans les habitations pour les besoins domestiques de la population (El-Oued, Bayada...) et à Sahan Berry (Hammam) ce qui permettra d'économiser dans l'énergie électrique et par conséquent en finance.

Quant à l'utilisation de cette ressource comme eau de boisson pour les besoins des populations des villes et villages, il nécessite au préalable un refroidissement qui s'effectue par la réalisation d'ouvrage spécialisé (refroidisseur). En outre, une opération de déminéralisation est parfois souhaitable afin d'améliorer sa qualité (cas de la ville d'El-Oued, opération en cours de réalisation).

De même, l'utilisation de cette eau pour l'irrigation des palmeraies exige au préalable son refroidissement (cas de Djamaa et El_Meghaier). Selon la D.S.A. d'El-Oued (2010), 11 refroidisseurs ont été réalisés dans le cadre du programme de la banque mondiale au profit du secteur agricole de l'Oued- Righ. Un autre ouvrage similaire est fonctionnel à Hassi Ben Abdallah qui est du type circulaire à claire-voie pour l'irrigation des palmiers.

Selon Benzaoui (2002), on note l'existence d'autres possibilités quant à l'utilisation de cette énergie directement dans le séchage des produits agricoles, artisanaux et industriels ou indirectement pour la production du froid nécessaire à la réfrigération (températures positives), à la congélation (températures négatives).

Cette énergie géothermique pourrait servir également à la conservation des médicaments et des produits de l'agriculture, de la pêche, des viandes, des œufs, des fromages, de laiterie, de boissons gazeuses et agro-alimentaires et des produits périssables.

Enfin, on pourrait produire également de l'électricité par therconversion.

Conclusion générale

Conclusion générale sur les eaux albiennes

Le présent travail est une contribution à l'étude des propriétés physico-chimiques de la nappe albienne qui s'est étalée sur une période assez longue d'environ six mois. La réalisation de ce travail est basée essentiellement sur des enquêtes de terrain et d'analyses de laboratoires.

L'évaluation des caractéristiques physico-chimiques de ces eaux a permis de conclure qu'elles ont une température et une minéralisation élevées. De plus, elles sont corrosives, entartrante et très dure. Autrement dit, les résultats obtenus en matière d'analyse des sels dissous dépassent dans leur majorité les normes admises pour les eaux potables.

A cet effet, l'amélioration de sa qualité en vue de son utilisation comme eau potable nécessite au préalable un refoiissement et une certaine déminéralisation. Cette dernière opération s'effectue à partir des procédés classiques (osmose inverse, électrodialyse, distillation adoucissement...) dont le choix sera déterminée après une étude technico-économique.

Quant à l'utilisation optimale de ces eaux géothermiques, nous pouvons dire quelles sont multiples dont on cite principalement le chauffage des serres afin d'avoir des extra-primeurs en matière de production agricole et par conséquent d'exporter (apport de devises).

Enfin, nous suggérons de doter notre département et plus précisément nos laboratoires en matériels d'analyse afin de limiter les difficultés rencontrées dans ce domaine. D'autre part, nous souhaitons qu'il est nécessaire de donner plus de temps à ces travaux afin d'avoir des résultats plus fiables et authentiques. En outre, nous recommandons de poursuivre ce travail par d'autres études telles sont l'osmose inverse, l'adoucissement, le détartrage, les phénomènes de corrosion de ces eaux ...

Références bibliographiques

- ALAMIR B. , 2002, éléments minéraux et métaux lourds dans la composition et l'usage des eaux potables, normes de quantité .
- BOUCHEKIMA B.,2002,le problème d'entartrage des eaux géothermales du sud algerien-revue des sciences de l'eau .
- BOUCHEKIMA B. and BABI Y., 2002 " heating an agricultural green house by using geothermal energy " congress VII cologne, Germany, 29 june -5 july 2002 .
- D.H.W d'el-oued , 2010, rapport relative a l'hydraulique urbaine . service hydraulique de wilaya.
- DOBML,2002, utilisation de l'eau de l'albien, avantages et inconvénients.
- DUBOST D.,1980, contribution a l'amélioration de l'utilisation agricole des eaux chaudes des continental intercolaire (albien), dans la cuvette du bas chaude algérien. Bull.agro.sah, 5-61.109 p .
- GUESSEIE B. ,1977, défloration de l'eau de nappes d'el-oued, thèse d'ingénieur – INA A-hanech .
- O.N.M. el-oued, 2010, étude climatologique de la région d'el-oued (1998-2012) .ed.office natio.météo. p10.
- WILAYA DE OUAREGLA ,2002, journées d'étude sur l'eau de l'albien et les problèmes techniques actuelles .