

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA
FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVEALABLES 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 : Géologie des bassins sédimentaires.

THEME

**Étude sédimentologique et chimique des
formations paléo-lacustre du chott
Merouane (Sud-Est algérien)**

Soutenu publiquement par :

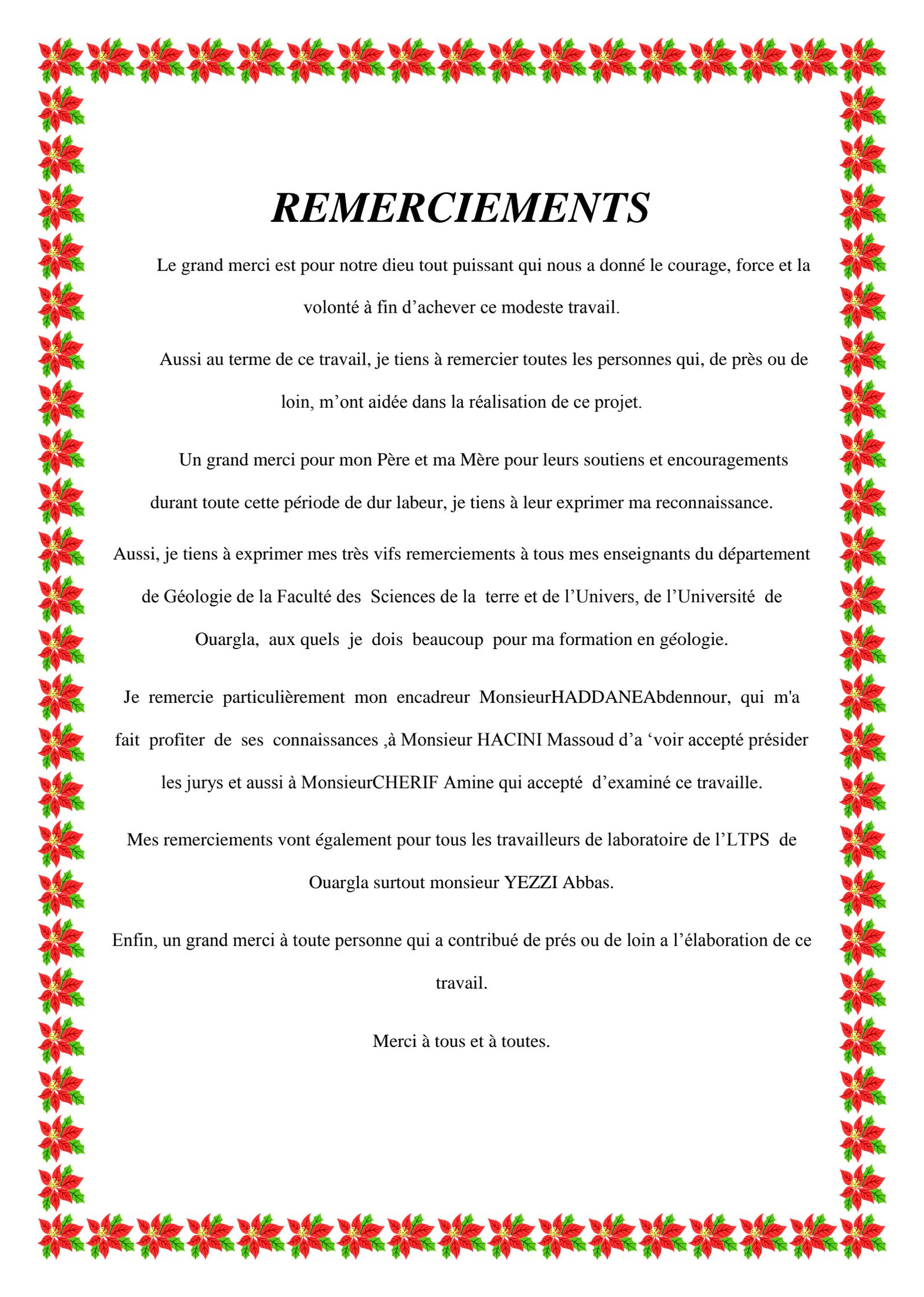
M. ROUAS Meftah.

Le 31/05/2016

Devant le jury :

Président :	Dr : HACINI Massoud	Professeur	Univ.Ouargla
Promoteur :	M. HADDANE Abdenour.	M. A. A	Univ. Ouargla
Examineur :	M.CHERIF Amin.	M. A. A	Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2015/2016



REMERCIEMENTS

Le grand merci est pour notre dieu tout puissant qui nous a donné le courage, force et la volonté à fin d'achever ce modeste travail.

Aussi au terme de ce travail, je tiens à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont aidée dans la réalisation de ce projet.

Un grand merci pour mon Père et ma Mère pour leurs soutiens et encouragements durant toute cette période de dur labeur, je tiens à leur exprimer ma reconnaissance.

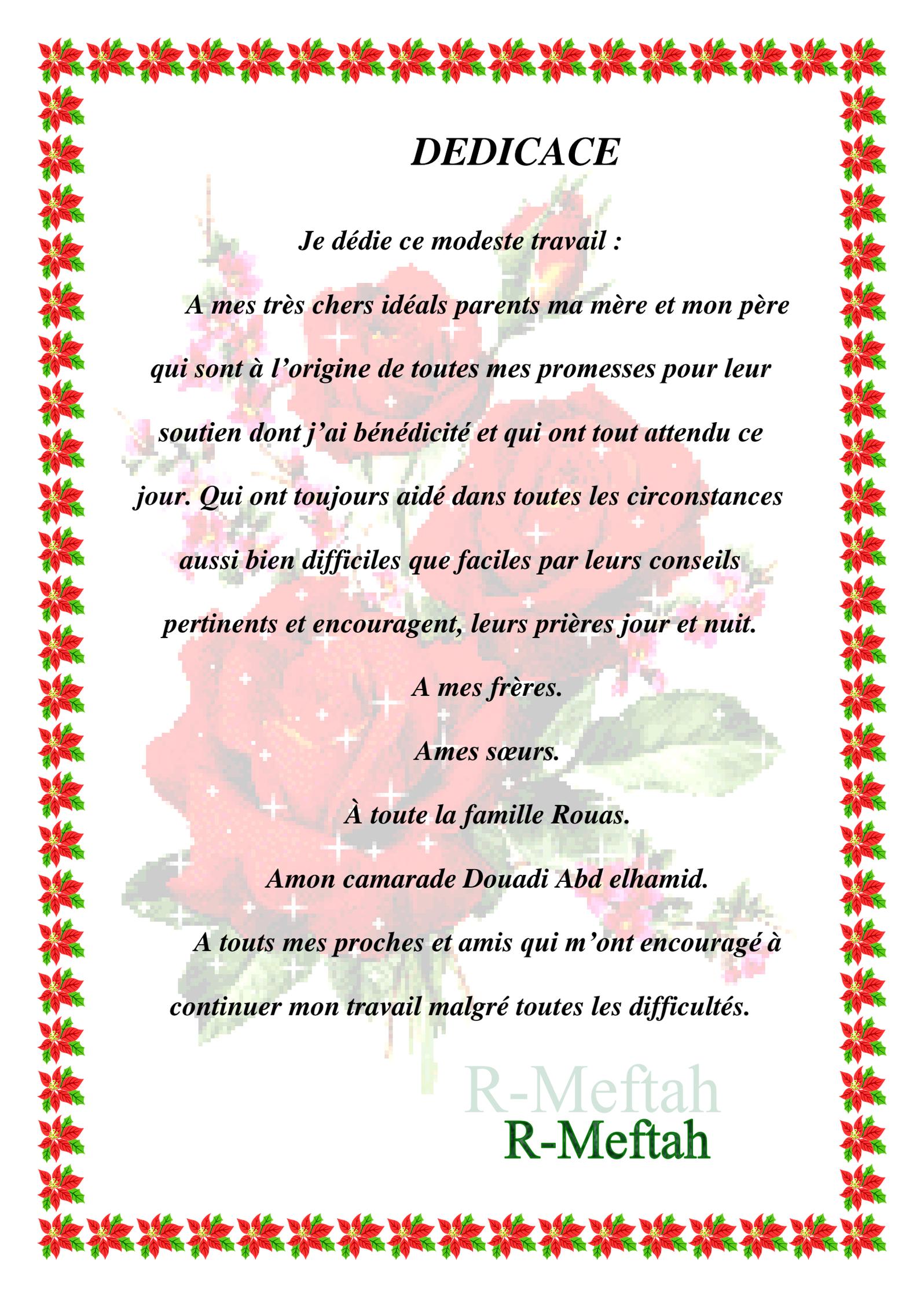
Aussi, je tiens à exprimer mes très vifs remerciements à tous mes enseignants du département de Géologie de la Faculté des Sciences de la terre et de l'Univers, de l'Université de Ouargla, aux quels je dois beaucoup pour ma formation en géologie.

Je remercie particulièrement mon encadreur Monsieur HADDANE Abdennour, qui m'a fait profiter de ses connaissances, à Monsieur HACINI Massoud d'avoir accepté présider les jurys et aussi à Monsieur CHERIF Amine qui a accepté d'examiner ce travail.

Mes remerciements vont également pour tous les travailleurs de laboratoire de l'LTPS de Ouargla surtout monsieur YEZZI Abbas.

Enfin, un grand merci à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Merci à tous et à toutes.



DEDICACE

Je dédie ce modeste travail :

*A mes très chers idéals parents ma mère et mon père
qui sont à l'origine de toutes mes promesses pour leur
soutien dont j'ai bénédicité et qui ont tout attendu ce
jour. Qui ont toujours aidé dans toutes les circonstances
aussi bien difficiles que faciles par leurs conseils
pertinents et encouragent, leurs prières jour et nuit.*

A mes frères.

A mes sœurs.

À toute la famille Rouas.

A mon camarade Douadi Abd elhamid.

*A tous mes proches et amis qui m'ont encouragé à
continuer mon travail malgré toutes les difficultés.*

R-Meftah
R-Meftah

LISTE DES FIGURES :

Fig ,1 :	Situation géographique des chotts en Afrique du Nord.....	1
Fig ,2 :	Carte de Situation Géographique et géologique du Chott Merouane (D'après un plan original de Guiraud, 1990).....	4
Fig,3 :	Coupe géologique schématique Nord-Sud du Bas-Sahara, en partie. (Guendouz et al, 2003).....	5
Fig,4 :	Les températures moyennes et Min mensuelles et annuelles Durant la période d'observation (2005-2014).....	6
Fig, 5 :	Les températures moyennes et Max mensuelles et annuelles Durant la période d'observation (2005-2014).....	7
Fig, 6 :	L'humidité moyenne mensuelle et annuelle durant la période d'observation.....	8
Fig, 7 :	La vitesse des vents moyens mensuels et annuels durant la période d'observation(20052014).....	8
Fig, 8 :	: Précipitation moyenne mensuelle durant la période d'observation (2005-2014).....	9
Fig, 9 :	L'évaporation moyenne mensuelle durant la période d'observation (2005-2014).....	10
Fig, 10 :	La durée d'insolations moyennes mensuelles et annuelles durant la période d'observation (2005-2014).....	10
Fig, 11 :	Courbe ombrothèrmique durant la période d'observation (2005-2014).....	11
Fig, 12 :	Carte des stations Météorologiques d'après Cahiers de Sécheresse. (kadri 2012).....	12
Fig 13 :	Log stratigraphique synthétique de la région du chott Merouane. (kadri2012).....	13
Fig, 14 :	Carte Hydrogéologique des deux nappes du Sahara septentrional avec le sens d'écoulement des deux nappes (Étude ERESS modifiée par Gundouz et al, 2003).....	17
Fig, 15 :	Coupe géologique NO-ES de l'Algérie. (WEC 2007).....	19
Fig, 16 :	Carte géologique de l'Algérie (modifier par Fabre et al 1978) (SONATRACH 2005).....	20
Fig, 17 :	Les grandes unités géologiques au Sahara (HACINI 2006).....	24

Listes des figures

Fig, 18 :	La Carte Géologique Régionale Du Sahara Septentrionale(OSS.2003).....	30
Fig, 19 :	Coupe géologique de région d'étude.....	32
Fig, 20 :	Carte localisation du site (Google Earth 2016).....	36
Fig, 21 :	(A) Vue panoramique de l'affleurement (B) coupe géologique de la station Boufaggoussa.....	37
Fig, 22 :	Etuve.....	38
Fig, 23 :	colonne de tamis.....	38
Fig 24:	Balance de précision.....	39
Fig, 25 :	Différentes représentations d'une granulométrie ainsi leurs modes de distributions (Miaskovsky, 2002).....	40
Fig, 26 :	Analyse sédimentométrique des particules fines.....	43
Fig, 27 :	Calcimètri de Bernard.....	41
Fig, 28 :	Mode typique d'un titrage.....	46
Fig, 29 :	Courbe fréquentielle et cumulative d'échantillon (1).....	48
Fig, 30 :	Courbe fréquentielle et cumulative d'échantillon (3).....	49
Fig, 31 :	Courbe fréquentielle et cumulative d'échantillon (4).....	4
Fig, 32 :	Courbe fréquentielle et cumulative d'échantillon (5).....	50
Fig, 33 :	Courbe fréquentielle et cumulative d'échantillon (10).....	50
Fig, 34 :	Grains de Quartz du niveau 1.	55
Fig, 35 :	Grains de Quartz du niveau 3.	56
Fig, 36 :	Grains de Quartz du niveau 4.	56
Fig, 37 :	Grains de Quartz du niveau 5.	57
Fig, 38 :	Grains de Quartz du niveau 10.	57
Fig, 39 :	Lithologie de dépôt du chott.	58
Fig, 40 :	Classification de la fraction fine d'après le diagramme ternaire Folk 1954.	59
Fig, 41 :	Paramètres chimiques coupe de chott Merouane	61

Liste des tableaux

Tableau1	: Répartition granulométrique des constituants d'un sédiment Miskovsky et Debard ,2002.....	34
Tableau2	Paramètres sédiment logique moyenne de coupe de Boufeggouss.....	47
Tableau3	: Proportion des classes granulométriques des échantillons du chott Merouane.....	54
Tableau4	analyses chimiques des échantillons	54
Tableau5	d'analyse calcimétrie de Bernard des échantillons	55

Sommaire

Chapitre I : Présentation de région d'étude.

I-1-Situation géographique :	5
I- 2-Situation géologique :	6
I-2.1-Géologie régionale :	6
I 2.2-Géologie locale :	7
I-3: Climatologie :	9
3-1- La température :	10
I -3-2 : L'humidité :	11
I- 3-3 : Les vents :	12
I 3-4 : La précipitation :	12
I 3-5 :L'évaporation :	13
I- 3-6 : La durée d'insolation.....	13
I-3-7. Régime climatique :	Erreur ! Signet non défini.
I- 4 : Hydro climatologie.....	Erreur ! Signet non défini.
I- 5 : Hydrogéologie :	Erreur ! Signet non défini.
I 5-1 : L'aquifère du Continental Intercalaire.....	Erreur ! Signet non défini.
I- 5 :2. L'aquifère du Complexe Terminal	Erreur ! Signet non défini.
I- 5.2. 1. L'aquifère du Mio-Pliocène sablo argileux.....	Erreur ! Signet non défini.
I- 5.2. 2. L'aquifère du Sénon-Eocène carbonaté	Erreur ! Signet non défini.
I -5.2. 3. L'aquifère du Turonien	20
I- 5.3 La nappe phréatique	20

Chapitre. II : contexte géologique

II-1- Morphologie :	22
II -2- Aspects structuraux :	23
II -2-1 Le Nord de l'Algérie.....	23
II -2-2 La Plate- Forme Saharienne:	Erreur ! Signet non défini.
II -3- Cadre géologique régional :	Erreur ! Signet non défini.
II -3-1- Le Bassin Occidental du Sahara :	Erreur ! Signet non défini.
II -3-2- Le Bassin Oriental Du Sahara :	Erreur ! Signet non défini.
II-4- Lithostratigraphie :	Erreur ! Signet non défini.
a- Le Paléozoïque	Erreur ! Signet non défini.

Sommaire

c- Le Jurassique	Erreur ! Signet non défini.
d- Le Vraconien	30
e- Le Cénomaniens.....	30
f- Le Turonien.....	30
g- Le Sénonie.....	30
g.1 Le Sénonien Salifère	30
g.2 Le Sénonien lagunaire.....	31
g.3 Le Sénonien Carbonaté	31
k-L' Eocène	31
k.1 L'Éocène Carbonaté.....	31
k-2 L'Éocène Evaporitique	31
l- Le Mio-Pliocènes	32
II-5-. Reconstitution Paléogéographique :.....	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre III. Matériels et méthodes :

III.1. Missions sur terrains :.....	36
III.1.1. Prélèvements des échantillons :.....	37
III.2 : les analyses au laboratoire :.....	38
III.2.1 Analyses physiques :	38
III.2.1.1 Analyse granulométrique (laboratoire de LTPS Ouargla) :.....	38
III.2.1.1 Les étapes de cette analyse :.....	38
2.1.1.A) lavage :	38
2.1.1.B) séchage :	39
2.1.1 .C) tamisage :.....	39
2.1.1.D) Pesage :.....	40
III.2.1.2 : Représentation des résultats de l'analyse granulométrique.....	40
III.2.2) analyse sédimentométrique(laboratoire de LTPS Ouargla) :.....	41
La Sédimentométrie :	41
III.2.2.3) analyses de calcimétrie de Bernard (L'ITAS) :.....	43
III.2.3) les analyses chimiques (LTPS Ouargla) :	45
III.2.3.1) détermination de la teneur en sulfates	45

Sommaire

III.2.3.2) pour détermination le pourcentage des insolubles	45
III.2.3.4) Titrages (pourcentage de sel) :	Erreur ! Signet non défini.
A) Préparation des solutions :	48
B) La Titrations :	48

Chapitre. IV : Résultats et discussions.

IV. 1. Introduction :	49
IV.2.Etude granulométriques:	49
IV.1.2.2 Caractérisation granulométrique des roches :	52
IV.1.2.3. Paramètres granulométriques	53
2.1.4.1.1. La moyenne(M) :	53
2.1.4.1.2. Le Kurtosis(K):	54
2.1.4.1.3. Le Skewness(SK) :	54
2.1.4.1.4. Le Classement (Sorting)	54
IV. 2.Etude chimique:	54
IV.3.La morphoscopie des grains de quartz :	56
IV.4. Discussion :	59
IV.4.1.stratigraphie de la coupe étudiée :	59
IV.4.2.Les paramètres chimiques :	62
IV.4.3Conclusion :	63

Introduction générale

Chott Merouane c'est un lac salé, fait partie du bassin de Melghir, situé au Nord Est du Sahara septentrional, il appartient, administrativement à la Daïra de Meghaier (Wilaya d'El Oued, Algérie).

Les études géologiques sur chott Merouane reste encore insuffisantes, les plus importantes sont celles de Hacini (2006) et Kadri (2012) sur la géochimie de sel et de saumure de chott Merouane et calcule des vitesses de précipitation des minéraux évaporitiques, d'où vient ce travail pour élargir les connaissances sur la nature des sédiments, le milieu de dépôts des formations lacustres du chott.

Les archives géologiques (sédiments) constituent le seul accès, indirect, à l'histoire de la terre, et en particulier à l'évolution de ses climat .sur les continents de nombreux agents érodent et redistribuent les dépôts, et en général les formations continentales contiennent des archives sédimentaires contenus, un des intérêts suscités par l'étude de ces dernière réside dans le fait qu'ils renferment des informations sur les climats ancien et leur évolution au cours de temps.

Les formations lacustres du Sahararésultent du transport et de la sédimentation par les eaux courants et par voie éolien des matériaux érodées des formations anciennes : ils sont ré pondus sur la surface des plateaux ou d'une des vallées dépressions.

Les formations lacustres sont bien connues et ont souvent servi de base de reconstitution paléo- climatiques et paléogéographiques et à stratigraphie continentale.

Les facteurs contrôlent la genèse des dépôts lacustres sont multiples (tectonique morphologique, climatiques, lithologiques, anthropique) et interfèrent de façon complexe.

Ce travail s'inscrit dans la perspective de contribuer aux reconstitutions sédimentologique, chimique et de trouver les différents modes de transport. afin d'atteindre ce but nous analysons plusieurs échantillons prélevés sur affleurement coté de chott Merouane (station Boufeggoussa).

I.1.Situation géographique :

Chott Merouane c'est un lac salé, fait partie du bassin de Melghir, situé au Nord Est du Sahara septentrional, il appartient, administrativement à la Daïra de Meghaier (Wilaya d'El Oued, Algérie) dans le village de N'Sigha OURIR, il s'étend sur une superficie de 333.700ha, il se regroupe avec l'ensemble des chotts tunisiens sous forme d'étendues lagunaires suivant deux directions :

- Une direction SW-NE, correspondant à la direction atlasique le long de laquelle sont regroupés les chotts Chergui, El-Gherbi et El-Hodna.
- Une direction WNW-ESE, rassemblant les chotts El-Hodna, Melghir, El Ghersa et le chott El Jerid.

Avec son altitude qui est de 31 m au dessous du niveau de la mer, il représente la région la plus basse de l'Afrique du Nord, situé à environ 9 Km de Nord-est de la Daïra de Meghaier, de coordonnées géographiques ; $33^{\circ}55'N$ et $06^{\circ}10'E$.

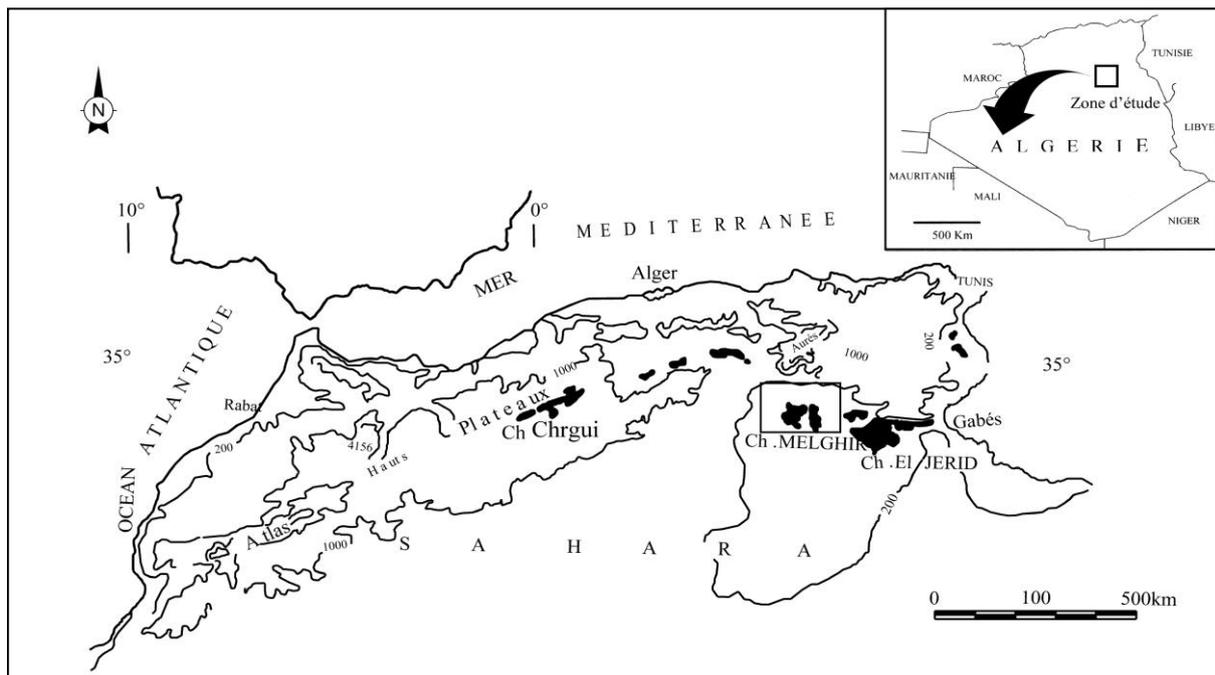


Fig. 01 : Situation géographique des chotts en Afrique du Nord.

I.2.Situation géologique :

I-2.1-Géologie régionale :

Le Sahara septentrional de l'Algérie se situe au Nord-Est de la plate forme saharienne, celle-ci est limitée, au nord par la chaîne de l'Atlas saharien et au sud, par le bouclier Reguibate et Touareg, avec une superficie de 720 000 Km² qui s'étalant le long de plus de 600 km, elle s'étend des pieds de l'Aurès au nord jusqu'au Tassilis au sud. Une grande partie du bassin est recouverte par le grand Erg oriental, soit 125 000 Km².

Elle comprend un socle précambrien sur lequel repose en discordance une puissante couverture sédimentaire, structurée au Paléozoïque en plusieurs bassins séparés par des zones hautes qui s'inclinent en pente douce vers les parties déprimées qui forme un trend d'ensellements, matérialisés par l'axe SSW-NNE occupé par des Chotts et dont le fond est inférieur au niveau de la mer .**(kadri ,2012)**

La zone d'étude fait partie du bassin sédimentaire de Sahara septentrional. Ce bassin mieux connu que sa contrepartie occidentale. Grâce aux recherches pétrolières. Le Sahara orientale, limité à l'Ouest par le M'zab et au sud par les plateaux du Tademaït et du Tinrhert, se prolonge vers l'Est en Tunisie et en Libye.

Lorsque l'on aborde le Sahara par le Nord on est surpris par la rapidité avec la quelle on passe des montagnes et plateaux de l'Atlas à la plate-forme désertique Saharienne. Ce passage souligné par des affleurements de calcaires blancs d'âge albien presque verticaux correspond à l'accident Sud-Atlasique qui est selon les endroits un pli, un pli-faille, ou une flexure.

A 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 les formations du secondaire et tertiaire qui peuvent dépasser 3000 mètres dans le centre du bassin (région de Ouargla, Touggourt, El oued) ainsi que sur la bordure des Aurès (Zibane). Le Quaternaire ; représenté essentiellement par des sables dunaires, atteint parfois quelque certaines de mètres d'épaisseur. **(Lahcini, 2004)**

I.2.2.Géologie locale :

Dans la région de chott Merouane les formations géologiques sont en grande partie d'âge quaternaire et résultent de l'érosion continentale des dépôts mio-pliocène. Elle est caractérisée, en surface, par des dunes consolidées de limon à sable très fin (environ 10 m d'épaisseur) (Khadraoui, 2007), en profondeur des gypses, l'épaisseur des sables est très important là où la végétation favorise la stabilisation des vents de désert, sous-jacent à ces sables fins, on trouve environ 70m d'argiles qui reposent à son tour sur environ 35m de grés et sable, faisant partie de la nappe aquifère la plus importante, le complexe terminal dit CT (Cornet, 1964 in Hacini, 2006). Durant la période estivale, le Chott est couvert par l'halite, avec une épaisseur qui varie entre 0-20 cm. Des minéraux ont été mis en évidence par les rayons X et parfois à l'œil nu, tels que le gypse, la calcite et les minéraux argileux. La géologie de sub-surface a été rapportée par plusieurs géologues : Gousskov (1952), Cornet (1964) et Castany (1982). L'halite surmonte une épaisse couche d'argile de 70m d'épaisseur, et la nappe du complexe terminal est située sous cette couche d'argile (**Hacini, 2006**).

Les formations géologiques qui caractérisent la région du chott Merouane en surface sont en grande partie d'âge quaternaire et résultent de l'érosion continentale des dépôts Miopliocène.

Ils sont formé d'un matérielle alluviale ou éoliens, des dunes consolidées de limon à sable très fin (environ 10 m d'épaisseur) qui se cimentent en profondeur par des gypses, l'épaisseur des sables est très importante là où la végétation favorise la stabilisation des vents de désert, sous-jacent à ces sables fins, on trouve environ 70 m d'argiles qui reposent a son tour sur environ 35 m de grés et sable, faisant partie de la nappe aquifère la plus importante, le complexe terminal (CT).

Les dépôts alluviaux sont charriés par les différents oueds, dont certains, relativement proche, les dépôts éoliens qui se localisent au niveau des dunes parsemant le chott sont de diverses origines :

À la fin du Miocène, la sédimentation se poursuit et un manteau continental d'origine détritique recouvre le plateau saharien composé d'argiles, de sables, de graviers et de marnes, est recouvert par le Pliocène et n'affleure généralement pas, seulement au niveau des berges et des terrasses de l'Oued Tell.

Au Pliocène la croûte saharienne elle est surmontée donnant naissance au, Hamada située dans la partie occidentale des Chotts Melghir et Merouane formée d'une pâte calcaire gypseuse englobant souvent dans sa masse des poudingues, des sables et des graviers repose sur les sables argileux rouges du Tertiaire qui s'interrompt brusquement dans sa partie orientale au niveau du Bordj de Stile sous l'effet de l'érosion (Cornet ; 1951,1952 ; Gousskov, 1964).

Sur les bordures septentrionales du Sahara Oriental, les forages des puits d'eaux qui ont comme objectif principal la nappe Albienne ont reconnu une colonne stratigraphique constituée essentiellement des dépôts Mésozoïque et Cénozoïques, reposant en discordance majeure sur des terrains d'âge paléozoïque un épandage détritique d'âge Quaternaire repose en discontinuité sur le Cénozoïque

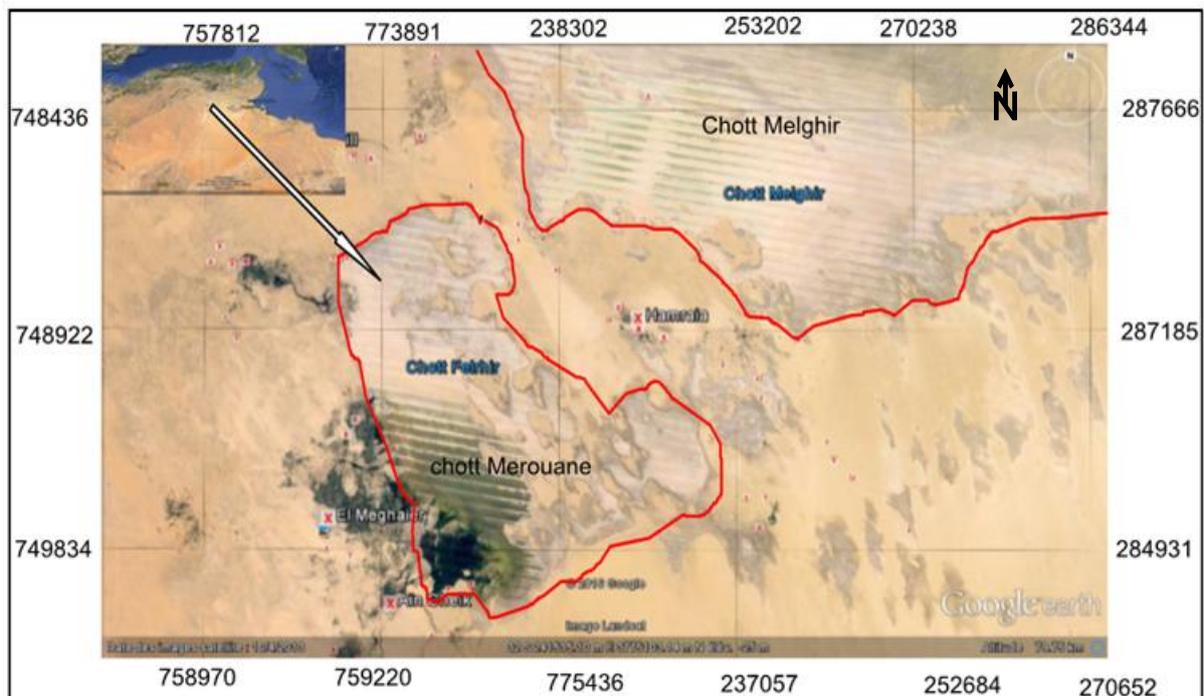
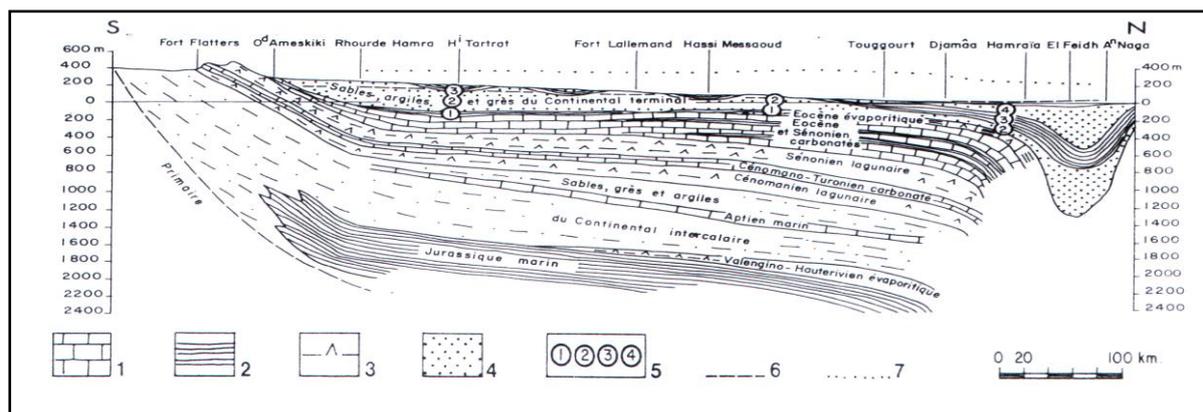


Fig.2 : Carte de Situation géographique et géologique du Chott Merouane (Google Earth 2016)



1. Calcaire, dolomie. – 2. Marnes, argiles. – 3. Gypse, anhydrite. – 4. Sables. – 5. Niveaux stratigraphiques du Continental terminal. – 6. Niveau hydrostatique du Continental terminal. – 7. Niveau hydrostatique du Continental intercalaire.

Fig.3 : Coupe géologique schématique Nord-Sud du Bas-Sahara, en partie.
(Guendouz et al, 2003).

I.3. Climatologie :

Le facteur déterminant est la pluviométrie. Les régions sahariennes connaissent des déficits pluviométriques importants. La pluviométrie est partout faible et accuse une très forte variabilité annuelle, saisonnière et régionale. Les températures sont élevées. Le climat est aride à hyperaride avec des amplitudes thermiques importantes. (MATE, 2000).

La région du Chott Merouane fait partie du grand bassin hydrologique du Sahara dit bassin de Melghir, caractérisé par un climat du type saharien, marqué par des précipitations très faibles et aléatoires, la température maximum peut atteindre 60°C en été, tandis que le minimum absolu est de 5 °C en hiver et par humidité relativement faible.

Les paramètres hydro climatologiques mesurés depuis une trentaine d'années à la station de Touggourt nous a permis de caractériser le climat de notre région d'étude.

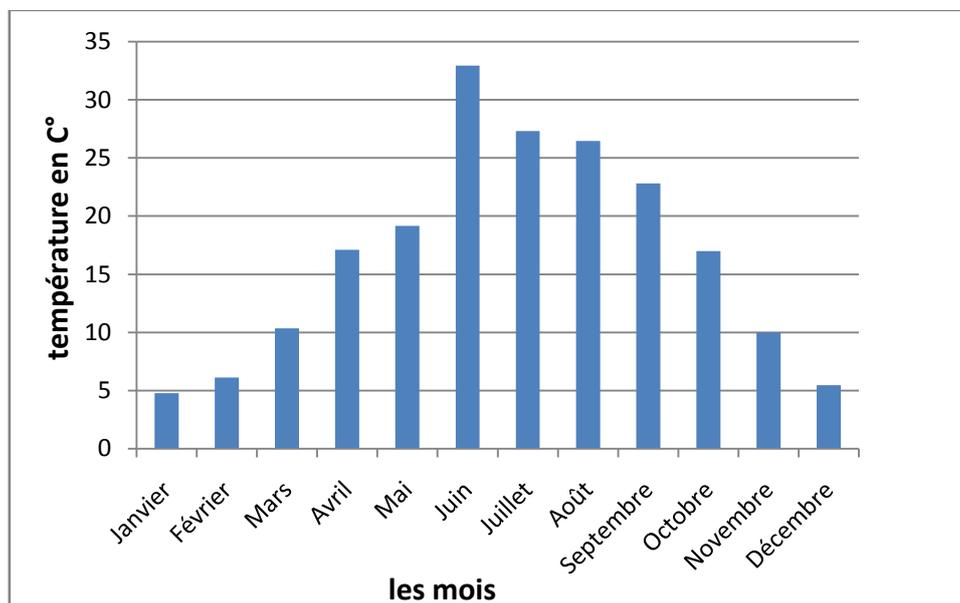
La carte ci-dessous configure les principales stations météorologiques qui sont actuellement en activité.

3.1. La température :

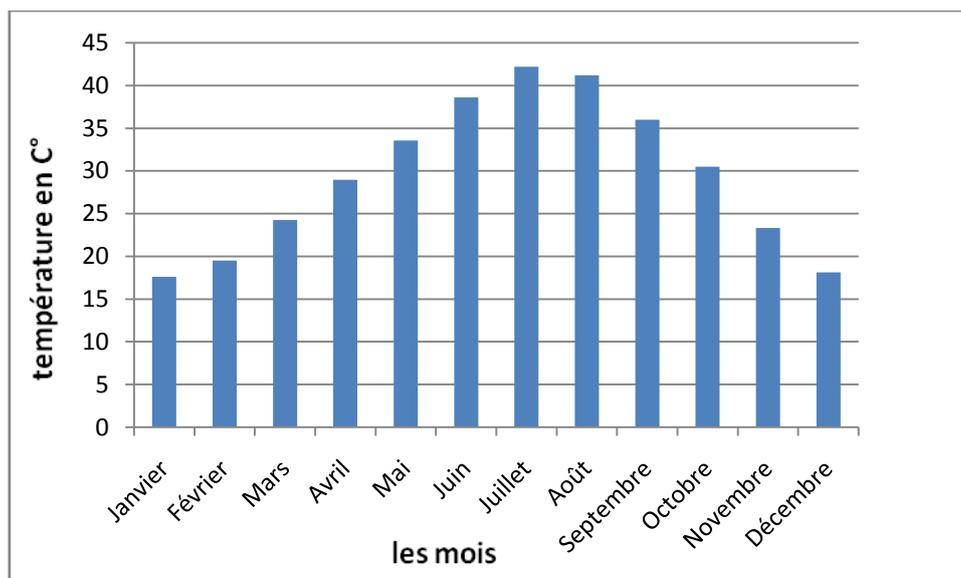
La température est un facteur fondamental à la caractérisation de climat d'une région, il est lié à la radiation solaire, sa variation influe sur la transformation des eaux en vapeur que ce soit en surface ou bien dans le sous-sol par conséquence elle agit sur la salinité des eaux.

L'analyse de la courbe de variation des températures moyennes mensuelles sur une période de (2005-2014) montre que le mois de juin est le plus chaud où on a enregistré 33,45 °C et le mois de janvier est le plus froid avec une température moyenne de 5,18°C.

L'influence de la température sur la qualité chimique se fait sentir pendant la période d'été, où on a constaté une concentration des éléments par évaporation.



**Fig.4 : Les températures moyennes et Min mensuelles et annuelles
Durant la période d'observation (2005-2014).**



**Fig.5 : Les températures moyennes et Max mensuelles et annuelles
Durant la période d'observation (2005-2014).**

I .3.2 . L'humidité :

Durant la période d'observation (2005-2014), L'humidité de l'air dans la région marquée par deux périodes bien distinctes.

Du mois d'octobre au mois de février : c'est une période relativement humide vue qu'on a enregistré des pourcentages supérieurs à 50 % avec une croissance de 51,69 % vers un maximum de 65,85 % au mois de janvier.

Du mois de mars jusqu'au mois septembre : c'est une période sèche, ou le taux d'humidité diminue pour aboutir à un minimum de 29 % au mois de juillet.

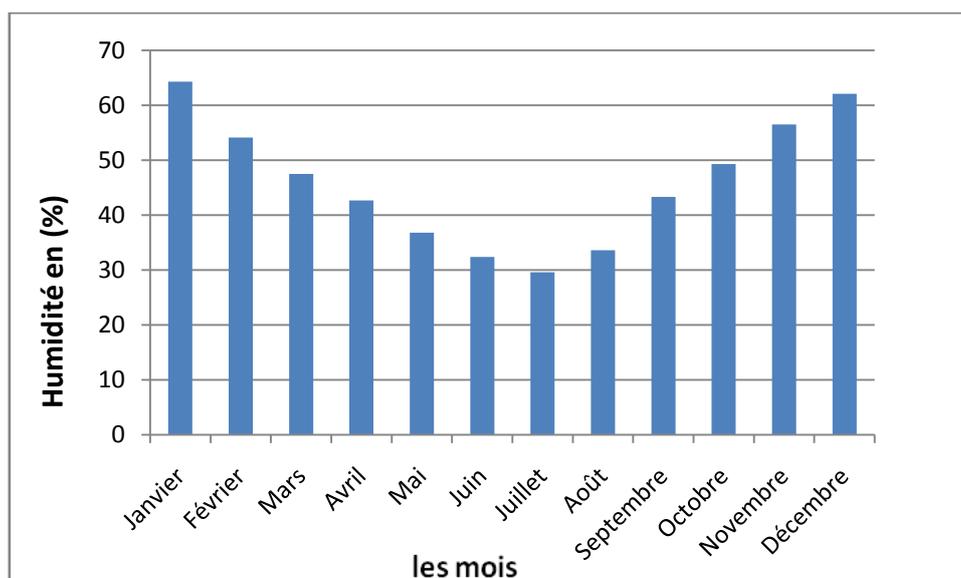


Fig.6 : L'humidité moyenne mensuelle et annuelle durant la période d'observation.

I.3.3. Les vents :

L'observation de la courbe de variation de la vitesse du vent en fonction du temps durant la période (2005-2014), montre que la vitesse du vent elle est stable de l'ordre de 65km/h , à part la période (mars, septembre) ou on a enregistré une augmentation de la vitesse du vent allant de 78à 80km/h.

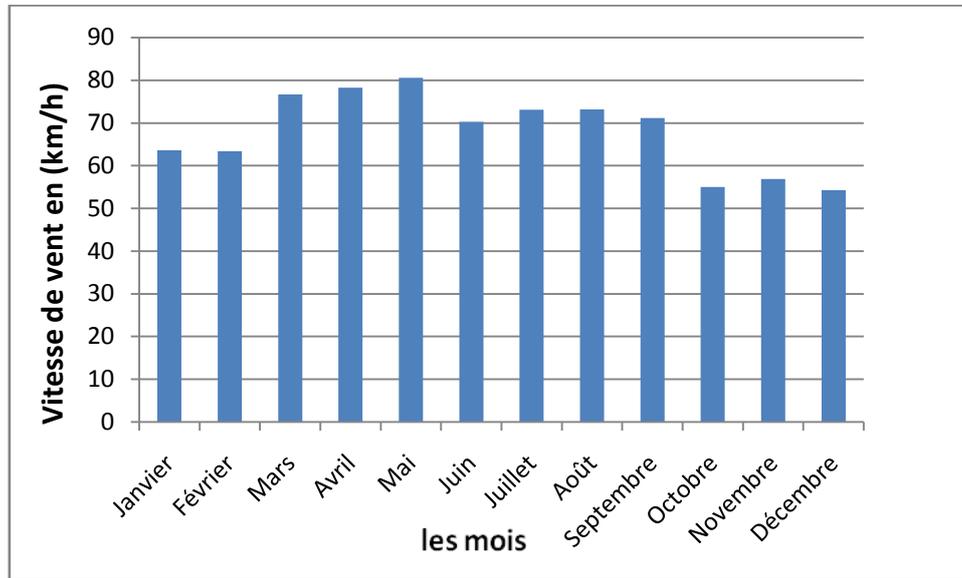


Fig.7 : La vitesse des vents moyens mensuels et annuels durant la période d'observation (2005-2014).

I. 3.4 : La précipitation :

L'observation de la courbe de variation des précipitations moyennes mensuelles des eaux, sur une période qui s'étale de (2005-2014) montres que le mois de janvier est le plus arrosée avec 15.5mm et le mois de juillet est le plus sec avec 0 mm.

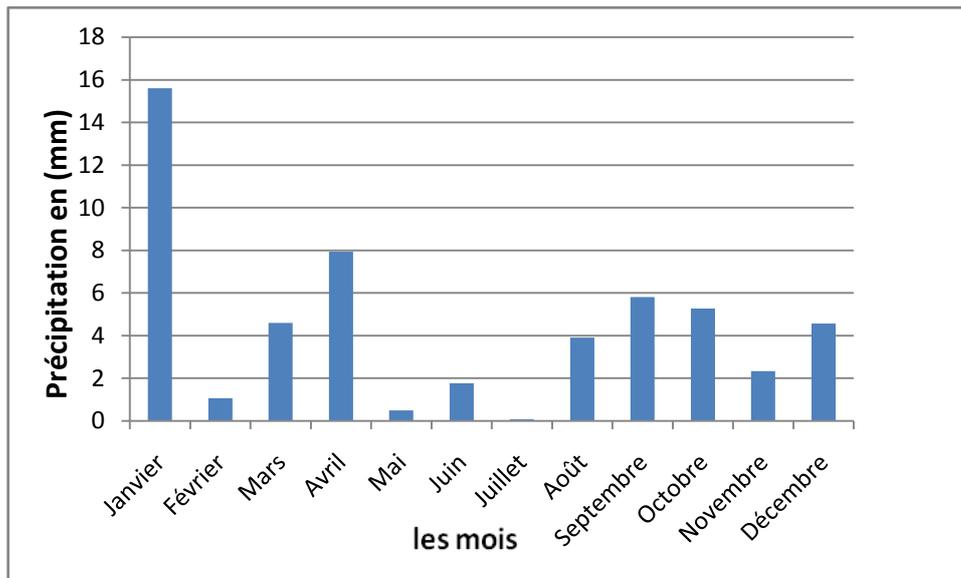


Fig.8 : Précipitation moyenne mensuelle durant la période d'observation (2005-2014).

I.3.5 :L'évaporation :

C'est la quantité d'eau qui a été transformée de son état liquide vers un état gazeux sous l'effet de la température, ce qui cause une augmentation de la concentration de la quantité d'eaux non transformée, elle est faible dans les régions humides et elle est élevée dans les régions arides où la vitesse du vent est importante.

Dans le cas de Chott Merouane, l'évaporation est influencée par la salinité, avec une salinité élevée la quantité des solides dissous elle est importante ce qui diminue la pression de l'évaporation de l'eau.

Avec une série d'observations (2005-2014) la courbe de variation de l'évaporation moyenne mensuelle montre une allure aussi simple, avec une tendance qui se diminue vers les mois de la saison hivernale suivie par une croissance une fois ont allant vers les mois de la saison estivale, cette fluctuation de l'évaporation est gouvernée par la température

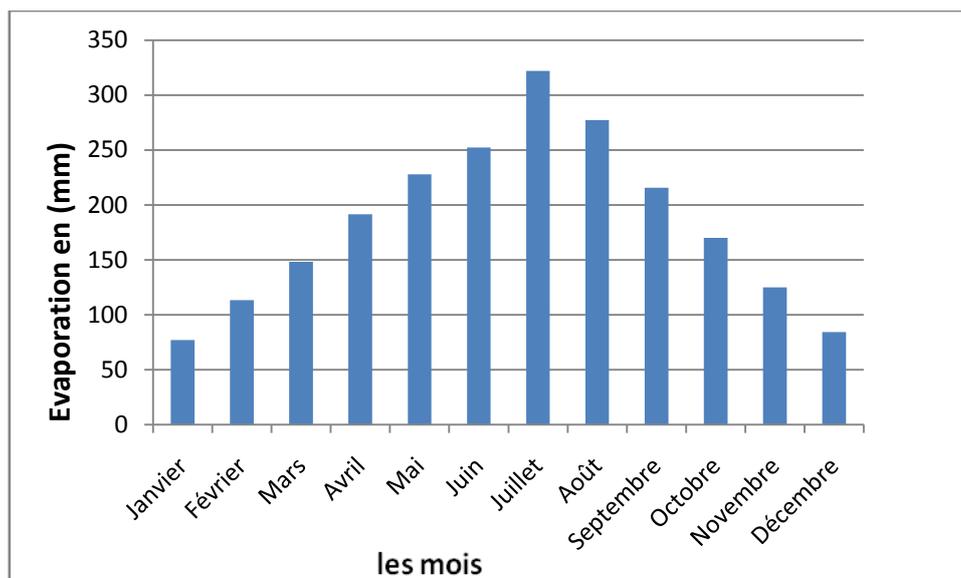


Fig.9 : L'évaporation moyenne mensuelle durant la période d'observation (2005-2014).

I.3.6 : La durée d'insolation

D'après la courbe de variation de la durée d'insolation sur une période d'observation de (2005-2014) on constate que la région de chott Merouane reçoit une quantité de la lumière solaire très importante durant tout les mois de l'année, avec un maximum de l'ordre de 358 heures au mois de juillet et un minimum au mois de janvier de 210 heures

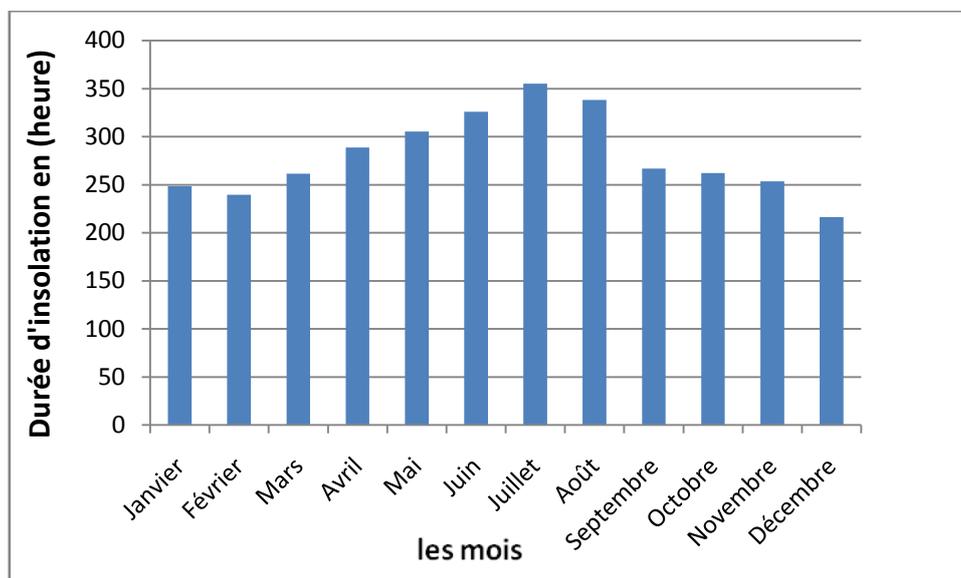


Fig.10 : La durée d'insolations moyennes mensuelles et annuelles durant la période d'observation (2005-2014).

I.3.7. Régime climatique :

*La courbe Ombrothérmique :

L'observation de la courbe Ombrothérmique montre que dans la période (2005-2014) le climat de la région de chott Merouane est caractérisée par une seule saison sèche qui s'étalant sur toute l'année mise à part le mois de janvier.

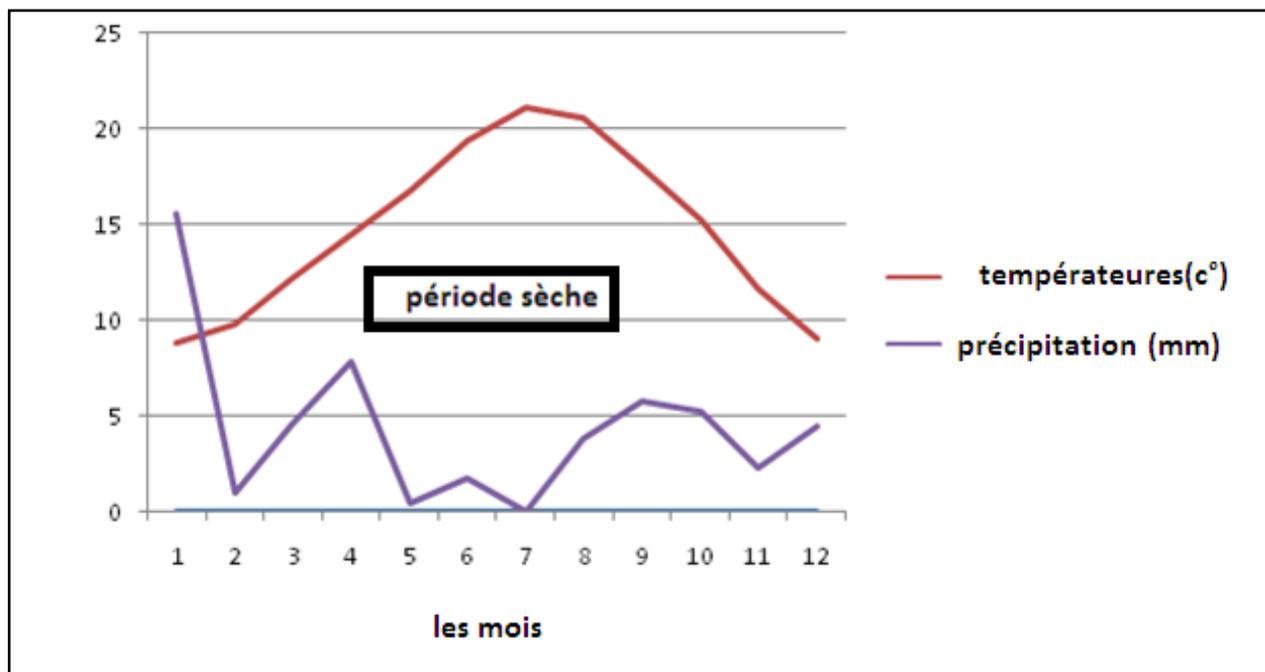


Fig.11 : Courbe ombrothérmique durant la période d'observation (2005-2014)

I. 4 : Hydro climatologie :

L'évolution géochimique du système évaporitique du chott est en relation directe avec les paramètres climatologiques, surtout l'évaporation, l'humidité relative de l'air, la température et la vitesse des vents.

La région du Chott Merouane fait partie du grand bassin hydrologique du Sahara dit bassin de Melghir, caractérisé par un climat du type saharien, marqué par des précipitations très peu abondantes et irrégulières, la température maximum peut atteindre 50 °C en été, tandis que le minimum absolu est de 5 °C en hiver et par humidité relativement faible.

Les paramètres hydro climatologiques mesurés depuis une trentaine d'années à la station de Touggourt nous a permis de caractériser le climat de notre région d'étude.

La carte ci-dessous configure les principales stations météorologiques qui sont actuellement en activité

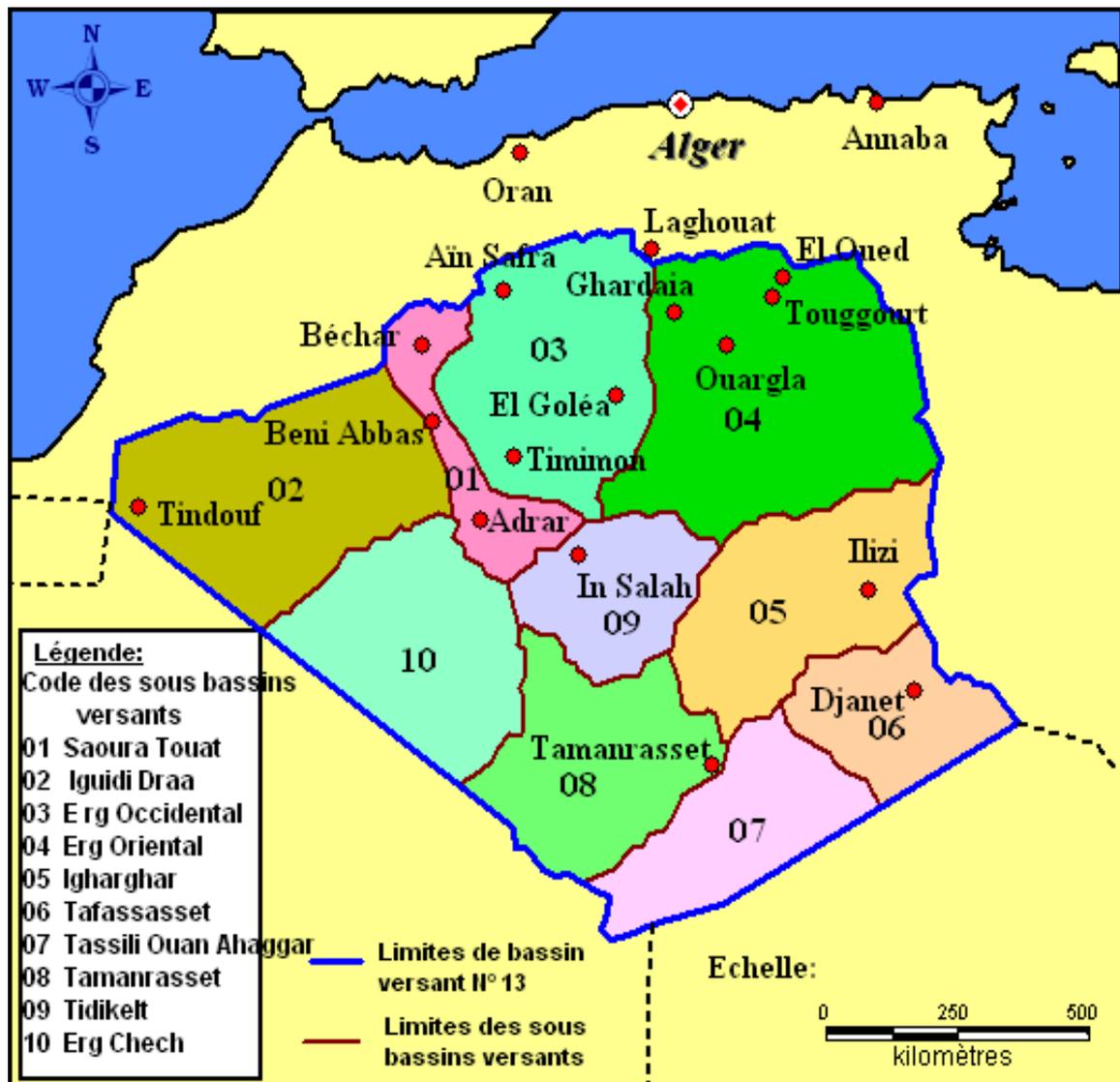


Fig.12 : Carte des stations Météorologiques d'après Cahiers de Sécheresse.(kadri 2012)

ERE	ETAGES	PROFONDEUR	CHRONO STRATIGRAPHIE	LITHOLOGIE
QUATERNAIRE			SABLE	
			ARGILE	
		10 m	ÉVAPORITE	
CÉNOZOÏQUE	MIO-PLIOCÈNE		SABLE	
			ARGILE	
		317m	GRES	
	ÉOCÈNE		ARGILE	
			CALCAIRE DOLOMITIQUE	
		402m	MARNE	
MÉSOZOÏQUE (CRÉTACÉ)	LE SÉNONIEN CARBONATÉ		CALCAIRE	
			MARNE	
	LE SÉNONIEN LAGUNAIRE	1054m	CALCAIRE	
			ANHYDRITE	
		1467m	SEL MASSIF	
	TURONIEN		MARNE	
		1513m	ARGILE	
	CÉNOMANIEN		CALCAIRE	
			GYPSE	
			ANHYDRITE	
		1749m	DOLOMIE	
	VARCONIEN		MARNE	
		1839m	CALCAIRE	
	ALBIEN		ARGILE	
			GRES	
		ARGILE		
2041m		GRES		
APTIEN		ARGILE		
	2087m	CALCAIRE		
BARRÉMIEN		ARGILE		
		SABLE		
		ARGILE		
	2230m	SABLE		

Fig.13 : Log stratigraphique synthétique de la région du chott Merouane.

(Kadri 2012)

I.5 : Hydrogéologie :

Lorsque l'on aborde le Sahara par le nord on est surpris par la rapidité avec laquelle on passe des montagnes et plateaux de l'Atlas à la plate-forme désertique saharienne. Ce passage souligné par des affleurements de calcaires blancs presque verticaux correspond à l'accident sud-atlasique qui est selon les endroits un pli, un pli-faille, ou une flexure. Au sud de cet accident, qui va d'Agadir au Golfe de Gabès, s'étend le bouclier africain qui a résisté aux plissements et sur lequel la mer s'est parfois étendue, mais sans jamais atteindre de grandes profondeurs. C'est sur ce bouclier formé de roches éruptives et métamorphiques que se sont déposés plusieurs milliers de mètres de terrains sédimentaires allant du Cambrien au Quaternaire dont certains horizons servent de réservoirs aux aquifères que nous étudions.

Les ressources en eau souterraine dans le bassin sédimentaire du Sahara septentrional ou la région du chott Merouane fait parti, sont contenues dans deux grands aquifères, qui s'étendent au-delà des frontières algériennes (Tunisie et Lybie) : ceux du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT).

I. 5.1 : L'aquifère du Continental Intercalaire

La nappe du Continental Intercalaire souvent appelée « nappe de l'albien » occupe une partie de la puissante série sédimentaire du Sahara algérienne, le terme Continental Intercalaire est d'origine géologique, il désigne les formations continentales qui se sont déposées entre le cycle marin du Paléozoïque, clôt par l'orogénèse hercynienne qui a rejeté la mer hors de la plate-forme saharienne, et la grande transgression marine du Cénomanién, Le Continental Intercalaire couvre donc une large période qui va du Trias à l'Albien, le terme n'est donc pas tout à fait approprié, car il concerne aussi quelques formations lagunaires et marines déposées à l'occasion de petites incursions marines à partir du golfe de Gabès.

À l'affleurement, dans les régions d'Adrar et d'Ain Salah, le Continental Intercalaire se présente sous la forme d'une succession de bancs gréseux, de sables fins et de niveaux argileux ; les niveaux perméables prédominent largement. Les grès sont déconsolidés, friables, souvent mal cimentés, de teinte rose à brune.

On observe souvent la stratification entrecroisée typique des dépôts fluviaux leur grain est variable, parfois assez fin souvent grossière, on trouve même des concrétions sphériques de quelques centimètres de diamètre, le ciment est le plus souvent carbonaté, il est parfois siliceux ou argileux, les argiles sont rouges, brunes ou vertes, toujours sableuses, et forment des intercalations de quelques centimètres d'épaisseur.

Ce réservoir a un volume considérable du à la fois à son extension sur tout le Sahara septentrionale (600.000 km²) et à son épaisseur utile, qui peut atteindre 250 mètres dans la plus grande partie du bassin a une profondeur qui dépasse les 2000 m à Ouargla, El-Oued et Oued Righ, à la périphérie du bassin, la profondeur de la nappe ne dépasse pas les quelques dizaines de mètres (El-Goléa, Timimoune...).

La nappe du Continental Intercalaire est un réservoir à eau douce de bonne qualité sur l'ensemble du bassin en particulier dans les limites Ouest du bassin (El-Goléa), la plus grande partie de l'eau de cette ressource a été remplie pendant les périodes pluvieuses du Quaternaire.

Cette nappe est artésienne dans la majeure partie du bassin, par contre dans les bordures du bassin elle est exploitée par pompage ; notons qu'auparavant la nappe est artésienne même dans les bordures, cette diminution de la pression est due à une surexploitation de cette nappe.

Le sens d'écoulements de cette nappe commence de l'Ouest algérien vers l'Ouest tunisien, et du Sud algérien vers l'Ouest tunisien L'exutoire naturel de cette nappe est chott Djérid en Tunisie.

I. 5 :2. L'aquifère du Complexe Terminal

Le Complexe Terminal (C.T) est un aquifère multicouche, caractérisé par l'intercalation des formations imperméable à semi-perméable avec des formations perméables, il couvre la période qui s'étale du Sénonien au quaternaire, notons que localement le Turonien est englobé à l'ensemble « Complexe Terminal ».

Il s'étend sur une superficie de 350.000 km² avec une profondeur oscillant entre 100 et 500 m, il regroupe deux aquifères différenciés selon la nature lithologique, de haut en bas on trouve :

I.5.2. 1. L'aquifère du Mio-Pliocène sablo argileux

Constituée essentiellement par des sables avec présence de calcaire et des argiles, reconnue sur une épaisseur moyenne de 300 m.

I.5.2. 2. L'aquifère du Sénon-Eocène carbonaté

Représenté par des formations carbonatées et évaporitique intercalées par des marnes parfois des argiles, reconnues sur une épaisseur de l'ordre de 400m

I.5.2. 3. L'aquifère du Turonien

C'est la base du complexe terminale, reconnue sur une épaisseur de l'ordre de 46 m, représenté par des calcaires séparés des deux nappes sous-jacentes par les formations du Sénonien lagunaire qui constitue un écran imperméable.

Cette particularité hydrogéologique et leur hétérogénéité lithologique leur ont valu d'être groupées sous le terme de Complexe.

L'alimentation de la nappe (CT) s'est fait essentiellement pendant les périodes pluvieuses du Quaternaire, actuellement la nappe reçoit des quantités importantes au niveau des bordures qui sont relativement arrosées et par infiltration à travers les sables du Grand Erg oriental, qui repose par endroits directement sur les formations perméables du Mio-Pliocène, ou bien par drainance à travers les failles d'Amguid l'Abiod qui maintient en contact le complexe terminal avec de l'aquifère du Continental Intercalaire.

L'exutoire naturel de cette nappe en Algérie est le chott Merouane et Melghir en Tunisie chott El Jerid et chott El Ghersa. Le débit d'alimentation de cette nappe est estimé de 18.5 m³/s la salinité est bonne sur les bordures est relativement élevée dans le centre du bassin (dépassé 3 g/l dans la région de Touggourt et Ouargla) le sens d'écoulement de cette nappe est Sud- Nord et nord-sud.

L'étude ERESS. (1969) montre que la nappe du complexe terminal alimente le chott par drainance avec un volume d'eau estimé à 62.34 x 10⁶ m³/an.

I. 5.3 La nappe phréatique

Représenté par des sables fins à moyens d'âge quaternaire avec traces de cristaux de gypse, très perméables, libre, caractérisée par des eaux à fortes salinités se situées à des profondeurs variant de 1 m à 50 cm, avec l'excès d'irrigation et de pompages à travers les nappes captives (CI et CT), La nappe phréatique de la vallée de l'oued Righ a connue une remontée de son niveau piézométrique par conséquent des nombreux secteurs sont inondés en hivers, mauvais rendements agricoles. Ces pour cela un réseau de drainage artificiel a été réalisé dans la dépression de l'oued Righ afin d'amoinrir le danger de la situation.

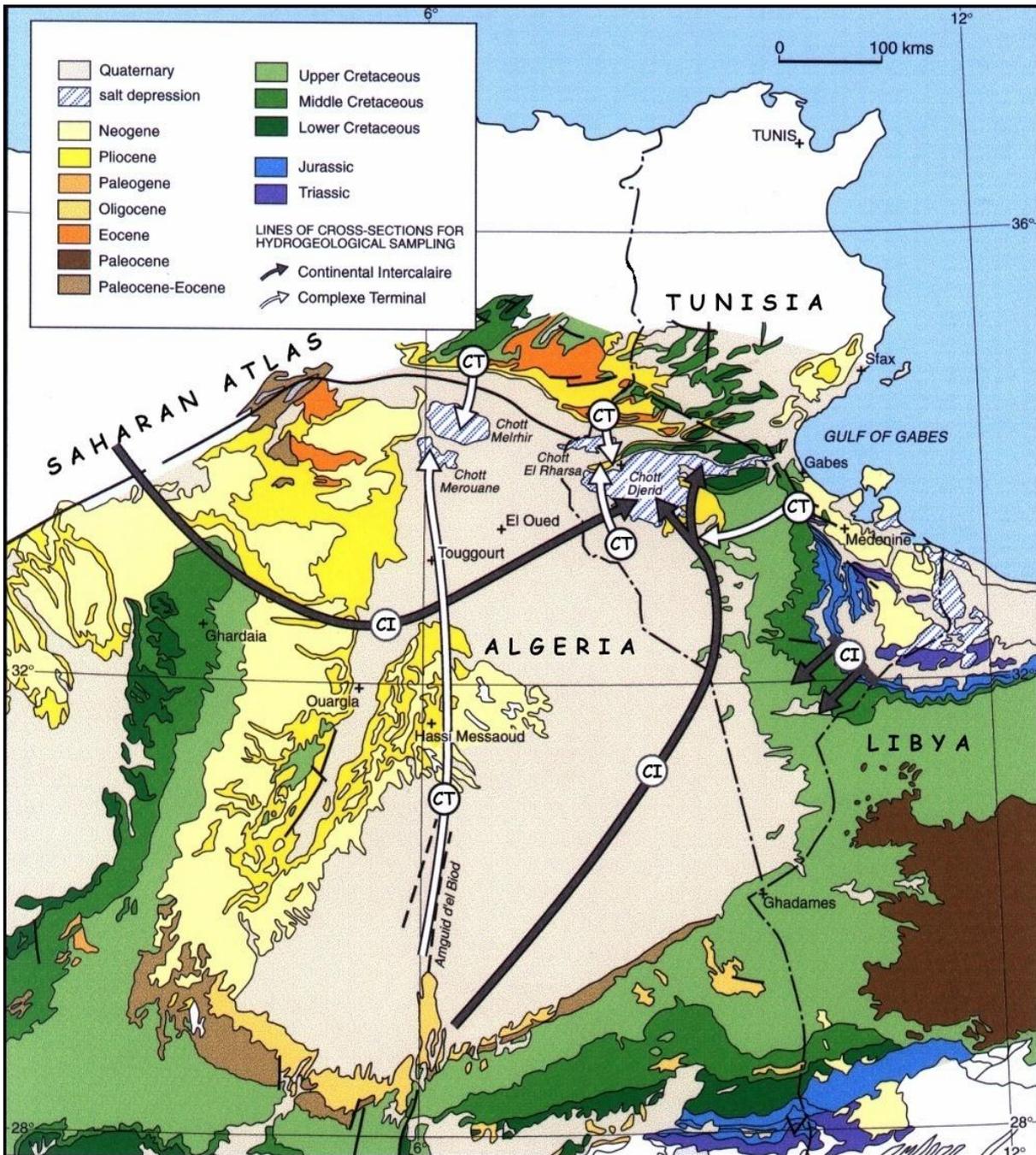


Fig.14 : Carte Hydrogéologique des deux nappes du Sahara septentrional avec le sens d'écoulement des deux nappes (Étude ERESS modifiée par Gundouz et al, 2003).

Introduction

Les limites naturelles de l'Algérie sont la Mer Méditerranée au nord (1200 km de côte), le Maroc à l'ouest, la Tunisie et la Libye à l'est, la Mauritanie et le Sahara Occidental au sud-ouest et finalement le Mali et le Niger au sud. Le méridien d'origine (Greenwich) passe à proximité de Mostaganem. Par sa superficie (2 381 741 km²) l'Algérie est le premier plus grande pays Africaine et du monde arabe. Les distances y sont très grandes, environ 2000 km de la côte méditerranéenne au massif du Hoggar et 1800 km d'In Amenas à l'est jusqu' à Tindouf à l'ouest.

II.1. Morphologie :

Le pays comprend quatre grands domaines du Nord au Sud (Fig 15):

- l'Atlas tellien (ou le Tell), constitué de reliefs escarpés et de plaines littorales dont les plus riches d'Algérie sont la Mitidja au centre, le Chelif à l'ouest et le Seybouse à l'est;
- les Hauts Plateaux;
- l'Atlas saharien forme une longue suite de reliefs orientés SW- NE s'étendant de la frontière marocaine à celle de la Tunisie;
- le Sahara, qui recèle l'essentiel des ressources en hydrocarbures, est un désert formé de grandes étendues de dunes (Erg Oriental et Erg Occidental), de plaines caillouteuses (regs) et parsemé d'oasis, qui sont autant de centres urbains comme El Oued, Ghardaïa et Djanet (Le massif des Eglab à l'ouest et le massif du Hoggar à l'est forment, pratiquement, la limite méridionale du Sahara algérien).

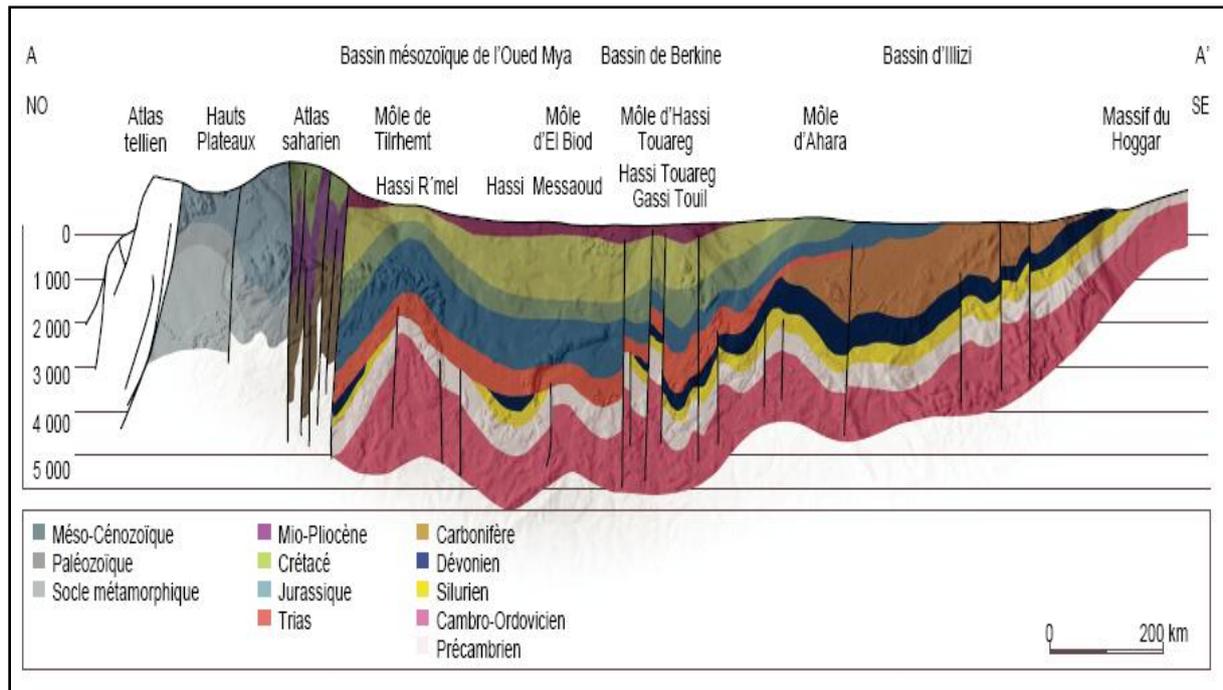


Fig.15: Coupe géologique OW-NE de l'Algérie. (WEC 2007)

II.2. Aspects structuraux :

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;
- La plate-forme saharienne, relativement stable, où la tectonique est moins prononcée.

II.2.1 Le Nord de l'Algérie :

Le Nord de l'Algérie est délimité par les éléments suivants:

- au Sud, l'Atlas saharien, une chaîne de montagnes d'origine alpine.
- au centre, des plate-formes comme la Méséta oranaise à l'ouest et le môle d'Ain Regada à l'est.
- dans la partie septentrionale, l'Atlas tellien est une zone complexe constituée de nappes mises en place au Miocène inférieur. Des bassins néogènes tardifs comme le Chélif et le Hodna se sont installés sur ces nappes. (Géologie de l'Algérie, SONATRACH 2005).

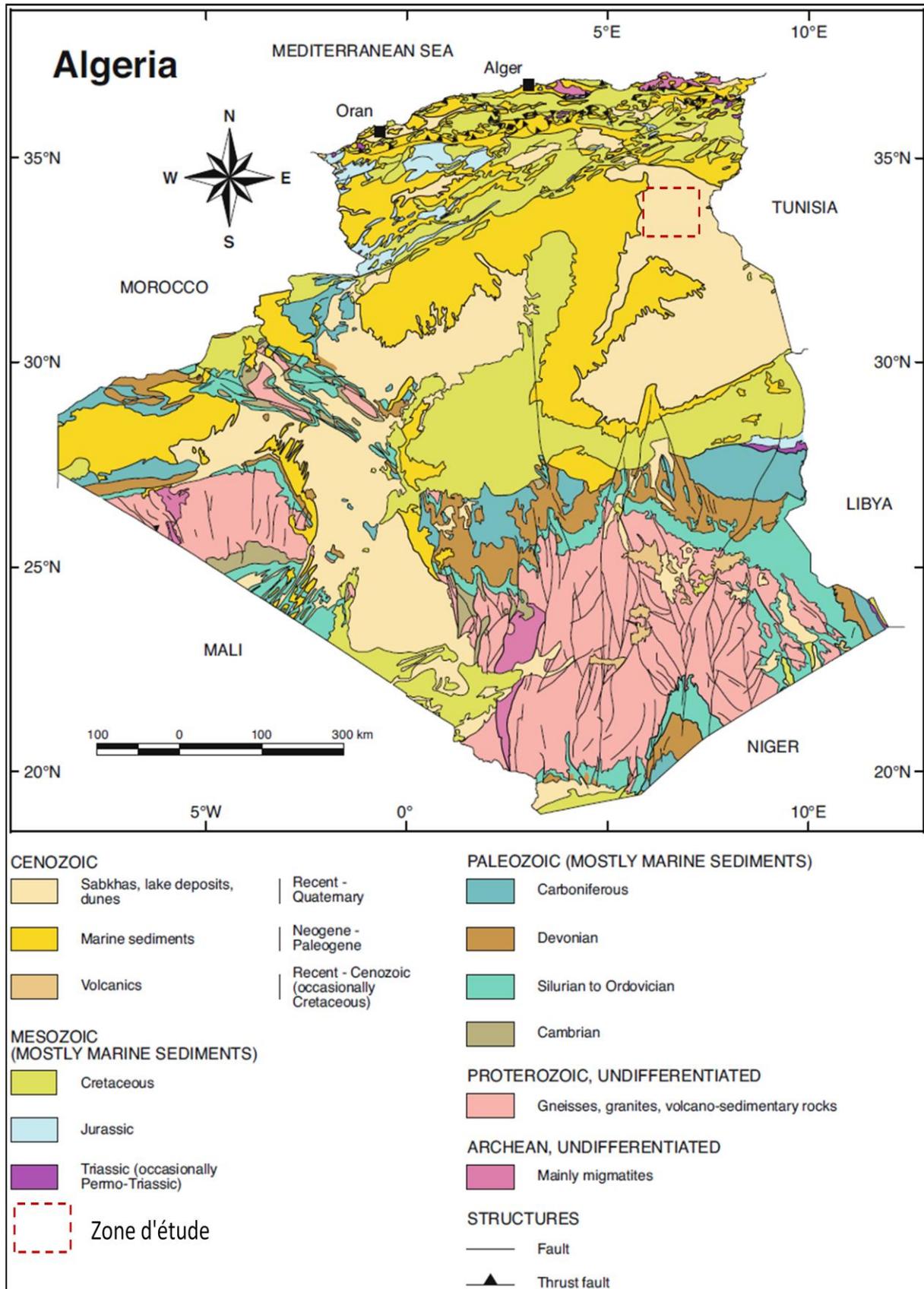


Fig.16: Carte géologique de l'Algérie (modifié par Fabre et al 1978) (SONATRACH 2005)

II.2.2 La Plate- Forme Saharienne:

Situe en Algérie alpine elle appartient au Craton Nord Africain, elle comprend un socle Précambrien sur lequel se repose en discordance une puissante série sédimentaire structuré au primaire (Paléozoïque) en plusieurs bassins séparés des zones hautes. (GUIRAUD 1990). Ces sédiments et d'âge phanérozoïques transgressifs. Différents éléments tectoniques délimitent des bassins sédimentaires dans lesquels la lithostratigraphie est plus ou moins complète. (Géologie de l'Algérie, SONATRACH 2005).

Le Sahara algérien occupe la partie occidentale de la dalle précambrienne du continent Africain. Cette plate-forme saharienne est limitée au sud par les bordures du bouclier Targui et Reguibat et au Nord par la région alpine plissée de l'Atlas. La limite entre la zone tectoniquement calme de la Plate-forme Saharienne et la zone plissée de l'Atlas saharien est marquée par l'accident sud atlasique matérialisé par des flexures et des failles.

Les dépôts néogènes qui sont surtout le produit de démantèlement de la chaîne atlasique masquent complètement les structures plissées sous-jacentes. Et ce n'est que grâce à la géophysique et aux logs de forages que cette structure est mise à jour. Ainsi les chaînes de l'Aurès montrent une série de plis orientés NE-SW qui vient se noyer sous la plaine saharienne. Le recouvrement des formations crétaées conservant la structure propre à la chaîne atlasique s'est fait par l'abaissement de la zone du sillon Sud Aurésien et la surélévation de la chaîne de l'Atlas saharien. Ceci est du, parfois, à des flexures et à des failles. Autrefois au contraire cet abaissement est moins brusque, on peut alors observer l'affleurement de ces plis. C'est ainsi que le Sénonien se trouve formant les dômes allongés du djebel Hamara du Kebch et du Touila. Le régime continental localisé au crétaé inférieur dans cette région et qui laisse cependant voir quelques incursions marines à l'Aptien cesse avec la transgression marine du Cénomanién. A partir de cette époque et jusqu'à la fin de l'Eocène moyen, la sédimentation a été de type lagunaire ou marin. A la fin de l'Eocène moyen, la région subit une surélévation due à des mouvements orogéniques. Ceci a provoqué de faibles plis de direction NE-SW qui sont en relation avec le plissement de l'Atlas saharien, ainsi qu'un plissement de direction ENE-WSW. Cette dernière phase tectonique est parfois très violente elle a provoqué le déversement vers le sud. La couverture par les sédiments continentaux ne s'est faite qu'à la fin du Miocène. Une dernière phase orogénique a eu lieu à la fin du Pliocène montrant un plissement de direction Est-Ouest. Cette phase accentue les plissements précédents et redresse les flancs sud de la chaîne atlasique.

L'orogénèse atlasique est aussi responsable des plis à grands rayons de courbure rencontrés au niveau de la plate-forme Saharienne : dorsale du M'Zab, l'axe Amguid-El Abiod formant un synclinal qui se continue jusqu'aux Aurès. Ces plis de direction générale NE-SW sont mis en évidence par la géophysique ainsi que l'étude des forages. Ils sont, en outre, matérialisés par l'apparition de dômes alignés suivant ces mêmes directions. C'est ainsi que le pli anticlinal cénomanien de Sidi Khaled provient du dôme de Biskra, s'enfonce dans la plaine de Foughala, affleure à Doucen et se poursuit jusqu'au Sud de l'oued Djedi.

A cette structure se superposent des accidents transverses qui divisent la région en zones déprimées et d'autres surélevées.

La disposition des axes joue certainement un rôle important dans la répartition des eaux souterraines. Dans cette région les eaux souterraines se manifestent par des sources parfois très importantes. Ces sources sont artésiennes et sont en rapport avec le réseau de failles.

Cette tectonique a aussi une grande influence sur le développement du système karstique. Elle se manifeste par une forte densité de fractures, diaclases et failles sur les massifs bordant la plaine d'El Outaya et la région de Tolga. Ceci se traduit par une karstification très développée en profondeur, notamment, sur les flancs des anticlinaux (CHABOUR 2006).

II.3. Cadre géologique régional :

Le Sahara septentrional de l'Algérie se situe au Nord-Est de la plate forme saharienne, celle-ci est limitée, au nord par la chaîne de l'atlas saharien et au sud, par le bouclier Reguibate et Touareg, avec une superficie de 720 000 Km² qui s'étalant le long de plus de 600 km, elle s'étend des pieds de l'Aurès au nord jusqu'au Tassilis au sud. Une grande partie du bassin est recouverte par le grand Erg oriental, soit 125 000 Km².

Elle comprend un socle précambrien sur lequel repose en discordance une puissante couverture sédimentaire, structurée au Paléozoïque en plusieurs bassins séparés par des zones hautes qui s'inclinent en pente douce vers les parties déprimées qui forme un trend d'ensellements, matérialisés par l'axe SSW-NNE occupé par des Chotts et dont le fond est inférieur au niveau de la mer.

II .3.1. Le Bassin Occidental du Sahara :

Le bassin occidental du Sahara occidental est la région comprise entre le M'Zab, la vallée de la Saoura et la flexure atlasique. C'est une région de plate forme très monotone, où l'on observe seulement un léger relèvement des couches du Mio-Pliocène sur les bordures, de sorte que l'ensemble du bassin constitue un vaste synclinal très ouvert (Fig 17). Dans cette région du Sahara il n'y a pas d'intérêts pétroliers dans les formations du secondaire et du tertiaire ; les renseignements géologiques y sont donc moins abondants et plus succincts que dans le bassin oriental. Dans une grande partie de ce bassin occidental, entre le M'Zab et la Saoura, à l'exception de la zone située immédiatement au sud de la flexure saharienne, on constate l'absence de formations intermédiaires entre les sables du Mio-Pliocène et les sables du continental intercalaire. L'identité des faciès sableux entre le Mio-Pliocène et le continental intercalaire rend difficile la distinction de ces deux formations. Notons bien que la limite Complexe terminal –continental intercalaire n'est pas claire et change d'une région à une autre (Hacini ,2006).

II.3.2.Le Bassin Oriental Du Sahara :

Le bassin du Sahara oriental est nettement mieux connu que sa contrepartie occidentale, grâce aux recherches pétrolières. Le Sahara oriental, limité à l'ouest par le M'Zab et au sud par les plateaux du Tademaït et du Tinrhert, se prolonge vers l'Est en Tunisie et en Libye. Le bassin oriental se présente également comme un vaste synclinal, ouvert vers le Nord. Dans sa moitié sud, ce synclinal est traversé par un grand axe anticlinal nord-sud, siège de plusieurs gisements pétroliers, c'est le haut-fond d'Amguid -El Biod. Cet axe n'est plus apparent dans les formations du Mio- Pliocène ; il y a même inversion de relief puisque l'axe de l'actuel synclinal Mio-Pliocène se superpose à l'ancien haut-fond. Dans le bassin du Sahara oriental, une seconde zone haute a existé, du Cénomanién au Mio-Pliocène, entre Hassi Messaoud et la frontière tunisienne. Cette structure est orientée est-ouest, elle sépare la fosse des chotts, au nord, du reste du bassin. Il semble que cet axe joue un rôle important dans l'hydrogéologie de cette région.

Le long du versant sud de l'Atlas, existe une immense fosse de subsidence, dans laquelle l'épaisseur maximum des sables et argiles de l'Oligocène et du Miocène Pliocène serait d'environ 2000 mètres ; l'épaisseur maximum des séries Post-Albiennes serait d'environ 3000 mètres. Divers indices (conglomérats pliocènes redressés à la verticale, Terrasses quaternaires anciennes à 20 mètres au-dessus du lit actuel des oueds dans la région

de Négrine et Frekane), indiquent que cette région est toujours tectoniquement active (Hacini 2006).

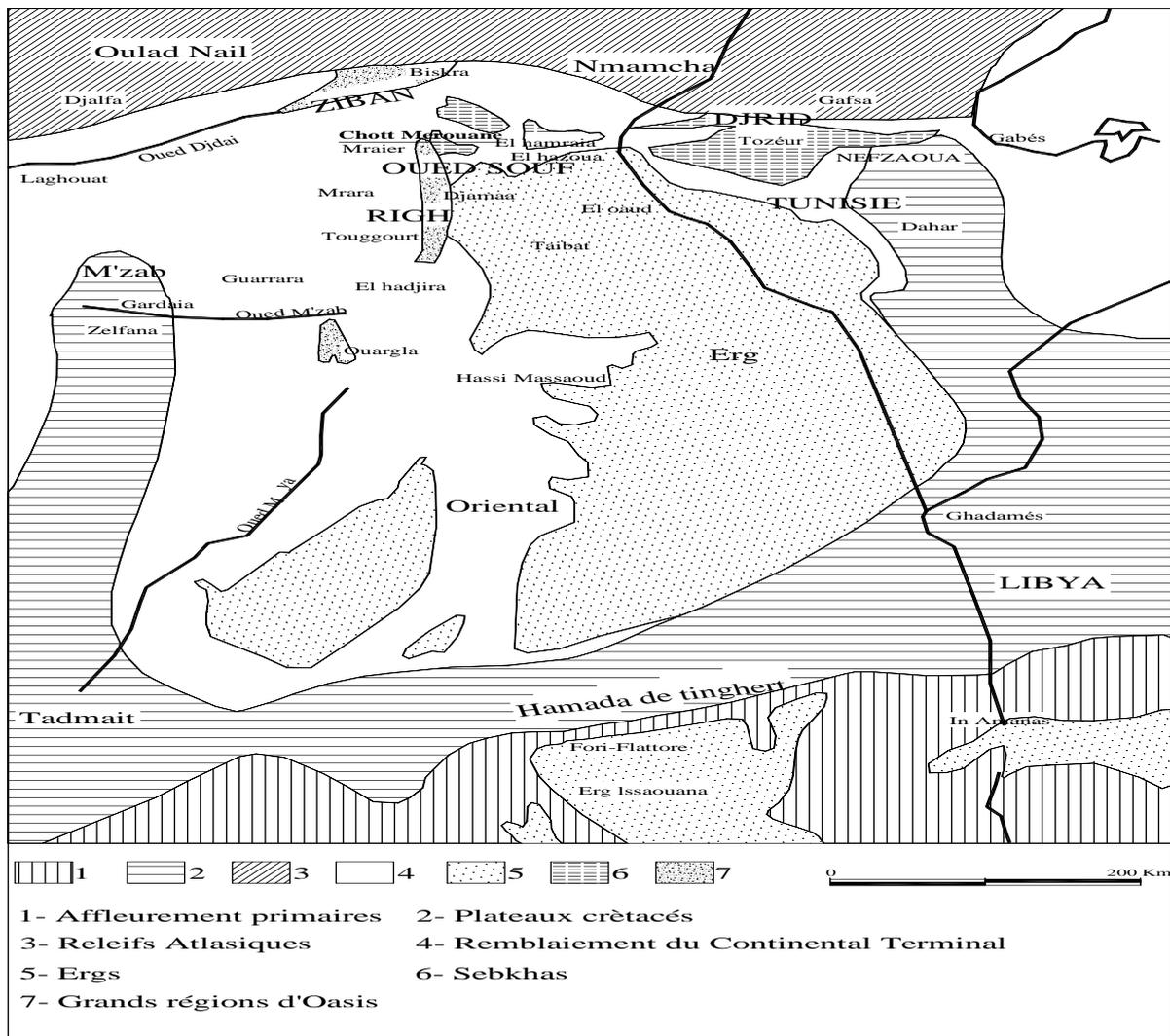


Fig.17: Les grandes unités géologiques au Sahara (Hacini, 2006).

II.4.Lithostratigraphie :

a.Le Paléozoïque

Correspond à des dépôts de climat désertique périglaciaire. Autour des affleurements du socle, s'étagent des couches gréseuses et schisteuses des Tassilis. Les mouvements hercyniens du Permo-Carbonifère, vont provoquer l'érosion du bouclier. Il s'installe alors une grande période continentale avec pénéplanation post-hercynienne pendant le Trias et le Jurassique et formation d'un manteau de grès, de sable et d'argile, qui va constituer le "Continental Intercalaire ."

b. Le Trias

BUSSON (1970) souligne la grande variabilité de faciès et d'épaisseur du Trias. Il est divisé en grandes unités lithologiques distinctes qui peuvent être: salifères, argileuses, argilo-gréseuses ou carbonatées. L'épaisseur de ces différentes formations varie principalement là où s'intercalent des bancs salifères. L'épaisseur du Trias argilo-gréseux inférieur augmente vers le Nord-Ouest (150-180m). Elle diminue dans les zones de hauts-fonds (Hassi Messaoud et R. El Baguel). Le Trias salifère présente une grande épaisseur (700 m au N-E de Ghadamès), il atteint 1300 m à H. Messaoud.

c. Le Jurassique

* Le Jurassique inférieur et moyen (Lias-Dogger) comprend principalement des couches évaporitiques constituées essentiellement de sel, d'anhydrite et d'argiles auxquelles se superposent des couches franchement marines et qui se présentent sous forme de calcaires et argiles avec des bancs d'anhydrite .

* Le Jurassique moyen caractérisé par une transgression couvrant tout le bassin du Grand Erg Oriental et les dépôts y sont épais .

* Le Jurassique supérieur est caractérisé par une permanence relative du régime marin avec des sédiments de milieux confinés. Dans la partie occidentale du bassin, le régime marin accuse une certaine régression à l'image de ce qui se passe plus à l'Ouest et vers le Sud . Le passage du Jurassique supérieur au Crétacé inférieur se caractérise par des apports terrigènes ayant pour origine les reliefs nourriciers situés au Sud du bassin saharien (Hoggar) (Fig.10) (BUSSON, 1970).

e- Le Crétacé inférieur: L'étude des données de sondages BUSSON (1970) a permis de préciser la succession des paléogéographies au cours du Crétacé inférieur. Il est constitué par des couches terrigènes fluvio-délaïques qui sont en contraste lithologique et sédimentaire avec les formations marines du Jurassique supérieur. Il comprend, en partie des formations les plus anciennes.

d. Le Vraconien

Dans le bassin oriental du Sahara algérien, le Vraconien est le terme de passage entre l'Albien sableux (sommet du Continental Intercalaire) et le Cénomaniens argilo-carbonaté (base du Complexe Terminal). Le Vraconien est constitué d'une alternance irrégulière de niveaux argileux et dolomitiques, d'argiles sableuses et plus rarement, de passées de grès à ciment calcaire, difficile à reconnaître en forage, le Vraconien a souvent été interprété comme de

l'Albien ou du Cénomaniens. Ses limites inférieure et supérieure sont parfois assez floues. Il est raisonnable de choisir comme limite inférieure du Vraconien la disparition du faciès sableux franc de l'Albien (Hacini, 2006).

e. Le Cénomaniens

Dans le bassin oriental du Sahara algérien, le Cénomaniens est constitué par une alternance de dolomies, de calcaires dolomitiques, d'argiles et d'anhydrite. L'épaisseur des bancs est de 1 à 5 mètres environ. De plus, l'épaisseur augmente du Sud vers le Nord (de 50m dans le Tademaït à 350 m dans le Bas-Sahara. La présence de nombreux bancs d'évaporites et d'argiles rendent le Cénomaniens imperméable (BEL et CUCHE, 1969). Le Cénomaniens inférieur à moyen: est argileux dans le Tinrhert et le Bas-Sahara, le Cénomaniens supérieur y est calcaire (BUSSON, 1970). Il est représenté par une série lagunaire, de marne, gypse avec passées d'anhydrites et des bancs carbonatés sur l'ensemble du bassin oriental du Sahara algérien.

f. Le Turonien

Il se présente sous trois faciès différents, du Sud au Nord :

- Au Sud du parallèle d'El Goléa, il est calcaro-marneux.
- Entre El Goléa et Djamaâ, il est essentiellement calcaire.
- Au Nord de Djamaâ, il est à nouveau calcaro-marneux.

Son épaisseur moyenne varie entre 50 et 100 m. Elle augmente cependant dans la région des chotts où elle dépasse 300 m (BEL et CUCHE, 1969).

g. Le Sénonien

Il est subdivisé en trois niveaux qui sont de bas en haut :

g.1 Le Sénonien Salifère

Ce terme n'existe que dans la partie centrale du bassin, il est essentiellement constitué du sel gemme qui repose sur un banc Anhydritique latéralement qui se prolonge vers le NE, on va vers le SW il devient argileux.

g.2 Le Sénonien lagunaire

Trois intervalles bien distincts caractérisent le sénonien lagunaire :

- Anhydritique à la base.
- Carbonaté à la partie médiane.

- Anhydritique au somme.

Ces niveaux ne son pas souvent bien individualisé, et les niveaux argileux ne dépassant généralement pas 1 à 2 mètres avec présence de trace de sel.

g.3 Le Sénonien Carbonaté

Le Sénonien carbonaté composé essentiellement par des niveaux dolomitique a calcaires dolomitiques, avec intercalations marno-argileux, avec rares passée d'anhydrite.

La limite entre Sénonien lagunaire et Sénonien carbonaté elle n'est pas toujours claire, bien que La limite supérieure du Sénonien carbonaté soit encore plus floue.

En effet, il y a pratiquement une continuité du point de vue lithologique entre le Sénonien et l'Éocène carbonaté, les deux niveaux étant formés par des calcaires de même nature. Seule la présence de nummulites permet d'identifier l'Éocène.

k.L' Eocène

Dans L'Éocène, on distingue deux formations lithologiques, comme dans le Sénonien.

- L'Éocène carbonaté à la base.
- L'Éocène évaporitique au sommet.

k.1 L'Éocène Carbonaté

C'est une alternance de dolomie calcaire, passant à des calcaires dolomitiques vers la base, une série a Nummulite complétée par une séquence de faciès lagunaire (Evaporitique), présence de calcaires.

k-2 L'Éocène Evaporitique

Une alternance argiles calcaires, marnes Anhydrite, associée a une microfaune, d'âge éocène, constitué de nummulites, de milioles et de globigérines.

l- Le Mio-Pliocènes

Le Tertiaire continental du Sahara peut être relativement épais (150 m). Il se présente sous forme d'un faciès sableux et argileux avec du gypse. Dans le Bas-Sahara, la sédimentation lacustre se présente sous forme de séries sableuses et argileuses connues sous le nom du Continental Terminal (Mio-Pliocène) dont l'épaisseur peut atteindre, dans la région des Chotts algéro-tunisiens, quelques centaines de mètres. On y identifie, dans la région d'O. Rhir, deux niveaux aquifères au sein des sables qui sont séparés par une couche argileuse au milieu (première et deuxième nappe d'O. Rhir). L'ensemble est surmonté par le Plio-Quaternaire argilo-sableux et gypseux qui résulte de la sédimentation en milieu lacustre durant la phase d'assèchement des lagunes des chotts (BUSSON, 1970).

Cet ensemble, mal daté, peut comprendre des terrains éocènes a sa base et quaternaire a son sommet, il est constitué essentiellement de sables et de quelques passées d'argile et de carbonates souvent gréseux. Vu l'intérêt qu'il pressent par l'enregistrement des phases tectoniques tertiaires, une coupe synthétique des affleurements de la bordure septentrionale du bassin sera succinctement décrite à partir des travaux BECIP-SONATRACH(1970). De bas en haut on distingue :

a) Niveau m1

Il est constitué de grés, de conglomérat et de marnes d'âge oligo-Miocène, il repose en discordance sur les différents termes du crétacé ou Éocène.

b) Niveau m2

Il est subdivisé à son tour en deux sous-ensembles :

- À la base le terme « a » constitué de conglomérats, des marnes et de calcaires, reposant en discordance sur le niveau m1
- Au – dessus, le terme « b », renferme des conglomérats, des grés, des argiles, des gypses et des lumachelles à *Ostrea Crassissima*. Le contact inférieur est souvent une discordance de ravinement.

c) Niveau m3

Il est constitué de marnes, de gypse, de grés et parfois de conglomérats.

d) Niveau p

Conglomérat ayant fourni en Tunisie et sur le plateau constantinois des mammifères, son âge serait donc plio-quaternaire.

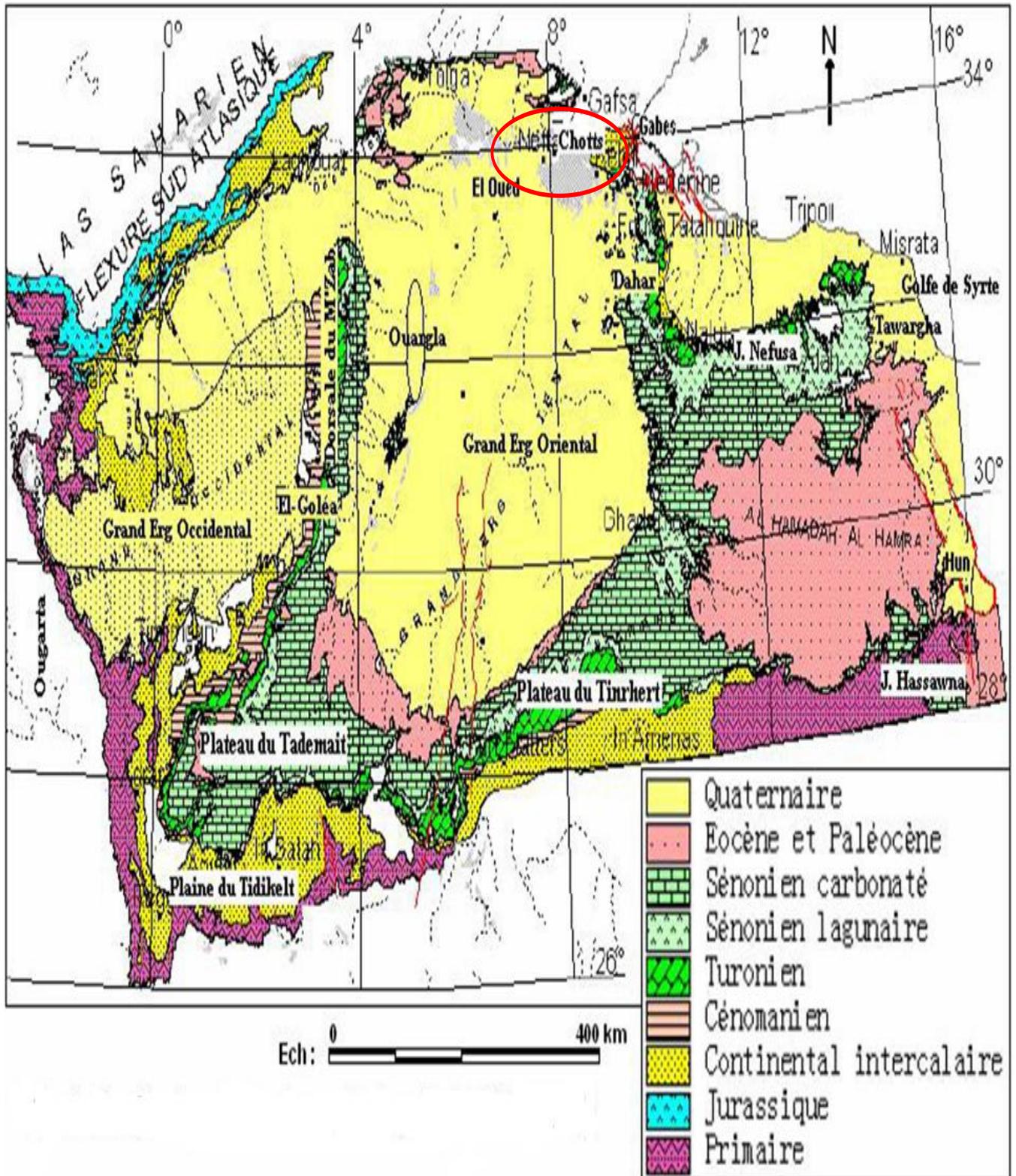


Fig.18 : La Carte Géologique Régionale du Sahara Septentrionale(OSS.2003)

II.5. Reconstitution Paléogéographique :

Du point de vue paléogéographique (Merabat, O et Popov, A., 1971), les bassins Salifères de l'Algérie ont été formés au cours de trois époques :

Trias : le bassin Atlasique et septentrional.

Sénonien : le bassin de Béchar et de l'Oued Mya.

Quaternaire : chotts et sebkhas des hauts –plateaux et du Sahara.

La sédimentation est du type évaporitique classique : carbonates, sulfates et sel gemme, mais caractérisé par une inversion du régime vers la fin de la formation lagunaires, avec des dépôts de sulfates (anhydrite).

Les chotts actuels, reliquats d'une mer Miocène (Gousskov, N., 1952)[3](Castany, G., 1982), sont alimentés en sel gemme par lessivage des terrains salifères antérieurs, notamment du Tertiaire.

Nous pouvons reconstituer l'histoire paléogéographique du Quaternaire de la vallée de l'Oued Righ (Bel et Demargne., 1966) comme suit :

Effondrement de la fosse pré atlasique (centre de la région actuelle des chotts) et entaillage de profondes et larges vallées (dont celle de l'Oued Righ) dans la couverture Mio Pliocène de la périphérie, Remblaiement partiel de la région effondrée et surélévation locales du sol, avec détachement de l'Oued Righ de l'Oued Igharghar et de son affluent l'Oued Mya ; Descente lente et continue de la région des grands chotts avec d'énormes apports fluviaux et éoliens « enterrant » ainsi l'Oued Righ en le transformant en nappe souterraine et en ne laissant que quelques chotts (les actuels en surface).

Après le dépôt des formations marines du Primaire, le Sahara subit des mouvements tectoniques hercyniens verticaux et horizontaux, puis de nouveaux mouvements post triasique, la charge des épaisseurs considérables des sédiments, causée des grands mouvements de subsidence aux bordures septentrionales du socle africain. Lors de l'orogénèse atlasique, un mouvement majeur intervient alors, les poussées dues à la surrection des sédiments formant la chaîne atlasique et leur ploiement brutal entraîne à l'extrémité du socle africain un accident longitudinal.

L'orogénèse atlasique est l'origine de l'apparition des déformations à grand rayon, les calcaires du M'Zab ont transformés en dorsale, ceux de Tadmaït en cuvette, au Sud l'axe d'Amguid -el-Biod s'effondre pour faire place à un axe synclinal méridien qui se poursuit jusqu'à l'Aurès.

Et enfin la phase Plio-Quaternaire dont les mouvements s'insèrent avec le précédent dans la phase Alpine, d'où l'apparition des cassures de direction est-ouest accentuant la surrection du massif des Aurès et l'affaissement de la partie Sud "Sillon Sud Aurèsien". Ces fractures régissent directement sur l'écoulement des eaux souterraines et de surface qui a donné naissance aux Chotts tels que Chott Melghir et Chott Merouane. (Kadri, 2012)

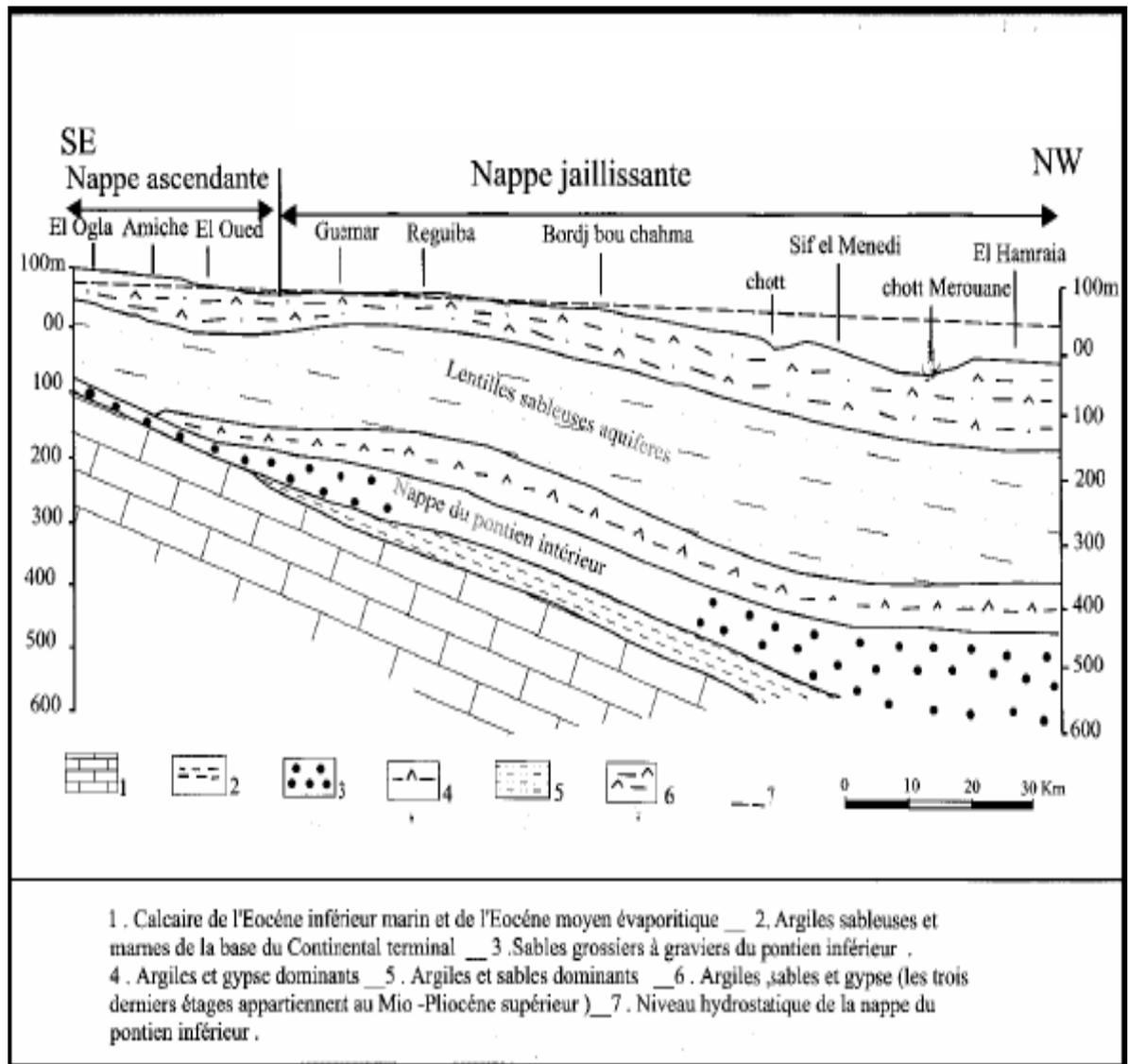


Fig.19: Coupe géologique de région d'étude (Hacini, 2006)

III. Méthodologie de travail :

Pour atteindre l'objectif du travail on a procédé à la méthodologie suivante :

- Réaliser une sortie de reconnaissance et d'échantillonnage sur terrain (février 2016)
- Travaux de laboratoires
- Traitement et analyse des données.

III.1. Missions sur terrains :

Vue l'extension importante du chott et afin de choisir le site d'étude on a utilisé les photos satellitaires, et les documents disponibles.

En février 2016 :sortie de reconnaissance de terrain avec un guide, elle nous a permis de délimiter la zone d'étude dans l'espace et de choisir les meilleures affleurements pour les prélèvements des échantillons de roche représentative.

Les limites de la zone d'étude sont les limites naturelles du chott. Il s'agit de la Bassin versant de N'sigha de direction SE-NW. Il est traverse par le réseau du drainage des rejets urbains et agricoles des villes de Touggourt et El Mghaier.

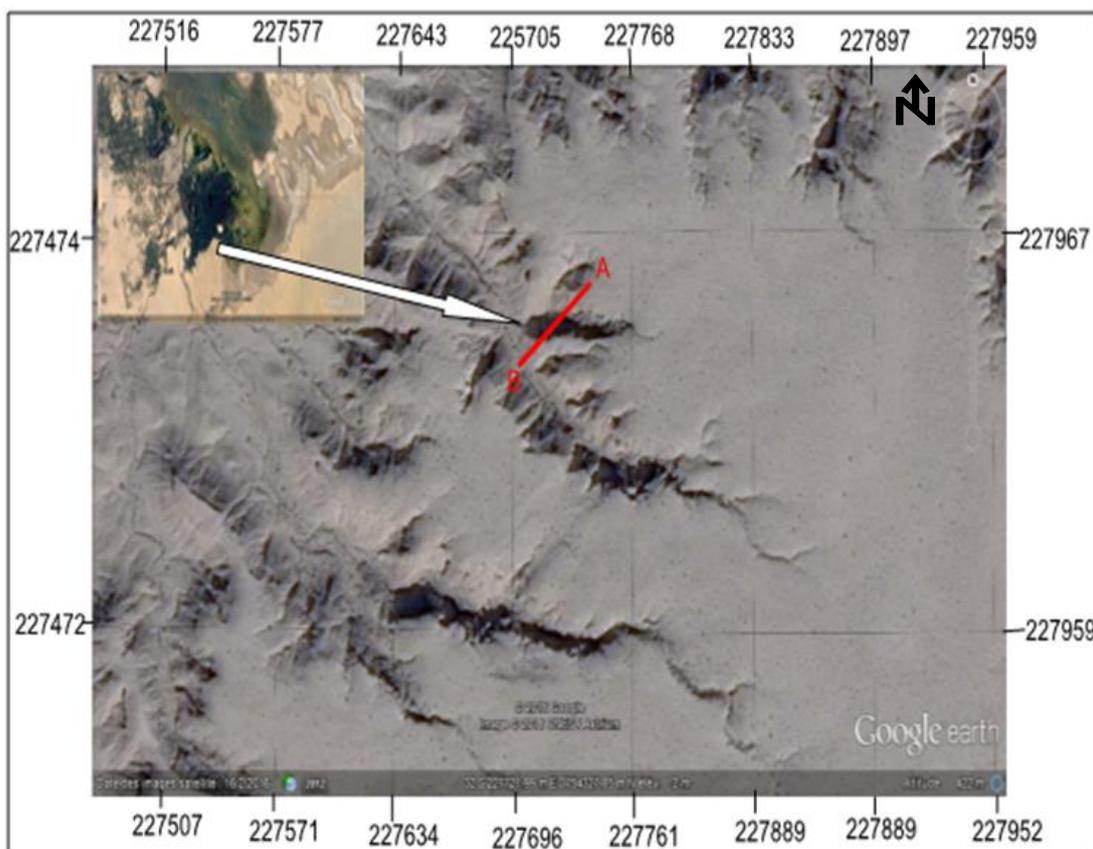


Fig.20 : Carte localisation du site (Google Earth 2016).

III.1.1. Prélèvements des échantillons :

On a utilisé les moyens suivants : marteau, une boussole, un GPS, et une pelle manuelle.

Premièrement on a tracé profil topographie ou bien un vue panoramique. Ensuite on a complété la coupe géologique.

L'échantillonnage se fait systématiquement banc par banc et les porte-échantillons sont des sachets en plastique avec un ticket pour chaque échantillon, d'un kilogramme volume.

Chaque échantillon est divisé en trois parties :

1/3 pour les analyses sédimentologiques ; 1/3 pour les analyses chimiques ; 1/3 est conservé comme échantillon témoin.

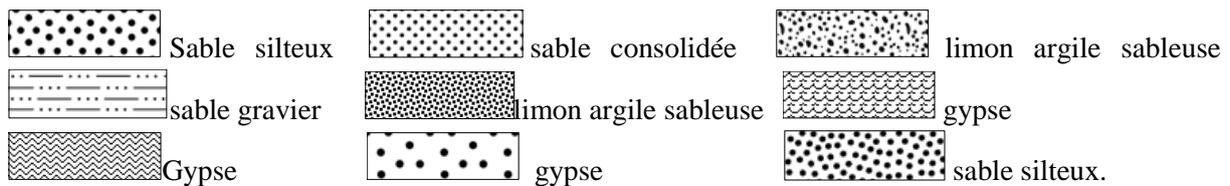
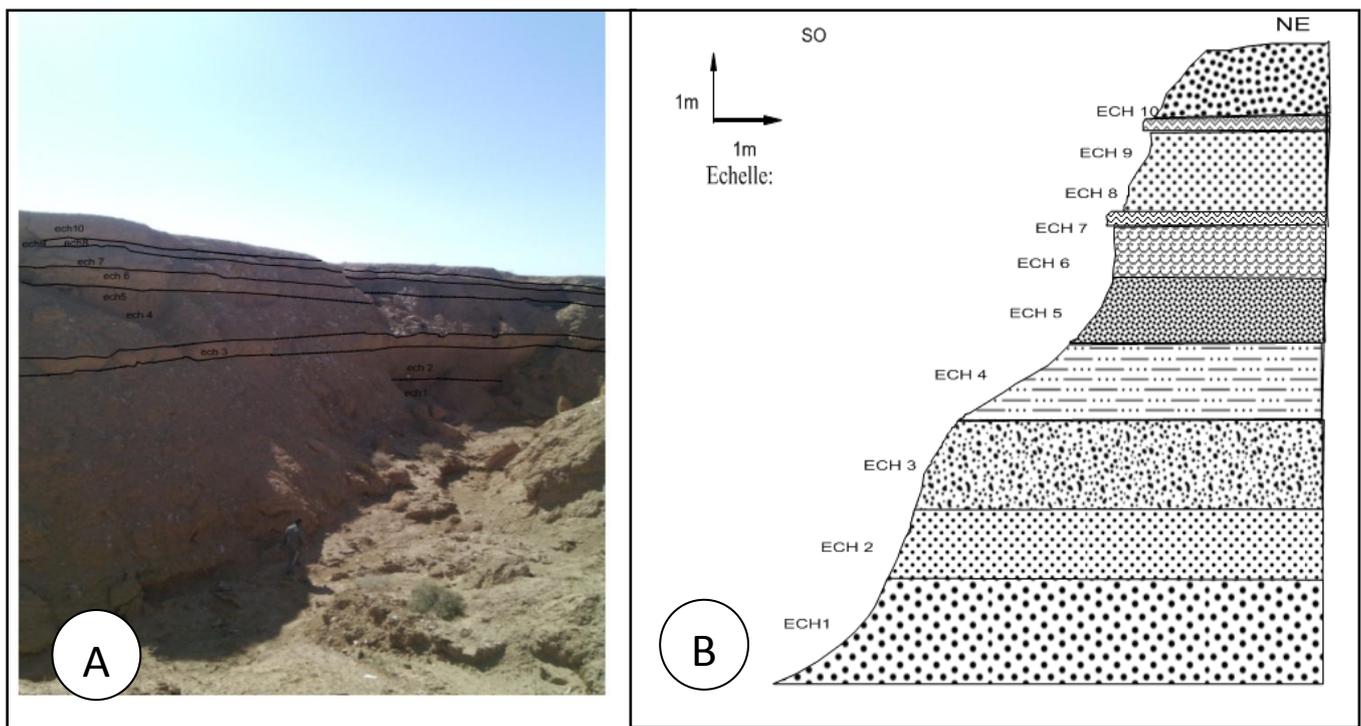


Fig.21 : (A) Vue panoramique de l’affleurement (B) coupe géologique de (Boufagoussa)

III.2 : les analyses au laboratoire :

III.2.1 Analyses physiques :

III.2.1.1 Analyse granulométrique (laboratoire de LTPS Ouargla) :

L'analyse granulométrique est une étape fondamentale pour la classification d'un sol. Cela consiste à mesurer la dispersion des grains d'un sol suivant leurs dimensions, c'est-à-dire leurs diamètres respectifs. Puis, reporter sur une courbe granulométrique les résultats ainsi obtenus, nous avons traité dix échantillons granulométriques différents.

Tableau 1: Répartition granulométrique des constituants d'un sédiment
(Miskovsky et Debard, 2002).

Dimètre des éléments	Classe granulométrique	Fraction granulométrique
De 2 mm à 0,2 mm	Sables grossiers	Fraction moyenne
De 0,2 mm à 20 : μm	Sables fins	Fraction fine
Au-dessous de 20 : μm	Limons et Argiles	

III.2.1.1 Les étapes de cette analyse :

2.1.1.A) lavage :

Le contenu du pilulier est placé dans une capsule dans laquelle on ajoute de l'eau pour soulever les échantillons et laisse les composants 24 heures.

2.1.1.B) séchage :

Les échantillons décantés sont placés dans une étuve pour y être séchés. Selon la nature du sédiment et le type d'analyse, les échantillons vont sécher de 24 à 48 heures à une température de 50°C à 60°C. Lors de la montée en température, il est souhaitable de rester à proximité de l'étuve pour en vérifier le bon fonctionnement. Certaines étuves permettent de limiter la température à l'aide d'une sécurité.



Fig .22 : Etuve.

2.1.1 .C) tamisage :

Un tamis est composé d'une toile de mailles dont l'ouverture est déterminée. Généralement les tamis de modules : 31,5-20-10-5-2-1-0,4-0,2-0,1-0,08 (mm). Le sédiment va ainsi être trié selon la taille des grains qui le compose. Chaque refus est alors versé délicatement dans une capsule pour être pesé.

Un grand soin doit être apporté lorsque l'on enlève les derniers grains qui restent dans le tamis. On utilise généralement un pinceau ou une brosse (selon la finesse de la maille). On ne doit jamais appuyer sur le tamis à l'aide de la brosse et on ne doit jamais enlever par la force un grain resté bloqué dans une maille. Il existe des systèmes de nettoyage des tamis qui utilisent les ultra-sons. Les tamis ne 9 doivent pas être désolidarisés et la colonne ne doit pas être dépareillée. Il est parfois utile d'utiliser un tamis d'une taille précise sur le terrain mais ce tamis ne doit pas appartenir à une colonne utilisée en laboratoire.



Fig.23: colonne de tamis

2.1.1.D) Pesage :

Chaque refus de tamis est pesé à l'aide d'une balance de précision, préalablement stabilisée sur un plan parfaitement horizontal, tarée et à l'abri des mouvements d'air. Il est également essentiel que la balance de précision soit étalonnée par un organisme certifié avec une périodicité adaptée. Les données sont notées sur une feuille avant d'être intégrées dans un tableur à fin d'analyses statistiques. Les refus sont stockés pour archivage dans des sachets clairement identifiés.



Fig.24 : Balance de précision.

III.2.1.2 : Représentation des résultats de l'analyse granulométrique

Les pourcentages des refus cumulés, ou ceux des tamis cumulés, sont représentés sous la forme d'une courbe dite granulométrique en portant les diamètres des mailles en abscisse, sur une échelle logarithmique, et les pourcentages en ordonnée, sur une échelle arithmétique. La courbe est tracée de manière continue et ne peut pas passer rigoureusement par tous les points. (Fig.25).

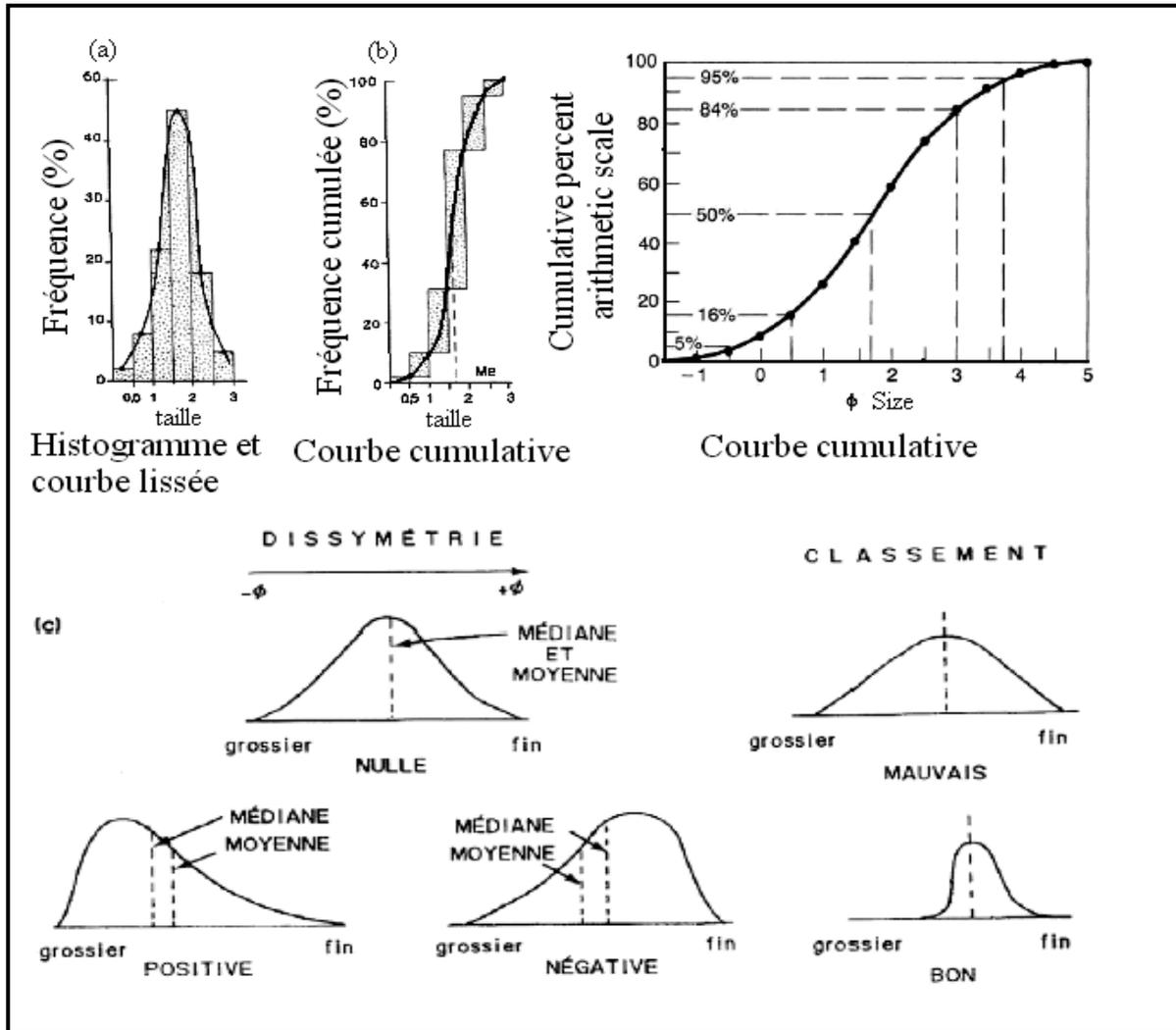


Fig.25: Différentes représentations d'une granulométrie ainsi leurs modes de distributions (Miaskovsky, 2002).

III.2.2) analyse sédimentométrique(laboratoire de LTPS Ouargla) :**La Sédimentométrie :**

C'est un essai qui complète l'analyse granulométrique par tamisage d'un sol, elle peut être nécessaire à son description et à son classification.

L'Objet de cet essai est la détermination de la distribution pondérale de la taille des particules du sol de dimension inférieure à 0.08 mm.

➤ Mode opératoire simplifié (Norme : NFP 94-057)

1. Tamiser l'échantillon du sol par lavage (passant au 0.08), et récupérer le tamisât.
2. Sécher l'échantillon dans une étuve jusqu'au poids constant.
3. Préparer la prise d'essai de 80g + 10g de tamisât sec.
4. Pilonner l'échantillon et la tamiser au 0.08 mm, puis prendre 80 g.
5. Imbiber la prise d'essai dans une éprouvette cylindrique en verre de 2 litre contenant un mélange d'eau distillée ou déminéralisée et une solution à 5% d'hexamétaphosphate de sodium $[\text{Na}_6(\text{PO}_3)_6, 10 \text{H}_2\text{O}]$.
6. Laisser imbiber pendant au moins 15 heures à température ambiante.
7. Agiter vigoureusement la suspension au moyen d'un agitateur manuel.
8. Retirer l'agitateur manuel et déclencher au même instant le chronomètre (début de l'essai).
9. Plonger le thermomètre et le densimètre avec précaution dans la suspension immédiatement après le déclenchement du chronomètre.
10. Procéder à la prise des lectures du densimètre et de la température aux temps suivant (en minute) : 0,5 - 1 - 2 - 5 - 10 - 20 - 80 - 240 - 1440.
11. Calculer le pourcentage des tamisas et complète la courbe granulométrique.



Fig.26 : Analyse sédimentométrique des particules fines.

III.2.2.3) analyses de calcimétrie de Bernard (L'ITAS) :

Une calcimétrie consiste à déterminer le volume de CO₂ dégagé par l'action de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le carbonate de calcium (CaCO₃) d'un échantillon (Fig. 27). En toute rigueur, les conditions de température et de pression atmosphériques de la pièce où est effectuée l'analyse doivent être connues et contrôlées.

• 2.3.1) Préparation de l'échantillon

1. Verser à mi-hauteur de l'ampoule une solution saturée de chlorure de sodium (Na Cl) (1/4 l environ).
2. Tarer la balance et peser l'échantillon.
3. Vérifier que le poids de l'échantillon ne dépasse pas 0.54 g.
4. Placer l'échantillon dans l'erlenmeyer.
5. Placer le petit tube dans l'erlenmeyer (le tube doit être droit, le coller si besoin).
6. A l'aide d'une pipette, verser dans le petit tube de l'HCl.
7. Boucher l'erlenmeyer.

• 2.3.2) Mode opératoire :

1. Modifier la hauteur de l'ampoule pour que l'eau salée soit au même niveau dans l'ampoule et le tube gradué (le contenu de l'erlenmeyer sera à la pression atmosphérique).
2. Noter le niveau.
3. Incliner l'erlenmeyer pour faire couler l'acide sur l'échantillon.
4. Reposer l'erlenmeyer et attendre la fin de la réaction et le rééquilibrage thermique.
5. La pression du tube graduée est supérieure à la pression atmosphérique.
6. On rétablit la pression atmosphérique en descendant l'ampoule jusqu'à obtenir le même niveau dans l'ampoule et le tube.
7. Le CO₂ est à la pression atmosphérique, la mesure peut être effectuée.
8. Ouvrir l'erlenmeyer, ajouter un peu d'acide sur l'échantillon pour vérifier que tout le CaCO₃ a été attaqué.

• 2.3.3) Calcul de la teneur en CaCO₃ :

HCl étant en excès, son action sur une mole de CaCO₃ (100 g=mol) libère une mole de CO₂ (22400mL). Connaissant le volume de CO₂ dégagé (niveaux final et initial), on calcule la masse de CaCO₃ attaqué. Connaissant la masse de CaCO₃ et la masse de l'échantillon, on peut calculer le pourcentage de CaCO₃ dans l'échantillon. Soit une masse de l'échantillon de 0:50 g, un niveau initial de 0mL, un niveau final de 25mL. Il est fortement recommandé

d'effectuer plusieurs mesures sur un même échantillon afin d'estimer précisément la teneur en CaCO_3 d'un échantillon en calculant l'intervalle de confiance (95%) de la moyenne.

- **Exemple d'échantillon N°1 :**

Masse de l'échantillon = 0,54 g

Niveau initial = 0 ml

Niveau final = 23ml

Masse de CaCO_3	Volume de CO_2	
100 g	22400 ml	$x = (23 \times 100) / 22400$
x g	23ml	$x = 0,10$
Masse de CaCO_3	Masse de roche	
0,10 g	0,54 g	$y = (0,10 \times 100) / 0,54$
y g	100 g	$y = 18$

Cet échantillon de la roche n°1 contient 18 % de calcaire.



Fig.27 : Calcimètri de Bernard.

III.2.3) les analyses chimiques (LTPS Ouargla) :**III.2.3.1) détermination de la teneur en sulfates****But de l'essai :**

Le but de cet essai c'est détermination du pourcentage de sulfates dans notre échantillon.

Expérience :

1. Prendre **200 g** de l'échantillon.
2. Etuver a **T°=80°C** en cas nécessaire **105-110°C**.
3. Après **48H** le placer dans un dessiccateur.
4. Fait le quartage.
5. Pulvériser dans un mortier.
6. Tamiser l'échantillon a tamis **0.2mm**.
7. Peser **1g** soit **Po**.
8. Mettre dans une fiole a **250 ml**.
9. Ajouter **100 ml** de **HCL** a (**10%** de concentration).
10. Bouillir doucement **4 à 5**.
11. Refroidissement pendant **15** minutes d'environ.

III.2.3.2) pour détermination le pourcentage des insolubles

1. Filtration dans un papier filtre.
2. Peser creuset vide soin **p1**.
3. Après la filtration mettre des précipités dans le creuset et les mettre dans le four à **900C°** pendant **15** min.

III.2.3.3) pour déterminer le pourcentage de sulfate

1. Prendre le filtrat ajouté jusqu'à **250 ml** avec l'eau distillée.
2. Agitation de filtrat.
3. Prendre **100 ml** de filtrat dans une fiole.
4. Ajouter 10 ml de Baryum Chlorure **Ba CL₂**(de concentration **5%**).
5. Bouillir doucement **4 à 5** minutes.
6. Refroidissement **15**minutes.
7. Filtration de la solution dans un papier filtre **N°541** peser un creuset vide soit p'1.
8. Mettre le papier filtre dans le creuset.
9. Calcination des creusets +papier filtre à **900°c** pendent**15** minutes.
10. Peser le creuset après la calcination soin P2.
11. Fait le calcule d'après des formates suivantes:

$$\text{So-23=34} \times (\text{P2-p1})/\text{P1}$$

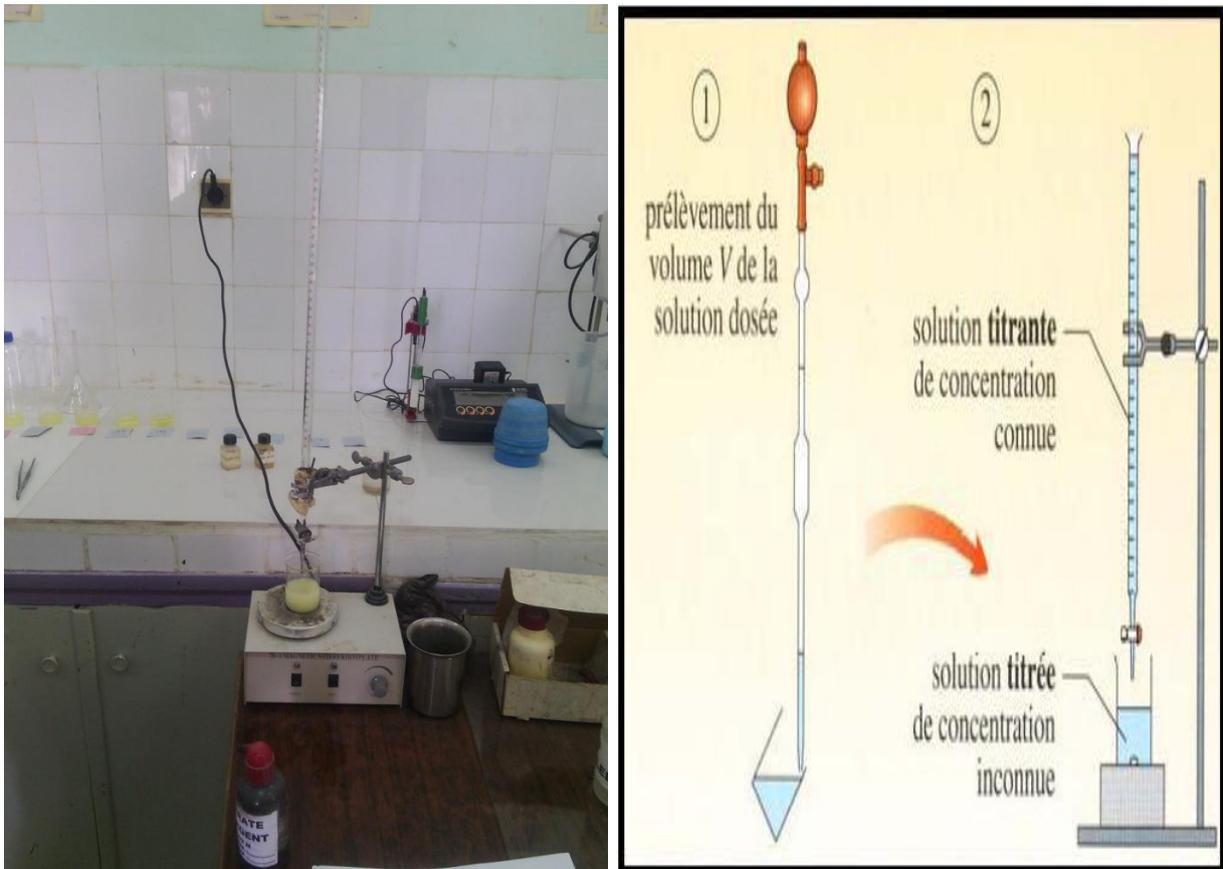
$$\text{CaSo4=184.23} \times (\text{P2-P1})$$

Peser le creuset + précipite soint P2 donc le poids des insoluble c'est **P2-P1** et pourcentage de sec.

$$(\text{P2-P1}) \times 100$$

III.2.3.4) Titrages (pourcentage de sel) :

- On prélève dans un bécher à l'aide d'une pipette jaugée ou graduée, un volume V_A déterminé de la solution aqueuse contenant l'espèce chimique **A** à titrer, de concentration inconnue **CA**.
- On verse progressivement, dans le bécher à l'aide d'une burette graduée, une solution aqueuse du réactif titrant **B**, de concentration **CB** connue, appelée solution titrant.
- On arrête de verser la solution titrant lorsque l'on a atteint l'équivalence du titrage (repérage de l'équivalence) pour la colorimétrie si le changement de couleur.

**Figure 28:Mode typique d'un titrage**

On mesure alors le volume équivalent $V_{\text{équiv}}$ c'est à dire le volume de solution titrant versé pour atteindre l'équivalence ; la détermination expérimentale de $V_{\text{équiv}}$ permet de calculer la concentration inconnue **CA** (détermination de la concentration de l'espèce à titrer.

NB : Les valeurs de concentration qui sont calculées doit être multipliées par le facteur de dilution.

-Détermination du Chlorure : Cl-**A) Préparation des solutions :**

- Solution de nitrate d'argent à 0,02N: 4.7791 D'AgNO₃→1000 ml d'eau distillée
- Indicateur coloré K₂CrO₄ à 10 %: 10g de K₂CrO₄ → 100 ml d'eau distillée.
- Acide sulfurique H₂SO₄pour régulée la valeur PH.
- Solution de chlorures à mg/l: 1.648g de Na Cl→ 1000ml d'eau distillée

B) La Titrations :

- 0,1 ml + 100 ml eau distillée.
- 1ml de chromate de potassium Cr K (solution tempo).
- Titrations avec nitrate d'argent (NO₃ Ag) jusqu' à l'apparition permanente d'un faible précipité rouge brique

NB : effectuez le titrage d'un blanc en procédant de la même façon qu'aux étapes de titrations, mais en remplace la solution d'eau analysé par une même quantité d'eau distillée. Cette opération permettre de déterminer la quantité de titrant requise pour observer le point de virage. Ce volume de titrant devra être retranché (en guise de correction) des volumes de AgNO₃ requis pour les titrages des échantillons lors de nos calculs.

IV. 1. Introduction :

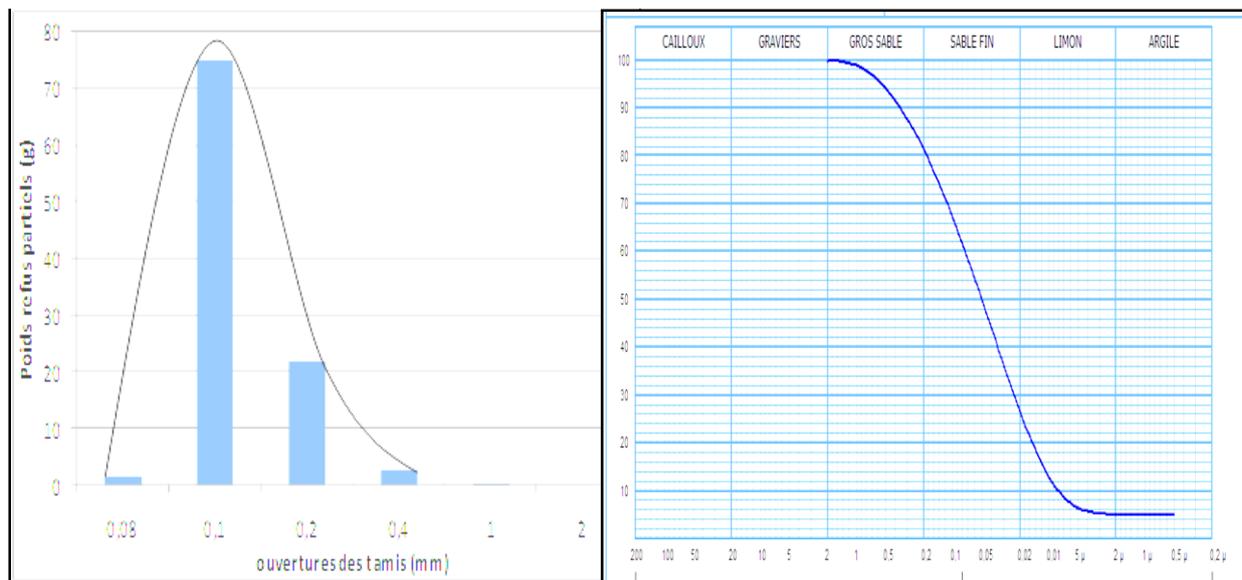
L’objectif essentiel de ce chapitre est de déterminer la granulométrie, la composition chimique, afin de préciser les faciès géologiques, le mode de transport et le milieu de dépôt des échantillons prélevés à partir la coupe A-B.

IV.2.Etude granulométrique :

Les niveaux 1 ; 3 ; 4 ; 5 ; 10, qui ce sont des roches détritique sableuses, qui ont subi des analyses granulométrique et sédimentométrique au laboratoire de l’LTPS dont les résultats sont comme la suite :

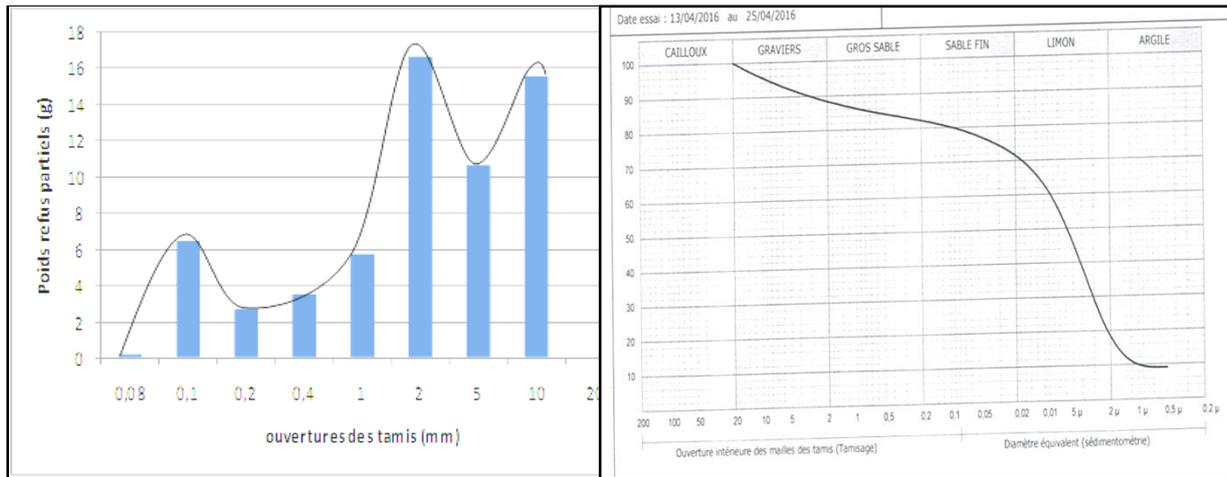
IV.1.2 Analyses des données granulométriques :

IV.1.2.1 Courbes des fréquences et cumulatives



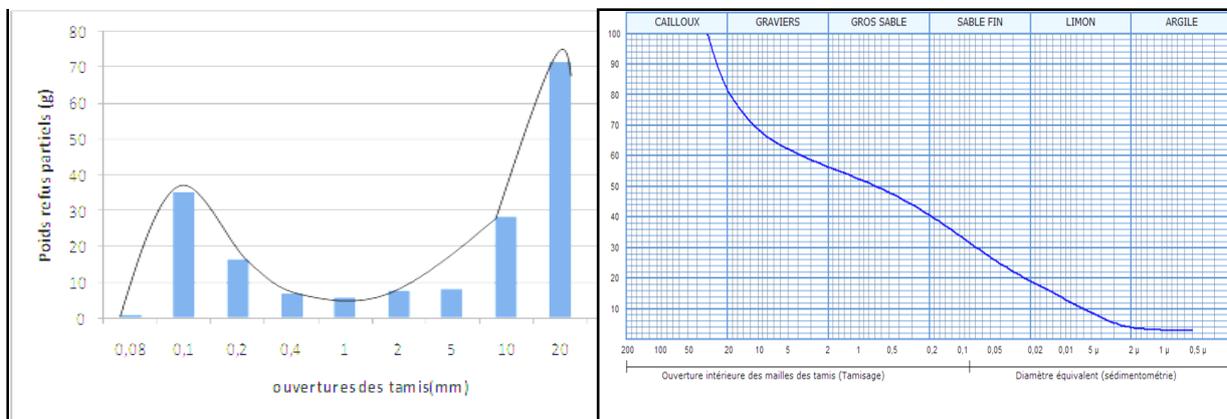
La courbe fréquentielle	La courbe cumulative
Unimodale	Gros sable 18%
Etroite.	Sable fin 54%
	Limons 21%
	Argile 7%

Fig. 29: Courbe de fréquence et cumulative d’échantillon (1).



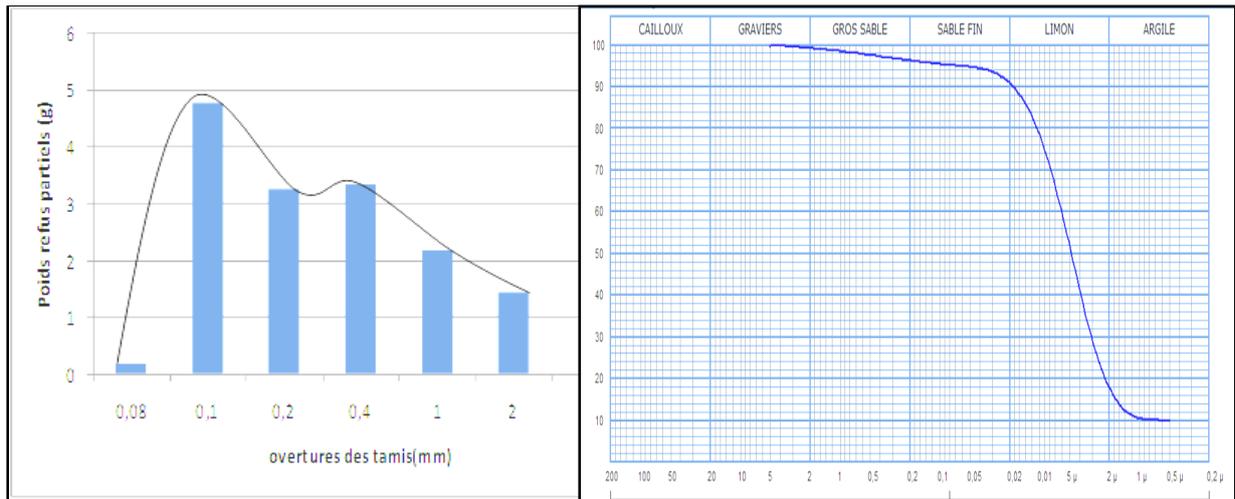
La courbe fréquentielle	La courbe cumulative
multimodale	Graviers 12%
Etroite.	Gros sable 8%
	Sable fin 10%
	Limons 52%
	Argile 18%

Fig.30: Courbe de fréquence et cumulative d'échantillon (3).



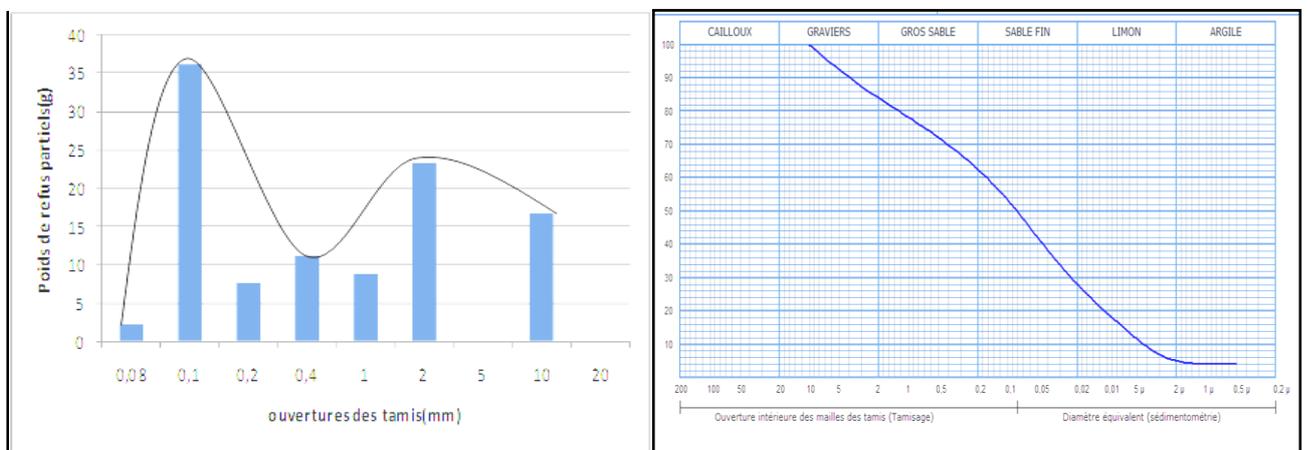
La courbe fréquentielle	La courbe cumulative
Bimodale	Cailloux 20%
Elargie.	Graviers 24%
	Gros sable 16%
	Sable fin 20%
	Limons 16%
	Argile 4%

Fig. 31: Courbe de fréquence et cumulative d'échantillon (4).



La courbe fréquentielle	La courbe cumulative
bimodale	Graviers 1%
Etroite	Gros sable 3%
	Sable fin 4%
	Limons 71%
	Argile 19%

Fig. 32: Courbe de fréquence et cumulative d'échantillon (5).



La courbe fréquentielle	La courbe cumulative
Bimodale	Graviers 18%
Etroite.	Gros sable 22%
	Sable fin 34%
	Limons 20%
	Argile 6%

Fig. 33: Courbe de fréquence et cumulative d'échantillon (10).

IV.1.2.2 Caractérisation granulométrique des roches :

➤ Origine des grains

La forme de la courbe granulométrique fréquence permet de connaître l'origine des grains de sable et l'énergie du milieu :

- Unimodale ; sable mono génique (une seul origine).dans les niveaux **1**.
- Bimodale ou plus ; sable polygénique (l'origine est mixte) dans les niveaux **3 ; 4 ; 5 et 10**.
- Elargie ; l'énergie est forte et un produit mal classé.**5**.
- Etroite ; l'énergie est faible et un produit bien classé.**1, 3,4 et 10**.

En observant les courbes des fréquences et cumulatives des échantillons du roche, on remarque que la majorité d'elles sont bimodales et étroites. Donc les formations sableuses de chott Merouane ont des origines mixtes et bien classées. A l'exception de courbe **1** qui est unimodales et étroite (sables monogéniques, bien classées).

➤ Classe granulométrique

L'étude granulométrique des formations du paléo-lac détritique du chott Merouane a permis de déterminer cinq classes granulométriques. Il s'agit des graviers, sable gros, sable fin, limons et l'argile avec des pourcentages variables. (Tableau 2).

Tableau 2 : Proportion des classes granulométriques des échantillons du chott Merouane.

Echantillons	Graviers	Gros sable	Sable fin	Limons	Argile
1	6%	24%	40%	25%	5%
3	12%	8%	14%	54%	18%
4	24%	16%	22%	18%	4%
5	1%	2%	4%	74%	19%
10	16%	22%	34%	28%	2%

IV.1.2.3. Paramètres granulométriques

2.1.4.1.1. La moyenne (M) :

Les valeurs de la moyenne sont variées du sommet vers la base de la série, entre la valeur (0.006a 0.69mm) hormis le niveau 4 est 6 ; 9mm.

Les valeurs de la moyenne restent quasiment constantes et relativement faibles à moyennes dans les autres unités (voir le tableau N° 3). Ces faibles valeurs sont dues à la prépondérance de la fraction limono-sableuse. Le dépôt de la fraction relativement fine est ainsi en relation avec une élévation du plan d'eau.

Si ce paramètre nous renseigne sur la dimension moyenne de l'échantillon et par conséquent sur l'énergie du milieu, on peut dire que pendant la majeure partie de la sédimentation de la série, la sédimentation se fait dans un milieu relativement moyenne,

2.1.4.1.2. Le Kurtosis (K):

Les valeurs du Kurtosis le long de la série s'étalent de valeur faible et moyenne dans les niveaux **1 ; 4** et **5**. De sédiments où le classement est très bon, par contre en niveau **3** et **10** (voir le tableau N°3).

2.1.4.1.3. Le Skewness (SK) :

Les valeurs de ce paramètre sont positives ou proches de zéro (tableau N°3) ils montrent que l'étalement de l'histogramme se fait du côté de la fraction fine. Autrement dit, le courant de milieu faible. Sauf que le niveau **5** est égale 1.59 (négative) qui indique un courant fort.

2.1.4.1.4. Le Classement (Sorting)

Les valeurs du classement est très faible pour les niveaux (**1 et 5**) qui indiquent un milieu de plage et 1,3 pour le niveau **3** et 1,55 pour le niveau **10** qui indiquent un milieu turbidité et rivière et 9.24 pour **4**, (tableau N°3). Ces valeurs montrent que le classement est très bon.

Tableau3 : Paramètres sédimentologique des faciès de la coupe de Boufeggoussa.

Niveau	Md (mm)	M (mm)	SO	SK	KU
1	0.04	0.034	0.13	0.094	4.97
3	0.007	0.17	1.3	0.97	87.3
4	1.8	6.90	9.24	0	0.60
5	0.005	0.006	0.01	1.59	0.36
10	0.08	0.69	1.55	0.94	34.95

Md : la médiane est la taille correspondant à 50% des grains sur la courbe cumulative.

M : moyenne.
$$M = \frac{\varnothing 16 + \varnothing 50 + \varnothing 84}{3}.$$

SK : le coefficient dissymétrie.
$$SK = \frac{\varnothing 84 + \varnothing 16 - 2\varnothing 50}{2(\varnothing 84 - \varnothing 16)} + \frac{\varnothing 95 + \varnothing 5 - 2\varnothing 50}{2(\varnothing 95 - \varnothing 5)}.$$

KU : le coefficient d'acuité.
$$K = \frac{(\varnothing 95 - \varnothing 5)}{2.44(\varnothing 75 - \varnothing 25)}.$$

SO : l'indice de classement :
$$SO = \frac{\varnothing 84 - \varnothing 16}{4} + \frac{\varnothing 95 - \varnothing 5}{6.6}.$$

IV.2. Etude chimique :

Je choisir les échantillons **2 ; 6 ; 7 ; 8** et **9**, pour les analyses chimiques (dosage de gypse et de sulfate et de sel). selon la composition rocheuse des échantillons plus dur surtout les formations gypseuses, et aussi la possibilité de travaille au laboratoire de l'LTPS : l'autorisation de chef laboratoire (La charge des travaux et les moyens analytiques disponibles).

Ces analyses qui permis la détermination les caractéristiques chimiques et leur proportion dans chaque niveau (les insolubles, gypse, sulfate, le sel).

IV.3.Les carbonates :

Ces analyses pour déterminer la teneur de carbonates dans les formations paléo-lac.

Tableau 5 : Calcimétrie de Bernard des échantillons :

Temps	1 min	3 min	10 min	contient de calcaire en%
Echantillons				
échantillon : 1				
échantillon : 2				
échantillon : 3				
échantillon : 4				
échantillon : 5				
échantillon : 6				
échantillon : 7				
échantillon : 8				
échantillon : 9				
échantillon : 10				

IV.3. La morphoscopie des grains de quartz :

L'étude des grains de quartz a permis de faire une reconstitution de l'évolution de ces derniers, de comprendre le mode de transport et de connaître le milieu de dépôts.

L'analyse morphoscopique du quartz a été réalisée à la loupe binoculaire (x10). Le comptage. Les pourcentages relatifs des non-usés (NU), des ronds mats (RM) et des émoussés luisants (EL) ont été calculés et représentés par des courbes.

L'examen morphoscopique montre l'omniprésence des grains RM sont présents (60 %) au niveau de séquence trois (supérieur) avec présences importants des grains EL (30 à 40 %), c'est-à-dire l'influence du transport par le vent (milieu éolien). Au niveau de séquence une et deux, ce qui met en évidence de l'importance des grains EL (50 à 80 %). On remarque que les grains NU sont faibles sur toute la formation. C'est-à-dire l'influence du transport par les eaux et le vent (mixte éolien et fluviatile).

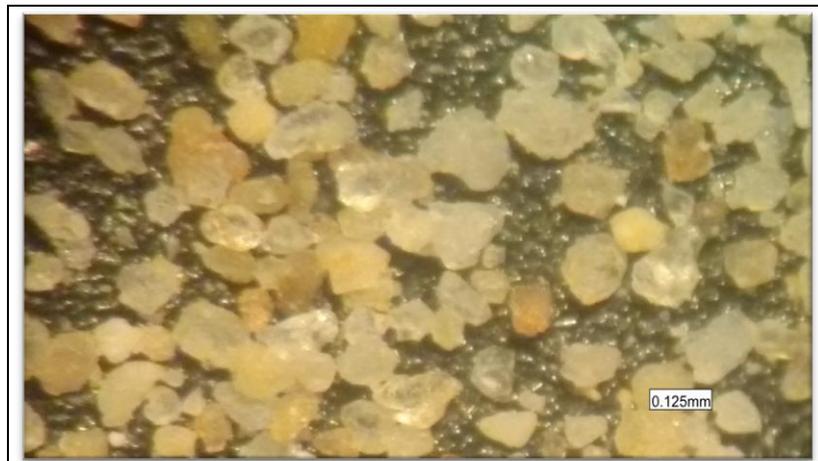


Fig.34 : Grains de Quartz du niveau 1.

Les formes dominant sont les formes arrondis avec un taux de 60% les émoussé de 30% et les grains anguleux de 10%

Couleur : blanchâtre.

Quant aux sables éoliens, ils constituent un ensemble hétérogène, caractérisé par des grains très arrondis et dépolis. Et porte de minuscules traces de choc, conséquences d'une longue usure par chocs dans l'air, sous l'effet du vent.



Fig.35 : Grains de Quartz du niveau 3.

Les formes dominant sont les formes arrondis avec un taux de 80% les émoussé de 20%.
Couleur : blanchâtre.
Quant aux sables fluviatiles, ils constituent un ensemble hétérogène, caractérisé par des grains très arrondis et dépolis. Et porte de minuscules traces de choc.



Fig.36 : Grains de Quartz du niveau 4.

Les formes dominant sont les formes arrondis avec un taux de 40% les émoussé de 30% et les grains anguleux de 30%
Couleur : blanchâtre.
Quant aux sables éoliens, ils constituent un ensemble hétérogène, caractérisé par des grains très arrondis et dépolis. Et porte de minuscules traces de choc, conséquences d'une longue usure par chocs dans l'air, sous l'effet du vent.



Fig.37: Grains de Quartz du niveau 5.

Les formes dominant sont les formes arrondis avec un taux de 30% les émoussé de 40% et les grains anguleux de 30%.

Couleur : blanchâtre.

Quant aux sables éoliens, ils constituent un ensemble hétérogène, caractérisé par des grains très arrondis et dépolis. Et porte de minuscules traces de choc, conséquences d'une longue usure par chocs dans l'air, sous l'effet du vent.

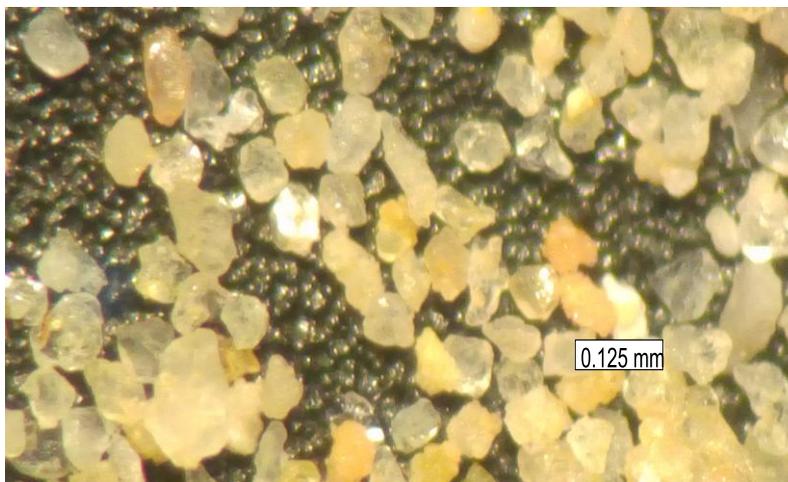


Fig.38 : Grains de Quartz du niveau 10.

Les formes dominant sont les formes arrondis avec un taux de 50% les émoussé de 30% et les grains anguleux de 20%

Couleur : jaunâtre. Quant aux sables éoliens, ils constituent un ensemble hétérogène, caractérisé par des grains très arrondis et dépolis. Et porte de minuscules traces de choc, conséquences d'une longue usure par chocs dans l'air, sous l'effet du vent.

IV.4. Discussion :

IV.4.1.lithologie de la coupe étudiée :

L'observation macroscopique sur le terrain a permis de subdiviser les dépôts en trois unités stratigraphiques. Du bas vers haut :

Unité 1 : formation détritique, unité. 2 : formation évaporitiques, unité 3 : formation détritique.

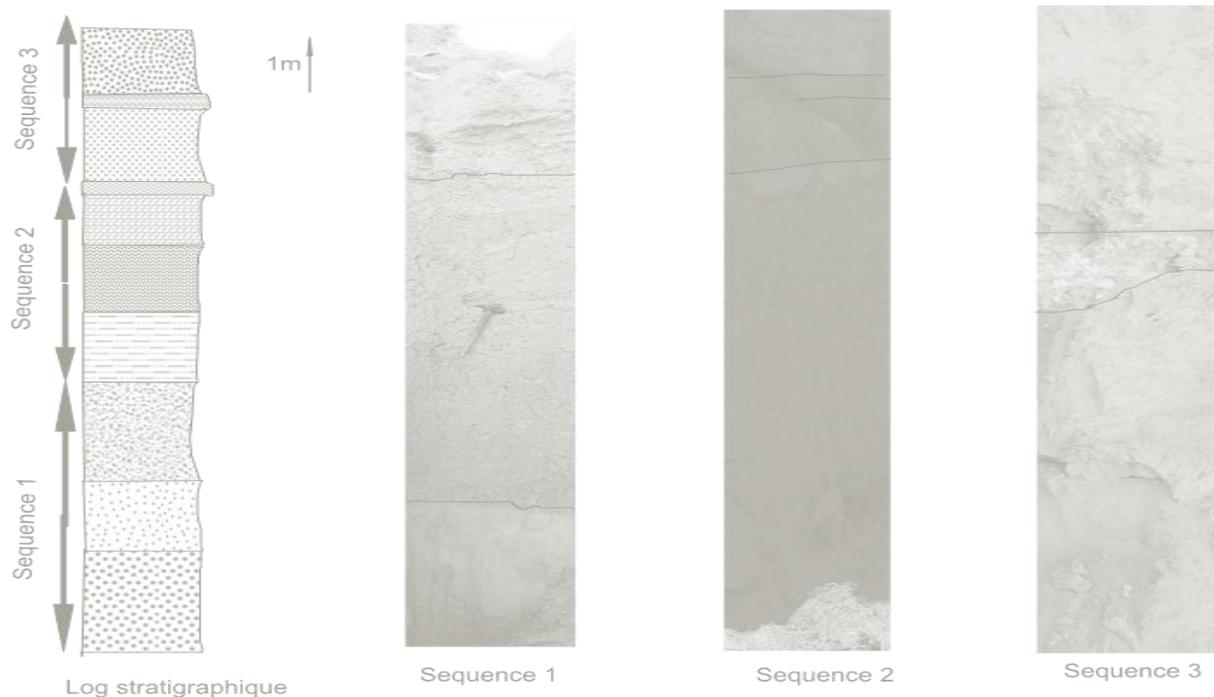


Fig. 39: lithologie de dépôt du chott.

L'étude granulométrique sédimentologique et chimique au niveau de laboratoire de l'LTPS nous permis la détermination des faciès géologiques de cette coupe.

L'ensemble stratigraphique :

Il correspond aux niveaux **1.2.3.4.5.6.7.8.9** et **10** l'épaisseur totale environs 9m.

niveau1 : sable silto-carbonaté a1.5 m d'épaisseur, couleur marron claire, avec de18% carbonates (CaCo3) (Fig : 34).

niveau2 : sable consolidé d'épaisseur de 1m et de couleur marron foncée, ils montrent un pourcentage de 20% de carbonates et de27.45% de gypse.

niveau3 : limon argile sableu, d'épaisseur de 1.8 m de couleur marron claire jaunâtre, Ils montrent une composé de 24% carbonates. (Fig : 34).

niveau4 : sable grossier de 1 m d'épaisseur de couleur beige, ils montrent une composition en carbonates de 24%.(Figu : 34).

niveau5 : limon argileuse sableuse, à 1m d'épaisseur de couleur blanchâtre, ils montrent une composé de carbonates $\text{CaCo}_3=21\%$. (Fig : 34).

niveau6 : Gypse avec de gros cristaux centimétrique de couleur marron foncé, ils montrent une moyenne de composé carbonates $\text{CaCo}_3=19\%$ et de 0.09% sel.

niveau7 : Gypse d'épaisseur de 8 cm de couleur blanche, il est composé de 18% carbonates et de 0.02% sel.

niveau8 : sable gypseuse d'épaisseur de 1m de couleur marron claire, ils montrent une composition de 23%en carbonates et de 0.17% sel.

niveau9 : Grés à cimenté gypseuse d'épaisseur de 15cm de couleur blanche, ils montrent de composé carbonates $\text{CaCo}_3=21\%$.de27.98% et de0.04% sel.

niveau10 : sable silteux d'épaisseur de 1mde couleur marron claire, ils montrent une composition de carbonates $\text{CaCo}_3=20\%$. (Fig : 34).

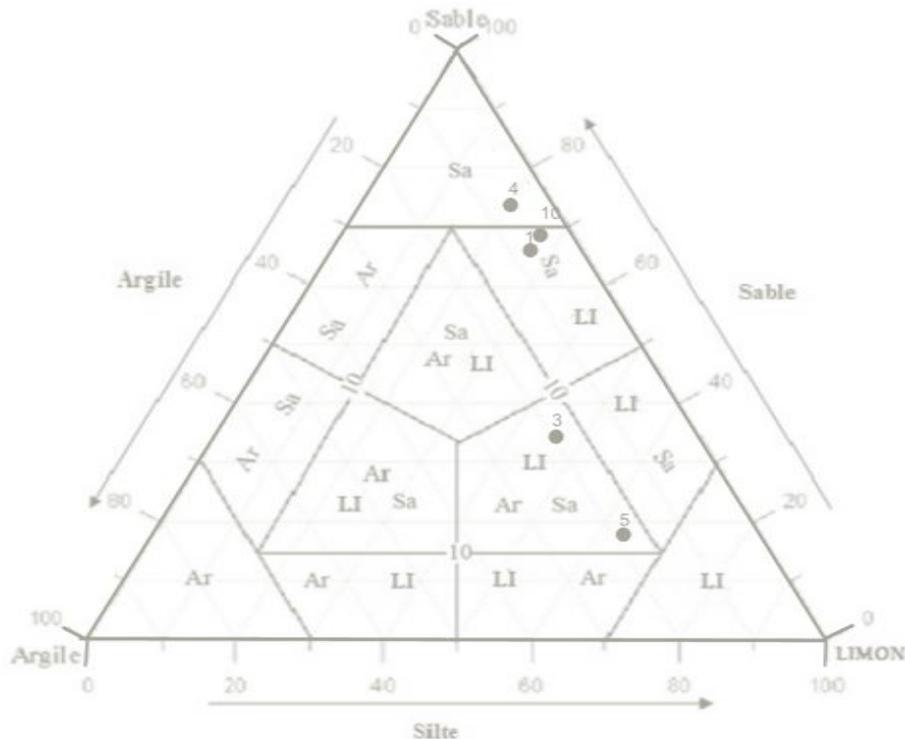


Fig.40: Classification de la fraction fine d'après le diagramme ternaire Folk 1954.

(éch1 : sable silteux ; éch3 : silt argile sableuse ; éch4 : sable ; éch5 : silt argile sableuse ; éch10 : sable silteux).

IV.4.2. Les paramètres chimiques :

Après les résultats obtenus des analyses chimiques au laboratoire on remarque :

Les carbonates :

Les carbonates représentent une distribution variable en fonction de la profondeur avec des proportions fluctuant entre 18 % et 24%, la forte teneur en carbonates est rencontrée à la séquence 1 et 3 représenté par le ciment carbonaté. Et faible teneur à la séquence 2.

La conclusion paléo-environnementale peut être décrite comme suit : la diversité de la teneur en CaCO_3 , n'est pas due uniquement à l'augmentation de la température dans la région mais aussi à l'humidité du milieu.

Les insolubles :

Le pourcentage des insolubles est fort à la séquence 1 et 3 d'origine détritique, et faible à la séquence 2 évaporitiques au niveau cette valeurs qui indiquent la variation de quartz, parce que les évaporites d'origine chimiques.

Le volume de gypse :

Après l'analyse de dosage de gypse on observe le pourcentage de 23% à 27% pour les séquences détritiques et aller jusqu'à 86% pour la séquence évaporitiques.

Le Na Cl :

Après l'analyse de sel on observe faible pourcentage de sel entre 0.02% et 0.17% dans tous les niveaux, ces faibles valeurs sont dues au critère de solubilité de Na Cl (lessivage) et d'autre part à la nature des eaux du milieu de dépôts

Le PH :

On remarque aussi après l'analyse de PH les valeurs sont variées entre 8.10 et 8.27, Cela montre que le milieu de ce dépôt est basique.

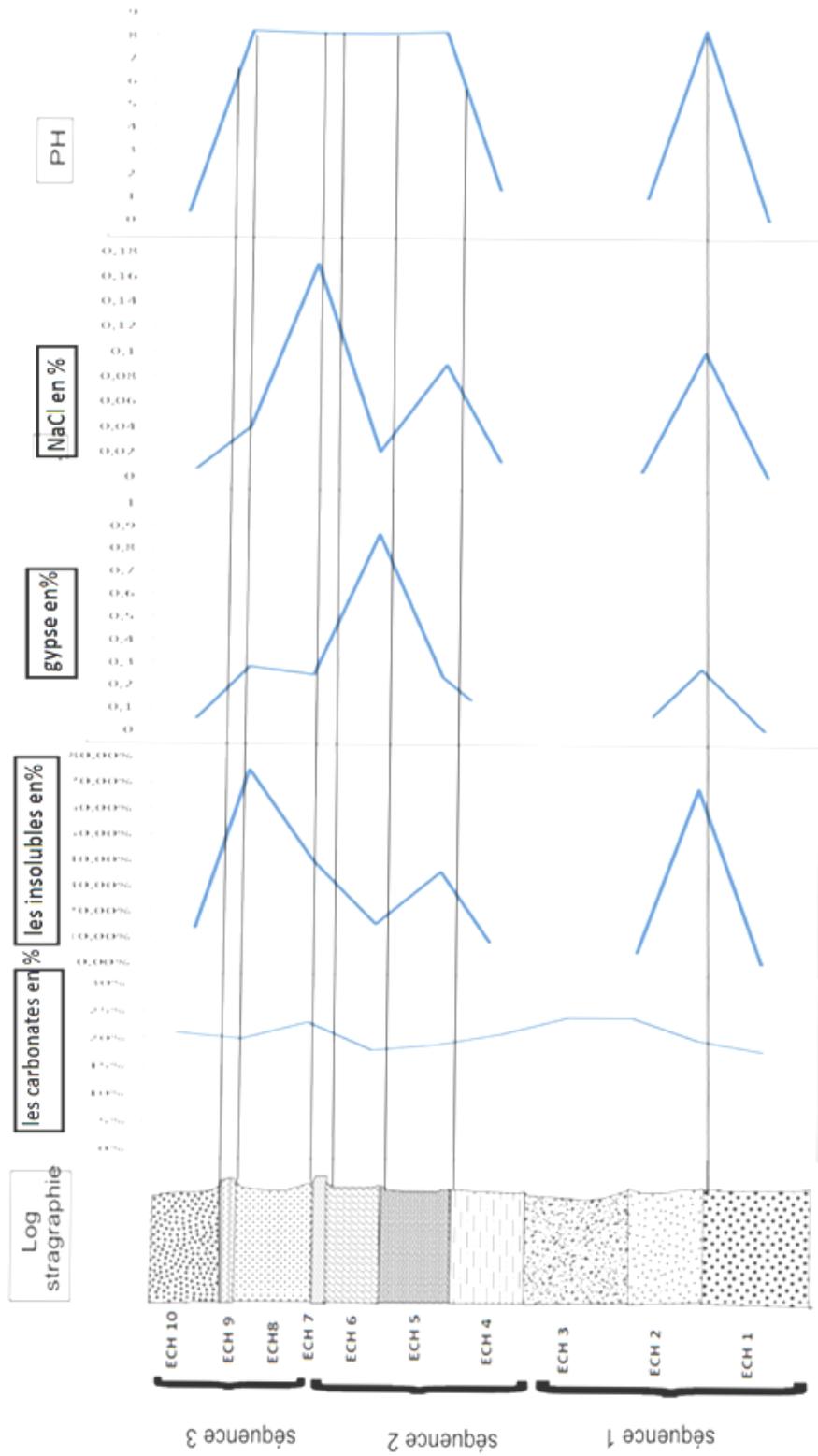


Fig.40: Paramètres chimiques coupe du chott Merouane.

IV.4.3 Conclusion :

D'après l'analyse granulométrique on constate que la moyenne varie de sommet vers la base de série : la séquence une est contenu a des éléments fins et moyennes aussi que le la séquence deux est moyennes et la séquence trois est moyennes grossiers.

L'indice de classement est variée a la série ($0.01 < So < 1.55$) sauf que dans le niveau 4=9.24 séquence deux), Les valeurs de coefficient dissymétrie (**Sk**) est généralement positive ou proche de zéro qui interpréter un milieu est faible courant.

Les méthodes analytiques chimiques on peut donner pourcentage de gypse est grandes valeurs de 23,69 a 86.51% qui interpréter cette formation est gypseuse, est faible contenu de sel (Na Cl) de 0.1 a 0.17g par 50g de chaque niveau.

D'après l'analyse de calcimétrie, on peut dire que les faible teneur de $CaCO_3$ ne sont pas dues uniquement à l'augmentation de la température dans la région, mais aussi aux faibles précipitation et fortes évaporations, donc on admet que les sédiments ayant un taux assez faible des carbonates reflètent des conditions des périodes humide et chaudes ,tandis que la série se terminer par phase désertique ou aride.

L'examen morphoscopique montre l'omniprésence des grains RM (rond mat) sont présents (60 %) au niveau 1 et 3 de la séquence basal avec présences importants des grains EL (émoussés luisant) (20 à 40 %), c'est-à-dire l'influence du transport par le vent (milieu éolien). Au niveau de l'ensemble séquence intermédiaire ce qui mettre en évidence de l'importance des grains EL (40 à 50%), On remarque que les grains NU sont faibles sur toute la formation. C'est-à-dire l'influence du transport par les eaux et le vent (mixte éolien et fluvial).

Donc on admet que les sédiments ayant un taux assez faible des carbonates reflètent des conditions des périodes humides et chaudes, avec un milieu de dépôt lacustre sédimentaire par le transport fluvial et éolien, cette région représenter par une dépression.

CONCLUSION

En milieu continental, les reconstitutions paléo environnementales sont souvent Basées sur des analyses sédimentologique, chimique.....etc.nos recherche essentiellement utilisée des résultats sédimentologiques et chimiques.

Actuellement la région étudiée se caractérisée par un climat aride typiquement saharien le support géologique est se formé par un dépôt de grande partie d'âge quaternaire et résultent Moi- pliocène, elle est caractérisent en surface par des dunes de limon consolidée et couches gypseuse a profondeur de sable.

L'étude sédimentologique et chimique de formation paléo-lacustre (affleurement de Boufeggoussa) montré des différents faciès géologiques, qui nous permis déterminer trois séquences de la base vers sommet(la coupe A-B)selon les caractéristiques sédimentologiques (granulométrie, sédimentométrie) et chimiques (dosage de gypse, sulfate, sel...) à mettre en évidence:

- Séquence 1 :

Inclus des formations détritique sableuses parfois cimentée de carbonate, et faible proportion de gypse, moins salée. Les sables de cette séquence ont subi un mode de transport éolien,

- Séquence 2 :

Inclus des formations des évaporites gypseuses avec faible teneur de carbonate et forte proportion gypseuse riche en quartz (cristaux) plus dur que le précédant séquence.

- Séquence 3 :

Cette séquence reconnaitre à milieu désertique qui se former une couche sable limon (détritique), la mode de transport éolien, bien cimentée par les carbonates.

Cette formation également est le produit de plusieurs facteurs topographiques (cuvette) plus précisé ment et climatique chaude et humide en générale.

Référence bibliographie

Kadri M, 2012 : Étude géochimique comparative des deux cycles géochimiques dans les zones désertiques (Cas du chott Merouane).2012.pp8.

Guddari, 1980. Géochimie des sels et des saumures du chott el jerid (Sud tunisien). Thés.Doc,Géochimie. *Univ Toulouse*. 9p.

Guendouz et al, 2003 : Hydrogeochemical and isotopic evolution of water in the Complexe Terminal aquifer in the Algerian Sahara, *Hydrogeology Journal*, 11:48 3–495, Springer-Verlag, 485p.

Hacini M, 2006. Géochimie des sels et des saumures du chott Merrouane et calcule des vitesses de précipitation de quelque minéraux évaporitiques, Thèse de doctorat ; *Géo, Uni Badji mokhtar-ANNABA*, pp 37-38-39.

Hacini M, 2006. Géochimie des sels et des saumures du chott Merrouane et calcule des vitesses de précipitation de quelque minéraux évaporitiques, thèse de doctorat ; *Géo, Uni Badji mokhtar-ANNABA*, pp 41

Hacini M et al, 2008. Le Comportement du Lithium et du Bore Durant l'Evaporation Complète du Chott Merouane dans le Sahara Septentrional Algérie. *Article pp.1-10*.

Khadraoui A, 2005. Eau et sols en Algérie ; Gestion et impact sur l'environnement, P 29-32.

Khadraoui A, 2007. Eau et impact environnement dans le Sahara Algérien, T.S.B.N, p 48.

Hacini M, 2006. Géochimie des sels et des saumures du chott Merrouane et calcule des vitesses de précipitation de quelque minéraux évaporitiques, thèse de doctorat ; *Géo, Uni Badji mokhtar-ANNABA*, pp 37-38-39.

Hacini M et al, 2008. Le Comportement du Lithium et du Bore Durant l'Evaporation Complète du Chott Merouane dans le Sahara Septentrional Algérie. *Article pp.1-10*.

Lahcini,A ;ben seddik H,2004.Le système écologique du chott Merouane caractérisation physic-chimique des saumures des sels et état de l'environnement dans le chott .p14

MATE, 2000. Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement, Alger, pp 100-105.

Khebbaz M ,2013. Étude géochimique et minéralogique du Chott Melghir.

(OSS.2003). Système Aquifère du Sahara Septentrional. Observatoire du Sahara et du Sahel. Volume 2 : Hydrogéologie. Projet SASS. Coupes. Planches. Annexes. Tunis, Tunisie. 275p.

Merabet S, 2011. Etude comparative de deux systèmes aquatiques dans le Sahara septentrional (Chott Merrouane et Ain El Beida), environnement et signes de dégradation. p6.7

Géologie de l'Algérie : SONATRACH 2005.

الملخص

يشكل شط مروان مع الشطوط التونسية الأنظمة البيئية الأكبر امتدادا في شمال إفريقيا، مجموعة من الانخفاضات تشكل مجموعة أحواض مغلقة حيث يقع في ولاية الوادي، تتميز هذه المنطقة بمناخ صحراوي جاف.

بعد التحليل المخبرية (الترسيبي و الكيميائية) لعينات المقطع الجيولوجي للحافة الجنوبية للشط عصر الميوسين-بليوسان، و التي من خلالها قمنا بتحديد 3 أنواع من المتتاليات من الأسفل إلى الأعلى والموضحة كما يلي :

- المتتالية 1 حبيبية تحتوي على الرمل، الطمي والطين وكذلك نسبة من الكربونات.
- المتتالية 2 بخارية مكونة أساسا من الجبس مع نسبة معتبرة من الجبس.
- المتتالية 3 حبيبية تحتوي على الرمل والطين.
- التكوينات الجيولوجية ذات أصل قاري نهري.

كلمات المفتاح: شط مروان، أحواض مغلقة، الوادي، وادي ريف، الميوسين، المتتالية.

RÉSUMÉ

Chott Merouane représente avec l'ensemble des chotts tunisiens les grandes étendues lagunaires de l'Afrique du Nord, des dépressions formant des bassins endoréiques, il se trouve dans la wilaya de EL-Oued, une région aride à hyperaride, ce bassin qui est alimenté par canal de oued Righ comme une source très importante.

L'étude des dépôts mio-pliocène de cette région et basée sur la sédimentologie et l'analyse chimique de la région nous permis se subdiviser notre coupe a trois séquences principales formations, à partir d'un coupe dans la zone périphérique du chott.

Les résultats obtenus montrent que :

- La séquence 1 : détritique contenu de sable, limon et argile, et carbonaté.
- La séquence 2 : évaporitiques essentiellement gypseuse à faible teneur de carbonate.
- La séquence 3 : détritique contenu de sable, limon, carbonaté.
- Les origines des formations est continentale et fluviale.
- Le climat sec et humide (saharienne).

Les mots clés: chott Merouane, bassin endoréiques ;Eloued, Oued Righ, Mio-pliocène, séquence.

Abstract

Chott Merouane is with all Tunisian chotts large lagoon expanses of North Africa, depressions forming closed basins, it is in the wilaya of El-Oued, a hyper-arid region, this basin fed by Righwadi channel as a very important source

The study depot Mio-Pliocene of this region they based sédimentlogique and analyze chemical part of the region allowed us to subdivide our region 3séquences main courses, from a cut in the peripheral area Chott.

The results obtained show that:

- Sequence 1: detritus content of sand, silt and clay, and carbonate.
- Sequence 2: evaporate formation of gypsum low carbonate.
- Sequence 3: detritus content of sand, silt, carbonated.
- The origins of the training are continental and fluvial.
- Dry and humid climate (Saharan)

Key words: Chott Merouane, closed basins, El-Oued, Righwadi, Mio-Pliocene, sequence.