



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Echahid Cheikh Larbi Tébessi - Tébessa
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers



MEMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Spécialité : Géologie des bassins sédimentaires

Thème :

**Sédimentologie des formations miocènes de Garet er Remila
« Ez Zguig, SE de Tébessa, NE de l'Algérie »**

Présenté par :

Hadil Belkolti

Devant le jury :

Djamel BOUBAYA	Pr	UECLT- Tébessa	Président
Amor DEGAICHIA	MCB	UECLT- Tébessa	Encadrant
Riad HADJAM	MAA	UECLT- Tébessa	Examineur

Date de soutenance: 07 juin 2023

Note :..... Mention :.....

ملخص

تركز هذه الدراسة على الترسبات في منطقة « هضبة رميلة, جنوب شرق تبسة, شمال شرق الجزائر ». من خلال التحاليل المجهرية, الرسوبية و الحبيبية نستنتج ان رواسب هذه المنطقة تتميز بوفرة الرمال الطينية مع وجود نسبة ملحوظة من الرمال الكوارتزية و بمعدلات منخفضة من الكربونات, تشير الرواسب إلى وجود وفرة في حبيبات الرمل الدقيقة إلى المتوسطة, مع ترتيب يتراوح من متوسط التصنيف إلى ضعيف التصنيف, تبين أيضا الدراسة المجهرية أن رواسب هضبة رميلة مهيمن عليها حبيبات شبه لامعة مصقولة تشير على تأثير النقل المائي.

ABSTRACT

This study focuses on the sedimentology of the Garret er Remila deposit "Ez Zguig, SE of Tébessa, NE Algeria". Morphoscopic, petrographic and granulometric analyses led to the conclusion that the sediments of this region are characterised by an abundance of clayey sands, with a notable percentage of quartz sands, accompanied by low levels of carbonates. The sediments show an enrichment in fine to medium sand fractions, with a classification ranging from fairly well classified to poorly classified. The morphoscopic study shows that the sediments of Garret er Remila are dominated by shiny sub-emossed grains indicating the influence of water transport.

RESUMÉ

Cette étude s'intéresse à la sédimentologie du dépôt miocène de Garret er Remila « Ez Zguig , SE de Tébessa, NE de l'Algérie ». Les analyses morphoscopiques, pétrographiques et granulométriques ont permis de conclure que les sédiments de cette région se caractérisent par l'abondance des sables argileux, avec un pourcentage notable de sables quartzeux, accompagnés d'un taux faible de carbonates. Les sédiments indiquent un enrichissement en fractions de sables fins à moyens, avec un classement allant de assez bien classé à médiocrement classé. L'étude morphoscopique montre que les sédiments de Garret er Remila sont dominés par des grains subémoussés luisants indiquant l'influence de transport hydrique.

DÉDICACES

I dedicate this work to the ones who believed in me, to everyone that been here for me whenever I needed them.

To the queen of my life, MY MOM.

The sunshine to my clouds, the laughter to my smile, the wisest one i know, the most beautiful one there will ever be. The friend I'm lucky to have, the one who picks me up when I feel blue. The biggest heart filled with love, thank you for your support, thank you for teaching me to never doubt myself and to live life on my own terms, thank you for being a MOTHER words can never be enough to tell you how much I love you, may ALLAH protect you.

To my greatest superhero, MY DAD.

Any man can be a father, but it takes someone special to be a dad. My protector, teacher and encourager, a person who picks me up when I fall, a daughter's first love, I wanna say thank you for all that you do for me, you go above and beyond even when it's not convenient for you. Nobody else can take your place in my life. I always want to make you happy and proud. Thank you for being my biggest supporter in life. ALLAH will continue to guide you, protect you and provide for you. I will forever be you little girl.

To my ride or die, MY SISTER NOURINE

You're not just a wonderful sister but also a really good best friend, through the ups and downs of life we've come to understand what it means to have each other, and wherever we go or whatever we do I'll always love you.

To my little brother, RABIE.

Even though you're so much younger than me but you never let me feel it, the kindest soul ever, my partner in crime, always on my side. You'll forever be my little soulmate.

To MY BESTIES.

ALLAH blessed me with more than friends in life, a friends I call sisters. Rofaida, Iness, Ikram, Fatma, Amani, Chahinez and Ibtissem. I'm grateful and thankful to all of our moments together, our laughs, cries, the little ones and big ones. May our friendship last forever Inchallah.

A big love and a big thanks to all of my classmates: Mouatez, Houssemeddine, Ahmed, Abdelkader and Dhiaeddine for being more than brothers to me.

To all my family Belkolli and Chagrouche, thank you for showing me love and what it means to have a wonderful family.

REMERCIEMENTS

I won't be here without ALLAH's blessings and guidance, forever thankful to my creator for the protection, the unexpected surprises even when I don't ask. May ALLAH (swt) bless all of us .

A special thanks to Dr. Amor Degaichia, for his seriousness, commitment and kindness. He is a life changing inspiration and will forever be an idol to all of his students, I had the honor to work with him and I'm grateful for that, all of my respect to the one who taught us what it means to be a perfect teacher.

Thanks to the members of the jury for allowing me to discuss my work.

I also want to thank all of my professors and teachers and all of the employees in the department of science of the earth and the universe during this five years for their hard working.

And to not forget monsieur Hacene Hmaidia the responsible of the geology laboratory of the University Larbi Tébessi-Tebessa for his help when I needed it.

Once again big thanks to my dear parents, siblings, all of my friends and to everyone that been always by my side.

Table des matières

ملخص.....	2
ABSTRACT.....	3
RESUMÉ.....	4
DÉDICACES.....	5
REMERCIEMENTS.....	6
LISTE DES FIGURES.....	9
LISTE DES TABLEAUX.....	10
I. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE.....	12
II. CADRE GÉOGRAPHIQUE	12
III. CLIMATS ET ORO-HYDROGRAPHIE	15
A. Climat.....	15
B. Régimes des vents	16
I. HISTORIQUE.....	19
II. LITHOSTRATIGRAPHIE.....	19
1. Formations quaternaires	19
A. Quaternaire récent	19
B. Alluvions anciennes	19
C. Croûtes calcaires.....	19
2. Formations néogènes	20
A. Pliocène	20
B. Miocène	20
3. Formations nummulitiques	21
A. Lutétien et Yprésien.....	21
B. Thanétien.....	21
C. Dano-Selandien et Maastrichtien supérieur	21
4. Formations du Crétacé	21
A. Maastrichtien.....	21
B. Campanien.....	21
C. Coniacien-Santonien.....	21
D. Turonien	21
E. Cénomaniens.....	22
F. Vraconien-Albien	22

G.	Aptien	22
5.	Trias	22
6.	La tectonique de la région	23
I.	INTRODUCTION	25
II.	ANALYSE CHIMICO-PONDÉRALE.....	25
A.	Selon la systématique de A. Vatan (1967).....	25
III.	DISCUSSION ET INTERPRETATION DES ANALYSES PÉTROGRAPHIQUES.....	26
A.	Discussion des résultats.....	29
IV.	CALCIMÉTRIE	29
A.	Principe	29
B.	Appareillage.....	29
C.	Mode opératoire	29
D.	Discussion des résultats de l'analyse calcimétrique.....	32
I.	INTRODUCTION	34
II.	CARACTÉRISATION DU MILIEUX DE DEPOTS	34
A.	Procèdes de détermination des sédiments du Miocène.....	34
1.	Échantillonnage	34
2.	Techniques d'échantillonnage et méthodes d'études au laboratoire	34
B.	Analyse sédimentologique de la coupe étudiée	35
1.	Description de la coupe échantillonnée	35
2.	Description des échantillons récoltés.....	37
3.	Détermination lithologique et morphoscopique des grains	38
C.	Identification des paramètres sédimentologiques.....	44
1.	Introduction.....	44
2.	Historique de recherches sédimentologiques antérieurs	44
3.	Définitions et applications des coefficients granulométriques.....	44
III.	RELATION ENTRE LES PARAMÈTRES SÉDIMENTOLOGIQUES	52
A.	Relation entre (S_{ki}/M_z)	52
B.	Relation entre (S_{ki}/δ_i)	53
C.	Relation entre (M_z/δ_i)	54
I.	CONCLUSION GÉNÉRALE	56
	BIBLIOGRAPHIE.....	58
I.	ANNEXES 1 : COURBES FRÉQUENTIELLES.....	62
II.	ANNEXES 2 : COURBES GRANULOMETRIQUES.....	69

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Position géographique de la zone d'étude sur image satellitaire (Source: Google earth, 2023).	13
Figure 2: Carte géologique de la zone d'étude d'après la carte géologique de l'Algérie 1/500000 (P. Deleau & R. Laffitte 1951, Feuille de Constantine Nord).	14
Figure 3: Classification climatique de Koppen (1901-2010).	15
Figure 4: Histogramme présentant les précipitations de la région de Tébessa (Source: https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climate_modelled/Tébessa).....	16
Figure 5: Histogramme présentant les températures de la région de Tébessa (Source: https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climate_modelled/Tébessa).....	16
Figure 6: Rose des directions des vents dans la région d'étude.	17
Figure 7: Classification triangulaire de Sable, Argile et Carbonate des échantillons de la coupe de Garret er Remila (d'après A. VATAN, 1967)	26
Figure 8: Évolution des taux des sables, argiles et carbonates de Garret er Remila.....	28
Figure 9: Calcimètre de BERNARD.....	30
Figure 10: Ampoule + eau salée à saturation	30
Figure 11: Évolution des taux des carbonates de calcium de la région d'étude.....	32
Figure 12: Description de la coupe de Garet er Remila.....	36
Figure 13: Évolution du degré d'usure des grains de sables Garret er Remila.....	39
Figure 14: Évolution du degré d'arrondi des grains de sable Garret er Remila	40
Figure 15: Évolution de l'etat de la surface des grains de sable Garret er Remila.....	41
Figure 16: Morphoscopie des sédiments de la zone d'étude.	43
Figure 17: Courbe de fréquence (classement et asymétrie) . (source : https://www.safaribooksonline.com/library/view/clojure-for-data/9781784397180/ch01s13.html).....	45
Figure 18: Modes de quelques échantillons de Garret er Remila.	47
Figure 19: Évolution du grain moyen dans les sédiments de la coupe d'étude.	48
Figure 20: Évolution de l'indice de classement des sédiments de la zone d'étude.....	49
Figure 21: Évolution de l'indice d'asymétrie des sédiments de la zone d'étude.....	50
Figure 22: Évolution de l'indice d'acuité des sédiments de la zone d'étude.....	51
Figure 23: Relation entre (Ski/Mz)	53
Figure 24: Relation entre (Ski/ σ_i)	53
Figure 25: Relation entre (Mz/ σ_i)	54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: les coordonnées géographiques de la coupe étudiée.	13
Tableau 2: Les résultats de l'analyse chimico-pondérale des échantillons.	27
Tableau 3: Représentation des taux des carbonates de calcium.....	31
Tableau 4: Description de la	36
Tableau 5: Description des échantillons de la zone d'étude.....	37
Tableau 6: Analyses morphoscopiques des grains des échantillons de la coupe de la zone d'étude.	42
Tableau 7: Analyse modale des échantillons de Garret et Remila.	46
Tableau 8: Tableau de coefficient d'acuité.....	50
Tableau 9: Tableau récapitulatif des paramètres sédimentologiques de la coupe de Garret et Remila..	51

CHAPITRE I
INTRODUCTION GÉNÉRALE

CHAPITRE I : INTRODUCTION GÉNÉRALE

I. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

L'objectif de ce travail est d'étudier la sédimentologie et de comprendre la dynamique sédimentaire ainsi que l'évolution morphoscopique et calcimétrique des formations miocènes de Garret er Remila "Ez Zguig, Tébessa".

Pour suivre l'évolution sédimentologique des formations miocènes de la région de Garret er Remila " Ez Zguig ", des analyses sur le terrain et dans le laboratoire ont été faites.

L'appareillage disponible au laboratoire de l'Université Echahid Cheikh Larbi Tebessi nous a permis d'effectuer les analyses suivantes:

Analyse granulométrique;

Analyse chimico-pondérale;

Analyse calcimétrique;

Analyse morphoscopique.

II. CADRE GÉOGRAPHIQUE

La wilaya de Tébessa est située à l'intersection des frontières algéro-tunisiennes. Elle fait partie de l'Atlas saharien. Elle est délimitée :

au nord, par la wilaya de Souk Ahras ;

à l'est, par la Tunisie ;

à l'ouest, par les wilayas de Khenchela et d'Oum El Bouaghi;

au sud, par la wilaya d'El Oued.

Les affleurements miocènes de Garret er Remila «Ez Zguig» sont visibles au Sud de la wilaya de Tébessa. Ils sont limités du NNW par l'anticlinale de Dj. Doukkane et du NNE par Dj. Anoual et Dj. Bouroumane, et au Sud par Dj. Bou Jellal ainsi qu'El Ma Labiod. La région de « Ez Zguig » appartient à l'atlas saharien oriental.

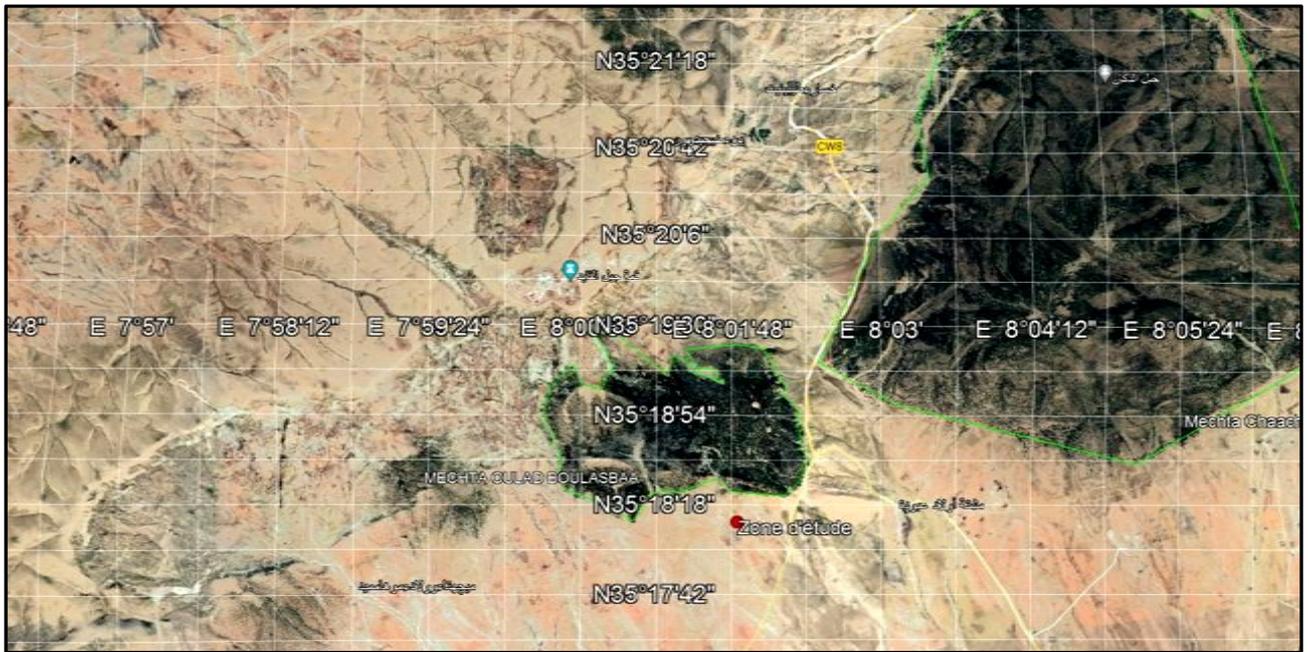


Figure 1: Position géographique de la zone d'étude sur image satellitaire (Source: Google earth, 2023).

Sur une image satellitaire issue de Google Earth (2023), nous avons pu obtenir les coordonnées géographiques suivantes :

Tableau 1: les coordonnées géographiques de la coupe étudiée.

Coupe étudiée	Latitude	Longitude
Garret er Remila	35°18'08.7''N	8°02'16.1''E
	35°18'30''N	8°01'42''E

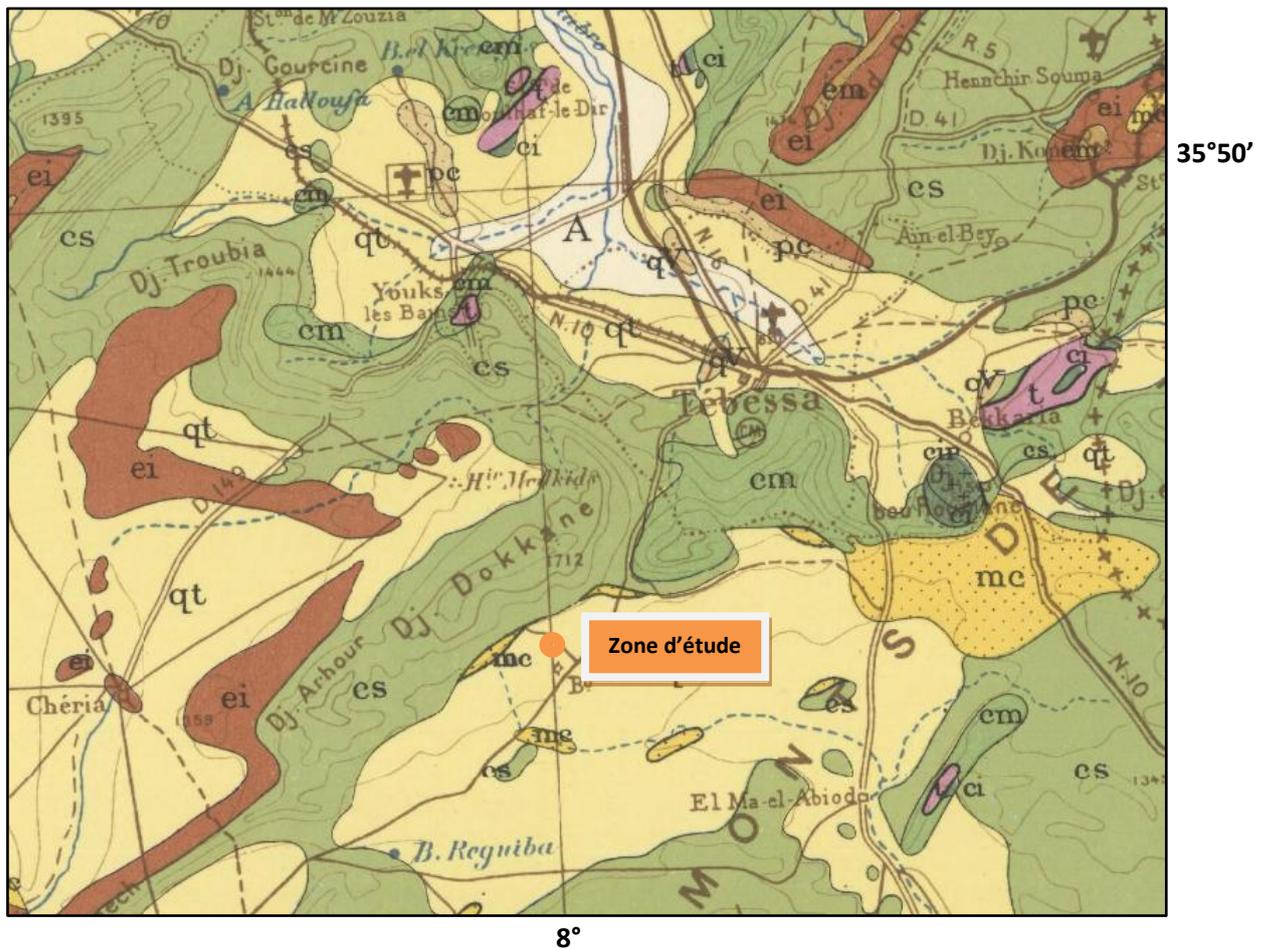


Figure 2: Carte géologique de la zone d'étude d'après la carte géologique de l'Algérie 1/500000 (P. Deleau & R. Laffitte 1951, Feuille de Constantine Nord).

Notre zone d'étude fait partie de l'atlas saharien, elle est limitée
 au nord par Dj. Doukkane ;
 à l'est par le bassin miocène de El Ma Labiod ;
 au sud par Dj. Bou Djellal ;
 à l'ouest par Tlidjène.

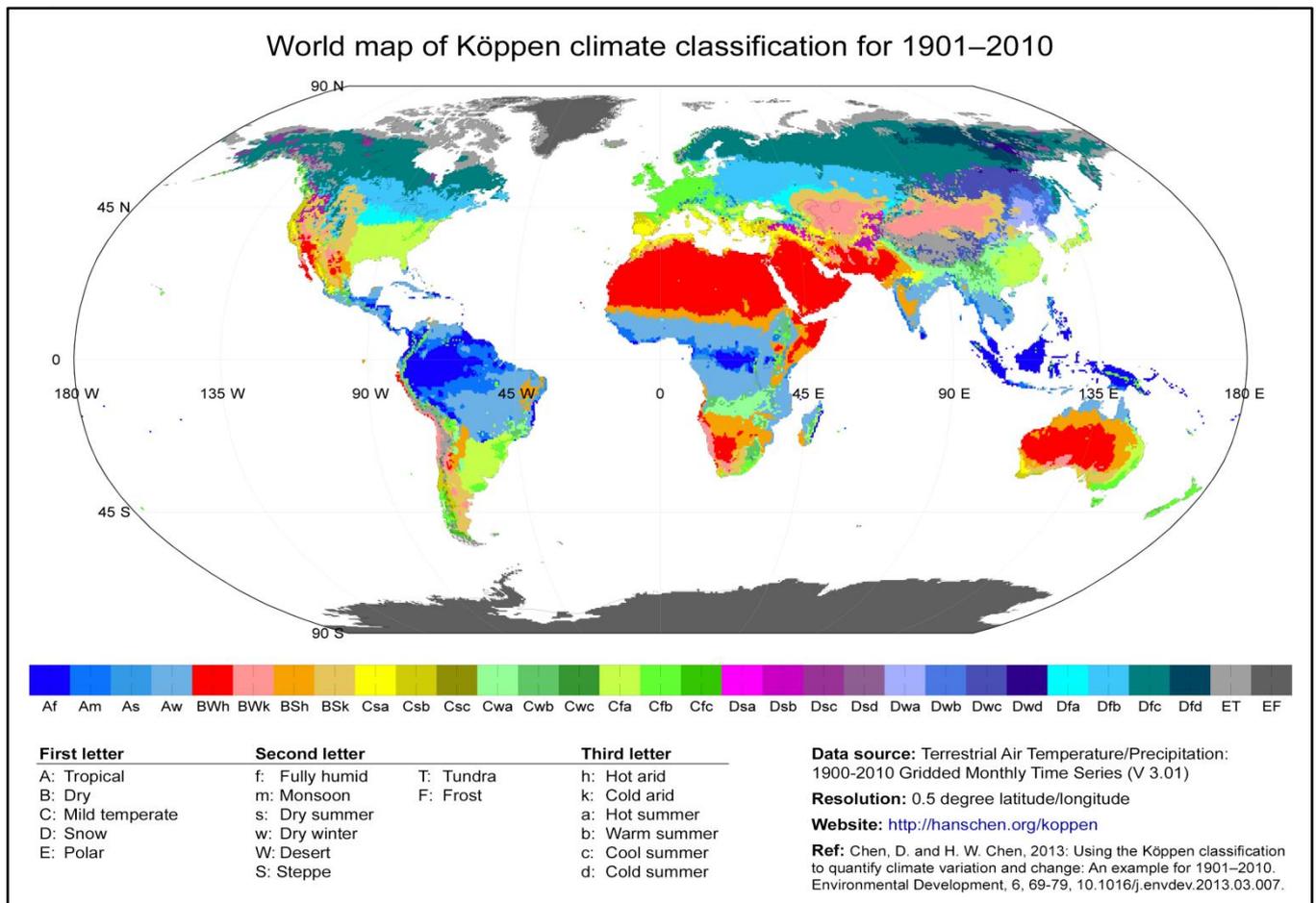


Figure 3: Classification climatique de Köppen (1901-2010).

III. CLIMATS ET ORO-HYDROGRAPHIE

A. Climat

Le climat est principalement caractérisé par un climat désertique chaud (classification climatique de Köppen : BSh). **Climat de steppe (climat semi-aride) sec et chaud.** La température moyenne de chaque mois de l'année est inférieure à 18 °C. L'évaporation annuelle est supérieure aux précipitations annuelles. Les précipitations annuelles inférieures à 50 % du seuil. Dans l'ensemble, le climat de Tébessa est chaud et sec, avec très peu de précipitations tout au long de l'année.

Tébessa est située dans une région qui reçoit très peu de précipitations tout au long de l'année. Les précipitations annuelles moyennes à Tébessa sont d'environ 150 mm, la majorité des précipitations se produisant pendant les mois d'hiver de décembre, janvier et février. Pendant cette période, la ville reçoit environ 75 % de ses précipitations annuelles. Les mois d'été (juin, juillet et août) sont généralement secs, avec très peu de précipitations. Les mois de printemps et d'automne (mars, avril, mai, septembre, octobre et novembre) peuvent recevoir des précipitations occasionnelles, mais elles ne sont généralement pas significatives.

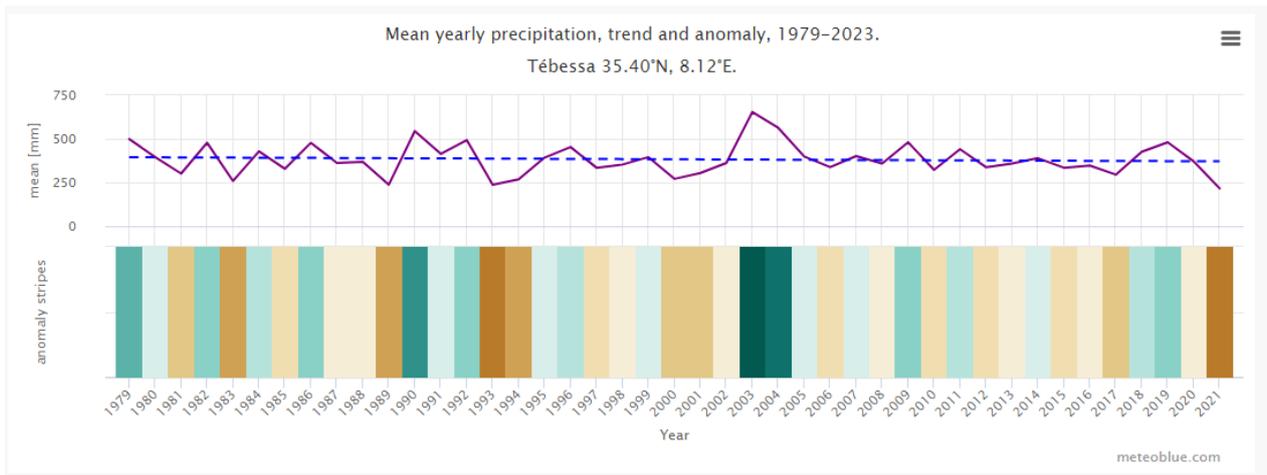


Figure 4: Histogramme présentant les précipitations de la région de Tébessa (Source: [https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climate modelled/Tébessa](https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climate%20modell%C3%A9/T%C3%A9bessa)).

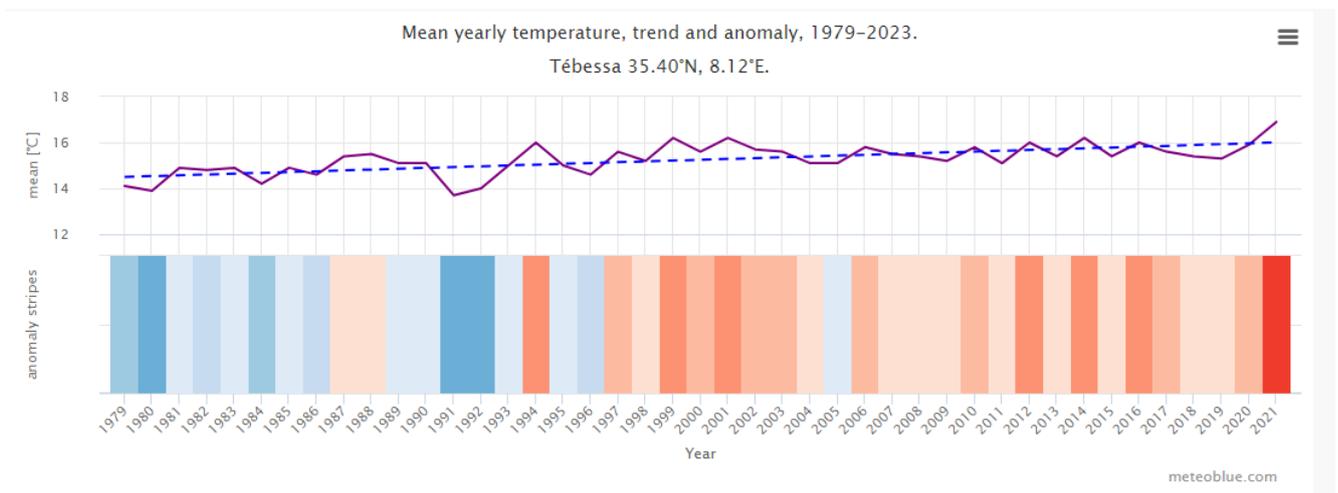


Figure 5: Histogramme présentant les températures de la région de Tébessa (Source: [https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climate modelled/Tébessa](https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climate%20modell%C3%A9/T%C3%A9bessa)).

B. Régimes des vents

Les vents dominants à Tébessa viennent du nord et du nord-ouest. Ces vents sont généralement secs et chauds, ce qui contribue à l'aridité de la région. Les vents sont généralement plus forts pendant les mois d'hiver, avec des rafales occasionnelles qui peuvent provoquer des tempêtes de sable et de poussière. Pendant les mois d'été, il peut y avoir des vents occasionnels du sud-est, qui peuvent apporter des températures légèrement plus fraîches et un peu de soulagement par rapport à la chaleur intense. Toutefois, ces vents ne sont généralement pas assez forts pour affecter de manière significative

les conditions météorologiques générales de la région. Dans l'ensemble, Tébessa connaît un climat sec et aride, avec très peu de précipitations et des vents dominants du Nord et du Nord-Ouest.

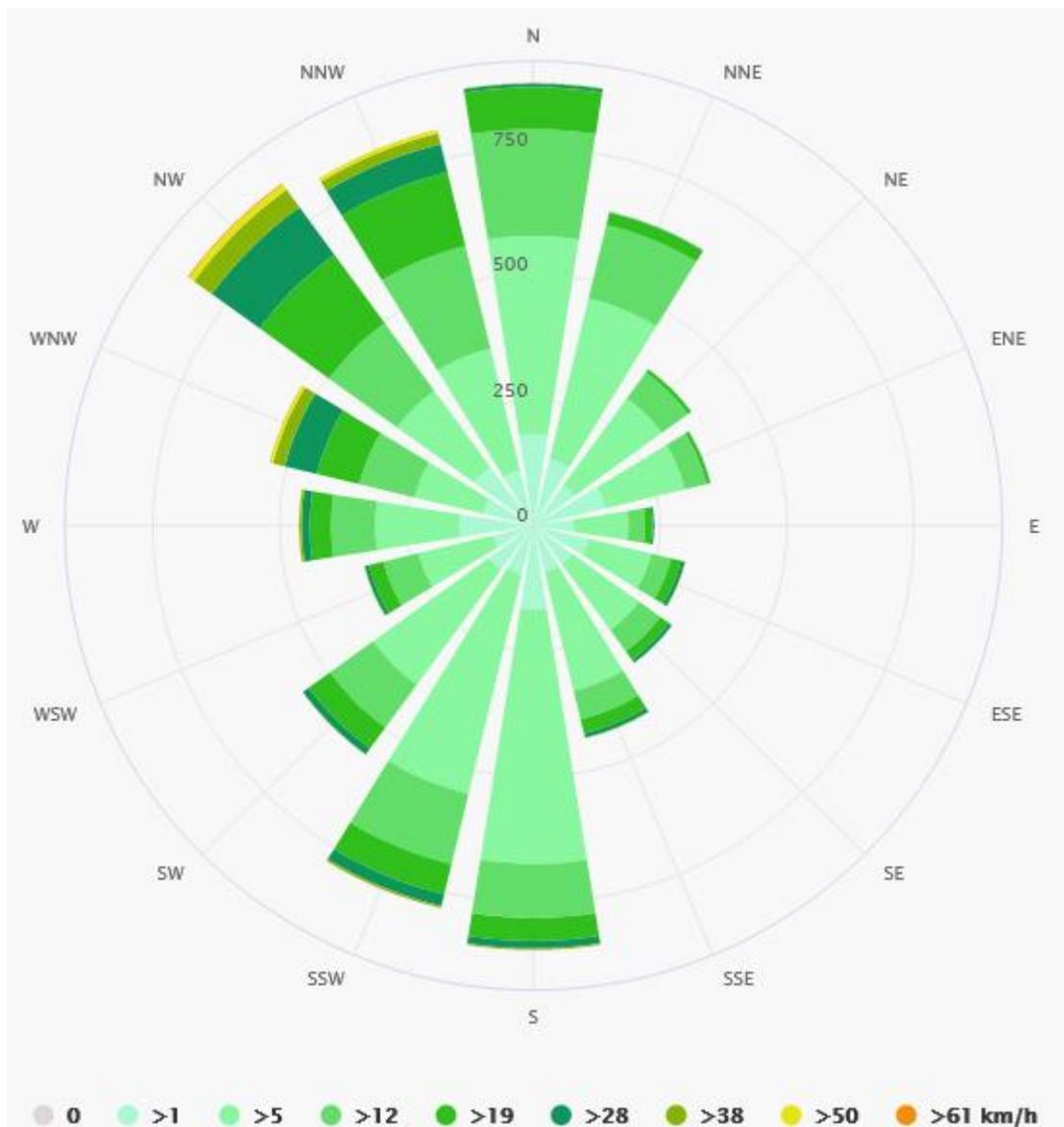


Figure 6: Rose des directions des vents dans la région d'étude.

CHAPITRE II
GÉOLOGIE RÉGIONALE ET
LOCALE

CHAPITRE II :GÉOLOGIE RÉGIONALE ET LOCALE

I. HISTORIQUE

Les premiers travaux sur la sédimentologie du dépôt miocène ont été menés par W. M. KOWALSKI et ses collaborateurs (1992-2002). Une synthèse sur la paléographie des sédiments miocènes de l'Atlas saharien oriental a été donnée par M. HAMMIMED en 2004. La sédimentologie et minéralogie du Mio-Pliocène du sillon de Sellaoua a été étudiée par A. DEGAICHIA en 2001. La sédimentologie et les paléoenvironnements du Pliocène du fossé d'effondrement de Tébessa ont été établis par A. DEGAICHIA (2014) et A. DEGAICHIA et R. LAOUAR (2013).

II. LITHOSTRATIGRAPHIE

Les formations du Miocène de la région d'étude (Garret er Remila, Ez Zguig) appartiennent au bassin d'El Ma Labiod.

1. Formations quaternaires

Le quaternaire de la zone de Tébessa est généralement indemne de l'effet tectonique, mais la variabilité périodique du climat et sa dégradation actuellement exercent une influence continue atteignant l'aspect morphologique de l'environnement géologique. Il faut noter que l'effet de la néotectonique est bien annoncé dans les formations quaternaires de Djebissa, lié à l'halocinèse du diapir triasique (A. DEGAICHIA et R. LAOUAR, 2013).

A. Quaternaire récent

On observe le dépôt des graviers, sables et limons gris du fond des vallées.

B. Alluvions anciennes

L'unité comprend des formations clastiques de nature et d'âge variables, qui sont en commun postérieures au Pliocène et antérieures éventuellement au Villafranchien.

C. Croûtes calcaires

Elles sont rapportées probablement au Villafranchien

2. Formations néogènes

A. Pliocène

Les gisements pliocènes comprennent des sables quartzeux et des argiles rougeâtres et des conglomérats polygéniques bien cimentés. Les strates couvrent principalement le calcaire éocène à la limite nord du fossé de Tébessa et le calcaire maastrichtien à la limite nord-est. Les environs du Djebel Djebissa sont riches en sables quartzeux pliocènes.

L'étude sédimentologique des dépôts du Pliocène de l'Atlas saharien oriental (A. DEGAICHIA et R. LAOUAR., 2013) a expliqué les modes de transport et de dépôt et les différents cycles sédimentaires qui ont successivement formé les dépôts continentaux de rubéfiés du Pliocène. Les conglomérats basaux du Pliocène se sont accumulés à la base des principaux reliefs du passé et témoignent de la présence de cônes alluviaux à débit variable. Ils ont évolué pour offrir des développements séquentiels progressifs, mis en évidence par l'installation de plaines alluviales riches en parties argileuses et sableuses. Ces plaines alluviales se sont progressivement drainées vers des deltas lacustres très individualisés. Vers la fin du Pliocène, une mégaséquence progressive s'est produite avec le dépôt de sédiments distaux riches en carbonates et de sédiments clastiques fins, indiquant le développement d'un environnement lacustre assez étendu, où la confluence de différents bassins marque le paysage du Pliocène (A. DEGAICHIA et R. LAOUAR., 2013).

B. Miocène

Les dépôts d'âge Miocène reposent en discordance sur les formations plus anciennes et forment leur couverture (A. DEGAICHIA 2001). Dans notre région d'étude, le Miocène est discordant sur les formations du Turonien.

a. Miocène supérieur

Au sud du col de Tenoukla affleure une série assez épaisse de marnes rouges continentales, parfois bigarrées.

b. Miocène moyen et inférieur

C'est une série grésopélique continentale épaisse transgressive sur toutes les formations antérieures caractérisées par un arrêt de sédimentation important et faisant le passage entre les séries plus anciennes du Langhien-Serravalien et celles du Tortonien en haut de la croûte ferro-siliceuse (M. KOWALSKI et ses collaborateurs).

3. Formations nummulitiques

A. Lutétien et Yprésien

C'est des calcaires massifs à silex en bancs épais, de 50 à 60m de puissance, renfermant des Nummulites caractéristiques de cet étage.

B. Thanétien

C'est des marnes et calcaires marneux à silex renfermant plusieurs niveaux phosphatés où les dents de squales sont présentes.

C. Dano-Selandien et Maastrichtien supérieur

C'est une série gypseuse et parfois pyriteuse puissante de 300m de marnes noires à jaunâtres, à rares petits bancs marno-calcaires. Les datations ont été effectuées par L. Pervinquière et ont montré que la base appartenait au Maastrichtien supérieur et le milieu au Danien.

4. Formations du Crétacé

A. Maastrichtien

Il est formé par une assise très constante et homogène dans toute la région, comprenant 80m environs de calcaires blancs massifs, bien lités et sonores, à nombreuses empreintes d'Inocérames. La base du Maastrichtien est formée par des marnes grises souvent masquées par des éboulis au pied des reliefs formés par l'assise précédente. L'épaisseur est d'une trentaine de mètres.

B. Campanien

C'est des calcaires marneux blancs et crayeux avec la présence d'une microfaune bien campanienne. Les marno-calcaire, très feuilletés, contiennent des empreintes de poissons et surtout d'Ammonites.

C. Coniacien-Santonien

C'est une série épaisse (250m) et monotone de marnes noires ou vertes admettent à la partie supérieure des niveaux plus calcaireux. On note la présence de nombreux microfossiles et macro fossiles surtout dans la partie inférieure.

D. Turonien

La Turonien supérieure est une formation épaisse de 150m, comprend de haut en bas des marnes noires gypsifères, des marno-calcaires en plaquettes vers la base et un banc de calcaire à lumachelles fossilifère. La partie médiane considérée par une assise massive (80 à 100m) de calcaires beiges ou

roses, et de dolomies ou de calcaires dolomitiques bioclastiques, dans la partie inférieure on trouve des calcaires marneux mais dans la partie supérieure apparaissent des rognons de silex. Les calcaires massifs ont un caractère récifal à Hippurites. Le Turonien inférieur est une assise très constante de marnes et de marno-calcaires en plaquettes.

E. Cénomanién

Des marnes jaunes (200m) avec quatre ou cinq bancs de calcaires durs intercalés, et des lumachelles, la faune est très abondante indiquant le Cénomanién moyen est caractérisé par une série très épaisse de marnes grises azoïques avec quelques bancs de lumachelles à la base (200m). le Cénomanién inférieur est représenté de haut en bas par des marnes jaunes à gypse avec quelques minces (60 à 80m) de lumachelles et de marnes noires épaisses.

F. Vraconién-Albién

C'est un ensemble de calcaires et marno-calcaires gris en plaquettes et des marnes bruns interrompent son homogénéité. Les empreintes d'Ammonites et de Bélemnites sont fréquentes. L'Albién inférieur (60m) est caractérisé par l'alternance de bancs de calcaires bruns avec un banc de calcaire à Rudistes et des marnes jaunes au sommet, à ammonites pyriteuses. Le Clanaséysien (90m) est une série de bancs massifs gris à débris d'Huitres et Oolithes avec des zones tendres renferment une faune du groupe Parahoplites sp.

G. Aptien

L'Aptien supérieur (70m) présenté par des calcaires massifs gris ou roux avec quelques mètres d'intercalations, de marne et de marno-calcaire. Comme microfaune, les Orbitolines sont très fréquentes. L'Aptien inférieur et moyen (400m) est caractérisé par la présence de calcaires massifs avec la présence locale des Oolithes ferrugineuses et des dolomies. Les Orbitolines sont très abondantes, quelques Rudistes dans les intercalations de calcaires rogneux. Au sommet dans des calcaires en petit bancs se trouvent des Echinides, et quelques Lamellibranches et des moules de Gastéropodes.

5. Trias

C'est la formation la plus ancienne, caractérisée par sa couleur rouge lie de vin et elle comprend des argiles bariolées et des calcaires dolomitiques roux. Le Trias affleure dans la zone sud de la plaine de Tébessa en diapir percent l'anticlinal du Djebel Djebissa.

6. La tectonique de la région

L'Atlas saharien oriental est un sillon subsident structuré depuis le Crétacé inférieur (Dubourdiou, 1956 ; Masse et Chikhi-Aouimeur, 1982). Il est localisé entre la plate-forme saharienne, réputée stable au sud, et l'Atlas tellien sujet d'une tectonique plus ou moins intense au nord (A. DEGAICHIA et R. LAOUAR., 2013).

La région de Tébessa est caractérisée par une succession des phases tectoniques distensives et compressives. La tectonique distensive d'âge crétacé-éocène est responsable de la formation d'un bassin subsident, où les dépôts oscillent fréquemment entre des faciès néritiques et des faciès deltaïques, ou même franchement continentaux. La tectonique compressive de l'Éocène terminal (phase fini-lutétienne et priabonienne), avec une contrainte maximale de direction NW-SE est responsable des plissements appartenant à la phase atlasique (Dubourdiou, 1956 ; Thibièroz et Madre, 1976 ; Rouvier et al., 1985 ; Othmanine, 1987 ; Perthuisot et al., 1988 ; Aoudjehane et al., 1995 ; Kowalski et Hamimed, 2000), (A. DEGAICHIA et R. LAOUAR., 2013)..

La phase tectonique du Pliocène inférieur est responsable des plis orientés W-E ; elle est développée dans la zone de Tébessa (Durozoy, 1956 ; Zerdazi, 1990). Cette phase a transformé les directions atlasiques en créant de nouvelles structures, comme l'anticlinal de Bled Tebaga, le synclinal de Draa Snouber, l'anticlinal de Bir Salem et les anticlinaux de Dj. Kechrid, Dj. Sif Bou Roumane, Dj. Khorza, Dj. Tella et Dj. Anoual, qui ont conservé certaines directions structurales de la phase atlasique, visible dans la structure compliquée du Dj. Bou Roumane (A. DEGAICHIA et R. LAOUAR., 2013).

Le plissement du Pliocène inférieur de Dj. Kechrid a facilité l'apparition des séries basales du Miocène aux limites du bassin d'El Ma Labiod, près de Mechta ben Falia et Aïoun el Ksob. Le stade distensif de cette phase a provoqué l'effondrement du fossé de Foussana, avec l'effondrement partiel de l'anticlinal de Dj. Kechrid. L'effondrement du fossé de Foussana était, probablement, contemporain de l'effondrement du fossé de Morsott et il précédait l'effondrement du fossé de Tébessa. La phase distensive du Pliocène supérieur a facilité le diapirisme de Dj. Djebissa et elle est bien connue en Tunisie où de nombreux travaux l'ont mise en évidence (Laatar, 1980 ; Smati, 1986 ; Chikhaoui, 1988 ; Hatira, 1988 ; Perthuisot et al., 1988), (A. DEGAICHIA et R. LAOUAR., 2013).

CHAPITRE III
PÉTROGRAPHIE

CHAPITRE III : PÉTROGRAPHIE

I. INTRODUCTION

Les analyses pétrographiques effectuées sur les sédiments du Néogène apportent des renseignements sur l'origine du matériel détritique, sur les conditions de son transport et sur les caractéristiques du milieu de dépôt.

II. ANALYSE CHIMICO-PONDÉRALE

L'analyse chimico-pondérale est exposée par J. Bourcart (1941) et L. Berthois (1975). Le principe consiste à peser quelques grammes de l'échantillon complet et de l'attaquer dans un bécher (préalablement taré) avec de l'HCL dilué au 1/10 en quantité indéterminée. On fait chauffer quelques minutes de façon à favoriser l'attaque et la destruction des carbonates y compris les dolomites, puis on lave avec de l'eau distillée. On laisse décanter et après dessèchement dans l'étuve, on pèse le bécher avec le résidu sec. Après la déduction du poids des carbonates, on procède à un tamisage humide sous un filet d'eau abondant, en utilisant des tamis à mailles décroissantes afin d'estimer les pourcentages des argiles et des sables (A. DEGAICHIA., 2014)

La position systématique des échantillons étudiés est présentée sur le diagramme triangulaire d'A. Vatan qui se propose pour établir une classification descriptive afin de déterminer la nomenclature exacte des roches sédimentaires. D'autres classifications descriptives ont été adoptées par : J. Czerminski (1955), F. J. Pettijohn et al., (1972), etc., (A. DEGAICHIA., 2014)

A. Selon la systématique de A. Vatan (1967)

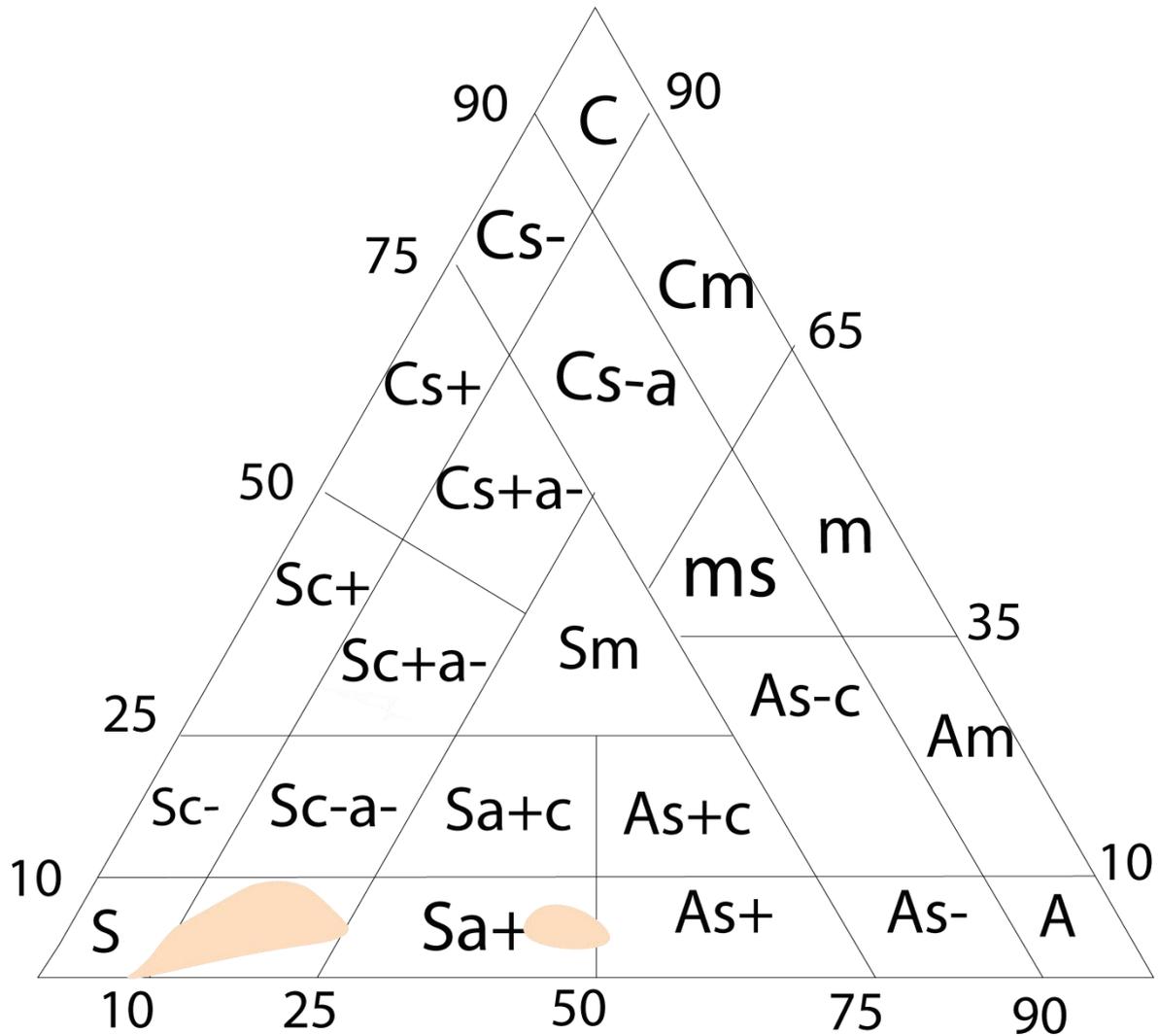


Figure 7: Classification triangulaire de Sable, Argile et Carbonate des échantillons de la coupe de Garret er Remila (d'après A. VATAN, 1967)

Légende :

S : Sable ; A : Argile ; C: Carbonate ; m: marnes ; + : beaucoup ; - : peu.

III. DISCUSSION ET INTERPRETATION DES ANALYSES PÉTROGRAPHIQUES

D'après la systématique de A. Vatan qui nous renseigne sur la répartition des pourcentages des sables, argiles et carbonates dans les sédiments de la coupe échantillonnées, on peut déduire ce qui suit :

Les sédiments de la coupe de Garret er Remila sont caractérisés par l'abondance des sables argileux (plus ou moins), aussi par niveaux de sables quartzeux surtout au sommet.

Tableau 2: Les résultats de l'analyse chimico-pondérale des échantillons.

N° D'éch	Poids initiale(g)	Poids final(g)	sable(g)	argile(g)	carbonate(g)	sable(%)	argile(%)	carbonate(%)	Nomenclature selon A. Vatan,1967
1	10	9,9	7,1	2,8	0,1	71	28	1	Sable
2	10	10	7,5	2,5	0	75	25	0	Sable -argileux
3	10	9,9	7,9	2	0,1	79	20	1	Sable- argileux
4	10	9,7	5	4,7	0,3	50	47	3	Sable+ argileux
5	10	9,6	7,7	1,9	0,4	77	19	4	Sable -argileux
6	10	9,5	5,1	4,4	0,5	51	44	5	Sable+argileux
7	10	9,8	8,2	1,6	0,2	82	16	2	Sable
8	10	9,7	4,9	4,8	0,3	49	48	3	Sable+argileux
9	10	9,7	5,2	4,5	0,3	52	45	3	Sable+argileux
10	10	9,9	7	2,9	0,1	70	29	1	Sable-argileux
11	10	9,8	4,8	5	0,2	48	50	2	Sable+argileux
12	10	9,9	6,4	3,5	0,1	64	35	1	Sable-argileux
13	10	10	7,3	2,7	0	73	27	0	Sable-argileux
14	10	9,7	4,8	4,9	0,3	48	49	3	Sable+argileux
15	10	10	7,5	2,5	0	75	25	0	Sable-argileux
16	10	9,8	7,5	2,3	0,2	75	23	2	Sable-argileux
16a	10	9,3	3,8	5,5	0,7	38	55	7	Sable+argileux
17	10	9,9	8,2	1,7	0,1	82	17	1	Sable-argileux
18	10	9,9	7,7	2,2	0,1	77	22	1	Sable-argileux
19	10	10	7,1	2,9	0	71	29	0	Sable-argileux
20	10	10	7,7	2,2	0,1	77	22	1	Sable-argileux
21	10	10	6,4	3,6	0	64	36	0	Sable-argileux
22	10	9,8	5,7	4,1	0,2	57	41	2	Sable-argileux
23	10	10	8,2	1,7	0,1	82	17	1	Sable
Encroustement ferrifère									
24	10	9,8	7,9	1,9	0,2	79	19	2	Sable
25	Croute ferrifère sur sable gréseux								
26	10	9,8	6,9	2,9	0,2	69	29	2	Sable-argileux
27	10	9,9	8,2	1,7	0,1	82	17	1	Sable
28	10	10	7,9	2,1	0	79	21	0	Sable-argileux
29	Couche épaisse de marne								

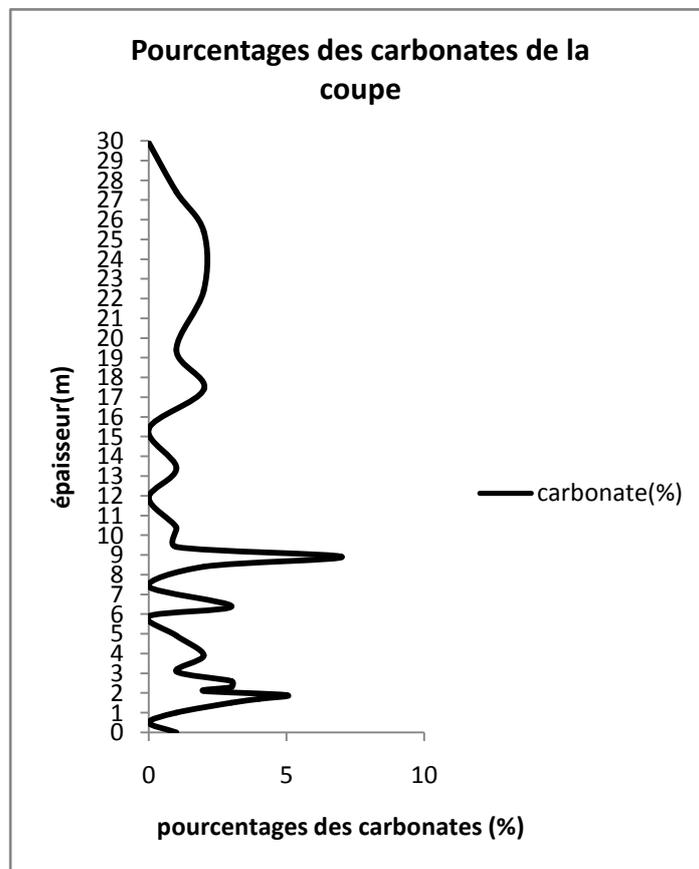
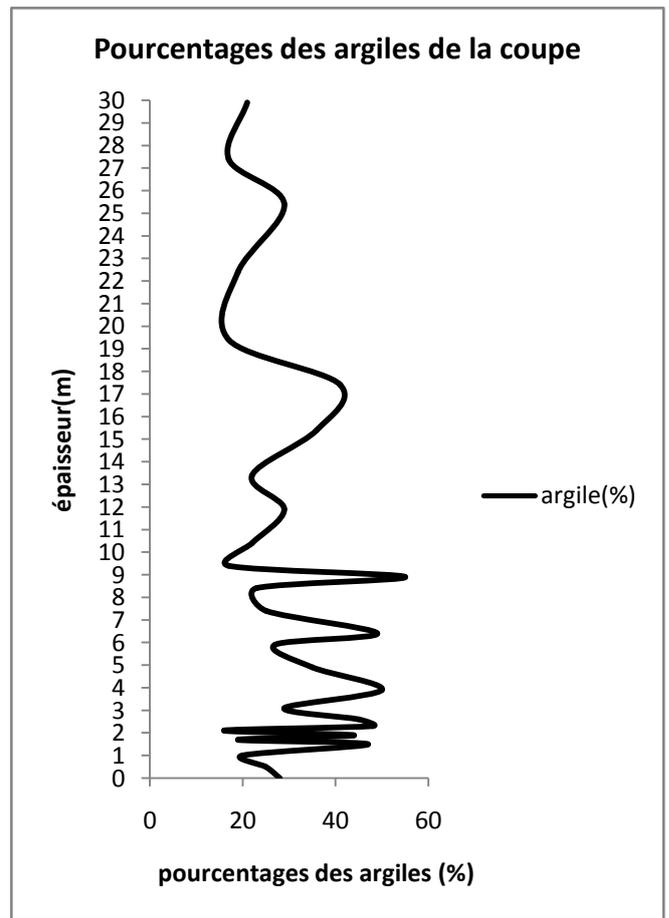
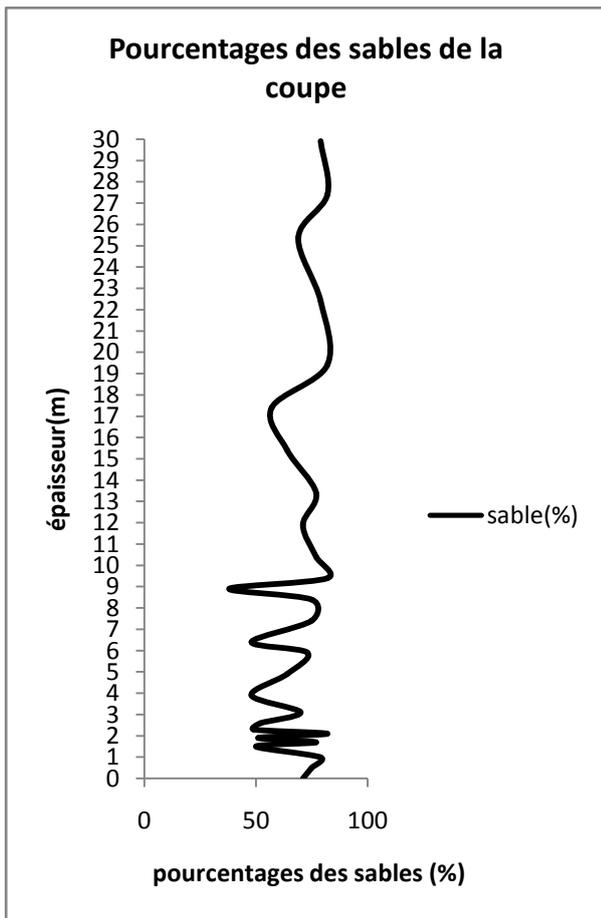


Figure 8: Évolution des taux des sables, argiles et carbonates de Garret er Remila.

A. Discussion des résultats

Les sédiments fins pratiquement riches en argiles sont présents à la base de la coupe étudiée avec un pourcentage de 28% et 71% de sable, tandis que le taux des carbonates est de l'ordre de 1%. Au sommet de la coupe, le taux des sables devient important en atteignant 79%, avec un pourcentage plus ou moins important d'argile 21%.

IV. CALCIMÉTRIE

A. Principe

Cette méthode gazométrique réalisée par le calcimètre de Bernard (Fig.11) consiste à estimer le pourcentage de CaCO_3 contenu dans une roche en fonction du volume de CO_2 dégagé dans un tube manométrique, après l'attaque de la roche à l'acide chlorhydrique. Il est recommandé de remplir la burette graduée par de l'eau saturée en NaCl qui dissout peu le dioxyde de carbonate.

B. Appareillage

Une ampoule ;

Tube de vert gradué ;

Mortier ;

HCl à 30% ;

Une balance à 0.1g de précision ;

Pince ;

RNML (bécher) .

C. Mode opératoire

Estimer par un essai préalable d'effervescence la teneur en carbonates:

- ✓ Si le dégagement de CO_2 est fort, on pèse 0.2- 0.5g de l'échantillon;
- ✓ Si dégagement de CO_2 est moyen, on pèse 0.5-0.9g de l'échantillon;
- ✓ Si dégagement de CO_2 est faible, on pèse 1 g de l'échantillon.

Préparer une solution saturée de NaCl (environ 3/4 de litre) et la verser jusqu'à mi hauteur de l'ampoule ;

Introduire la pesée dans l'erenmeyer ;

Remplir de petite tube de verre avec de l'HCL à 30 % ;

Introduire le petit tube dans l'erenmeyer avec la pince.

Amener au même niveau le liquide du tube gradué et de l'ampoule, en abaissant plus ou celle-ci, et noter la graduation G1.

Basculer l'érlenmeyer en le tenant par le bouchon pour renverser le tube à hémolyse;

Agiter et après poser l'erenmeyer et laisser la réaction se poursuivre :



Pendant ce temps, le gaz a refoulé l'eau du tube vers l'ampoule ;

Quand la réaction est terminée, lire sur la burette graduée à quelle division s'est arrêtée le liquide, et note le volume, soit G2. Le volume du gaz dégagé est: G2-G1.

Le CO2 dégagé est maintenant à la pression atmosphérique : on peut faire la mesure.

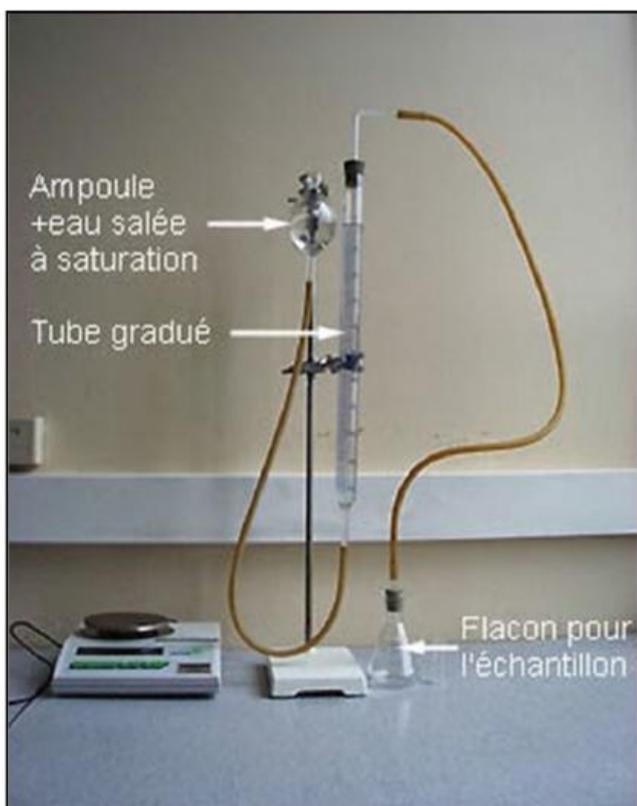


Figure 9: Calcimètre de BERNARD



Figure 10: Ampoule + eau salée à saturation

Tableau 3: Représentation des taux des carbonates de calcium.

Nombre de l'échantillon	La masse de l'échantillon M(g)	Niveau initial(ml) Ni	Niveau final(ml) NF	Volume(ml) de Co ₂ , V _{co2} =(Nf-Ni)	Masse de CaCo ₃ (g)	Le taux carbonate de calcium(%)
1	1	6	6,5	0,5	0,002	0,22
2	1	6	7,5	1,5	0,007	0,67
3	1	5	5,5	0,5	0,002	0,22
4	1	3,5	8	4,5	0,020	2,01
5	1	5,5	6	0,5	0,002	0,22
6	1	5	8	3	0,013	1,34
7	1	5	5	0	0,000	0,00
8	1	4,5	9,5	5	0,022	2,23
9	1	2,5	18	15,5	0,069	6,92
10	1	5	5,5	0,5	0,002	0,22
11	1	3	9	6	0,027	2,68
12	1	5	5,5	0,5	0,002	0,22
13	1	6	6,5	0,5	0,002	0,22
14	1	5,5	8	2,5	0,011	1,12
15	1	5,5	6	0,5	0,002	0,22
16	1	5,5	6,5	1	0,004	0,45
16a	1	3,5	10	6,5	0,029	2,90
17	1	5	6,5	1,5	0,007	0,67
18	1	5,5	5,5	0	0,000	0,00
19	1	5,5	5,5	0	0,000	0,00
20	1	5	6	1	0,004	0,45
21	1	6,5	6,5	0	0,000	0,00
22	1	6	6	0	0,000	0,00
23	1	5	6	1	0,004	0,45
24	1	5	5,5	0,5	0,002	0,22
25	1	5	6,5	1,5	0,007	0,67
26	1	5	5	0	0,000	0,00
27	1	5,5	6	0,5	0,002	0,22
28	1	2,5	7,5	5	0,022	2,23
29	1	5,5	8,5	3	0,013	1,34

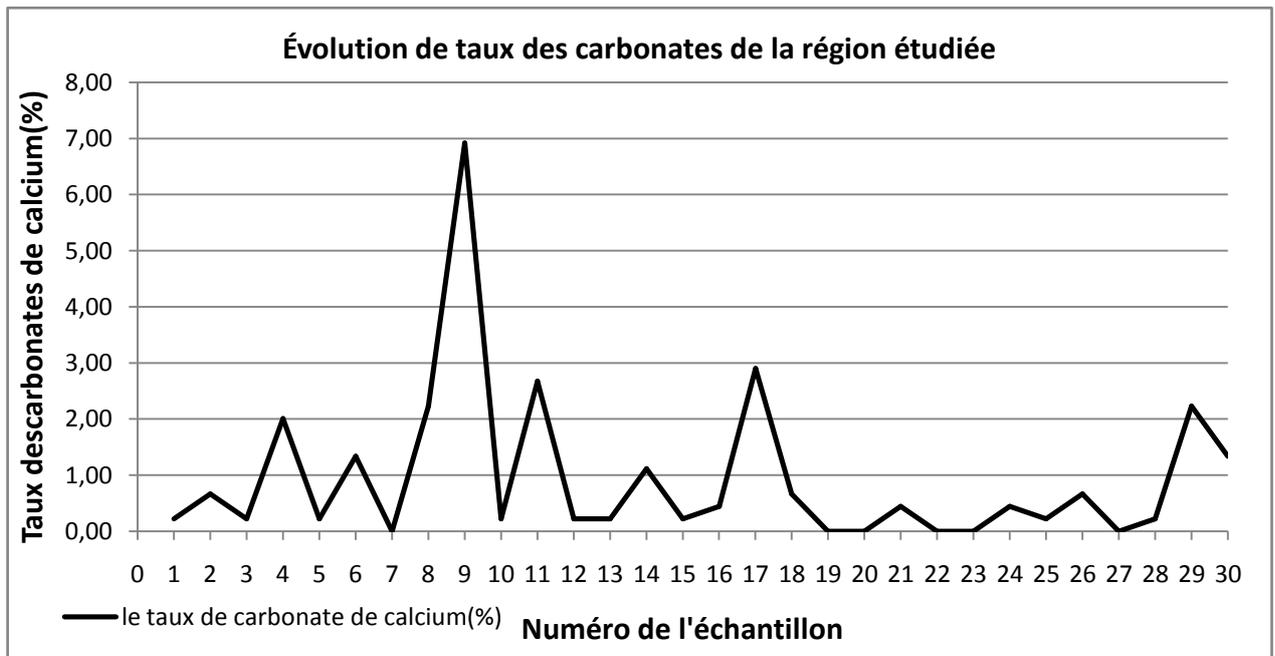


Figure 11: Évolution des taux des carbonates de calcium de la région d'étude.

D. Discussion des résultats de l'analyse calcimétrique

On observe qu'il y a un très faible pourcentage de taux des carbonates compris entre 0% et 2.90%, sauf de l'échantillon 9 qui a une réponse positive avec un pourcentage égale à 6.92%.

CHAPITRE IV
SÉDIMENTOLOGIE

CHAPITRE IV SÉDIMENTOLOGIE

I. INTRODUCTION

Les particules sédimentaires se déposent dans des différents environnements et peuvent provenir de diverses sources. Les sédiments détritiques sont soumis à l'analyse granulométrique pour mesurer et caractériser les différentes dimensions des particules présentes dans les échantillons. Les protocoles utilisés dans l'analyse granulométrique sont liés à la nature et la taille des sédiments. Le tamisage à sec est généralement utilisé pour les sables propres.

L'état de la surface des grains de sable présentent une archive des évènements sédimentaires, tels que la nature des agents porteur et les mécanismes de formation ainsi que les processus de transport et l'altération. Les analyses morphoscopiques sont utiles pour connaître les différents évènements sédimentaires et déduire les paléoenvironnements.

Dans l'objectif de bien comprendre l'évolution granulométrique et morphoscopique des sables du Miocène de Garret er Remila, Ez Zguig, plusieurs graphiques ont été établis et des paramètres granulométriques étaient calculés.

II. CARACTÉRISATION DU MILIEUX DE DEPOTS

A. Procèdes de détermination des sédiments du Miocène

1. Échantillonnage

L'échantillonnage a été effectué en février 2023, et a été réalisé de manière réfléchi et répond aux objectifs visés. On a bien respecté l'espacement en fonction des changements de faciès entre les échantillons. Fraîcheur (propreté), représentativité et détermination (identification) sont les trois contraintes qui ont guidé notre échantillonnage. Ce dernier a abouti à 30 échantillons répartis sur une seule coupe.

2. Techniques d'échantillonnage et méthodes d'études au laboratoire

Les échantillons sont sélectionnés au fur et à mesure que nous marchons sur le tracé de la coupe (de la base vers le sommet), prenant en considération les changements visibles dans les couches: faciès, structure, texture et la composition minéralogique. Le nombre des échantillons devrait satisfaire à une lecture fidèle de l'agencement séquentiel du dépôt et son évolution spatiale.

Les échantillons prélevés représentent des sédiments détritiques meubles et parfois consolidés mais très friable. On a observé une intercalation entre les sables et les marnes et un niveau d'encroutement

ferrifère, pour cela on a préconisé de recueillir environ 300 grammes de l'échantillon, desquels il faudra extraire une centaine de grammes pour l'analyse granulométrique.

La pesée de chaque résidu est opérée à l'aide d'une balance automatique permettant d'obtenir une précision rationnelle de 0.1g. Pour trouver un compromis entre le broyage des grains et le tamisage de ceux-ci, on a opté pour une durée de temps de tamisage fixée à 10 minutes. Au cours de l'exécution des tamisages, les résidus pesés sont examinés séparément, afin de mettre en évidence toutes les variétés lithologiques et minéralogiques présentes. Le calcul des différents paramètres granulométriques a été réalisé à l'aide d'un programme sous Excel (A .DEGAICHIA 2001). Les paramètres granulométriques sont calculés selon la méthode de Folk & Ward (1957), et sont exprimés en phi (\emptyset).

Les échantillons sont séchés à l'air libre, puis à l'étuve à 80°C chaque 15 minutes. Dans le laboratoire de l'Université de Cheikh Larbi Tebessi ,Tébessa, on a utilisé une série de 17 tamis dans lesquels les dimensions des mailles varient suivant une progression géométrique décroissante, confectionnée selon le système français de normalisation granulométrique (AFNOR). Ces tamis étaient à l'aide d'une tamiseuse électrique, recommandé par les comités de normalisation. Lorsque l'on tamise, on classe les grains d'après leur diamètre et les fréquences des grains d'une classe déterminée sont évaluées en pesant les fractions retenues sur les tamis successifs (A. DEGAICHIA 2001).

B. Analyse sédimentologique de la coupe étudiée

1. Description de la coupe échantillonnée

La coupe étudiée a donné 30 échantillons, ce sont des formations du Miocène. Elle est caractérisée par une intercalation de sable marneux, avec différentes couleurs de sable (blanchâtre et beigeâtre). On observe aussi un encroutement ferrifère dans une couche calcaireuse et un autre sur du sable gréseux, avec une couche épaisse vers le sommet de la marne crétaée.

Tableau 4: Description de la coupe de Garet er Remila

N° de l'échantillon	Épaisseur cumulée (m)
1	Base
2	0.5
3	1
4	1.5
5	1.7
6	1.9
7	2.1
8	2.3
9	2.6
10	3.1
11	3.9
12	4.9
13	5.9
14	6.4
15	7.4
16	8.4
16a	8.9
17	9.4
18	10.4
19	11.9
20	13.4
21	15.4
22	17.4
23	19.4
24	22.4
26	25.4
27	27.4
28	29.9



Niveau marneux

Encroustement ferrifère : croute calcaire

Intercalation sable marneux : des sables blanchâtres à stratification et granoclassement avec des marnes verdâtres

Figure 12: Description de la coupe de Garet er Remila

2. Description des échantillons récoltés

Tableau 5:Description des échantillons de la zone d'étude.

n° de l'échantillon	Observation					
	à l'œil nu		à la loupe binoculaire			
	couleur	dureté	fossile	quartz	gypses et carbonates	Oxydes
1	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
2	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
3	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
4	blanchâtre et verdâtre	peu consolidé	-	+	+	+
5	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
6	beigeâtre et rougeâtre	peu consolidé	-	+	+	+
7	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
8	beigeâtre et rougeâtre	peu consolidé	-	+	+	+
9	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
10	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
11	beigeâtre et rougeâtre	peu consolidé	-	+	+	+
12	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
13	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
14	beigeâtre et rougeâtre	peu consolidé	-	+	+	+
15	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
16	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
16a	beigeâtre et rougeâtre	peu consolidé	-	+	+	+
17	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
18	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
19	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
20	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
21	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
22	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
23	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
Encroûtement ferrifère						
24	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
25	Croûte ferrifère sur sable gréseux					
26	blanchâtre	assez friable	-	+	+	+
27	beigeâtre	assez friable	-	+	+	+
28	beigeâtre	assez friable	-	+	+	+
29	Couche épaisse de marne					

3. Détermination lithologique et morphoscopique des grains

La détermination lithologique des échantillons à la loupe binoculaire était à grossissement, généralement, x50. Ces échantillons sont constitués de grains lithologiquement hétérogènes, où on observe un grand pourcentage de quartz avec d'autres particules dites « accessoires » tels que, les oxydes de fer et des gypses.

En se référant à l'échelle de A. CAILLEUX (1969) pour l'appréciation du degré d'usure des particules sédimentaires, on peut comparer facilement les échantillons étudiés aux figures géométriques standards. Au cours de l'analyse granulométrique, chaque résidu de tamisage est placé indépendamment des autres et chaque classe granulométrique est représentée par un résidu. Ce dernier est observé à la loupe binoculaire sur un fond noir/blanc qui fait ressortir le contour des grains. D'après les résultats de comptage et des déterminations morphoscopique et minéralogiques sur 100 grains de chaque échantillon, à la loupe binoculaire, on a pu mettre en évidence la prédominance des subémoussés luisants (A. DEGAICHIA, 2001, A. DEGAICHIA et N. SALHI, 2013, A. DEGAICHIA, 2014, S. GUERFI, 2016).

Les sables traités à l'acide chlorhydrique puis à l'eau oxygénée, pour éliminer les carbonates et la matière organique, ont été séparés selon quatre fractions granulométriques. Ceci dans le but de réaliser les différentes analyses sédimentologiques :

FS de 2 à 0,5 mm;

F I: 0,5 à 0,315 mm;

F II : 0.315 à 0,16 mm;

F III: 0,16 à 0,04 mm.

Ce protocole d'étude morphoscopique, mis au point par Cailleux et Tricart (1959), est appliqué aux grains de quartz de la fraction F I. La morphoscopie est réalisée à l'aide d'une loupe binoculaire, et son principe consiste à examiner la forme et l'aspect des grains de quartz. Elle apporte des renseignements sur le mode de transport de ces grains. On peut distinguer la prédominance des sables subémoussés luisants. Les autres types classiques (EL , SEM , EM) sont présents mais avec des pourcentages dérisoires.

a. Degré d'usure

Les grains subémoussés sont les plus abondants en présence de 76% et 70% avec une légère différence avec les grains émoussés de pourcentage 74% et 64%. Les grains non usés sont moins abondants avec des pourcentages qui ne dépassent pas 30%.

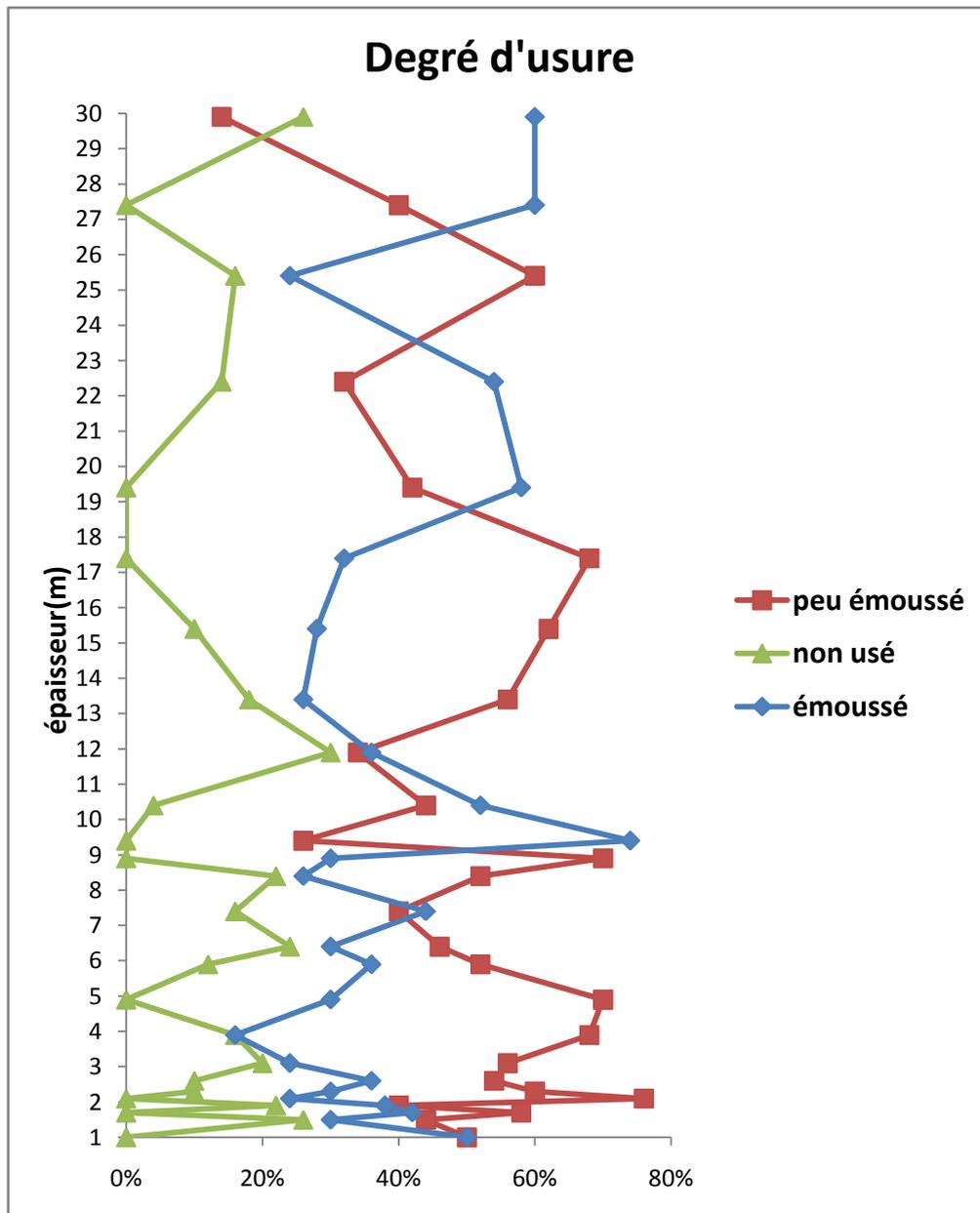


Figure 13: Évolution du degré d'usure des grains de sables Garret er Remila.

b. Degré d'arrondi

On distingue que les pourcentages des grains suballongés / subarrondis sont compris entre 42% et 88%, donc ce sont les grains les plus abondants dans les échantillons, au contraire les grains allongés sont moins abondants avec des pourcentages entre 0% et 20%. Les grains arrondis sont moyennement abondants en présence de 8% à 50%.

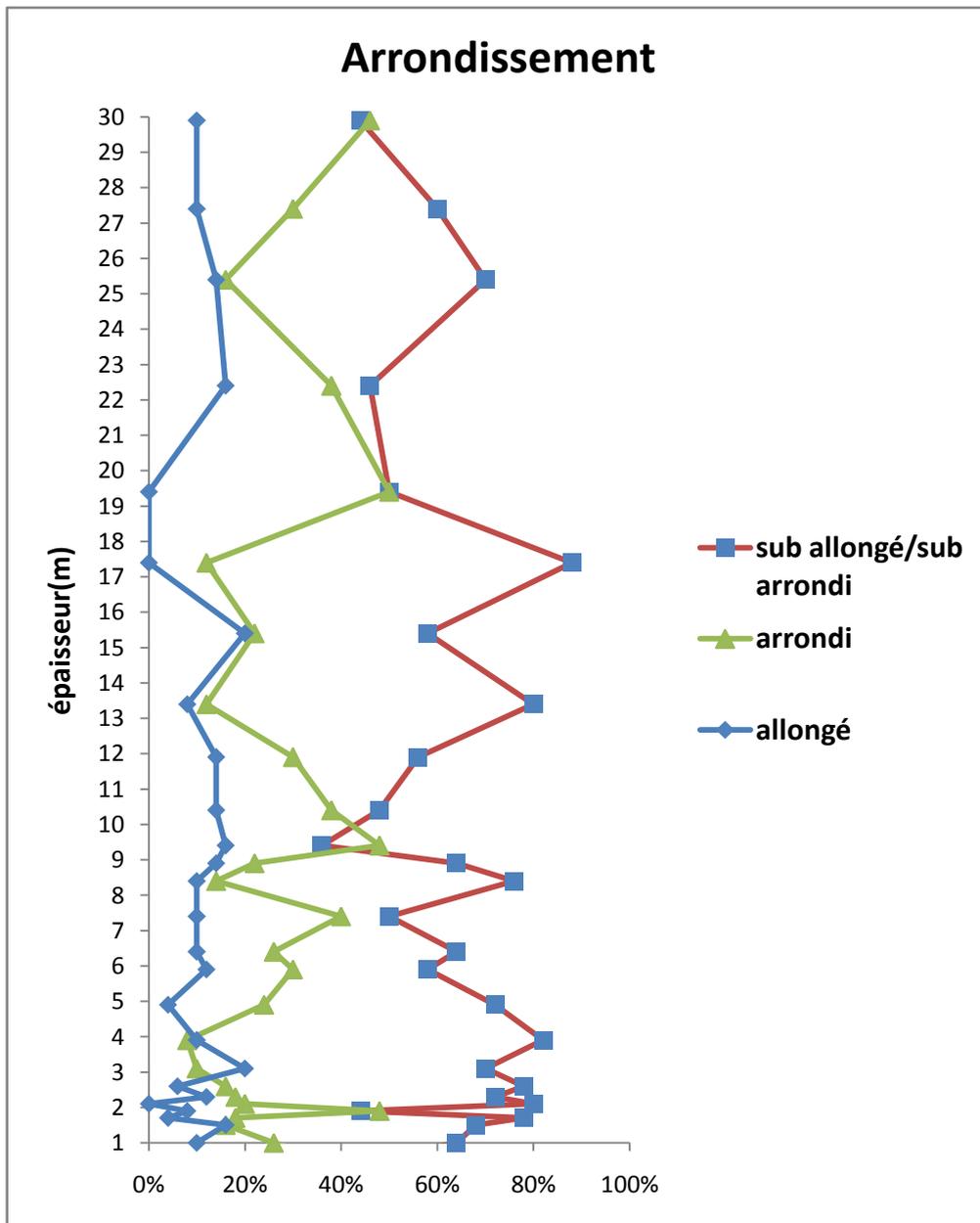


Figure 14: Évolution du degré d'arrondi des grains de sable Garret er Remila

c. État de la surface

La majorité des grains de sable ont un aspect luisant avec des pourcentages entre 52% et 100%, et les grains mats sont moins abondants avec des pourcentages entre 0% et 48%.

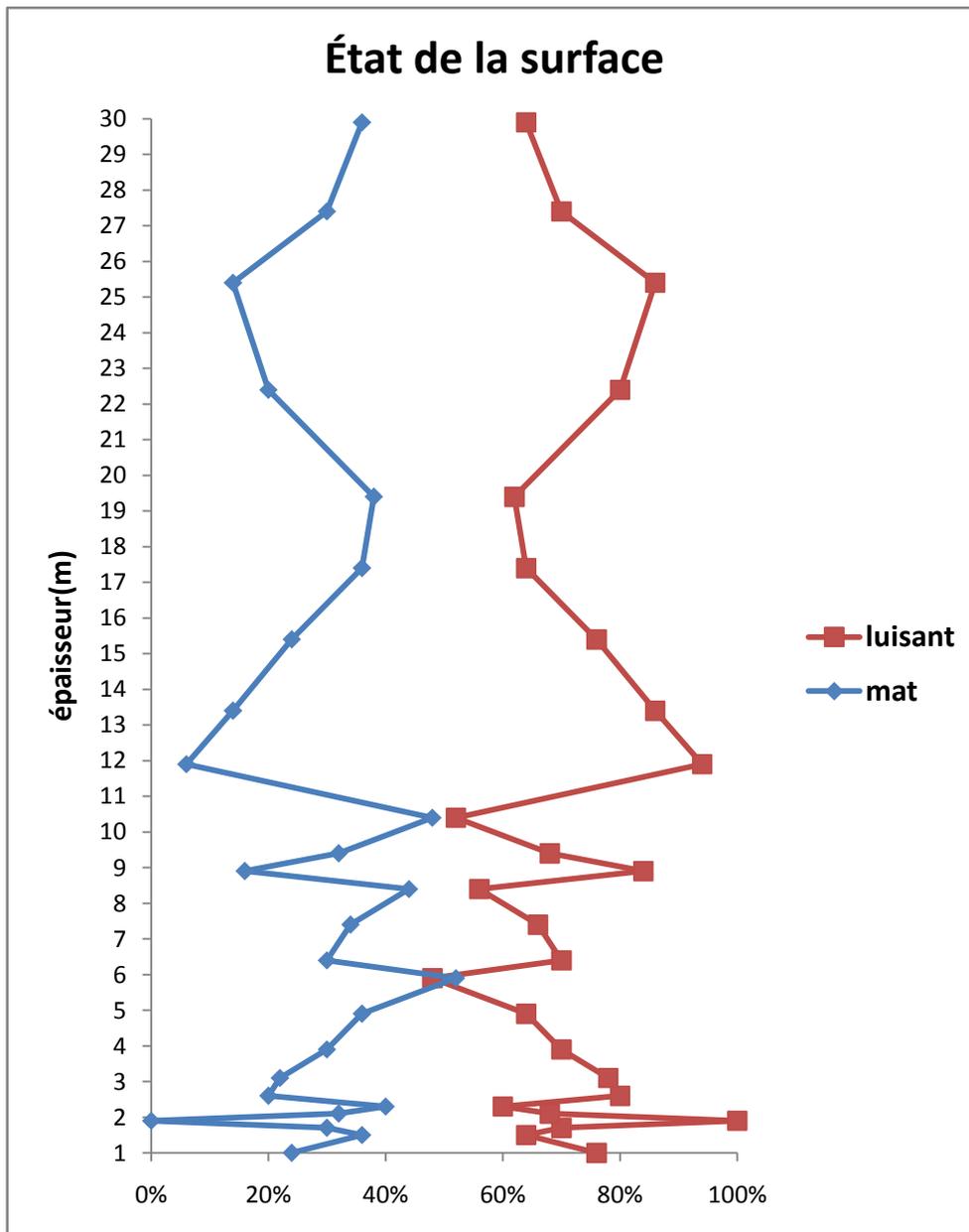


Figure 15: Évolution de l'état de la surface des grains de sable Garret et Remila.

Tableau 6: Analyses morphoscopiques des grains des échantillons de la coupe de la zone d'étude.

N° d'échantillon	Degré d'usure			Degré d'arrondi		Aspect de surface	
	Non usé	Peu émoussé	Émoussé	allongé	sub allongé/sub arrondi	Luisant	Mat
1	0	36%	64%	8%	42%	78%	22%
2	0	50%	50%	14%	46%	80%	20%
3	0	50%	50%	10%	64%	76%	24%
4	26%	44%	30%	16%	68%	64%	36%
5	0	58%	42%	4%	78%	70%	30%
6	22%	40%	38%	8%	44%	100%	0
7	0	76%	24%	0	80%	68%	32%
8	10%	60%	30%	12%	72%	60%	40%
9	10%	54%	36%	6%	78%	80%	20%
10	20%	56%	24%	20%	70%	78%	22%
11	16%	68%	16%	10%	82%	70%	30%
12	0	70%	30%	4%	72%	64%	36%
13	12%	52%	36%	12%	58%	48%	52%
14	24%	46%	30%	10%	64%	70%	30%
15	16%	40%	44%	10%	50%	66%	34%
16	22%	52%	26%	10%	76%	56%	44%
16a	0	70%	30%	14%	64%	84%	16%
17	0	26%	74%	16%	36%	68%	32%
18	4%	44%	52%	14%	48%	52%	48%
19	30%	34%	36%	14%	56%	94%	6%
20	18%	56%	26%	8%	80%	86%	14%
21	10%	62%	28%	20%	58%	76%	24%
22	0	68%	32%	0	88%	64%	36%
23	0	42%	58%	0	50%	62%	38%
24	14%	32%	54%	16%	46%	80%	20%
26	16%	60%	24%	14%	70%	86%	14%
27	0	40%	60%	10%	60%	70%	30%
28	26%	14%	60%	10%	44%	64%	36%

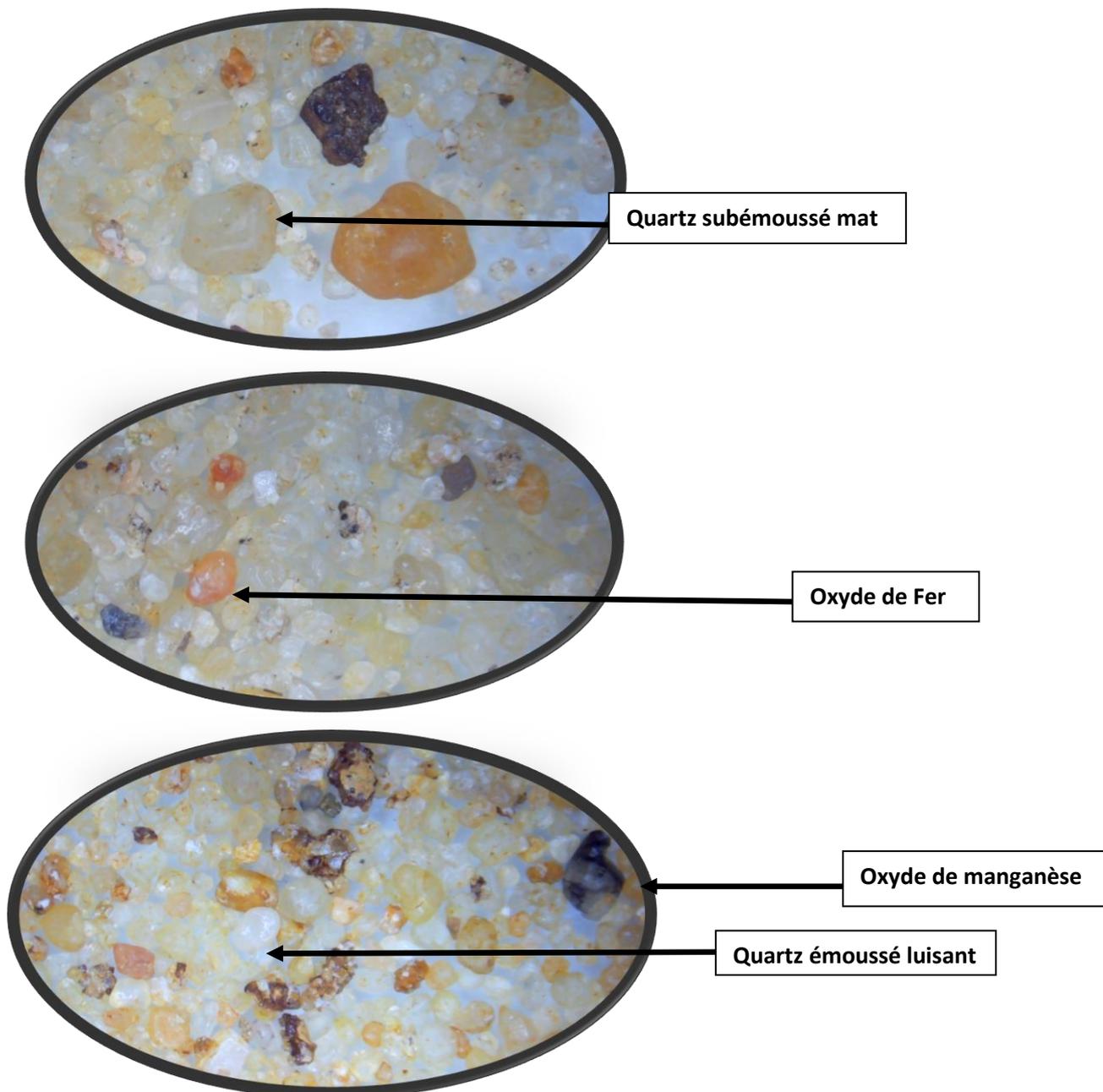


Figure 16: Morphoscopie des sédiments de la zone d'étude.

C. Identification des paramètres sédimentologiques

1. Introduction

Afin de bien comprendre l'évolution sédimentologique des sédiments de la plage Sable d'Or, plusieurs données granulométriques ont été analysées. Le recours aux méthodes graphiques nous a permis d'exploiter les données acquises et ressortir les caractéristiques essentielles du sédiment. Le calcul, l'analyse et la combinaison des paramètres sédimentologiques ont été effectués par Excel (A. DEGAICHIA, 2001; A. DEGAICHIA et N. SALHI, 2013).

2. Historique de recherches sédimentologiques antérieurs

L'utilisation des paramètres granulométriques dans l'analyse sédimentologique était suggérée et entreprise par plusieurs sédimentologues. On peut citer (A. Degaichia, 2001):

C.K. WENTWORTH (1926) a proposé surtout sa méthode des moments ;

TRASK (1930) a lancé sa méthode des quartiles, qui s'intéressent surtout de partie centrale du sédiment ;

W. C. KRUMBEIN (1936) a utilisé les quartiles mesurés dans la description et comparaison des sédiments ;

BIETLOT (1941) a évalué les indices granulométriques d'une façon purement graphique ;

RIVIERE (1952) a représenté graphiquement la granulométrie des sédiments meubles ;

R. L. FOLK ET W.C. WARD (1957) ont contribué d'une façon incontestable dans la quantification des phénomènes sédimentologiques ;

R. PASSEGA (1964) a tracé un célèbre diagramme pour déterminer les milieux sédimentaires ;

G. M. FRIEDMAN (1967) a combiné entre plusieurs coefficients sédimentologiques afin de connaître les conditions de dépôt sédimentaire ;

G. S. VISHER (1969) a utilisé l'échelle de probabilité dans le but de bien individualiser les stocks granulométriques et les modes de transport ;

L. BERTHOIS(1970) a essayé d'améliorer les techniques d'analyse granulométrique ;

W. B. BULL (1977) the alluvial fan environment, Progress in Physical Geography I, 222-270.

3. Définitions et applications des coefficients granulométriques

Les sédimentologues anglo-saxons ont généralisé l'usage d'une échelle logarithmique, dite échelle de phi (Φ), définie par William Christian Krumbein et Pettijohn (1938) par la relation: $\Phi = -\log_2 (d)$. (d : étant le diamètre des grains en mm).

La courbe granulométrique se trace sur papier semi-log où, en abscisse (échelle logarithmique) sont portés les diamètres des particules de sédiments et en ordonné (échelle arithmétique) le passant cumulé

en pourcentage pondéral. La courbe doit être tracée de manière continue. Cette courbe permet de mesurer les percentiles : (5%, 16%, 25%, 50%, 75%, 84%, 95%, et 99%) (A.DEGAICHIA 2001).

une courbe établie en combinant les deux variables suivantes ; et appelé courbe de fréquence :

En abscisse : les diamètres équivalents en Φ ;

En ordonnées : les pourcentages des refus partiels.

A l'aide de cette courbe, on peut connaître le classement et même l'asymétrie des sédiments.

Nombreux sont les auteurs qui ont proposé des indices qui permettent d'exprimer numériquement les caractères de distribution granulométrique (Trask, 1930; Inman, 1952; Folk et Ward, 1957; A. Degaichia, 2001). Les indices les plus utilisés sont la Moyenne M_z , le Sorting (δ_i), le Skewness (S_{ki}) et le Kurtosis (K_G).

Dans ce présent travail les paramètres et indices choisis sont ceux définis par Folk et Ward (1957), ces deux auteurs ont proposé des formules qui contiennent un nombre élevé de percentiles, et ils ont utilisé des valeurs de phi comprises entre 5 % et 99%.

a. Le mode

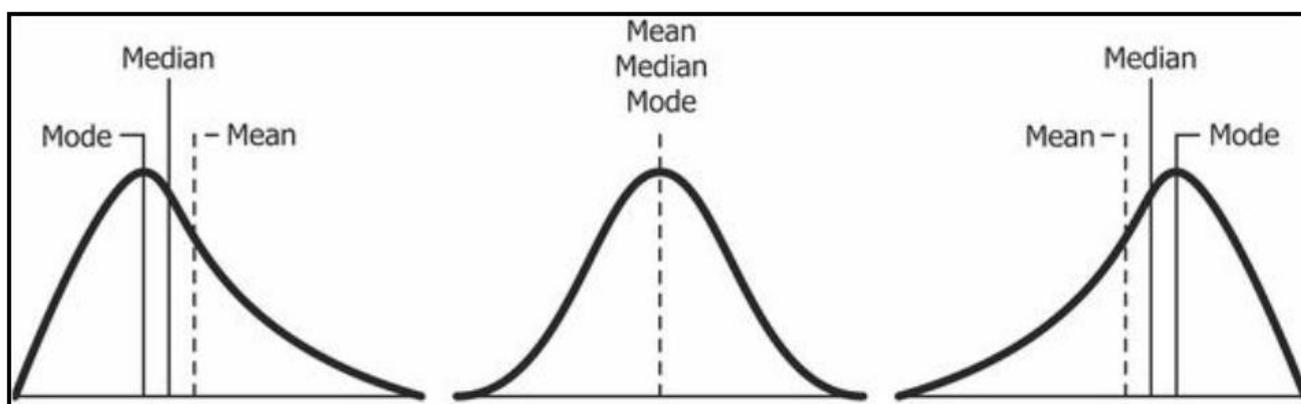


Figure 17: Courbe de fréquence (classement et asymétrie) .
(source :<https://www.safaribooksonline.com/library/view/clojure-for-data/9781784397180/ch01s13.html>).

A partir des histogrammes on lit directement la valeur du mode d'une distribution granulométrique et qui correspond aux sommets de "cloches" des histogrammes, dans cette étude deux-tiers des courbes avec un seul pic, ce qui indique une distribution uni-modale, et le un-tiers ont deux pics indique on a une distribution bimodale, qui donné idée qu'on a deux provinces nourricières.

D'après les courbes fréquentielles des échantillons analysés, on observe la présence de 08 modes de différentes intensités, avec la prédominance de deux modes : 3 et 3.3 (∅), d'autres modes sont de moindre importance : 2.3 et 2.6 (∅). Les autres modes montrent des intensités négligeables.

Le mode 3 (∅) est dominant avec des pourcentages entre 4.53% et 35.2%, suivi par le mode 3 (∅) qui montre des pourcentages entre 4.6% et 35.19%. Les deux autres modes 2.3 (∅) et 2.6 (∅) avec des pourcentages qui varient entre 3.7% et 26.4%. on a aussi des modes avec des valeurs fluctuent entre 2 (∅) et 1.7 (∅) avec des pourcentages de 0.3% et 32.9%.

Tableau 7: Analyse modale des échantillons de Garret er Remila.

N° de l'échantillon	M1(∅)	P1(%)	M2(∅)	P2(%)	M3(∅)	P3(%)	M4(∅)	P4(%)
1	3,3	8,88	-	-	-	-	-	-
2	3,3	9	-	-	-	-	-	-
3	3,3	7,1	-	-	-	-	-	-
4	3,3	21,25	-	-	-	-	-	-
5	3,3	34,1	-	-	-	-	-	-
6	3,3	18,53	-	-	-	-	-	-
7	3,3	34,2	-	-	-	-	-	-
8	3,3	18,92	-	-	-	-	-	-
9	3,3	16,57	-	-	-	-	-	-
10	3,3	35,19	-	-	-	-	-	-
11	3,3	22,8	-	-	-	-	-	-
12	3,3	33,2	-	-	-	-	-	-
13	-	-	3	34	-	-	-	-
14	3,3	18,65	-	-	-	-	-	-
15	-	-	3	33,7	-	-	-	-
16	-	-	3	36,6	-	-	-	-
16a	3,3	15,26	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	2,3	15,1	-	-
18	-	-	-	-	2,6	24,8	-	-
19	-	-	3	25,22	-	-	-	-
20	-	-	-	-	2,3	21,4	-	-
21	-	-	-	-	2,3	26,4	-	-
22	-	-	-	-	-	-	2	32,9
23	-	-	-	-	2,3	19,43	-	-
24	-	-	-	-	-	-	1,7	11,3
26	-	-	-	-	-	-	1,7	17,97
27	-	-	-	-	-	-	1,7	13,81
28	-	-	-	-	2,3	17,7	-	-

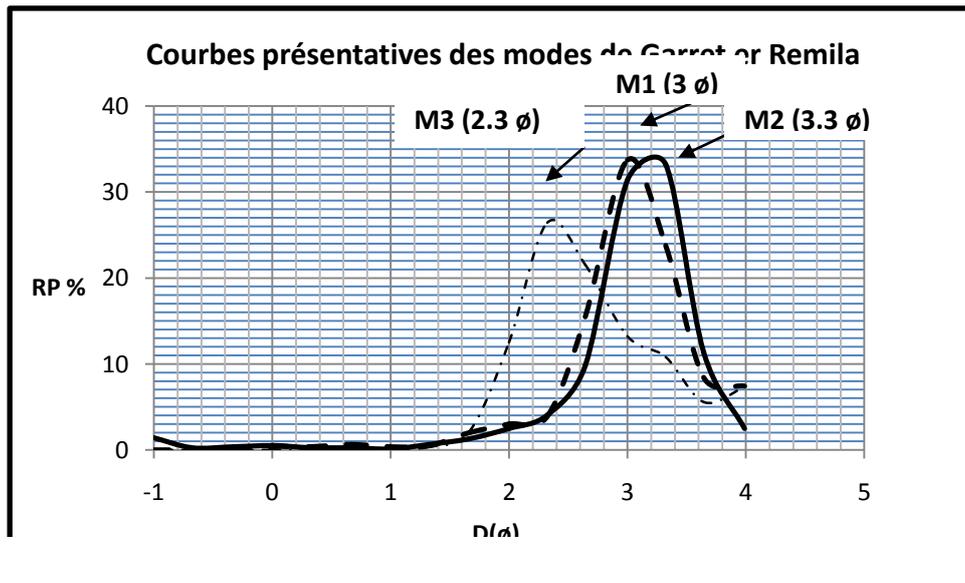


Figure 18: Modes de quelques échantillons de Garret et Remila.

b. Le grain moyen

Dans la formule proposée par Trask l'échelle utilisée est l'échelle millimétrique, par contre Inman (1938) utilise l'échelle des Phi, et il a proposé la formule suivante pour le calcul de la moyenne :

$Mz = (\Phi_{16} + \Phi_{84})/2$. Avec deux quartiles seulement (Φ_{84} et Φ_{16}) la moyenne granulométrique ne serait pas représentative de l'échantillon. Pour y remédier, Folk et Ward ont proposé une autre expression «Graphique Mean ou bien le grain moyen » : $Mz = (\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84})/3$. Dans leur formule Folk et Ward ont choisi trois quartiles (Φ_{16} , Φ_{50} et Φ_{84}) dans le but d'avoir une bonne moyenne représentative de l'échantillon (A. DEGAICHIA, 2001).

Les valeurs du grain moyen des échantillons prélevés varient entre 0.5Φ et 3.34Φ , donc ils sont des sables moyens à fin.

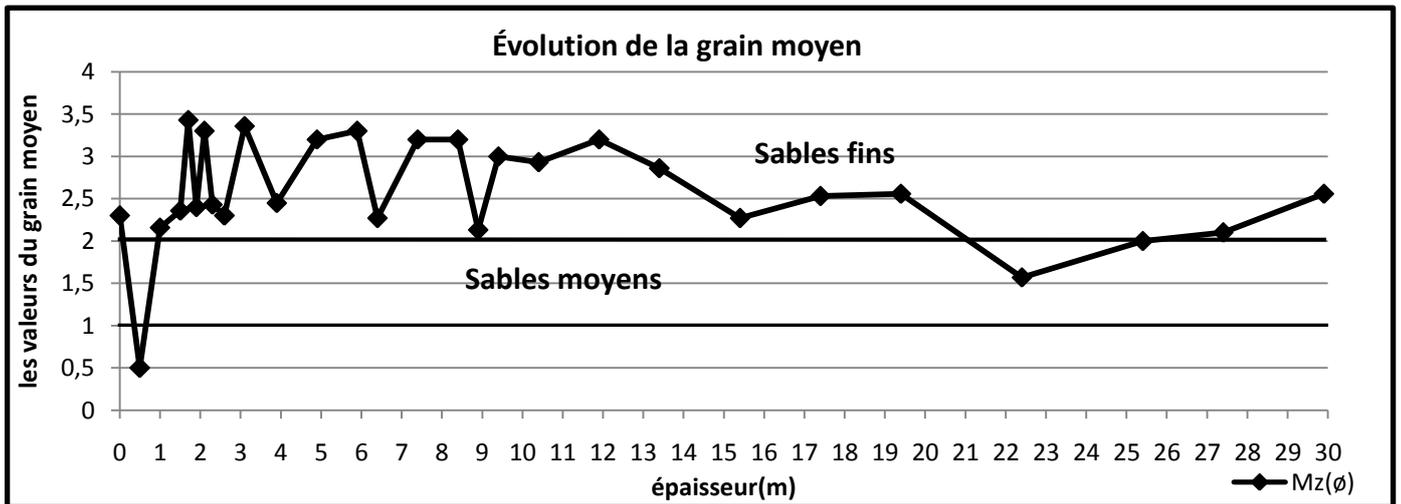


Figure 19: Évolution du grain moyen dans les sédiments de la coupe d'étude.

c. Le classement

Ce paramètre est connu sous le nom de « indice de classement. So », (Trask, 1930), et « Graphique Standard Déviation δG », (Otto, 1938). Les expressions mathématiques utilisées pour définir ce paramètre diffèrent d'un auteur à autre (A. DEGAICHIA, 2001). Les expressions données par Trask (1930) et par Otto (1938) sont :

$$So = \sqrt{Q_{75}/Q_{25}} \text{ (Formule proposée par Trask, 1930)}$$

$$\delta G = (\phi_{84} - \phi_{16})/2 \text{ (Formule proposée par Otto, 1938)}$$

Inclusive Graphie Standard Déviation est le terme utilisé par Folk et Ward (1957), cet indice est donné par la formule suivante : $\delta i = (\Phi_{84} - \Phi_{16})/4 + (\Phi_{95} - \Phi_5)/6,6$

$0 < \Phi_i < 0,35$: très bien classé ;

$0,35 < \Phi_i < 0,50$: bien classé ;

$0,50 < \Phi_i < 0,71$: assez bien classé ;

$0,70 < \Phi_i < 1,00$: moyennement classé ;

$1,00 < \Phi_i < 2,00$: médiocrement classé ;

$2,00 < \Phi_i < 4,00$: très mal classé.

Le Sorting index ou indice de tri et de classement donne une évaluation de la dispersion des tailles des particules par rapport à la moyenne de l'échantillon (A. DEGAICHIA, 2001).

Selon les fourchettes de variations du classement ci-dessous, on peut dire que les valeurs de l'indice de classement varient entre 0.37ϕ et 2ϕ , ce qui confère aux la plus part des sédiments sont assez bien classé à médiocrement classé.

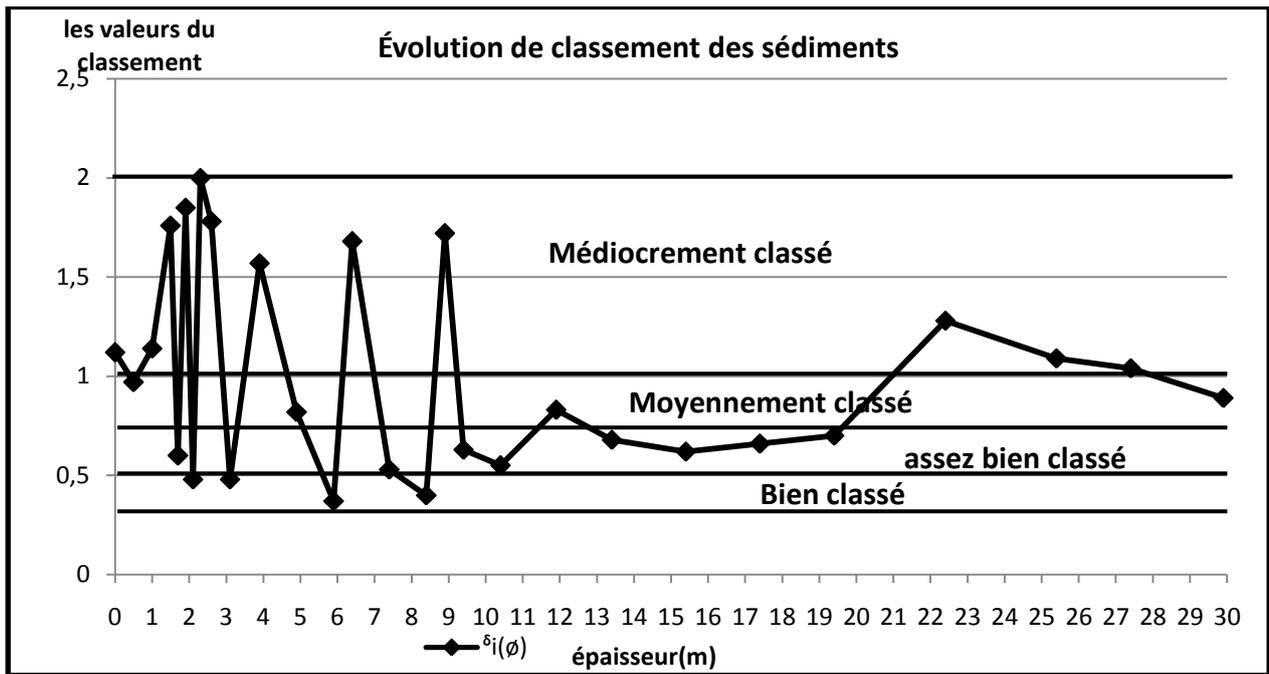


Figure 20: Évolution de l'indice de classement des sédiments de la zone d'étude.

d. Indice d'asymétrie (Skewness)

Le terme utilisé par Inman pour cet indice est « Graphique Skewness » (A. DEGAICHIA, 2001), selon cet auteur ce paramètre est donné par la formule suivante : $Ski = ((\Phi_{84} + \Phi_{16}) - 2\Phi_{50}) / (\Phi_{84} - \Phi_{16})$. Le meilleur calcul de cet indice est donné selon la formule proposé par Folk est Ward (1957):

$$Ski = (\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}) / 2 (\Phi_{84} - \Phi_{16}) + (\Phi_{5} + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}) / 2 (\Phi_{95} - \Phi_{5})$$

- +1,00 > Ski > +0,30: forte asymétrie vers les petites tailles ;
- +0,30 > Ski > +0,10: asymétrie vers les petites tailles ;
- +0,10 > Ski > -0,10 : symétrie granulométrique de l'échantillon ;
- 0,10 > Ski > -0,30 : asymétrie vers les grandes tailles ;
- 0,30 > Ski > - 1,00 : forte asymétrie vers les grandes taille.

Quand on a une distribution normale et avec une courbe de fréquence en forme de cloche où la médiane et la moyenne coïncident. Chaque déflexion de la distribution de la normale qui conduit à une différence entre la médiane et la moyenne représente une asymétrie ou Skewness de la courbe de fréquence. Cet indice renseigne sur l'enrichissement en particules grossières (asymétrie négative), l'enrichissement en particules fines mal triées (asymétrie positive), ou s'il y a une symétrie (A. DEGAICHIA, 2001).

On observe sauf que 02 échantillon avec une symétrie granulométrique, la plus part des sédiments indiquent d'une asymétrie positive témoignant d'un enrichissement en fraction fine avec quelques sédiments en fraction grossière.

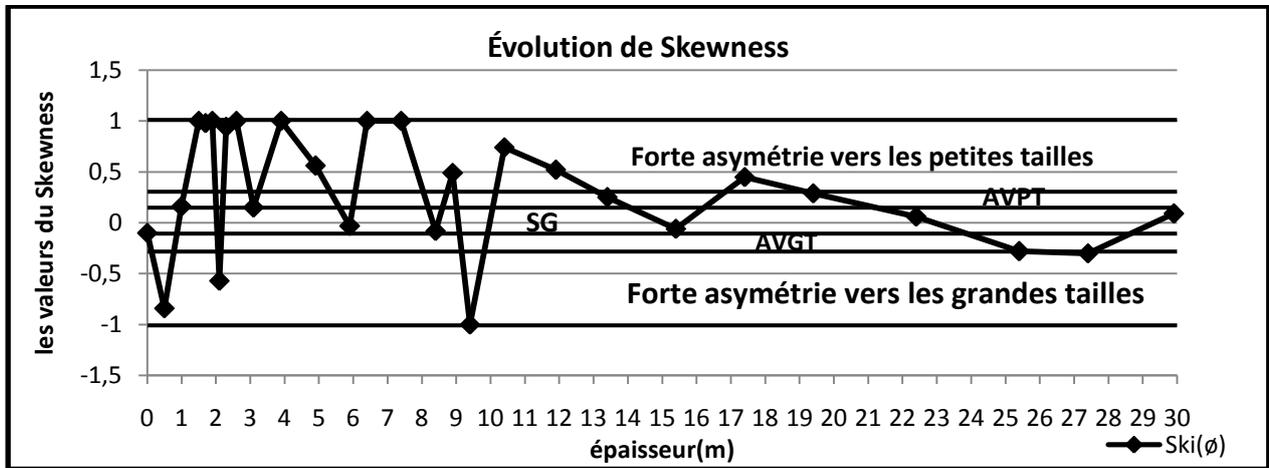


Figure 21: Évolution de l'indice d'asymétrie des sédiments de la zone d'étude.

e. Indice d'acuité ou d'aplatissement (Kg)

Folk et Ward (1957) ont défini ce paramètre par l'expression suivante :

$$K_G = (\Phi_{95} - \Phi_5) / (2,44 * (\Phi_{75} - \Phi_{25}))$$

Dans une courbe de Gauss, en forme de cloche, ce paramètre calcule le rapport entre le classement aux extrémités et le classement au centre de la courbe.

Les distributions de Kg sont entre très platykurtique/platykurtique et mésokurtique avec des nombres entre 0.58 (φ), 1.8 (φ). Il y'a d'autres échantillons caractérisés par le type leptokurtique à très leptokurtique avec une valeur maximale 3 (φ).

Tableau 8: Tableau de coefficient d'acuité

Kg<0.67	Courbe très platykurtique
0.67-0.90	Courbe platykurtique
0.90-1.11	Courbe mesokurtique
1.11-1.50	Courbe leptokurtique

1.50-3.00	Courbe très leptokurtique
$3.00 < K_g :$	Courbe extrêmement leptokurtique

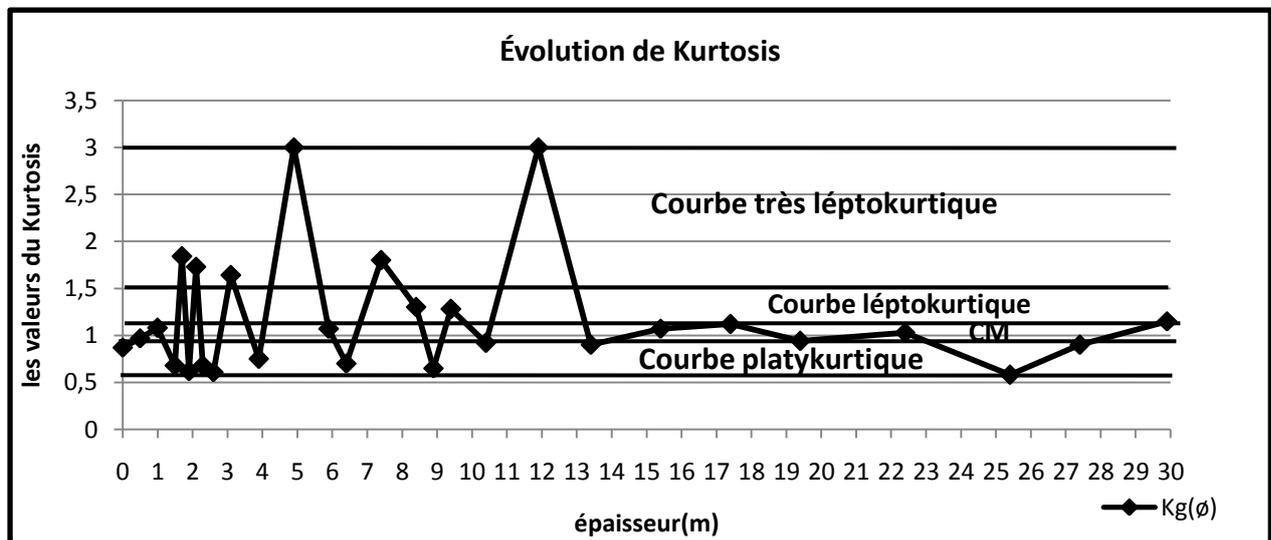


Figure 22: Évolution de l'indice d'acuité des sédiments de la zone d'étude

Tableau 9: Tableau récapitulatif des paramètres sédimentologiques de la coupe de Garret er Remila

n° d'éch	Md(ϕ)	Mz(ϕ)	signification	$\delta_i(\phi)$	signification	$K_g(\phi)$	signification	Ski(ϕ)	signification
1	2,3	2,3	SM	1,12	médiocrement classé	0,87	CP	-0,1	AVGT
2	2,3	0,5	SG	0,97	moyennement classé	0,97	CM	-0,84	FAVGT
3	2,2	2,16	SF	1,14	médiocrement classé	1,08	CM	0,16	AVPT
4	3,3	2,36	SF	1,76	médiocrement classé	0,68	CP	1	FAVPT
5	3,5	3,43	SF	0,6	assez bien classé	1,84	CTL	0,98	FAVPT
6	3,2	2,4	SF	1,85	médiocrement classé	0,62	CTP	1	FAVPT
7	3,35	3,3	SF	0,48	bien classé	1,73	CTL	-0,57	FAVGT
8	3,2	2,43	SF	2	médiocrement classé	0,68	CP	0,94	FAVPT
9	3,2	2,3	SF	1,78	médiocrement classé	0,61	CTP	1	FAVPT
10	3,4	3,36	SF	0,48	bien classé	1,64	CTL	0,15	AVPT
11	3,25	2,45	SF	1,57	médiocrement classé	0,75	CP	1	FAVPT
12	3,3	3,2	SF	0,82	moyennement classé	3	CTL	0,56	FAVPT

13	3,3	3,3	SF	0,37	bien classé	1,07	CM	-0,03	AVGT
14	3	2,27	SF	1,68	médiocrement classé	0,7	CP	1	FAVPT
15	3,2	3,2	SF	0,53	assez bien classé	1,8	CM	1	FAVPT
16	3,2	3,2	SF	0,4	bien classé	1,3	CM	-0,08	SG
16a	2,5	2,13	SF	1,72	médiocrement classé	0,65	CTP	0,49	FAVPT
17	3	3	SF	0,63	assez bien classé	1,28	CL	-1	FAVGT
18	2,9	2,93	SF	0,55	assez bien classé	0,92	CM	0,74	FAVPT
19	3,3	3,2	SF	0,83	moyennement classé	3	CTL	0,52	FAVPT
20	2,8	2,86	SF	0,68	moyennement classé	0,9	CM	0,25	FAVPT
21	2,8	2,27	SF	0,62	assez bien classé	1,07	CM	-0,06	SG
22	2,3	2,53	SF	0,66	assez bien classé	1,12	CL	0,45	FAVPT
23	2,5	2,56	SF	0,7	assez bien classé	0,94	CM	0,29	FAVPT
24	1,6	1,57	SF	1,28	médiocrement classé	1,03	CM	0,06	AVPT
26	1,9	2	SM	1,09	médiocrement classé	0,58	CTP	-0,28	AVGT
27	2	2,1	SM	1,04	médiocrement classé	0,9	CM	-0,3	AVGT
28	2,6	2,56	SF	0,89	moyennement classé	1,15	CL	0,09	AVPT

Légende :

SF : sables fins ; SM : sables moyens ; CP : courbe platykurtique ; CM : courbe mésokurtique ; CTL : courbe très leptokurtique ; CTP : courbe très platykurtique ; CL : courbe leptokurtique ; AVGT : asymétrie vers les grandes tailles ; FAVGT : forte asymétrie vers les grandes tailles ; AVPT : asymétrie vers les petites tailles ; FAVPT : forte asymétrie vers les petites tailles ; SG : symétrie granulométrique.

III. RELATION ENTRE LES PARAMÈTRES SÉDIMENTOLOGIQUES

A. Relation entre (Ski/Mz)

Les sédiments de Garret et Remila montrent une asymétrie vers les petites tailles avec un léger penchant vers les grandes tailles. Ils sont de taille fine à moyenne.

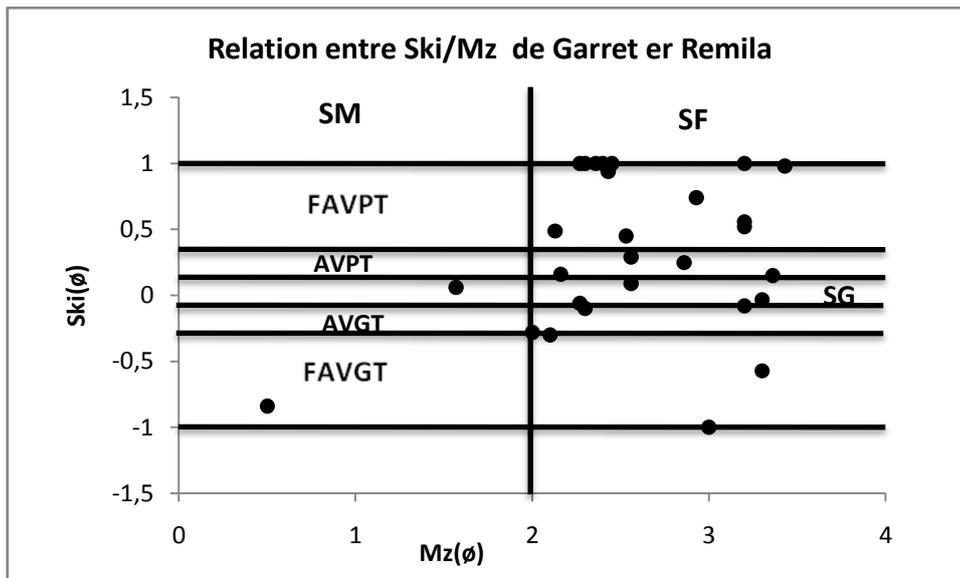


Figure 23: Relation entre (Ski/Mz)

B. Relation entre (Ski/ δ_i)

Les sédiments de Garret er Remila sont des sables assez bien classés à médiocrement classés. Ils sont généralement asymétriques vers les petites tailles et parfois présentent une asymétrie vers les grandes tailles.

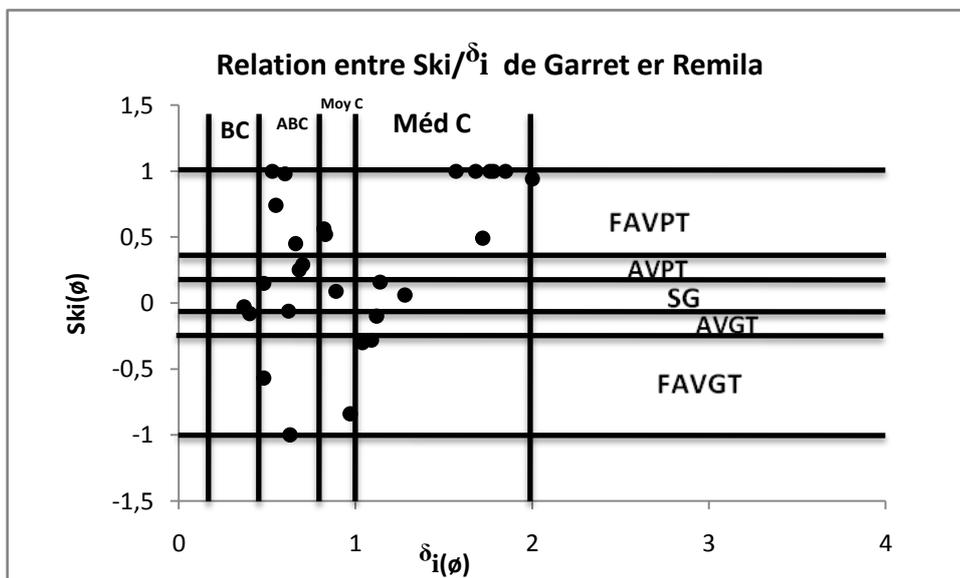


Figure 24: Relation entre (Ski/ δ_i)

C. Relation entre (Mz/δ_i)

Les sédiments de Garret et Remila sont des sables de taille fine et parfois moyenne. Il s'agit de sables assez bien classés à médiocrement classés.

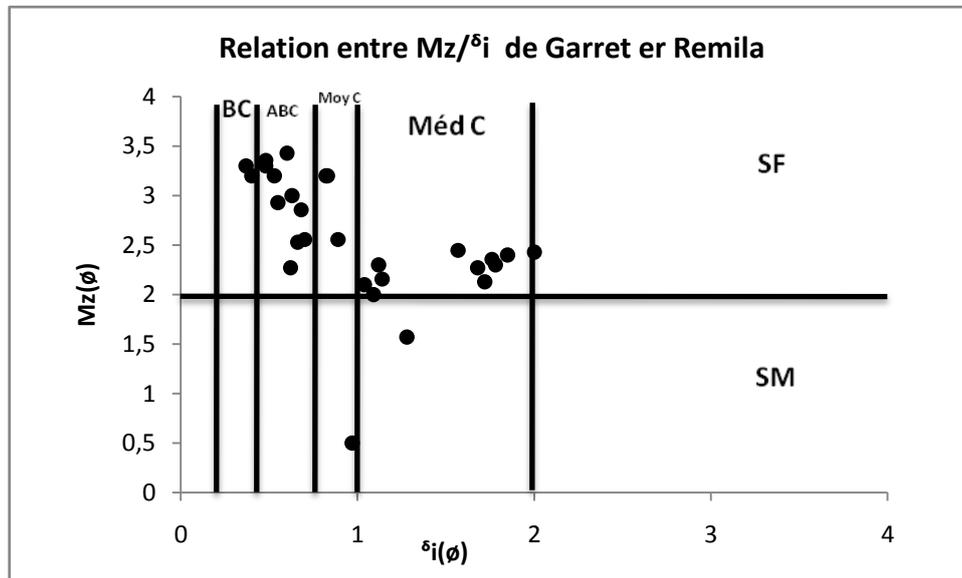


Figure 25: Relation entre (Mz/δ_i)

CONCLUSION GÉNÉRALE

I. CONCLUSION GÉNÉRALE

Selon les analyses sédimentologiques et pétrographiques effectuées sur les dépôts du Miocène de Garet er Remila, on peut conclure que les sédiments sont caractérisés par l'abondance des sables argileux, avec un taux négligeable de carbonates.

Les valeurs des coefficients sédimentologiques Mz , δ_i , Ski , Kg nous renseignent que le grain moyen indique la présence des sables fins à moyens mais avec une dominance des particules fines, l'indice de classement est assez bien classé à médiocrement classé. L'asymétrie montre un enrichissement en fraction sableuse fine et parfois grossière. L'acuité des sédiments indique une distribution mésokurtique et platykurtique.

La morphoscopie des grains de quartz, nous montre que les sédiments de Garet er Remila sont des sables sub-émoussés à émoussés luisants qui indiquent la prédominance de transport hydrique dans un milieu fluvial.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

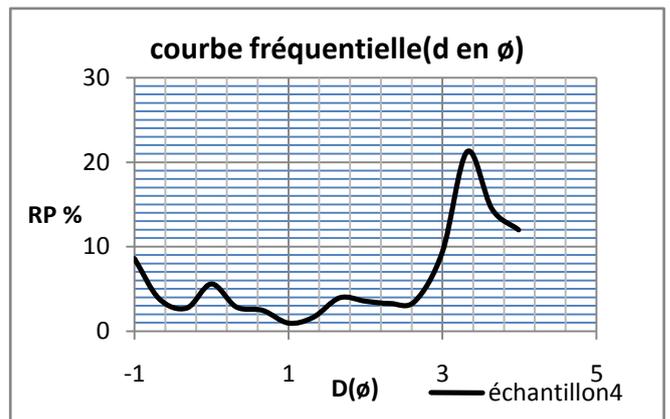
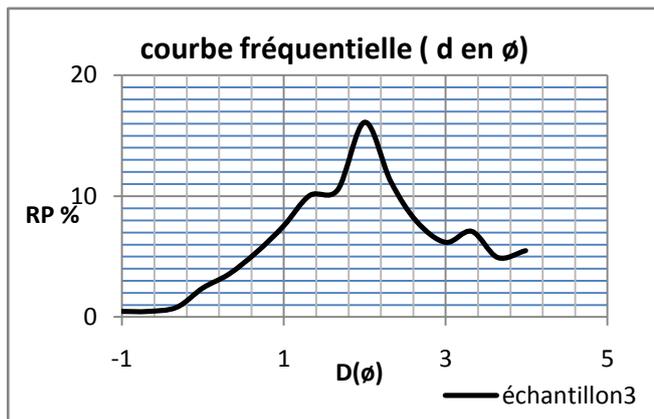
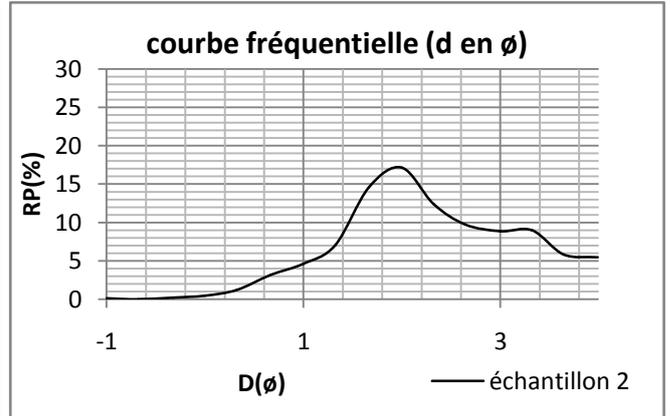
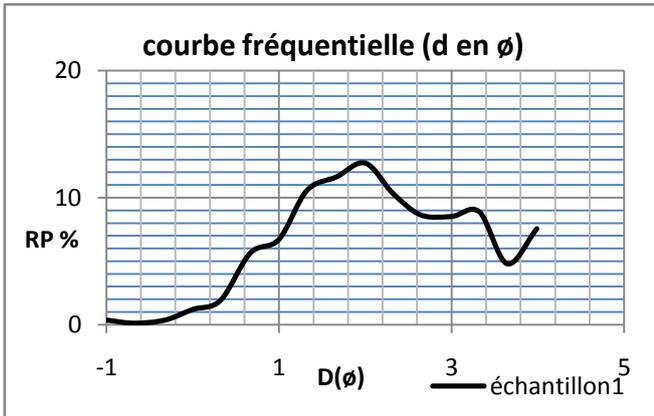
- Abdi R. (2014).** Sédimentologie du Néogène de Bir Sbeïkia (Tébessa, NE de l'Algérie)
- Amari A (1986)** Des oscillations du niveau marin durant le Quaternaire sur le littoral de Sfax. Science de la terre, Tunisie, 4, 71-78.
- Aoudjehane M, Bouzenoune A, Rouvier H, Thibiéroz J (1992)** Halocinèse et dispositifs d'extrusions du Trias dans l'Atlas saharien oriental (NE algérien). Géol. Médit., Marseille, XIX, 273-287.
- Baci S (2017).** Sédimentologie et dynamique sédimentaire des sables dunaires du Sahara Algérien oriental (El Oued, SE de l'Algérie).
- Bismuth M (1973)** Réflexions stratigraphiques sur l'Albo-aptien dans la région des djebels Daïa et son environnement (Tunisie du centre- nord). Livre jubilé M. Solignac, Annales des mines et de la géologie Tunis N° 26, p. 179- 212.
- Blès JL (1969)** Contribution à l'étude des déformations cassantes de la feuille de Morsott (SE Constantinois-Algérie). Les microfracturations et leurs relations avec les failles et les plis. Pub. Ser. Géol. Algérie, (Série N° 11), Bull. N° 39, pp. 7-17.
- Blès JL et Fleury (1971)** Carte géologique 1/50 000 Morsott et notice explicative. Publ. Serv. Geol. Algérie.
- Boggs S (2006)** Principles of Sedimentology and Stratigraphy, 4th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 612p.
- Bouakkaz S. & Rouigui A. (2020)** «Dynamique et évolution sédimentaire des sables côtiers de la partie occidentale de la plage Sables d'Or du Lac Mellah « El Kala, NE de l'Algérie ».
- Bull WB (1977)** The alluvial-fan environment. *Progress in physical geography* 1(2): 222-270.
- Cailleux A (1964)** Rectification à propos de la définition de l'indice d'émoussé. Comptes-rendus sommaires des séances de la Société Géologique de France, 8, 318 p.
- David L (1956)** Etude géologique des monts de la haute Medjerda. Thèse Sci. Paris. Publ. Serv. Carte Géol. Algérie, N.S. Bull, n°11, 304 p.
- Degaichia, A. & Laouar, R. (2013).** Sédimentologie et paléoenvironnements du Pliocène du fossé d'effondrement de Tébessa (Atlas saharien oriental, Algérie). *Bulletin du Service Géologique National*, 24, 189-207.
- Degaichia, A. & Salhi, N. (2013).** Introduction à l'étude granulométrique des sables de la plage du golfe de Bône (Annaba).Conférence : 3ème Colloque International "Les Géosciences au Service du Développement Durable". 10p.

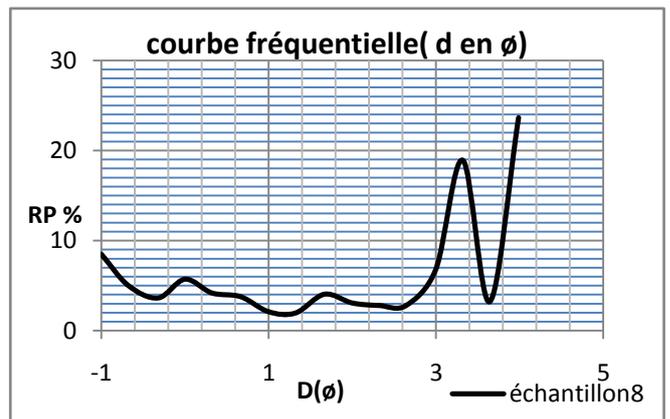
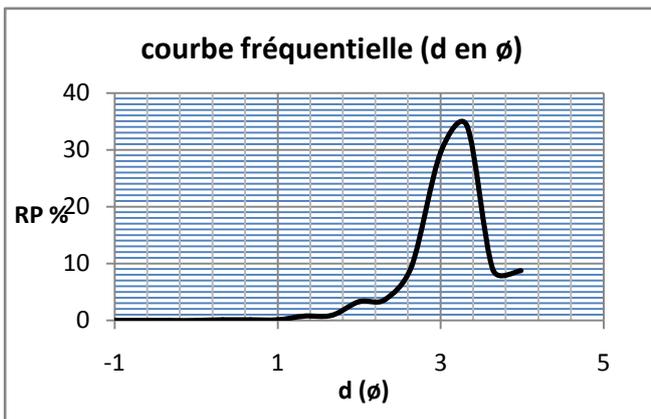
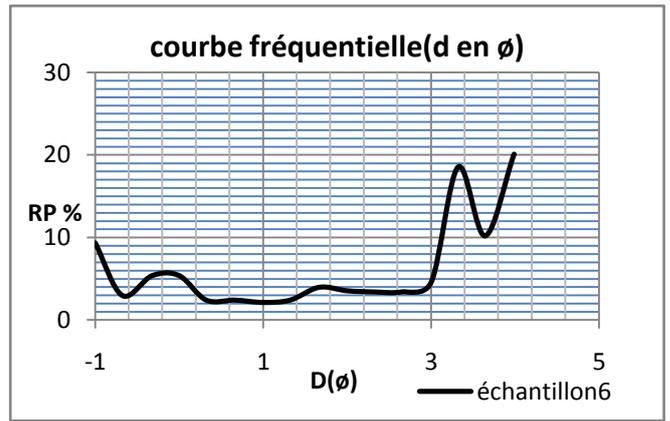
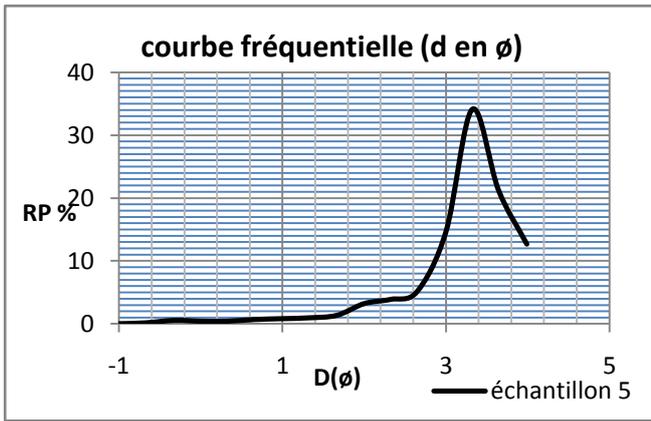
- Degaichia, A. (2001).** Aspects sédimentologique du dépôt mio-plio-quadernaire de la zone avoisinante au barrage de Foug el khang (sédiments, NE de l'Algérie). Thèse de Magistère. 23 Tab.-29 Fig.-176p.
- Degaichia, A. (2014).** Sédimentologie et paléoenvironnements des sédiments du pliocène du fossé d'effondrement de Tébessa et ses abords (Atlas saharien oriental, NE de l'Algérie) (Doctoral dissertation, Université Badji Mokhtar).
- Deleau, P., & Laffitte, R. (1951).** Carte géologique de l'Algérie 1/500000. *Feuille de Constantine Nord*. Carte géologique de l'Algérie échelle 1/500.000 / dressée d'après la 1ère. édition 1933 à 1940 et les travaux récents par M. M. Cornet A. [and 39 others] ; carte éditée en 1951-1952 / [par] M. G. Bétier, Ingénieur Général des Mines , étant Directeur du Service de la Carte Géologique , M.M. R. Laffitte, L. Royer, H. Termier, conseillers scientifiques.
- Dubourdiou G (1952)** Monts de Mellègue: monographie régionale. Série I, Algérie, n°3, XIXème congrès géologique international, monographies régionales, 56 pages, 16 figures, Algérie.
- Dubourdiou G (1956)** Etude géologique de la région de l'Ouenza (confins algéro-tunisiens). Thèse ès Sciences, Paris, Publications du Service de la Carte Géologique de l'Algérie, Bulletin N° 10, Vol. 1, 659 p.
- Dubourdiou G (1959)** Exquisse géologique du Dj. Mesloul. Publ. Serv. Carte géol. Algérie, nouvelle série, Bull., n°21.
- Dubourdiou G, Durozoy G (1950)** Observations tectoniques dans les environs de Tébessa et de l'Ouenza (Algérie). Bulletin du Service Géologique de France, 5ème série, t. XX, pp.257-266.
- Durozoy MG (1956)** Carte géologique de l'Algérie au 1/50000, feuille n°206 Tébessa avec notice explicative détaillée. Publ. Serv. Carte géol. Algérie.
- Folk RF, Ward WC (1957)** Brazos River bar, a study in the significance of grain-size parameters. *J. of Sedim. Petrol.*, 27: 3-26.
- Hamimed M (2004)** Etude sédimentologique et paléogéographie des sédiments miocènes au pays du Nord-Est de l'Atlas Saharien des confins algéro-tunisiens. Thèse de Doctorat d'état, Université de Constantine, Algérie, 223p.
- Hatira N (1988)** Les concentrations de Zn, Pb, Sr, (Ba), dans le cortex des diapirs de Trias salifère; exemple du diapir de Sakiet –Koucha (Tunisie septentrionale). Comparaison avec d'autres massifs tunisiens et avec les cap-rocks de la Gulf Coast (U.S.A). Thèse Doct. Univ. Paris VI, 289 p.
- Haywood AM, Sellwood BW, Valdes PJ (2000b)** Regional warming: Pliocene (3 Ma) paleoclimate of Europe and the Mediterranean. *Geology* 28, 1063-1066.
- Houideg A. & Chegrouche M. (2020).** Dynamique et évolution sédimentaire des sables côtiers de la partie orientale de la plage Sables d'Or du Lac Mellah « El Kala, NE de l'Algérie ». - Mémoire de master encadré par A.DEGAICHIA.
- Illenberger WK (1991)** Pebble shape (and size?): *J. Sediment. Petrol.*, 61, 756-767.

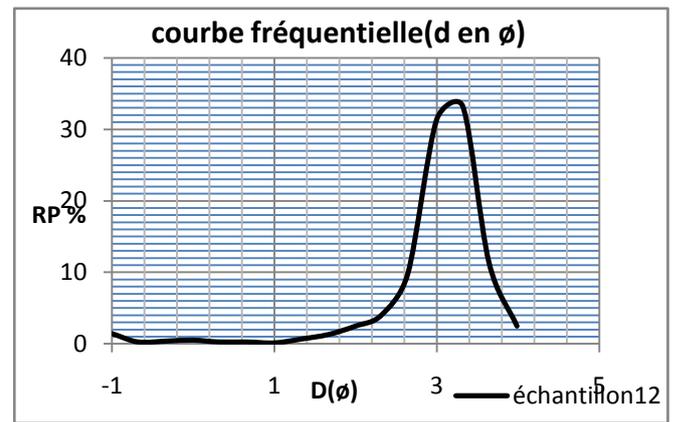
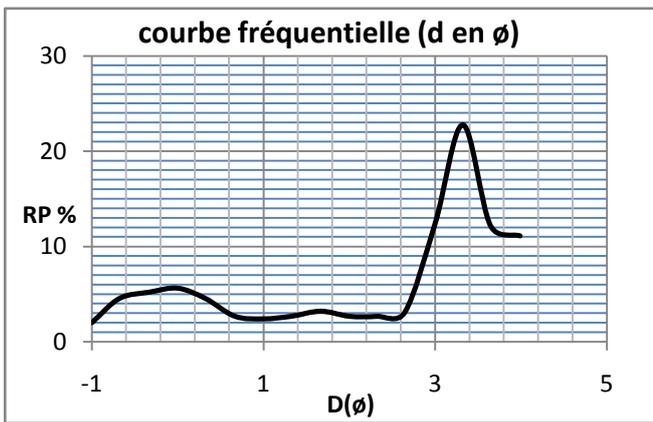
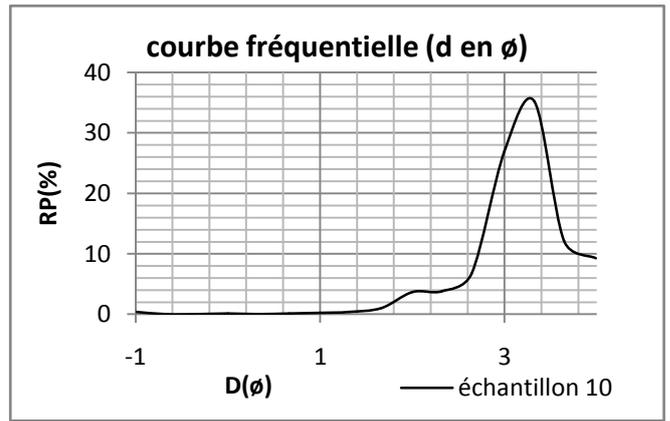
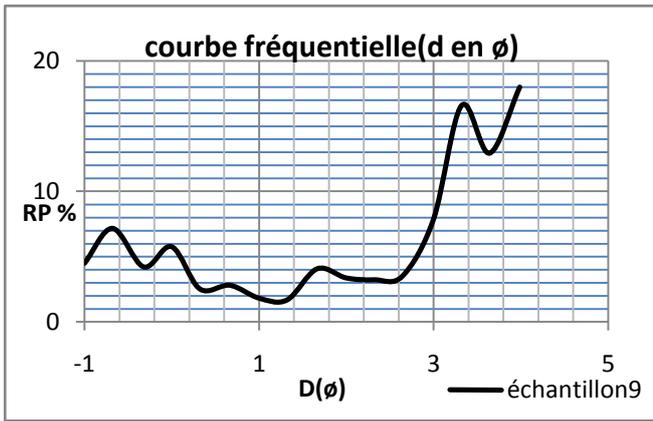
- Inman DI (1952)** Measures for describing the size distribution of sediments. *J Sediment Res*, 22: 125-145.
- Kowalski WM, Hamimed M (2000)** Diapirisme polyphasé ou glacier de sel albien? Dilemme du matériel triasique des confins algéro-tunisiens. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*. Vol.11, n°1, pp.29-60, 12 fig.
- Kowalski WM, Hamimed M Et Pharisat A (2002)** Les étapes d'effondrement des grabens dans les confins algéro-tunisiens. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*. Vol.13, n°2, pp. 131-152.
- Krumbein WC (1941)** Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles: *J. Sediment. Petrol.*, 11, 64–72.
- Laatar E (1980)** Gisements de Pb-Zn et diapirisme du Trias salifère en Tunisie septentrionale. Les concentrations péri-diapiriques du district minier de Nefate-Fedj-el Adoum. Thèse Doct. 3ème cycle, Métallogénie, Lab. Géol. Appl., Univ. Paris VI, 280 p.
- Masse JP, Chikhi-Aouimeur F (1982)** La plate forme carbonatée de l'Ouenza (Sud constantinois, Algérie). Organisation et dynamique durant l'Aptien supérieur. *Géol. Méditer.*, Marseille, vol.IX, n°3, pp. 259-267.
- Othmanine A (1987)** Les minéralisations en fluorine, barytine, Pb, Zn et fer sidéritique autour du fossé de Tebessa-Morsott (Algérie). Relation entre paléogéographie aptienne, diapirisme, structure et métallogénie. Thèse de 3ème Cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, France, 221 p.
- Perthuisot V, Hatira N, Rouvier H et Steinberg M (1987)** Concentration métallique (Pb-Zn) sous un surplomb diapirique: exemple du J. Bou Khil (Tunisie septentrionale). *Bull. Soc. Géol. Fr.* III, 6, pp. 1153-1160.
- Perthuisot V, Rouvier H et Smati (1988)** Style et importance des déformations anté-éraconiennes dans le Maghreb Oriental: exemple du diapir du Jebel Slata (Tunisie centrale). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), IV, 3, pp. 391-398.
- Rivière A (1977)** Méthodes granulométriques, techniques et interprétation, Paris, Masson, 170 p.
- Rouvier H, Perthuisot V, et Mansouri A (1985)** Pb-Zn Deposits and salt-bearing diapirs in Southern Europe and North Africa. *Economic Geology*, 80, pp. 666-687.
- Sami L (2004)** Contribution à l'étude géologique et géochimique des minéralisations Pb-Zn-Ba-F dans la région de Meskiana: Exemple des indices d'Essouabaa et de M'khiriga (Atlas Saharien oriental, Algérie). Thèse de Magister, USTHB, Alger.
- Thibiéroz J et Madre M (1976)** Le gisement de sidérite du Dj. Ouenza (Algérie) est contrôlé par un golfe de mer aptienne. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du nord*, 67, 3-4, pp.
- Vila JM (1980)** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, France, 665 p.

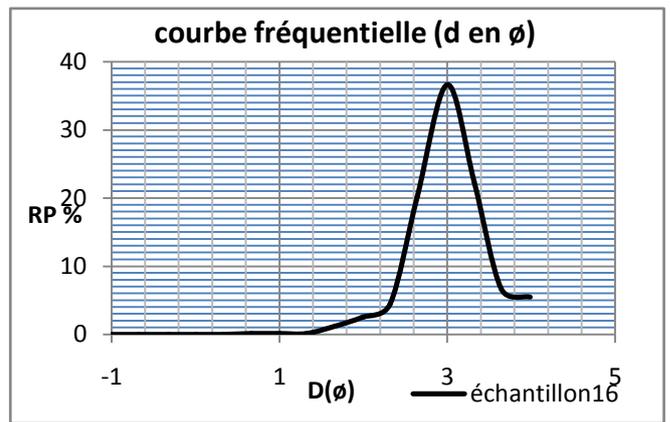
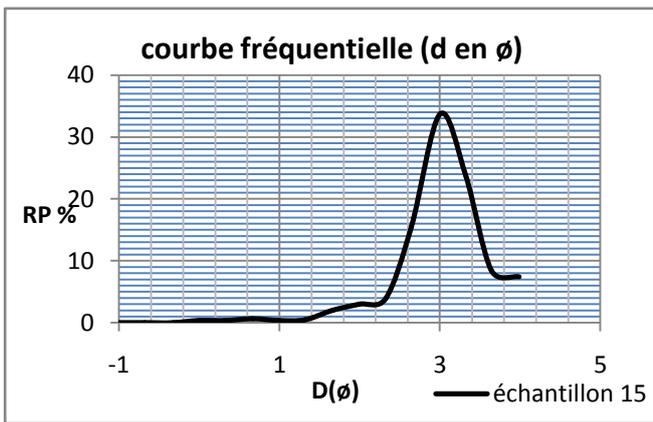
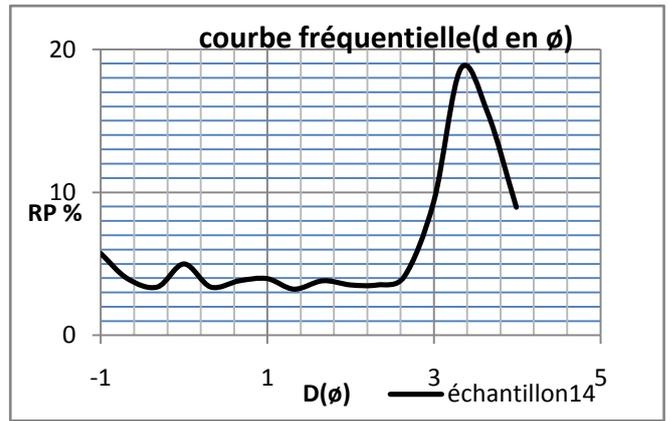
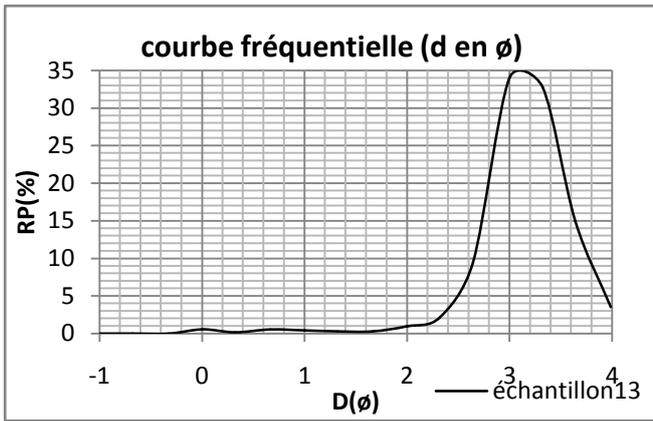
ANNEXES

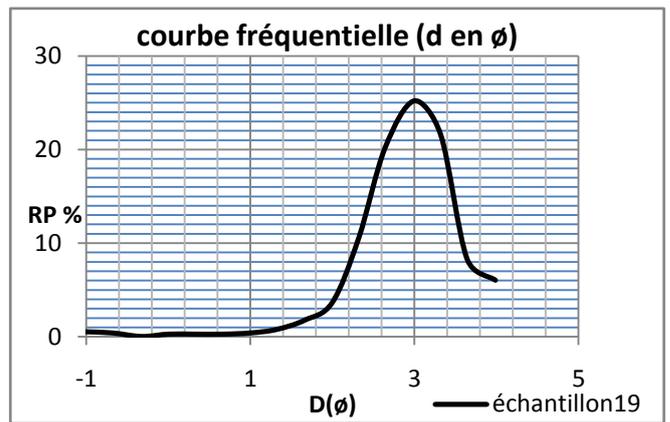
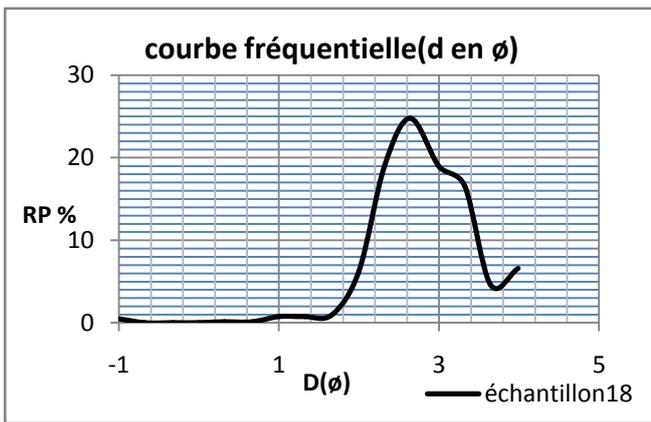
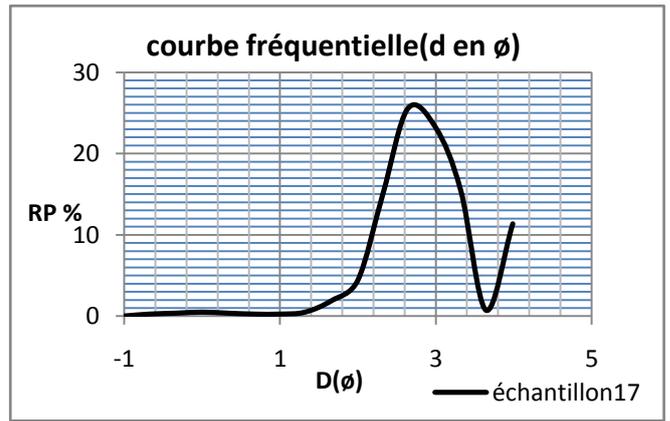
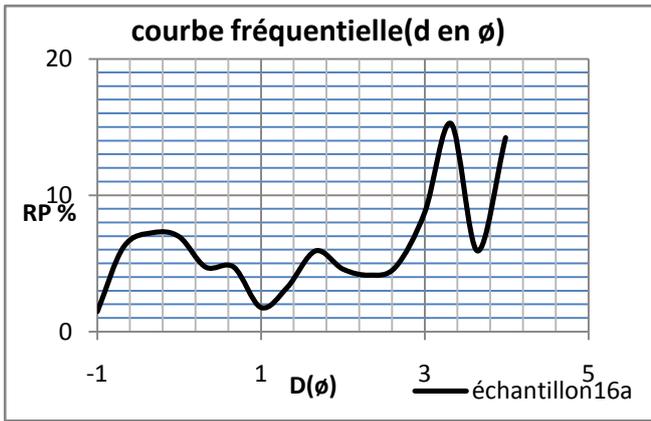
I. ANNEXES 1 : COURBES FRÉQUENTIELLES

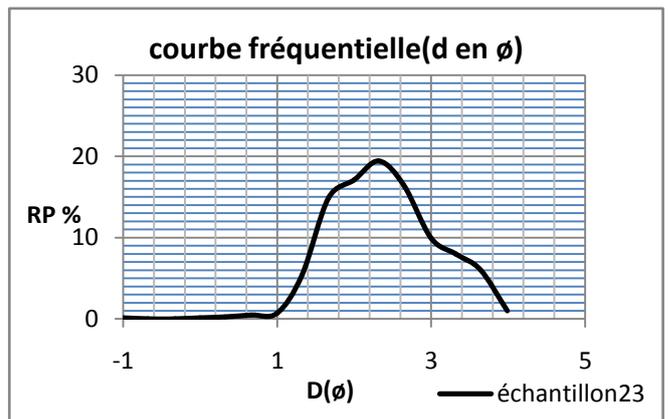
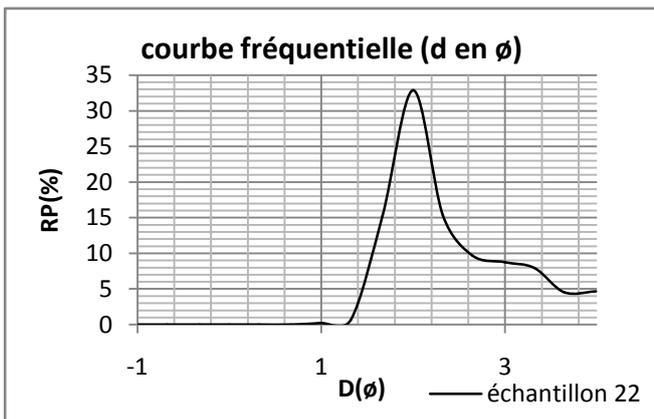
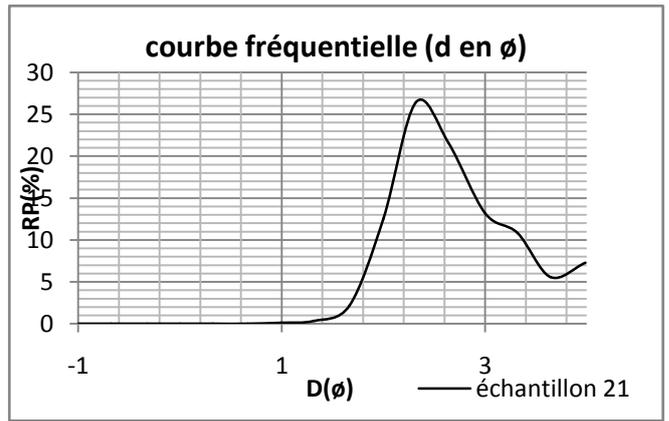
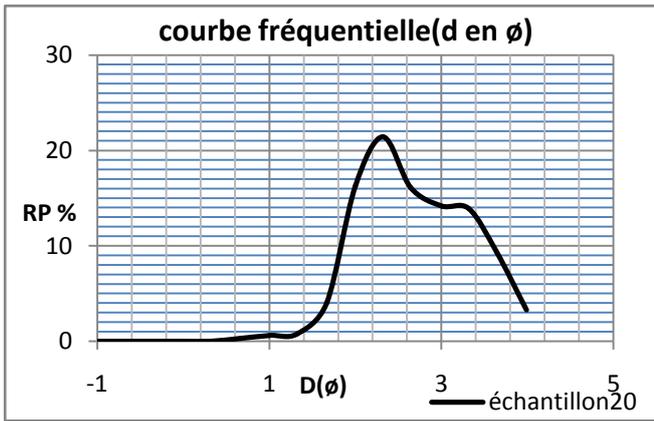


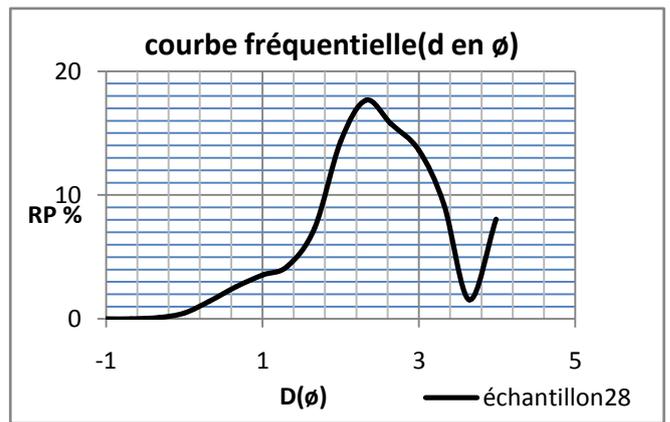
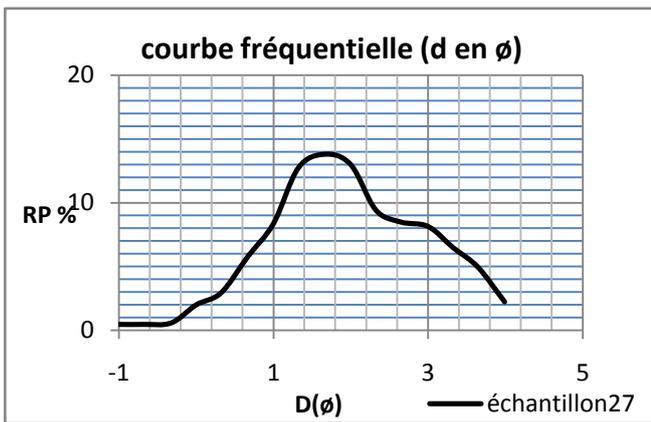
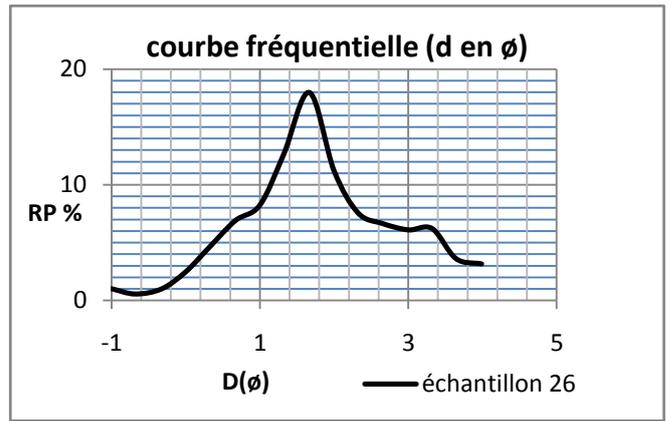
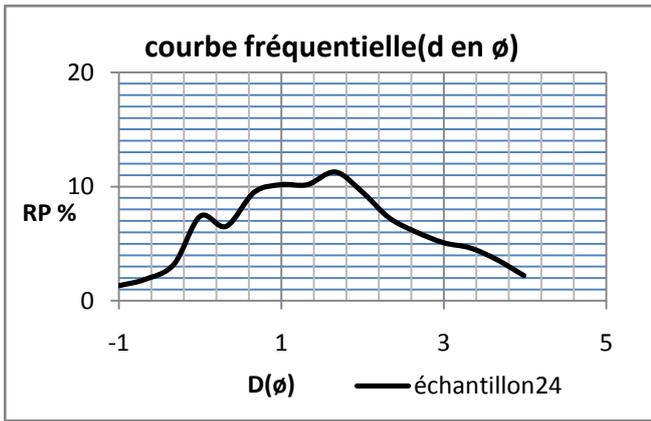












II. ANNEXES 2 : COURBES GRANULOMETRIQUES

