

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA -
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE
LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers.



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en Géologie

Option : Hydrogéologie

THEME

**Etude hydrogéologique et hydrochimique
de la région de Taibet (SE Algérie).**

Soutenu publiquement par : Mr. ALIAT hocin

25/05/ 2016

Devant le jury :

Président :	M. CHALLAT Smaine	M.C.A	Univ. Ouargla
Promoteur :	M. BOUSELSAL Boualem	M. C. B	Univ. Ouargla
Examineur :	M. HOUARI Idir Manad	M.A.A	Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2015/2016



Dédicace

Pour qui m'a appris que les expériences de vies et le succès de l'effort honnête.

Qu'est-ce que vous aimez ce monde si elle. Qui m'a appris que la vie de Sabra et de satisfaire nous Bdawatha.

Duparadis sous leurs pieds. Mon ma mère Aimé bon Dieu .

Pour mon père Arrêtez-moi dans la vie Et fatigué de moi, alors qui a continué à cet endroit.

Pour les bougies qui éclairaient ma carrière mes frères et sœurs. Mahmoud, Sliman, Boubake

Pour mes chères sœurs privées soumaya

A mes amis de, mes collègues d'études et tous les autres sans exception.

A mes amis ahmed, moussa, ahmed, jmoui aze dene, dlali, slaim ,mohktare, sayeh ,toni, abd

alhak,hama lahkder, rachid ,NAssre et l'université de Kasdi merbah Ouargla

Pour tous les étudiants du Department de géologie.

❖ ALIAT
HOCIN



Remerciements

Langage tout d'abord à Dieu qui nous a donné la force

Pour terminer ce modeste travail.

*Toutes nos infinies gratitudees à notre promoteur, Monsieur
BOUSELSAL BOUALEM pour son encadrement et ses
aides précieuses.*

*Nous remercions aussi les membres de jury qui nous ont fait
l'honneur d'accepter le jugement de notre travail.*

*Notre sincère reconnaissance à nos enseignants du
département des sciences de la terre et l'univers*

*Enfin nous remercions nos parents et tous ceux qui ont
contribués de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste
travail, trouvent ici l'expression de nos profondes gratitudees
et respects.*



RESUME

La zone étudiée se trouve à TAIBET, elle fait partie de la wilaya de Ouargla (SE Algérie). Elle se caractérise par une large dépression allongée dans le sens nord, couvre une superficie de 14622 km² et une population de l'ordre de 49352 habitants.

La zone d'étude est une région agricole, la principale activité est la culture du palmier dattier, pastèque et de la pomme de terre.

L'objectif de cette étude est de déterminer les caractéristiques hydrogéologiques et la qualité des eaux dans la région de TAIBET.

Dans la région de Taibet, il existe trois systèmes aquifères ; le premier profond étendu, dit le Continentale Intercalaire (CI), constitué en grande partie par des sables et des grès d'âge Albien, le deuxième est multicouche, peu profond et moins étendu que le premier dit le Complexe Terminal (CT), constitué de deux ensembles différents (marin constitué par les calcaires d'âge Sénonien-Eocène CT₃ et continentale constitué par des sables, graviers et des grès d'âge Mio-Pliocène caractérise la 1^{ère} et la 2^{ème} nappe du Complexe Terminal) et un aquifère superficiel qui surmonte ces deux ensembles dit nappe phréatique contenue dans les sables fins à moyens d'âge Quaternaire à récent.

L'interprétation des analyses chimiques des eaux de complexe terminal de la région de Taibet montre la dominance de deux faciès; faciès chimiques Sulfaté calcique ou Sulfaté sodique. Les eaux du CT sont caractérisées par une conductivité élevée allant 5060 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ à 5640 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, de dureté varient entre 140 °F et 164 °F et des minéralisations importantes oscillant entre 2838 mg/l et 3278 mg/l.

Les eaux de des nappes de complexe terminal sont non potable, elles sont fortement minéralisées, très dures, de conductivité très élevée et présentent des teneurs éléments majeurs dépassant dans la plus part des cas les normes recommandées par l'OMS et les normes algérienne pour l'eau potable. Ces eaux nécessitent un traitement avant leur utilisation.

Les résultats de la classification de la qualité chimique des eaux de complexe terminale d'après le diagramme de Richards, montre que nos échantillons s'arrangent selon deux classes ; eaux médiocres (C₄S₁) et eaux médiocres (C₄S₂).

Mots-clés: TAIBET, Complexe Terminal, conductivité, normes algérienne, diagramme de Richards

منطقة الدراسة هي الطيبات, وهي جزء من ولاية ورقلة () , وتقدر مساحتها بحوالي 14622² ويبلغ عدد سكانها بحوالي 49352 نسمة وتتميز بانها منطقة زراعية ومن اهم المزروعات النخيل والبطيخ

لهدف من هذه الدراسة هو تحديد الخصائص الهيدروجيولوجية والهيدركيميائية ونوعية المياه في المنطقة الطيبات. حيث ان هنالك لمياه الجوفية. الطبقة المائية للمتداخل القاري الذي يتألف في معظمه من الرمل والحجر , والطبقة المائية للمركب النهائي وهو اقل مساحة من الاول, والذي يتكون من تركيبات جيولوجية (البحرية وتتكون من الحجر الجيري من عصر السونينيا والثانية قارية تتكون من الرمل والحصى وهي من العصر ا ميوبليوسان-) والطبقة المياه تفسير التحليل الكيمائية لمياه القارية لمنطقة الطيبات تظهر هيمنة نوعين من السحنات. سحنة كبريتات الكالسيوم وكبريتات الصوديوم . وتتميز مياه هذه الطبقة بناقليتها العالية $5640 \mu S.Cm^{-1}$ $5060 \mu S.Cm^{-1}$ قساوتها التي تتراوح بين 140 درجة فهرنهايت و 164 درجة فهرنهايت وتمعدن كبير يتأرجح بين 2838 / 3278 / وتعد مياه المركب النهائي للطيبات غير صالحة لشرب بالمقارنة مع معايير مياه الشرب الجزائرية ومعايير منضمة الصحة العالمية . بينت نتائج التصنيف بواسطة ريتشارد والتي تبين ان مياه المركب النهائي ذات نوعية رديئة عند استعمالها في السقي .(C₄S₁) (C₄S₂).

الطيبات, المركب النهائي , الناقلية, المعايير الجزائرية لمياه الشرب, طريقة ريتشارد

ABSTRACT

The area studied is TAIBET, it is part of the province of Ouargla (Algeria SE). It is characterized by a large elongated depression in the north direction, covers an area of 14,622 km² and a population of about 49352 inhabitants. The study area is an agricultural region, the main activity is the cultivation of the date palm, watermelon and potatoes

The objective of this study is to determine the hydrogeological characteristics and water quality in the region Taibet

Around Taibet, there are three aquifer systems; the first deep lying, says Continental Interleave (CI), consisting largely of sand and sandstone of Albian age, the second multilayer is shallow and less extensive than the first said the Terminal Complex (TC), made two different sets (marine consisting of limestone age Senonian-Eocene CT3 and continental consisting of Sand, gravel and Mio-Pliocene age sandstone characterizes the 1st and the 2nd sheet of the Terminal Complex) and a shallow aquifer overcomes these two sets said

groundwater contained in the fine sand at age means Quaternary to recent

The interpretation of chemical analyzes of the terminal complex waters of Taibet region shows the dominance of two facies; facies chemical calcium sulfate or sodium sulfate. CT of the water is characterized by high conductivity of from 5060 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ -5640 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, hardness vary between 140 ° F and 164 ° F and oscillating significant mineralization between .2838 mg / l and 3278 mg / l

The waters of the terminal complex webs are not drinking, they are highly mineralized, very hard, very high conductivity and present major elements concentrations exceeding in most cases the standards recommended by the l'OMS and the Algerian standards for 'potable water. These waters require treatment before use

The results of the classification of the terminal complex chemical quality of water from Richards diagram shows that our samples arrange into two classes; poor waters (C4S1) and poor water (C4S2)

key words: TAIBET, Continental Interleave, conductivity, Algerian standards
Richards diagram

SOMMAIRE

Remercîment	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	1
PARTIE 01: Généralités la zone d étude.	
1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	2
1.1. Situation géographique et administrative.....	02
1.2. Géomorphologie.....	02
1.3. Contexte socio-économiques	03
1.3.1. La population	03
1.3.2. L'économie	03
1.3.3. Les ressource en eau	04
2. CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	04
2.1. Cadre tectonique et structural	04
2.2. Cadre géologique régionale	05
2.3. Cadre géologique de la zone d'étude.....	06
2.4. Cadre litho stratigraphique de la région d étude.....	08
3. CONTEXTE CLIMATIQUE	13
3.1. Introduction.....	13
3.2. Précipitation	13
3.3. Température	14
3.4. Humidité	15
3.5. Le vent.....	16
3.6. L'insolation	16
3.7. L'évaporation.....	17
3.8. Diagramme Pluvio-thermique	18
3.9. Diagramme d'Emberger	18
3.10. Evapotranspiration	19
3.10.1. Evapotranspiration potentielle (ETP).....	19
3.10.2. Evapotranspiration réelle (ETR).....	20
3.11. Bilan hydrique	20

4. CONCLUSION	22
---------------------	----

PARTIE 02:Étude hydrogéologique

1. PRESENTATION DE SYSTEME AQUIFERE DE SAHARA SEPTENTRIONAL	23
1.1. Extension de système aquifère de Sahara septentrional	23
1.2. Définition des nappes aquifères du SASS	25
1.2.1. Nappe libre	25
1.2.2. Nappe du complexe terminal (CT)	25
1.2.2.1. Nappe des Sables	26
1.2.2.2. Nappe des Calcaires	27
1.2.3. Nappe du Continental Intercalaire (CI)	27
1.2.3.1. Limites et morphologie du Continental Intercalaire	28
1.2.3.2. Lithologie de du Continental Intercalaire	29
1.2.3.3. Piézométrie du Continental Intercalaire.....	30
1.2.3.4. Alimentations et exutoires du Continental Intercalaire	30
1.3. Lithostratigraphie des nappes aquifères de SASS.....	31
2. HYDROGEOLOGIE LOCALE	32
2.1. La nappe phréatique	32
2.2. Les Nappes du Complexe Terminal	32
2.2.1. La première nappe des sables (CT1)	32
2.2.2. La deuxième nappe du sable (CT ₂).....	33
2.2.3. La nappe du Sénonien-Eocène (CT 3).....	34
2.3. Nappe du Continental Intercalaire	34
3. PIEZOMETRIE DE NAPPES DES SABLES DE LA REGION DE TAIBET	34
3.1. La carte piézométrique	34
3.2. Piézométrie de la nappe du CT (mars 2016).....	36
4. Conclusion	38

PARTIE 03:Étude hydrochimique de complexe terminal de la région taibet

1. INTRODUCTION	39
2. FACIES CHIMIQUES DES EAUX DE COMPLEXE TERMINAL	40
2.1. Classification de Piper	41
2.2. Classification de Schoeller-Berkaloff	42
3. QUALITE DES EAUX DE CT VIS-A-VIS A LA POTABILITE	44
3.1. La norme algérienne pour l'eau potable	44

3.2. Paramètres physico-chimiques.....	44
3.2.1. Température de l'eau	44
3.2.2. Dureté totale.....	45
3.2.3. La conductivité électrique.....	47
3.2.4. La Minéralisation.....	47
3.2.5. Potentiel d'hydrogène	48
3.2.6. Calcium (Ca^{2+})	49
3.2.7. Magnésium (Mg^{2+})	50
3.2.8. Sodium et potassium (Na^+ , K^+).....	50
3.2.9. Chlorures (Cl^-).....	52
3.2.10. Sulfates (SO_4^{2-}).....	53
3.2.11. Bicarbonates (HCO_3^-).....	53
3.3. Les substances indésirables.....	54
3.3.1. Nitrates (NO_3^-).....	54
3.4. Potabilité de l'eau des nappes de complexe terminal	55
4. QUALITE DES EAUX DE COMPLEXE TERMINALE POUR L'IRRIGATION.....	55
4.1. Conductivité.....	55
4.2. La méthode de Richards.....	56
5. CONCLUSION	57
Conclusion Générale.....	58
Bibliographie	60

LISTE DES DES FIGURES

Figure 01 : Situation géographique de la région de Ta bet	02
Figure 02 : Coupe géostructurale transversale régionale du Sahara (WEC, 2007).....	05
Figure 03: cartes géologiques de l'Algérie (OSS 2003).....	06
Figure 04: La carte géologique du bas Sahara (ANRH Ouargla).....	07
Figure 05 : Log lithologique synthétique de la région de Taibet, (sans échelle).....	12
Figure 06: Carte des sous bassins versants du Sahara algérien et des stations météorologiques d'après Cahiers de Sécheresse, No : 1/98.....	13
Figure 07: Histogramme des précipitations mensuelles (1978-2014).....	14
Figure 08 : Histogramme des températures moyennes interannuelles (1978-2014).....	15
Figure 09 : Histogramme d'humidité relative mensuelle interannuelle (1978-2014).....	15
Figure 10 : Histogramme de variations de vitesse mensuelle des vents en m/s (1978-2014)	16
Figure 11: Histogramme de durée d'insolation mensuelle (1978-2014).....	17
Figure 12: Evaporation moyenne mensuelle (1978-2015).....	17
Figure 13: Courbe Pluvio-thermique deTaibet (1978-2014).....	18
Figure14 : Diagramme d'Emberger de la station edTaibet (1978-2014).....	19
Figure 15 : Evapotranspirations potentielle et réelle mensuelle (en mm) calculée par la méthode de Thorntwaite sur la période 1978/2014.....	20
Figure 16: Etat de réserve facilement utilisable et le déficit agricole dans la région deTaibet (1978-2014).....	21
Figure 17 : Extension de système aquifère de Sahara septentrional.....	23
Figure 18: Coupe hydrogéologique des aquifères du Sahara septentrionale (UNESCO 1972).....	24
Figure 19 : Carte piézométrique de référence du Complexe Terminal (OSS 2003).....	26
Figure 20: Carte d'extension des Systèmes Aquifères (CT et CI) en Algérie.....	28
Figure 21: Carte piézométrique de référence du CI (OSS, 2003).....	30
Figure 22: Synthèse hydrogéologique régionale des différents aquifères (sans échelle).....	31
Figure 23: coupe hydrogéologique du complexe terminal de la région de taibet.....	33
Figure 24 :.carte d'inventaire des points d'eau captant le CT dans la région de TAIBET...	35
Figure 25 : carte d'inventaire des points d'eau captant le CT dans la région de TAIBET...	36

Figure 26 : Représentation des eaux de la complexe terminal (CT1, CT2 et CT3) de la région de Taibet sur le diagramme de Piper	40
Figure 27 : Représentation des eaux de la complexe terminal (CT4, CT5, CT6 et CT7) de la région de Taibet sur le diagramme de PIPER.....	41
Figure 28: Représentation des eaux de la complexe terminal (CT8, CT9, CT10 et CT11) de la région de Taibet sur le diagramme de PIPER.....	41
Figure 29 : Représentation d'échantillons (CT1.CT2 et CT3) sur le diagramme du Schoeler- Berkaloff.....	42
Figure 30: Représentation d'échantillons (CT4, CT5, CT6 et CT7) sur le diagramme du Schoeler- Berkaloff.....	43
Figure 31: Représentation d'échantillons (CT8, CT9, CT10 et CT11) sur le diagramme du Schoeler- Berkaloff.....	43
Figure 32 : Carte de la conductivité des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).....	47
Figure 33 : Carte de la minéralisation des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).....	48
Figure 34 : Carte du pH des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).....	49
Figure 35 : Carte du calcium des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).....	50
Figure 36 : Carte du magnésium des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016)....	51
Figure 37 : Carte du Sodium et potassium des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).....	51
Figure 38 : Carte du chlorure des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).....	52
Figure 39: Carte du sulfate des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).....	53
Figure 40: Carte du bicarbonate des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).....	54
Figure 41: Le diagramme de Richards des eaux de complexe terminal (mars 2016).....	56

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : données statistiques de 2014.....	03
Tableau 02 : Récapitulatif des besoins en eau. (DHW Taibet 2014).....	04
Tableau 03 : Précipitations moyennes mensuelles (1978-2014).....	14
Tableau 04: Les températures moyennes mensuelles interannuelles (1978-2014).....	14
Tableau 05: Humidité relative moyenne mensuelle interannuelles (1978-2014).....	15
Tableau 06 : Vitesse moyenne mensuelle de vent (1978-2014).....	16
Tableau 07:La durée d'insolation mensuelle. (1978-2014).....	16
Tableau 08 : Evaporation moyenne mensuelle (1978-2014).....	17
Tableau 09: Données des précipitations et des températures moyennes mensuelles.....	18
Tableau 10: Bilan hydrique de la station de Sidi Mehdi (1978-2014). par la méthode de THORNTWAITE.....	21
Tableau 11 : Données générales sur la nappe du continental intercalaire (albien).....	29
Tableau 12: Valeur du gradient hydraulique selon les régions.....	37
Tableau 13 : La potabilité en fonction de la dureté (OMS).....	45
Tableau 14 : Normes algérienne pour l'eau minérale naturelle et l'eau de source	
Arrêté du 26 juillet 2000 (JO n° 51/00).....	46

INTRODUCTION GENERALE

Les eaux souterraines constituent en général des réserves naturelles de bonne qualité qui nécessitent peu de traitement par rapport aux eaux de surface. Cette ressource doit être bien gérée car elle n'est ni inépuisable, ni insensible aux agressions de l'environnement. Il est indispensable d'assumer une gestion quantitative et qualitative des eaux souterraines, afin de satisfaire la demande par les points de production les mieux adaptés. Une exploitation rationnelle est indispensable, car une exploitation mal maîtrisée des nappes pourrait avoir des conséquences très néfastes et peut être irréversibles sur la qualité de l'eau.

La région de TAIBET appartient au domaine de la plate forme saharien, elle est située dans le bas Sahara Oriental. C'est ainsi aux richesses contenues dans son sous-sol, qu'elle est devenue une importante région à vocation essentiellement industrielle et agricole.

L'objectif de cette étude est de déterminer les caractéristiques hydrogéologiques et la qualité des eaux dans la région de TAIBET.

Notre étude s'articule en trois parties:

- 1^{ère} partie : Présentation de la zone d'étude ; dans cette partie sera présentée la situation géographique, le cadre socio-économique, la géologie régionale et la géologie locale, et le contexte climatique de la région de TAIBET.
- 2^{ème} partie : étude hydrogéologique ; dans cette partie nous avons représentés les aquifères de la zone d'étude et la piézométrie des nappes de sables.
- 3^{ème} partie : qualité des eaux des aquifères de TAIBET ; où seront présentés les résultats des analyses physico-chimiques, les faciès chimique, la qualité d'eau pour l'irrigation, répartitions des éléments majeurs dans l'espace on se basant sur les nappe de CT les plus exploitée.
- A l'issue de ce travail nous présentons une Conclusion générale fait sortir les résultats de l'étude.

1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.1. Situation géographique et administrative.

La zone d'étude est TAIBET, elle est située au Nord Est du Sahara Algérien. Elle forme la limite Nord du grand Erg Oriental. Géographiquement, elle est limitée au Nord par les chotts Merouane, à l'Est par la région de l'Oued Souf, et au Sud par l'extension de l'Erg Oriental et par la ville de Touggourte à l'ouest.

Aux points de vue administratifs (Fig.01), Taibet appartient à la wilaya d'Ouargla, elle est limitée :

- Au Nord par la commune de djamaa (wilaya de L'Oued).
- Au Sud par la commune de Hassi Messaoud (wilaya d'Ouargla).
- A L'Est par les communes d'Ourmass, Taghzout, Reguiba (wilaya de L'Oued).
- A L'Ouest par la commune de Touggourt et Elhdjira (wilaya d'Ouargla).

La région de TAIBET est située entre les latitudes Nord $33^{\circ},57'$ et 32° et les longitudes Est $6^{\circ},2'$ et $7^{\circ},13'$.

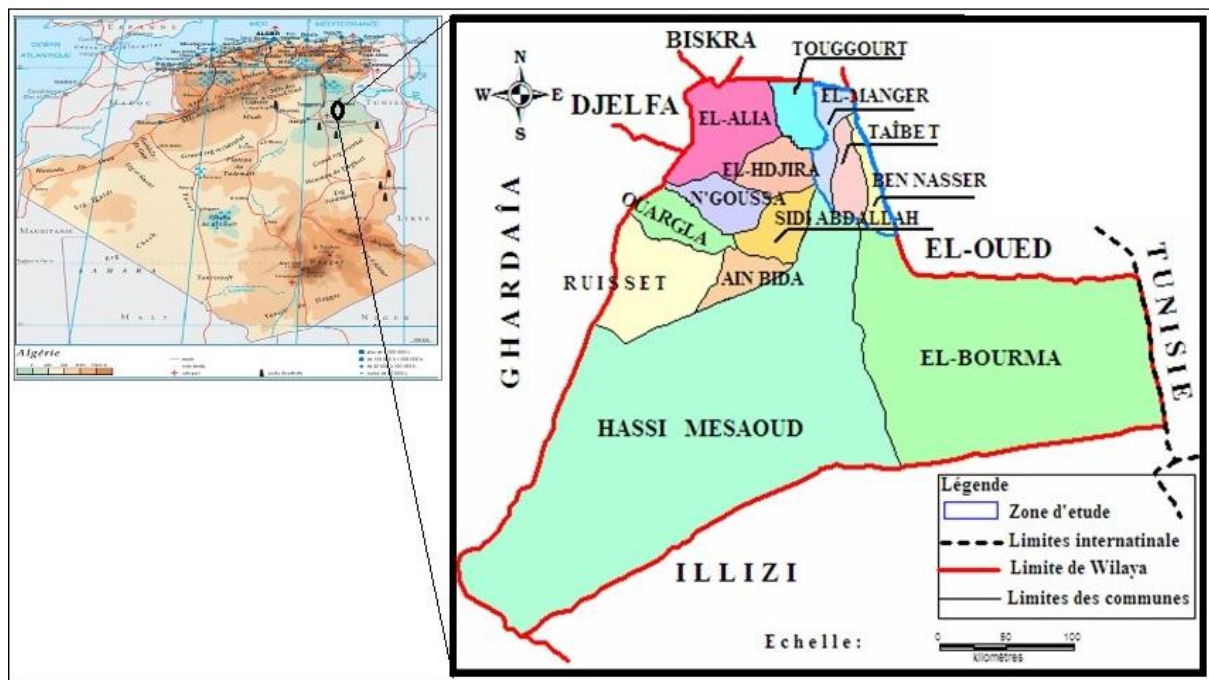


Figure 01 : Situation géographique de la région de Ta bet.

1.2. Géomorphologie.

La région de Taibet est une zone saharienne, donc elle est connue par la morphologie des dunes ou les accumulations des sables en surface. La région est caractérisée essentiellement par des ensembles des dunes ,surtout la partie nord , atteinne 200m d'hauteur et repose sur une formation quaternaire de plusieurs de dizaines de mètres de sable fin éolien , compact,

homogène et uniforme avec l'existence d'un nombre important de cratère creusé par l'homme (Ghouts) et des acquêtes (vide entre les dunes: hounds) Dans le sud de Taibet, on rencontre des dunes immenses et bien différencie, atteignant parfois 200m d'hauteur on les appelle les Ghroudes

La différence fondamentale à faire dans la topographie de Taibet est celle qui existe entre l'Erg et Sahane

L'Erg : est un aspect où le sable s'accumule en dunes, c'est la partie la plus important elle occupe 3/4 de la surface totale de Taibet, est relativement épais, toujours de l'ordre de plusieurs dizaines de mètres. Les forages récents ont montre une épaisseur un peu plus grand de l'ordre de 70-80m dans la partie sud de Taibet, et 60m au droit de Taibet, il s'amincit progressivement vers le nord de Taibet où l'épaisseur atteint 30m et n'est plus qu'une couverture au niveau des sebkhas, il repose sur un substratum planche des terrains imperméable (les argiles) du pliocène qui constitue un vaste plan d'écoulement des eaux.

Le sahané : est une zone plate et déprimé parfois caillouteuse, formant les dépressions fermées entourées par les dunes au fond des quelles quelque rare végétaux poussent sur une croute gypseuse.

Le relief de Taibet est presque tout entier compris entre trois courbes de niveau orientées E-O:

- la première au sud est la courbe de 100m, passe par Ellmor, Ben Nasser, Khobna.
- le deuxième au milieu est la courbe de 75m, passe par Bahdi, Elgarbia, Taibet.
- la troisième au nord est la courbe de 50m, passe par Berrahmoune, Elmalha, Gouachiche.

1.3. Contexte socio-économiques.

1.3.1. La population: La région de Taibet englobe trois communes (Taibet. EL'Mnagueur. Ben Nasseur), étendue sur une superficie d'ordre de 14622 Km², habitée par 49352 habitants (Tab.),

Tableau 01 : données statistiques de 2014.

COMMUNES	POPULATION (habitants)	SURFACE (km ²)
TAIBET	20648	4562
BEN NASSEUR	12123	1662
EL MNAGUEUR	16581	8398

1.3.2. L'économie: De part sa situation géographique au nord du Sahara, son voisinage des champs pétroliers et gaziers et la production des dattes, cette région est devenue actuellement un pôle économique important.

L'activité principale à longterm a été basée sur l'agriculture et notamment l'exploitation de la pastèque, pomme de terre et le palmier dattier. Ce dernier est abandonné dû au faible rendement lié aux effets néfastes de la remontée de nappe Phréatique et le vieillissement des palmiers.

1.3.3. Les ressource en eau : L'alimentation en eau potable et l'irrigation des cultures dans cette région dépendent deux forages Albien et 23 forages du complexe terminal plus un nombre important des puits traditionnels qui captent la nappe phréatique.

Dans la région de Ta bet le débit extrait est destinée à L'AEP est supérieur aux besoins, (216 à 220 L/j/hab) et la consommation journalière dépasse les normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS) (100 à 150 L/j/hab).

Tableau 02 : Récapitulatif des besoins en eau. (DHW Taibet 2014)

COMPLEXE	CT	CT	CI ALBIEN	CT+ALBIEN
Usage	Irrigation	AEP	AEP	total
Nombre de forages	10	08	02	20
Nombre de forages non	03	02	00	05
total	13	10	02	25

2. CONTEXTE GEOLOGIQUE.

2.1. Cadre tectonique et structural.

L'Algérie est divisée en deux unités tectoniques majeures séparées par la faille sud-atlasique : le Nord de l'Algérie portant l'empreinte de la tectonique alpine et la plate-forme saharienne, relativement stable, où la tectonique est moins prononcée. Elle est constituée d'un socle précambrien recouvert de sédiments phanérozoïques transgressifs.

La zone d'étude fait partie du bassin sédimentaire du Sahara septentrional dont l'extension couvre une superficie de 780 000 Km². Ce bassin, vaste zone d'épandage, constitue une importante dépression topographique, laquelle est sous-tendue par une cuvette structurale en forme de synclinal dissymétrique. La série sédimentaire est marquée, au centre de la fosse, par d'importants accidents tectoniques sub-verticaux.

La série sédimentaire lagunaire recouvrant la plate-forme crétacé forme un vaste synclinal (Fig02.) dont le fond a un très grand rayon de courbure. Les couches sédimentaires semblent s'épaissir du Nord d'El Oued vers le centre de cette dépression, ce qui montre que l'approfondissement suit de près la sédimentation. Donc si nous désirons retracer l'évènement paléogéographique d'Oued Souf, il faut noter qu'au

cours de la jeunesse de l'immense dépression au début du Quaternaire et sous l'effet de la sédimentation, le centre de celle-ci (dépression) se déplace en fonction du temps vers le Nord tout en donnant naissance à des nouvelles dépressions correspondant actuellement à la zone des chotts, où leur naissance ne s'est effectuée qu'à la fin du Quaternaire. Ces caractéristiques ont favorisé dans tout le bas Sahara, de plusieurs aquifères à comportement hydrodynamique variable en fonction de leurs faciès.

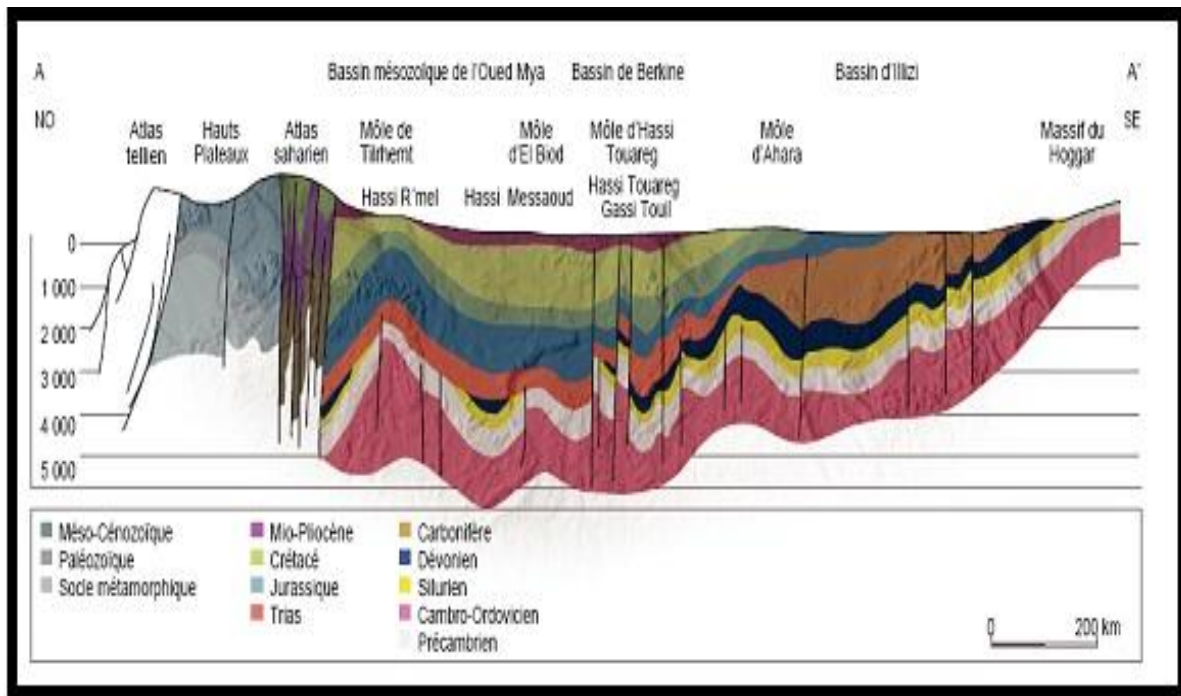


Figure 2 : Coupe géostructurale transversale régionale du Sahara (WEC, 2007).

2.2. Cadre géologique régionale.

En Sahara algérien, les travaux de G. Busson (1963, 1967 et 1970) et de J. Fabre (1976) constituent les références de base pour une bonne compréhension de la géologie du Sahara algérien. Toutefois, un complément d'information est à rechercher dans les différentes cartes géologiques qui ont couvert cette région (SASS 2002). Des études récentes sont réalisées par SONATRACH et ENAGEO, ces auteurs ont travaillé et publié des articles et des ouvrages sur la géologie du bassin sédimentaire du Sahara septentrional, surtout dans le cadre de la géologie pétrolière.

Notre région d'étude fait partie de la plate forme saharienne constituée d'un bouclier précambrien, n'émergeant des sédiments qu'ils surmontent que dans le Sahara Central (Massif du Hoggar) et le Sahara Occidental (Massif des Eglab) (UNESCO, 1972).

À la base de l'édifice sédimentaire il y a des terrains paléozoïques marins contenant des niveaux aquifères salés et les gisements d'hydrocarbure au-dessus, et en discordance on

rencontre des formations d'âge Secondaire et Tertiaire qui peut dépasser 3000 m de profondeur dans le centre du bassin (régions d'Ouargla, Touggourt, El Oued ainsi que sur la bordure des Aurès Ziban). Le Quaternaire représenté essentiellement par des sables dunaires, atteint parfois plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. L'existence de sable éoliens dans les dunes provient essentiellement de l'érosion du Hoggar (Fig03.).

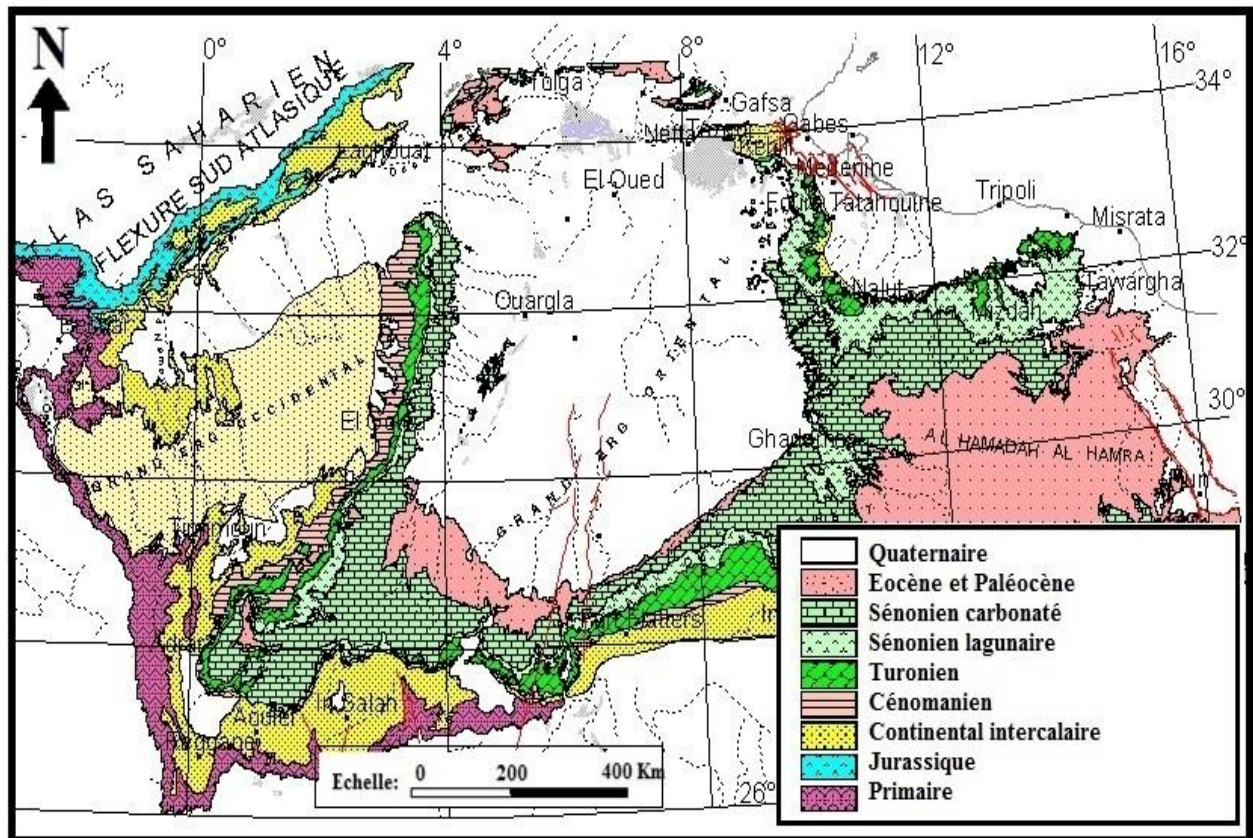


Figure 03: cartes géologiques de l'Algérie (OSS 2003).

2.3. Cadre géologique de la zone d'étude.

Pour étudier la géologie de la zone d'études, nous étendrons le champ d'investigation à tout le Bas Sahara, en raison de l'ampleur des phénomènes géologiques (stratigraphiques et tectoniques) caractérisant la région. Nous distinguant de bas en haut trois (03) ensembles :

- Les terrains Paléozoïques affleurent au Sud entre les plateaux de Tadmaït et Tinghert et le massif du Hoggar.
- Les terrains du Mésozoïques et du Cénozoïques constituent l'essentiel des affleurements des bordures du Bas Sahara.

partie 01:Généralités la zone d étude.

- Des dépôts continentaux de la fin de Tertiaire et du Quaternaire, occupent le centre de la cuvette.

La prospection géophysique et les sondages pétroliers ont précisé la profondeur du socle Précambrien (**Furon, 1968**) se situe entre **3000** et **5000 m.** et les dépôts sédimentaires font environ **4500 m** d'épaisseur. Dans cette étude nous nous intéressons surtout à la couverture sédimentaire Post-Paléozoïque, qui renferme les principaux aquifères du Sahara.

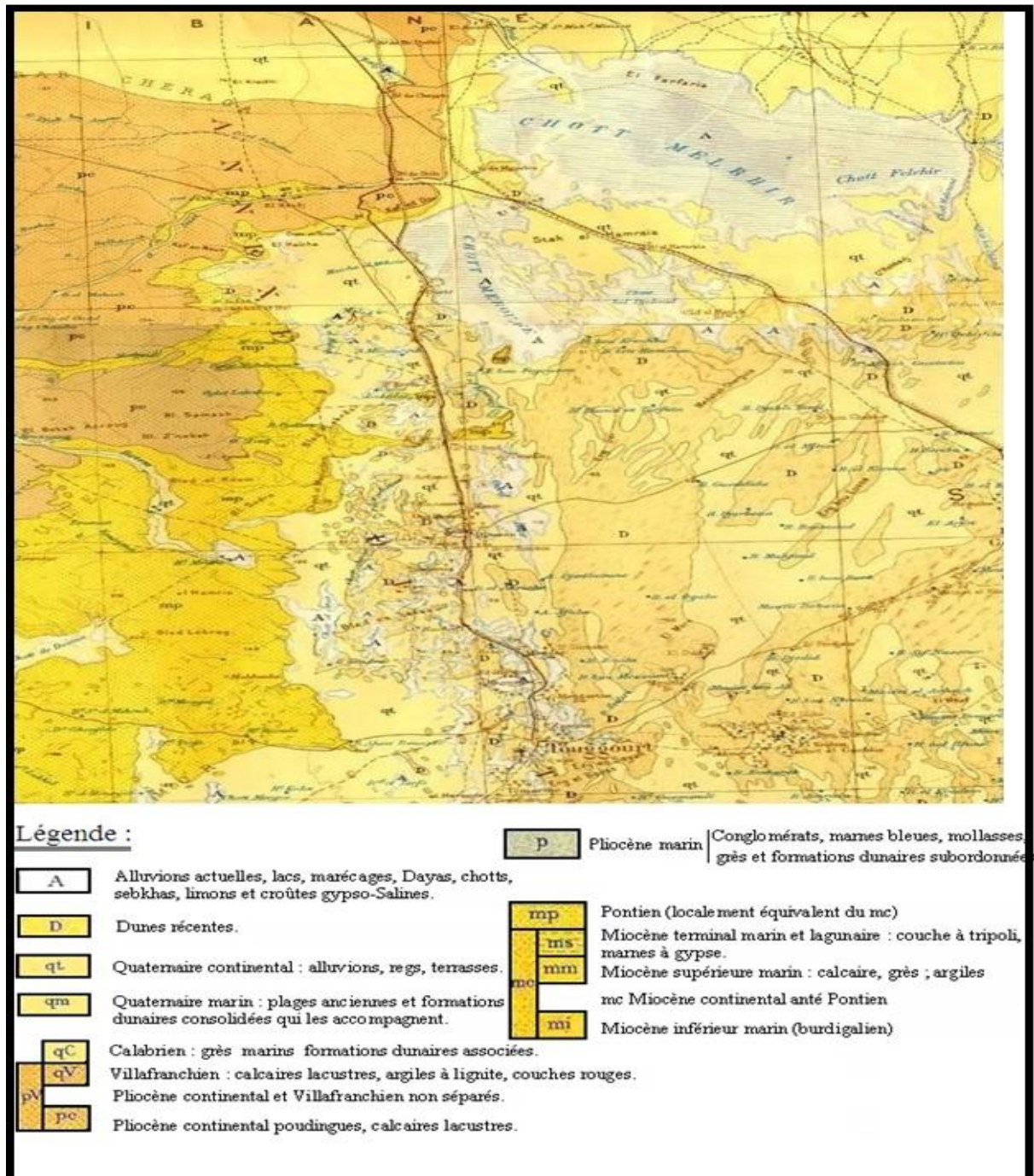


Figure 04: La carte géologique du bas Sahara (ANRH Ouargla)

2.4. Cadre litho stratigraphique de la région d étude.

Dans la région de TAIBET, les formations Mio-pliocènes sont recouvertes par une considérable épaisseur de dépôts Quaternaires présentés sous forme de dunes donnant naissance à un immense erg qui lui-même fait partie de l'extension du grand erg oriental. La géologie de TAIBET est masquée par une épaisse couche de terrains quaternaires. Leur description a été effectuée grâce à l'interprétation des logs stratigraphiques des forages d'eau (Fig05.) Les formations géologiques seront décrites du plus ancien au plus récent.

1. Mésozoïque :

1.1. Le Crétacé : Cette époque géologique est intéressante pour deux raisons : D'une part, le Crétacé affleure sur les bords du Bas Sahara (**Karpoff, 1952**) repose sur le socle primaire composé des roches variées : schistes, grès et calcaires. D'autre part, l'étendue des affleurements crétacés est très importante en Algérie Orientale. Le Crétacé est une série en grande partie continentale formée d'une alternance de couches gréseuses et argileuses.

1.2.Le Néocomien : Se subdivise en deux séries :

- **La série inférieure** : A prédominance argileuse, elle est représentée par des argiles grises et vertes, plus au moins pélitiques dans ces argiles, avec intercalation des dolomies microcristallines et cristallines.
- **La série supérieure** : On distingue deux ensembles : L'ensemble supérieur, constitue des dolomies et des calcaires microcristallins avec des intercalations d'argiles, de pélites et de marnes blanches et grises. L'ensemble inférieur, surtout anhydritique avec intercalations d'argiles plus au moins anhydritiques, grises, vertes et rouges. Ces argiles passent à des marnes avec lits dolomitiques. L'épaisseur du Néocomien est de **350 m**.

1.3.Le Barrémien : Son épaisseur varie entre **150-200 m**. le Barrémien est constitué des grès fins à moyen à ciment argileux, avec des passées de dragées de quartz blanc laiteux, des intercalations de sables et de grès arkosique, plus au moins grossiers. Cette épaisse série détritique poreuse du Barrémien constitue un important aquifère du Complexe Intercalaire.

1.4.L'Aptien : L'Aptien est constitué de dolomies microcristallines à cristallines, parfois blanches, crayeuses et tendres, contenant des débris de mollusques et entrecoupé de marnes grises dolomitiques. L'Aptien présente les caractéristiques d'un terrain semi-perméable, son épaisseur varie de **28 à 31 m**.

1.5.L'Albien : Il est essentiellement constitué de grès friables à ciment argileux et d'argiles sableuses. Les grès et les sables sont fins à très fins passant parfois à des pélites, les argiles

souvent péliques sont de couleur grise ou verdâtre. Cette formation albienne présente les caractéristiques suivantes :

- Épaisseur croissant d'Est en Ouest,
- Teneurs élevées en éléments clastiques,
- Les teneurs en carbonates décroissants d'Est en Ouest depuis les valeurs supérieures à **10 %** jusqu'à des valeurs proches de **0 zéro**.
- l'Albien se présente comme une série très épaisse (**200-300m**).

1.6. Le Vraconien : Il est constitué d'une alternance irrégulière de niveaux argileux et dolomitiques, d'argiles sableuses et plus rarement de passées de grès à ciment calcaire. Le Vraconien est imperméable. Son épaisseur est de **110 m** environ.

1.7.Le Cénomaniens : Le Cénomaniens est constitué par une alternance de dolomies, de calcaires dolomitiques, de marnes dolomitiques, d'argiles et d'anhydrites et même des sels son épaisseur est de l'ordre de **200-250 m** (formations imperméables).

1.8. Le Turonien : Au Turonien le régime marin persiste dans le Bas Sahara, et la mer présente le maximum d'extension. Dans l'ensemble, le Turonien est calcaire-dolomitique, marneux à la base, et dolomitique, ou calcaire au sommet. Il est de l'ordre de **90-100 m**.

1.9.Le Sénonien : Dans tous le Bas Sahara, le sénonien est formé de deux ensembles très différents du point de vue lithologique ; le Sénonien lagunaire, à la base et le Sénonien carbonaté, au sommet. L'ensemble ayant une puissance de **800-900m**

- **Le Sénonien lagunaire :** La limite inférieure, du sénonien lagunaire est généralement nette. En effet les évaporites et argiles Sénoniens sont aisément différenciables des calcaire et dolomies de Turonien. Le passage est beaucoup moins net entre Sénonien lagunaire et Sénonien carbonaté,

Du point de vue lithologique le Sénonien lagunaire est constitué par une alternance de bancs d'anhydrites, de dolomies, d'argiles et de sels. Le Sénonien lagunaire est imperméable. Du point de vue hydrogéologique, ce niveau joue le rôle d'imperméable de base

- **Le Sénonien carbonaté :** Le Sénonien supérieur est carbonaté. il est essentiellement constitué de dolomies et de calcaires micro-fissurés avec des intercalations de marnes d'argiles et plus rarement d'anhydrites.

La limite supérieure de ce niveau est encore moins nette, en effet, il y a pratiquement continuité lithologique entre le Sénonien et l'Eocène carbonaté. Les deux niveaux sont formés de calcaires de même nature –seule la présence de nummulites permet d'identifier l'Eocène. Le système carbonaté est essentiellement formé de dolomies et de calcaires dolomitiques, avec des intercalations de marnes et d'argiles, plus rarement d'anhydrites

2.Cénozoïque.

2.1. L'Eocène : Comme pour le Sénonien, on distingue dans l'Eocène deux ensembles lithologiques ; l'Eocène carbonaté à la base et l'Eocène évaporitique au dessus.

L'Eocène inférieur (carbonaté) : Il est composé de bancs de dolomies, de calcaire dolomitique, de calcaire à Nummulites et à rognons de silex. Il garde le même caractère lithologique, dans la région de Taïbet. Avant la fin de l'Eocène carbonaté, la mer se retire définitivement le Sahara et ne connaîtra qu'un régime continental, puis désertique et ce jusqu'à nos jours.

L'Eocène moyen (évaporitique) : Au dessus de l'Eocène carbonaté, on rencontre une formation constituée par une alternance de calcaires, d'argiles, de marnes et d'anhydrites. Elle renferme une faune d'âge Eocène à Nummulites et Globigérines. C'est cette formation que l'on désigne dans le bas Sahara sous le nom d'Eocène évaporitique. Elle existe dans la région de Taïbet, son épaisseur est de l'ordre de **100 m**.

Les bancs carbonatés sont suffisamment important pour constituer des niveaux aquifères.

2.2. L'Oligocène : Cet étage n'est pas connu dans la zone Saharienne, à l'Oligocène, le Sahara était un plateau émerge, sur lequel s'effectuait une sédimentation continentale, ce qui rend impossible la séparation des différentes étages.

2.3 Le Moi- Pliocène : Il correspond au Complexe Terminal. C'est un puissant ensemble de sable et d'argiles qui s'étend sur tout le Sahara et qui repose en discordance, indifféremment sur le Primaire, et le Crétacé inférieure : le Turonien, Cénomaniens, Sénonien et l'Eocène. Son épaisseur varie entre **140 m** au Sud et **280 m** au Nord.

➤ **Bel et Demargne (1966)** distinguent de bas en haut quatre niveaux dans ces dépôts lenticulaires :

➤ **Niveau 01** : argileux, peu épais, il existe uniquement dans la zone centrale du Sahara Oriental suivant une bande Nord-Sud. Ces argiles constituent une barrière très peu perméable entre la nappe du Sénonien et de l'Eocène carbonaté et celle des sables de niveau **02**.

- **Niveau 02** : grésos-sableux, c'est le niveau le plus épais et le plus constant à sa base on trouve parfois des graviers, alors que le sommet se charge progressivement en argiles pour passer au niveau **03**. Il atteint **400 m** au Sud de Gassi Touil. Le niveau **02** est le principal horizon aquifère du Mio-Pliocène.
- **Niveau 03** : C'est une formation argilo sableuse dont les limites inférieures et supérieures sont assez mal définies. Cette couche imperméable n'existe que dans certaines zones ; elle est épaisse et constante que dans la région des chotts.
- **Niveau 04** : C'est le deuxième niveau sableux du Mio-Pliocène. Parfois en continuité avec le niveau **02**. Le sommet de niveau **04** affleurant sur de grandes surfaces et souvent constitué par une croûte de calcaire gréseux (croûte hamadienne). L'épaisseur de cet horizon est de l'ordre de **300m**.

3. Le Quaternaire : Le Quaternaire est constitué de sable éoliens et sables argileux, résultant de la destruction de la falaise Mio-Pliocène, localement intercalés de lentilles d'argiles sableuses et gypseuses. Ces sables forment d'énormes accumulations dans le Grand Erg Oriental. C'est dans ce niveau que l'on rencontre la nappe phréatique. Son épaisseur est variable et peut atteindre localement une dizaine de mètres.

Ere	Etages	Prof	Chronostratigraphie	Lithologie	
QUATERNAIRE		10m	Sable		
			Argile		
			Évaporite		
			Sable		
CÉNOZOÏQUE	Mio-pliocène		Argile		
			Gravie		
			Grés		
			Argile		
	ÉOCÈNE	Moyen	180m	Argile Lagunaire	
		Inférieur		Dolomie	
	MESOZOÏQUE	SÉNONIEN	280m	Calcaire	
			500m	Evaporite	
		SÉNONIEN		Anhydrite	
			Lagunaire		Sel massif
		Argile			
		Marne			
TURONIEN		1100m	1160m	Calcaire marneux	
		CÉNOMANIEN		Dolomie	
			Argile		
			Anhydrite		
		Marne			
VRACONIEN		1320m		Argile et dolomie	
		ALBIEN	1450m		Sable
				Grés	
			Argile sableuse		
1660m	1680m		Dolomie		
APTIEN			Sable		
	BARRÉMIEN			Et	
			Grés		

Figure 05 : Log lithologique synthétique de la région de Taibet, (sans échelle).

3. CONTEXTE CLIMATIQUE.

3.1. Introduction.

Le climat affecte une bonne partie des activités humaines, telle que la production agricole, la production et la consommation d'énergie, l'utilisation de certaines ressources telles que l'eau, les aspects essentiels de l'environnement relevant immédiatement de la climatologie. Elle permet d'évaluer l'alimentation des réserves souterraines. Par définition : le climat est constitué par l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un point donné de la surface terrestre.

La carte ci-dessous configure les différents sous bassins versants du Sahara algérienne. Ainsi que les principales stations météorologiques actuellement en activité. La zone d'étude appartient au sous bassin versant incluse dans le grand bassin saharien.

Les données relatives aux différentes composantes qui régissent le climat (pluies, vents, températures, évaporation, insolation) ont été recueillies auprès de la station météorologie de Sidi Mehdi (O.N.M).

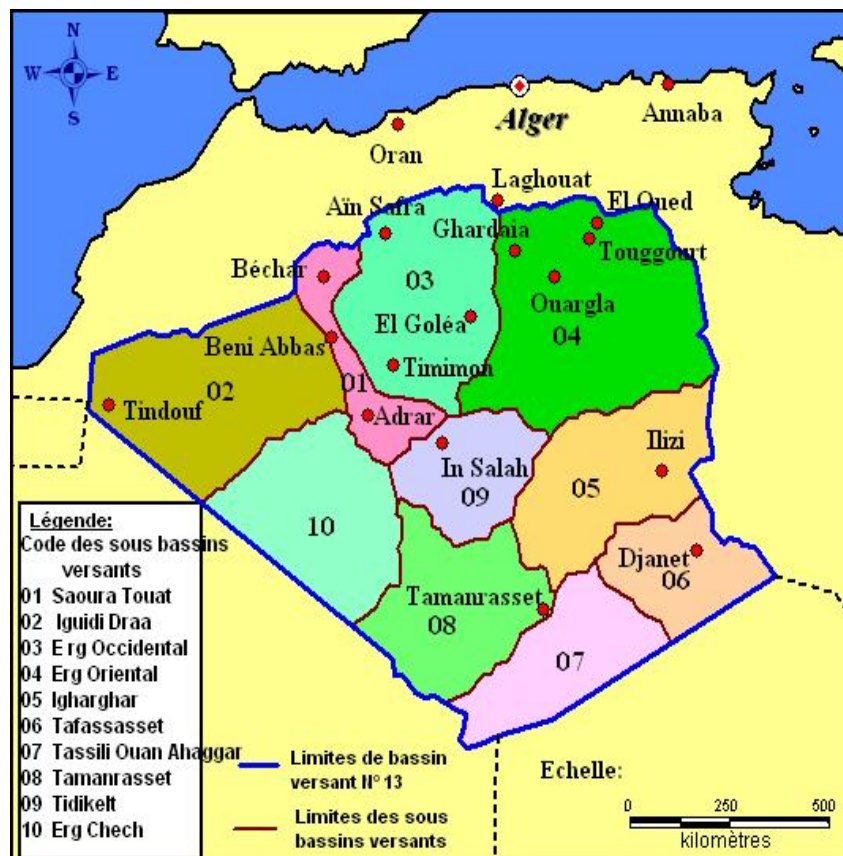


Figure 06: Carte des sous bassins versants du Sahara algérien et des stations météorologiques d'après Cahiers de Sécheresse, No : 1/98.

3.2. Précipitation.

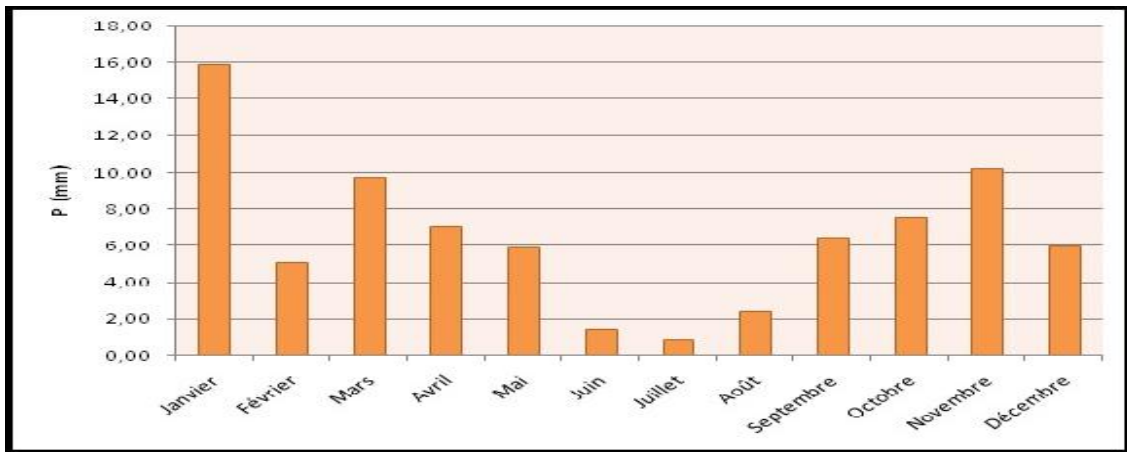
La précipitation joue un rôle moins important dans les zones sahariennes du fait de leur faible quantité d'une part et de la forte température d'autre part. Les moyennes mensuelles des hauteurs de pluies calculées sur la période de 36 ans (1978-2014) sont indiquées dans le tableau ci-dessous (Tab.

).Selon les données de tableau 03 , nous avons établi l’histogramme de variation moyenne mensuelle interannuelle des précipitations (Fig.). On constate que les précipitations se produisent du mois de Novembre à mars alors que le reste de l’année est relativement sec (particulièrement en juillet et août). Le mois de janvier est le plus arrosé avec 15,88 mm, et le mois de juillet est le moins arrosé avec 0,84mm. La moyenne annuelle interannuelle est d’ordre de 78,61mm.

Tableau 03 : Précipitations moyennes mensuelles (1978-2014).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
P (mm)	15,88	5,12	9,76	7,01	5,92	1,46	0,84	2,38	6,47	7,59	10,22	5,96

Figure 07: Histogramme des précipitations mensuelles (1978-2014).



3.3. Température.

La température joue un rôle primordial sur le climat. Dans notre zone d’étude, de type désertique, elle a plus d’ampleur et influe grandement sur les autres paramètres météorologiques tels que l’évaporation et le taux d’humidité de l’atmosphère. Elle est donc un paramètre déterminant dans le calcul du bilan hydrologique.

D’après le tableau 04 et l’histogramme des variations moyennes mensuelles des températures (Fig.), on remarque que les températures moyennes mensuelles sont élevées s’observent entre mai et septembre (>25°C), et les plus basses en décembre et janvier avec respectivement 12,0° et 11,3°C. La moyenne annuelle est de 21,69°C. On note que l’écarte entre le jour et la nuit est important varie de 12 à 14,5°C.(T max =54°C à juillet et T min=0 °C à décembre).

Tableau 04: Les températures moyennes mensuelles interannuelles (1978-2014).

Mois	Jan	Fév	Mar	Av	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
Moyenne	11,3	13,1	16,9	21,5	25,6	30,8	34,8	33,9	29,2	22,2	15,8	12,0

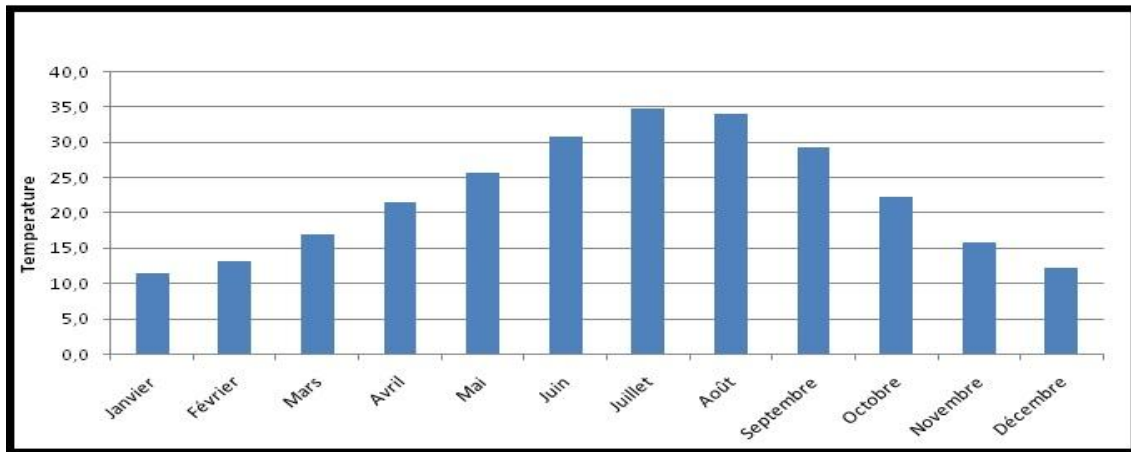


Figure 08 : Histogramme des températures moyennes interannuelles (1978-2014)

3.4. Humidité.

Le tableau 05 donne les valeurs d'humidité relative moyenne, observées en 36 ans d'observations (1978-2014). L'histogramme qui en découle permet de distinguer les mois secs des mois relativement humides. On remarque que les mois « humides » ($H_{Moy} > 47,85\%$), sont janvier, février, mars, octobre, novembre, décembre et les mois « secs » caractérisant le reste de l'année. En ce qui concerne les variations interannuelles, on remarque que le taux d'humidité oscille autour de sa valeur moyenne (47,85%) sauf en 1979 qui présente un pic à 54,50% et en 1986 marquant un minimum à 42,17 %.

Tableau 05: Humidité relative moyenne mensuelle interannuelles (1978-2014).

Mois	Jan	Fév	Mars	avril	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	Déc
moy	64,61	54,75	48,66	43,72	39,66	34,43	32,51	33,85	44,03	51,83	60,57	65,59

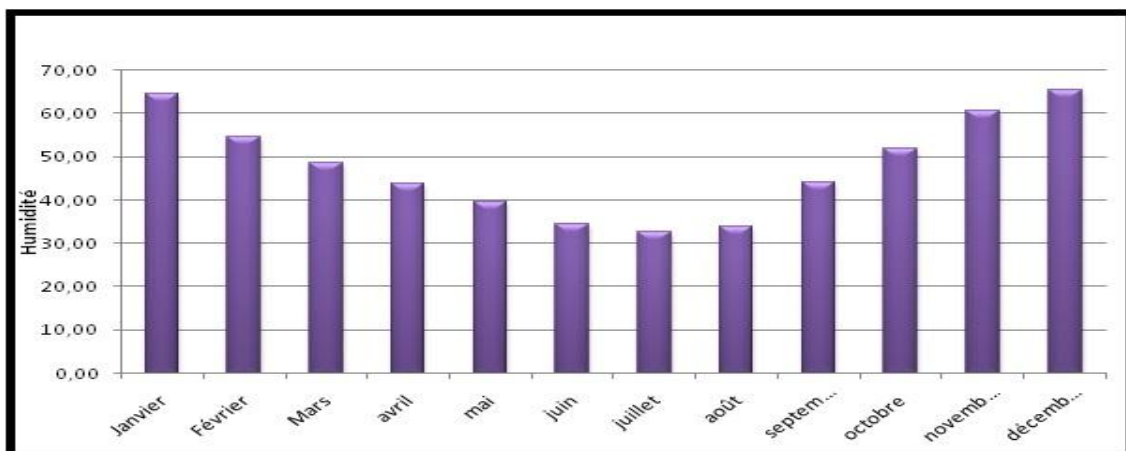


Figure 09 : Histogramme d'humidité relative mensuelle interannuelle (1978-2014).

3.5. Le vent.

Le vent est un élément le plus caractéristique du climat. Il est déterminé par sa direction, sa vitesse et sa fréquence. Les vents soufflants de l'Est vers le Nord-est sont les plus dominants provenant de la méditerranée, ils sont chargés d'humidité. Les vents soufflants du Sud vers le Sud-ouest sont moins fréquents (Secs et chauds).

Au printemps les vents sont plus forts, le vent d'Est appelé communément EL BAHRI souffle principalement pendant la période s'étalant des mois d'avril à juillet.

En été, il apporte de la fraîcheur, par contre il est peu apprécié au printemps car il donne naissance au vent de sable, donnant au ciel une couleur jaune, il peut durer jusqu'à trois jours consécutifs avec une vitesse moyenne de 40 à 50 Km/h.

Tableau 06 : Vitesse moyenne mensuelle de vent (1978-2014).

MOIS	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
V (m/s)	2,4	2,8	3,6	3,8	3,9	3,4	3,1	2,9	2,8	2,4	2,5	2,4

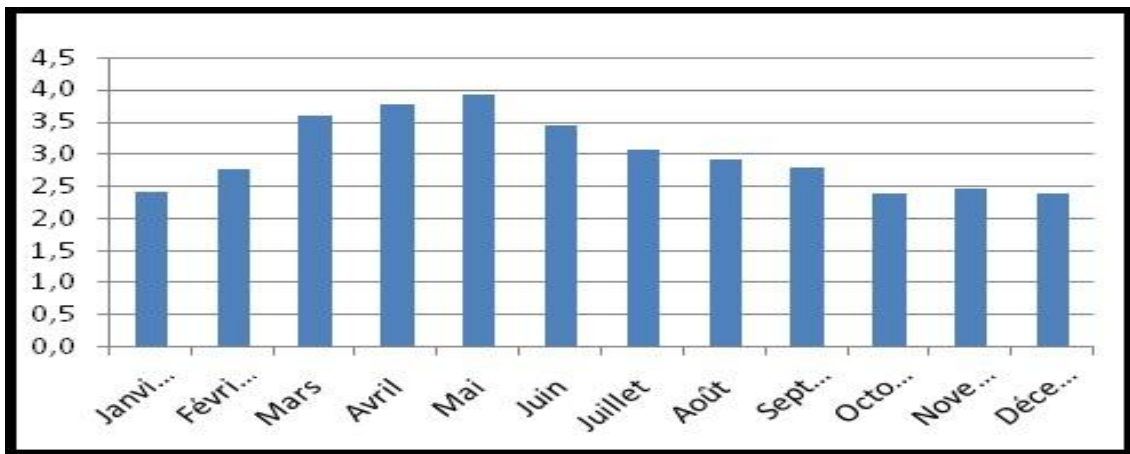


Figure 10 : Histogramme de variations de vitesse mensuelle des vents en m/s (1978-2014).

3.6. L'insolation.

L'insolation est la durée d'apparition du soleil, elle est exprimée en heure, elle varie en fonction de la latitude qui détermine la longueur des jours et le degré d'obliquité des rayons solaires.

Le tableau suivant donne les valeurs d'insolation moyennes mensuelles observées en 36 ans d'observation (1978-2014).

Tableau 07:La durée d'insolation mensuelle. (1978-2014).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
Ins (h)	232,81	235,49	269,41	285,21	315,05	326,44	360,99	346,93	293,07	266,08	240,99	237,12

D'après l'histogramme de répartition des insolation mensuelles (1978-2014), on remarque que les mois Avril, Mai, Juin Juillet, Août et Septembre correspondent aux mois les plus chauds, et les mois de novembre décembre et janvier sont les plus froids, avec le maximum atteignant la durée de 360,99h d'insolation au mois de Juillet, et le minimum au mois de janvier avec une durée de 232,81 h.

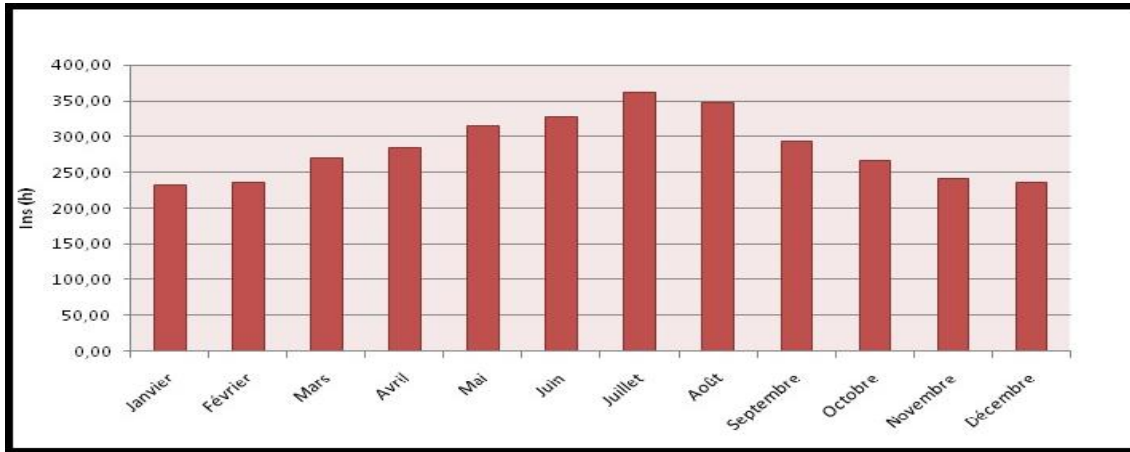


Figure 11: Histogramme de durée d'insolation mensuelle (1978-2014).

3.7. L'évaporation.

Le tableau 08 porte les valeurs mensuelles de l'évaporation (période 1978-2014).D'après ce tableau, l'évaporation la plus élevée se produit en mois de juillet avec une valeur 403.5 mm et la plus faible en décembre 107,5 mm. L'évaporation moyenne annuelle est d'ordre 2868 mm.

Tableau 08 : Evaporation moyenne mensuelle (1978-2014).

Mois	Janv	Féври	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
EV (mm)	113,9	130,3	200,1	252,6	316,5	375,5	403,5	373,7	273,2	193,6	128,1	107,5

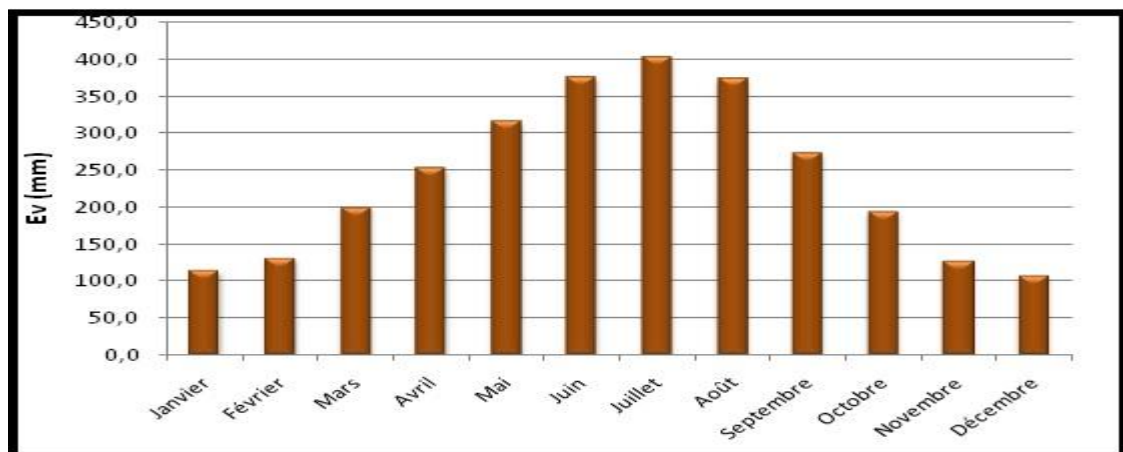


Figure 12: Evaporation moyenne mensuelle (1978-2015).

3.8. Diagramme Pluvio-thermique.

Les valeurs des précipitations et des températures enregistrées au niveau de la station de Taibet sur une période de 36 années, permettent l'établissement du diagramme pluviométrique (Fig.). Suivant Gaussen et Bagnouls, un mois sec est celui où le total moyen des précipitations (mm) est inférieur ou égale au double de la température moyenne (°C) du même mois. Le diagramme pluviométrique montre que la période sèche est étendue sur les douze mois de l'année dans la zone d'étude.

Tableau 09: Données des précipitations et des températures moyennes mensuelles.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
2T	58,40	44,40	31,60	24,00	22,60	26,20	33,80	43,00	51,20	61,60	69,60	67,80
pr	6,47	7,59	10,22	5,96	15,88	5,12	9,76	7,01	5,92	1,46	0,84	2,38

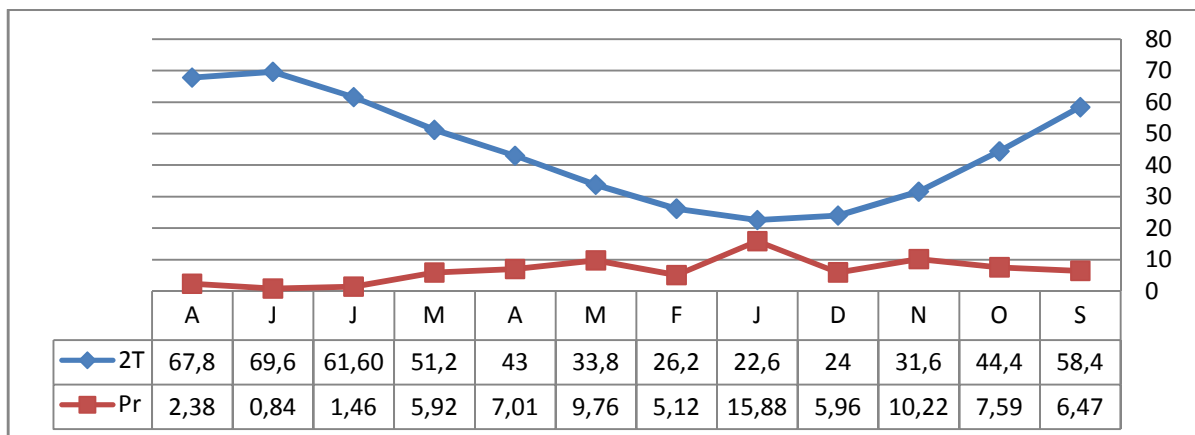


Figure 13: Courbe Pluvio-thermique de Taibet (1978-2014)

3.9. Diagramme d'Emberger.

Pour déterminer les types de climat de la zone méditerranéenne, L. Emberger (1955) a proposé la détermination d'un quotient pluviométrique Q (Fig.). Ce quotient dépend de la précipitation moyenne annuelle et les moyennes des températures minima et maxima, respectivement des mois les plus froids et les plus chauds.

$$Q = \frac{3.43 P}{(M-m)}$$

Q :facteur des précipitations d'Emberger

P : Précipitation moyenne annuelle (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C).

m : moyenne des minima du mois le plus froid (°C).

Le calcul de facteur d'Emberger dans la zone d'El-Oued donne les valeurs suivantes :

$$Q = \frac{3.43 \times 78.6}{(34.8 - 11.3)} = 11.47 \text{ mm/}^\circ\text{C}$$

Selon la position sur le Diagramme d'Emberger (fig) la zone d'étude est caractérisée par un climat saharien avec un hiver chaud.

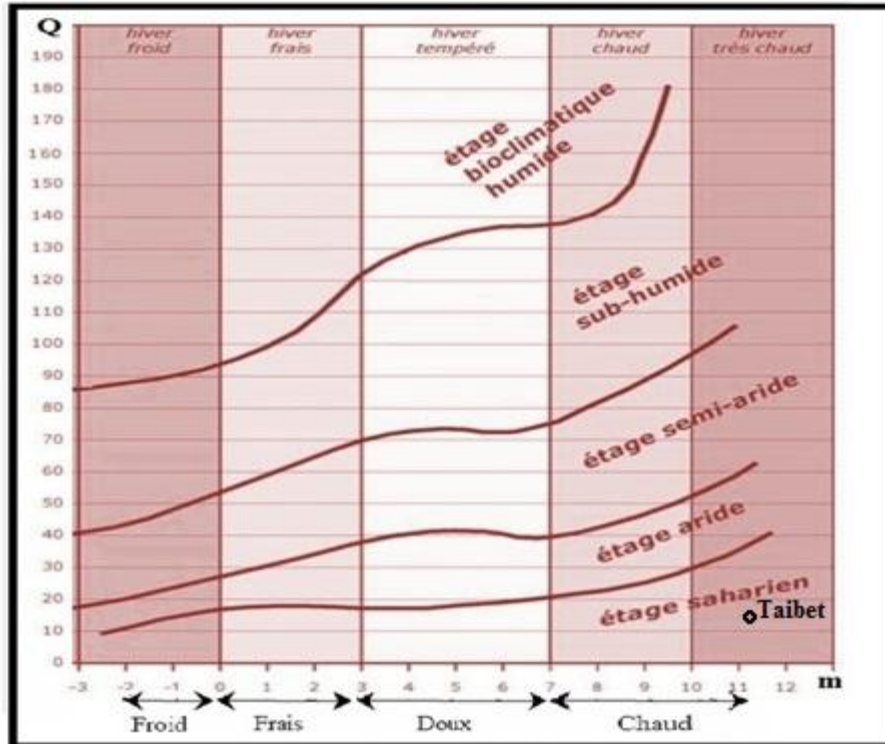


Figure14 : Diagramme d'Emberger de la station edTaibet (1978-2014)

3.10. Evapotranspiration.

Plusieurs expressions empiriques, introduisant les paramètres climatiques, ont été établies pour l'évaluation de l'évapotranspiration réelle (ETR) et/ou potentielle (ETP). La méthode utilisée dans ce travail est celle de Thornthwaite (1948) puisque cette méthode semble la plus utilisée est celle qui donne les résultats les plus cohérents dans les zones méditerranéennes.

3.10.1. Evapotranspiration potentielle (ETP).

La formule proposée par Thornthwaite permet le calcul de l'évapotranspiration potentielle en millimètres, à partir de la température moyenne mensuelle (T) par l'expression :

$$ETP = 16 [10 T / I]^a K. \text{ Avec :}$$

t : la température moyenne mensuelle du mois considéré.

ETP : l'évapotranspiration potentielle du mois considéré (en mm d'eau).

K : un coefficient d'ajustement mensuel.

I : appelé indice thermique annuel

Le paramètre : $a = 0.016 * I + 0.5$

L'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle (Fig15.) obtenue est de 1103.5 mm. Le maximum s'enregistre au mois de juillet (260.0 mm) et le minimum au mois de janvier (11.7 mm).

3.10.2. Evapotranspiration réelle (ETR).

Elle a été déterminée également à l'aide de la méthode de Thornthwaite. Cette méthode part d'un bilan hydrique du sol, dans lequel on estime la réserve facilement utilisable exprimée en millimètres de hauteur d'eau. En plus, cette méthode tient en compte les précipitations et l'évapotranspiration potentielle. En considérant que les réserves superficielles en tant que réserves facilement utilisables (RFU) sont de l'ordre de 100 mm.

L'évapotranspiration réelle moyenne annuelle (Fig.) est de 78.6 mm avec un maximum au mois de janvier (11.7 mm) et un minimum au mois de juillet (0.8 mm). L'évapotranspiration réelle représente 100% la pluviométrie moyenne annuelle

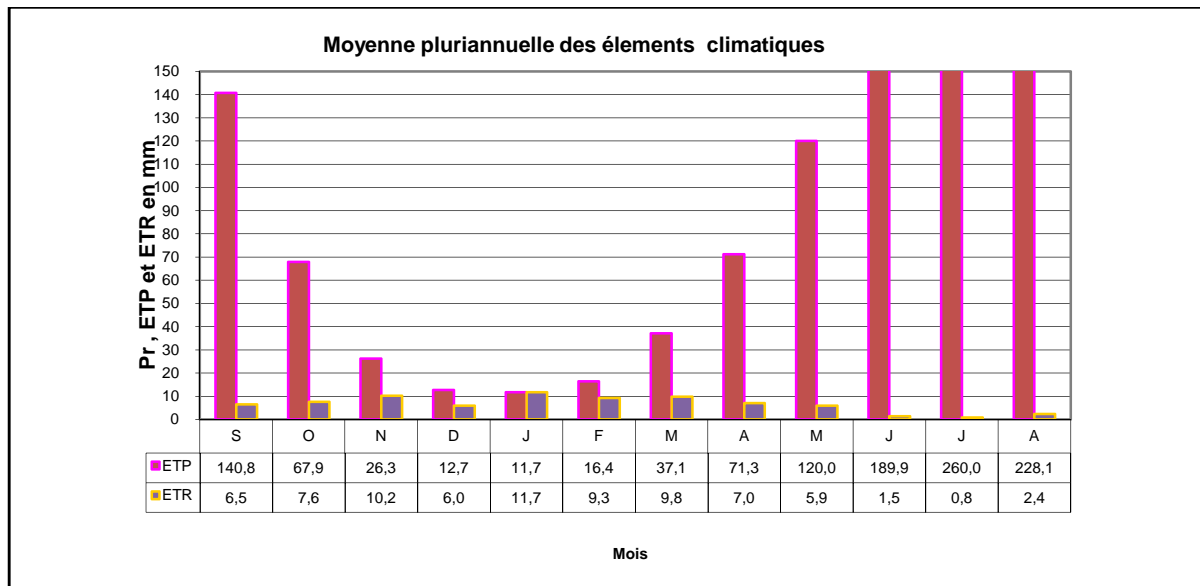


Figure 15 : Evapotranspirations potentielle et réelle mensuelle (en mm) calculée par la méthode de Thornthwaite sur la période 1978/2014.

3.11. Bilan hydrique.

Le bilan hydrique d'El-Oued (Tableau), dans la période (1978-2014) suivant la méthode de Thornthwaite est déficitaire, la quantité d'eau précipitée sera vite évaporée parce que évapotranspiration potentiel (ETP) est plus importante que les précipitations, sauf au mois de janvier, le réserve facilement utilisable est nulle pendant les onze mois de l'année (Fig.). Le déficit agricole est présent pendant onze mois de l'année, elle atteindra son maximum au mois de juillet 259.1mm.

partie 01:Généralités la zone d étude.

Le bilan hydrique de la région d'El-Oued montre que la recharge par la pluie efficace est négligeable, la recharge de la nappe est faite par les eaux la ré-infiltration due à l'irrigation et les eaux urbaines (les eaux usées domestiques).

Tableau10: Bilan hydrique de la station de Sidi Mehdi (1978-2014). par la méthode de THORNTWAITE.

MOIS	T	ETP _C	Pr	RFU	ETR	DA	EX
S	29,2	140,8	6,5	0,0	6,5	134,3	0,0
O	22,2	67,9	7,6	0,0	7,6	60,3	0,0
N	15,8	26,3	10,2	0,0	10,2	16,1	0,0
D	12	12,7	6	0,0	6,0	6,7	0,0
J	11,3	11,7	15,8	4,1	11,7	0,0	0,0
F	13,1	16,4	5,2	0,0	9,3	7,2	0,0
M	16,9	37,1	9,8	0,0	9,8	27,3	0,0
A	21,5	71,3	7,0	0,0	7,0	64,2	0,0
M	25,6	120,0	5,9	0,0	5,9	114,0	0,0
J	30,8	189,9	1,5	0,0	1,5	188,4	0,0
J	34,8	260,0	0,8	0,0	0,8	259,1	0,0
A	33,9	228,1	2,4	0,0	2,4	225,8	0,0
Annuel	22,3	1182,1	78,6		78,6	1103,5	0,0

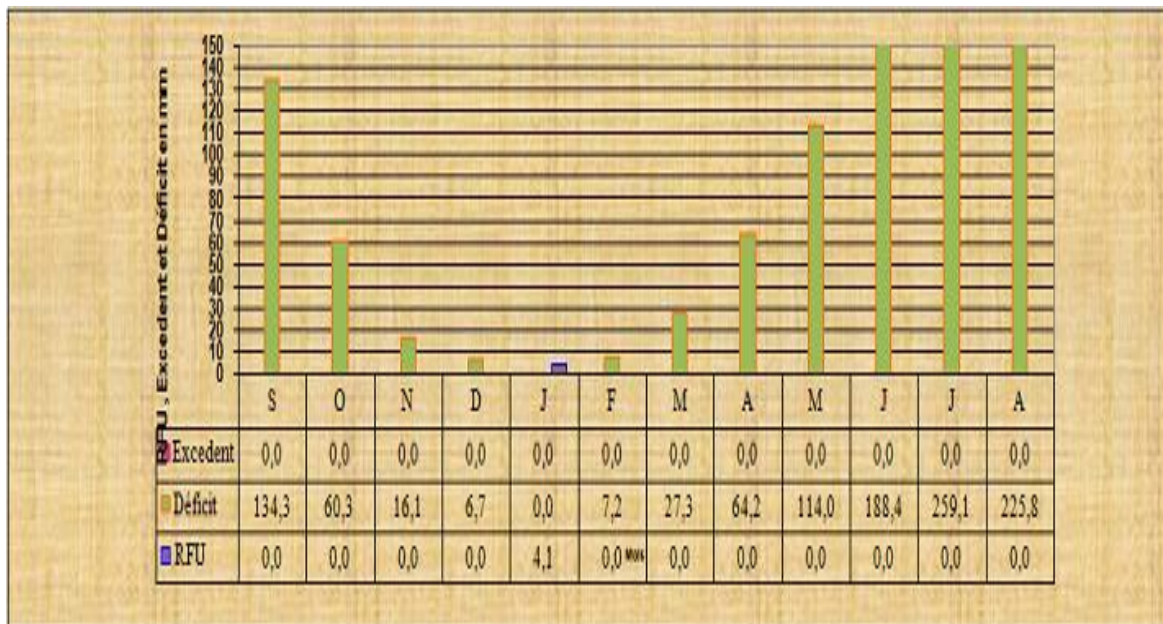


Figure 16: Etat de réserve facilement utilisable et le déficit agricole dans la région deTaibet (1978-2014)

4. CONCLUSION.

La zone étudiée se trouve à TAIBET, elle fait partie de la wilaya de Ouargla (SE Algérie). Elle se caractérise par une large dépression allongée dans le sens nord, couvre une superficie de 14622 km² et une population de l'ordre de 49352 habitants. La zone d'étude est une région agricole, la principale activité est la culture du palmier dattier, pastèque et de la pomme de terre.

La région de Ta bet se présente comme une cuvette synclinale du Bas Sahara qui fait partie d'une large fosse de direction N-S. Tous les terrains, depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire sont dissimulés en grande partie sous le Grand Erg Oriental. Excepté quelques affleurements observés, sur les bordures. La prospection géophysique et les sondages pétroliers ont défini la profondeur du socle Précambrien, située entre 3000 et 5000 m, et les dépôts sédimentaires ont environ 4000 m d'épaisseur. Les terrains du Mésozoïques et du début du Cénozoïque constituent l'essentiel des affleurements des bordures. Les dépôts continentaux Tertiaires et Quaternaires occupent le centre de la cuvette. La série géologique permet de distinguer deux ensembles hydrogéologiques, Post Paléozoïques importants : le Continental Intercalaire(CI) et le Complexe Terminal(CT).

Le climat de la région est saharien où la période sèche est étendue pendant les douze mois de l'année, le mois de janvier est le plus arrosé avec 15,88 mm et le mois de juillet est le moins arrosé avec 0,84mm. La température moyenne mensuelle est maximale au mois de Juillet et Aout avec une valeur d'ordre de 34,8 °C et minimale au mois de Janvier avec une valeur d'ordre de 11,3 °C. Le bilan hydrique de la région de TAIBET suivant la méthode de Thorntwaite est déficitaire à cause de faible précipitation et très forte évaporation.

1. PRESENTATION DE SYSTEME AQUIFERE DE SAHARA SEPTENTRIONAL.

1.1. Extension de système aquifère de Sahara septentrional.

Le système aquifère du Sahara septentrional (SASS) est partagé entre trois pays : l'Algérie, la Tunisie et la Libye. Il recouvre une étendue de plus d'un million de km², dont 70 % se trouvent en Algérie, 6 % en Tunisie, et 24 % en Libye. Le SASS est la superposition de deux principales couches aquifères; la formation du Continental Intercalaire, CI, la plus profonde et celle du Complexe Terminal, CT (Fig17.).

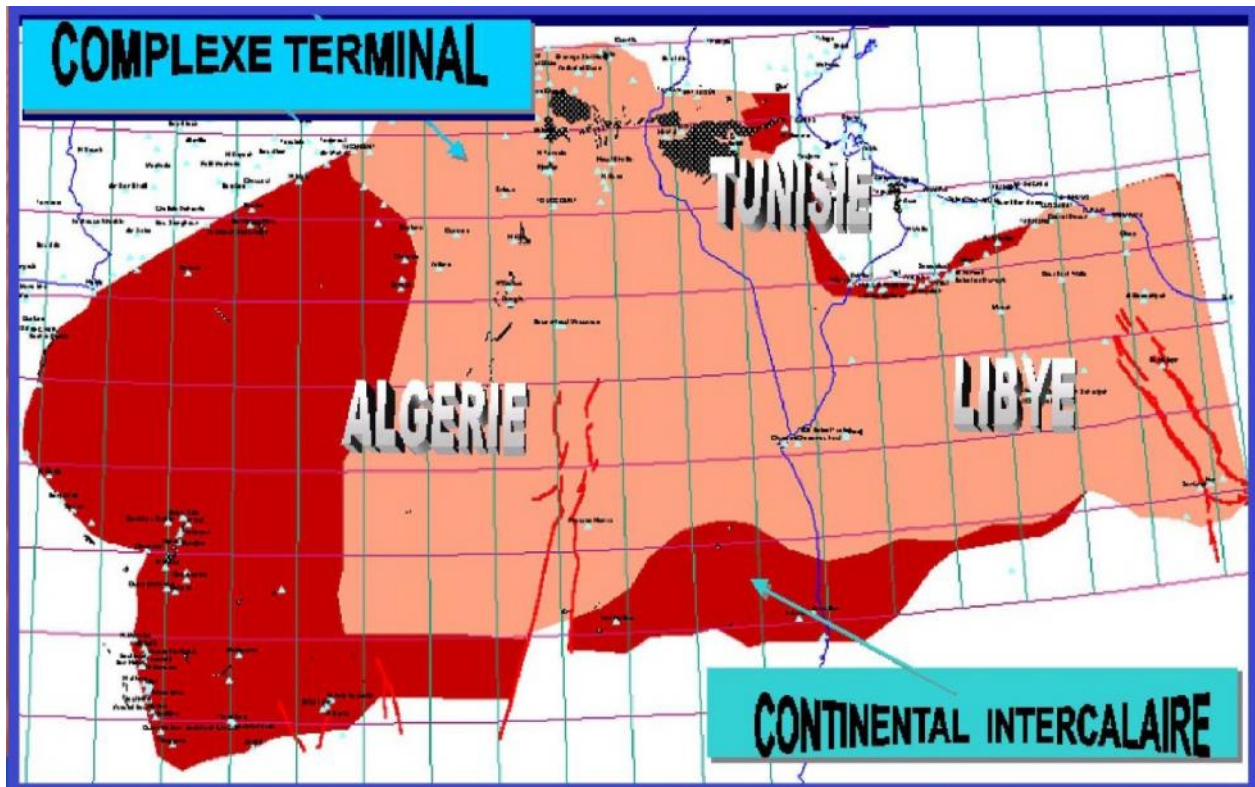


Figure17 : Extension de système aquifère de Sahara septentrional.

Le bassin sédimentaire du Sahara septentrional (BG, 2002) couvre une superficie de 780 000 km². Ce bassin possède une envergure de 1800 km E-O et de 900 km N-S (OSS, 2003). Il est limitée au Nord-ouest par les piémonts du versant Sud de l'Atlas saharien, au Nord par l'accident sud atlasique au Nord des Chotts, relayé vers le golf de Gabès par la faille d'El Hamma - Médenine. A l'Ouest, la limite se situe au niveau de l'Oued Saoura-Reggane, au Sud par un alignement Est-ouest, de plateaux (Hammadas) du Tinrhert et du Tademaït. Enfin, la limite Nord-est se situe un peu après les reliefs du Dahart et celle du Sud-est parcourt la région de Syrte et va jusqu'à la ville de Hun en Libye (Castany, 1982). Ce bassin, constitue une importante dépression topographique, laquelle est sous-tendue par une cuvette structurale en forme de synclinal dissymétrique (Fig17.). La série sédimentaire est marquée, au centre de

la fosse, par d'importants accidents tectoniques subverticaux. Les pendages des bancs sont en général faibles, à l'exception de la zone bordière située au nord-est du bassin (Busson.G, 1970 ; Fabre.J, 1976 ; SASS 2002). Celui-ci comporte, à sa base, des formations paléozoïques marines surmontées en discordance par les formations continentales du Secondaire et du Tertiaire épaisses de plusieurs milliers de mètres. Le Quaternaire y succède. Il est constitué essentiellement de sables dunaires dont l'épaisseur peut atteindre quelques centaines de mètres. Seule la série supérieure présente un intérêt hydrogéologique.

Les formations Paléozoïques, reformant de l'eau salée ainsi que des gisements de pétrole et de gaz surtout la partie sud de la région qui se terminent par l'orogénèse Hercynienne. La région de Taibet comporte deux principales aquifères qui sont :

- **Continental Intercalaire** : elle représente une nappe parfois artésienne (Albien).composé de sable gréseux ou gréseux argileux.
- **Complexe Terminal**, composé de trois nappes superposées, l'une dans les sables et argiles du Pliocène (CT₁), l'autre dans les sables grossiers à graviers, du Miocène supérieur (CT 2) et la troisième dans les calcaires fissurés, plus ou moins karstiques, de l'Eocène inférieur (CT3).
- Au dessus des aquifères de complexe terminale et continental intercalaire, il existe un aquifère superficiel libre, dite **nappe phréatique**.

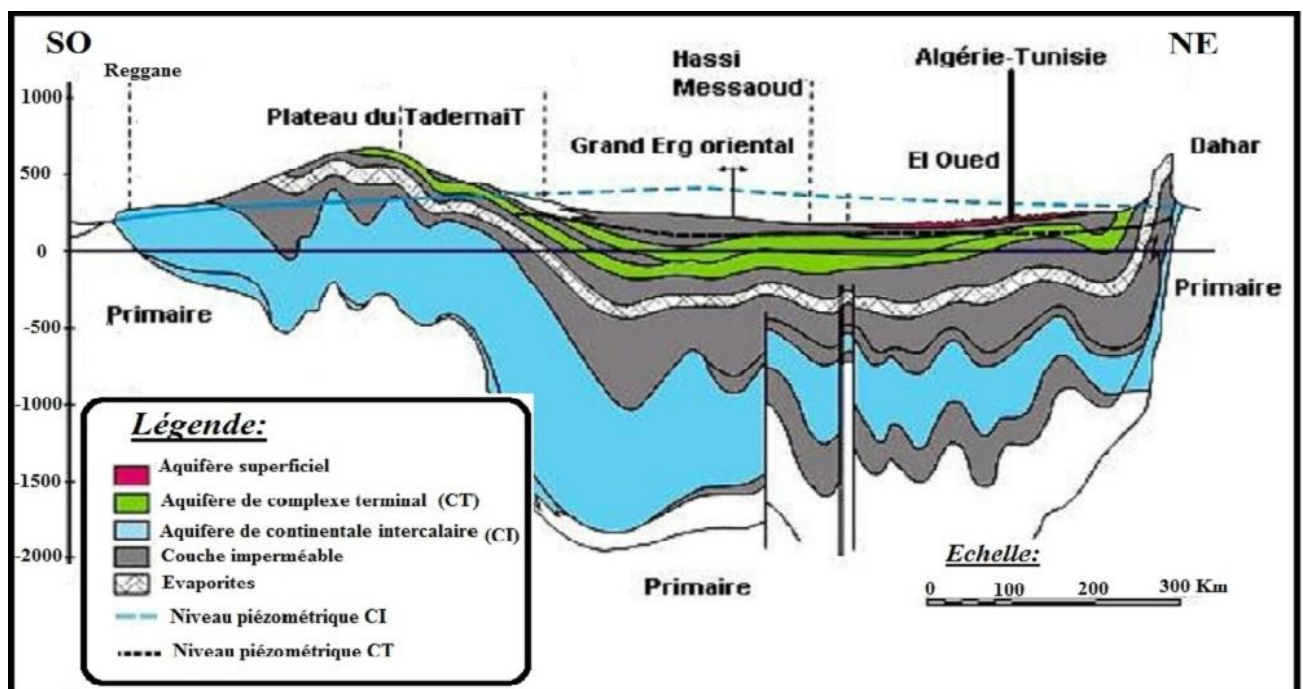


Figure 18: Coupe hydrogéologique des aquifères du Sahara septentrionale (UNESCO 1972).

1.2. Définition des nappes aquifères du SASS.

1.2.1. Nappe libre : La nappe libre présente dans toute l'Oasis du Souf et d'Oued Righ correspond essentiellement à la partie supérieure des formations continentales déposées à la fin du Quaternaire, elle peut être rencontrée à des profondeurs variant de 1 et 20 mètres (BG2002). Vu son importance, cette nappe représentait la source principale d'irrigation d'importantes palmeraies, elle est surtout exploitée par des puits traditionnels. La circulation des eaux dans cette nappe est relativement lente. Les principales sources d'alimentation de cette nappe sont les pluies torrentielles, l'infiltration des eaux domestiques sous les zones urbaines, viennent s'ajouter depuis quelques années, les eaux d'irrigation provenant des nappes profondes (CT et CI).

1.2.2. Nappe du complexe terminal (CT) : Le terme de complexe terminal regroupe sous une même dénomination un ensemble de nappes aquifères qui sont situées dans des formations géologiques différentes allant du Sénonien supérieur (carbonaté) au Mio-Pliocène (détritique). Dans le bassin oriental, la nappe du complexe terminal s'étale sur près de 350 000 Km², et limitée à l'Ouest par la dorsale du M'zab, au Nord par l'accident majeur de l'Atlas saharien, à l'Est par le Dahar, au Sud par la ligne passant au Nord de l'axe d'In Salah-Zarzaïtine sous l'Erg oriental. D'après (D.H.W, 2005), nous rappelons l'existence de 3 nappes dont les deux premières correspondent respectivement aux nappes des sables d'âge mio-pliocène et pontien, alors que la dernière correspond à la nappe des calcaires d'âge sénonien à éocène supérieur.

L'écoulement des eaux de la nappe du CT (Fig19.) s'oriente vers les chotts du Sahara Oriental ; Melghir et Merouane en Algérie, Rharsa et Djerid en Tunisie. Alors que dans le bassin occidental les eaux de la nappe se mélangent avec celles du Continental Intercalaire (OSS 2003 ; Guendouz et al 1992-1995).

Au sommet, le Continental Terminal, constitué par les sables du Mio-Pliocène, couvrant en discordance, pratiquement la totalité de l'Erg oriental depuis la dorsale du M'zab à l'Ouest jusqu'au Dahar tunisien à l'Est. L'épaisseur de l'aquifère des sables du Mio-Pliocène est de 50 à 100 m en moyenne. Elle est minimale dans la région de Hassi-Messaoud (30 m) et augmente vers le Sud (400 m), et le Nord où elle peut atteindre 600 m.

Les formations carbonatées du Sénonien supérieur, s'étendent sur l'ensemble du bassin oriental. L'Eocène inférieur ne couvre que la zone située au Nord d'une ligne Djemaa-Tozeur. Les calcaires et les dolomies du Turonien sont reliés hydrauliquement aux formations carbonatées précédentes par l'aquifère des sables du Mio-Pliocène. L'épaisseur moyenne du

réservoir carbonaté est de 100 à 200 m, augmentent vers le Nord où elle atteint 500 m sous le Chott Melghir et 600 m dans la fosse atlasique.

Le substratum du complexe terminal est constitué d'une manière générale par la formation lagunaire du Sénonien. La couverture est formée par les argiles plus ou moins sableuses du sommet du Mio-Pliocène et les marnes et évaporites de l'Eocène moyen pour l'aquifère Eocène.

L'alimentation se fait sur les affleurements perméables, par infiltration des eaux de ruissellement apportées par les oueds en période de crue qui descendent les reliefs des bordures. Un apport non négligeable se fait par l'impluvium propre du Grand Erg oriental.

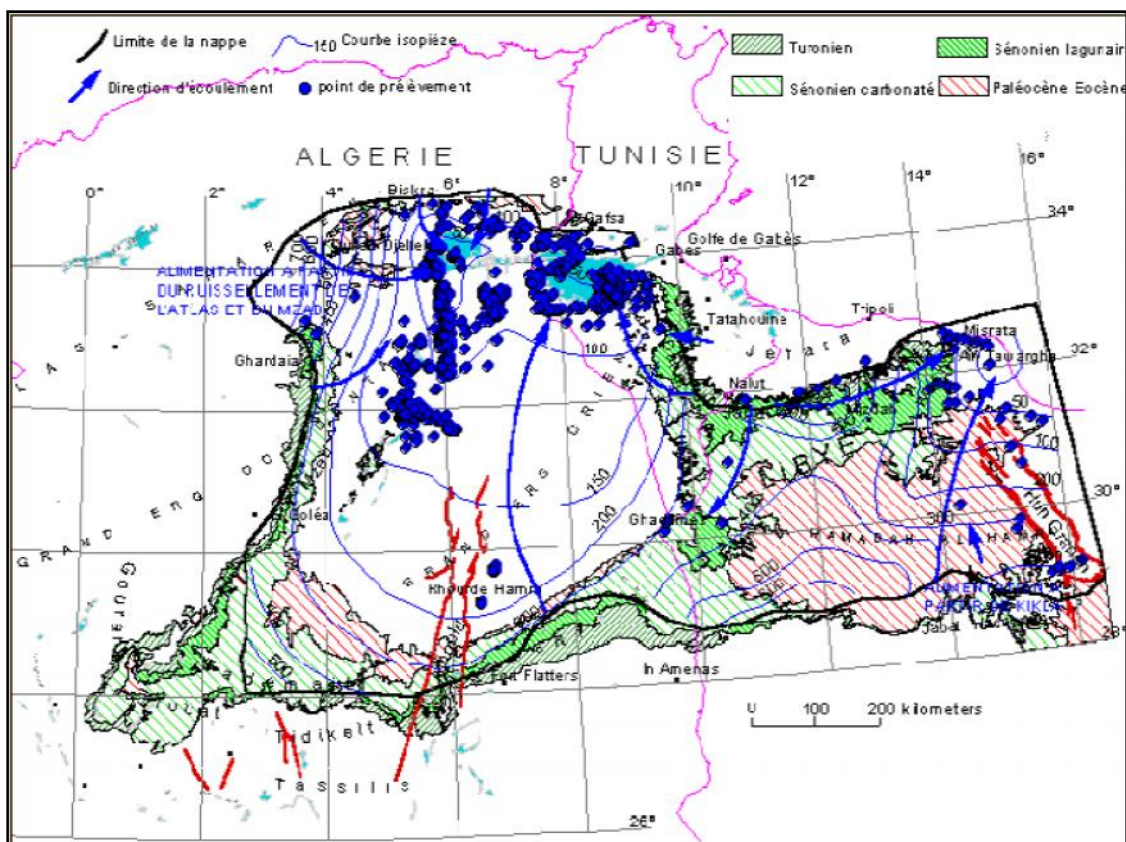


Figure19 : Carte piézométrique de référence du Complexe Terminal (OSS 2003).

1.2.2.1. Nappe des Sables.

Au sein de ces niveaux sableux viennent s'engendrer deux nappes de type captif, dont la première correspond à la formation supérieure du complexe terminal. Cette nappe constituée de sables grossiers et faisant partie du Complexe Terminal, émerge progressivement vers le Nord du Sahara en direction de la fosse Sud au Rustine. La deuxième nappe de sables est d'âge pontien. Au dessus des bancs supérieurs de la nappe des calcaires et en contact avec les

marnes de l'éocène inférieur et des graviers siliceux constituant donc une deuxième nappe captive en continuité avec la nappe du pontien.

1.2.2.2. Nappe des Calcaires.

Les forages captant cette nappe montrent l'existence de deux niveaux durs servants de repère pour la classification des eaux souterraines. Du Sud au Nord nous observons l'existence d'un premier niveau calcaire mieux individualisé, parfois il est purement calcaire, quelque fois il est formé par des calcaires gypseux et correspond ainsi au niveau inférieur.

Le niveau supérieur, principalement représenté par des calcaires siliceux est considéré comme une zone de transition entre la nappe des calcaires et celle des sables. Dans l'ensemble ces deux niveaux sont séparés par des formations tantôt marneuses, tantôt sableuses en passant par des argiles (rouges). Il faut mentionner également que cette dernière n'est pratiquement pas exploitée dans la région.

1.2.3. Nappe du Continental Intercalaire (CI) : Le terme du Continental Intercalaire, correspond ainsi aux formations continentales du Crétacé inférieur, qui ne peut être que la période continentale intercalée entre deux cycles sédimentaires; la régression marine suivie d'une transgression du Crétacé supérieur.

Le Continental Intercalaire (C.I) occupe l'intervalle stratigraphique compris entre la base du Trias et le sommet de l'Albien. Le réservoir aquifère du continental intercalaire est considérable, il représente le plus important aquifère dans le Sahara septentrional, du à son extension (plus de 600 000 Km²) et à son épaisseur moyenne de plusieurs centaines de mètres. L'intérêt majeur de ce système aquifère réside dans la grande quantité d'eau stockée au cours des périodes pluvieuses du Quaternaire et peut être maintenant exploitée, il reçoit encore de nos jours une alimentation naturelle par les eaux météoriques et présente donc un fonctionnement hydraulique caractérisé par une alimentation, un écoulement et une série d'exutoires.

Le réservoir est constitué par des sables et des grés d'âge crétacé inférieur. La nappe est confinée entre un toit, constitué par une épaisse couche d'argiles et de marnes d'âge Cénomaniens, alors que le mur est constitué des argiles d'âge néocomien. L'épaisseur totale du réservoir dépasse 250 m dans les plus grandes parties du Sahara Septentrional. Elle atteint 1000 m au Nord-Ouest.

Le C.I affleure dans la partie Sud et Sud-ouest (Fig20.) par contre il plonge en profondeur vers le Nord-est, captive sous le M'Zab, le Tademaït, le Grand Sud tunisien et la Hamada Al Hamra, et artésienne dans l'oued Rhigh-Souf-Djerid-Fedjej (Besbes M et al 2007).

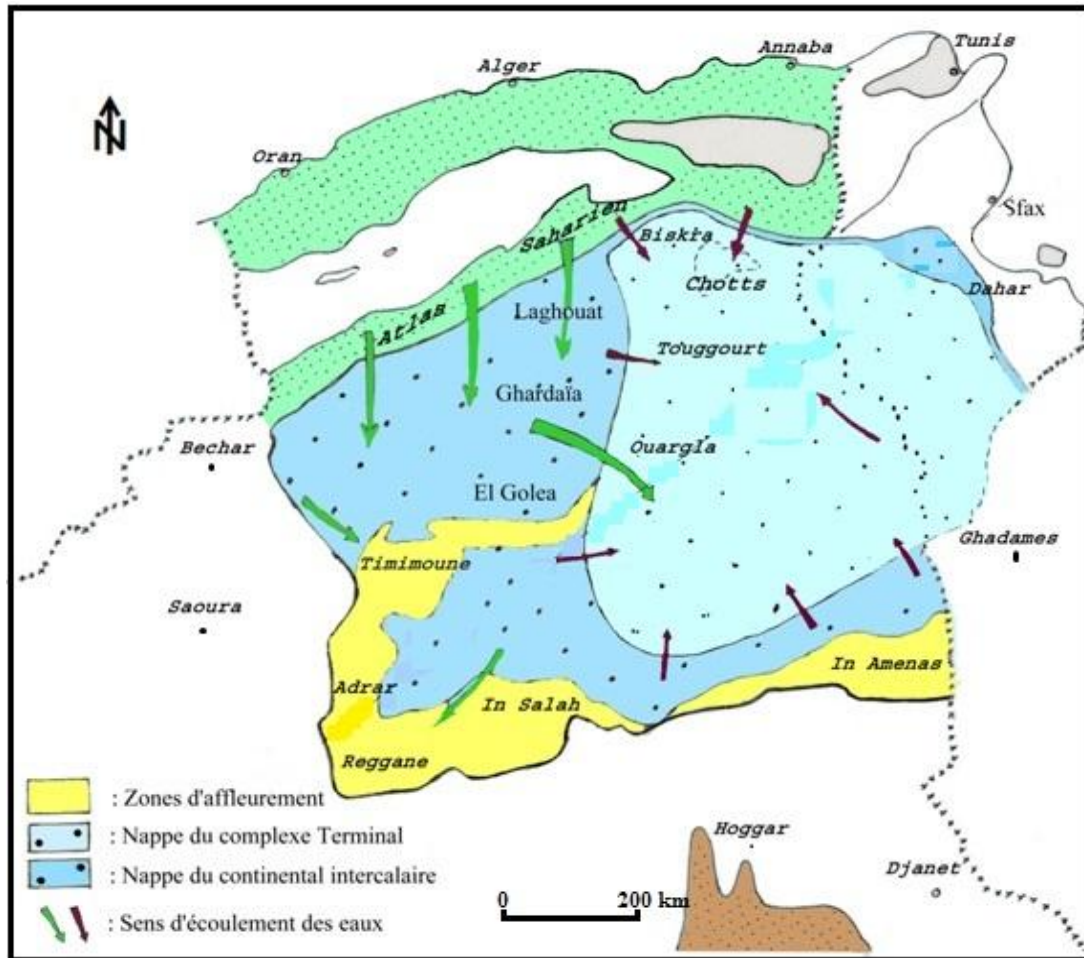


Figure 20 : Carte d'extension des Systèmes Aquifères (CT et CI) en Algérie

1.2.3.1. Limites et morphologie du Continental Intercalaire.

Le continental intercalaire est limité au nord par l'Atlas saharien, à l'ouest par l'axe Béchar-Reggane et au sud par l'axe Reggane Ain Amenas, A l'est, il se prolonge au-delà des frontières Algéro-Libyenne et Algéro-Tunisienne. Il est divisé par la dorsale M'zab en deux bassins ; le bassin occidental oriental et le bassin oriental qui englobe le bas Sahara, dont une partie la zone d'étude.

La transgression cénomanienne, très générale au Sahara, donne au Continental Intercalaire une limite supérieure beaucoup plus uniforme que sa limite inférieure. Ainsi, sur la plus grande partie du Sahara algérien, les grès du Continental Intercalaire sont recouverts par une série argilo-gypseuse lagunaire d'âge probablement Cénomaniens inférieur, tandis qu'une transgression du cénomaniens supérieur est très générale.

A la périphérie du Sahara, le Continental Intercalaire se termine évidemment en biseau sur les anciens reliefs hercyniens, mais il atteint très vite une grande puissance dans les anciennes cuvettes d'accumulation.

Le toit de cette nappe varie selon les régions : à l'ouest (Gourara, Touat), il est en surface et l'aquifère forme une nappe libre captée par les foggaras et forme des chottes. A l'est, le toit plonge progressivement sous d'épais terrains, jusqu'à atteindre son maximum de profondeur dans la dépression de l'oued Righ. Une même morphologie du substratum est observée dans le sens méridien, qui atteint son maximum au Nord, en bordure de l'Atlas saharien.

L'épaisseur utile de réservoir est souvent déterminée à partir des diagraphies, cette épaisseur utile correspond à la sommation des horizons perméables gréseux et des couches calcaires dolomitiques de l'Aptien émergents au sein de cette série gréseux-sableuse. Les plus fortes épaisseurs sont localisées de l'Est d'El Goléa ou elles sont comprises entre 750m et 1000m.

1.2.3.2. Lithologie de du Continental Intercalaire.

Le CI n'est pas constitué uniquement d'horizons perméables. La composante argileuse peut représenter en Proportion une place importante. Il a alors été effectué une distinction du réservoir utile. Ainsi, dans la lithologie du Continental Intercalaire, on distingue:

- Les grés, quand les couches renferment moins de 10% d'argiles,
- des grés argileux, s'il y a de 10 à 50% d'argiles,
- des argiles, quand il y a plus de 50% d'argiles.
- La porosité moyenne de cette nappe se situe entre 22 et 29%.

Le tableau suivant donne les caractéristiques générales de du Continental Intercalaire

Tableau 11 : Données générales sur la nappe du Continental Intercalaire (Albien)

Etendue	600 000km ²
Epaisseur totale (m)	50 à 1 000
Profondeur (m)	60 à 2 400
Profondeur au toit (m)	20 à 2 000
Epaisseur de la couche utile productrice (m)	150 à 200
Débit (l/s)	50 à 300
Niveau statique par rapport au sol (m)	artésien (25 bars)
Rabattement par rapport au N.S (m)	Artésien
Transmissivité (10 ⁻³ m ² /s)	10 à 30
Coefficient d'emmagasinement (10 ⁻⁴)	6 à 1200
Alimentation moyenne (Hm ³ /an)	270
Réserve théorique calculée (m ³)	50 000x 10 ⁹
Température (°C)	25 à 70
Salinité des eaux	0.5 à 6 g/l

1.2.3.3. Piézométrie du Continental Intercalaire.

L'écoulement de la nappe du CI (Fig.21) se produit du piedmont de l'Atlas vers les zones des Foggaras au sud, du Tihert et du Djebel Hassaoua vers le golfe de Syrte et vers l'exutoire tunisien du golfe de Gabès. Les exutoires naturels du CI sont formés par les bordures occidentales et méridionales du Tademaït où se trouvent les foggaras du Gourara, du Touat et du Tidikelt et les remontées dans la zone du Chott Fedjaj.

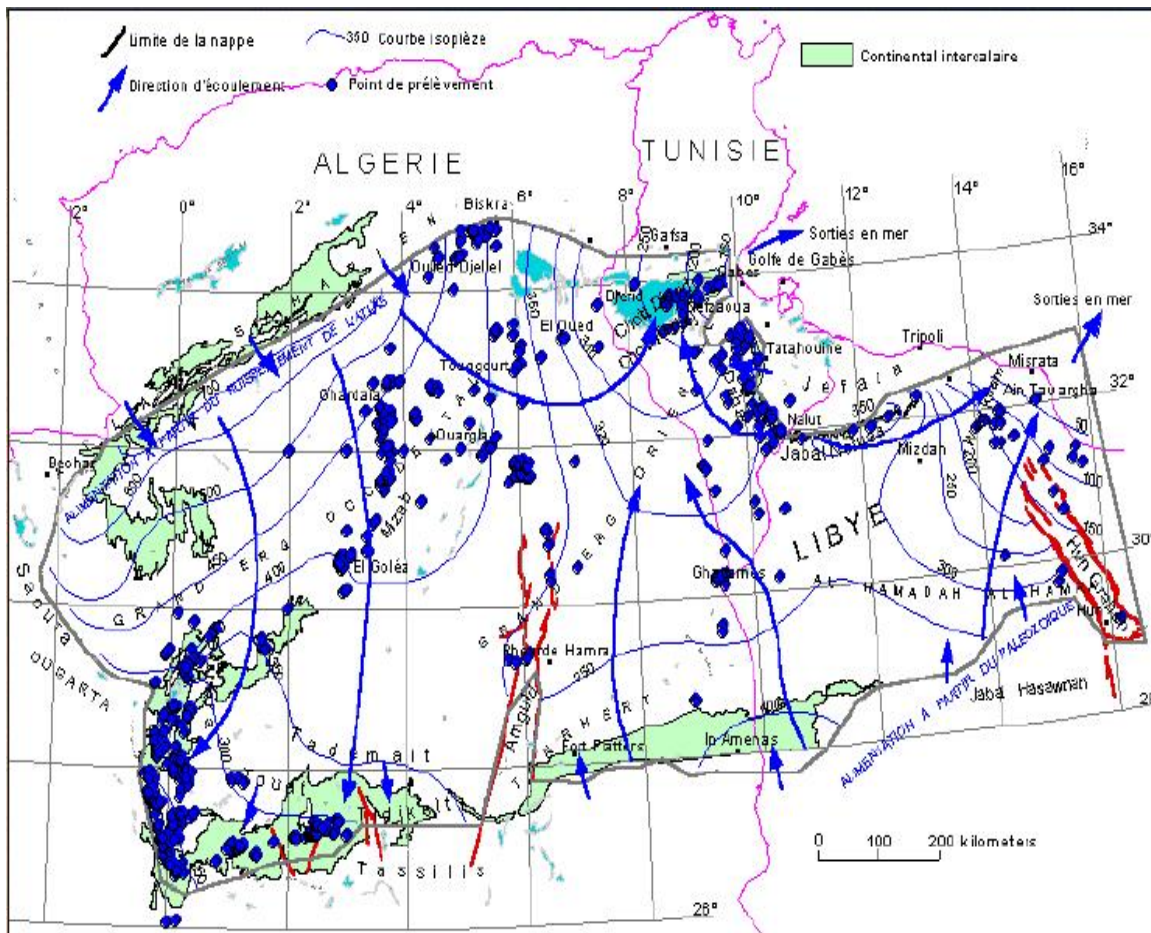


Figure 21: Carte piézométrique de référence du CI (OSS, 2003).

1.2.3.4. Alimentations et exutoires du Continental Intercalaire.

Cette nappe s'est chargée au cours des périodes pluviales du Quaternaire. A partir de son impluvium d'une part et par les grands fleuves qui descendent de l'Atlas tellienne jusqu'au bas fond saharien comme le fleuve Saoura, Ighargharen. Actuellement, elle reçoit une faible recharge, surtout à partir du piémont de l'Atlas saharien : la quantité d'eau qui tombe annuellement sur les affleurements du Crétacé inférieur continental est estimée à 2,5 milliards m^3 /an. Mais, il est difficile d'appliquer à ces formations un coefficient d'infiltration, les conditions climatiques (hauteur de pluies faibles et évaporation intense), étant très différentes

de celles des régions où ces coefficients ont pu être expérimentés. Le volume d'eau emmagasiné dans le CI, évalué à $3.5 \times 10^9 \text{ m}^3$, ce qui se signifie qu'il faudrait un débit continu de $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ pendant **1000 ans** pour le rempli.

Les exutoires du Continental Intercalaire sont constitués par :

- **Les foggaras** : longues galeries drainantes, fonctionnant sous un faible rabattement et utilisant la topographie locale pour permettre l'écoulement libre de l'eau vers des points bas (cas du bassin occidental).
- **Les puits artésiens** (bassin oriental).
- **Les sebkhas** : vastes étendues humides et salines, surfaces évaporant dont le débit total n'est pas négligeable.

1.3. Lithostratigraphie des nappes aquifères de SASS : A l'instar des coupes hydrogéologiques réalisées dans la région (Fig22.), nous avons établi une colonne lithostratigraphique qui montre la répartition des aquifères et les caractéristiques hydrogéologiques des formations représentées dans la zone d'étude.

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

Figure 22: Synthèse hydrogéologique régionale des différents aquifères (sans échelle).

2. HYDROGEOLOGIE LOCALE.

Comme dans la plupart des oasis du Sahara, les seules ressources hydriques sollicitées sont les eaux souterraines. Les formations géologiques de la région de Taibet contiennent deux grands ensembles de formations aquifères séparés par d'épaisses séries d'évaporites ou argileuses de la base du crétacé supérieur, l'ensemble inférieur appelé le Continental Intercalaire (CI) ou "Albien", et l'ensemble supérieur appelée le Complexe Terminal (CT). Une troisième formation, d'importance plus modeste, s'ajoute aux deux précédents est la nappe phréatique d'âge quaternaire.

2.1. La nappe phréatique.

Il existe une continuité lithologique entre les sables Mio-pliocènes sous-jacent et les sables du Quaternaire ce qui suggère que les deux formations constituent pratiquement le même aquifère. Elle est caractérisée par des eaux de fortes salinités, les analyses des eaux de cette nappe montrent qu'elles sont très salées, la conductivité électrique est de l'ordre de 1,5 ms/cm à 17 ms/cm.

La nappe phréatique est principalement alimentée par les eaux d'irrigation et de distribution urbaine, les eaux des forages dont les tubages sont détériorés, par les faibles précipitations et par les percolations des nappes du Complexe Terminal. Les pertes sont surtout le fait de l'évaporation.

2.2. Les Nappes du Complexe Terminal.

On regroupe sous le nom de "Complexe Terminal" l'ensemble des formations les plus récentes allant du Sénonien supérieur au Mio-Pliocène. Cette dénomination semble préférable à celle de "Continental Terminal" d'abord parce qu'un certain nombre de formations calcaires ne sont pas à proprement parler d'origine continentale, ensuite parce que le terme "complexe" représente bien le fait que plusieurs aquifères en plus ou moins étroite relation, sont regroupés au sein d'un même réservoir

Le complexe Terminal se distingue en trois formations aquifères très exploitées dans la région de Taibet. Ce sont :

2.2.1. La première nappe des sables (CT1) : Hormis la nappe phréatique, cette nappe est la moins profonde 50 à 100 m. Elle est constituée de sable fin à moyen, sable argileux et grés, d'âge Mio-pliocène. Le faciès sableux varie largement, latéralement. Un niveau d'argiles constitue, son substratum et son toit est formé par des argiles et des évaporites.

C'est une nappe captive qui était jadis très exploitée, avec un débit faible à moyen, Cependant, à cause de la salinité élevée de l'eau, les forages qui captent sont actuellement moins utilisés.

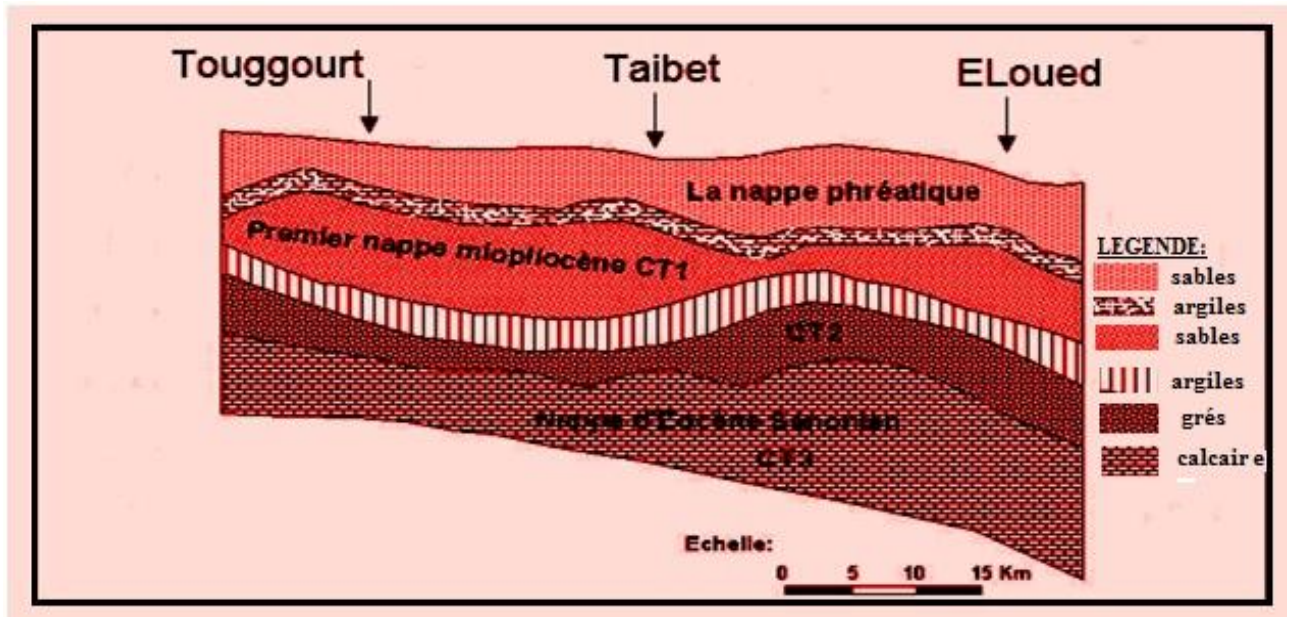


Figure 23: Coupe hydrogéologique du Complexe Terminal de la région de TAIBET

2.2.2. La deuxième nappe du sable (CT₂) : Les formations contenant cette nappe sont également d'âge Mio-pliocène. Comme la première nappe, elle est formée essentiellement des grès, de gravier et de sables avec la présence de quelques lentilles argileuses. L'épaisseur de la couche aquifère est de 20 à 36 m. Cette nappe captive est moins exploitée par des forages moyennement profonds (100 et 165 m),. Des argiles à niveaux calcaires et des marnes, forment son substratum, alors que des argiles et les argiles sableuses constituent son toit.

Ces deux nappes de Mio-pliocène sont alimentées localement par les rares précipitations sur les bordures perméables et les infiltrations d'eaux de surface (de la nappe phréatique et du canal de l'oued Righ), et les percolations des nappes artésiennes sous jacentes. Les prélèvements par forages représentent leur seule exhaure.

Ces deux nappes du Mio-Pliocène surmontent l'autre ensemble du Complexe Terminal (CT), constituant la troisième formation aquifère, formée par les carbonates de l'Eocène inférieur – Sénonien supérieur.

2.2.3. La nappe du Sénonien-Eocène (CT 3) : Ces deux étages géologiques ont été regroupés parce qu'ils forment un ensemble lithologique et hydrogéologique homogène. Essentiellement carbonaté, il est formé de calcaires, calcaires dolomitiques ou marneux, d'anhydrite et gypse. Il est très exploité à Taibet, donnant un débit de 10 à 17 l/s et parfois présentant un artésianisme à forte débit. Leur toit est supérieur à 180 m, dont le débit global peut atteindre 0,06 m³/s.

A la base, le sénonien lagunaire forme le substratum de cette nappe et au sommet, le toit est surtout argileux. La porosité moyenne de cette nappe est de 20%.

2.3. Nappe du Continental Intercalaire.

C'est un aquifère profond, composé de sables gréseux ou argileux. L'épaisseur de la couche productive peut dépasser 500 m, mais son épaisseur utile est proche de 400m. Le réservoir du Continental Intercalaire est contenu dans les formations continentales du Crétacé inférieur (Barrémien et Albien).

La nappe du Continental Intercalaire (CI) dans la région de Taibet est caractérisée par:

- Sa grande profondeur, plus de 1700 m,
- Un fort artésianisme (15 à 20 bars),
- Un grand débit d'exploitation (100 à 150 l/s),
- Une température de l'eau élevée (50 à 65°C),
- Une charge en CO₂, qui lui donne un caractère corrosif,
- Un résidu sec des eaux variant entre 3 et 5 g/l.

Les apports d'eau au système aquifère s'effectuent par:

- L'infiltration des eaux de ruissellement des reliefs situés à la périphérie du domaine et par des précipitations sur les affleurements,
- Le piémont de l'Atlas saharien, au Nord,
- Le plateau de Tinhert, au Sud,

3. PIEZOMETRIE DE NAPPES DES SABLES DE LA REGION DE TAIBET.

3.1. La carte piézométrique.

A cause de la forte salinité de la nappe phréatique, elle est de plus en plus moins exploitée dans la région de TAIBET, c'est pour cette raison nous remarquons la multiplication des forages captant les nappes de complexe terminal. L'inventaire de forages de CT ne donne pas la différenciation entre les forages captant le CT₁ et les forages captant le CT₂.

Nous disposons des données piézométriques de 11 forages captant les nappes de sables dans la région de TAIBET (Fig.).

L'établissement d'une carte piézométrique est une étape très important, C'est une figure schématique de la distribution spatiale, elle représente la morphologie de la surface piézométrique des nappes à une période déterminée. En effet les courbes isopièzes déterminent :

- Les directions d'écoulement.
- Le gradient hydraulique.
- La localisation des zones d'alimentation et de drainage.

Notre carte piézométrique a été établie par le logiciel du surfer 12.

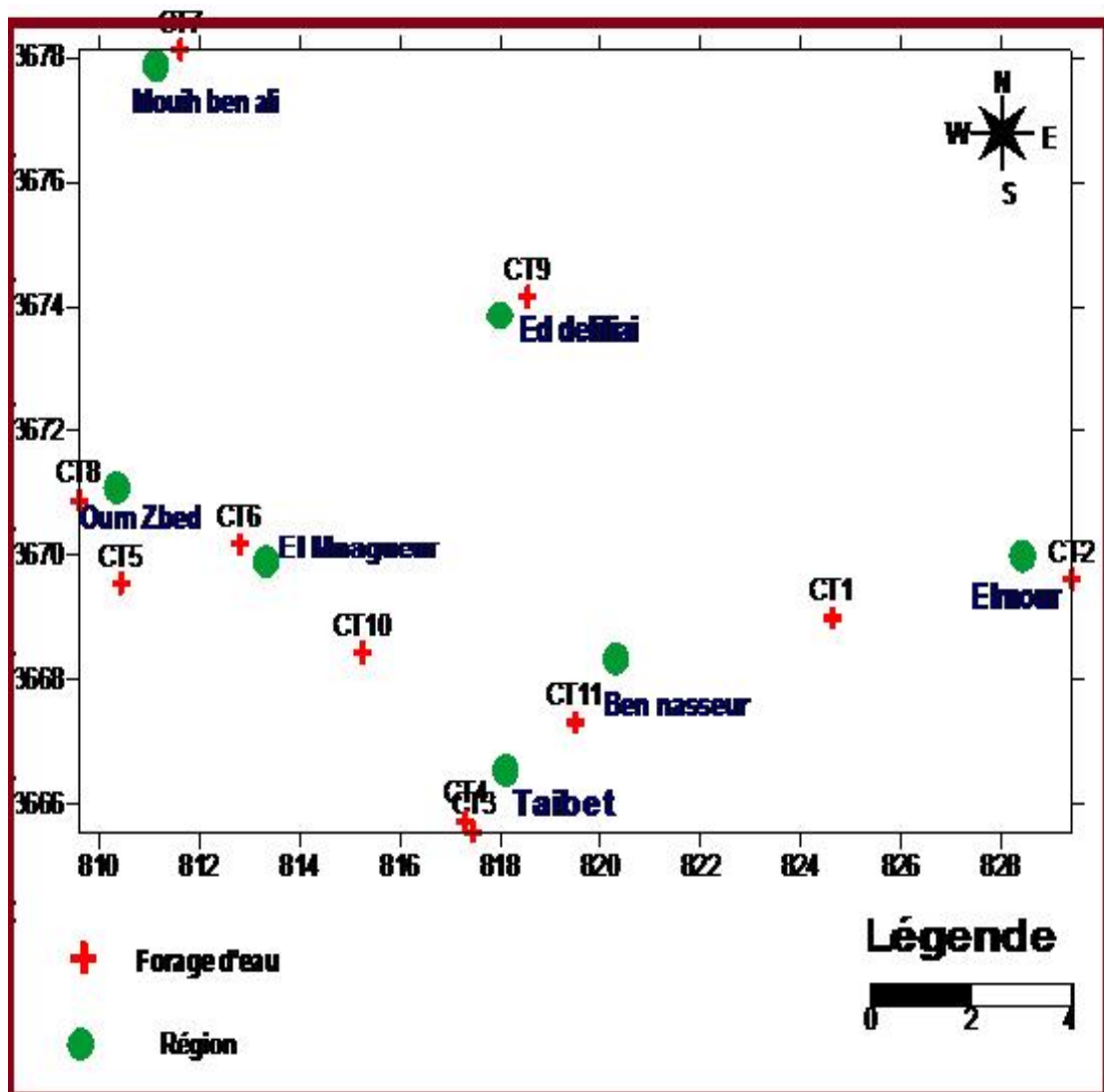


Figure 24: Carte d'inventaire des points d'eau captant le CT dans la région de TAIBET.

3.2. Piézométrie de la nappe du CT (mars 2016).

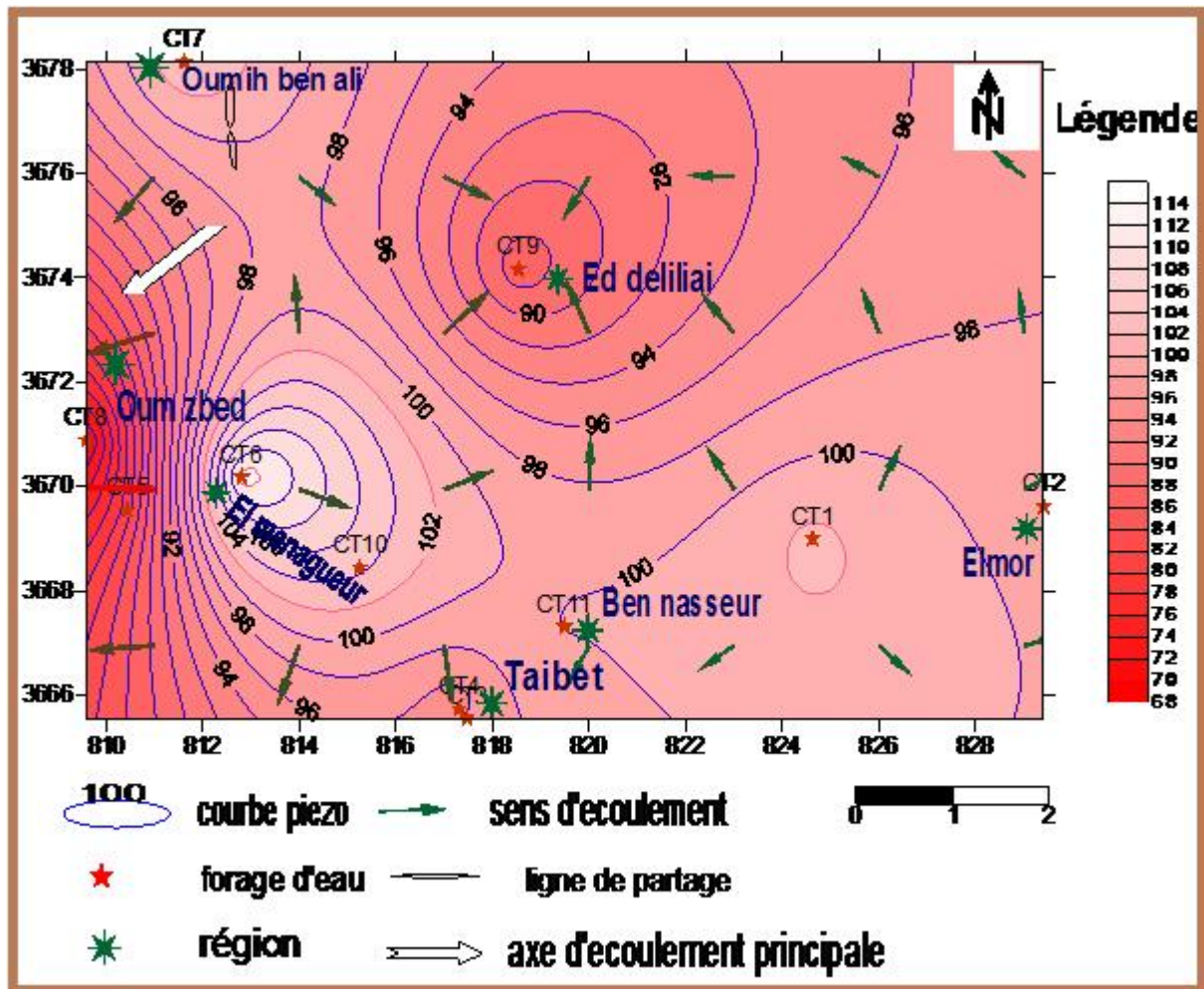


Figure25 : carte d’inventaire des points d’eau captant le CT dans la région de TAIBET.

La partie Est : la forme des isopièzes présente des courbes espacées qui se traduisent par un écoulement faible, une bonne perméabilité et faible gradient hydraulique.

On distingue deux zones de divergences (Ben nasseur et El menagueur) et une zone de convergence.

Dans la partie Ouest l’allure des courbes présentent un espacement faible c’est – à-dire une faible perméabilité et un forte gradient hydraulique.

Les courbes des isopièzes permettent de calculer les gradients hydrauliques dans 3 zones :

Localité	Gradient hydraulique	Sens d'écoulement
Oum Zded	150×10^{-4}	Sud-ouest vers Nord-est
Taibet	$16,66 \times 10^{-4}$	Sud-ouest vers Nord-est
Ed deliliai	$9,09 \times 10^{-4}$	Nord-Ouest vers Sud-est

Tableau 12: Valeur du gradient hydraulique selon les régions.

4. Conclusion :

Dans la région de Taibet, il existe trois systèmes aquifères ; le premier profond étendu, dit le Continentale Intercalaire (CI), constitué en grande partie par des sables et des grès d'âge Albien, le deuxième est multicouche, peu profond et moins étendu que le premier dit le Complexe Terminal (CT), constitué de deux ensembles différents (marin constitué par les calcaires d'âge Sénonien-Eocène CT₃ et continentale constitué par des sables, graviers et des grès d'âge Mio-Pliocène caractérise la 1^{ère} et la 2^{ème} nappe du Complexe Terminal) et un aquifère superficiel qui surmonte ces deux ensembles dit nappe Phréatique contenue dans les sables fins à moyens d'âge Quaternaire à récent.

L'analyse de la carte piézométrique de la nappe du complexe terminal montre que dans la partie Est, la forme des isopièzes présente des courbes espacées qui se traduisent par un écoulement faible, une bonne perméabilité et faible gradient hydraulique. On distingue deux zones de divergences (Ben nasseur et El menagueur) et une zone de convergence. Dans la partie Ouest l'allure des courbes présentent un espacement faible c'est-à-dire une faible perméabilité et un forte gradient hydraulique. Les gradients hydrauliques varient entre $9,09 \times 10^{-4}$ et 150×10^{-4} .

1. INTRODUCTION.

L'eau, au contact des terrains qu'elle rencontre, se charge en divers éléments qui vont influencer sur sa qualité physico-chimique. Certains de ces éléments sont présents naturellement dans le sol. Ces éléments dissous vont définir la qualité « naturelle » de l'eau.

L'analyse hydrochimique a une grande importance dans une étude hydrogéologique vue qu'elle nous permet de déterminer la répartition qualitative et quantitative des différents éléments chimiques majeurs dissous dans l'eau et leurs relations avec la géologie des réservoirs, d'avoir une idée sur la qualité des eaux de la région, et d'apprécier les différents paramètres ayant une influence sur l'évolution chimiques des eaux et leur potabilité.

Cette étude a été effectuée a partir d'analyse des échantillons prélevés en 09/04/2016, au laboratoire d'hydrogéologie.

2. FACIES CHIMIQUES DES EAUX DE COMPLEXE TERMINAL.

Plusieurs méthodes de classification des eaux ont été définies et sont conditionnées par deux critères qui sont ; la composition chimique et l'origine et le gisement des eaux.

Dans notre étude, nous avons utilisé deux méthodes de représentation de la composition chimique ce sont la représentation du diagramme de PIPER et la représentation de Schoeller Berkallof.

2.1. Classification de Piper .

Le diagramme de Piper comprend un losange et deux triangle équilatéraux, le losange occupe la partie centrale du diagramme et les triangles la partie inférieure. Dans ce diagramme les eaux sont considérées comme des solutions à trois cations et à trois anions représentés en quantité, en réaction, en %.

D'après la classification de Piper on constate que tous les eaux du complexe terminal de la région de Taibet ont les familles de faciès chimiques Sulfaté calcique ou Sulfaté sodique.

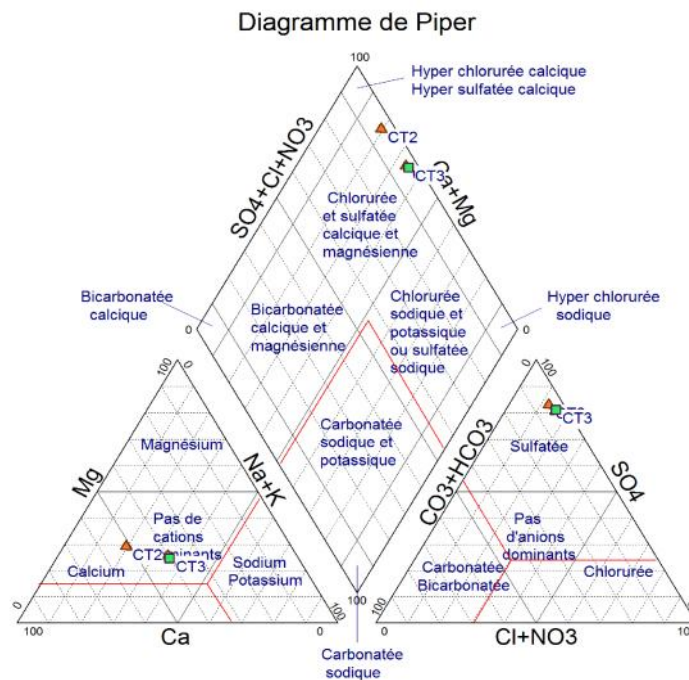


Figure 26 : Représentation des eaux de la complexe terminal (CT1, CT2 et CT3) de la région de Taibet sur le diagramme de Piper.

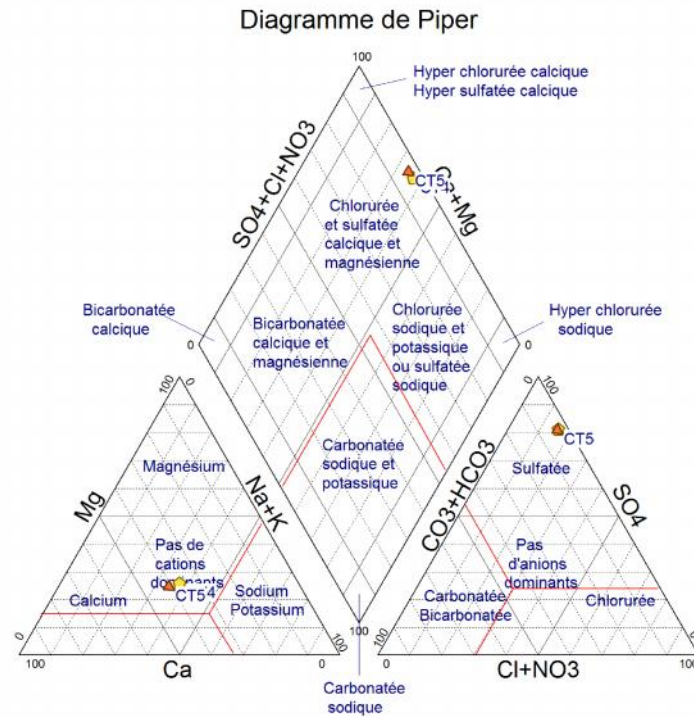


Figure 27 : Représentation des eaux de la complexe terminal (CT4, CT5, CT6 et CT7) de la région de Taibet sur le diagramme de PIPER.

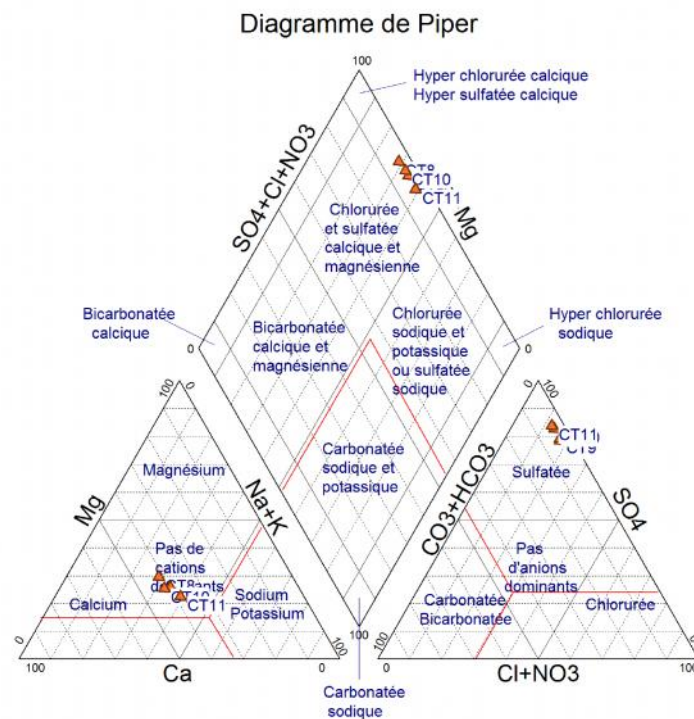


Figure 28: Représentation des eaux de la complexe terminal (CT8, CT9, CT10 et CT11) de la région de Taibet sur le diagramme de PIPER.

2.2. Classification de Schoeller-Berkaloff.

C'est un diagramme semi logarithmique Schoeller–Berkaloff est utilisé pour la représentation graphique des analyses chimiques des eaux, la classification tient compte de l'importance des principaux anions et cations et détermine le type de faciès des eaux.

Tous les éléments chimiques sont reportés en (mg/l) sauf pour les ($\text{Na}^{++} + \text{k}^{+}$) et (HCO_3^{-}) en méq/l, ce type de diagramme permet de représenter plusieurs échantillons d'eau sur le même diagramme, ce qui facilite la comparaison, ainsi que la détermination de pH d'équilibre et la teneur en gaz carbonique CO_2 en (mg/l).

D'après les figures on peut voir une grande ressemblance dans la composition chimique des eaux de complexe terminal (nappes de Mio-Pliocène) de la région de Taibet, traduit sur le diagramme par une pseudo-superposition des représentations de différents échantillons.

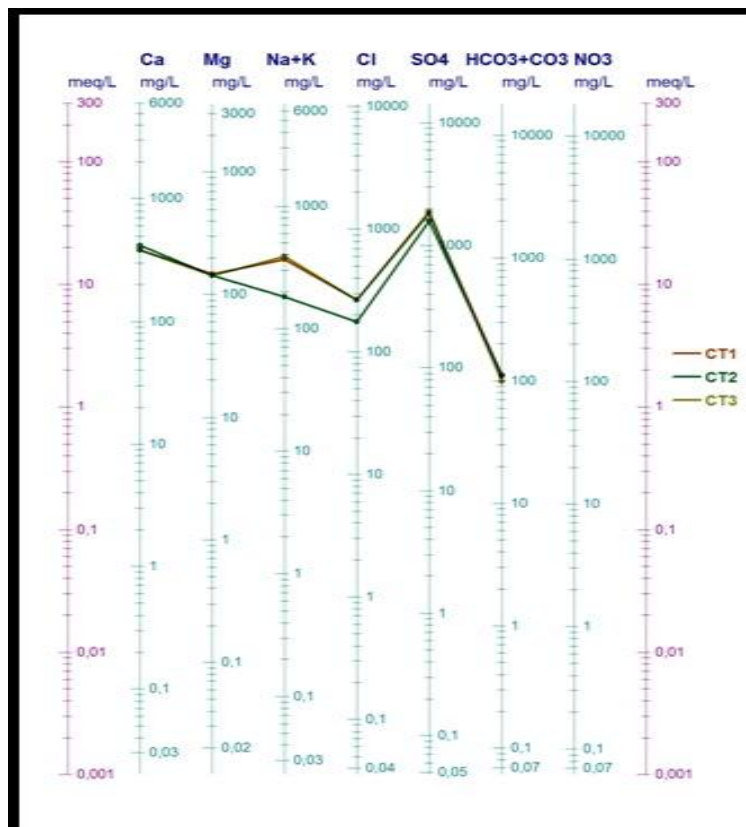


Figure 29 : Représentation d'échantillons (CT1, CT2 et CT3) sur le diagramme du Schoeller-Berkaloff

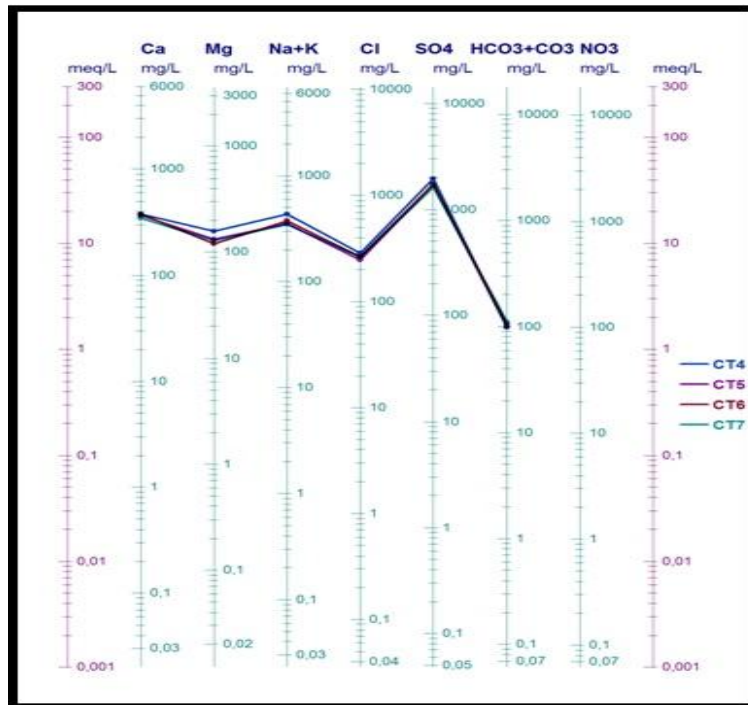


Figure 30: Représentation d'échantillons (CT4, CT5, CT6 et CT7) sur le diagramme du Schoeler- Berkaloff

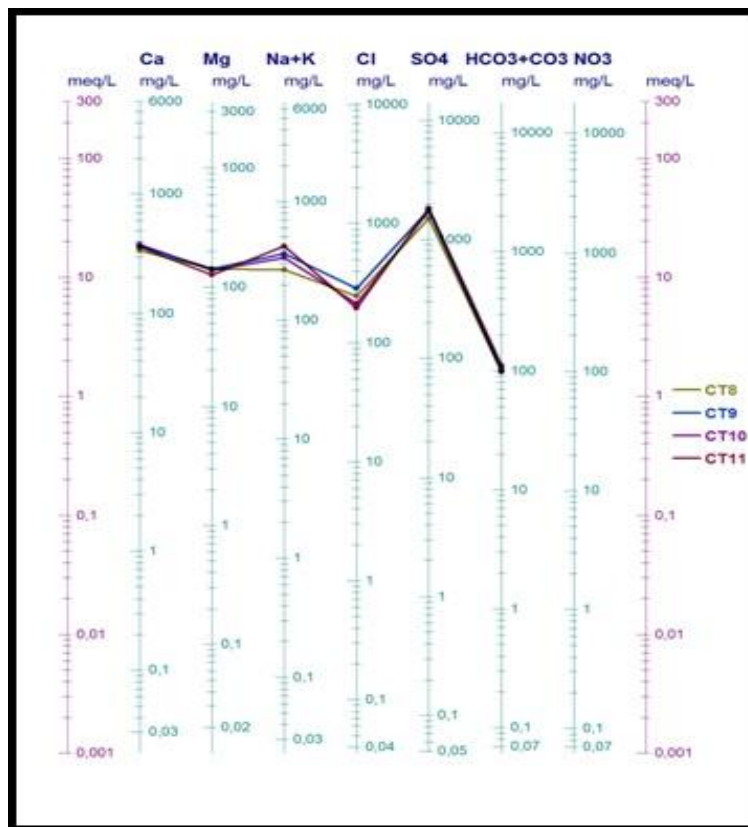


Figure 31: Représentation d'échantillons (CT8, CT9, CT10 et CT11) sur le diagramme du Schoeler- Berkaloff

3. QUALITE DES EAUX DE CT VIS-A-VIS A LA POTABILITE.

3.1. La norme algérienne pour l'eau potable.

Pour être consommée, l'eau doit répondre à des critères de qualités très stricts fixés par les responsables de la santé. Les normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur et selon le degré de développement des pays, c'est pour cette raison que les normes des pays développés (les états unis, canada, l'union européen etc.) sont plus sévère on comparaison avec les pays en vois de développement (Algérie, Egypte, Tunisie etc.), où les moyens techniques de traitement des eaux sont moins disponible. L'OMS fixe des normes moins sévères que celles des pays développés. Il existe ainsi près de 63 critères pour une eau propre à la consommation : ces critères, décidés selon le principe de précaution maximale qui permet de protéger les personnes dont la santé est la plus fragile, portent sur plusieurs paramètres fixés avec l'aide de l'U.E. En Algérie, l'article 10 du 26 juillet 2000 fixe la norme algérienne pour l'eau potable (Tab 14.).

Art.10. l'état assure une surveillance des différentes composantes de l'environnement. L'état doit définir les valeurs limites, les seuils d'alerte, et les objectifs de qualité, notamment pour l'air, l'eau, le sol et le sous-sol, ainsi que les objectifs de surveillance de ces milieux récepteurs et les mesures qui doivent être précisées par voie règlementaire. Sur cette base, l'Algérie à établi des normes de potabilité pour l'eau de boisson définies par l'arrêté du 26 juillet 2000 (JO n°51/00) relatif aux spécifications des eaux de boisson préemballées et aux modalités de leur présentation émanant du ministère du commerce. Ces normes ont été adoptées par des différentes directions de l'hydraulique et qui concernent 41 paramètres de qualité classés en 4 catégories: les paramètres organoleptiques, les paramètres physico chimiques, les substances indésirables et les substances toxiques.

3.2. Paramètres physico-chimiques.

3.2.1. Température de l'eau.

La température joue un rôle très important dans la mobilité des sels et des gaz, donc sur la conductivité électrique, elle permet de différencier les eaux qui circulent en profondeur ou le mélange éventuel entre les eaux. L'augmentation de la température est fonction de la profondeur de la nappe (1°C pour 30m).

Les températures moyennes des eaux de la complexe terminal dans notre région varient entre 22 °c et 25°C. Elles sont donc conforme à la norme algérienne de l'eau potable (25°C).

3.2.2. Dureté totale.

C'est le degré hydrotimétrique ou titre hydrotimétrique, elle exprime la quantité des sels du calcium et de magnésium dissous dans l'eau.

$$HT = (r \text{ Ca} + r \text{ Mg}) \text{ méq /l}$$

$$HT = (r \text{ Ca} + r \text{ Mg}) \times 5 \text{ °F}$$

La dureté acceptable pour une eau de bonne qualité chimique selon l'OMS est comprise entre 15°F et 50°F. (D'après CASTANY page 243)

Tableau 13 : La potabilité en fonction de la dureté (OMS)

HT en °F	0 – 3	3 - 15	15 -30	> 30
EAU	Très douce	douce	dure	Très dure

Les valeurs de dureté des eaux de complexe terminal calculées varient entre 140 °F et 164 °F, donc l'ensemble des eaux analysées sont des eaux très dures. Qui influe directement sur leur utilisation ménagère.

Tableau 14 : Normes algérienne pour l'eau minérale naturelle et l'eau de source.

Arrêté du 26 juillet 2000 (JO n° 51/00).

Paramètres	Teneur	Unité
PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES		
Couleur	25	mg/l
Odeur	Doit être accessible	Taux de dilution
Turbidité	1 - 2	NTU
Saveur	Doit être accessible	Taux de dilution
PARAMETRES PHYSICO-CIIMIQUES		
Température	25	°C
pH	6.5 - 8.5	-
Conductivité électrique	2 800	μS.cm ⁻¹
Résidu sec (110 °C)	2 000	mg/l
Calcium	75 - 200	mg/l
Magnésium	150	mg/l
Sodium	200	mg/l
Potassium	20	mg/l
Chlorures	200 - 500	mg/l
Sulfates	200 - 400	mg/l
Carbonates - bicarbonates	-	-
SUBSTANCES INDESIRABLES		
Aluminium	0.2	mg/l
Nitrates	50	mg/l
Nitrites	0.1	mg/l
Ammonium	0.05 - 0.5	mg/l
Phosphates	0.5	mg/l
MO (permanganate)	3.5	mg/l
Bore	0.3	mg/l
Fer	0.3	mg/l
Cuivre	0.05 - 1.5	mg/l
Zinc	1 - 5	mg/l
Manganèse	0.5	mg/l
Baryum	0.7	mg/l
Phénols	-	-
Fluorures	0.8 - 2	mg/l
Argent	-	-
COT	-	-
Azote Kjeldahl	2	mg/l
SUBSTANCES TOXIQUES		
Arsenic	0.05	mg/l
Cadmium	0.01	mg/l
Cyanure	0.05	mg/l
Mercuré	0.001	mg/l
Plomb	0.05	mg/l
Chrome	0.05	mg/l
Nickel	0.02	mg/l
Antimoine	0.005	mg/l
Sélénium	0.01	mg/l

3.2.3. La conductivité électrique.

La conductivité électrique est un moyen important d'investigation en hydrogéologie. Sa mesure est précise et rapide, elle comprise entre deux électrodes métalliques distantes l'une de l'autre d'un centimètre carré, sa variation est liée à la nature des sels dissous et leur concentration. L'unité de mesure est Milli-Siemens. Les mesures sont corrigées à une température standard de 20c°.

Les valeurs de conductivité des eaux de complexe terminal varient sensiblement dans notre région d'étude entre 5060 $\mu\text{S}\cdot\text{Cm}^{-1}$ au niveau de CT8 (Ben nasseur) et 5640 $\mu\text{S}\cdot\text{Cm}^{-1}$ au niveau de CT1 (Meamri Bachir). Ces valeurs sont dues essentiellement à la présence des formations très chargés en sels très soluble. D'après la carte de conductivité (Fig.32), elle augmente allant de sud-est vers le nord-ouest.

Les eaux de complexe terminal affichent des conductivités électriques très élevées dépassant la norme algérienne de l'eau potable (2800 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

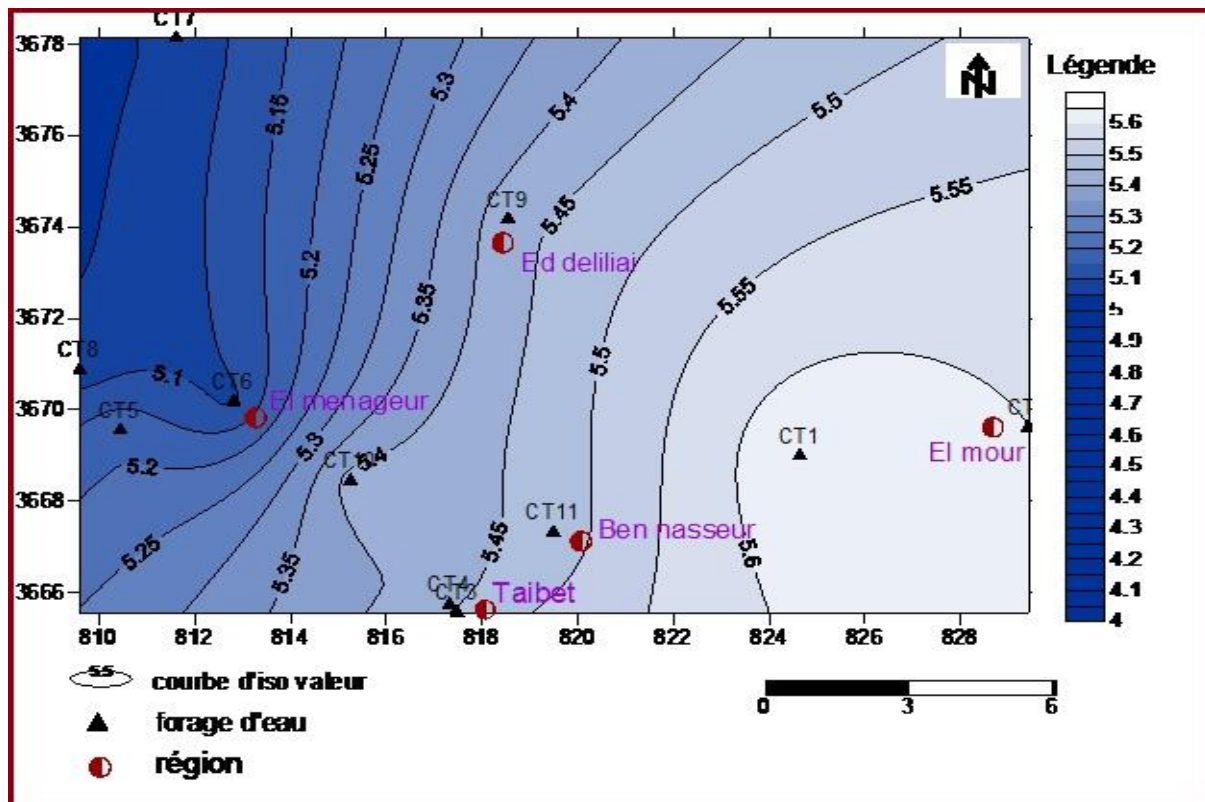


Figure 32 : Carte de la conductivité des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).

3.2.4. La Minéralisation.

La minéralisation correspond à la quantité de sels minéraux contenus dans l'eau. Elle est évaluée à partir des paramètres suivants : chlorures, sulfates, dureté de l'eau, calcium, magnésium, potassium, sodium... La présence des minéraux dans les eaux souterraines est

souvent d'origine naturelle, et peut même être recherchée (elle est à la base de l'exploitation des eaux embouteillées), mais si les valeurs sont en excès, ils peuvent provoquer des inconvénients (altération gustative) et des maladies (rénales...).

D'après la carte de minéralisation de la complexe terminal (Fig.33), on constate une diminution du allant de sud-est vers le nord-ouest, dans le sens d'écoulement jusqu'au la valeur minimale 2638 mg/l au niveau de El mour. La valeur maximale est de 3278 mg/l au niveau de Taibet 2 au sud de la carte.

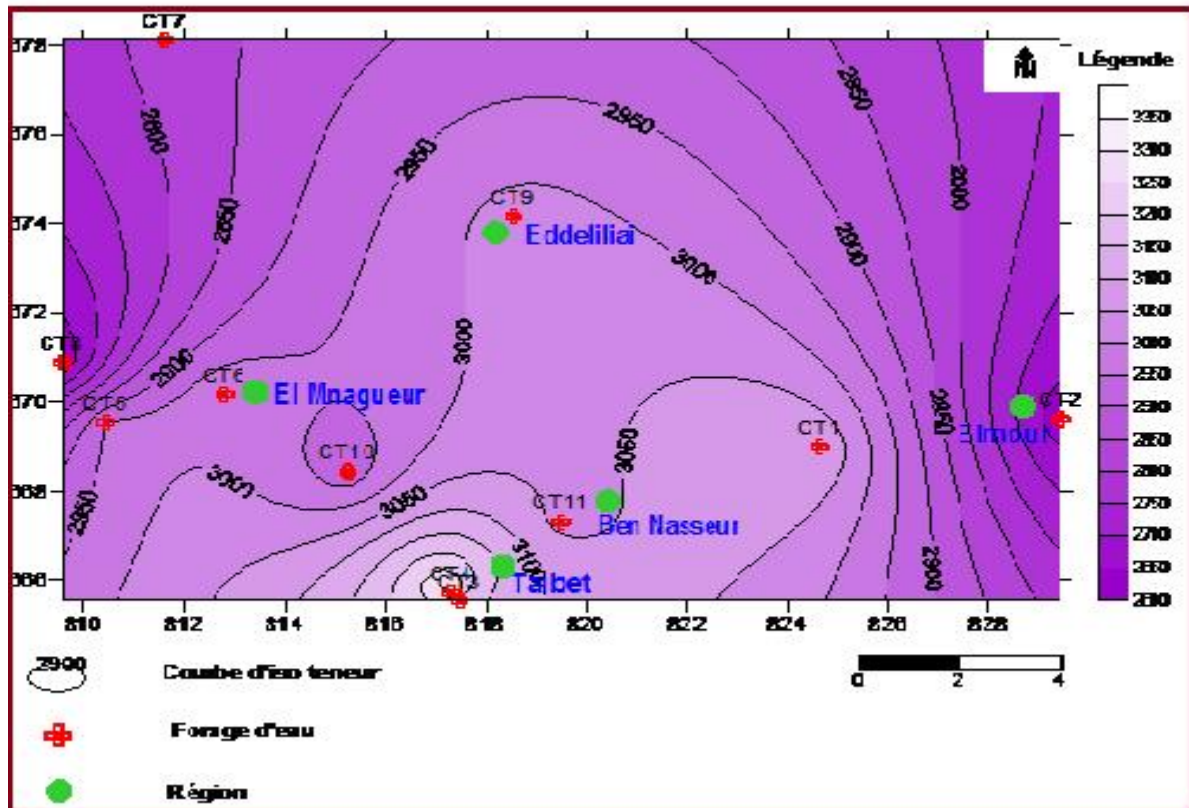


Figure 33 : Carte de la minéralisation des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).

3.2.5. Potentiel d'hydrogène.

Le pH de l'eau conditionne les équilibres physico-chimiques, en particulier l'équilibre calco-carbonique et donc l'action de l'eau sur les carbonates (attaque ou dépôt). Le pH est acide dans les eaux des aquifères sableux ou granitique. Il est alcalin dans les calcaires (sa valeur varie en fonction de la force ionique).

- Milieu neutre PH= 7.
- Milieu acide PH < 7.
- Milieu basique PH > 7.

Il se déduit directement de la présentation des analyses chimiques sur les diagrammes semi-logarithmes Schoeller- Berkallof qui traduit le caractère agressif ou incrustant d'une eau, en le comparant au pH mesuré, l'eau a une tendance selon le pH.

1. pH d'équilibre > pH mesure → agressive.
2. pH d'équilibre < pH mesure → incrustante.
3. pH d'équilibre = pH mesure → neutre.

D'après la carte de pH des eaux de complexe terminal (Fig.34), le pH varie entre 7.06 et 7.55. Les points de mesure ne dépassent pas la norme algérienne de l'eau potable (6.5 à 8.5).

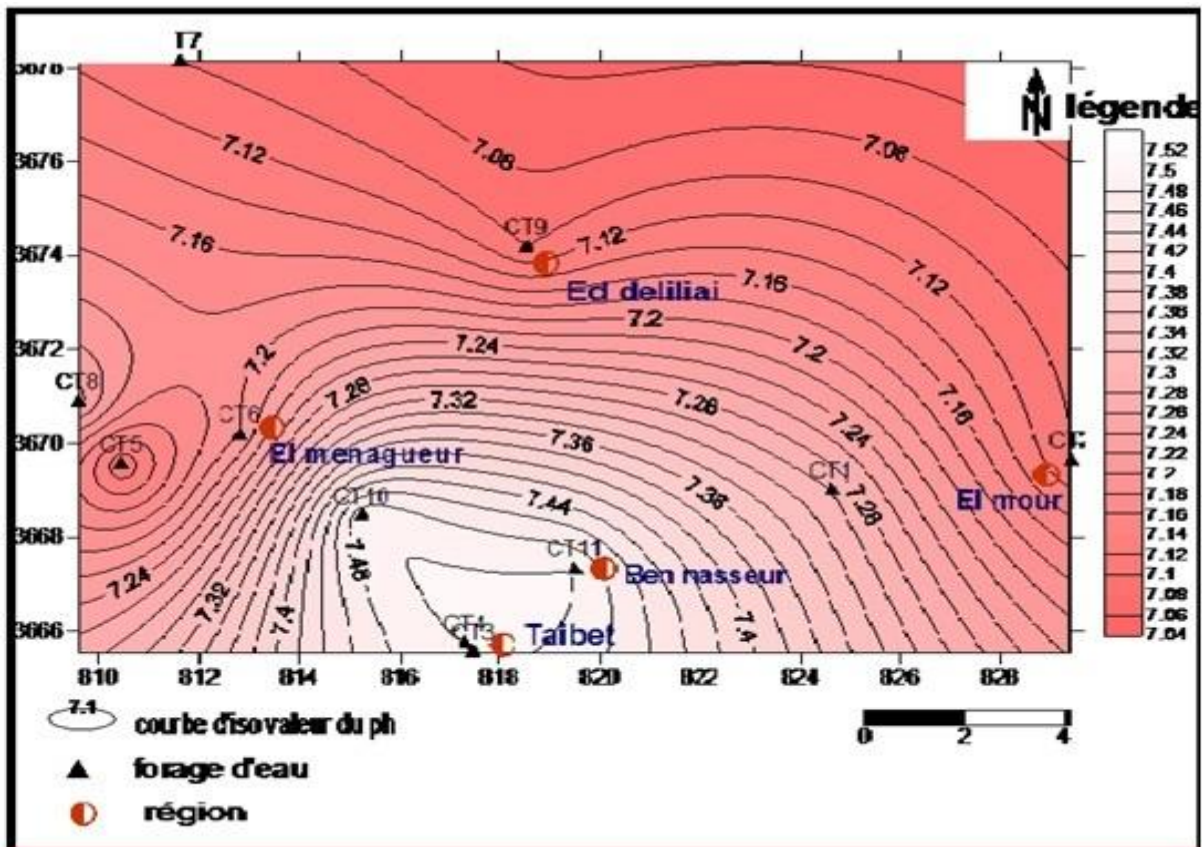


Figure 34 : Carte du pH des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).

3.2.6. Calcium (Ca^{2+}).

Il résulte de la dissolution des roches carbonatées en présence du CO_2 dans l'eau, comme il peut provenir des terrains gypseux ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

Les teneurs de Ca^{++} dans les eaux du complexe terminal sont comprises entre 336,32mg/l au niveau d'Oum Zbed à l'ouest et 416,83 mg/l au niveau d'El mour à l'est de la carte au(Fig.35). Ces valeurs mesurées dépassent la norme algérienne de l'eau potable (200 mg/l)

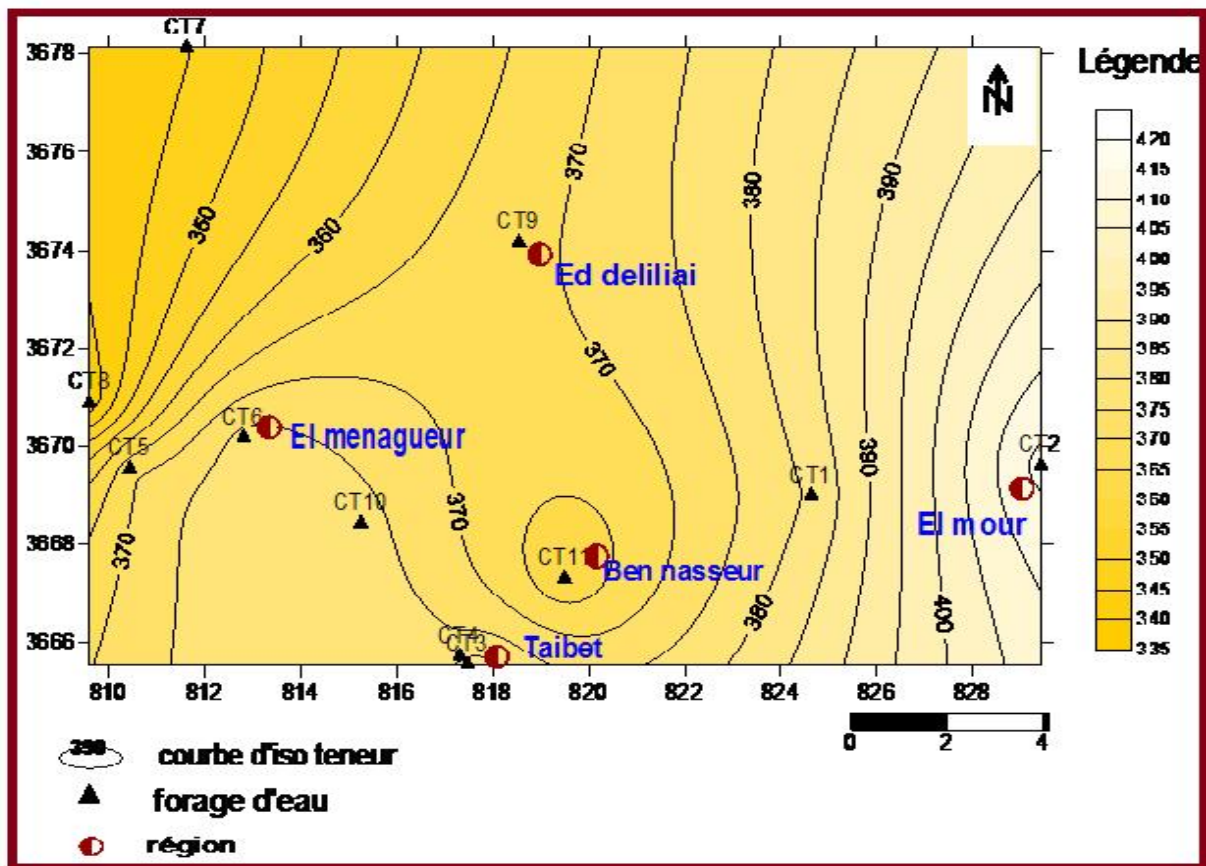


Figure 35 : Carte du calcium des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).

3.2.7. Magnésium (Mg^{2+}).

Il peut provenir de la dissolution des calcaires dolomitiques en présence du CO_2 ou de la dissolution des sels de manganèse dans les terrains gypsifères ($MgSO_4$).

Les eaux du complexe terminal renferment les concentrations de Mg élevées ne dépassant pas dans la majorité la norme algérienne de l'eau potable (150mg/l), ces teneurs de Mg^{++} sont comprises entre 119,6 mg/l au niveau de Menagueur zaouïa à l'Ouest et 158 mg/l au niveau de Taibet au Sud de la carte (fig.36).

3.2.8. Sodium et potassium (Na^+ , K^+).

Le sodium est toujours présent dans l'eau, provient du lessivage des formations géologique riches en Na cl, il est facilement entraîné en solution en présence de l'eau. Il est beaucoup plus abondant que le potassium qui se trouve essentiellement sous forme de chlorure dans les évaporites (sylvite). Les données fournis par le laboratoire donnent une seule valeur pour le sodium et le potassium, il sera donc difficile de comparer les résultats avec la norme algérienne de ces éléments.

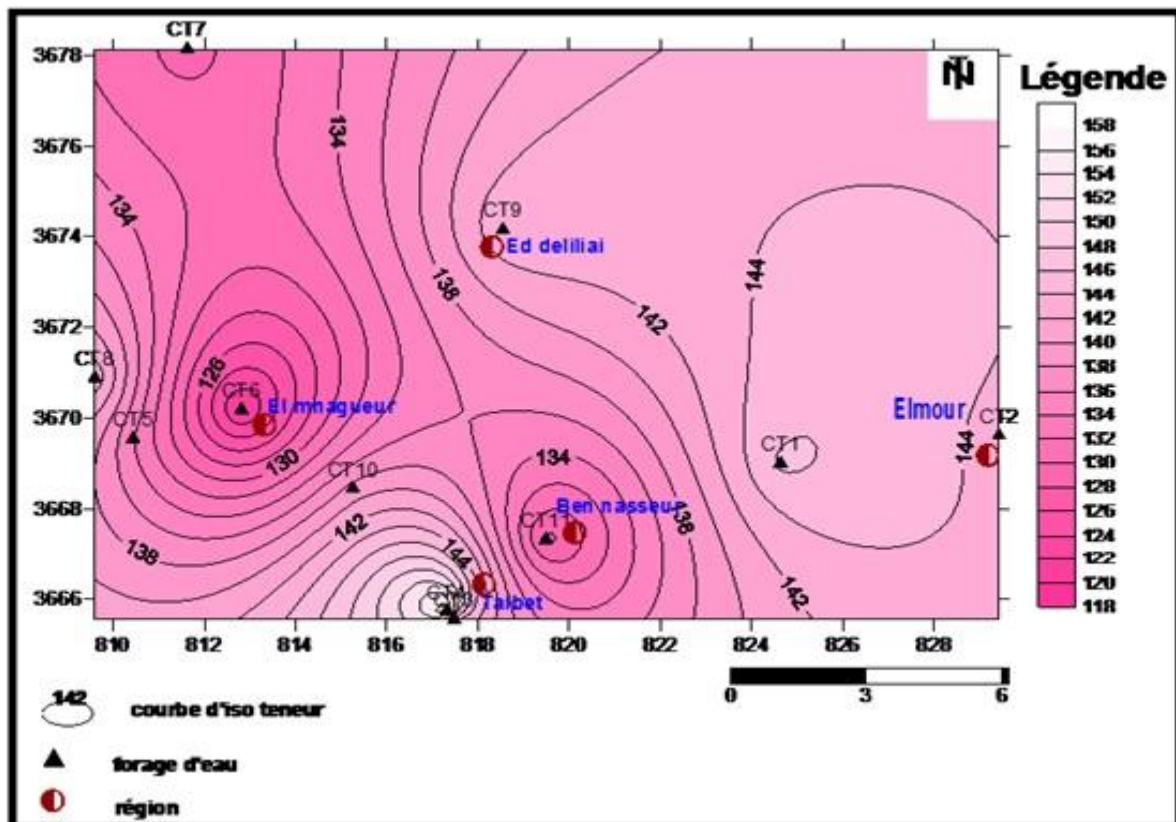


Figure 36 : Carte du magnésium des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).

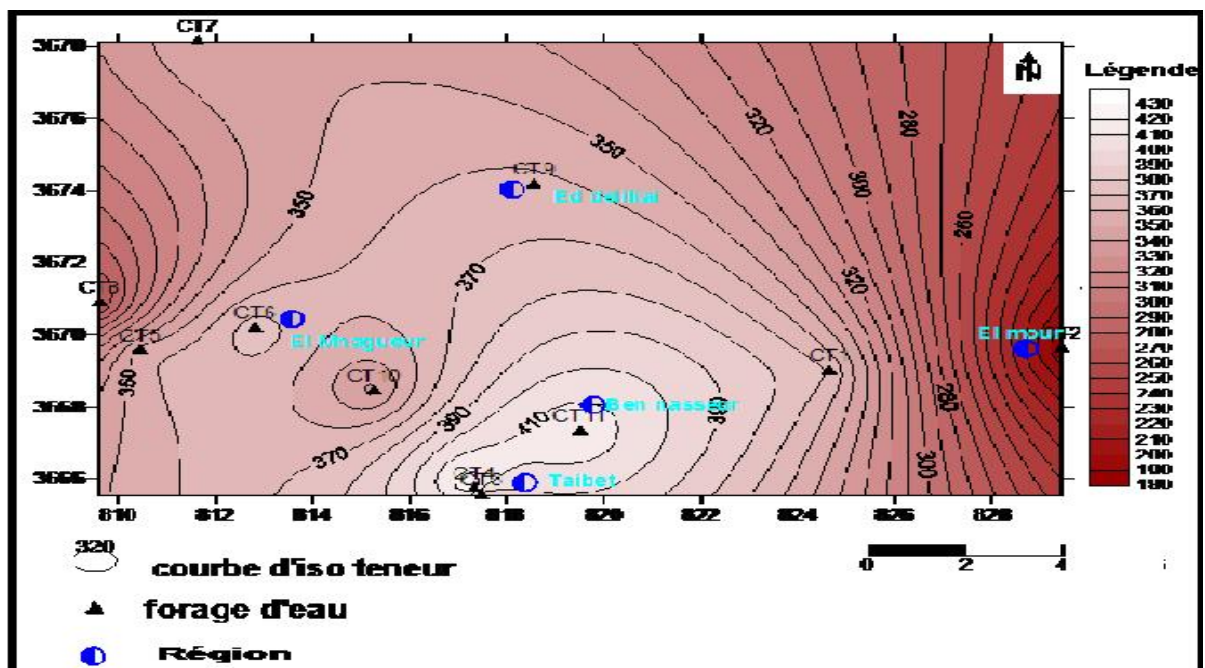


Figure 37 : Carte du Sodium et potassium des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).

D'après la carte de répartition de sodium (Fig.37) les teneurs de $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ dans les eaux du complexe terminal sont comprises entre 181,7mg/l au niveau de El mour à l'est et 431,02 mg/l au niveau de Taibet au sud de la carte.

On rappelle que la norme algérienne de l'eau potable pour le sodium est 200mg/l et pour le potassium est 20mg/l.

3.2.9. Chlorures (Cl^-).

On les rencontre en grande quantité dans les eaux souterraines qui proviennent de la dissolution du sel par lessivage des terrains salifères. Les teneurs de Cl^- dans les eaux du complexe terminal sont comprises entre 185 mg/l au niveau d'El mour à l'est et 280 mg/l au niveau d'Ed deliliai et Taibet au Sud de la carte (Fig.38).

Ces concentrations mesurées ne dépassent pas la norme algérienne de l'eau potable qui est 500 mg/l.

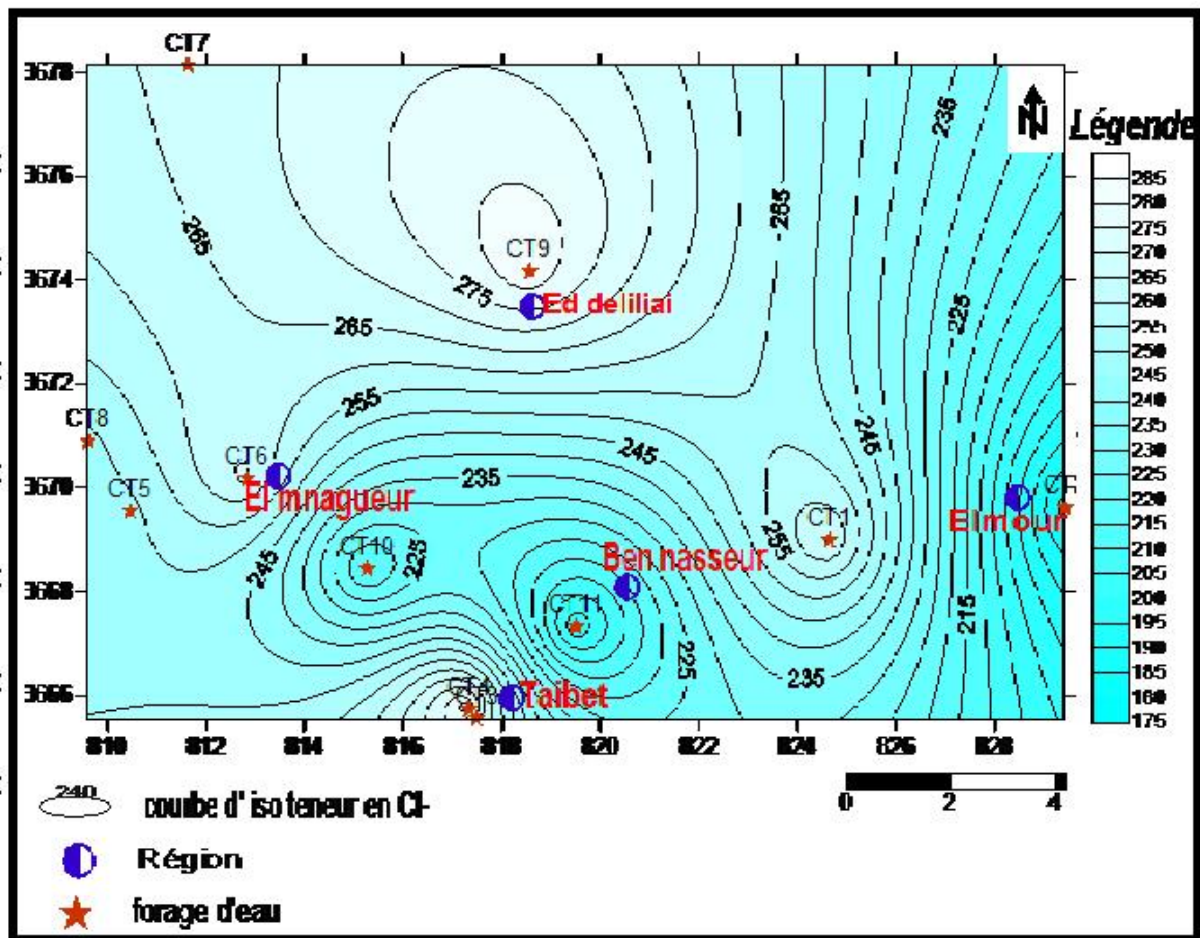


Figure 38 : Carte du chlorure des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).

3.2.10. Sulfates (SO₄²⁻).

Ils sont toujours présents dans les eaux souterraines, leur présence dans l'eau provient :

- De la légère solubilité des sulfates de calcium (CaSO₄.2H₂O) dans les formations gypseuses;
- Du lessivage des terrains argileux et marneux.

L'excès de la concentration des sulfates donne un gout amer à l'eau, (gout médical) Ces fortes valeurs des sulfates de la nappe du complexe terminal indiquent la présence des formations gypsifères très solubles où les sulfates prennent ses fortes concentrations.

Les teneurs de SO₄²⁻ dans les eaux du complexe terminal sont comprises entre 1500 mg/l au niveau d'Oum Zbed à l'ouest et 1975 mg/l au niveau de Taibet 2 au sud de la carte (Fig.39). Ces concentration mesurées dépassent largement la norme algérienne de l'eau potable qu'est 400 mg/l.

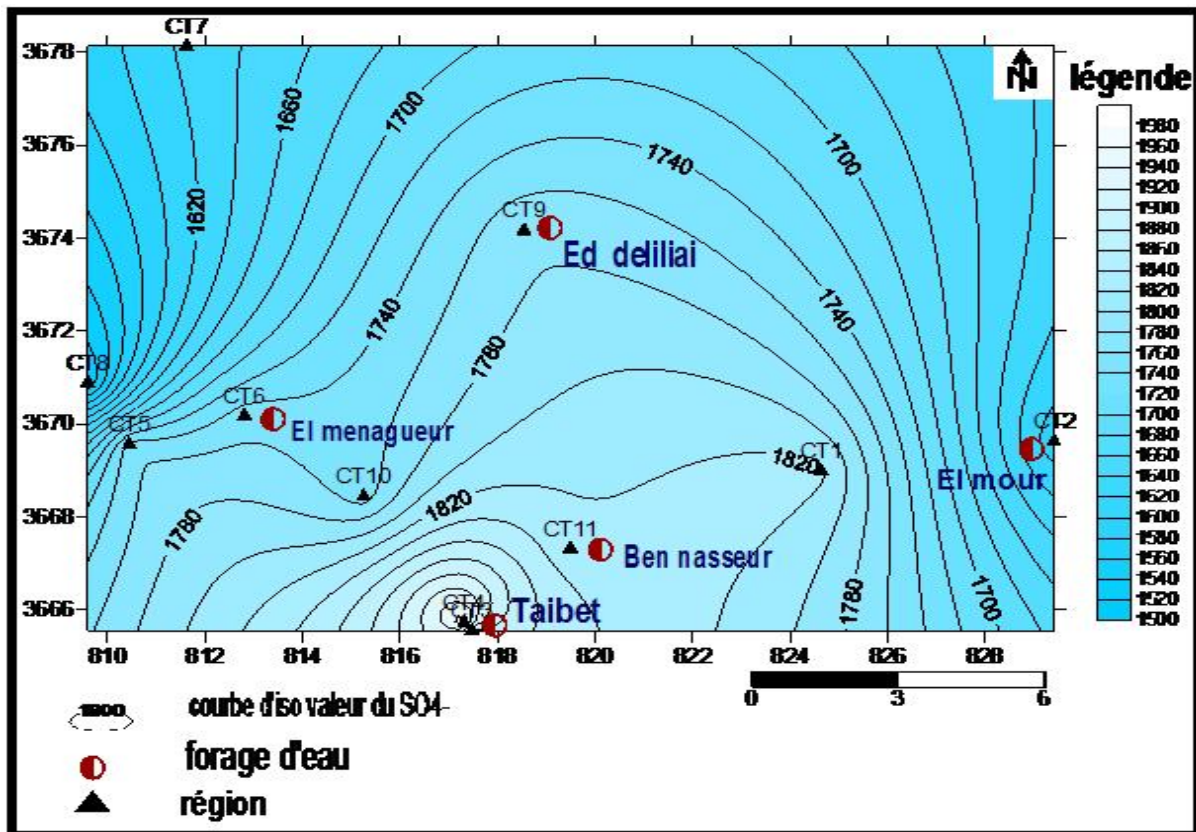


Figure 39: Carte du sulfate des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).

3.2.11. Bicarbonates (HCO₃⁻).

Ils proviennent de la dissolution des roches carbonatées dont l'eau est fonction de la tension en CO₂, de la température, du pH et de la nature lithologique des terrains traversés.

Ce sont les résultats de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le CO₂ selon l'équation suivante : $XCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow X^{++} + 2HCO_3^-$.

Les teneurs de HCO_3^- dans les eaux du complexe terminal sont comprises entre 97,6 mg/l au niveau de Taibet 1 et 2, El menagueur et Oum Zbed et 109,8 mg/l au niveau de Ben nasseur et Ed deliliai au Nord de la carte (Fig.40). Probablement les carbonates trouvent son origine dans la nappe éocène (riche en formations carbonatées).

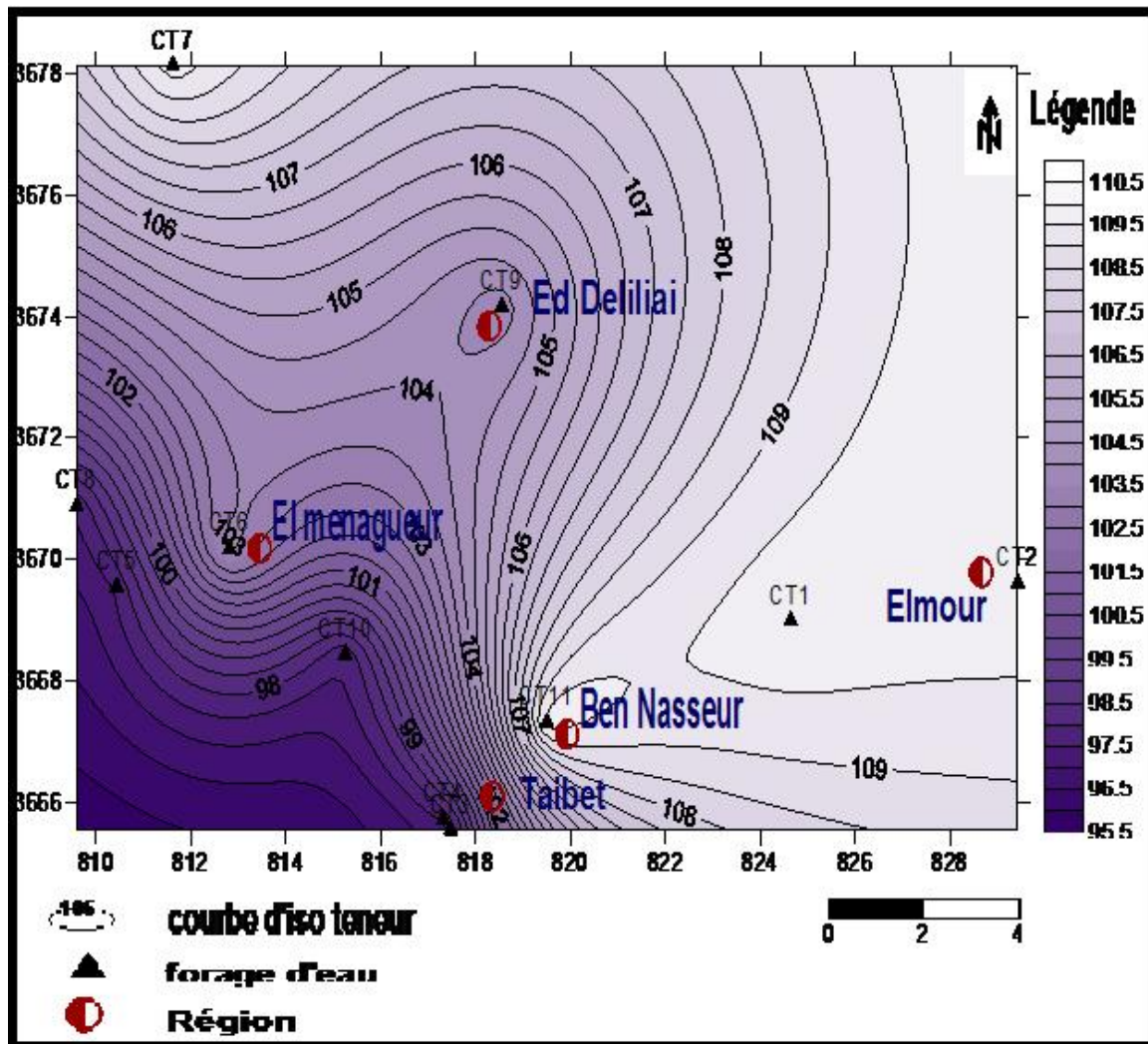


Figure 40: Carte du bicarbonate des eaux de complexe terminal de Taibet (mars 2016).

3.3. Les substances indésirables.

3.3.1. Nitrates (NO_3^-).

Les nitrates sont les principales formes d'azote dans les eaux. Ils peuvent être utilisés comme indicateurs de pollution chimiques des eaux. Plusieurs auteurs la présence des nitrates dans les eaux en plus du cycle normale de l'azote, à différentes sources à savoir : les engrais chimiques organiques et inorganiques, les pesticides et les herbicides, les installations d'élevages des animaux, les effluents domestiques et industriels (eaux usées).

La plage de concentration rencontrée s'étale entre 0.7 mg/l (et 49 mg/l (Tab.), tous les puits mesurés présentent des concentrations de nitrate ne dépassent pas la norme algérienne de l'eau potable (50mg/l).

3.4. Potabilité de l'eau des nappes de complexe terminal.

Les eaux de des nappes de complexe terminal sont non potable, elles sont fortement minéralisées, très dures, de conductivité très élevé et présentent des teneurs éléments majeurs dépassant dans la plus part des cas les normes recommandées par l'OMS et les normes algérienne pour l'eau potable. Ces eaux nécessitent un traitement avant leur utilisation.

4. QUALITE DES EAUX DE COMPLEXE TERMINALE POUR L'IRRIGATION.

Les sels minéraux contenus dans l'eau en quantités ont des effets néfastes sur le sol et les plantes. Ils peuvent perturber le développement des plantes, agissent sur le processus osmotique, en causant des réactions métaboliques, ils causent également des changements dans la structure du sol (sur sa perméabilité et son aération), affectant directement le développement de la plante. Donc il est impératif dans ce cas d'étudier les paramètres définissant les eaux destinées à l'irrigation, tel que:

- la concentration totale du sel dissous dans l'eau.
- la concentration réelle de Na^+ par rapport aux autres cations.
- la concentration des éléments toxiques.
- dans certains cas la concentration de HCO_3^- par rapport au Ca^{+2} et Mg^{+2} .

4.1. Conductivité.

Les sels contenus dans les eaux d'irrigation, s'accumulent dans la zone racinaire après que la plante ait prélevé l'eau. Ces sels s'épaississent et limitent la disponibilité de l'eau dans le sol pour la culture. Pour éviter ce risque, on doit déterminer la valeur de la conductivité et la classer suivant les valeurs seuils suivantes :

- inférieure à $250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ l'eau ne présente aucun risque.
- varie entre 250 et $750 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ l'eau peut être utilisée que s'il y a de drainage.
- supérieure à $2250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ l'eau est considérée impropre à l'irrigation.

Les eaux de **complexe terminale** affichent des conductivités supérieures à $2250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, donc cette ils sont impropre à l'irrigation.

4.2. La méthode de Richards .

Le SAR : est un indice qui évalue le danger que présente l'existence d'une teneur donnée en

sodium; il est calculé par l'équation :
$$SAR = \frac{Na^+}{(Mg^{++} + Ca^{++})^{1/2}}$$

- SAR: Sodium Adsorption Ratio.
- Na^+ , Ca^{+2} , et Mg^{+2} représentent les concentrations en mg/l, les valeurs de SAR ont été calculées à partir des données des analyses chimiques.

La méthode de Richards (1954) est basée sur la combinaison des deux méthodes: du SAR et de la conductivité électrique.

Les résultats de la classification de la qualité chimique des eaux de complexe terminale d'après le diagramme de Richards, montre que nos échantillons s'arrangent selon deux classes (Fig.) :

1. *eaux médiocres (C₄S₁)*: elles représentent les eaux médiocres fortement minéralisées, susceptibles de convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes aux sels et sur des sols bien drainés et lessivés.

2. *eaux médiocres (C₄S₂)*: les eaux faisant partie de cette classe sont fortement chargées en sels. Elles sont susceptibles de convenir à l'irrigation des plantes tolérantes au sel et sur des sols bien drainés et lessivés.

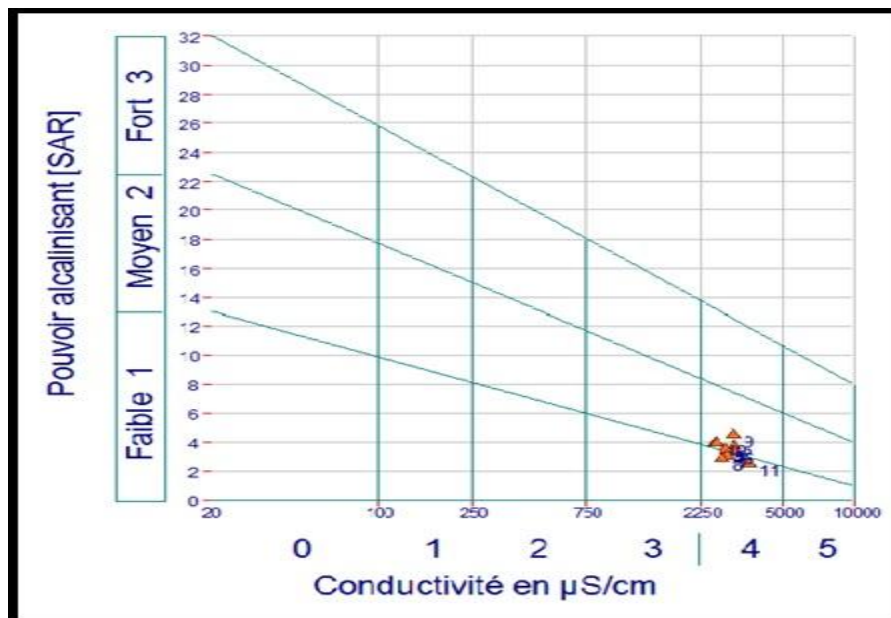


Figure 41: Le diagramme de Richards des eaux de complexe terminal (mars 2016).

5. CONCLUSION.

L'interprétation des analyses chimiques des eaux de complexe terminal de la région de Taibet montre la dominance de deux faciès; faciès chimiques Sulfaté calcique ou Sulfaté sodique. Les eaux du CT sont caractérisées par une conductivité élevée allant $5060 \mu\text{S.Cm}^{-1}$ à $5640 \mu\text{S.Cm}^{-1}$, de dureté varient entre $140 \text{ }^\circ\text{F}$ et $164 \text{ }^\circ\text{F}$ et des minéralisations importantes oscillant entre 2838 mg/l et 3278 mg/l .

Les eaux de des nappes de complexe terminal sont non potable, elles sont fortement minéralisées, très dures, de conductivité très élevé et présentent des teneurs éléments majeurs dépassant dans la plus part des cas les normes recommandées par l'OMS et les normes algérienne pour l'eau potable. Ces eaux nécessitent un traitement avant leur utilisation.

Les résultats de la classification de la qualité chimique des eaux de complexe terminale d'après le diagramme de Richards, montre que nos échantillons s'arrangent selon deux classes ; eaux médiocres (C_4S_1) et eaux médiocres (C_4S_2).

CONCLUSION GENERALE

La zone étudiée se trouve à TAIBET, elle fait partie de la wilaya de Ouargla (SE Algérie). Elle se caractérise par une large dépression allongée dans le sens nord, couvre une superficie de 14622 km² et une population de l'ordre de 49352 habitants. La zone d'étude est une région agricole, la principale activité est la culture du palmier dattier, pastèque et de la pomme de terre.

La région de Taibet se présente comme une cuvette synclinale du Bas Sahara qui fait partie d'une large fosse de direction N-S. Tous les terrains, depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire sont dissimulés en grande partie sous le Grand Erg Oriental. Excepté quelques affleurements observés, sur les bordures. La prospection géophysique et les sondages pétroliers ont défini la profondeur du socle Précambrien, située entre 3000 et 5000 m, et les dépôts sédimentaires ont environ 4000 m d'épaisseur. Les terrains du Mésozoïques et du début du Cénozoïque constituent l'essentiel des affleurements des bordures. Les dépôts continentaux Tertiaires et Quaternaires occupent le centre de la cuvette. La série géologique permet de distinguer deux ensembles hydrogéologiques, Post Paléozoïques importants : le Continental Intercalaire(CI) et le Complexe Terminal(CT).

Le climat de la région est saharien où la période sèche est étendue pendant les deux mois de l'année, le mois de janvier est le plus arrosé avec 15,88 mm et le mois de juillet est le moins arrosé avec 0,84mm. La température moyenne mensuelle est maximale au mois de Juillet et Aout avec une valeur d'ordre de 34,8 °C et minimale au mois de Janvier avec une valeur d'ordre de 11,3 °C. Le bilan hydrique de la région de TAIBET suivant la méthode de Thornthwaite est déficitaire à cause de faible précipitation et très forte évaporation.

Dans la région de Taibet, il existe trois systèmes aquifères ; le premier profond étendu, dit le Continentale Intercalaire (CI), constitué en grande partie par des sables et des grès d'âge Albien, le deuxième est multicouche, peu profond et moins étendu que le premier dit le Complexe Terminal (CT), constitué de deux ensembles différents (marin constitué par les calcaires d'âge Sénonien-Eocène CT₃ et continentale constitué par des sables, graviers et des grés d'âge Mio-Pliocène caractérise la 1^{ère} et la 2^{ème} nappe du Complexe Terminal) et un aquifère superficiel qui surmonte ces deux ensembles dit nappe Phréatique contenue dans les sables fins à moyens d'âge Quaternaire à récent.

L'analyse de la carte piézométrique de la nappe du complexe terminal montre que dans la partie Est, la forme des isopièzes présente des courbes espacées qui se traduisent par un écoulement faible, une bonne perméabilité et faible gradient hydraulique. On distingue deux zones de divergences (Ben nasseur et El menagueur) et une zone de convergence. Dans la partie Ouest l'allure des courbes présentent un espacement faible c'est-à-dire une faible perméabilité et un forte gradient hydraulique. Les gradients hydrauliques varient entre $9,09 \times 10^{-4}$ et 150×10^{-4} .

L'interprétation des analyses chimiques des eaux de complexe terminal de la région de Taibet montre la dominance de deux faciès; faciès chimiques Sulfaté calcique ou Sulfaté sodique. Les eaux du CT sont caractérisées par une conductivité élevée allant $5060 \mu\text{S.Cm}^{-1}$ à $5640 \mu\text{S.Cm}^{-1}$, de dureté varient entre $140 \text{ }^\circ\text{F}$ et $164 \text{ }^\circ\text{F}$ et des minéralisations importantes oscillant entre 2838 mg/l et 3278 mg/l .

Les eaux de des nappes de complexe terminal sont non potable, elles sont fortement minéralisées, très dures, de conductivité très élevé et présentent des teneurs éléments majeurs dépassant dans la plus part des cas les normes recommandées par l'OMS et les normes algérienne pour l'eau potable. Ces eaux nécessitent un traitement avant leur utilisation.

Les résultats de la classification de la qualité chimique des eaux de complexe terminale d'après le diagramme de Richards, montre que nos échantillons s'arrangent selon deux classes ; eaux médiocres (C_4S_1) et eaux médiocres (C_4S_2).

BIBLIOGRAPHIE

AIR: la station de SIDI MEHDI Durant la période (1978-2014)

ANRH : Agence nationale des ressources hydriques (Touggourt) archive albienne dans la région de Oued Righ Nord. Aspect technique et qualité des eaux souterraines.

Benabdessadok djahida et **Guetiche** saliha (2005-2006): Contribution à l'étude de la Possibilité de réutilisation des eaux de la nappe phréatique pour l'irrigation dans la région de l'Oued Righ.

Benaoune abd el karim (2003-2004) : Modélisation des deux nappes de sable (CT₁ CT₂)du Complexes Terminal (région de Touggourt).

Bouselsal, B. 2016. Etude hydrogéologique et hydrochimique de l'aquifère libre d'El Oued souf (SE Algérie). Th. Doctorat, Univ. d'Annaba, 204 p.

BUSSON, G. 1967. Le Mésozoïque saharien. 1ère partie : L'Extrême Sud-tunisien. Edit., Paris, « Centre Rech. Zones Arides », Géol., 8, 194 p. Ed. C.N.R.S.

Busson, G. 1970 : Le Mésozoïque saharien. 2ème partie : Essai de synthèse des données des sondages algéro-tunisiens. Edit., Paris, « Centre Rech. Zones Arides », Géol., 11, 811p. Ed. C.N.R.S.

Busson, G. 1971. Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. Edit., Paris, 464p.

Castany.G.(1982) : Principes et méthodes de l'hydrogéologie.

CASTANY Gilbert (1982). Principe et méthode de l'hydrogéologie. Dunod, 237p.

Cornet, A. 1964. Introduction à l'hydrogéologie saharienne. Géographie Physique et Géologie Dynamique. Vol.VI. 1964. fascl,pp.5-72.

Cote, M. 1993. Une région saharienne malade de trop d'eau. Le Souf. Rapport, 17p.

Cote, M. 2001. Souf 2001 : l'Agriculture peut-elle résoudre le problème de la remontée de la nappe ? BG. Lausanne.

Detay, M. 1997. La gestion active des aquifères. Masson Paris, 416 p.

Djidjel, M. 2008. Pollution minérale et organique des eaux de la nappe superficielle de la cuvette d'Ouargla (Algérie). Th. Doctorat, Univ. d'Annaba, 208 p.

DHW : Direction de l'hydraulique deTouggourt.

DHW : Direction de l'hydraulique de Taïbet.

Fabre, J. 1976. Introduction à la géologie du Sahara d'Algérie et des régions voisines. SNED, Alger, 421p.

Messaoudi Redha et Mssai Ahmed laid (2007/2008) Contribution à l'étude hydrogéologique de la région de Taibet.

ONM : Office national de la météorologie.

SONATRAC : les données géologiques.