

**UNIVERSITE KASDI MERBAH - OUARGLA -
FACULTE DES HYDROCARBURES, DES ENERGIES RENOUVELABLES 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 D'ingénieur d'Etat en Géologie

Option : Géologie de l'Ingénieur

THEME

***Etude géologique et sédimentologique des gara
Mio-pliocène de l'Est de Oued M'ya
(Ouargla)***

Le 12 /06/2014

Soutenu publiquement par :

BEN ALI TAMIM

SOUALAH BEDADI N-EDDINE

Devant le jury :

Président :	MAZOUZI. A	M.A.A
Promoteur :	CHELLAT.S	M.A.A
Examineur :	CHRIF.A	M.A.B

Année Universitaire : 2013/2014

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à toute la famille "Ben Ali "

A ma très chère mère et A mon très cher père

A tous mes chers frères et sœurs

A tous les amis, sans exception et mon collaborateur

de Mémoire "Nouredinne"

Aux amis de 5^{ème} année Géologie de L'ingénieur de la

Promotion 2013-2014

En fin, Je dédie spécialement au la lumière de ma vie

"Scouts Musulmans Algériens "

TAMIM

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à toute la famille

"Soualah Bedadi" et "Soualah Abdalla"

A ma très chère mère et A mon très cher père

A mes chers frères: "Hacen", "Fathi" et "Laid"

A mes chers sœurs: "Heddi", "Farida" et "Hanane"

A mon collaborateur de mémoire "Tamim".

*Aux amis de 5ème Année Géologie de L'ingénieur
de la promotion 2013-2014.*

Je dédie spécialement au la reine de mon cœur

"S.A. Yousra "

*pour son soutien moral et sa sollicitude
chaleureux*

Noureddine soualah bedai



Remerciements

Nous voulions commencer ce minuscule passage du mémoire, qui nous est en fait propre, pour exprimer toutes nos reconnaissances à ceux qui nous ont accompagnés tout au long de ces cinq années et ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Nos remerciements sont donc :

*Au **Allah** de nous avoir accordé de son vaste pouvoir la possibilité et l'aptitude d'arriver jusqu'ici.*

- ✓ *À Mr. CHELLAT Smaine d'être promoteur. Nous le remercions, pour ce fait, pour tout son soutien moral et physique qu'il nous a offert durant cette année.*
- ✓ *Nos remerciements les plus vifs à toutes les personnes qui nous ont facilité la tâche pour la réalisation de ce travail près ou de loin (laboratoire de travaux publics au Sud (LTPS),)*
- ✓ *À Mr. MAZOUZI Abdelmounain D'avoir accepté de présider les jurys et aussi à Mr. CHRIF Amine Qui a accepté d'examiner ce travail.*

Sommaire

Introduction générale.....	01
Chapitre 01 : Cadre physique de la région	
Introduction.....	03
1. Situation géographique de la zone d'étude	03
2. Hydro climatologique de la zone d'étude.....	05
2.1. Hydrologie et réseau hydrographique.....	05
2.2. Analyse des paramètres climatiques.....	05
2.2.1. La température.....	05
2.2.2. La précipitation.....	07
2.2.3. L'humidité de l'air.....	07
2.2.4. L'insolation.....	07
2.2.5. Le vent.....	09
2.2.6. L'évaporation.....	10
2.2.7. Synthèse climatique.....	11
2.2.7.1. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN.....	11
2.2.7.2. Climagramme d'EMBERGER.....	12
3. La geomorphologies.....	13
3.1. Hamada du Mio-Pliocène.....	14
3.2. Glacis.....	14
3.3. Sebkha et Chotte.....	15
3.4. Dunes.....	15
4. Ressources hydriques.....	16
4.1. Hydrographie.....	16
4.2. Hydrogéologie.....	16
4.2.1. Nappe du Continental Intercalaire (Albien)	17
4.2.2. Nappes du Complexe Terminal.....	17
4.2.2.1. Nappe des sables du Mio-Pliocène (CT)	17
4.2.2.2. Nappe des calcaires Sénoniens (CT)	17
4.2.3. Nappe phréatique (Quaternaire).....	17

Chapitre 02 : Contexte géologique

1. Introduction.....	19
2. La plateforme saharienne.....	19
3. Cadre géologique régional du bas Sahara.....	20
4. Cadre géologique régional d'Ouargla.....	22
4.1. Introduction.....	22
4.2. Stratigraphie.....	22
4.2.1. Le Mésozoïque.....	22
4.2.1.1. Le Barrémien.....	22
4.2.1.2. L'Aptien.....	22
4.2.1.3. L'Albien.....	22
4.2.1.4. Le Vraconien.....	22
4.2.1.5. Le Cénomanién.....	23
4.2.1.6. Le Turonien.....	23
4.2.1.7. Le Sénonien lagunaire.....	23
4.2.2. Fin Secondaire -Tertiaire.....	23
4.2.2.1. Le Sénono-Eocène.....	23
4.2.2.2. Le Mio-Pliocène.....	23
4.2.3. Le Quaternaire.....	24
5. Cadre géologique local.....	24
5.1. Introduction.....	24
5.2. Stratigraphie.....	24
5.2.1. Le Mio-Pliocène.....	24
5.2.2. Le Quaternaire.....	24
6. Tectonique.....	28
7. paléogéographie.....	29
8. Conclusion.....	29

Chapitre 03 : La Méthodologie

Introduction.....	31
1. Etude in situ.....	31
1.1. Établissement de la stratigraphie.....	31
1.2. Description des niveaux.....	31

1.3. Échantillonnage	32
2. Étude de laboratoire	32
2.1. Analyse granulométrique.....	32
2.1.1. Définition et but de l'analyse granulométrique.....	32
2.1.1.1. La fraction grossière.....	32
2.1.1.2. La fraction fine.....	32
2.1.2. Appareillage et principe de mesure	33
2.1.3. Principe de l'essai	33
2.1.4. Dimension de tamis utilisés.....	33
2.1.5. Expression des résultats de la courbe granulométrique.....	33
2.1.6. Les paramètres granulométriques.....	34
2.1.6.1. La moyenne.....	34
2.1.6.2. L'indice de classement (Trask) So.....	35
2.1.6.3. Le coefficient d'asymétrie (Skewness)	35
2.1.6.4. Le Kurtosis.....	36
2.1.7. Diagramme CM de Passega	36
2.2. Sédimentométrie.....	37
2.2.1. Objet de la méthode.....	37
2.2.2. Définition.....	37
2.2.3. Principe.....	37
2.3. Calcimétrie.....	38
2.3.1. Définition et principe.....	39
2.4. Analyse morphoscopique.....	39
2.4.1. Définition.....	39
2.4.2. Condition d'observation.....	40
2.5. Analyse de la teneur en sulfates.....	40
2.5.1. Organigramme de la détermination des teneurs en sulfates.....	40
2.6. Dosage de la matière organique.....	41
2.6.1 Introduction	41
2.6.1.1. Facteur biologique.....	41
2.6.1.2. Facteur anthropique.....	41

2.6.1.3. Facteur hydrodynamique.....	41
2.6.2 Transformation des matières organiques au cours de la sédimentation.....	42
2.6.3 Principe	42
2.7. Analyses chimiques (pH et Conductivité)	42
2.7.1. Le pH.....	42
2.7.2. La conductivité électrique.....	43
2.8. Diffractométrie des rayons X	43
2.8.1. But de l'analyse	43
2.8.2. Définition	43
2.8.3. Le Principe de l'analyse	44

Chapitre 04 : Résultats et Interprétations

1. Étude stratigraphique.....	45
1.1. Stratigraphie de la terrasse étudiée.....	45
1.1.1. L'ensemble stratigraphique.....	45
1.2. La matière organique.....	50
2. Étude sédimentologique.....	50
2.1. Analyse granulométrique.....	
2.1.1. Granulométrie globale.....	50
2.1.2. Etude de la fraction granulométrique grossière.....	50
2.1.3. Étude de la fraction granulométrique fine.....	50
2.1.4. Paramètres granulométriques.....	52
2.1.4.1. Conclusion.....	53
2.1.4.1.1. La moyenne.....	53
2.1.4.1.2. Le Kurtosis	53
2.1.4.1.3. Le Skewness.....	53
2.1.4.1.4. Le Classement.....	53
2.1.5. Courbes d'analyses granulométriques de différentes unités	54
2.1.6. Diagramme C-M de PASSEGA.....	58
2.2. Les carbonates.....	59
2.3. La morphoscopie des grains de quartz	61
3. Résultat et interprétation DRX.....	62

Conclusion.....	63
Conclusion générale.....	65

Liste des figures

Fig. N°1 : Localisation de zone d'étude et de la ville d'Ouargla et ses alentours (INC, 1960)....	04
Fig. N°2 : Réseau hydrographique de la cuvette de oued M'ya.....	05
Fig. N°2-1 : Températures moyennes mensuelles,(Station d'Ouargla 2003-2012)	06
Fig. N°2-2:Précipitation moyenne mensuelle, période (ONM, 2003-2012)	07
Fig. N°2-3: Humidité relative moyenne mensuelle, période (ONM, 2003-2012)	08
Fig. N°2-4:Durées d'insolations en heure, période (ONM, 2003-2012)	09
Fig. N°2-5: Vitesses des vents, période (ONM, 2003-2012)	10
Fig. N°2-6 : L'évaporation réelle moyenne mensuelle, période (ONM, 2003-2012)	11
Fig. N°2-7-1 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région d'Ouargla.....	12
Fig. N°2-7-2 : Climagramme d'EMBERGER de la ville d'Ouargla.....	13
Fig. N°3: Aspect géomorphologique de Garat el Boiub.....	14
Fig. N°4: Colonne lithostratigraphique synthétique du Sahara Nord-Est Septentrional (SONATRACH 2005)	21
Fig. N°5: Carte géologique de la région d'Ouargla d'après C.G.N. 1952.....	26
Fig. N°6: Colonne lithostratigraphique de la formation Moi-pliocène Ouargla (ANRH, 1988)	27
Fig. N°7 : Différentes représentations d'une granulométrie ainsi leurs modes de distributions (Miaskovsky, 2002)	34
Fig. N°8 :L'essai de l'analyse Sédimentométrie.....	38
Fig. N°9: Schéma montrant le Calcimètre de Bernard.....	38
Fig. N°10:principaux types des grains de quartz.....	40
Fig. N°11 : pH-mètre et Conductivimètre.....	43
Fig. N°12: Principe de la diffraction et illustration de la Loi de Bragg..... (Eslinger et Peaver 1988)	44
Fig. N°13: Log stratigraphique de la coupe étudiée.	48
Fig. N°14:Coupe géologique de Garat el Bouib.....	49
Fig. N°15: Classification de la fraction fine d'après le diagramme ternaire Folk 1954.	51
Fig. N°16 : Courbe d'analyse granulométrique d'unité A, échantillon 02.	54
Fig. N°17 : Courbe d'analyse granulométrique d'unité B, échantillon 05.	55
Fig. N°18 : Courbe d'analyse granulométrique d'unité C, échantillon 08.	55
Fig. N°19 : Courbe d'analyse granulométrique d'unité D, échantillon 11.....	56
Fig. N°20 : Courbe d'analyse granulométrique d'unité E, échantillon 15.	56
Fig. N°21 : Courbe d'analyse granulométrique d'unité F, échantillon 19.	57
Fig. N°22 : Courbe d'analyse granulométrique d'unité G, échantillon 23.	57
Fig. N°23 : Diagramme de Passega.	58
Fig. N°24 : Paramètres chimiques Coupe de Garat el bouieb.....	60
Fig. N°25 : Diagramme de variation morphoscopique des grains de quartz en fonction de la profondeur.....	61
Fig. N° 26 : Diffractogramme des unités B, E et F.....	62

Liste des tableaux

Tableau N°2-1 : Températures moyennes mensuelles (<i>station d'Ouargla, 2003-2012</i>).....	06
Tableau N°2-2: Précipitations mensuelles, <i>période (2003-2012)</i>	07
Tableau N°2-3 : Humidité relative moyenne mensuelle, <i>période (2003-2012)</i>	08
Tableau N°2-4: Durées d'insolations mensuelles, <i>période (2003-2012)</i>	09
Tableau N°2-5 : Vitesses moyennes des vents, <i>période (2003-2012)</i>	10
Tableau N°2-6 : Evaporations moyennes mensuelle, <i>période (2003-2012)</i>	10
Tableau N°3 : Répartition granulométrique des constituants d'un sédiment.....	32
(<i>Miskovsky et Debard, 2002</i>)	
Tableau N°4 : Classification des faciès sédimentaires en fonction de l'indice de classement...	35
Tableau N°5: Répartition des faciès sédimentaires en fonction de l'indice d'asymétrie.....	35
(<i>Folk, 1966</i>).	
Tableau N°6 : Répartition des faciès sédimentaires en fonction de l'indice Kurtosis.....	36
(<i>Folk, 1966</i>)	
Tableau N°7 : Paramètres sédimentologiques moyennes de la coupe de Garat le Bouib.....	54
Tableau N°8 : les différents symboles représentés dans les Diffractogrammes.....	63

Liste des photos

Photo N°1 : Garat el Bouib : butte témoin au sud de la ville d'Ouargla.....	15
Photo N° 02 : les différents unités présentes à Garat el bouieb	46
Photo N° 03 : Croûte calcaire et gypseuse intercalés avec des bancs gréseux surmontant des grés en plaquettes unité C.....	46
Photo N° 04 : Manchons de gypse et calcite unité D.....	47
Photo N° 05 : Croûte calcaires et gypseuse intercalés avec des grés unité E.....	47

Résumé

La contribution de l'étude sédimentologique pour les formations Mio-pliocène (Ouargla) ont pour but la reconstitution paléoenvironnemental a partir des paramètres obtenus des résultats, stratigraphiques et sédimentologiques qui présentent:

Les dépôts de cette formation sont subdivisés en unités stratigraphiques d'origines continentales, L'ensemble stratigraphique correspond aux unités **A, B, C, D, E, F, et G.**

La majorité des faciès sont sableux dans toutes les unités.

Le mode de transport est éolien dans la partie supérieure de l'ensemble stratigraphique,. Et dans le niveau inférieur de l'ensemble stratigraphique, le mode est mixte (aquatique et éolien). Le niveau supérieur A témoigne aussi à une période de stagnation des eaux superficielle, d'où la formation des gypses et carbonates.

Mots clés : Mio-pliocène, sédimentologie, faciès, ensemble stratigraphique.

ملخص

من خلال الدراسة الرسوبية للتكوينات الميو- بليوسان (ورقلة)، و الخصائص المتحصل عليها إنطلاقا من النتائج الطبقيّة والرسوبية التي توضح :

مصطبة هذه التكوينات تضم مجموعة طبقيّة ذات أصل قاري، المجموعة الطبقيّة مقسمة الي الوحدات أ، ب، ت، ث، ج، ح، خ.

أغلبية السحنات رملية في جميع الوحدات.

الجزء العلوي من المجموعة الطبقيّة إنتقلت بعامل الرياح ، أما بقية الوحدات عامل الإنتقال مختلط بين النهري والريحي.

الكلمات الدالة: الميو- بليوسان، الترسيب، السحنة، مجموعة طبقيّة.

Abstract

The contribution of the sedimentological study for Mio-Pliocene formations (Ouargla) are intended for reconstitution paléoenvironnemental from parameters obtained results, stratigraphic and sedimentological which have:

The deposits of this formation are divided into stratigraphic units of continental origin, stratigraphic All units corresponds to A, B, C, D, E, F, and G.

The majority of the sandy facies are in all units.

The mode of transport is wind in the upper part of the stratigraphic together. And in the lower level of the stratigraphic package, the mode is mixed (water and wind). The upper level A also reflects a period of stagnant surface water, where the formation of gypsum and carbonates.

Keywords: Mio-Pliocene, sedimentology, facies, stratigraphic package.

Introduction

Générale

Introduction générale

Les archives géologiques (sédiments) constituent le seul accès, indirect, à l'histoire de la Terre, et en particulier à l'évolution de ses climats. Sur les continents, de nombreux agents érodent et redistribuent les dépôts, et en général les formations continentales contiennent des archives sédimentaires continues. Un des intérêts suscités par l'étude de ces dernières réside dans le fait qu'elles renferment des informations sur les climats anciens et leur évolution au cours du temps.

Les formations lacustres du Sahara résultent du transport et de la sédimentation par les eaux courantes et par voie éolienne des matériaux érodés des formations anciennes : elles sont répandues sur la surface des plateaux ou dans des vallées.

Les formations lacustres sont bien connues et ont souvent servi de base aux reconstitutions paléoclimatiques et paléogéographiques et à la formation continentale.

But du travail

Ce travail s'inscrit dans la perspective de contribuer aux reconstitutions climatiques de la formation mio-pliocène (Ouargla) et de voir que la sédimentologie aide à trouver les différents modes de transport. Afin d'atteindre ce but, nous analysons plusieurs échantillons récoltés sur terrain.

Les analyses effectuées relèvent de la sédimentologie classique, et elles ont été complétées par des analyses chimiques (Calcimétrie, le dosage des sulfates, PH,) pour connaître la nature des sédiments et leur mode de mise en place.

L'étude sédimentologique et chimique des formations mio-pliocènes présente un grand intérêt. Elle permet, d'une part, de préciser l'origine du matériel et de fournir les réponses à cette question, et d'autre part, de déceler l'existence d'éventuelles traces d'usure ou de corrosion sur les différents constituants, leur mode de mise en place et leur évolution post-dépositionnelle afin de reconstituer l'histoire du dépôt et de donner des interprétations paléoenvironnementales de la région.

Les grandes lignes de ce travail se résument en quatre chapitres :

- Le premier chapitre consiste à définir le contexte général (cadre physique sur la région) situation géographique, cadre géologique...etc. ;
- Le deuxième chapitre consiste à définir le contexte géologique de la région
- Le troisième chapitre est réservé à la description des méthodes et des techniques utilisées (méthodologie) ;

- Le quatrième chapitre est consacré à la présentation des résultats et leur interprétation, puis conclusion, qui nous mène à établir rationnellement la stratigraphie de la terrasse analysée.

Chapitre I :

Cadre physique

de la région

Introduction

La ville d'Ouargla, installée avec ces palmeraies au fond d'une cuvette en zone désertique, constitue un lieu idéal à l'accumulation et à la stagnation des eaux, sous l'influence des conditions climatiques, caractérisées par une aridité extrême et une sécheresse permanente, et d'une nappe superficielle à faible profondeur, le milieu naturel évolue ainsi rapidement vers des conditions de salinité excessives. La cuvette d'Ouargla représente donc un contexte écologique particulièrement fragile, où la gestion des ressources hydriques doit être menée avec un maximum de soins (S. BENHAMIDA, 2008).

Des reconstitutions paléoenvironnementales terrestres globales connues à ce jour pour la formation Mio-pliocène sur le nord-est du Sahara sont les travaux de Mr CHELLAT 2012 qui sont en cours de réalisation et les travaux de Ghenbazi 2011, NOGHAG 2012 et BEN SALEM 2013. Mais un paléoenvironnement n'est complet que si sont précisés le climat, la géomorphologie.

L'objectif de notre travail est de donner une approche sur la paléoenvironnement de la région à la base de l'étude sédimentologique des formations Mio-pliocènes qui remontent à 15 millions d'années ainsi de savoir quel régime a été installé sur la région.

1. Situation géographique de la zone d'étude

Garat el bouib, témoin tabulaire isolée, située à environ 25 kilomètres sur le côté sud-ouest de la wilaya d'Ouargla, qui se localise à environ 800 Km d'Alger. Elle est limitée au Nord-est par la wilaya d'El Oued, au Nord-ouest par la wilaya de Djelfa, au Sud-Est par la wilaya d'Illizi et à l'Ouest par la wilaya de Ghardaïa.

Elle est située à une altitude de 164 mètres. Ses coordonnées géologiques sont 31°58' latitude Nord, 5°20' longitude Est (OZENDA, 1983).

La cuvette d'Ouargla couvre une superficie moyenne 99000 ha. Elle s'étale sur une longueur de 55km de direction Sud-ouest Nord-est.

Elle s'étend entre les coordonnées (UTM, CLARKE 1880)

X=710'000 ; Y=3'530'000 ; et X=730'000 ; Y=3'600'000

Elle couvre une superficie de 163,230 Km² et demeure une des collectivités administratives les plus étendues du pays. Elle est limitée par :

- * À l'Ouest : Un plateau calcaire surplombe la cuvette de Ouargla à environ 230m d'Altitude en confluence avec d'Oued N'sa.
- * À l'Est : On constate un plateau, dont les limites ne sont pas nettes, avec une altitude ne dépassant pas 160m. Les rebords de ce plateau disparaissent souvent sous les sables (Erg Touil, Erg Boukhezana, Erg arifdji),
- * Au Sud : un massif dunaire recouvre les ruines de Sedrata, son altitude dépasse 155m.
- * Au Nord : Zabret Bouaroua constitue en même temps la limite supérieure de Sebkhât Safioune et de la grande cuvette d'Ouargla (HAMDIAISSA, 2000).

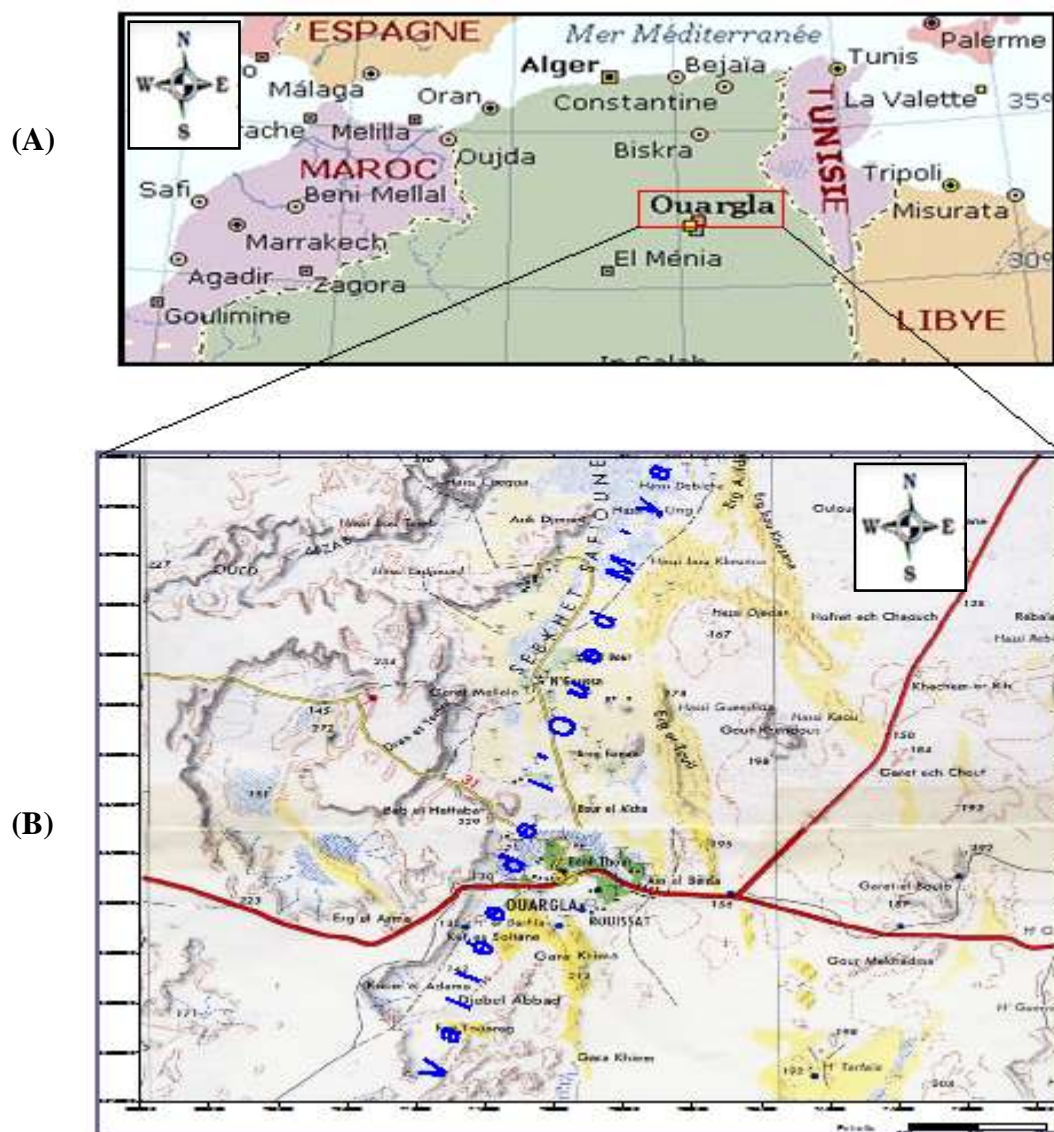


Figure N°1: Localisation de zone d'étude et de la ville d'Ouargla et ses alentours

(INC, 1960)

2. Hydro climatologique de la zone d'étude

2.1. Hydrologie et réseau hydrographique

L'hydrographie de la cuvette d'Ouargla se distingue par un caractère endoréique (Dubief, 1953). Le réseau hydrographique traversant la région est composé des oueds suivants :

- Au Nord-ouest : oued N'saa qui selon les fréquences peut présenter des crues considérables. Le bassin versant de oued N'sa couvre une superficie de 7800 Km², il reçoit divers affluents dont les plus importants sont le Ballouh et le Soudou qui arrosent l'oasis de Berriane (Dubief, 1953).
- Au Sud : oued M'ya draine la partie orientale du plateau de Tadmaït (Medinger. Le bassin de l'oued M'ya est en forme d'une vaste gouttière relevée du Sud (800 m) avec une pente très faible (0,1 à 0,2 %) vers le Nord-Est. Il s'étend sur 19800 km², le cours fossile de l'oued M'ya inférieur est jalonné par de vastes sebkhas jusqu'à Ouargla, distant de 200 km environ du point externes. Si l'on admet cependant que l'oued M'ya se jetait dans le chott Melrhir actuel, sa longueur devrait atteindre les 900 km (Dubief, 1953).
- À l'Ouest : oued M'Zab, dont la superficie du bassin est d'environ 5000 km², prend la direction Ouest-Est sur une distance de 350 Km de la région de Batma E'Rouilla à une altitude de 750 m jusqu'à Sebkheth Safioune d'une altitude de 104 m. Les crues peuvent atteindre Sebkheth Safioune (Dubief, 1953).

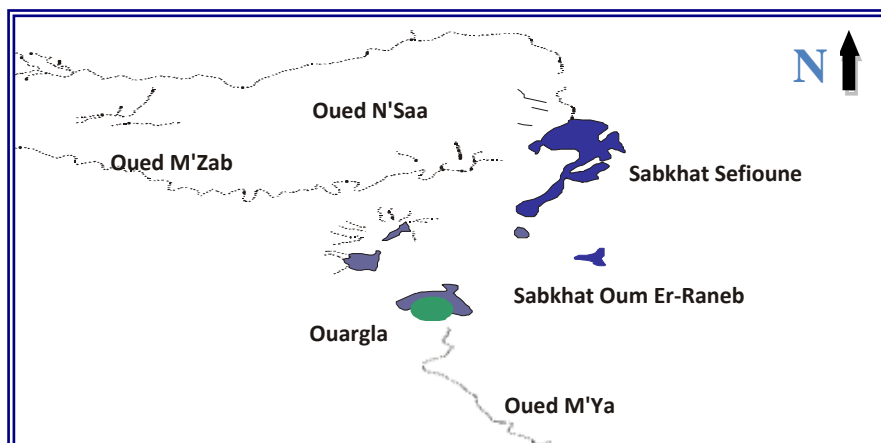


Figure N°2 : Réseau hydrographique de la cuvette de oued M'ya

2.2 Analyse des paramètres climatiques:

2.2.1. La température :

La température joue un rôle primordial sur le climat, est un paramètre déterminant dans le calcul du bilan hydrologique. L'analyse des températures sera faite à partir des données

recueillies de l'ONM-Ouargla période (2003-2012). Les valeurs moyennes enregistrées pendant les 10 dernières années, présentent une légère constance de 23.42°C. Cependant, ces valeurs cachent des valeurs mensuelles "dispersées", (ex : de 11.72°C en Janvier à 35.12°C en Juillet, soit 23°C de différence thermique entre les deux mois).

La température moyenne mensuelle :

Le tableau ci-dessous récapitule les températures moyennes mensuelles, qui ont été reportées dans la figure 2-1.

Tableau.2-1: Températures moyennes mensuelles (station de Ouargla, 2003-2012).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
TC°	12.48	13.76	17.9	22.99	27.78	37.87	36.18	35.22	30.33	25.91	17.17	12.39	23.83

On remarque que les températures estivales sont très élevées, avec des valeurs comprise entre 35 et 37°C. Le maximum est enregistré en Juin.

Pour la température hivernale, elle varie entre 12 et 14°C et le mois de Janvier est le plus froid. Ceci nous amène de dire que la région d'Ouargla a un Hiver doux et un Été très chaud (climat saharien).

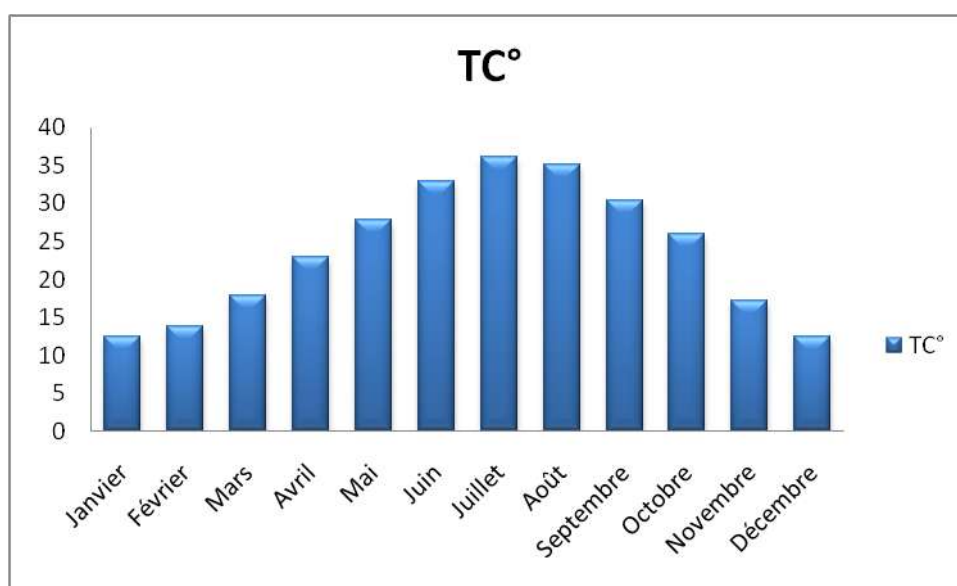


Figure N° 2-1 : Température moyenne mensuelle (Station d'Ouargla 2003-2012)

2.2.2. La précipitation :

Le tableau 2-2 et la figure 2-2 ci-dessous montrent les hauteurs moyennes mensuelles de la précipitation.

Les précipitations sont très faibles et très irrégulières. Elles sont insignifiantes pendant toute l'année, à nulles pendant le mois de Mai, juin et juillet, et ne se produisent qu'en hiver et en automne.

Tableau 2-2 : précipitation moyenne mensuelle, période (2003-2012).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
P (mm)	18.74	1.34	6.21	2.76	0.2	0.61	0.35	1.63	6.61	11.79	6.09	2.3	58.83

En règle générale les pluies sont d'intensité plutôt faible pour la région avec une moyenne annuelle de l'ordre de 58.83%.

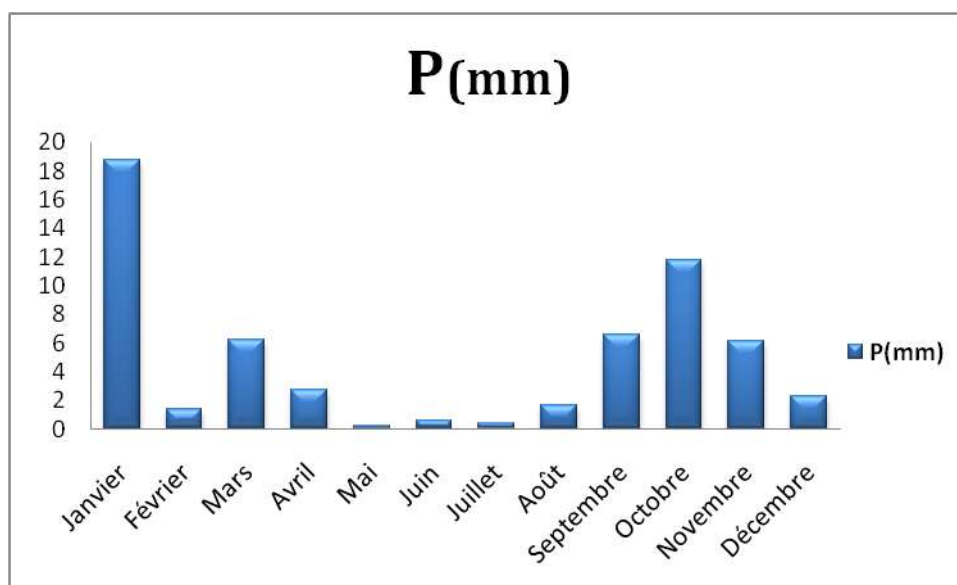


Figure N° 2-2 : Précipitation moyenne mensuelle, période (2003-2012)

2.2.3. L'humidité de l'air :

Nous avons indiqué dans le tableau 2-3 ci-dessous la moyenne mensuelle de l'humidité mesurée à Ouargla (période 2003 - 2012).

Tableau 2-3 : Humidité relative moyenne mensuelle, période (2003-2012).

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aou	Sep	Octo	Nov	Déc	Moy
H %	60.6	51.3	44.6	38.5	34.2	29.2	26.6	28	39.6	45.6	56	59.4	41.96

On relève que l'humidité est faible dans l'ensemble de la région d'étude. Ceci est dû notamment à l'élévation de la température de l'air, suite à l'importance de l'insolation, qui fait accroître la capacité de contenance en eau de l'air.

Les valeurs enregistrées ont une variation mensuelle inversement proportionnelle à la température car on observe des valeurs maximales pendant la période de Novembre (56%) à Janvier (60%) et des valeurs minimales durant la période de Juin (29%) à Août (28%).

Nous pouvons résumer les choses en disant que l'humidité relative dépend dans une large mesure de la température qui elle aussi dépend de la quantité de rayonnement reçue sur le sol, il demeure que celle-ci n'est pas la seule, car d'autres facteurs interviennent aussi, notamment les vents, les nuages et l'ensoleillement. L'humidité moyenne annuelle est de 41.96%.

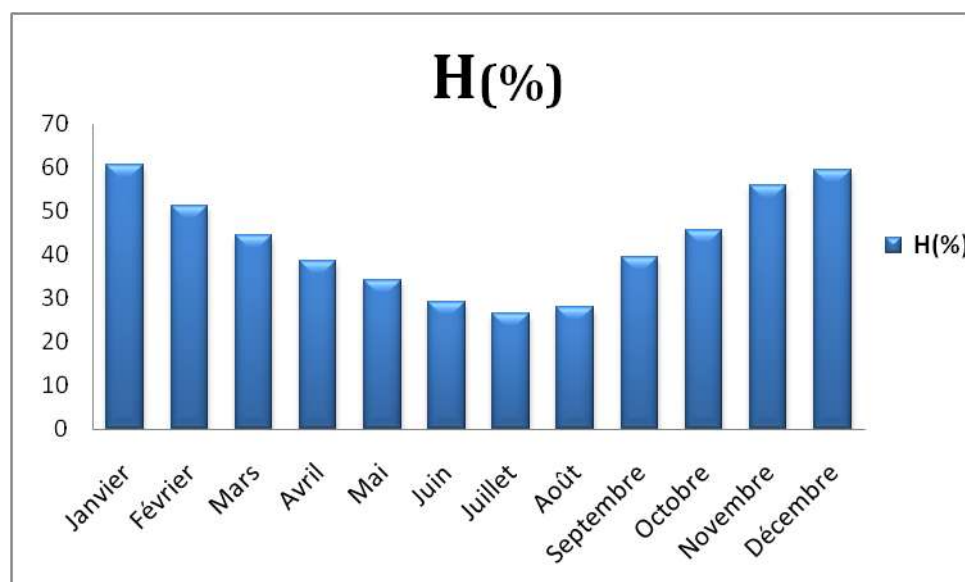


Figure N° 2-3 : Humidité relative moyenne mensuelle, période (2003-2012).

2.2.4. L'insolation:

Il s'agit de l'insolation effective c'est-à-dire de la période en heures durant laquelle le soleil a brillé.

Selon les valeurs mentionnées au tableau 2-4, on estime que la durée moyenne d'ensoleillement journalière est supérieure à 8 h/j, elle peut dépasser légèrement 12 h/j en Été, tandis qu'elle ne dépasse pas 8 h en Hiver, alors que l'insolation mensuelle, la plus grande, correspondant aux mois les plus chauds "Juin-Août". Le minimum en Novembre à Février correspondant à une durée d'ensoleillement plus basse de 259.8 h/mois.

Tableau 2-4 : Durée d'insolation, période (2003-2012).

Mois	Jan	Fèv	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil.	Aou	Sep	Oct.	Nov	Déc	Moy
I (h)	301.2	291.8	385.5	464.7	526.4	589.2	738.2	681.1	489.5	356.7	330.7	259.8	451.23

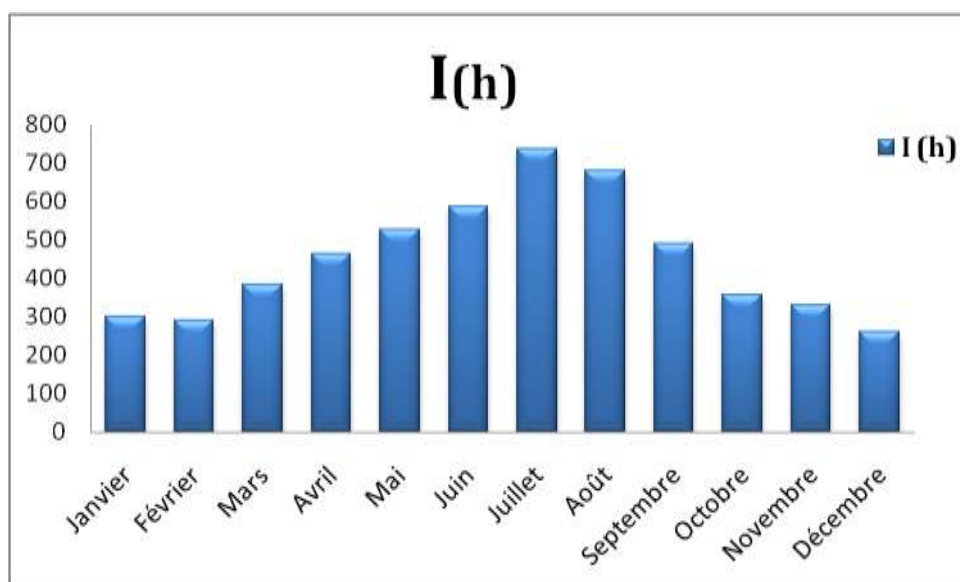


Figure N° 2.4 : Durée d'insolation en heure, période (2003-2012)

2.2.5. Les vents :

Le vent est déterminé par sa direction et sa vitesse.

On remarque que les vents les plus forts se produisent durant les mois de Mars à juin avec un maximum de 6,73m/s en Avril, tandis que le reste des mois à une vitesse faible (< 4 m/s). Généralement, les vents les plus fréquents sont ceux qui ont une direction S-N et SW-NE, tandis que les vents dirigés vers le Sud et le Sud-Ouest ne dominent qu'au mois de Janvier. La vitesse moyenne annuelle du vent est de 4,50m/s.

Tableau 2.5 : Vitesse des vents, période (2003-2012).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
V.V (m/s)	3.98	4.76	5.64	6.73	5.16	5.56	4.75	4.18	4.51	4.01	4.38	3.37	4.50

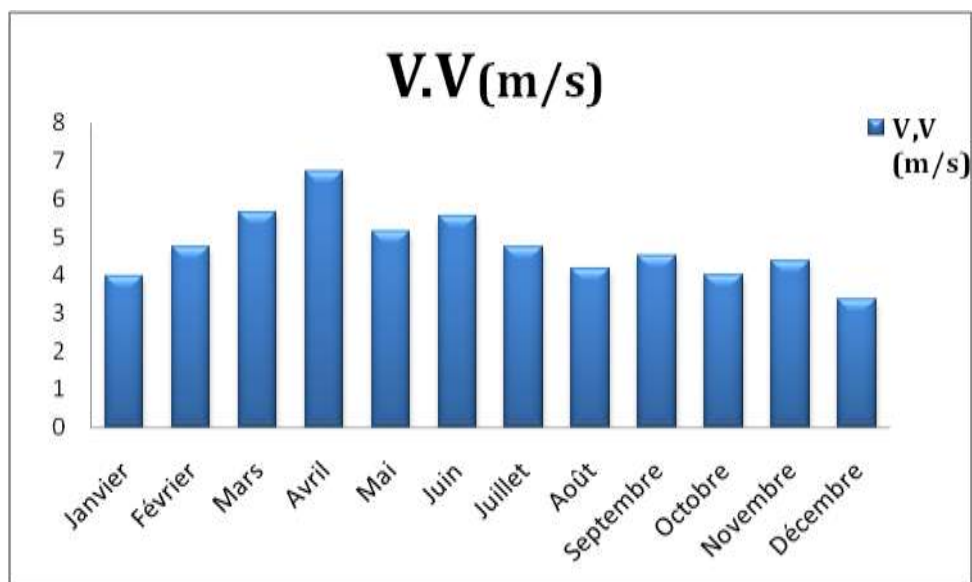


Figure N° 2.5 : Vitesse des vents, période (2003-2012)

2.2.6. L'évaporation

Le phénomène d'évaporation intervient dans le cycle de l'eau au moment où les précipitations atteignent la surface du sol. Le maximum est enregistré au mois de Juillet avec 1094.06 mm et le minimum au mois de Décembre avec une évaporation de 400mm.

Tableau 2-6 : L'évaporation moyenne mensuelle, période (2003-2012).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Σ
Eva (mm)	409.1	452.6	452.6	742.3	931.7	946.7	1094.6	1087.5	850	734.3	508.5	400	8730.80

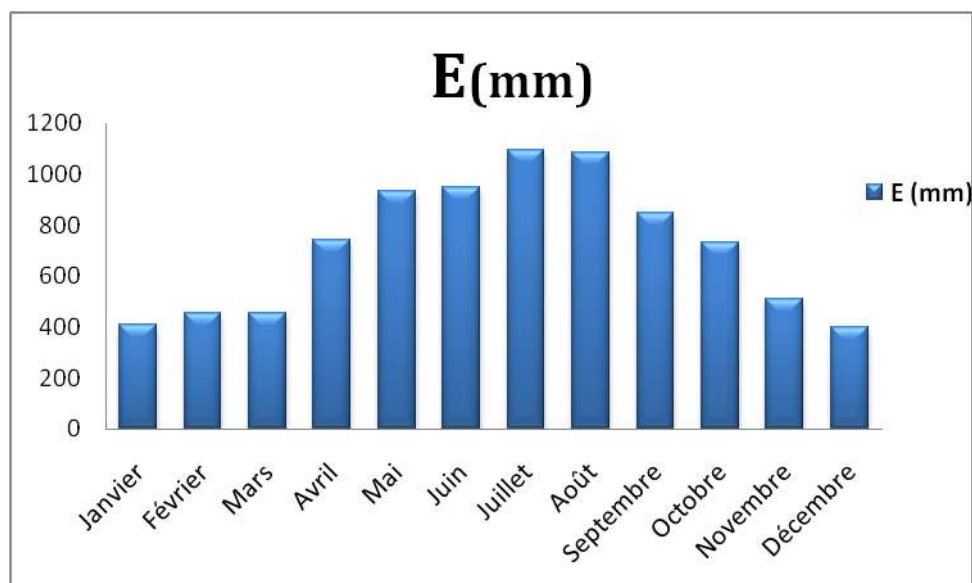


Figure N° 2-6 : L'évaporation réelle moyenne mensuelle, période (2003-2013)

2.2.7 Synthèse climatique :

Nous synthétisons les données climatiques, en les présentant à travers un diagramme Ombrothermique de GAUSSEN afin d'en définir la période sèche et un climagramme d'Emberger pour situer Ouargla dans son étage bioclimatique.

2.2.7.1 Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN :

Il est imaginé par Gausсен, il consiste à placer en abscisses les mois de l'année et en ordonnées à gauche, les températures et à droite les précipitations avec l'échelle 1 °C=2mm de précipitation (Ramade, 2002).

Le diagramme Ombrothermique est utilisé pour mettre en évidence l'importance de la période sèche, en utilisant la moyenne des précipitations et de la température mensuelle selon l'échelle $P=2T$. (Voir le diagramme au-dessous, figure N°2-7-1):

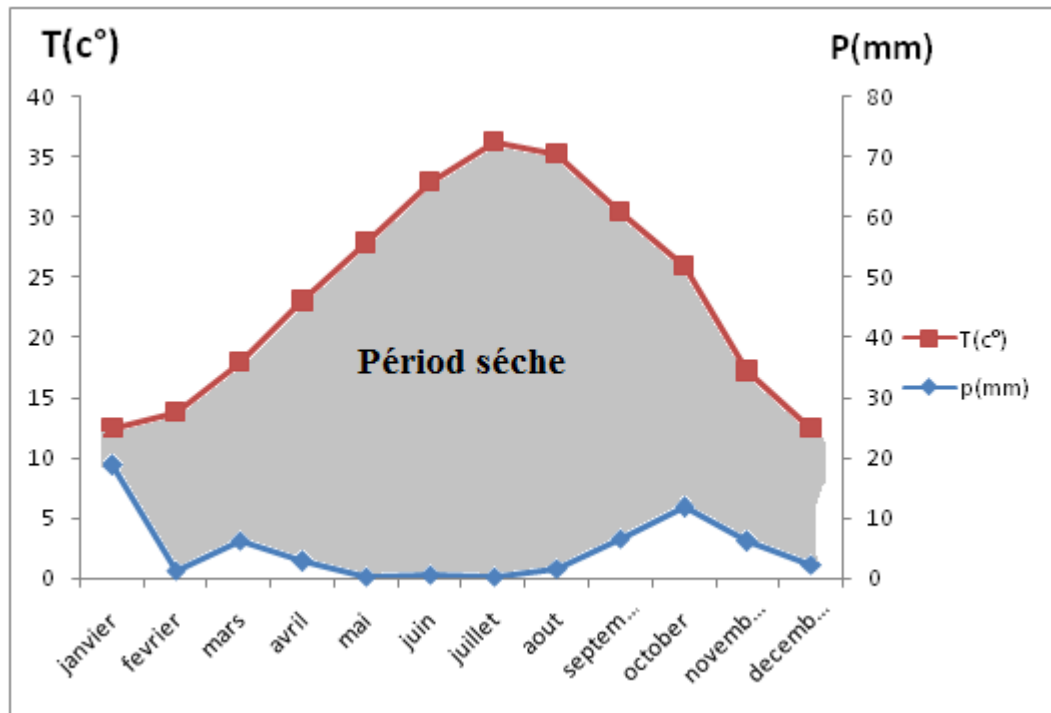


Figure N° 2-7-1 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région d'Ouargla

2.2.7.2 Climagramme d'EMBERGER :

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude, il est représenté

- En abscisse, par la moyenne des minima du mois le plus froid.
- En ordonnée, par le quotient pluviométrique (**Q2**) (d'après d'Emberger, 1933).

Nous avons utilisé la formule de STEWART (1969), adopté pour l'Algérie, qui se présente comme suit :

$$Q2 = 3,43 \times P / M - m$$

Q2 : Quotient thermique d'EMBERGER.

P : Pluviométrie moyenne annuelle en millimètre.

M : Température maximale du mois le plus chaude en millimètre.

m : Température minimale du mois le plus froide en millimètre.

D'après la figure N°2-7-2, le quotient thermique (Q2) de la région de Ouargla est égal à 7,91 ce qui la place dans l'étage bioclimatique saharien, à hiver doux.

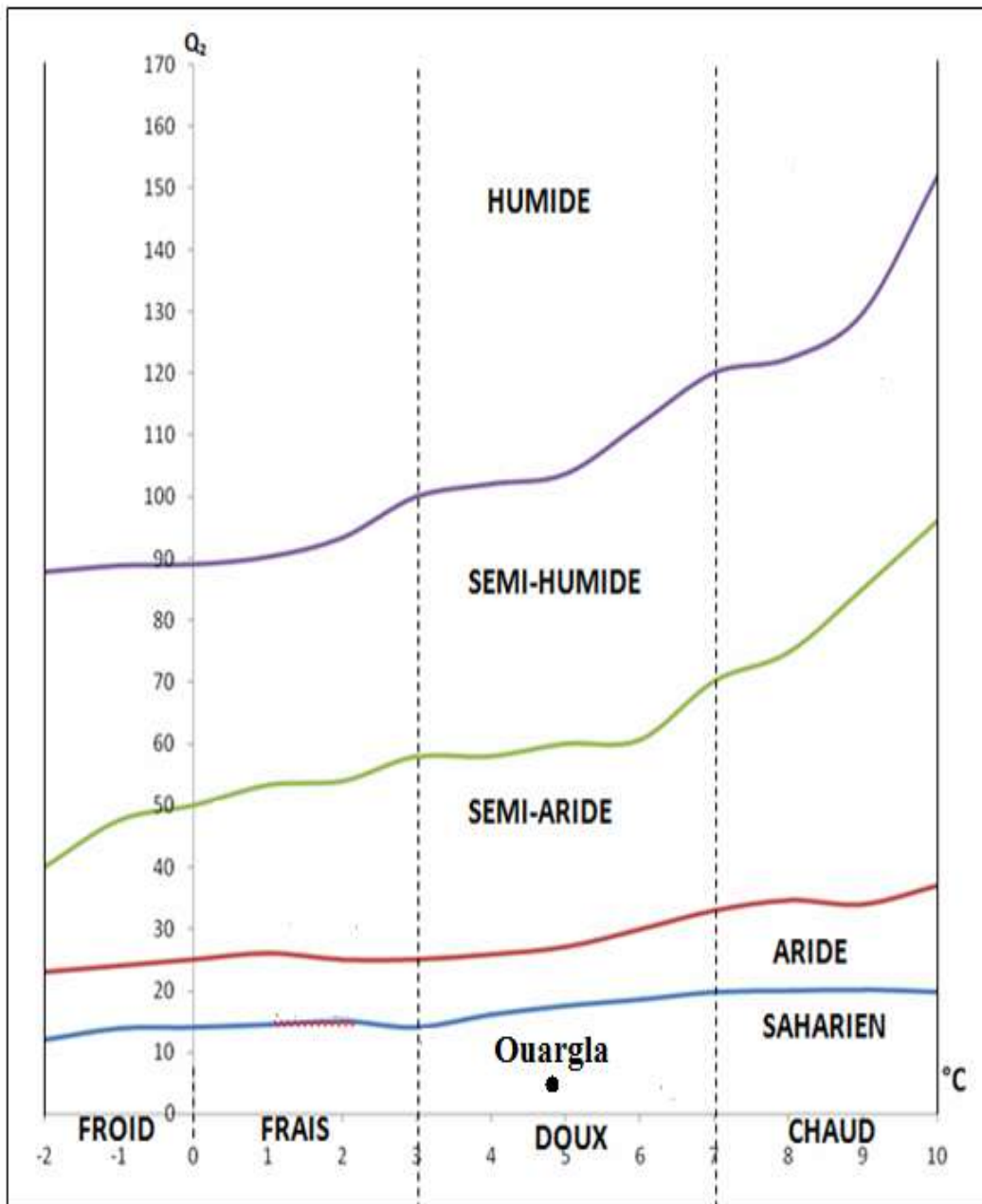


Figure N° 2-7-2: Climagramme d'EMBERGER de la ville d'Ouargla

3. La Géomorphologie :

La cuvette de Ouargla appartient aux sous-bassin sahariens de code 04, il correspond à la basse vallée de l'Oued M'ya. CORNET (1964) in OULED BELKHIR (2002).



Figure N°3 : Aspect géomorphologique de Garat el Bouib d'après la photo de Google earth 2013.

L'étude géomorphologique de la région fait apparaître les éléments suivants (Fig.3) :

3.1. Hamada du Mio-Pliocène : (plateau ou affleurement de grandes dalles rocheuses) : C'est une formation continentale détritique qui forme un plateau dont l'altitude moyenne est de 200 m. Ce plateau s'abaisse légèrement d'Ouest en Est où il est très fortement érodé ne laissant que quelques buttes témoins appelées "goure" (Photo N°1 : Garat el Bouib au sud est un exemple des tables éoliennes).

3.2. Glacis :

Ils sont situés sur le versant Ouest de la cuvette, les glacis s'étagent en quatre niveaux, allant de 200m à 140m. Les glacis, dont les hauteurs qui varient, de 180 à 160m, ils sont très visibles et sont caractérisés par l'affleurement du substrat gréseux du Mio-pliocène. La pente de ce dernier est faible et souvent recouverte de sable et de graviers. À l'Est de la cuvette se trouve un vaste glacis alluvial, à sable grossier, de 160m d'altitude.

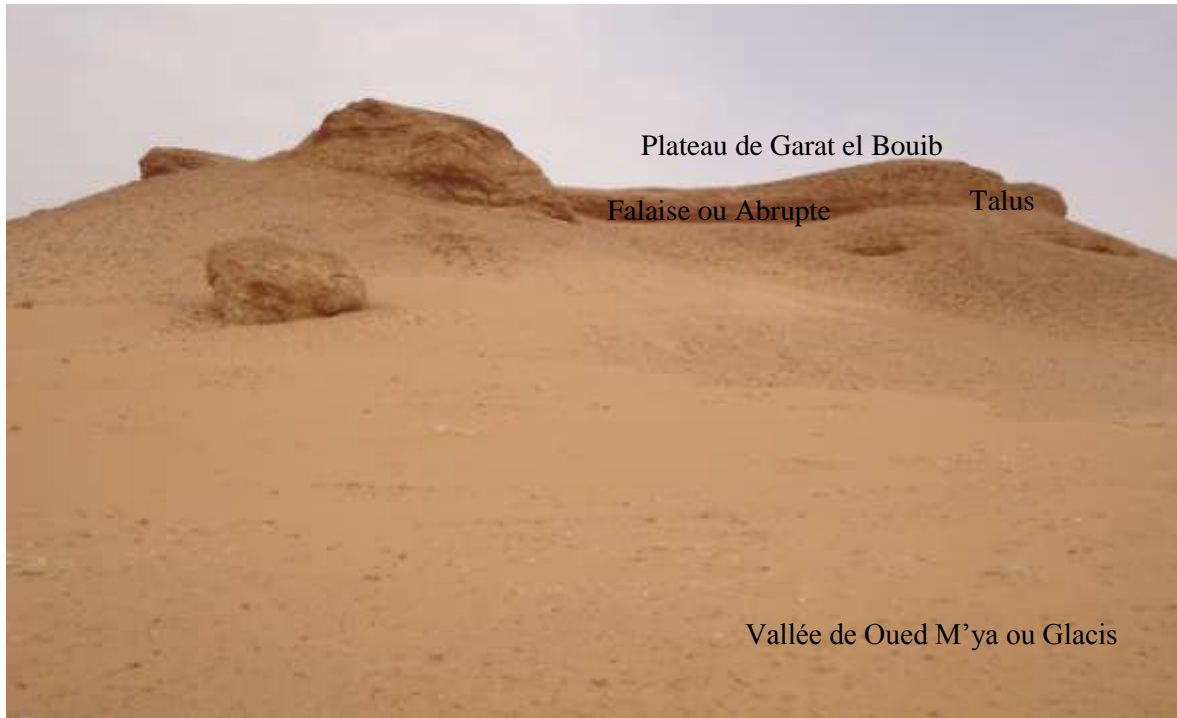


Photo N°1 : Garat el Bouib : butte témoin au sud de la ville d'Ouargla

3.3. Sebkha et Chotte :

Ils constituent le niveau le plus bas de la cuvette d'Ouargla.

Le chott qui correspond au centre de la sebkha et est constitué des sols gypseux en surface, souvent la nappe phréatique affleure en surface, au centre de la sebkha. Au Nord de la ville d'Ouargla (136m d'altitude), diverses sebkhas alternent avec des massifs dunaires jusqu'à la sebkhet safïoune (103m d'altitude).

3.4. Dunes :

Ce sont des formations éoliennes récentes, en petits cordons d'environ 150m d'altitude, elles occupent la partie Est et le Sud de la cuvette, et bordent les sebkhas le long de la vallée de l'Oued M'ya.

La cuvette d'Ouargla est creusée dans les formations continentales du Mio-Pliocène. Il s'agit de sables rouges et de grés tendres à stratifications entrecroisées, avec nodules calcaires, entrecoupés de niveaux calcaires ou gypseux que m'on voit affleurer sur ses bords Est et Ouest. Après son creusement, la cuvette d'Ouargla a été occupée par un lac au fond duquel se sont déposés des sédiments fins argileux ou d'origine chimique, craies, calcédoine et évaporites. Un

niveau charbonneux a été daté de – 17 000 ans (HAMDI-AISSA, 2001in LEGHRIEB, M A.2007).

Des oueds, descendant de la dorsale mzabite à l'Ouest (oueds M'Zab, N'Sa) ou du Tademaït (oued M'ya) au Sud, se déversaient dans ce lac en abandonnant leurs alluvions en larges cônes (ankDjemel pour l'oued M'Zab) ou barrant la vallée (oueds N'Sa au Nord de la Sebket Safioune).

Avec la fin du dernier grand pluvial, le lac s'est retiré. L'oued M'ya n'a pu qu'épisodiquement couler de sebkha en sebkha sans beaucoup de vigueur, son cours étant complètement coupé par les reliefs situés à l'aval de la Sebket Safioune ou un lac se forment à nouveau à chaque période un peu pluvieuse.

4. Ressources hydriques :

Dans le Sahara les lits d'Oued recèlent quelques nappes phréatiques souvent saumâtres : Ghir, M'Zab, Saoura, etc., sinon se sont des nappes profondes semi -fossiles ou fossiles comme l'albien et que sont très peu utilisées (ARRUS, 1985)

4.1. Hydrographie :

Au Nord de la cuvette se trouve Oued N'sa, dont les périodes de crue sont considérables, avec une révolution de trois à six ans. Il arrose l'Oasis Berrian, Oued Metlili à l'Ouest et l'Oued M'Zab, dont le cheminement des eaux se fait par infiltration vers la cuvette durant les périodes de crues décennales ; Grossissent les eaux le temps la grande ligne d'Ouargla .Au sud de l'Oued M'ya, créant dans le temps la grande ligne de talweg de la région de tadmit travers en long la cuvette et s'achemine vers la vallée de l'Oued Right en passant par Chegga pour aboutir à la zone des chotts (chott Melghir) (KHELAF, 1996).

4.2. Hydrogéologie :

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

4.2.1. Nappe du Continental Intercalaire (Albien) :

Le terme « Continental Intercalaire » désigne un épisode continental localisé entre deux cycles sédimentaires marins :

- ✓ À la base, le cycle du Paléozoïque qui achève l'orogénèse hercynienne;
- ✓ Au sommet, le cycle du Crétacé supérieur, résultat de la transgression cénomaniennne.

C'est un réservoir important constitué essentiellement par des grès et d'argiles d'âge Albien et Barrémien. La profondeur de cet aquifère varie entre 800 et 1700m, avec un débit de 120 l/s. Cette nappe se caractérise par des eaux chaudes avec un résidu sec oscillant entre 1,6 et 1,9 g/l. Actuellement, il existe dans l'ensemble de la cuvette, 02 forages en service (inventaire 2005). Ces forages, essentiellement utilisés pour l'irrigation, mais aussi pour couvrir les besoins domestiques des agglomérations, font ressortir un volume extrait de l'ordre de 7 Hm³/an.

4.2.2. Nappes du Complexe Terminal :

Il existe en effet deux formations aquifères distinctes dans ce Complexe Terminal, la première est contenue dans les sables du Mio-Pliocène, tandis que la seconde se trouve dans le Sénonien supérieur. Sur toute l'étendue de la cuvette, le dernier inventaire a fait ressortir 356 forages, dont 224 en services (inventaire 2005), leur usage qui est réparti entre l'AEP et l'IRR, mobilisait un volume extrait de l'ordre de 157 Hm³/an.

4.2.2.1. Nappe des sables du Mio-Pliocène (CT) :

Fortement exploitée dans la région pour les besoins agricoles, cette nappe constituée de dépôts sableux à une profondeur variant entre 60 m (à Rouissat) et 200 m (à N'Gouça), est caractérisée par : (un débit qui s'échelonne entre 5 et 50 l/s et un résidu sec de 4 g/l).

4.2.2.2. Nappe des calcaires Sénoniens (CT) :

Formée par de calcaires poreux et fissurés, cette nappe destinée principalement pour l'alimentation en eau potable des agglomérations est caractérisée par une profondeur comprise entre 180 et 290 m (avec un résidu sec ne dépassant pas les 2,5 g/l). Leur débit d'exploitation s'échelonne entre 15 et 45 l/s.

4.2.3. Nappe phréatique (Quaternaire) :

Cette nappe contenue dans les alluvions de la vallée de l'oued M'ya, couvre pratiquement toute la cuvette de Ouargla, est caractérisée par une forte salinité (plus de 20 g/l), est géologiquement logée dans des niveaux quaternaires sableux.

Dans l'agglomération et dans les palmeraies, sa profondeur varie, en moyenne, entre 0,5 m et 1,5 m par rapport au niveau du sol. En bordure de la cuvette, on peut en revanche la rencontrer à des profondeurs plus importantes. Son alimentation est assurée principalement par infiltration des eaux usées urbaines de la cuvette de Ouargla et ses six municipalités (Ouargla, Rouisset, Aïn El-Beida, Sidi Khouiled, N'Goussa, Hassi Ben Abdallah) ainsi que des eaux de drainage des périmètres agricoles. La carte piézométrique établie à l'échelle de la cuvette (campagne 94), montre qu'il existe deux zones distinctes séparées par une ligne de partage des eaux au niveau du Hassi Miloud et Bour El Haïcha, ce qui le traduit par deux écoulements, l'un vers le Nord c'est-à-dire vers Sebkhet Safioune et l'autre vers l'Ouest (Sebkhet Bamendil).

Chapitre II :

Géologie régionale

et locale

1. Introduction :

On abordera dans ce chapitre, les aspects géologiques à différentes échelles d'études : échelles générales de la plateforme saharienne, les bassins sahariens du bas Sahara et la région d'Ouargla. Les données essentielles pour cette étude sont extraites des documents suivants : Géologie d'Algérie (Sonatrach 2005); géologie du Sahara occidental et central (Jean Fabre 1976, Gouscove année 1952); A.N.R.H (Ouargla 2004).

2. La plateforme saharienne :

La plateforme saharienne est située au Sud de la chaîne tellienne et appartient au Craton panafricain. 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. On distingue d'Ouest en Est, les bassins suivants :

- Les bassins de Tindouf et de Reggane situés sur les bordures nord et Nord-Est du bouclier Reguibat. La couverture sédimentaire atteindrait 8000 m dans le bassin de Tindouf et 6500 m dans celui de Reggane.
- Le bassin de Béchar limité au Nord par le Haut Atlas, au Sud et à l'Ouest par la chaîne d'Ougarta. Sa couverture sédimentaire atteindrait 8000 m.
- Le bassin d'Ahnet-Timimoun limité au Nord par le haut fond d'Oued Namous, à l'Ouest par la chaîne d'Ougarta, au Sud par le bouclier Touareg et à l'Est par la dorsale d'Idjerane-Mزاب.

La couverture serait en moyenne de 4000 m.

- Les bassins du Mouydir et de l'Aguemour-Oued M'ya sont limités à l'Ouest par la dorsale d'Idjerane-Mزاب et à l'Est par la dorsale Amguid-El Biod. Au Sud, les sédiments paléozoïques affleurent dans le Mouydir. Au Nord, dans la dépression d'Aguemour-Oued M'ya, comblée par une puissante série paléozoïque et méso-cénozoïque (5000 m à Oued M'ya).
- La synclise d'Illizi-Ghadamès est limitée à l'Ouest par la dorsale d'Amguid-El Biod et à l'Est par le môle de Tihemboka et les confins tuniso-libyens. Dans le bassin de Ghadamès, la couverture sédimentaire supérieure à 6000 m. Notre secteur d'étude fait partie de la province triasique, située dans la partie septentrionale de la plate-forme saharienne. La province triasique est un anticlinorium de direction (Est-Ouest) où les éléments majeurs suivants ont été individualisés:

- * La voûte de Tirlhemt et le haut fond de Talemzane;
- * Le système structural de Djemâa-Touggourt
- * Le système de dislocation d'El Agreb-Messaoud;
- * Le môle de Dahar.

Ces éléments sont séparés par des dépressions (Oued M'ya) où l'on rencontre les séries types de la province triasique. Les dépôts paléozoïques sont souvent très érodés, aussi profondément que l'Ordovicien ou le Cambrien. Le Mésozoïque, discordant sur le Paléozoïque, est présent du Trias au Crétacé. Le Cénozoïque est représenté par une série détritique du Mio-Pliocène. La série sédimentaire du bassin triasique dépasse 4500 m d'épaisseurs dans sa partie septentrionale. Elle est caractérisée par une importante formation évaporitique. (Jean Fabre 1976)

3. Cadre géologique régional du bas Sahara :

La région d'Ouargla que nous étudions fait partie du bas Sahara qui est limité :

- Au Nord par l'accident Sud atlasique ;
- À l'Est par les affleurements crétacés du Dahra ;
- Au Sud par la falaise méridionale du Tinhert ;
- À l'Ouest par la dorsale du M'ZAB.

Le bas-sahara qui se présente comme une cuvette synclinale est caractérisé par un remplissage sédimentaire plus ou moins circulaire ayant un diamètre de 600 km. Il est subdivisé en deux parties :

- Le bassin occidental du Tademaït.
- Le bassin oriental du Tinhert.

C'est donc entre la bordure septentrionale du Hoggar et la bordure méridionale de l'Atlas saharien que se situe le grand bassin sédimentaire du Bas-Sahara.

Il couvre 720 000 Km² de superficie et 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. La région d'Ouargla que nous étudions fait partie de cet ensemble.

Le Bas Sahara est caractérisé par l'extrême simplicité de sa topographie. Mis à part le côté Nord, les autres bordures sont de hauteur modeste et s'inclinent en pente douce vers la partie déprimée, matérialisée par l'axe SSO-NNE et parcourue par les Oueds M'ya et Righ. Vers le Nord au contraire, se dresse une haute barrière composée des monts des Ouled Nail, des Aurès et Nemamcha, bordant une dépression longitudinale occupée par des chotts, et dont le fond est inférieur au niveau de la mer. Tous les terrains depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire sont dissimulés en grande partie par le grand Erg oriental. (Busson, 1970 ; Fabre, 1976).

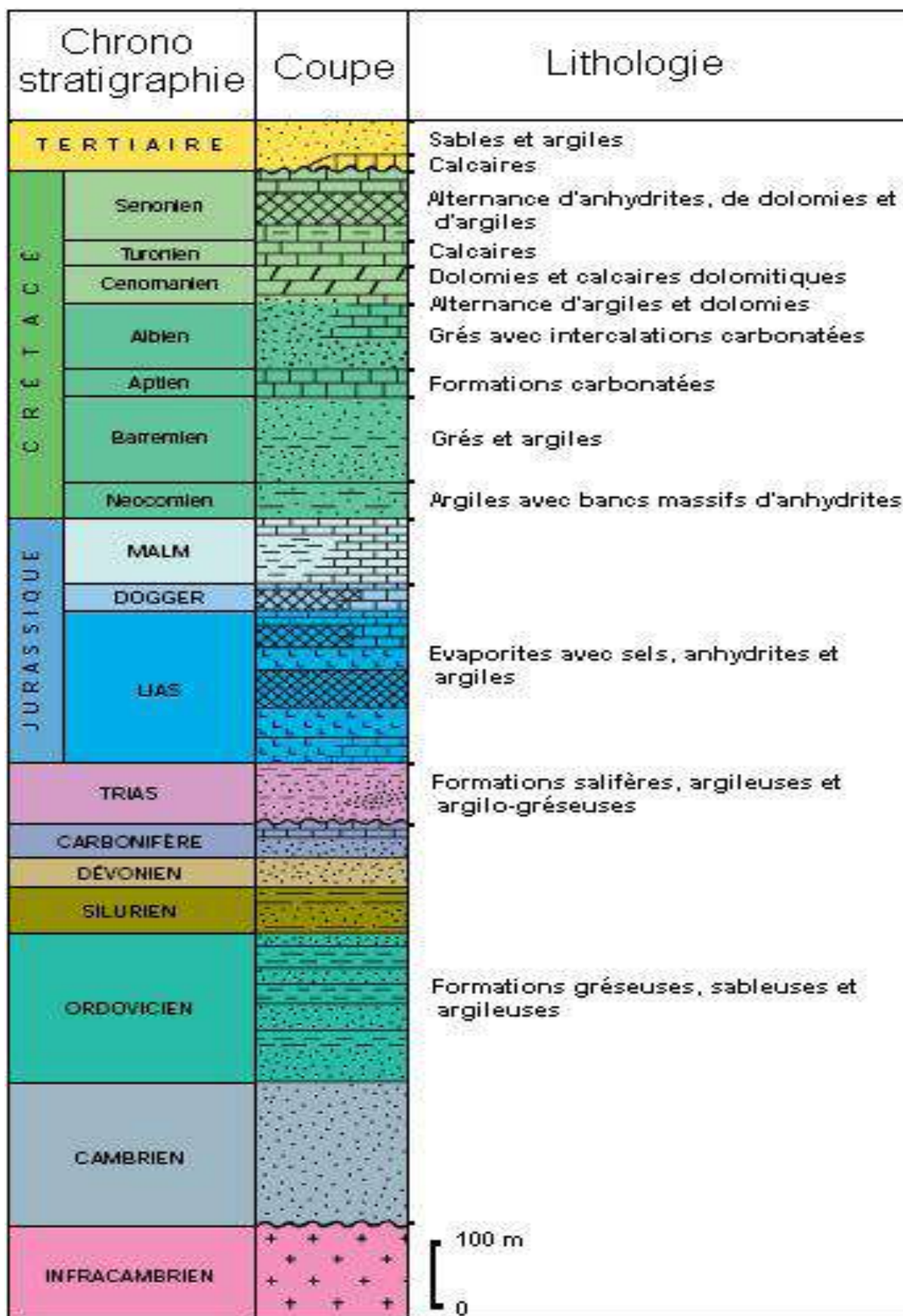


Figure N°4 : Colonne lithostratigraphique synthétique du Sahara Nord-Est Septentrional (SONATRACH 2005).

4. Cadre géologique régional d'Ouargla :

4.1. Introduction :

Le comportement géologique des terrains de la région d'Ouargla est connu par une étude lithologique détaillée allant du Barrémien jusqu'au Mio-pliocène, ils sont recouverts par une faible épaisseur de dépôt quaternaire (ergs, dunes).

4.2. Stratigraphie :

La corrélation des logs stratigraphiques établis à partir des forages aquifères dans la région, d'Ouargla permet de mettre en évidence la succession lithologique suivante :

Il y'a lieu de constater que la profondeur à laquelle se trouve les étages varie d'un forage à l'autre. Il faut signaler que l'absence du Paléozoïque dans la stratigraphie à cause d'une érosion de ce niveau dans la région étudiée.

4.2.1. Le Mésozoïque :

4.2.1.1. Le Barrémien :

Les principaux constituants de cet étage sont les éléments élastiques en particulier les grès avec des passées d'argile et parfois on note l'existence d'éléments carbonates.

4.2.1.2. L'Aptien :

L'Aptien est constitué par la "barre aptienne " dans la région d'Ouargla, qui est formée de marnes dolomitiques, grises, vertes, brunes ou blanches, et des dolomies cristallines. Son épaisseur est variable, elle est comprise entre 20 et 26m. L'Aptien est considéré comme imperméable dans son ensemble.

4.2.1.3. L'Albien :

Dans la région d'Ouargla, l'Albien correspond à la série lithologique supérieure du Continental Intercalaire; Ce sont des grès, argiles et sables. L'épaisseur de ces formations est variable (417- 432 m). Les éléments détritiques (non argileux) sont largement prépondérants (70 à 90%) et sont représentés par des grès fins avec des passées de grès moyens et parfois d'intercalations de sables grossiers à limons argileux ou souvent carbonates. On note des passées d'argiles brun-rougeâtres, pélitiques et sableuses sur les puits les plus septentrionaux. Dans son ensemble, L'Albien correspond à un horizon aquifère.

4.2.1.4. Le Vraconien :

L'intercalation Albo-vraconienne caractérise un épisode dolomitique remarquable entre les grès Albiens et les argiles Cénomaniennes, Il est formé de :

- Dolomies et quelques fois de calcaires dolomitiques parfois argileux contenant de rares débris

de mollusques, les épaisseurs y sont inférieures à 100 m, mais supérieures à 50 m sur Haoud-Berkaoui, sauf quelques exceptions locales en particulier dans deux puits d'Tiaoud-Berkaoui OKJ 60 : 40m et à OKJ 20 : 36m ;

- Argiles et marnes dolomitiques et des éléments détritiques.

4.2.1.5. Le Cénomaniens :

Le Cénomaniens est formé de deux séries :

- une série inférieure, constituée par des argiles dolomitiques et des marnes grises, avec parfois des argiles brun-rougeâtres ou gris-verdâtre. Son épaisseur varie entre 65 et 80 m. On note aussi quelques passées de calcaires dolomitiques en particulier à la partie médiane de la série ;

- une série supérieure est formée d'une alternance d'argiles et de marnes dolomitiques grises, parfois d'argiles salifères, de bancs d'anhydrite, de quelques intercalations dolomitiques, et de passées de sel gemme. Son épaisseur est de l'ordre de 70 m.

4.2.1.6. Le Turonien :

Le Turonien se présente sous forme d'une dalle ayant une épaisseur régulière "barre turonienne". Qui peuvent atteindre 73 m. Il s'agit d'une série constituée essentiellement de calcaire : calcaire poreux blanc, parfois grisâtre, pulvérulent, quelquefois dolomitique, de calcaire beige dolomitique et de calcaire fin légèrement dolomitique.

4.2.1.7. Le Sénonien lagunaire :

Le Sénonien lagunaire y est particulièrement épais, son épaisseur est supérieure à 400 m. Il est formé par :

- Un Sénonien salifère d'une épaisseur moyenne de 200 m.

- Un Sénonien anhydritique qui montre une épaisseur moyenne de 300 m.

- Un Sénonien carbonate : Son épaisseur moyenne est de 150 m excepté pour le forage (581 J10) où elle atteint 100 m.

4.2.2. Fin Secondaire -Tertiaire :

4.2.2.1. Le Sénono-Eocène :

Le Sénono-Eocène est formé essentiellement de carbonates ayant une épaisseur comprise entre 150 et 200 m. Il s'agit de calcaires dolomitiques cristallins ou micro cristallins parfois vacuolaires ou crayeux ou plus carrément argileux.

4.2.2.2. Le Mio-Pliocène :

Le Mio-Pliocène, est un puissant ensemble de grés, sables et d'argiles, qui repose en discordance sur l'Eocène, et caractérisé par une forte hétérogénéité, aussi bien dans la direction verticale que dans les directions horizontales.

4.2.3. Le Quaternaire :

Le Quaternaire, constitué de sables alluviaux ou éoliens, fins à moyen, et sables gypseux et parfois argileux ou carbonaté, repose en discordance, et irrégulièrement dans la vallée, sur les séries moyennes du Complexe Terminal (Sénonien, Eocène, et Mio-Pliocène)

5. Cadre géologique local :

5.1. Introduction :

Dans la région de Ouargla seuls les terrains du Mio-Pliocène affleurent, ils sont recouverts par une faible épaisseur de dépôt quaternaire (ergs, dunes). La cuvette est creusée dans les formations continentales du Mio-Pliocène. Il s'agit de sables rouges et de grés tendres à stratifications entrecroisées, avec nodules calcaire, entrecoupés de niveaux calcaires ou gypseux (d'après Gautier et Gouscove 1952).

5.2. Stratigraphie :

5.2.1. Le Mio-Pliocène :

Le Mio-Pliocène correspond au Continental Terminal défini par (C.Kilian1931). C'est un puissant ensemble de sables et d'argiles qui s'étend sur tout le Sahara et qui repose en discordance sur le Sénonien et l'Éocène. Dans la région d'Ouargla, on distingue quatre niveaux différents dans le Mio-Pliocène :

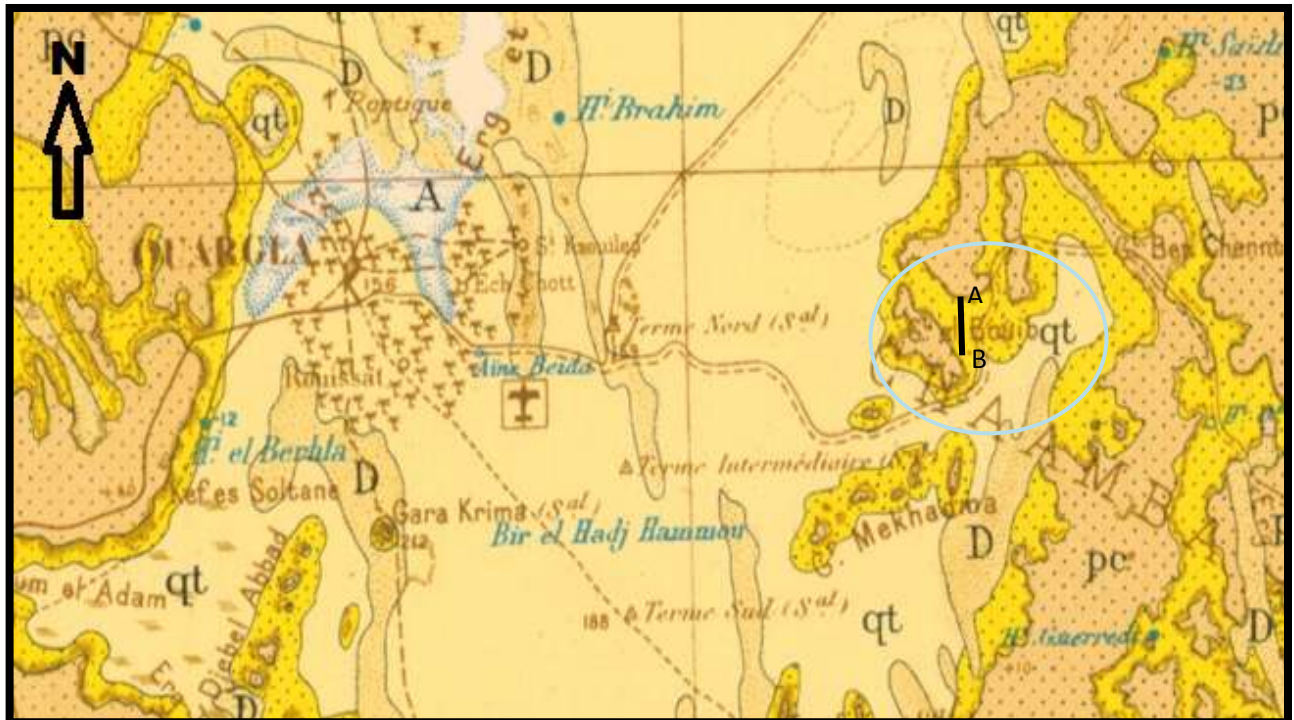
- *À la base*, un dépôt argileux peu épais recouvrant dans la partie centrale de la cuvette, et suivant une bande Nord-Sud, le Sénonien et l'Éocène.
- *Deuxième niveau* : C'est un dépôt grés-sableux qui devient argileux vers le sommet, c'est le niveau le plus épais et le plus constant. Il représente le principal horizon aquifère du Mio-Pliocène.
- *Troisième niveau* : C'est une formation argilo-sableuse, dont les limites Inférieures et supérieures sont assez mal définies. Cette couche n'apparaît que dans certains endroits.
- *Quatrième niveau* : C'est le deuxième niveau sableux du Mio-Pliocène. On ne peut le distinguer que lorsqu'il repose sur le niveau 3 ; d'ailleurs, les niveaux 2 et 4 sont confondus. Il est très épais dans la zone des chotts, le sommet du niveau 4 affleurant sur de grandes surfaces; et il est souvent constitué par une croûte de calcaire gréseux (croûte hamadienne).

5.2.2. Le Quaternaire :

À la base du Quaternaire, il existe un niveau argile-gréseux qui se présente comme une croûte ancienne. Ce niveau met en charge les aquifères du Mio-Pliocène à Ouargla. Le niveau le plus superficiel est constitué de sables éoliens parfois gypseux et des produits de remaniement

des terrains Mio-Pliocènes. Les nappes phréatiques sont généralement contenues dans ce dernier niveau. Les sondages superficiels (profondeur moins de 30 m) effectués dans différentes localités de la cuvette ont permis de rencontrer les ensembles suivants:

- Sur le plateau, le sol est constitué d'un matériau meuble exclusivement détritique, hérité de l'altération du grès à sable rouge du Mio-Pliocène. C'est le sol le plus pauvre en gypse de la région; jusqu'à 8 m de profondeur, il ne présente aucun niveau d'encroûtement; entre 25 et 75 cm de profondeur, il s'agit d'un sol sableux à graviers.
- Sur les chotts et les terrains intermédiaires, l'horizon de surface est une croûte gypseuse épaisse ou polygonale, blanchâtre partiellement couverte de voiles de sables éoliens gypso-siliceux et de sebkhas associées à une végétation gypso halophile. De 15 à 20 cm d'épaisseur, on trouve un encroûtement gypseux pulvérulent, homogène de couleur jaune rougeâtre très claire. En dessous, on trouve un encroûtement gypseux induré de 40 cm d'épaisseur surmonté par un tuf à teneur de gypse décroissante.
- Les Sebkhas sont caractérisées par une salure extrêmement élevée. Ces croûtes salines reposent sur des matériaux limono-sableux
- Les dunes sont constituées de sables éoliens d'origine gréseuse provenant de Hamada Mio-pliocène. Les sables existent dans les talwegs, sur les bordures des Sebkhas, et sur les versants rocheux.



Echelle 1 /500.000

Légende :






	Alluvions actuelles
	Dépôts des talus
	Regs et croutes calcaire
	Grès mio-pliocène
	Chottes et sebkhas

Figure N°5 : carte géologique de la région d'Ouargla D'après
S .C.G.N.1952.

D'après la carte géologique réalisée par (Gautier et Gouscove, 1952), le relief de la région d'Ouargla est constitué de roches sédimentaires, des alluvions et colluvions dérivées des ces roches:

- Marnes jaunâtres, plus ou moins gréseuses, salées ou gypseuses;
- Calcaires ocre, gréseux ou marneux;
- Argiles sableuses rouges à ocres salées et gypseuses;
- Grés, sables et conglomérats;
- Calcaires lacustres;
- Sables récents du Quaternaire.

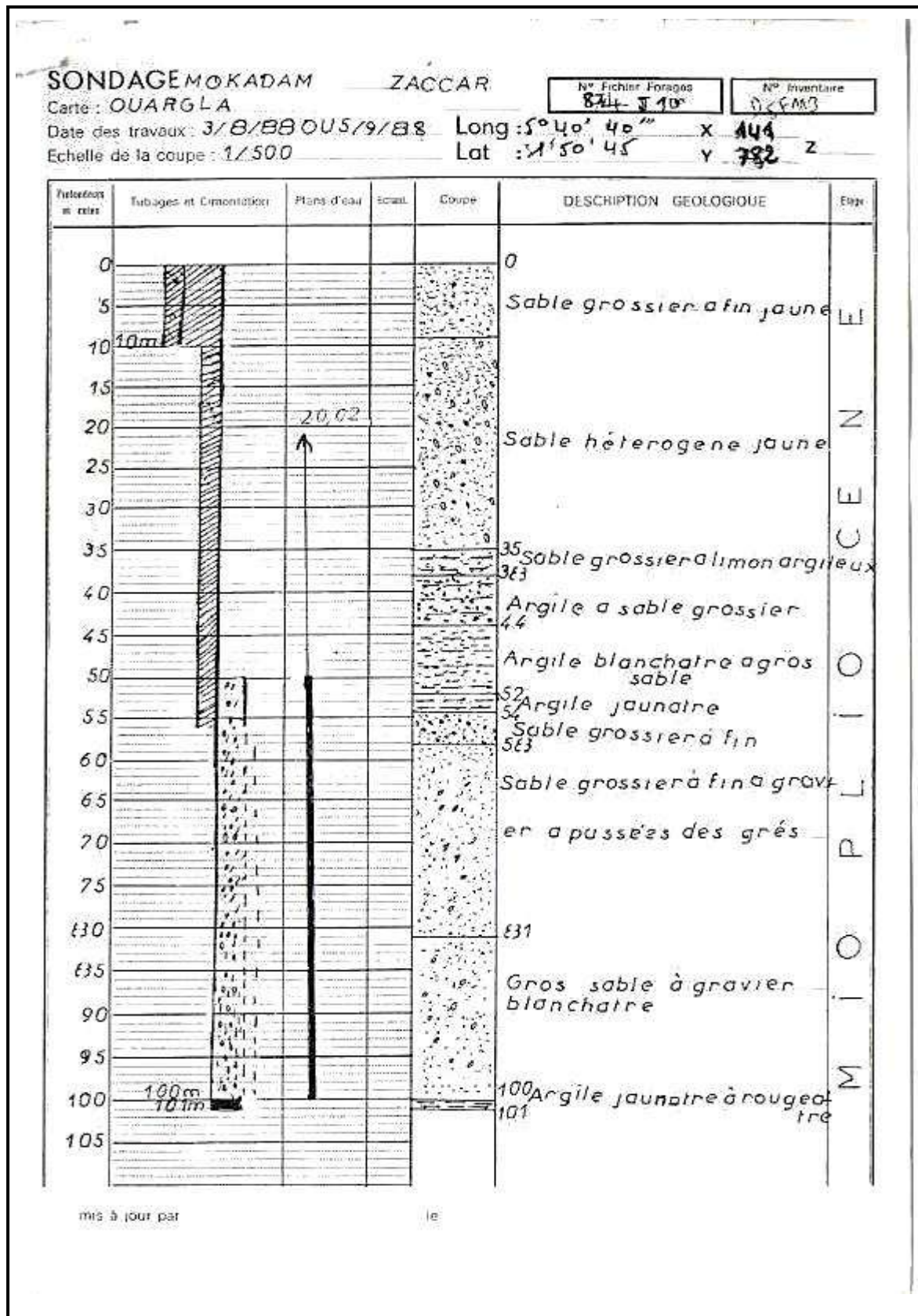


Figure N°6: Colonne lithostratigraphique de la formation Mio-pliocène Ouargla (ANRH, 1988).

6. Tectonique :

La cuvette d'Ouargla fait partie de la dépression d'Oued M'ya. Cette dernière occupe la plus grande partie du bas-Sahara. L'épaisseur totale de la couverture sédimentaire atteint 400 m dans la partie Sud et la partie Ouest de la dépression. Dans la partie nord elle augmente, jusqu'à 6000m.

Les données sismologiques recueillies à l'occasion des recherches pétrolières montrent que la dépression est structurellement affectée par les failles hercyniennes du Hoggar à partir du Cambrien jusqu'au Sénonien inférieur, Ces failles sont orientées Sud-Est Nord-Ouest et traversent la région de Ouargla par l'Est.

La vallée de l'Oued M'ya s'inscrit dans une vaste cuvette sédimentaire occupant, dès le Secondaire, remplacement de l'actuel Sahara nord oriental.

En effet, des mouvements verticaux d'ensemble ont affecté le socle précambrien et le primaire et provoqué notamment l'effondrement progressif de sa partie centrale, suivant un axe passant sensiblement par le tronçon supérieur de la vallée de l'Oued M'ya.

Au Crétacé supérieur, la mer a envahi le Nord du Sahara dont le lent affaissement se poursuivait.

La base de la vallée est formée de dépôts marins du Primaire et le toit d'argiles marines du Cénomaniens.

Au Sénonien supérieur, Les dépôts sont constitués par des calcaires et des marnes, atteignent une épaisseur de 200 m. Cette puissante série avait été d'abord attribuée au Turonien, car on estimait à l'époque que la région de Ouargla, exhaussée à l'Oligocène post-lutécien, avait subi une érosion active faisant disparaître la couche des calcaires éocènes et que le Sénonien se réduisait à des bancs de calcaire épais de 160 à 200 m recouverts en discordance par les dépôts continentaux du Pontien.

C'est à cette même époque que le mouvement de la subsidence continue depuis le début de Secondaire marque un arrêt qui permet le comblement définitif de la cuvette. Sur les calcaires et les marnes du Sénonien supérieur ou de l'Éocène moyen, s'est déposée une formation continentale constituée principalement de sables qui se sont déposés et consolidés sous climat semi-aride chaud au Pontien ou au Paléocène inférieur. Les couches supérieures de la série tertiaire ont disparu du fossé soit par érosion fluviale ou par déflation éolienne. Le remblaiement quaternaire des sables éoliens vient reposer en discordance et irrégulièrement dans la cuvette sur les séries moyennes du continental terminal.

7. paléogéographie :

La géologie de la région se caractérise par des formations sédimentaires qui se sont accumulées dans la cuvette avec les temps, notamment le continental intercalaire qui est constitué d'une série gréseuse dont l'épaisseur atteint les 2000 m. Cette série détritique forme un important aquifère de 400 m d'épaisseur, reposant sur un substratum correspondant à la série imperméable du cénonanien anhydrique et argileux

Le crétacé moyen et supérieur se caractérise par la mise en place des marno-calcaires au cénonanien et des calcaires fissurés au turonien. Ce dernier constitue un aquifère très salé. Ces deux couches jouent un rôle fondamental dans le paysage morphologique de la région. La superposition des couches résistantes, calcaires du turonien, sur les assises tendres du cénonanien donne des formes plus rigoureuses aux extrémités du plateau. Au tertiaire, la mer se retirant définitivement a laissé des bras de mer, lagune et lacs.

Le Mio-Pliocène repose, quant à lui, en discordance sur le sénonien. Il est constitué d'une alternance d'argiles et de sables où l'on constate deux niveaux perméables séparés par une couche d'argiles. Le Quaternaire se caractérise par des affleurements d'alluvions récents et des dépôts sableux. (Busson et j.Fabre 1976)

8. Conclusion :

La région d'Ouargla se présente comme une cuvette synclinale du bas Sahara. Ce dernier est divisé en deux parties: le bassin occidental du Tademaït et le bassin du Tinhert.

Tous les terrains affleurent sur les bordures depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire, s'enfonçant sous la couverture sédimentaire en grande partie dissimulée par le grand erg oriental; cependant, quelques affleurements sont observés plus au moins sur les bordures:

- ✓ Les terrains paléozoïques affleurant à l'Ouest du grand Erg Occidental.
- ✓ Les terrains mésozoïques et du début du Cénozoïque.
- ✓ Les terrains continentaux tertiaires et quaternaires.

Les logs de forages, et les coupes géologiques qui ont été établis, ont permis de distinguer :

- Le Secondaire, avec les formations allant de l'Aptien jusqu'au Sénonien.
- Le Tertiaire, allant de l'Éocène inférieur jusqu'au Mio-Pliocène constituant les formations du complexe terminal.

- Et enfin le Quaternaire qui est constitué d'un matériau détritique et de sables éoliens.

L'histoire paléogéographique de la cuvette se caractérise par l'effondrement progressif de sa partie centrale. Les couches supérieures de la série tertiaire ont disparu du fossé.

Le remblaiement quaternaire des sables éoliens vient reposer en discordance et irrégulièrement sur les séries moyennes du continental terminal.

Chapitre III :

Méthodologie

Introduction

Les méthodes d'étude que nous avons employées sont de deux ordres et exposés en détail. Un chapitre est consacré aux méthodes sédimentologiques et aux analyses chimiques qui permettent de mettre en évidence les actions climatiques qui ont précédé aux dépôts et à la transformation des sédiments.

Dans le cadre de ce travail, nous avons étudié les prélèvements dans le but de contribuer à définir la granulométrie, la minéralogie et la paléoenvironnement de ce dépôt. Les deux ordres sont :

- Étude in situ ;
- Étude de laboratoire.

1. Etude in situ

Sur le terrain, on s'est penché sur la description macroscopique des niveaux stratigraphiques de la formation Mio-pliocène, afin de bien étudier notre formation, un échantillonnage a été entrepris sur les différents niveaux observés dans l'objectif d'établir l'évolution spatiale de notre dépôt tant que verticale.

1.1. Établissement de la stratigraphie

Il est nécessaire de différencier les niveaux lithologiques afin de décrire les différentes phases de dépôts ainsi les différents phénomènes qui ont affectés ces dépôts après leur mise-en-place, évaporation, diagénèse, encroutement...Etc.

1.2. Description des niveaux

Elle renseigne sur :

- l'épaisseur moyenne.
- la texture.
- la couleur.
- la forme et la nature des limites
- la structure observable à l'œil nu (macrostructure).
- les particularités du niveau s'il en présente : d'hydromorphie, taches, racines, outils préhistoriques....Etc.).
- la porosité (porosité plus élevée dans des sols à texture fine d'argile que des sols à texture grossière des sables; estimation à partir de l'analyse granulométrique.

1.3. Échantillonnage

Une série de prélèvements systématique du haut en bas a été primitivement réalisée sur terrain soit 25 échantillons, avec un espacement de 10 à 30 cm dans les niveaux minces et de 50 à 100 cm dans les niveaux homogènes et épaisse, l'analyse qui a été réalisé sur la coupe stratigraphique a donné une évolution verticale des différents niveaux.

Par la suite, au laboratoire, ces échantillons ont subi plusieurs types d'essais : (granulométrie, calcimétrie, dosage de gypse, matières organiques.....etc.)

2. Étude de laboratoire

2.1. Essai granulométrique

2.1.1. Définition et but de l'essai granulométrique

L'analyse granulométrique est une technique qui permet la séparation d'un ensemble de particules et leur fréquence statistique en fonction de leur taille. Les ensembles de particules obtenus sont appelés fractions granulométriques. Ces fractions sont constituées de particules dont la dimension couvre un intervalle relativement restreint et diminue d'une fraction à l'autre.

L'application de cette analyse permettra de connaître les substances associées aux fractions granulométriques contenues dans les sédiments. Elle sert à déterminer si elles sont situées dans les fractions fines, moyennes ou grossières.

Elle est utilisée pour reconstituer les conditions de transport et de dépôt des particules.

Dans notre étude, nous nous sommes basés sur le classement suivant :

Voir le tableau ci-dessous:

Diamètre des éléments	Classe granulométrique	Fraction granulométrique
Au-dessus de 02 mm	Granules, graviers	Fraction grossière
De 2 mm à 0,2 mm	Sables grossiers	Fraction fine
De 0,2 mm à 40 : μm	Sables fins	
Au-dessous de 40 : μm	Limons et Argiles	

Tableau. N° 3 : Répartition granulométrique des constituants d'un sédiment
Fiché SDM (Norme NFP94-056)

2.1.1.1. La fraction grossière :

La fraction grossière dont le diamètre est supérieur à 2 mm est récupérée pour réaliser la granulométrie des granulats.

2.1.1.2. La fraction fine :

L'analyse granulométrique de la fraction fine est appliquée au sédiment brut.

2.1.2. Appareillage et principe de mesure

À l'origine, les analyses granulométriques étaient effectuées par tamisage à sèche à l'aide d'une série de tamis à mailles croissantes. Ces tamis étaient secoués manuellement.

2.1.3. Principe de l'essai :

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et les classements des grains s'obtiennent

2.1.4. Dimension de tamis utilisés

Pour les sables, on utilise en général les tamis de modules ; 2 - 1,25 - 1 - 0,5 - 0,25 - 0,125 - 0,075 - 0,045 mm

2.1.5. Expression des résultats de la courbe granulométrique

Les pourcentages des refus cumulés, ou ceux des tamis cumulés, sont représentés sous la forme d'une courbe granulométrique en portant les ouvertures des tamis 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.

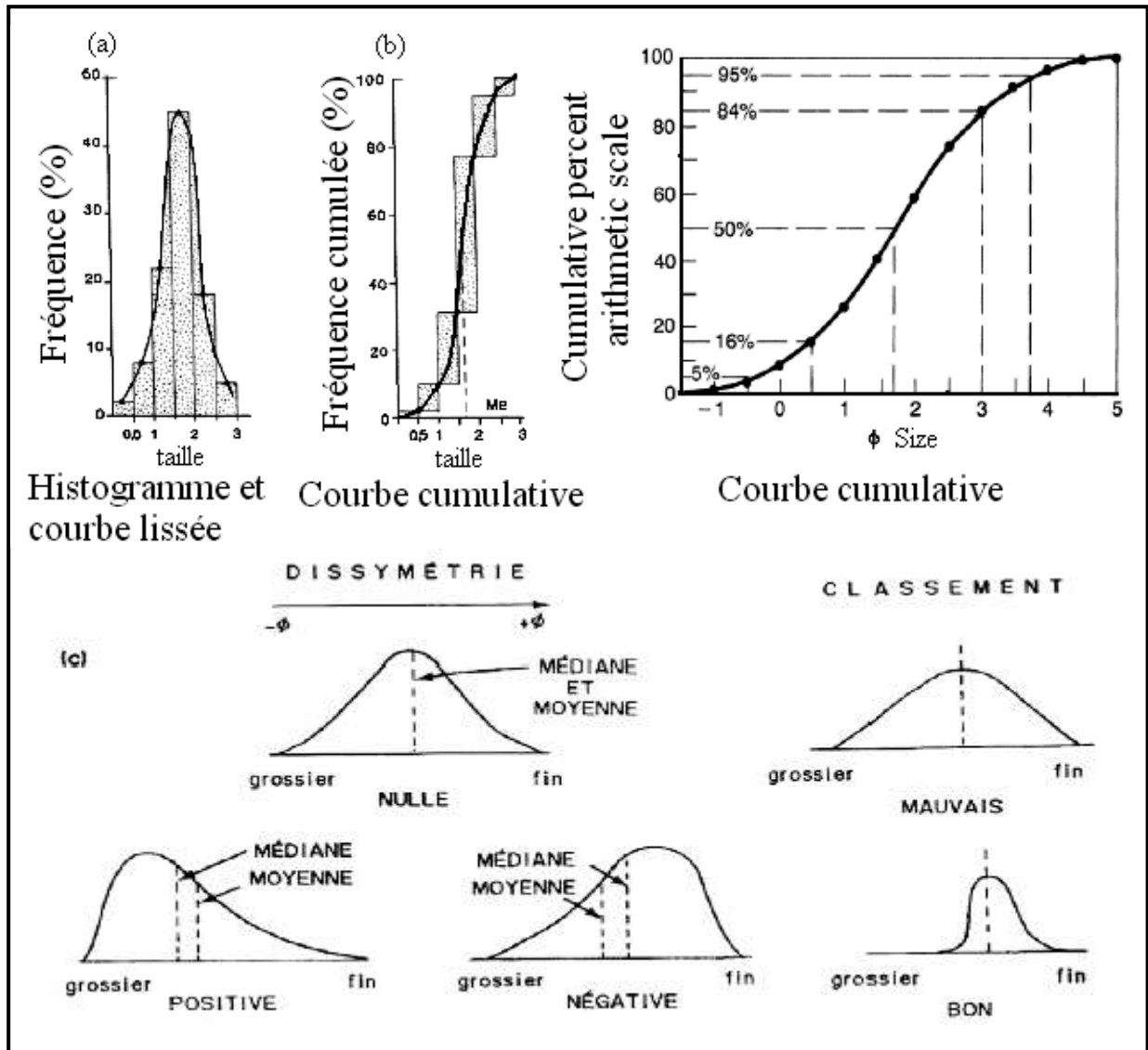


Figure N°7 : Différentes représentations d'une granulométrie ainsi leurs modes de distributions (Miaskovsky, 2002)

2.1.6. Les paramètres granulométriques

Il existe un grand nombre de paramètres permettant l'évaluation du degré de classement d'un sédiment.

2.1.6.1. La moyenne

$$M = (\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}) / 3 \text{ en mm}$$

On appelle moyenne d'une distribution la moyenne logarithmique ou arithmétique (suivant la nature de l'échelle des abscisses) des valeurs de la variable indépendante. Ce paramètre nous

renseigne sur la dimension moyenne de l'échantillon et par conséquent sur l'énergie du milieu et la distance du transport.

2.1.6.2. L'indice de classement (Trask) S_o

$$S_o = (Q1/Q3)^{1/2} \text{ en mm}$$

D'après Trask, plus l'indice S_o est élevé, plus le classement n'est mauvais.

Indic de classement	Classement
$S_o < 2,5$	Sédiment très bien classé
$2,5 < S_o < 3,5$	Sédiment normalement classé
$3,5 < S_o < 4,5$	Sédiment assez bien classé
$S_o > 4,5$	sédiment mal classé

Tableau. N°4: Classification des faciès sédimentaires en fonction de l'indice de classement

2.1.6.3. Le coefficient d'asymétrie (Skewness)

$$SK = (Q1.Q3/Md2)^{1/2} \text{ en mm}$$

Ce coefficient d'asymétrie caractérise le degré de distorsion de la symétrie de la distribution. Quand le Skewness est égal à zéro, cela signifie que l'asymétrie est parfaite (la médiane, le mode et la moyenne coïncident). Quand il présente des valeurs négatives, ce sont les grains fins qui sont bien classés ; les valeurs positives correspondent à un bon classement des grains grossiers. Ce paramètre reflète davantage le milieu de dépôt que les conditions de transport.

Skewness	Classement
$0,1 > Sk > 0,3$	Très asymétrique vers les fins
$0,3 > Sk > 0,1$	Asymétrique vers les fins
$0,1 > Sk > -0,1$	Presque symétrique
$-0,1 > Sk > -0,3$	Asymétrique vers les grossiers
$-0,3 > Sk > -1$	Très asymétrique vers les grossiers

Tableau. N°5 : Répartition des faciès sédimentaires en fonction de l'indice d'asymétrie (Folk, 1966).

2.1.6.4. Le Kurtosis :

$$K = (Q1-Q3)/(2,44 *(Q1-Q3)) \text{ en mm}$$

Le Kurtosis est représentatif de la finesse du pic (sa largeur), quand il est égal à zéro, la courbe est dite mésokurtique, ou moyennement classée, quand il est supérieur à 0, la courbe est dite leptokurtique, cela signifie que la distribution est bien classée, ce qui est un marqueur de mode de transport à puissance constante. Si le Kurtosis est négatif, cela signifie que la distribution est mal classée (platykurtique).

Kurtosis	Classement
$K < 0.67$	Très platykurtique
$0.67 < K < 0.90$	platykurtique
$0.90 < K < 1.11$	mésokurtique
$1.11 < K < 1.50$	leptokurtique
$K > 1.50$	très leptokurtique

Tableau. N°6 : Répartition des faciès sédimentaires en fonction de l'indice Kurtosis (Folk, 1966)

2.1.7. Diagramme C.M de Passega :

Passega (1957, 1964) a montré que les caractéristiques d'un agent de transport se reflètent dans la granulométrie du dépôt, notamment si celle-ci est mesurée à l'aide de deux paramètres qu'il choisit être le centile et la médiane. Ces deux paramètres seront notés respectivement C et M.

Un diagramme de Passega porte en abscisse la médiane M et en ordonnée le centile Supérieur. Si la taille des grains est exprimée en millimètres, le diagramme sera logarithmique. Chaque échantillon permet de placer un point sur le diagramme ; l'ensemble de ces points constitue un nuage, dont la forme et la position peuvent caractériser le dépôt étudié.

La principale utilité de ce type de diagramme est de permettre l'analyse du transport des sédiments clastiques en fonction du type de transport, le nuage de point se positionne différemment sur le diagramme C.M ;

NO : Dépôts de roulement sur le fond

OP : Dépôts de roulement sur le fond et de suspensions graduées

PQ : Dépôts de suspensions graduées et de roulement sur le fonds

QR : Dépôts de suspensions graduées

RS : Dépôts de suspensions homogènes

2.2. Sédimentométrie :

ESSAI : ANALYSE GRANULOMETRIQUE METHODE PAR SEDIMENTATION

2.2.1. Objet : C'est la détermination de la distribution pondérale de la taille des particules de sols de dimension inférieure à 0.08 mm.

2.2.2. Définition : C'est un essai qui complète l'analyse granulométrique par tamisage d'un sol (Norme NFP94-056) et qui peut être nécessaire à sa description et à sa classification.

2.2.3. Principe:

- ✓ Tamiser l'échantillon de sol par lavage (passant au tamis 0.08 mm), et récupérer le tamisât ;
- ✓ Sécher l'échantillon dans une étuve jusqu'au poids constant ;
- ✓ Préparer la prise d'essai de 80g+10g de tamisât sec ;
- ✓ Pilonner l'échantillon, et le tamiser au 0.08 mm, puis prendre 80g ;
- ✓ 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
- ✓ Laisser imbiber pendant au moins 15 heures à température ambiante ;
- ✓ Agiter vigoureusement la suspension au moyen d'un agitateur manuel ;
- ✓ Retirer l'agitateur manuel et déclencher au même instant le chronomètre (début de l'essai) ;
- ✓ Plonger le thermomètre et le densimètre avec précaution dans la suspension immédiatement après le déclenchement du chronomètre ;
- ✓ Procéder à la prise des lectures du densimètre et la température aux temps suivant (en minutes) :0.5-1-2-5-10-20-80-240-1440 ;
- ✓ Calculer le pourcentage des tamisas et complète la courbe granulométrique.



Figure. N°8 :L'essai de l'analyse Sédimentométrie

2.3. Calcimétrie

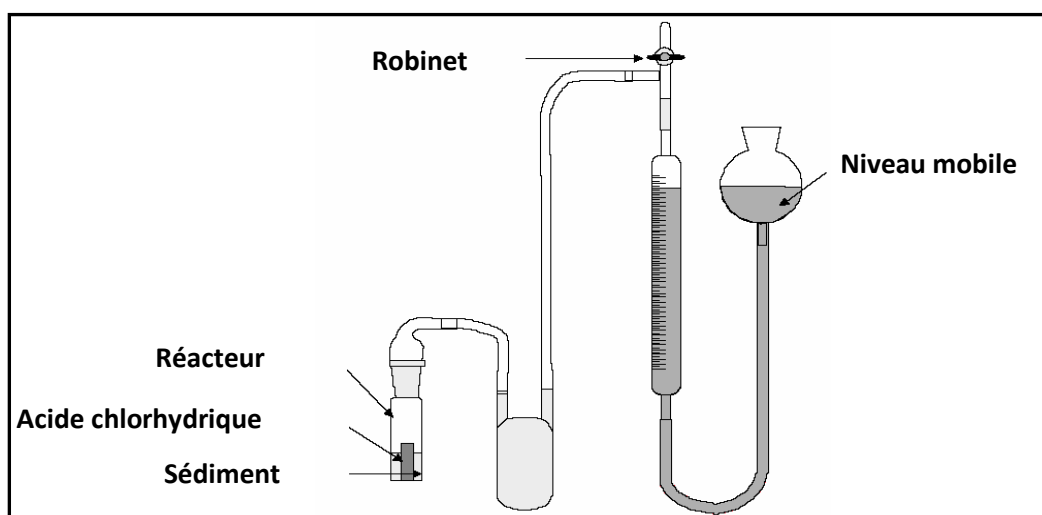
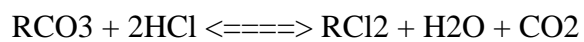


Figure. N°9 : Schéma montrant le Calcimètre de Bernard

2.3.1. Définition et principe

Le Calcimètre est un appareil destiné à la détermination de la teneur en carbonates RCO_3 des sédiments. (Fig. N°9) L'analyse est basée sur la mesure du volume de gaz carbonique dégagé par une quantité connue de sédiment avec de l'acide chlorhydrique (HCL). Aux conditions normales de l'expérience ($T \sim 20^\circ\text{C}$ et $P \sim 760\text{mmHg}$) peut être assimilée à un gaz parfait. Le gaz dégagé de la réaction exerce une pression sur le liquide contenu dans la burette graduée. Le liquide passe alors d'un volume initial V_1 à un volume V_2 . L'équation de la réaction produite à l'intérieur de la burette est la suivante:



$$\text{CaCO}_3\% = [(\Delta v \text{ CO}_2 \text{ (ml)}) / M \text{ (g)}]$$

Δv : différence de volume initiale (v_1) volume (v_2)

P : pression

T° : température

M : masse en g de l'échantillon

2.4. Analyse morphoscopique

2.4.1. Définition

C'est en 1880, avec les travaux du géologue anglais Sorby, que les grains de sable commencèrent à livrer leurs secrets. L. Cayeux donne l'élan à la pétrographie sédimentaire et en 1929, propose une classification des grains de sable en fonction de leur milieu de dépôts ; celle-ci est basée sur le triage, la forme et les aspects de surface des particules.

- ❖ Les sables marins montrent une forme générale anguleuse, avec ou sans grains de forme générale arrondis, susceptible de prédominer ;
- ❖ Les sables fluviaux réunissent des grains de forme de taille extrêmement différente, y compris des éléments d'une véritable poussière ;
- ❖ Les sables glaciaires sont caractérisés par des éléments invariablement anguleux d'aspect broyé.
- ❖ Quant aux sables éoliens, ils constituent un ensemble hétérogène, formé de deux types foncièrement différents : l'un, caractérisé par des grains très arrondis et dépolis ; l'autre par des éléments de forme générale anguleuse, à surface entièrement polie. Enfin, cet auteur note qu'il

existe certainement une différence entre les sables de plages et les sables des dépôts littoraux : la confirmation de cette hypothèse ne sera donnée qu'en 1971, grâce à l'utilisation du microscope électronique à balayage.

Grâce aux travaux de A. Caillaux développés dans sa thèse en 1942 naît la Morphoscopie, qui peut être définie comme la détermination statistique des différents types de grains de quartz dans les dépôts sableux.

Les principaux types de grains de quartz correspondant à des environnements différents :

- ❖ les non-usés (NU), quartz au contour anguleux, caractéristiques des arènes de désagrégation, des dépôts de glaciers, de rivières, cavités, de petites plages et de petites dunes ;
- ❖ les émoussés-luisants (EL), quartz au contour émoussé ou arrondi qui ont subi une usure aquatique au cours d'un long transport fluvial ou bien au cours d'un brassage mécanique dans une plage de haute énergie ;
- ❖ les ronds-mats (RM), quartz au contour émoussé ou rond ; la surface du grain est dépolie et porte de minuscules traces de choc, conséquences d'une longue usure par chocs dans l'air, sous l'effet du vent.

2.4.2. Condition d'observation :

Les grains préalablement lavés à l'eau ou éventuellement à l'acide chlorhydrique à froid ou à chaud, sont séchés puis observés à la loupe binoculaire, isolés à sec, et sur fond noir.

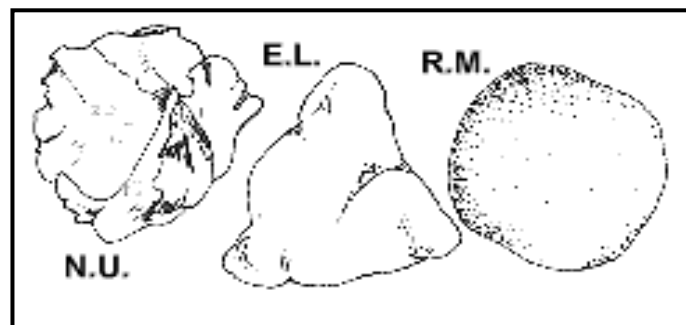


Figure. N°10: principaux types des grains de quartz

2.5. Analyse de la teneur en sulfates

2.5.1. Organigramme de la détermination des teneurs en sulfates

- ✓ Prendre 200g de l'échantillon et ajouter en l'Étuve à T°= 80° C.
- ✓ Après 48^H placer dans un dessiccateur, puis quartage.

- ✓ Pulvériser dans un mortier et tamiser à 0,200mm ; peser 1g (P₀).
- ✓ Mettre dans un erlenmeyer de 250 ml et ajouter 100ml HCL à 10 %.
- ✓ Bouillir doucement 4 à 5 minutes et refroidisse 15 minutes.
- ✓ Filtration dans un papier-filtre N° 541; prendre le filtrat et ajouter jusqu'à 250ml avec l'eau distillée.
- ✓ Agitation de filtrat, et prendre 100ml de filtrat dans un erlenmeyer.
- ✓ Ajouter 10ml de BaCl₂ à 5%.
- ✓ Bouillir doucement 4 à 5 minutes et refroidisse 15 minutes.
- ✓ Filtration de la solution en papier-filtre N°541. Et peser un creuset vide (P₁).
- ✓ Mettre le papier-filtre dans le creuset, et calcination à 900° C pendant 15 minutes.
- ✓ Peser le creuset après la calcination (P₂).

Les formules utilisées :

$$\text{SO}_3^{2-} = 34, 3 \times (P_2 - P_1) / P_0$$

$$\text{CaSO}_4 = 184, 23 \times (P_2 - P_1) / P_0$$

2.6. Dosage de la matière organique

2.6.1 Introduction

La matière organique représente une composante essentielle du sédiment en raison de son rôle trophique vis-à-vis du compartiment microbien et des invertébrés et de son rôle dans l'adsorption des contaminants et le contrôle de leur biodisponibilité (Landrum *et al.* 1987 ; Kukkonen et Landrum, 1996 ; Razak *et al.* 1996 ; Tye *et al.* 1996).

La répartition de la matière organique dans les formations semble être liée à trois facteurs :

2.6.1.1. Facteur biologique :

La faune et la flore jouent un rôle important dans la production de la matière organique sous forme de chevelue racinaire en périodes pluvieuses et subaride.

2.6.1.2. Facteur anthropique :

Les déchets et les excréments d'origine animale ou humaine peuvent aussi absentes le pourcentage de la matière organique ou d'une façon très faible.

2.6.1.3. Facteur hydrodynamique :

Les matériaux organiques arrivent à la terrasse par ruissellement où par voie éolienne.

L'état de ces produits dépendra de plusieurs facteurs ; le mode des précipitations (pluies fines, fortes averses), la nature et la durée du transport (torrent, ruisseau, fleuve, etc.), l'état de la matière organique initialement contenue dans les sols, etc.

2.6.2 Transformation des matières organiques au cours de la sédimentation

Au cours de la sédimentation, les matières organiques subissent encore des altérations liées aux processus d'oxydation, du pH des eaux, de la lumière, de l'oxygénation des eaux liés aux mouvements et brassages des eaux fluviales. Ces phénomènes de transformation des matières organiques sont aussi biochimiques et dépendent d'enzymes liés aux populations bactériennes, aux champignons, aux organismes fongicides qui les dégradent de diverses manières (Huc, 1980 ; Cooper et al. 1986).

2.6.3 Principe :

On utilise la manière physique (par la calcination) ;

- ✓ Prendre 10g de l'échantillon sèche et ajouter dans le creuset vide (P_0).
- ✓ Peser le poids total (P_1).
- ✓ Calciner le sol au four à moufle à 475°C pendant 4 heures.
- ✓ Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser le creuset contenant les Cendres (P_2).

La formule de calcul :
$$M.O. \% = (P_1 - P_0) - (P_2 - P_0) / (P_1 - P_0)$$

Où:

- M.O. : Matière organique ;
- P_0 : poids du creuset vide ;
- P_1 : poids final ;
- P_2 : poids du creuset contenant les Cendres.

2.7. Analyses chimiques (pH et Conductivité)

- ✓ Prendre 5g de l'échantillon sèche dans une éprouvette.
- ✓ Ajouter 50ml avec l'eau distillée.
- ✓ Intervenir dans l'appareil de l'agitateur en durée de 2 heures.
- ✓ Filtration de la solution en papier-filtre.

2.7.1. Le pH

Le pH, mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il détermine ainsi l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. La balance entre acide et base sur une échelle est de 0 à 14, alors

que le pH de neutralité est 7. Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépendent de facteurs multiples, entre autres, la température et l'origine de l'eau.

2.7.2. La conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes métalliques de 1cm² de surface, et séparé l'une de l'autre de 1cm, exprimée en $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Les résultats doivent être présentés pour une conductivité équivalente à 20 ou 25°C.

Les matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement.

Elle permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. Elle est également plus importante lorsque la température de l'eau augmente (OMS, 1994).



Figure. N°11 : pH-mètre et Conductivimètre

2.8. Diffractométrie des rayons X

2.8.1. But de l'analyse

La Diffraction des rayons X (DRX) permet de contrôler de manière qualitative la composition élémentaire et la structure cristalline du matériau. Elle est souvent utilisée pour le contrôle de la qualité de la composition des ciments, des céramiques, des poudres cristallines (verre, pigment, argile, métaux, carbonates, sels, substance organique cristallisée...). La Diffraction des rayons X ne peut être mise en œuvre que sur les matières cristallisées.

2.8.2. Définition

La diffractométrie par rayon X est une méthode d'analyse d'éléments dont le nombre atomique varie de $Z = 11$ (on ne peut pas analyser les éléments légers comme B, C, H, O car les valeurs des longueurs d'ondes λ de ces éléments sont très grandes [Eberhart, 1989]) jusqu'à $Z = 92$ dans la gamme de concentration 3 ppm à 100 % (10^6 ppm). Elle étudie les processus de diffusion, d'absorption et d'émission des rayons X.

En effet, lorsqu'un échantillon est bombardé par des rayons X, ce rayonnement provoque l'émission de son spectre. Ce spectre est appelé diffraction par rayon X (DRX) car le mode d'excitation concerne les photons. Le spectre est formé de raies caractéristiques des différents éléments présents dans l'échantillon.

2.8.3. Le Principe de l'analyse

Pour effectuer une analyse de DRX, on procède de la manière suivante :

Les échantillons solides finement broyés, sont montés sur des portes échantillons adéquats. Puis soumis à un faisceau des rayons X pour être diffractés par les plans réticulaires des phases cristallines présentes. En effet il existe une relation entre l'angle du faisceau diffracté et la distance réticulaire séparant les plans d'atomes au sein d'un réseau cristallin ; Celle-ci est régie par la loi de Bragg $n\lambda = 2d\sin\theta$ (où λ =longueur d'onde en angströms, d = distance réticulaire en angströms et θ = angle de diffraction ou de réflexion en degrés

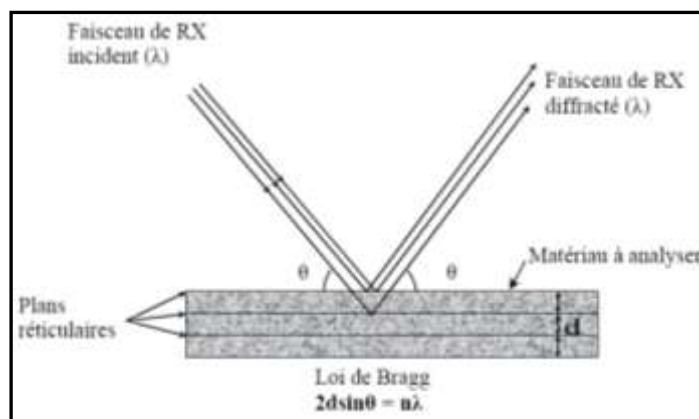


Figure. N°12 : Principe de la diffraction et illustration de la Loi de Bragg (Eslinger&Peaver, 1988).

Chapitre IV :

Résultats et

Interprétations

1. Étude stratigraphique

1.1. Stratigraphie de la coupe étudiée

L'observation macroscopique sur le terrain a permis de subdiviser les dépôts en un seul ensemble stratigraphique bien distinct du haut vers le bas :

L'ensemble stratigraphique

Il correspond aux unités **A, B, C, D, E, F**, et **G**. l'épaisseur totale environs 24 m. les Traces des racines fossiles sous formes de manchons calcitique et gypseuses en (D). Ces unités se présentent de haut en bas par :

- ❖ **L'Unité A** : l'épaisseur 02 m, de couleur marron foncé, les sédiments sont caractérisés par ; emballés dans une matrice sableux, de consistance durée avec la présence des blocs et galets des taille centimétriques à décimétriques, Ils montrent une moyenne de carbonates $\text{CaCo}_3 = 5.8 \%$.
- ❖ **L'Unité B** : l'épaisseur 1.5 m, de couleur sombre à, les sédiments sont caractérisés par ; emballés dans une matrice sableux, de consistance durée avec la présence des graviers, galets et carbonatés, avec une moyenne des carbonates de 16.39 %.
- ❖ **L'Unité C** : l'épaisseur 1.5 m, de couleur marron claire les sédiments sont caractérisés par une croûte calcaire et gypseuse intercalés avec des bancs gréseux surmontant des grés en plaquettes, Ils montrent une moyenne de carbonates 5.03%.
- ❖ **L'Unité D** : l'épaisseur 02 m, de couleur rougeâtre, les sédiments sont caractérisés par ; des grés semi-dure à stratification oblique, Ils ont une moyenne de carbonates 6.51%. Avec l'existence de manchons de gypses et calcite trace de formes de racines témoignant l'humidité du sol.
- ❖ **L'Unité E** : l'épaisseur 1.5 m à 4 m, de couleur marron claire, les sédiments sont caractérisés par ; une croûte calcaire et gypseuse intercalés avec des grés, Le taux des carbonates est de l'ordre de 3.33 %.
- ❖ **L'Unité F** : l'épaisseur 4 m, de couleur beige, les sédiments sont caractérisés par ; des grés semi-dure à passés d'argiles limoneux, Le taux des carbonates est de l'ordre de 0.33 %.
- ❖ **L'Unité G** : l'épaisseur 10 m, de couleur marron claire, les sédiments sont caractérisés par ; une sable à des niveaux limono-argileux, avec une consistance de faible dureté. Et montrent une moyenne de carbonates de 7.77 %.

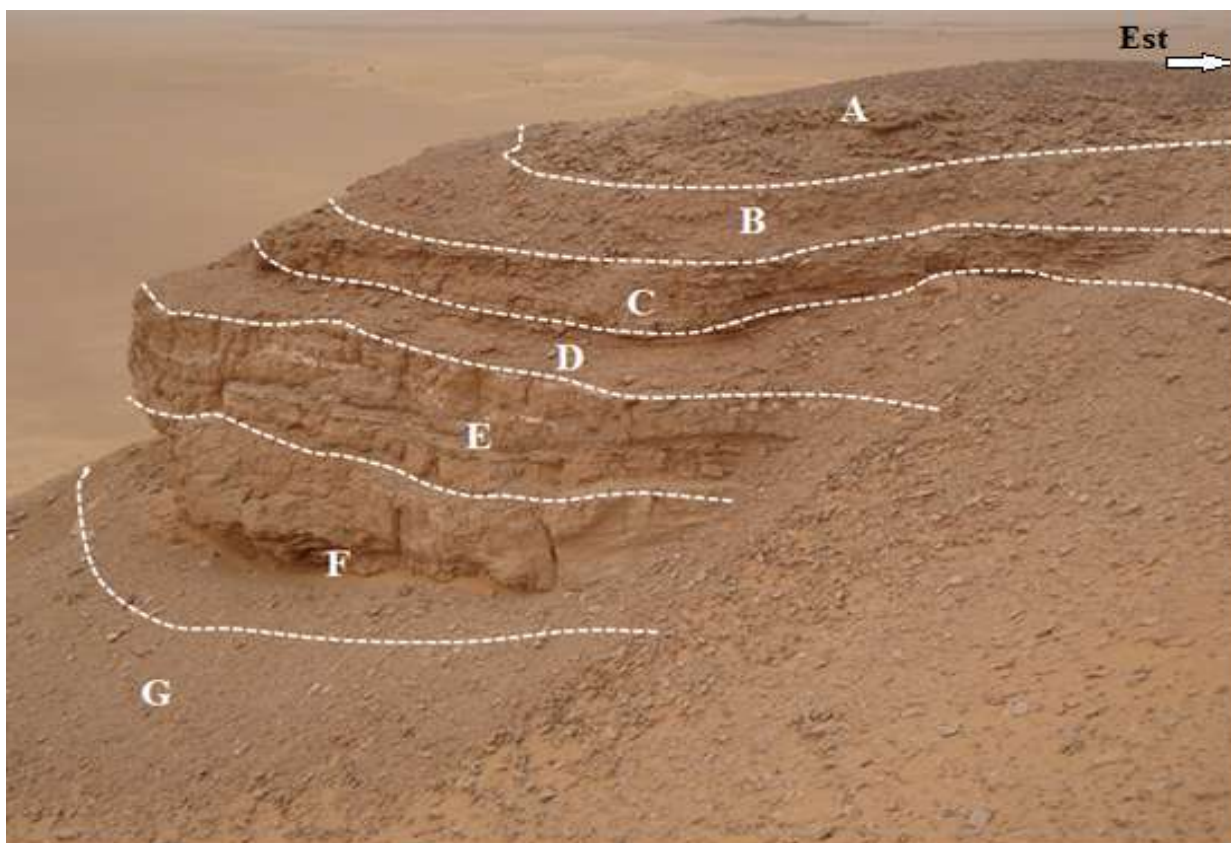


Photo N° 02 : les différents unités présentes à Garat el bouieb



Photo N° 03 : Croûte calcaire et gypseuse intercalés avec des bancs gréseux surmontant des grés en plaquettes unité C.



Photo N° 04 : Manchons de gypse et calcite unité D.

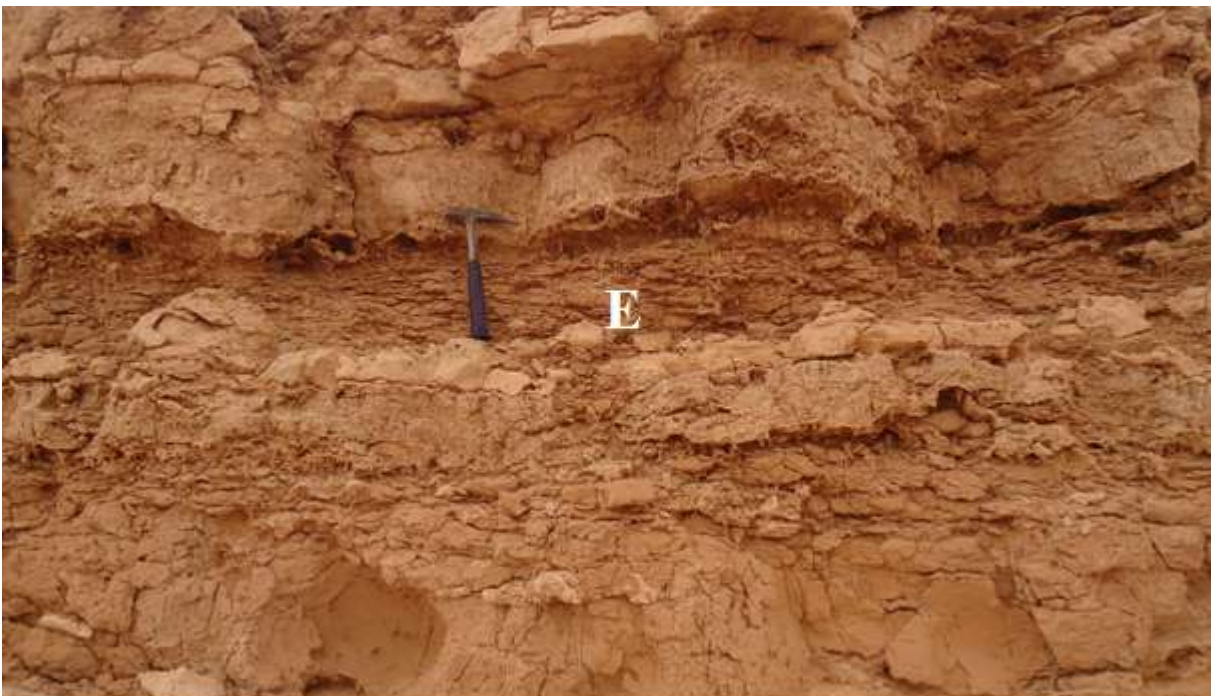


Photo N° 05 : Croûte calcaires et gypseuse intercalés avec des grés unité E.








	L'unité A	Blocs et galets, de couleur marron foncé, emballés dans une matrice sableuse, d'une épaisseur 2 m.
	L'unité B	Graviers, galets, carbonatés, de couleur sombre, emballés dans une matrice sableuse, d'une épaisseur 1.5 m.
	L'unité C	Croûte calcaire et gypseuse intercalés avec des bancs gréseux surmontant des grès en plaquettes, de couleur marron claire d'une épaisseur 1.5m.
	L'unité D	Grès semi dure à stratification oblique, de couleur rougeâtre d'une épaisseur 2m.
	L'unité E	Croûte calcaires et gypseuse intercalés avec des grès, de couleur marron claire, d'une épaisseur de 1.5m à 4 m.
	L'unité F	Grès semi dure à passés d'argiles limoneuse, de couleur beige, d'une épaisseur 4 m.
	L'unité G	Sable marron clair à des niveaux limono-argileux, d'une épaisseur 10m.

Figure. N°13: Log stratigraphique de la coupe étudiée

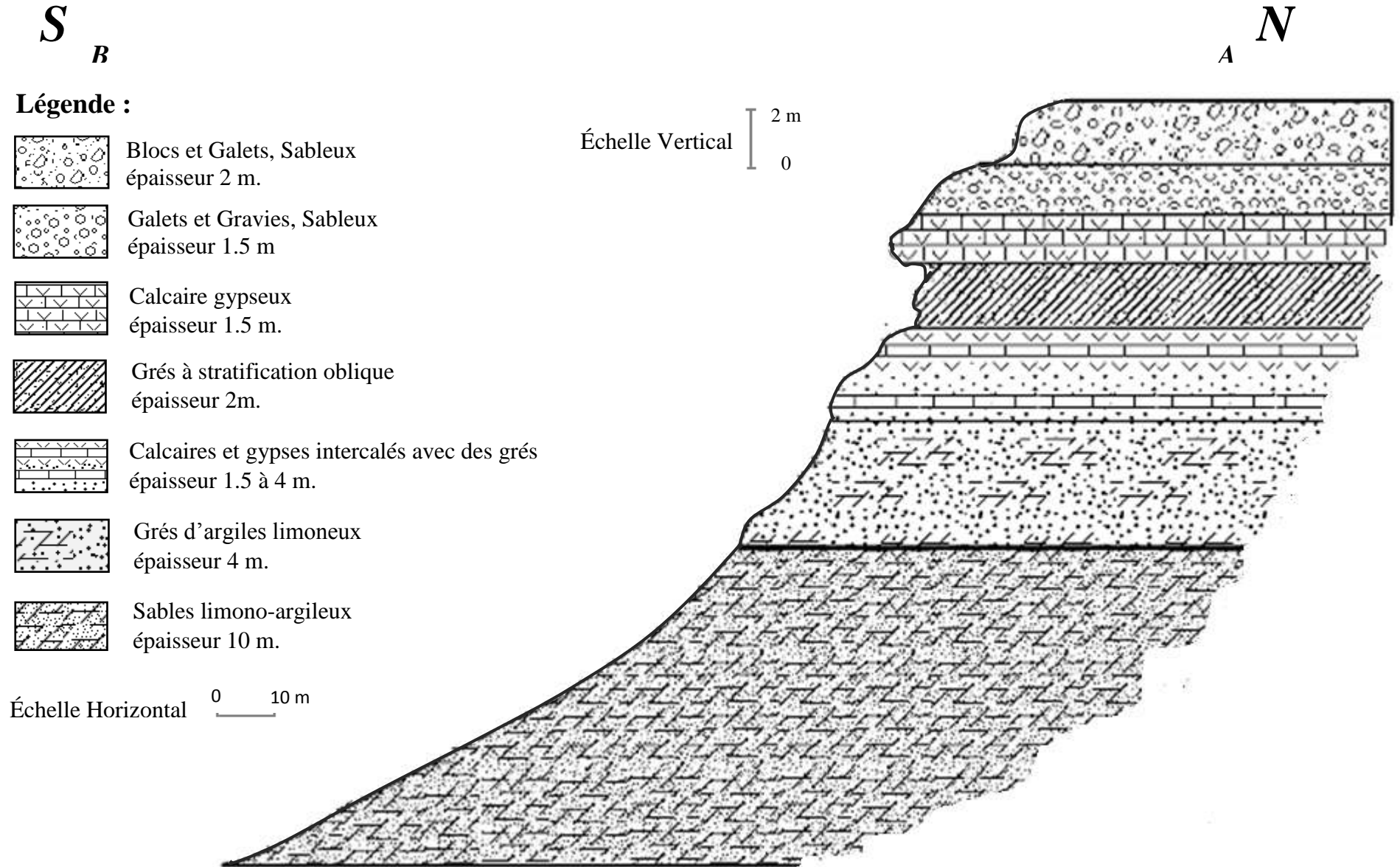


Figure. N°14 : Coupe géologique de Garat el Bouib

1.2. La matière organique

La matière organique présente un taux faible inférieur à 1 % dans toutes les unités de cette série, elles varient tout le long du log stratigraphique entre 0 et 0.2 %. Ceci nous suggère de souligner le faible couvert végétal et la transformation de la matière organique en matière minérale et l'importance des courants ne favorise ni la sédimentation de particules fines ni le piégeage de la matière organique.

En effet, les unités à matière organique considérable par rapport à d'autres unités correspondent aux niveaux où la fraction fine est relativement importante (limon fin et argile). Les teneurs les plus faibles correspondent aux unités riches en limons grossiers et sable.

2. Étude sédimentologique

2.1. Essai granulométrique

2.1.1. Granulométrie globale

L'étude de la granulométrie globale consiste à déterminer les proportions des différentes classes granulométriques (la fraction fine inférieure à 2 mm et fraction supérieure à 2 mm) qui compose un sédiment et d'observer leur variation de la base vers le sommet.

A partir de l'étude des différentes fractions granulométriques globale, nous donnons les taux de chaque fraction compris au sein de chaque unité.

2.1.2. Etude de la fraction granulométrique grossière

Dans l'ensemble globale de la série, on remarque quelques unités A, B et C sont caractérisées par un taux élevé de blocs, galets et graviers se diminue dans l'unité D, E, F et G. Ces unités ont été formées dans une dépression sous l'effet de vent et les eaux stagnantes. Mais les restes des unités D, E, F et G le pourcentage de graviers est faible, c'est-à-dire la fraction fine est dominante. La nature lithologique de la fraction grossière est généralement carbonatée parfois siliceuse (silex).

2.1.3. Étude de la fraction granulométrique fine

Les résultats des analyses granulométriques de la fraction fine sont exprimés en courbes cumulatives et en courbes fréquentielles.

Toutes les unités : caractérisées par des courbes fréquentielles uni modale, le pourcentage de sables très importants de 80 à 94 %. C'est-à-dire, on peut dire que les sables sont quartzeux.

À partir de ces courbes, nous avons pu calculer les pourcentages de chaque fraction granulométrique pour toutes les unités.

D'après le diagramme ternaire (figure N°15), il existe un seul type de faciès dans le site étudié

- ✓ Le faciès est sableux dans toutes les unités (A, B, C, D, E, F, et G).

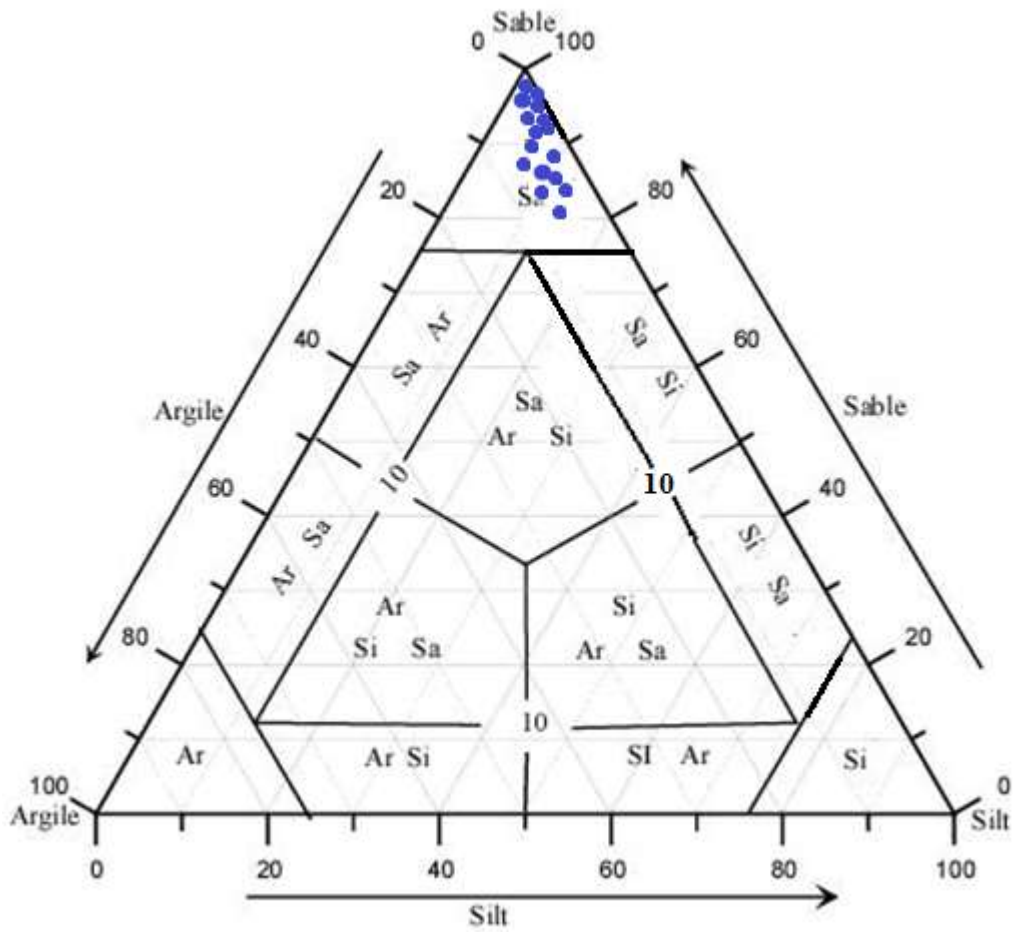


Figure. N°15 : Classification de la fraction fine d'après le diagramme ternaire Folk 1954.

2.1.4. Paramètres granulométriques

- **L'unité A** : cette unité est riche en sable grossier (la Moyenne M égale à 0,41 mm), le sédiment est très bien classé ($SO < 2,5$). le matériel est sableux sont presque très asymétrique vers les fins ($1 > Sk > 0,3$). Le Kurtosis de cette unité est indiqué que les courbes granulométriques sont très leptokurtique ($K > 1,50$).
- **L'unité B** : cette unité est riche en sable fin ($M = 0,29$ mm), et sédiment très bien classé ($SO < 2,5$). le matériel est sableux sont presque très asymétrique vers les fins ($1 > Sk > 0,3$). Le Kurtosis de cette unité est indiqué que les courbes granulométriques sont très leptokurtique ($K > 1,50$).
- **L'unité C** : cette unité est riche en sable fin ($M = 0,25$ mm), le sédiment est très bien classé ($SO < 2,5$). Tous le matériel est sableux sont presque très asymétriques vers les fins ($1 > Sk > 0,3$). Le Kurtosis de cette unité est indiqué que les courbes granulométriques sont très leptokurtique ($K > 1,50$).
- **L'unité D** : cette unité est riche en sable fin ($M = 0,35$ mm), et sédiment très bien classé ($SO < 2,5$). Tous les matériels sableux sont asymétriques vers les grossiers ($-0,1 > Sk > -0,3$). Le Kurtosis de cette unité est indiqué que les courbes granulométriques sont très leptokurtique ($K > 1,50$).
- **L'unité E** : ces unités sont riches en sable fin ($M = 0,29$ mm), et sédiment très bien classé ($SO < 2,5$). Tous les matériels sableux sont presque très asymétriques vers les fins ($1 > Sk > 0,3$). Le Kurtosis de ces unités est indiqué que les courbes granulométriques sont très leptokurtique ($K > 1,50$).
- **L'unité F** : ces unités sont riches en sable fin ($M = 0,20$ mm), et sédiment très bien classé ($SO < 2,5$). Tous les matériels sableux sont presque très asymétriques vers les fins ($1 > Sk > 0,3$). Le Kurtosis de ces unités est indiqué que les courbes granulométriques sont très leptokurtique ($K > 1,50$).
- **L'unité G** : ces unités sont riches en sable fin ($M = 0,10$ mm), et sédiment très bien classé ($SO < 2,5$). Tous les matériels sableux sont presque asymétriques vers les fins ($0,3 > Sk > 0,1$). Le Kurtosis de ces unités est indiqué que les courbes granulométriques sont très leptokurtique ($K > 1,50$).

2.1.4.1. Conclusion

2.1.4.1.1. La moyenne :

Les valeurs de la moyenne sont variées du sommet vers la base de la série. On a deux niveaux; l'un ayant des valeurs faibles pour les unités A, B, C, D, E et F (0,41, 0,29, 0,25, 0,35, 0,29 et 0,20 mm), et l'autre ayant de valeur très faible pour l'autre unité G (0,10 mm). Il semblerait que cela soit dû à l'abondance de la fraction fine (carbonates et gypses).

Les valeurs de la moyenne restent quasiment constantes et relativement faibles à moyennes (< 50 μm) dans les autres unités (Tableau 07). Ces faibles valeurs sont dues à la prépondérance de la fraction sableuse. Le dépôt de la fraction relativement fine est ainsi en relation avec une élévation du plan d'eau.

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, l'énergie été relativement moyenne à faible, excepté pour les couches citées précédemment D, E qui se sont déposées lors des périodes de moyenne à forte énergie, tandis que les unités A, B et C se déposent lors des périodes de stagnation sous des conditions chaudes et humides.

2.1.4.1.2. Le Kurtosis :

Les valeurs du Kurtosis tout le long de la série s'étalent entre 1,51 et 2,12 (voir le tableau N°07) ; les histogrammes de fréquences sont de type leptokurtique et très leptokurtique. Cette évolution montre la présence des niveaux de sédiments où le classement est très bon.

2.1.4.1.3. Le Skewness :

Les valeurs de ce paramètre sont négatives ou proches de zéro (Tableau 07), ou les sédiments ont une tendance à côté de la fraction fine, dans toutes les unités.

2.1.4.1.4. Le Classement (Sorting)

La valeur de l'indice de classement dans toutes les unités est comprise entre 0,13 à 0,54 (Tableau 07). Ces valeurs montrent que le sédiment est très bien classé.

Tableau. N°7: Paramètres sédimentologiques moyennes de la coupe de Garat el Bouib.

Unité	Prof en mètre	Md mm	M mm	So	Sk	Ku
A	2	0,2	0,41	0,54	0,91	1,51
B	3,5	0,18	0,29	0,33	0,82	2,05
C	5	0,16	0,25	0,29	0,07	2,12
D	7	0,60	0,35	0,19	-0,25	1,67
E	10	0,20	0,29	0,30	0,53	1,66
F	14	0,08	0,20	0,33	0,92	2,06
G	24	0,06	0,10	0,13	0,11	1,61

2.1.5. Courbes d'analyses granulométriques de différentes unités :

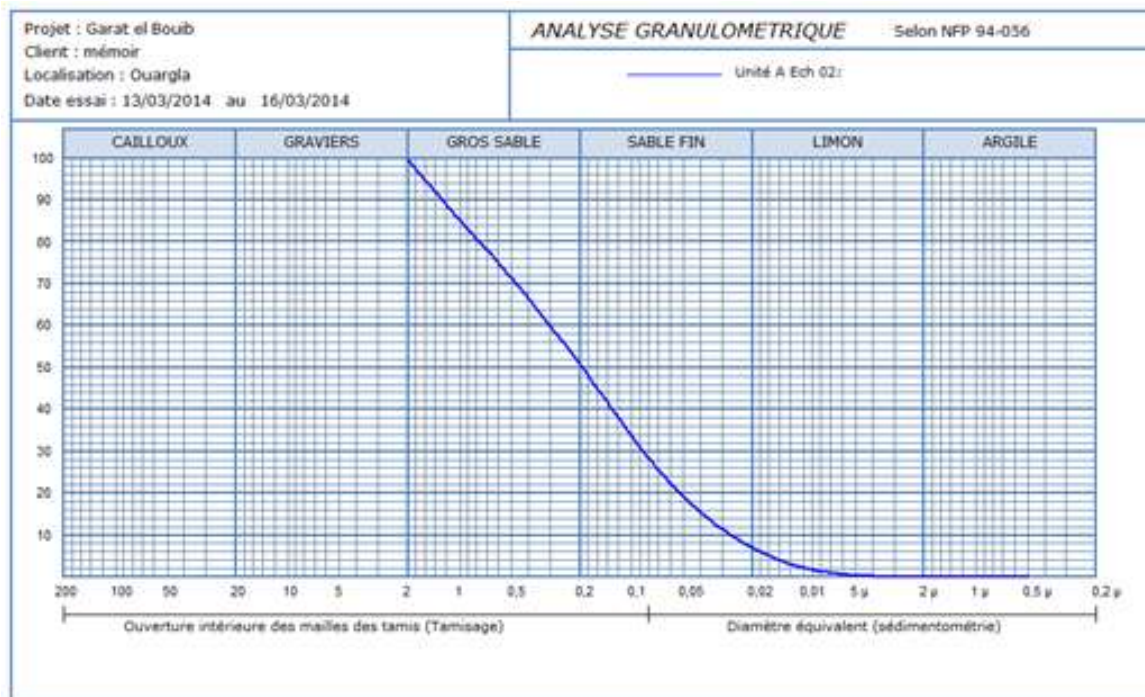


Figure. N°16: Courbe d'analyse granulométrique d'unité A, échantillon 02.

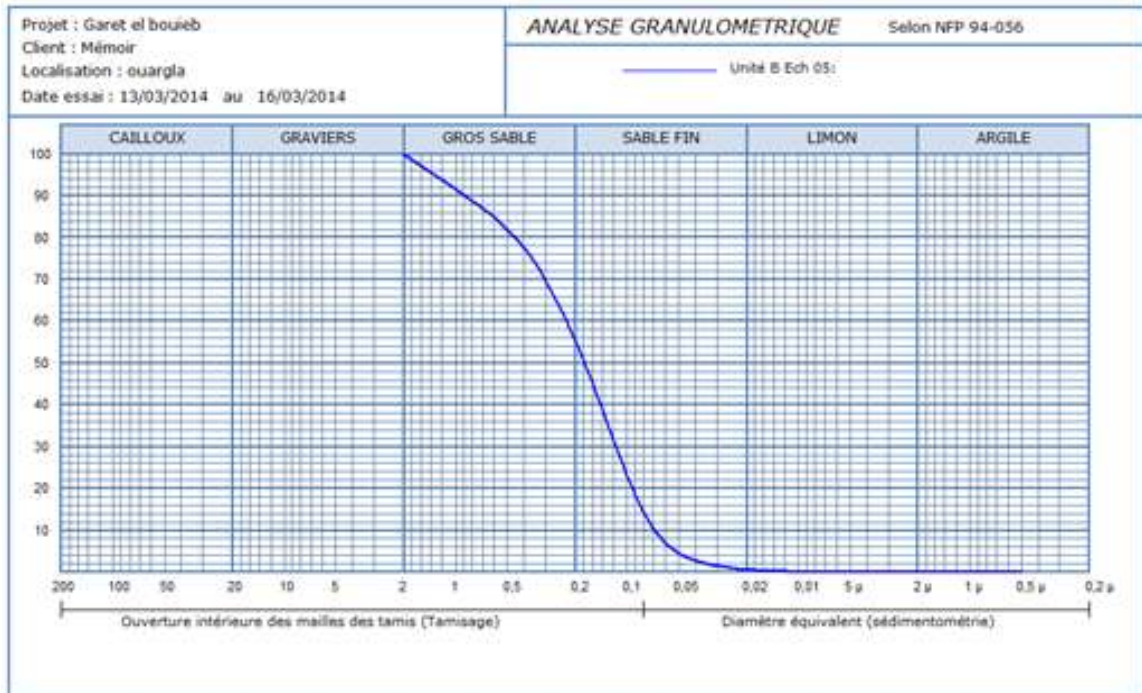


Figure. N°17 : Courbe d'analyse granulométrique d'unité B, échantillon 05.

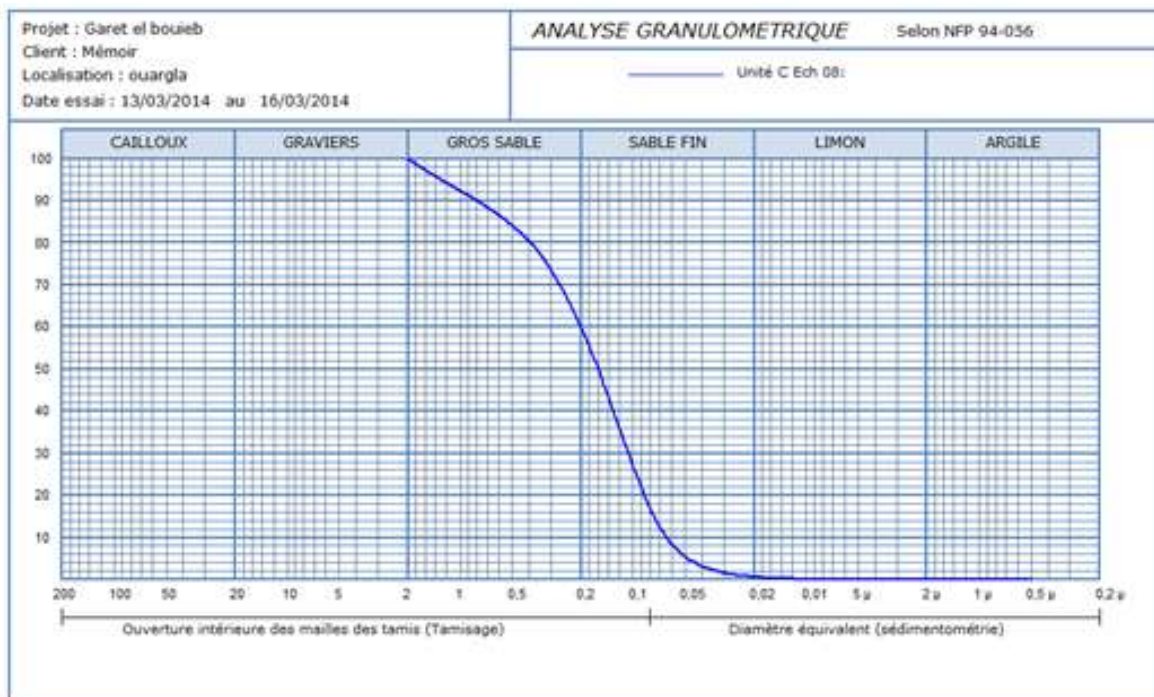


Figure. N°18: Courbe d'analyse granulométrique d'unité C, échantillon 08.

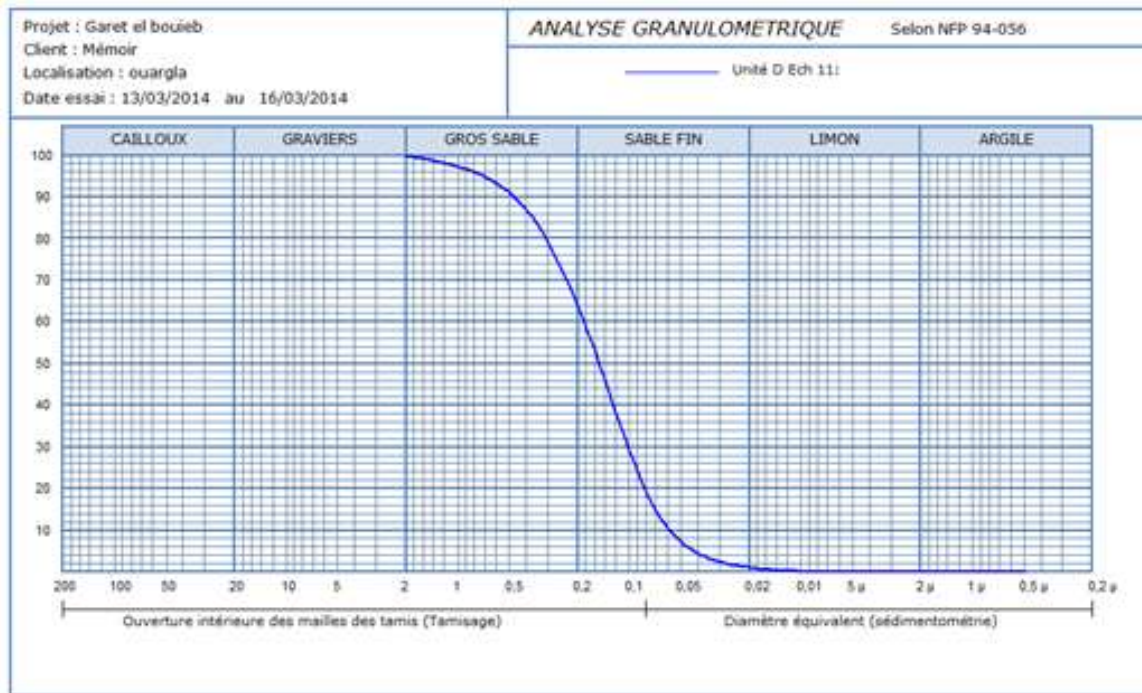


Figure. N°19: Courbe d'analyse granulométrique d'unité D, échantillon 11.

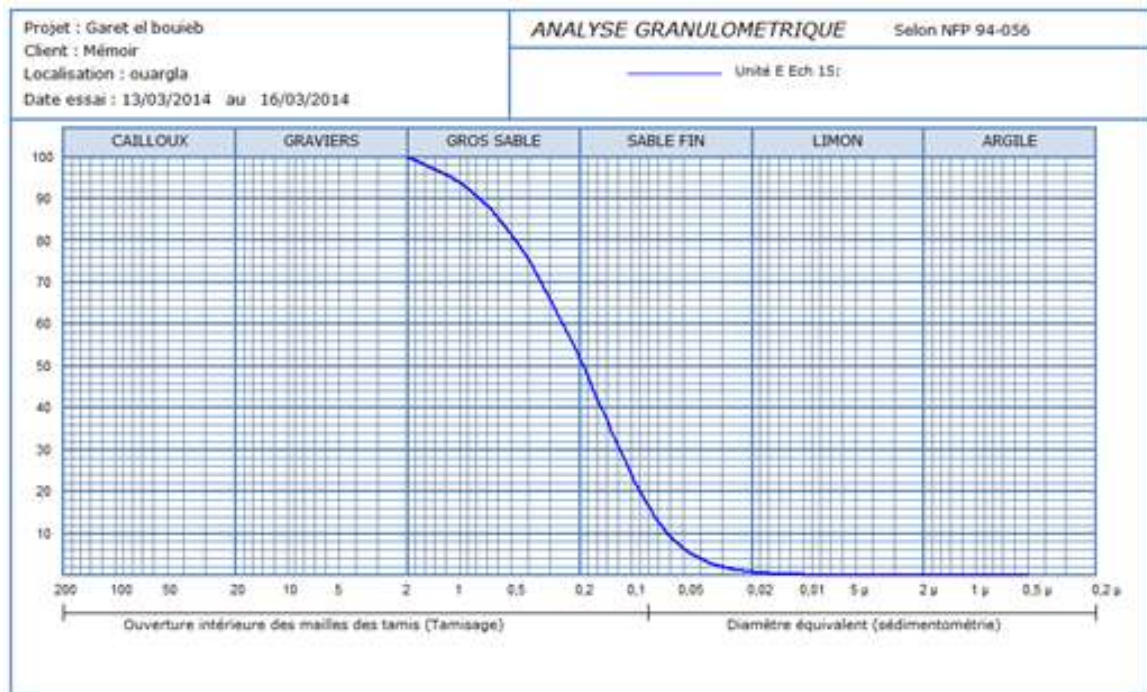


Figure. N°120: Courbe d'analyse granulométrique d'unité E, échantillon 15.

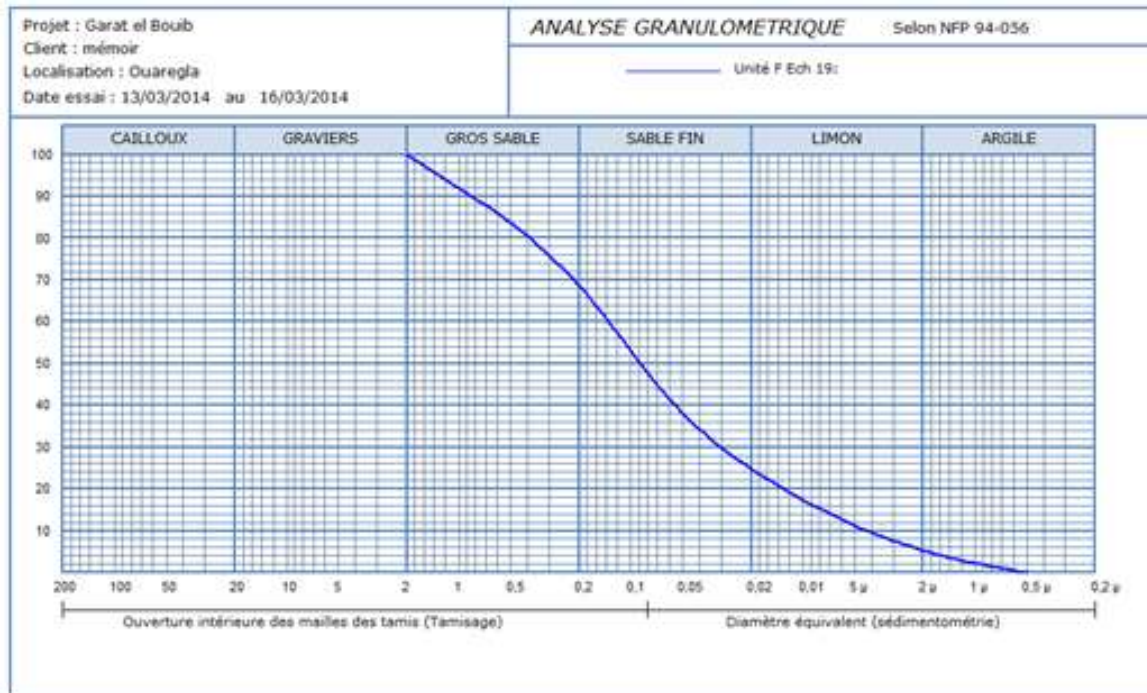


Figure. N°21: Courbe d'analyse granulométrique d'unité F, échantillon 19.

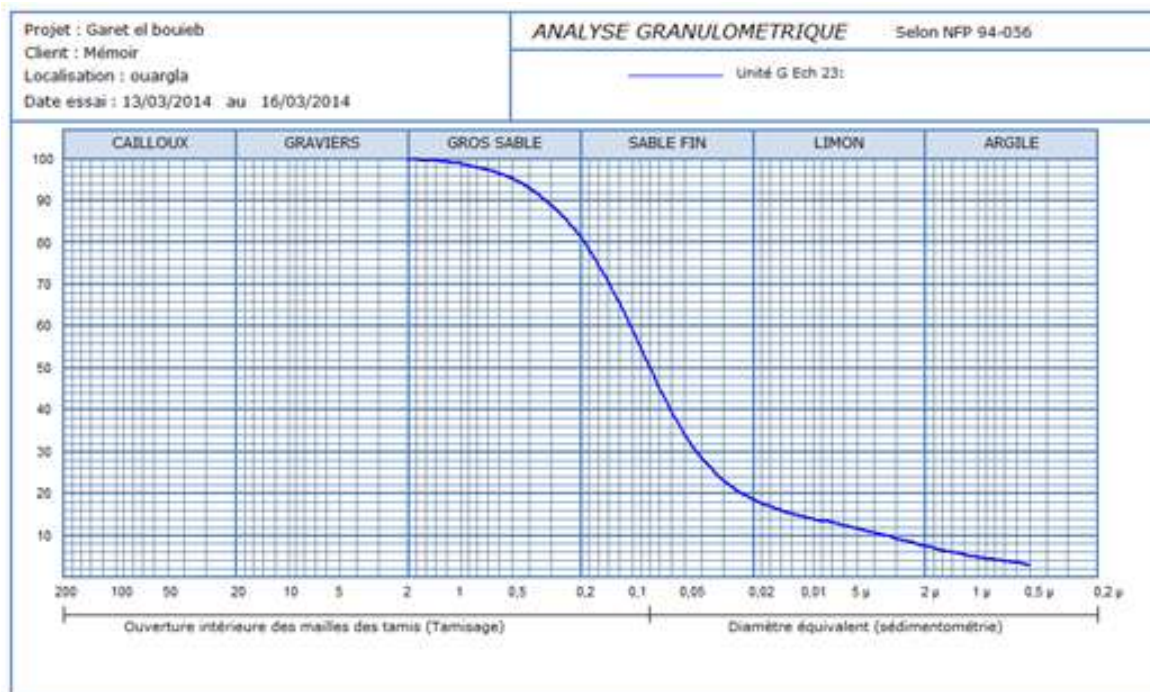


Figure. N°22: Courbe d'analyse granulométrique d'unité G, échantillon 23.

2.1.6. Diagramme C-M de PASSEGA

À partir de deux paramètres faciles à déterminer, le centile supérieur (C) et la médiane (M) - PASSEGA (1969) a proposé l'établissement d'un diagramme C-M qui permet de définir le mode de mise en place des sédiments. Le diagramme définit des secteurs qui correspondent à la capacité de transport du courant tractif. La projection des données sur le diagramme de Passega montre que la plupart des sédiments sont transportés par un agent en suspension avec une énergie moyenne pour les niveaux pauvres en cailloux et par roulement pour le sable grossier et saltation pour les cailloux. En général, les sédiments de la série n'ont pas subi un long transport

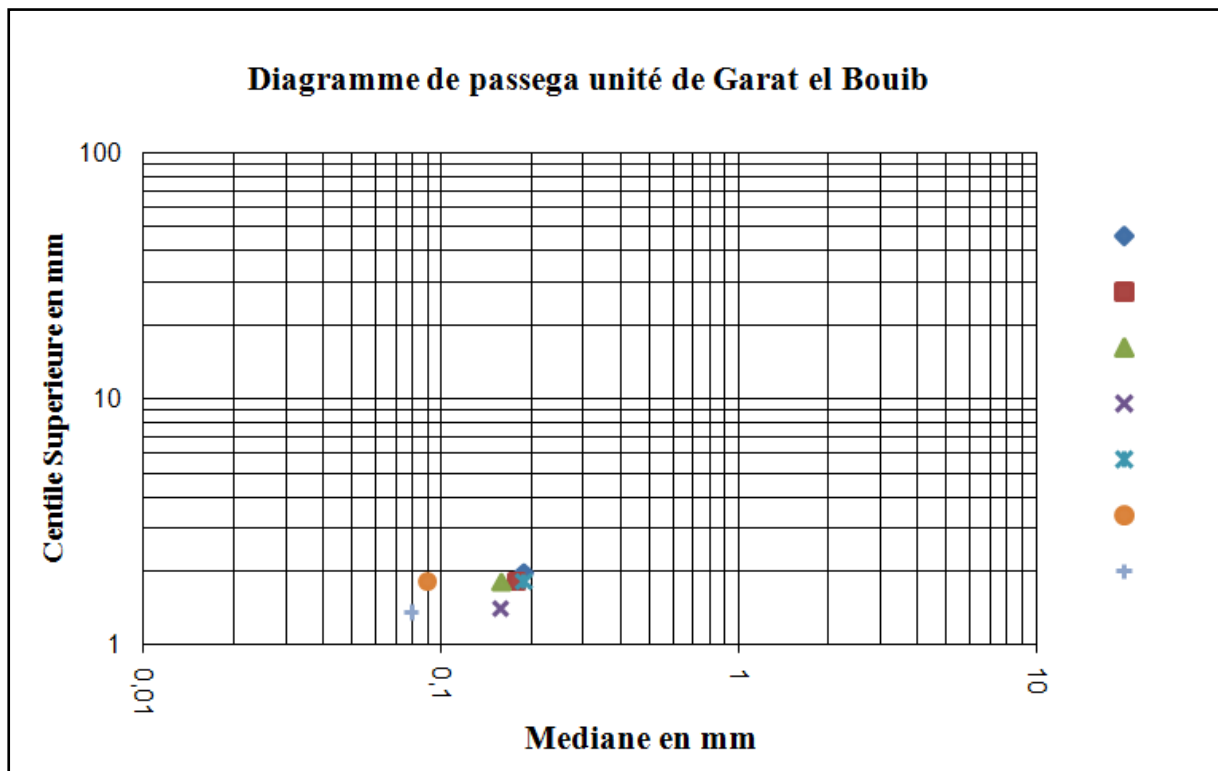


Figure. N°23 : Diagramme de Passega.

2.2. Les carbonates

Les carbonates représentent une distribution variable en fonction de la profondeur avec des proportions fluctuant entre 0 % et 29 %. La teneur moyenne est de 6.42 %, et la forte teneur en carbonates est rencontrée dans l'unité B = 16.39 %. Ceci correspondent aux sédiments riches en apports carbonatés par rapport aux autres unités, et les faibles teneurs en carbonates sont rencontrées dans l'unité F= 0,08 %.

Vraisemblablement, les pourcentages des carbonates moyennent à faible dans toute la série notamment les unités de base. Résultent de la précipitation des carbonates transportés par l'eau. L'origine des carbonates peut être expliquée comme suit : la précipitation des carbonates ne se produit pas systématiquement en raison de plusieurs facteurs qui interviennent :

- La Température : une augmentation de la température entraîne une précipitation des carbonates.
- La Salinité de l'eau : Une augmentation de la salinité va favoriser une précipitation du CaCO_3 .
- Le pH de l'eau : La neutralité du pH est à 7 ; Une augmentation du pH (Basicité) va favoriser une précipitation, alors qu'une baisse du pH va provoquer la dissolution
- L'agitation de l'eau : Elle va favoriser la précipitation car nous observons plus de dépôts carbonatés près des côtes par rapport au large
- L'Abondance en organismes : Certains organismes absorbent les carbonates pour les intégrer dans leur squelette et ne favorisent donc pas le dépôt ; Par contre, si les organismes sont nombreux, leur dépôt sur le fond va entraîner la formation de dépôts carbonatés. L'activité des organismes peut également favoriser la précipitation des carbonates par les produits qu'ils rejetant.

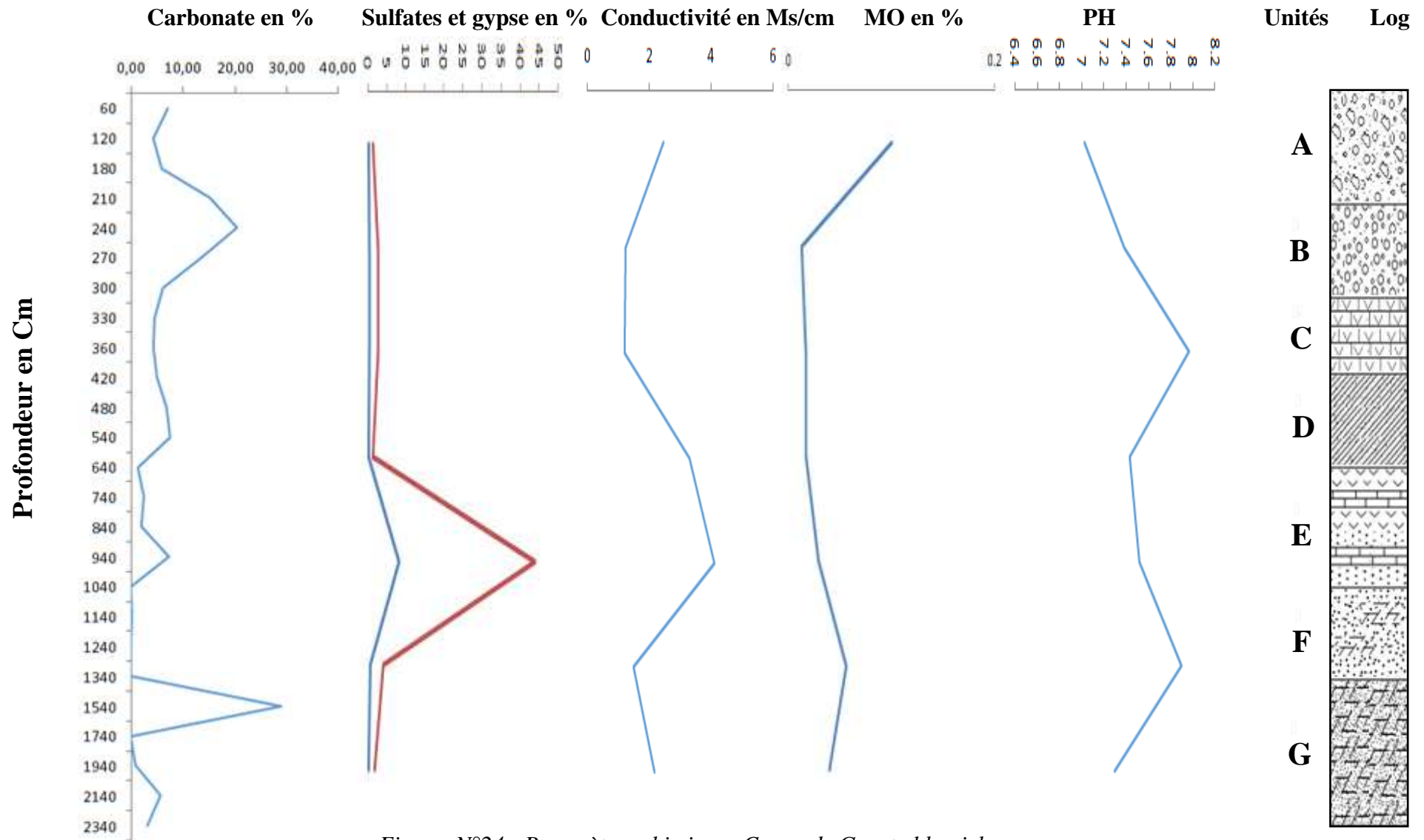


Figure. N°24 : Paramètres chimiques Coupe de Garat el bouieb

2.3. 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.

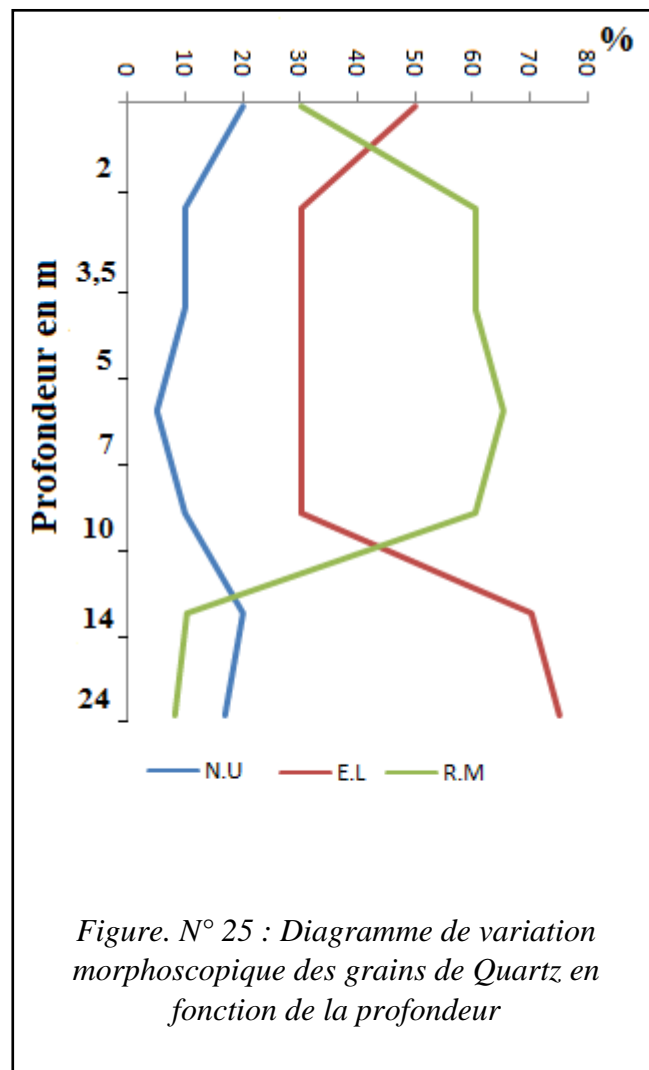
L'analyse morphoscopique du quartz a été réalisée à la loupe binoculaire (x10). Le comptage des grains a été effectué sur 100 grains environ. Les pourcentages relatifs des non-usés (NU), des ronds mats (RM) et des émoussés luisants (EL) ont été calculés et représentés

L'examen morphoscopique montre l'omniprésence des grains RM sont présents (30 à 60 %) au niveau des unités supérieures A, B, C, D et E avec présences importants des grains EL (30 à 50 %), c'est-à-dire l'influence du transport par le vent est dominant (régime éolien). Au niveau des unités F et G, les grains EL (50 à 80 %).

On remarque que les grains NU sont faibles sur toute la formation (0 à 20 %). C'est-à-dire qu'il y a une influence de deux régimes de transport (eau et le vent).

La couleur des grains jaune à blanchâtre avec présence de gypses et carbonates, quant aux sables éoliens, ils constituent un ensemble hétérogène, caractérisé par des grains subarrondis. Conséquences d'une longue usure par chocs dans l'air, sous l'effet du vent.

Dans les unités inférieures (F et G) les grains ont une couleur : brun à rougeâtre



avec la présence de oxyde de fer (rouge claire), quant aux sables fluviatiles réunissent des grains de forme de taille extrêmement différente, quartz au contour émoussé ou arrondi qui ont subi une usure aquatique au cours d'un long transport fluvial ou bien au cours d'un brassage mécanique de haute moyenne énergie.

3. Résultat et interprétation DRX :

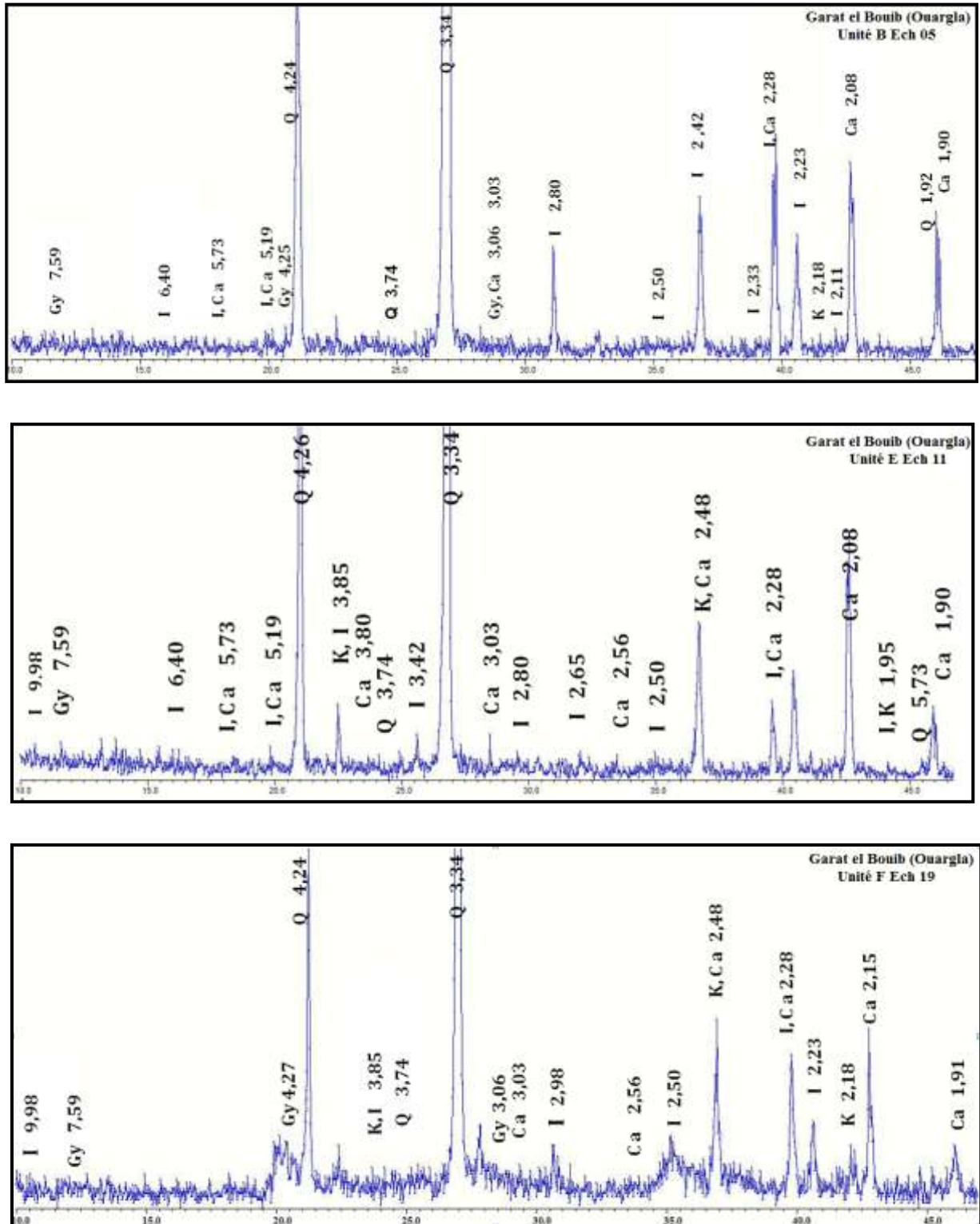


Figure. N° 26 : Diffractogramme des unités B, E et F

symbole	Q	K	I	Ca	Gy
minéral	Quartz	Kaolinite	Illite	Calcite	Gypse

Tableau. N°8 : les différents symboles représentés dans les Diffractogrammes.

Les travaux de Paquet et al. 1984 ont montré que la nature des matériaux argileux transportés par des processus éoliens est contrôlée par la composition minéralogique de la région source. L'importance de la source sur la minéralogie tend à disparaître à mesure que l'on s'en éloigne. La diversité des argiles transportées par les vents est importante mais globalement, l'illite est le minéral le plus représenté, la kaolinite est la plus abondante sous un climat chaud et humide, le ruissellement ou le drainage assure ainsi l'évacuation des ions.

Les résultats d'analyse par DRX sur les sables prélevés de niveau B, E et F sont présentés graphiquement sur la figure N° 26. D'après les résultats DRX nous remarquons :

La dominance de quartz, la présence de feldspaths, gypse et calcite, les minéraux secondaires argileux tel : la kaolinite, et l'illite.

Conclusion :

La région d'Ouargla se présente comme une cuvette (dépression d'Oued M'ya), elle occupe le bas fond de la vallée. Cette dernière occupe la plus grande partie du bas-Sahara.

La ville d'Ouargla, installée avec ces palmeraies en zone Saharien, constitue un lieu idéal à l'accumulation et à la stagnation des eaux, sous l'influence des conditions climatiques, caractérisées par une aridité extrême et une sécheresse permanente

Le domaine continental se caractérise par des dépôts souvent très localisés. Bien que ce domaine ne présente en général que peu de sédiments carbonatés, on citera les dépôts lacustres, fluviaux, désertiques, karstiques. Il est en outre soumis à l'action des phénomènes météoriques, ce qui est à l'origine d'importantes transformations post sédimentaires.

Les matériaux apportés par les rivières se déposent dans un lac selon une zonation dépend de l'hydrodynamisme: sables dans les zones périphériques, le vent de sa part dépose sa charge quand sa vitesse diminue. Tout type d'obstacle peut produire une sédimentation dans la zone protégée qu'il le délimite. Ces dépôts peuvent être remis en mouvement s'ils ne sont légèrement fixés par la végétation ancienne, les dépôts ont un faciès sableux.

L'abaissement des niveaux fluviaux après la régression de la mer à la fin du Miocène a donné lieu les dépôts de cette série, après une forte altération durant le Quaternaire, la vallée a pris sa forme actuelle.

Pendant des périodes sèche, l'eau de lac s'évapore en partie ou totalement, elle dépose ses particules détritiques et les ions qu'elle contient précipitent sous forme de sels et carbonates.

Les carbonates lacustres (eaux douces et salées) sont le résultat de précipitations inorganiques, quand ils peuvent être liés à un mécanisme d'évaporation ou encore au mélange d'eaux à pH différents >7 (basique) est expliqué par la présence de minéraux basiques tel que : feldspath, et les minéraux argileux....

Conclusion

générale

Conclusion générale

En milieu continental, les reconstitutions paléoenvironnementales sont souvent basées sur des analyses sédimentologiques, lithostratigraphiques etc.....etc .Nos recherches ont essentiellement utilisé des résultats sédimentologique.

Actuellement la région étudiée se caractérise par un climat aride typiquement saharien. Le support géologique de la région est formé par des dépôts tertiaires et mésozoïques, qui ont donné lieu à la naissance des dépôts Mio-pliocène. L'abaissement des niveaux fluviaux après la régression de la mer à la fin du Miocène a donné lieu l'entaille de cette série, d'où elle conserve la forme de la vallée actuelle.

D'après les résultats d'analyse de laboratoire, les paramètres sédimentologiques, chimiques et minéralogique obtenus permettent de subdiviser ces dépôts en unités climatostratigraphiques, chacune caractérise une phase climatique déterminée.

D'après l'analyse granulométrique, on constate que la moyenne varie du sommet à la base de la série. Le niveau A c'est un riche en éléments grossiers avec des valeurs importantes. La moyenne fluctue peu dans les autres unités et nous renseigne sur un enrichissement en fraction fine ($<30 \mu\text{m}$). Les courbes de fréquence sont de type leptokurtique et très leptokurtique. Cette évolution indique le bon classement des sédiments analysés puisque les valeurs du classement index ($S_o < 2,5$). Les valeurs de SK sont négatives ou proches de zéro et montrent que l'étalement de la courbe se fait du côté de la fraction fine. Aussi montrent que le classement est extrêmement bien classé et par conséquent, elles relatent (montre) la régularité du niveau énergétique de l'agent de transport entre moyen et fort.

La méthode développée par Passega, pour l'interprétation des données granulométriques et appliquée aux échantillons a permis de retrouver les principaux modes de transport de cette formation. La plupart des sédiments sont transportés par un agent en suspension avec une vitesse faible à moyenne. En général, les sédiments de la série n'ont pas subi un long transport.

D'après la calcimétrie, on peut dire que les faibles teneurs en carbonates (6.42 %) ne sont pas dues uniquement à l'augmentation de la température dans la région, mais aussi aux faibles précipitations et fortes évaporations. Donc on admet que les sédiments ayant un taux assez faible des carbonates reflètent des conditions des périodes humides et chaudes, tandis que la série se

termine par une phase désertique ou aride ou le matériel terrigène dilue (dépose) le signal de productivité (comblement).

L'observation morphoscopique des grains de quartz à la loupe binoculaire a permis de proposer une évolution plus ou moins importante, les grains de quartz ronds-mats sont abondantes dans la partie supérieure de l'ensemble stratigraphique montre un mode de transport éolien. Dans le niveau inférieur de l'ensemble stratigraphique, les grains de quartz émoussés luisants sont abondantes ce indiquent une évolution mixte éolien et fluviatile, les non-usés sont le résultat de choc mécanique des grains durant le transport.

De point de vue minéralogique, les analyses diffractométrie ont montrés:
La dominance de quartz, la présence de Feldspaths, gypse et calcite, les minéraux secondaires argileux tel : la kaolinite, et l'illite.

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

Références

bibliographiques

Références bibliographique

- A.N.R.H. (2004).** *Données sur les Logs stratigraphiques des forages de la Wilaya de Ouargla. Algérie. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Direction régionale Sud, Ouargla.*
- ARRUS, 1985;** *L'eau en Algérie. Ed Office de Publication Universitaire, Alger: 1-31.*
- BG, 2004;** *Bonnard et Gardel (Bureau d'étude suisse).*
- BUSSON. G. (1967).** *Le Mésozoïque saharien. 1ère partie : L'Extrême Sud-tunisien. Edit., Paris, « Centre Rech. Zones Arides », Géol., 8, 194 p. Ed. S.C.N.R.S.*
- BUSSON. G. (1970) :** *Le Mésozoïque saharien. 2ème partie : Essai de synthèse des données des sondages algéro-tunisiens. Edit., Paris, « Centre Rech. Zones Arides» Géol., 11, 811p. Ed.*
- BUSSON. G. (1971).** *Principes, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mésozoïque saharien. Edit., Paris, 464p.*
- CORNET, 1964;** *Introduction à l'hydrogéologie saharienne .Géog .Phys .et Géol. Dyn .Vol. VI. Fasc.1, P5-72.*
- DUBIEF, 1953;** *document scientifique retrait de ANRH sur hydrogéologie du Ouargla.*
- EMBERGER, L. (1955).** *Une classification biogéographique des climats. Trav. Inst. Bot., Montpellier, 7, 3-43.*
- ESLINGER & PEAVER, (1988) ;** *Principe de la diffraction et illustration la Loi de Bragg.*
- FABRE. J. (1976).** *Introduction à la géologie du Sahara d'Algérie et des régions voisines. SNED, Alger, 421p.*
- FOLK, 1966;** *Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters-Journ. Sed. Petrol-Vol.27-pp529.*
- GOUSCOV. N. (1952).** *Le problème hydrogéologique du bassin artésien de l'Oued Rhir. In « La géologie et les problèmes de l'eau en Algérie ». XIXème congrès géologique international T.II, 16p.*
- HAMDIAISSA, 2000;** *Evolution de l'état de surface de la cuvette de Ouargla par les images satellites- Revue SECHERESSE (septembre 2000).*
- HAMDI-AÏSSA, Belhadj. (2001).** *Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord-Sahara (Cuvette de Ouargla). Approches micromorphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale. Thèse de Doctorat, Institut National Agronomique, Paris-Grignon, 283p.*
- INC, (1960).** *Carte topographique de Ouargla 1/250 000, Institut National de Cartographie.*

J-P SAVAREY 1963 : *Le Néolithique de la région d'Hassi-Messaoud (Sahara oriental)*

In: Bulletin de la Société préhistorique de France. 1963. pp. 661-662.

KILIAN. C. (1931). Les principaux complexes continentaux du Sahara. C.R. Soc. Géol. Fr. Paris.

KHELAF, 1996; *Problématique d'assainissement et évacuation des eaux usées de la cuvette de Ouargla. Direction d'hydraulique, 3p.*

OMS. (1994). Directives de qualité de l'eau de boisson. Critères d'hygiène et documentation à l'appui, Genève, 2ème édition, Volume 2, 272-279 pp.

O.N.M, 2011; *l'Office Nationale de Météorologie, retrait les données climatologiques région Ouargla, 2011.*

OULED BELKHIR, 2002; *Contribution à l'étude et l'établissement du bilan hydrologique de la cuvette de Ouargla (Sahara Nord .Est septentrional). Thèse Magistère. Univ SAAD DAHLEB-BLIDA, 80p.*

OZENDA, 1983; *Flore du Sahara. Ed. Centre Nationale des Recherches Scientifiques, Paris 39p*

Ramade, F., 2002. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Ed. Dunod, 1063 p.

SONATRACH; *Contribution de SONATRACH Division Exploration, Centre de Recherche et Développement et Division Petroleum Engineering et développement.*

S. BENHAMIDA, 2008 ; *Contribution à la caractérisation biométrique et anatomique de la végétation halophile dans les dépressions salées de la cuvette de Ouargla (cas du chott Ain El-Beida et de la sebkha de Bamendil).*

S. CHELLAT 2012 ; *Second seminar geology of the Sahara « Etude et reconstitution paleoenvironmentale des éolianites du Mio-pliocène de la région de Ouargla ». (p119-127).*

Résumé

La contribution de l'étude sédimentologique pour les formations Mio-pliocène (Ouargla) ont pour but la reconstitution paléoenvironnemental à partir des paramètres obtenus des résultats, stratigraphiques et sédimentologiques qui présentent:

Les dépôts de cette série sont subdivisés en unités stratigraphiques d'origines continentales, L'ensemble stratigraphique correspond aux unités **A, B, C, D, E, F, et G.**

La majorité des faciès sont sableux dans toutes les unités.

Le mode de transport est éolien dans la partie supérieure de l'ensemble stratigraphique,. Et dans le niveau inférieur de l'ensemble stratigraphique, le mode est mixte (aquatique et éolien). Le niveau supérieur A témoigne aussi à une période de stagnation des eaux superficielle, d'où la formation des gypses et carbonates.

Mots clés : Mio-pliocène, sédimentologie, faciès, ensemble stratigraphique.

ملخص

من خلال الدراسة الرسوبية للتكوينات الميو- بليوسان (ورقلة)، و الخصائص المتحصل عليها إنطلاقاً من النتائج الطباقية والرسوبية التي توضح :

مصطبة هذه التكوينات تضم مجموعة طباقية ذات أصل قاري، المجموعة الطباقية مقسمة الي الوحدات **أ، ب، ت، ث، ج، ح، خ.**

أغلبية السحنات رملية في جميع الوحدات.

الجزء العلوي من المجموعة الطباقية إنتقلت بعامل الرياح ، أما بقية الوحدات عامل الإنتقال مختلط بين النهري والريحي.

الكلمات الدالة: الميو- بليوسان، الترسيب، السحنة، مجموعة طباقية.

Abstract

The contribution of the sedimentological study for Mio-Pliocene formations (Ouargla) are intended for reconstitution paléoenvironnemental from parameters obtained results, stratigraphic and sedimentological which have:

The deposits of this formation are divided into stratigraphic units of continental origin, stratigraphic All units corresponds to A, B, C, D, E, F, and G.

The majority of the sandy facies are in all units.

The mode of transport is wind in the upper part of the stratigraphic together. And in the lower level of the stratigraphic package, the mode is mixed (water and wind). The upper level A also reflects a period of stagnant surface water, where the formation of gypsum and carbonates.

Key words: Mio-Pliocene, sedimentology, facies, stratigraphic package