



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université 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  
Option : Géologie des bassins sédimentaires

### Thème :

**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 »**

### Présenté par :

Athmane Houideg & Mohamed Chegrouche

### Devant le jury :

Hocine BENHAMADI	MCB	ULT- Tébessa	Président
Amor DEGAICHIA	MCB	ULT- Tébessa	Encadrant
Riad HADJAM	MAA	ULT- Tébessa	Examineur

Date de soutenance: .....

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

## ملخص

هذا العمل هو استمرار لدراسة الرسوبيات الشاطئية التي يقوم بها منذ سنة 2013 الدكتور عمر دقايشية و طلبته. و سمحت لنا دراستنا للرمال الشاطئية للجزء الشرقي من شاطئ الرمال الذهبية لبحيرة ملاح (القالة) المحاذي لخليج بونة الواقع ( شمال شرق الجزائر) بفهم ديناميكية نقل و توضع هذه الرسوبيات.

تتميز منطقة الدراسة بوجود صخور متحولة، تكشفات جيولوجية نوميدية ، تلية، فليشات ماسيلية، تشكيلات من العصر الجيولوجي الثالث و الرابع .

وفقا للتحليل المجهرى، تبين أن معظم حبيبات الرمل مصقولة و براقه مما يدل على سيطرة النقل النشط بواسطة المياه البحرية

تؤكد الرسومات البيانية بين المعاملات الرسوبية، أن جل الرسوبيات المكونة لشاطئ الرمال الذهبية ذات حجم متوسط و متناظرة، وهي مرتبة بشكل جيد ولها نفس الاستجابة لعوامل النقل و التوضع.

وقد أكدت التحليلات الحبيبية لهذه الرواسب الرملية بعد فهم تطور المعاملات الحبيبية للرمل المدروس، مورفولوجيا حبيبات الرمل، ومستويات معتبره في نسبة كربونات الكالسيوم في هاته الرواسب الرملية تؤكد إحتواءها على كمية معتبرة من بقايا قواقع الرخويات البحرية.

# Abstract

This master's work is a continuation of the studies that have already been initiated since 2013 by Dr. A. DEGAICHIA. It allowed us to understand the dynamics and sedimentary evolution of the coastal sands of the eastern part of the Sables d'Or beach of Mellah (El Kala, El Tarf - NE of Algeria).

The study area is characterized by the presence of metamorphic formations, Numidian and Tellian nappes, and Massylian flyschs, tertiary and quaternary formations.

The coastal sands of the eastern part of the Sables d'Or beach contain a high proportion in blunt shiny grains of quartz implying an active transport by marine waters.

The relational diagrams between ( $S_{ki}$ ,  $\delta_i$  and  $M_z$ ) confirm that the majority of the sediments are symmetrical coastal sands, generally of medium size. They are very well classified sands and their distribution is almost mesokurtic.

The high levels of calcium carbonates in the majority of the sediments indicate enrichment in malacological content.

# Résumé

Ce travail de master est une continuation des études qui ont été initiées depuis 2013 par Dr. A. DEGAICHIA et ses étudiants. Il nous a permis de comprendre la dynamique et l'évolution sédimentaire des sables côtiers de la partie orientale de la plage Sables d'Or du Lac Mellah (El Kala, El Tarf - NE de l'Algérie).

La zone d'étude est caractérisée par la présence des formations métamorphiques, des nappes numidiennes et telliennes, des flyschs massyliens et des formations tertiaires et quaternaires.

D'après l'analyse morphoscopique, la quasi-totalité des grains des sables sont subémoussés luisants, ce qui indique un transport actif par les eaux marines.

Les diagrammes relationnels entre ( $S_{ki}$ ,  $\delta_i$  et  $M_z$ ) confirment que la majorité des sédiments sont des sables côtiers symétriques, généralement de taille moyenne. Il s'agit de sables très bien classés, à distribution mésokurtique.

Les taux élevés des carbonates de calcium dans la majorité des sédiments indiquent un enrichissement en contenu malacologique.

# Dédicaces

Nous dédions ce travail à nos chers parents et nos familles qui ont toujours été là pour nous et pour leurs soutiens tout au long de nos parcours universitaires, aussi pour leurs encouragements et à tous nos proches et collègues.

*Athmane Houideg & Mohamed Chegrouche*

# Remerciements

Nous voudrions dans un premier temps remercier, notre directeur de mémoire « M. A. Degaichia » pour sa patience, sa disponibilité, de nous avoir encadrés, orientés, aidés, soutien inestimable et surtout ses sages conseils qui ont contribué à alimenter nos réflexions ; Aussi pour le temps qu'il a consacré à nous apporter les outils méthodologiques indispensables à la bonne conduite de ce mémoire.

Nous désirons également remercier toute l'équipe pédagogique et les professeurs de l'université de Tébessa surtout ceux du Département des Sciences de la Terre et de l'Univers, et les intervenants professionnels responsables de notre formation.

Nous remercions nos chers parents et nos familles qui ont toujours été là pour nous, aussi pour leurs encouragements.

Nous voudrions exprimer nos reconnaissances envers les amis et collègues qui nous ont apportés leur soutien moral et intellectuel tout au long de nos démarches.

Enfin, à tous ces participants, nous présentons nos remerciements et notre respect, et aux personnes qui ont contribué au succès de la réalisation de ce travail.

# Table des matières

Dédicaces.....	5
Remerciements.....	6
Liste des tableaux.....	10
Liste des figures.....	11
<b>CHAPITRE I : INTRODUCTION GÉNÉRALE.....</b>	<b>13</b>
I. OBJECTIFS DE L'ETUDE .....	13
II. CADRE GEOGRAPHIQUE.....	13
III. ORO-HYDROGRAPHIE ET CLIMAT.....	15
A. Le climat.....	15
1. Classification climatique.....	15
2. Température et précipitations moyens.....	16
B. Relief et hydrographie .....	17
C. Les vents .....	18
1. Vitesse du vent.....	18
2. Rose des Vents.....	19
<b>CHAPITRE II : GÉOLOGIE RÉGIONALE ET LOCALE .....</b>	<b>21</b>
I. Introduction.....	21
II. Les Formations Post-Nappes.....	22
A. La Plaine d'Annaba/Boutheldja.....	22
B. Remplissage plio-quaternaire.....	22
1. Pliocène.....	22
2. Fin du Pliocène .....	22
C. Remplissage quaternaire.....	23
III. LA FORMATION DES DUNES.....	23
IV. Les Eboulis de Pente .....	23
V. Les formations AntÉ-nappes .....	24
A. Nappe numidienne (Argiles sous-numidiennes).....	24
1. Les Grès numidiens .....	24
2. Les Argiles supra-numidiennes.....	24
B. Les Flyschs massyliens .....	24
1. Les Flyschs à Microbrèches .....	24
C. Le Tellien.....	24
<b>CHAPITRE III : LES PLAGES.....</b>	<b>27</b>
I. Introduction.....	27
II. LES TYPES DES PLAGES.....	27
III. LES CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUE DES PLAGES.....	28

A.	Le haut de plage .....	29
B.	Le bas de plage.....	29
C.	L'estran.....	29
D.	L'avant plage .....	29
IV.	L'ORIGINE DES MATERIAUX ET LE BUDGET SEDIMENTAIRE DES PLAGES .....	29
V.	LES DUNES LITTORALES.....	30
A.	Les dunes élémentaires .....	30
B.	Les avant dunes.....	30
1.	Les barkhanes (en croissant) .....	31
2.	Les dunes transversales.....	31
3.	Les dunes paraboliques.....	32
4.	Les dunes longitudinales .....	32
5.	Les cordons de dune .....	32
6.	Les dunes d'étoiles.....	32
<b>CHAPITRE IV : ANAYLSES GRANULOMÉTRIQUES.....</b>		<b>34</b>
I.	Introduction.....	34
II.	Technique d'Échantillonnage et unites morphologiques de la plage Sables d'Or.....	34
III.	Modes d'analyses et traitement des Échantillons.....	35
IV.	Description des radiales Échantillonnées.....	35
V.	Analyses granulométrique des sables de la plage Sables d'Or.....	35
A.	Lithologique, faune et morphoscopie des sédiments des différentes radiales.....	35
B.	Évolution des indices morphoscopiques des sédiments de la plage Sables d'Or .....	37
1.	Degré d'usure .....	37
2.	Degré d'arrondi.....	38
3.	État de la surface .....	38
C.	Identification des paramètres granulométriques des sables de la plage de Sable d'Or .....	41
1.	Introduction.....	41
2.	Historique des recherches sédimentologiques antérieures.....	41
3.	Définitions et applications des coefficients granulométriques.....	43
VI.	Relations entre les paramètres sédimentologiques et les environnements de dépôts des sédiments de la plage Sables d'Or : .....	50
A.	Diagramme relationnel entre $(Mz/\delta_i)$ : .....	50
B.	Diagrammes relationnels $S_{ki} / Mz$ et $S_{ki} / \delta_i$ : .....	51
VII.	La calcimétrie.....	52
A.	Étape 01 : Montage du calcimètre .....	52
B.	Étape 02 : Préparer la mesure.....	53
C.	Étape 03 : La mesure.....	53
D.	Étape 04 : Le calcul de teneur en $CaCO_3$ .....	54



E. Résultats des analyses.....	54
<b>CONCLUSION</b> .....	58
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	59
I. Annexe 01 : COURBES GRANULOMÉTRIQUES.....	62
II. Annexe 02 : Courbes fréquentielles .....	67

## Liste des tableaux :

Tableau 1 : Les coordonnées géographiques des sept radiales échantillonnées.....	15
Tableau 2 : Classification climatique selon Koppen-Geiger .....	15
Tableau 3 : Description globale des échantillons des radiales étudiées. ....	37
Tableau 4 : Pourcentages des indices de l'évolution morphoscopique des grains de sable de la plage Sables d'Or .....	39
Tableau 5 : Analyse modale des échantillons des 07 radiales.....	44
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des paramètres sédimentologiques .....	49
Tableau 7 : Représentation des taux des carbonates de calcium.....	55

# Liste des figures :

Figure 1 : Situation et limites géographique de la zone étudiée.....	14
Figure 2 : Classification climatique de Koppen-Geiger.....	16
Figure 3: Histogramme présente la température et la précipitation à El Tarf .....	17
Figure 4 : Réseau hydrographique du bassin du lac mellah. ....	18
Figure 5: Histogramme présente la vitesse du vent à El Tarf.....	18
Figure 6: Rose représentative des directions des vents dominants dans la région d'El Tarf.....	19
Figure 7 : Extrait de la carte géologique de l'Algérie orientale établie par Wildi, 1983.....	21
Figure 8: Schéma illustrant la forme d'une plage ouverte, .....	28
Figure 9: Profil transversal d'une plage. ....	28
Figure 10 : Gain et perte de sédiments par une plage. ....	30
Figure 11 : Les différentes formes et sources de dunes côtières .....	31
Figure 12 : Unités morphologiques de la plage Sables d'Or .....	34
Figure 13 : Niveau riche en mollusques .....	36
Figure 14 : Évolution du degré d'usure des grains de sables des sédiments de la plage Sables d'Or.....	37
Figure 15 : Évolution de l'arrondi des grains de sables des sédiments de la plage Sables d'Or .....	38
Figure 16 : Évolution d'éclat des grains de sables des sédiments de la plage Sables d'Or .....	39
Figure 17 : Morphoscopie des sédiments de la plage Sables d'Or.....	40
Figure 18 : Échelle de classification granulométrique.....	42
Figure 19 : Courbe de fréquence (classement et asymétrie) .....	43
Figure 20 : Modes de quelques échantillons de la plage Sable d'Or.....	45
Figure 21 : Évolution du grain moyen dans les sédiments des sept radiales .....	46
Figure 22 : Évolution de l'indice de classement des sédiments de la plage Sable d'or .....	47
Figure 23 : Évolution de l'indice d'asymétrie des sédiments de la plage Sable d'Or .....	48
Figure 24 : Courbe de fréquence illustrant les différentes distributions du kurtosis .....	48
Figure 25 : Évolution de l'indice d'acuité des sédiments de la plage Sable d'Or .....	49
Figure 26 : Diagramme relationnel ( $Mz / \delta_i$ ).....	50
Figure 27 : Diagramme relationnel ( $Ski / Mz$ ).....	51
Figure 28 : Diagramme relationnel ( $Ski / \delta_i$ ).....	51
Figure 29 : Calcimètre de Bernard.....	52
Figure 30 : Balance électrique ( $10^{-1}$ ).....	53
Figure 31 : Évolution des taux des carbonates de calcium pour les sept radiales .....	56

**CHAPITRE I**  
**INTRODUCTION GÉNÉRALE**

# CHAPITRE I : INTRODUCTION GÉNÉRALE

## I. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Ce travail a pour but d'étudier la sédimentologie et de comprendre la dynamique sédimentaire et l'évolution calcimétrique et morphoscopique des dépôts quaternaires de la plage Sables d'Or de la rive orientale du lac Mellah (El Kala, El Tarf), au voisinage du Cap Rosa. C'est un travail complémentaire aux travaux réalisés par A. Degaichia et ses étudiants depuis 2013.

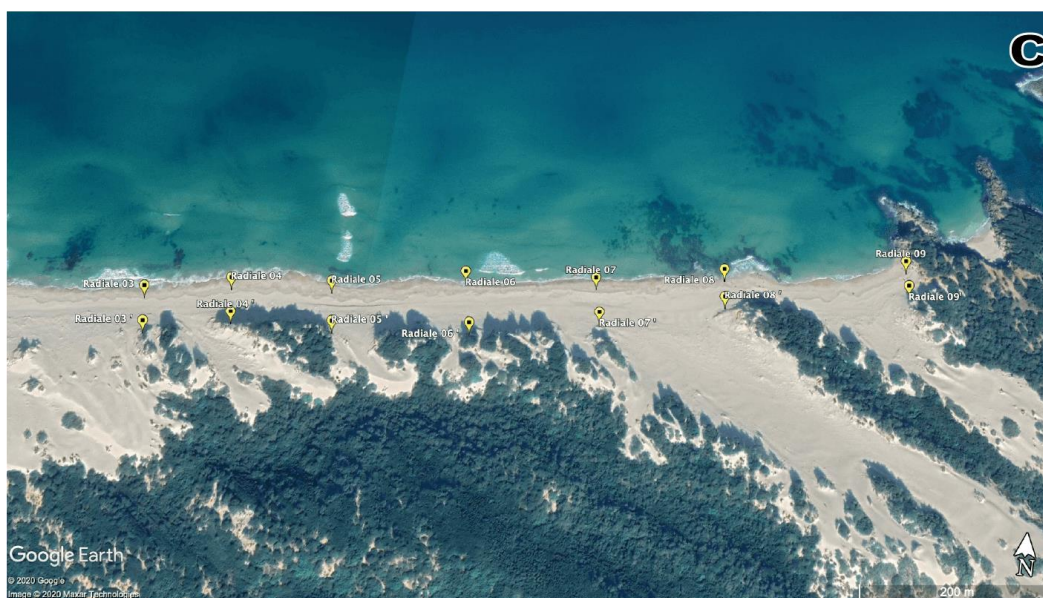
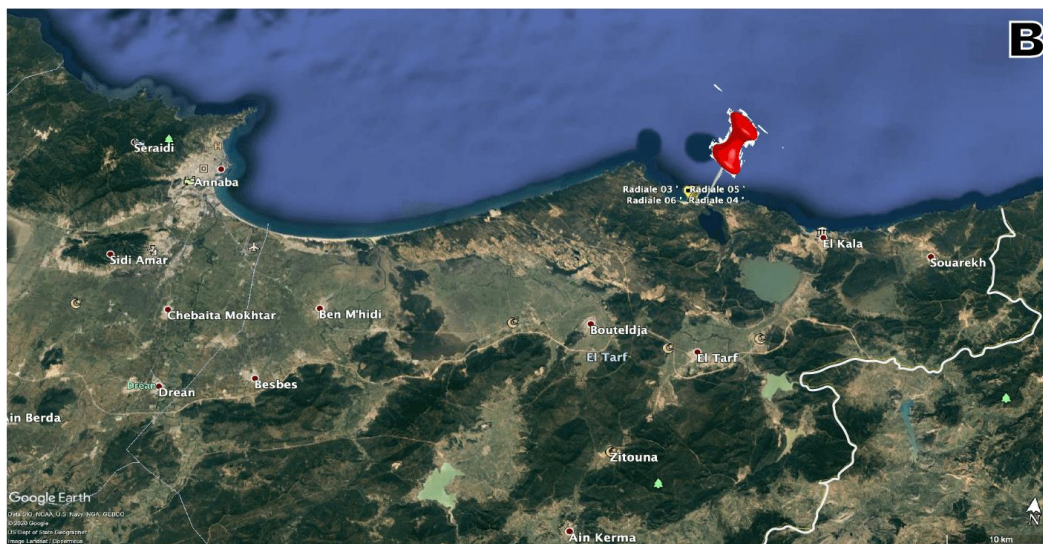
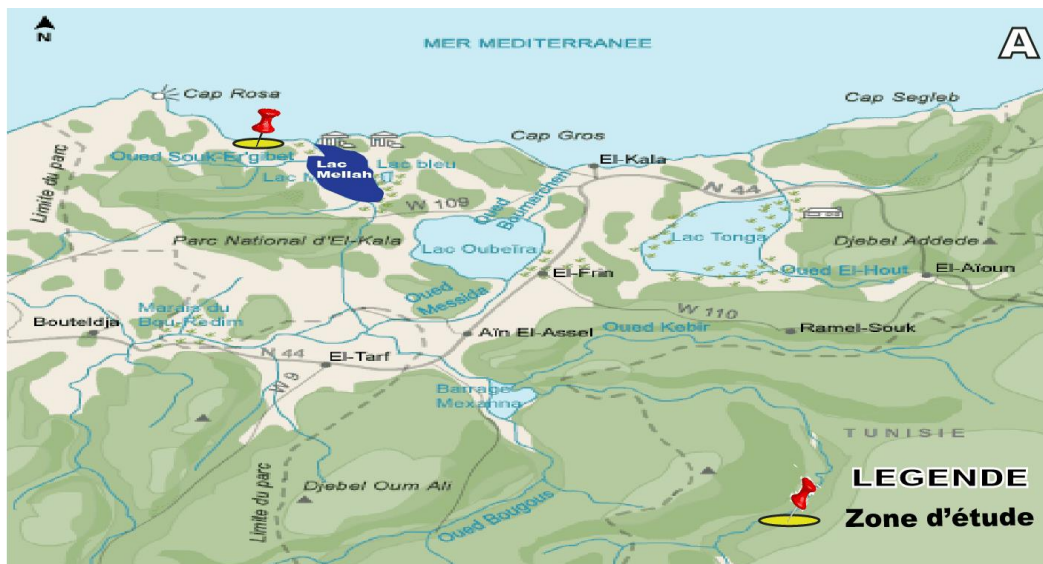
Afin de suivre l'évolution sédimentologique des dépôts de la plage Sables d'Or, les analyses détaillées ci-dessous ont été effectuées au laboratoire des Sciences de la Terre et l'Univers de l'université Larbi Tébessi- Tébessa (A. Degaichia, 2001) :

- Analyse granulométrique par tamisage à sec, afin de séparer les grains selon leurs tailles et déterminer les modes de transport et dépôt ;
- Analyse morphoscopique des grains des sables pour connaître le dynamisme des courants porteurs des différents stocks granulométriques des sables étudiés ;
- Analyse calcimétrique pour estimer l'évolution et les variations du pourcentage des carbonates entre le cordon dunaire et la ligne de rivage.

## II. CADRE GEOGRAPHIQUE

La plage Sables d'Or est limitée au Nord par la mer Méditerranéenne, et au sud par les forêts de la Kroumirie. Elle se situe à 6 Km au NW du Lac Mellah, et à 22 Km au NW du centre-ville d'El Kala.

Les Figures ci-dessous (Fig.1A, 1B, 1C) montrent la situation et les limites géographiques de la zone d'étude, ainsi le tableau ci-dessous précise les coordonnées géographiques des radiales étudiées.



**Figure 1 : Situation et limites géographique de la zone étudiée.**

A : Situation et limites géographiques de la zone étudiée.

B : Localisation géographique de la zone d'étude (plage Sables d'Or (Google earth, 2020). C : Localisation des radiales échantillonnées, (Google earth, 2020).

**Tableau 1 : Les coordonnées géographiques des sept radiales échantillonnées**

Radiales	Les coordonnées géographiques	
	Latitudes	Longitudes
R3	36°54'54.84"N	8°17'34.13"E
	36°54'53.41"N	8°17'34.59"E
R4	36°54'55.50"N	8°17'38.09"E
	36°54'54.11"N	8°17'38.51"E
R5	36°54'55.81"N	8°17'42.76"E
	36°54'54.18"N	8°17'43.17"E
R6	36°54'56.77"N	8°17'48.95"E
	36°54'54.68"N	8°17'49.47"E
R7	36°54'57.07"N	8°17'55.08"E
	36°54'55.65"N	8°17'55.37"E
R8	36°54'57.93"N	8°18'1.05"E
	36°54'56.79"N	8°18'1.10"E
R9	36°54'58.96"N	8°18'9.52"E
	36°54'57.95"N	8°18'9.60"E

### III. ORO-HYDROGRAPHIE ET CLIMAT

#### A. Le climat

La région est soumise à un climat méditerranéen, marquée par deux saisons différentes : l'une humide (Octobre et Mai) environ 12°C et l'autre sèche et chaude (Juin-Septembre) environ 25° C. A la saison humide, les pluies peuvent être diluviennes ; La moyenne annuelle de précipitation de la région d'El Tarf est de l'ordre de 632,5mm.Ce climat est considéré comme **Csa** selon la classification climatique de Köppen-Geiger.

#### 1. Classification climatique

**Tableau 2 : Classification climatique selon Koppen-Geiger**

Classification	Compter	Köppen-Geiger	Exemples
Climat méditerranéen chaud-été	42	Csa	Besbes, El Tarf, Aïn El Assel, Zourami Ali, Chbaïta Mokhtar



World map of Köppen climate classification for 1901–2010

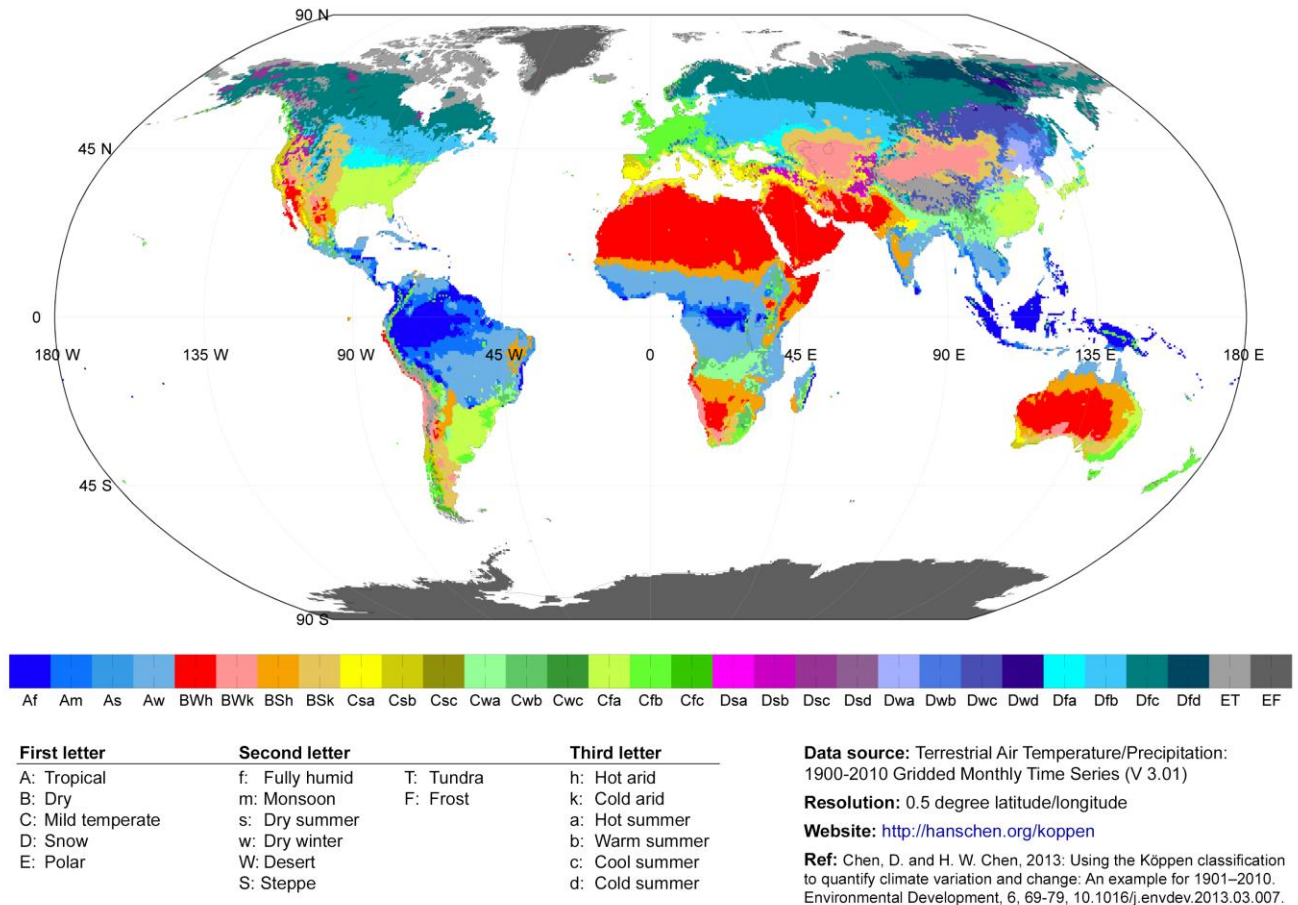


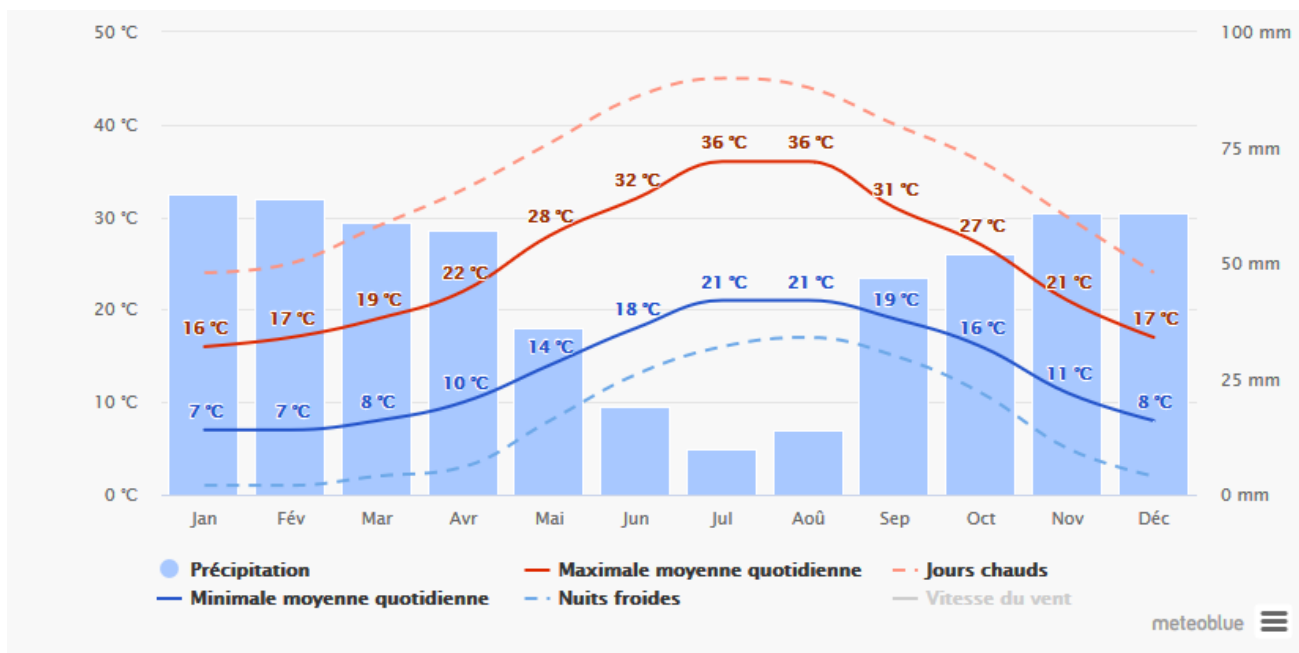
Figure 2 : Classification climatique de Köppen-Geiger.

## 2. Température et précipitations moyens

La "maximale moyenne quotidienne" (ligne rouge continue) montre la température maximale moyenne d'un jour pour chaque mois pour El Tarf. De même, «minimale moyenne quotidienne" (ligne bleu continue) montre la moyenne de la température minimale. Les jours chauds et les nuits froides (lignes bleues et rouges en pointillé) montrent la moyenne de la plus chaude journée et la plus froide nuit de chaque mois des 30 dernières années. Pour la planification de vacances, vous pouvez vous attendre à des températures moyennes, et être prêt à des jours plus chauds et plus froids. La vitesse du vent n'est normalement pas affichée, mais peut être ajustée en bas du graphique.

Le graphique des précipitations est utile pour la planification des effets saisonniers, tels que climat de mousson en Inde ou la saison des pluies en Afrique. Précipitations mensuelles supérieures à 150mm sont pour la plupart humides, en dessous de 30mm généralement séchés. Note : Les quantités de précipitation simulée dans les régions tropicales et terrains complexes tendent à être plus petites que les mesures locales.





**Figure 3: Histogramme présente la température et la précipitation à El Tarf. (Source : [https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/el-tarf\\_alg%c3%a9rie\\_24](https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/el-tarf_alg%c3%a9rie_24))**

## B. Relief et hydrographie

La région d'El Kala possède une diversité géomorphologiques, ceci montre un paysage très riche, on peut citer :

- Les montagnes telliennes : Une partie du versant Nord des monts d'El Kala s'élève pour atteindre une altitude moyenne de 1100 mètres. Les monts, dont les lignes de crêtes sont approximativement orientées Ouest, Sud-Ouest – Est, Nord-Est ;
- Les cordons dunaires littoraux ;
- Les plaines sub-littorales.

Trois (03) types de dunes considérées géologiquement récentes, existent dans la zone littorale : les dunes littorales, les dunes sub-littorales et les dunes intérieures.

Les ensembles dunaires du lac Mellah, de Cap Rosa, de la Messida et de Cap Roux, correspondent à des oueds assurant le transport vers la côte des sables issus de la désagrégation du manteau gréseux. Ces matériaux finissent par s'accumuler sur les plages pour être repris par le vent pour former les dunes. Par endroit, le sable éolien arrive jusqu'aux abords des lacs importants (Mellah, Oubeïra et Tonga).

Aussi, ces cordons dunaires constituent une véritable barrière entre la plaine intérieure et la mer ce qui gêne le drainage. Seul l'Oued Mafragh est capable de la traverser, bien qu'il soit souvent obstrué en hiver). (Source : <http://geosciencesmarinesalgerie.com/2019/12/30/indicateur-de-la-wilaya-de-del-tarf/>).

La configuration du terrain de la région d'El Kala détermine trois systèmes d'organisation hydrographiques : La partie Sud-Est est drainée par trois Oueds ;

- La partie orientale est caractérisée par plusieurs oueds en général à faible débit ; ils s'écoulent en majorité dans la plaine d'Oum Teboul ;
- La partie Ouest est également parcourue par de nombreux oueds, qui se déversent pour la plupart dans les lacs Mellah et Oubeira (Bouazouni, 2004) ; Le bassin du Lac Mellah (Fig.4)

est drainé par trois oueds à écoulement pérenne mais dont les débits baissent à l'été pour ne devenir souvent que de minces filets d'eau alimentés par les sources qui ne tarissent pas avec la baisse estivale du niveau des nappes (Bouazouni, 2004).



Figure 4 : Réseau hydrographique du bassin du lac mellah.

### C. Les vents

#### 1. Vitesse du vent

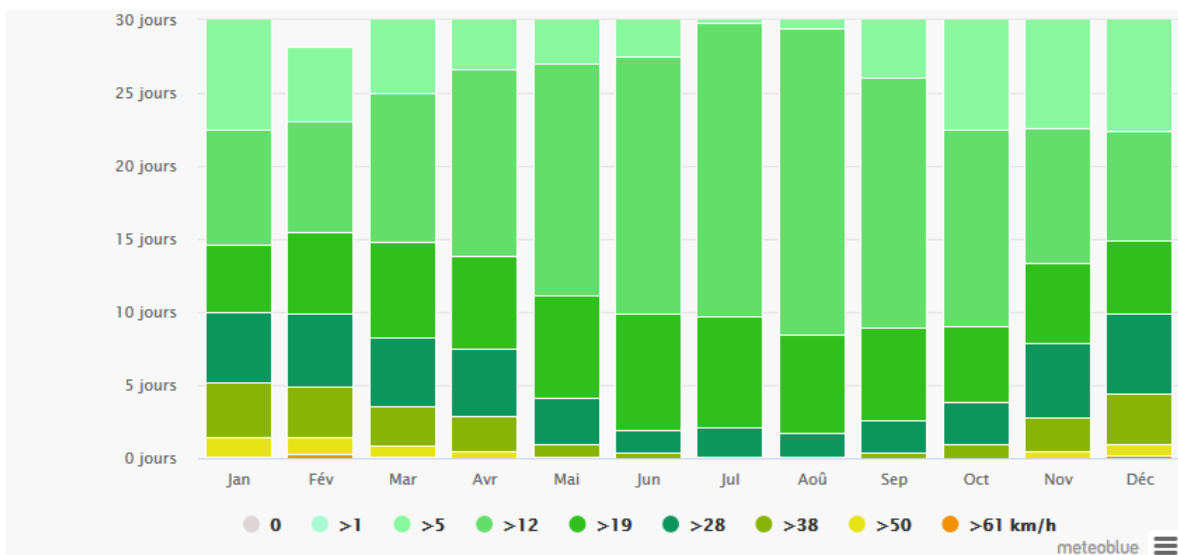


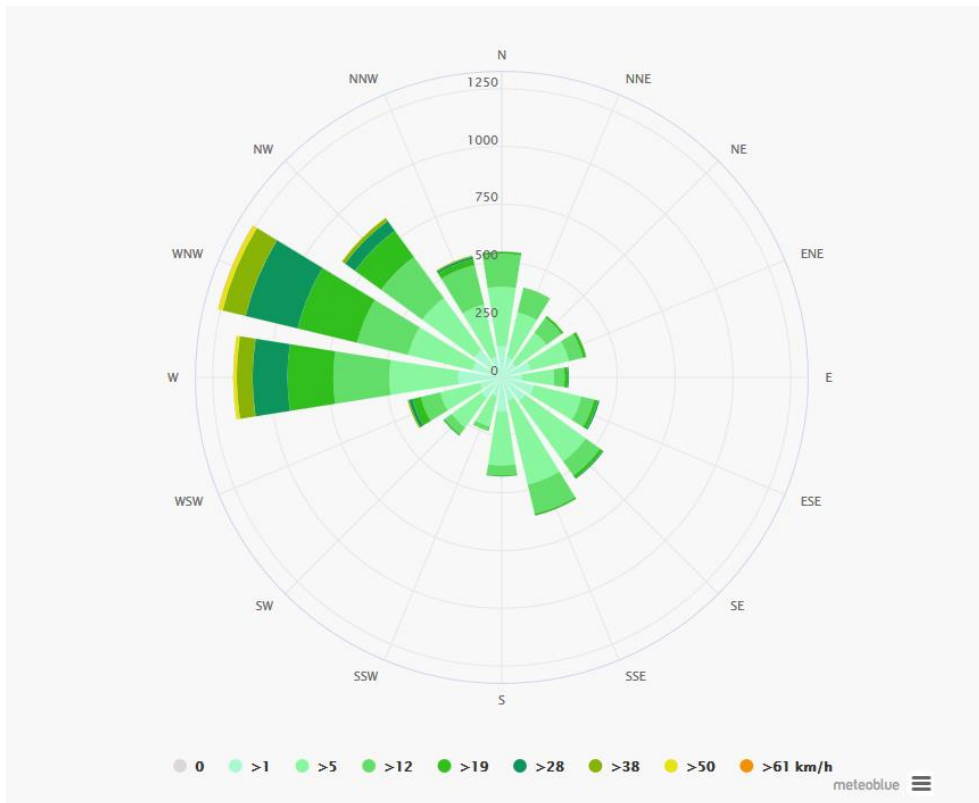
Figure 5: Histogramme présente la vitesse du vent à El Tarf, (Source : [https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/el-tarf\\_alg%c3%a9rie\\_2497323](https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/el-tarf_alg%c3%a9rie_2497323))

Le diagramme d'El Tarf montre les jours par mois, pendant lesquels le vent atteint une certaine vitesse. Un exemple intéressant est le plateau tibétain, où la mousson crée des vents forts et réguliers de

Décembre à Avril et des vents calmes de Juin à Octobre. Les unités de vitesse du vent peuvent être modifiées dans les préférences (en haut à droite), (Fig.5).

## 2. Rose des Vents

La Rose des Vents pour El Tarf montre combien d'heures par an le vent souffle dans la direction indiquée. Exemple SO : Le vent souffle du sud-ouest (SO) au nord-est (NE). Cap Horn, le point de la terre plus au sud en Amérique du Sud, dispose d'un fort vent de l'Ouest caractéristique, qui produit des traversées d'est en ouest très difficiles, surtout pour les voiliers (Fig.6).



**Figure 6: Rose représentative des directions des vents dominants dans la région d'El Tarf, (Source : [https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/el-tarf\\_alg%c3%a9rie\\_2497323](https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/el-tarf_alg%c3%a9rie_2497323))**

**CHAPITRE II**  
**GÉOLOGIE RÉGIONALE ET LOCALE**

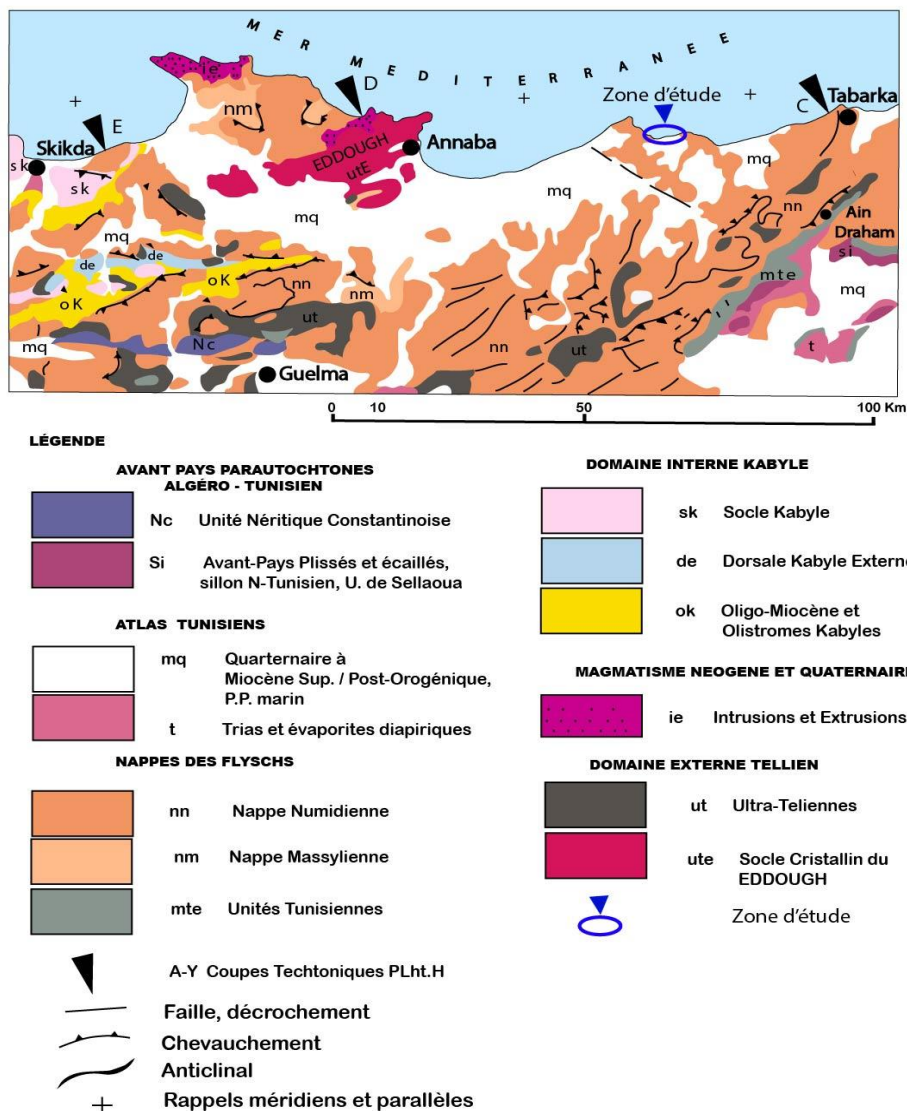
# CHAPITRE II : GÉOLOGIE RÉGIONALE ET LOCALE

## I. INTRODUCTION

Afin de comprendre la géologie de la zone d'étude, il convient de décrire la géologie cette région. Les études antérieures (L.Joleaud, 1936 ; J.M. Vila, 1980 et A. Marre, 1987) ont décrit ces terrains géologiques de la manière qui suit :

Des formations antérieures à la mise en place des nappes (le Numidien et le Tellien) et des formations post-nappes (les formations récentes). (A.Marre, 1987).

Toutes ces unités constituent des alternances de terrains d'origine diverses du fait du charriage de ces masses de terrain, parfois sur de très grandes distances. Les formations qui les constituent sont complètement disloquées, d'où la complexité des traits tectoniques. Ces formations sont principalement d'âge tertiaire et quaternaire.



CARTE STRUCTURALE ET GEOLOGIQUE DE LA CHAÎNE TELLO-RIFAINE établie par (WILDI, 1983)

Figure 7 : Extrait de la carte géologique de l'Algérie orientale établie par Wildi, 1983 (modifiée).

## II. LES FORMATIONS POST-NAPPES

### A. La Plaine d'Annaba/Boutheldja

Depuis la fin du Tertiaire, la plaine d'Annaba correspond à un bassin d'effondrement (Graben) dans lequel subsistent quelques petits horsts qui forment aujourd'hui les massifs gréseux du centre de la plaine (Denden et Daghoussa). La plaine d'Annaba est constituée essentiellement par des formations d'âge Mio-Pliocène et Quaternaire, représentées par les faciès suivants :

- Faciès marin : plus ancien, caractérisé par des marnes bleues avec des intercalations calcaires.
- Faciès fluvial : bien développé, formé de galets, de sable, d'argile le long des oueds.
- Faciès continental : il est lié aux dépôts des fosses d'effondrement. Ces derniers sont déterminés par la prospection sismique, et sont au nombre de deux (Sonatrach. BEICIP, 1969 et B. Saaidia, 1992) :
  - L'une, orienté S-N ou Fosse de Ben Ahmed.
  - L'autre, orienté SW-NE ou Fosse de Ben Mhidi.

Ces deux fosses sont séparées par l'élévation de Daghoussa. Cet effondrement s'est produit au cours du Mio-Pliocène.

L'histoire de la Plaine d'Annaba remonte probablement au début du Miocène Supérieur qui coïncide avec la régression de la Mer Miocène vers le Nord. Ce changement de niveau de base local a accentué la torrentialité, favorisant un charriage important des matériaux vers le paléorivage et le remplissage des fosses de la plaine. La géométrie des fosses a largement conditionné le remplissage par les apports de conglomérats. A mesure que le remplissage s'accroît, la vitesse de la subsidence augmente, donc épaissement de la partie médiane, et amincissement sur les bords. En effet, cette subsidence est confirmée à la surface par l'absence totale de niveau de terrasse dans la plaine. Cependant, des terrasses témoins sont restées perchées aux pieds des massifs gréseux dominant la plaine.

### B. Remplissage plio-quaternaire

#### 1. Pliocène

Au Pliocène : débute le retrait de la mer et le soulèvement probable de l'arrière-pays Annabi. Ceci s'est traduit par un abaissement des niveaux de base locaux qui a certainement accentué la torrentialité des oueds, tributaire de la Méditerranée. (L. Joleaud, 1936)

#### 2. Fin du Pliocène

A la fin du Pliocène, il semble que la morphogenèse est restée très active sur le continent. La plaine voyait s'accumuler des masses de matériaux très importants. Cette sédimentation, beaucoup plus irrégulière, discontinue en épaisseur, donne des variations latérales et verticales de faciès extrêmement rapide. Il est probable que la subsidence accélérée de la plaine a contribué aux changements brutaux des matériaux charriés. En effet, il est vraisemblable que la Seybouse coulait autrefois vers le Nord-Est suivant l'axe de la dépression de Ben Mhidi et participait son remplissage par les conglomérats. La subsidence beaucoup plus accélérée de la fosse de Ben Ahmed d'orientation Nord-Sud a abouti à sa capture.

L'observation de la carte topographique montre que le tronçon de la Seybouse situé dans le prolongement de la dépression de Ben Mhidi est constitué d'une série de méandres. En quittant cette zone de perturbation, l'oued montre un tracé rectiligne malgré la proximité de l'embouchure.

### **C. Remplissage quaternaire**

La subsidence de la plaine, toujours active, a empêché les oueds de s'encaisser et de dégager des terrasses qui nous permettent de suivre l'évolution morphologique de la plaine pendant le quaternaire. Il est cependant clair que cette plaine a connu une alternance de périodes humides caractérisées essentiellement par la multiplication des lacs où se décantent des sédiments argilo-limoneux de couleur rouge-grisâtre et des périodes sèches caractérisées par une déflation importante qui a comblé ces dépressions asséchées. Il en résulte des lentilles alimentées par le vent et réparties selon la topographie héritée de la période humide. C'est cette alternance des épisodes pluvieux et des inter-pluvieux, qui a déterminé la variation du niveau de la mer, et qui est certainement à l'origine de l'avancée de la mer sous forme de rias et de lagunes, d'où des épaisseurs assez importantes de sable, qui apparaissent dans certains forages et qui renferme la nappe phréatique de la plaine.

### **III. LA FORMATION DES DUNES**

Cependant, les dépôts du massif dunaire résultent de l'érosion des paléo-reliefs argilo-gréseux et gneissique, qui ont été ravinés par les cours d'eaux, conduisant une grande quantité de matériels détritiques vers la mer. Le sable, roche détritique, provient de la délapidification des grés numidiens. Il est blanc ou jaune clair, fin, meuble, et renfermant une proportion d'argile qui augmente en profondeur.

La formation de ces dunes de sable a été effectuée en deux cycles de régression et transgression marines. (R. Nouacer, 1993).

Le premier cycle (régression), a donné des dunes anciennes qui ont été lithifiées en bordure de la mer. C'est dans cette formation que les paléotalwegs se creusaient en conservant jusqu'aujourd'hui l'allure qu'ils avaient, avant la mise en place des sables.

Le second cycle (transgression), moins remarquable, a abouti à la formation des dunes récentes et actuelles suivi par une phase d'érosion aboutissant aux éboulis récents provenant des massifs numidiens. Par la suite, ces dunes ont été fixées par une végétation jusqu'à ce qu'elles deviennent inactivés.

### **IV. LES EBOULIS DE PENTE**

Tous les versants des vallées des Monts de la Cheffia portent des coulées qui sont souvent le résultat d'un important déséquilibre (MARRE. A, 1987). La tendance au déséquilibre a existé pendant tout le quaternaire où les versants furent toujours favorables aux glissements et aux coulées, d'autant plus que les conditions climatiques étaient particulièrement froides et humides. Après l'important creusement que les cours d'eau ont réalisé en sapant la base des versants, la pente s'accélère alors et la force de la pesanteur est plus forte que les forces de cohésion des roches. Des dépôts d'éboulis tapissent leurs cicatrices de départ permettent de les situer dans le temps au début de la dernière période froide du Quaternaire. (A. Marre, 1987).

C'est cette humidité qui est responsable des altérations, du colluvionnement, et aussi des coulées des versants. Les versants dominés par les abrupts sont recouverts d'éboulis de pente et de colluvions ; ces derniers proviennent de la dégradation des escarpements gréseux et du remaniement des formations d'argiles sous-numidiennes.



## V. LES FORMATIONS ANTÉ-NAPPES

Ce sont des unités allochtones (flyschs et Nappes), l'orientation NE –SW est le trait structural dominant des formations anté-nappes. Ce sont des formations géologiques sédimentaires dont on note :

### A. Nappe numidienne (Argiles sous-numidiennes)

Le terme numidien est actuellement conservé en tant qu'appellation de faciès. Il désigne la série grés-argileuse principalement Oligocène. Cette formation est largement représentée dans notre région d'étude. Elles affleurent à la base de la majeure partie des Monts de la Cheffia, au Sud-Est de Boutheldja (Djebel Hdjar Siah, Bourdim). Ces formations limitent les alluvions de l'Oued Bougous à l'Est et l'Oued Guergour à l'Ouest. Ces faciès affleurent généralement dans la zone d'Ain Assel. Ils ne sont pas visibles sur le terrain à part quelques petits affleurements, car la végétation les recouvre :

#### 1. Les Grès numidiens

Ce sont des grès quartzeux plus au moins consolidés de couleur rouge à jaunâtre due à la présence de grains de sables et de fer. Souvent, ces bancs de grès sont lenticulaires passant latéralement aux argiles d'âges Aquitanien. L'Aquitanien présente une intense fracturation, ce qui favorise la circulation des eaux souterraines. Cette formation affleure dans toute la région constituant les bordures des plaines et le substratum des formations alluvionnaires sur les deux rives de l'Oued Kébir. On les rencontre également au Sud des Monts de la Cheffia.

#### 2. Les Argiles supra-numidiennes

Elles représentent la partie supérieure de la série numidienne d'âge Burdigalien qui se trouve souvent en alternance avec les grès sous-jacents. On peut les rencontrer souvent dans les Monts de la Cheffia.

### B. Les Flyschs massyliens

Ce terme a été proposé par Raoult (J.F. Raoult, 1974) au Nord du Kef Sidi Driss (Constantine) pour une série allant du Néocomien au Lutétien. Découvert en 1946 dans les Monts de la Cheffia par P. Marie et A. Lambert (Sonatrach, BEICIP, 1969). On les rencontre à plusieurs endroits dans les Monts de la Cheffia en série monotone. Ils sont constitués essentiellement par les marnes feuilletées avec de minces bancs de calcaires ou en épaisses séries d'argiles grises, comportant des intercalations de plaquettes gréseuses. L'âge du flysch est essentiellement Sénonien, mais le terme plus général de flysch à microbrèches est retenu puisque cette formation pourrait ne pas se limiter au Sénonien. En effet, certains niveaux sont datés du Lutétien et appartiennent à cette formation.

#### 1. Les Flyschs à Microbrèches

Les flysch à microbrèches affleurent de part et d'autre de l'oued Cheffia en série monotone de marnes feuilletées et de minces bancs de calcaires brun-roux. Aussi, dans les études géologiques de l'emplacement du barrage de Cheffia et qui ont été effectuées par Moussu (Moussu, H, 1954), ils sont décrits comme une série continue comprenant le Campanien-Maestrichtien, le Paléocène, l'Eocène Inférieur et Supérieur et l'Oligocène.

### C. Le Tellien

Définis par Durand-Delga (M. Durand-Delga, 1969), Il se caractérise par une puissante série marneuse s'étendant du Crétacé inférieur au Lutétien inférieur, au milieu de laquelle s'intercale l'unité caractéristique des calcaires noirs fétides datés (Yprésien-Lutétien Inférieur). Ces calcaires noirs fétides ont un faciès classique et sont largement répandus en Algérie du Nord. Il s'agit d'un calcaire en bancs



réguliers de 0,5 à 1m, compacts argileux, comportant de minces lits marneux. L'épaisseur de cette unité est difficile à estimer et peut être de l'ordre de 100m. Cette formation est très spectaculaire à Sidi Trad (Sud-Est de Zitouna). On la rencontre aussi à Bouhadjar et Ain Karma.

**CHAPITRE III**  
**LES PLAGES**

# CHAPITRE III : LES PLAGES

## I. INTRODUCTION

La plage est une zone d'accumulation de sédiments meubles (sables, graviers, galets) se produisant en partie haute de l'estran. C'est un corps sédimentaire relativement instable, à cause :

- De l'absence de cohésion entre les éléments constitutifs ;
- De la variabilité des forces qui s'exercent sur eux au cours du temps.

Quand ces forces restent stables, la plage tend à acquérir un profil d'équilibre, Le profil instantané correspond à un changement, la plage évolue vers un autre profil d'équilibre. Le profil instantané correspond à un emboîtement de profils successifs, les profils hérités étant plus ou moins conservés ou dégradés.

Le façonnement de la pente d'équilibre dépend des caractéristiques de la houle principalement et du marnage (A. Degaichia et N. Salhi, 2013 ; N. Salhi, 2013).

Les matériaux des plages sont essentiellement des formations meubles constituées par :

- Des sables fins à grossiers (0,2 à 2 mm) ;
- Des graviers (2 mm à 2 cm) ;
- Des galets (2 à 20 cm) ;
- Des blocs (plus de 20 cm).

Les sédiments des plages sont caractérisés par leur mobilité perpendiculairement au rivage sous l'action des vagues et parallèlement au rivage sous celle de la dérive littorale engendrée par l'obliquité de la houle par rapport au trait de côte (Paskoff, 1998).

Le mouvement de va et vient des vagues, le jet de rive et la nappe de retrait, donne aux sédiments des plages un façonnement spécifique, grain de sable aux contours de forme sphérique au discoïde (A. Degaichia et N. Salhi, 2013 ; N. Salhi, 2013). (Fig.8)

## II. LES TYPES DES PLAGES

La plage se forme lorsque la quantité de matériaux disponibles sur un rivage dépasse le volume de sédiments que les vagues et les courants littoraux sont capables de déplacer. L'accumulation l'emporte alors sur l'érosion. La forme des plages varie en fonction de la configuration de la morphologie de la côte (Paskoff, 1998 ; N. Salhi, 2013).

Des plages en arc de cercle se forment souvent dans le fond des baies et golfes grâce à l'apport des cours d'eau qui déversent à la mer une charge solide importante, mais aussi parce que la réfraction de la houle s'y traduit par un affaiblissement de l'énergie des vagues.

Quand une dérive littorale charrie en abondance des sédiments, il se produit un dépôt partiel de ces sédiments en constituants de longues plages au tracé concave largement ouvert vers la mer et qui s'appuie sur des épaulements (R. Paskoff, 1998 ; A. Degaichia et N. Salhi, 2013 ; N. Salhi, 2013). (Fig.8)

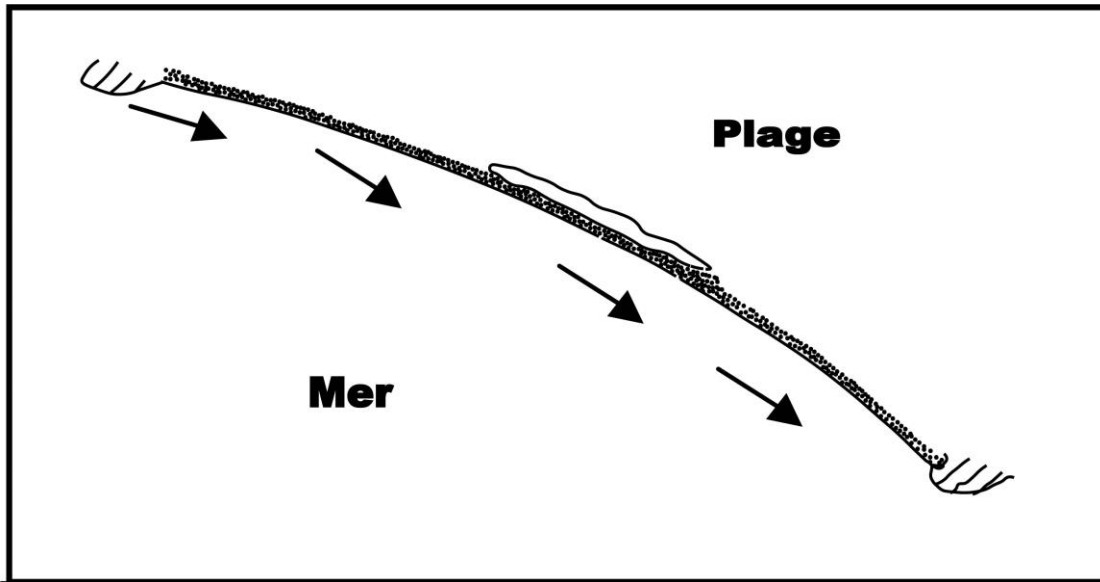


Figure 8: Schéma illustrant la forme d'une plage ouverte (R. Paskoff, 1998),  
(Les flèches indiquent le sens de la dérive littorale).

### III. LES CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES PLAGES

Généralement, les plages présentent un profil transversal plus au moins concave. La pente varie en fonction du calibre des sédiments qui les constituent et les caractéristiques des vagues qui y déferlent. La pente est forte quand les sédiments sont grossiers (R. Paskoff, 1998 ; A. Degaichia et N. Salhi, 2013 ; N. Salhi, 2013).

En effet, le jet de rive apporte dans ce cas davantage de matériaux que la nappe de retrait n'en emporte car celle-ci est affaiblie par l'infiltration de l'eau plus importante sur un estran de galets que sur un estran de sable fin. L'équilibre est établi lorsque le profil est suffisamment raide pour que les effets du jet de rive, freiné par la pente, et ceux de la nappe de retrait, enfoncée par elles s'annulent.

Les plages abritées frappées par les vagues courtes et peu cambrées, sont plus pentues que celle exposées aux larges et atteintes par des houles longues. Les premières tendent à réfléchir les vagues, tandis que les secondes favorisent la dissipation de leur énergie (R. Paskoff, 1998 ; A. Degaichia et N. Salhi, 2013 ; N. Salhi, 2013). R. Paskoff (1998) a proposé un profil transversal (Fig.9) qui comporte :

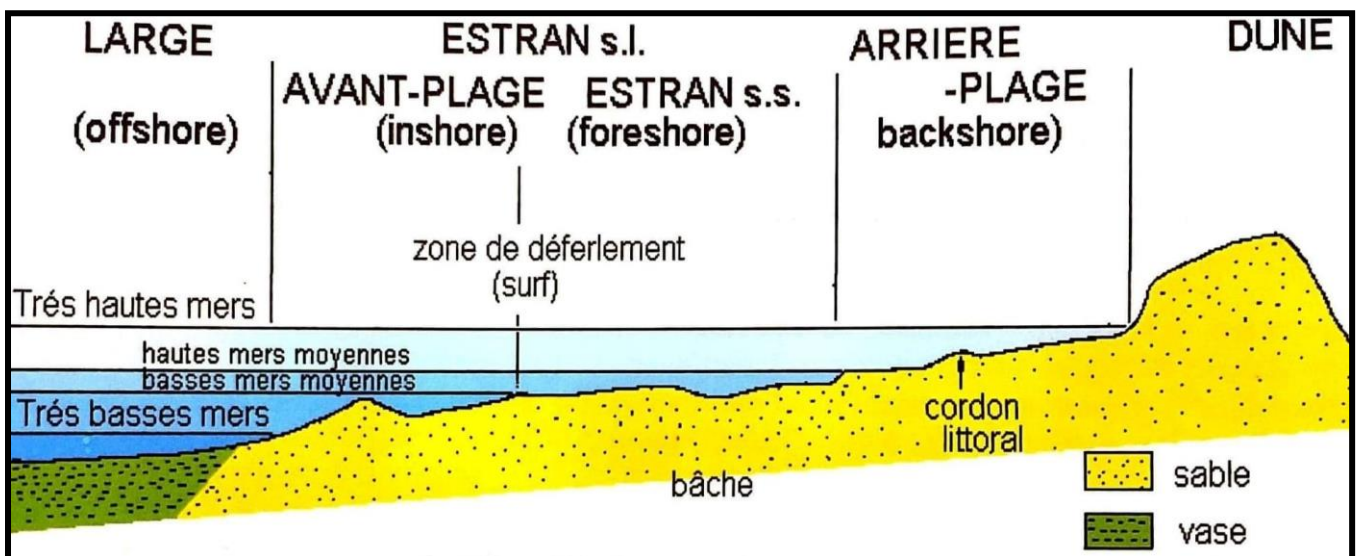


Figure 9: Profil transversal d'une plage. (R. Paskoff 1998, légèrement modifié).

### **A. Le haut de plage**

Le haut de plage prend la forme d'un bourrelet dû à l'accumulation de matériaux par les mers les plus hautes. La partie la élevée de ce bourrelet constitue la crête de plage édiflée par les vagues des tempêtes et présentent des gradins traduisant des apports d'importance décroissante.

### **B. Le bas de plage**

En contrebas du haut de plage, la pente diminue indiquant une diminution du calibre des sédiments et se traduisant par une ligne de flexion qui matérialise le bas de plage submergé à chaque marée.

### **C. L'estran**

Etendue de plage qui est couverte à haut mer, et découverte à basse mer.

### **D. L'avant plage**

La topographie de l'avant plage est toujours submergée et peut être accidentée par des accumulations désignées sous le nom de barres de crêtes ou de rides pré littorales. Celles-ci se forment quand la pente est douce et les sédiments sont abondants. Elles sont séparées par des sillons. Certaines sont parallèles, d'autres obliquent par rapport au trait de côte. Leur hauteur est d'ordre métrique, Leur longueur variable se mesure généralement en centaine de mètre du fait de leur nombre, de leur taille, de leur forme et leur position qui varient considérablement dans le temps.

## **IV. L'ORIGINE DES MATERIAUX ET LE BUDGET SEDIMENTAIRE DES PLAGES**

Les plages ont commencé à se former à la fin de la transgression postglaciaire, il y a environ 5 ou 6000 ans (Paskoff, 1998), lorsque le niveau de la mer s'est fixé, à peu près dans sa position d'aujourd'hui. L'époque était caractérisée par une grande disponibilité en sédiments sur les littoraux. En effet, lors de sa remontée, concomitante de la déglaciation commencée il y a 15 000 ans, à partir d'un niveau situé à plus de 100m au-dessous de l'actuel, la mer a balayé et entraîne avec elle des sédiments continentales alors que celles-ci étaient émergées. Quand le niveau marin s'est stabilisé, les sables et les galets se sont entassés sur des rivages.

Des plages se sont formées, et éventuellement, des champs de dunes étendus se sont constitués en arrière d'elles. Cette période d'abondance a duré jusqu'à ce que l'accumulation des sédiments soit elle que l'absorption de l'énergie des vagues soit maximale et que le déplacement des matériaux soit minimal (R. Paskoff, 1998 ; A. Degaichia et N. Salhi, 2013 ; N. Salhi, 2013).

Dès lors, l'alimentation des plages en sédiments provient de plusieurs origines. Les sédiments d'origine marine, mais ce ne sont pas les plus abondants, l'érosion côtière ne fournit en général que peu de débris, sauf où de hautes falaises, taillées dans des roches tendres et qui reculent rapidement. Ces débris sont pris en charge par la dérive littorale (Paskoff, 1998).

Les matériaux dominants sur les plages sont d'origine terrigène et proviennent essentiellement des apports des oueds. Les débris solides sont élevés et des volumes importants de sédiments se déversent dans la mer (Paskoff, 1998).

La plage n'est pas uniquement un réceptacle des différents types de sédiments qui s'y accumulent, mais, elle est aussi le siège de prélèvement et de départs souvent massifs de sédiments. Les vents du large parviennent à mobiliser les sables sur les plages et à les exporter même à l'intérieur des terres, ces sables vont s'accumuler en arrière de la plage et parviennent à édifier une bordière associée à la plage. Il arrive souvent que les sables soient exportés au-delà du littoral pour former des champs de dunes qui envahissent les terres (Paskoff, 1998) (Fig. 10).

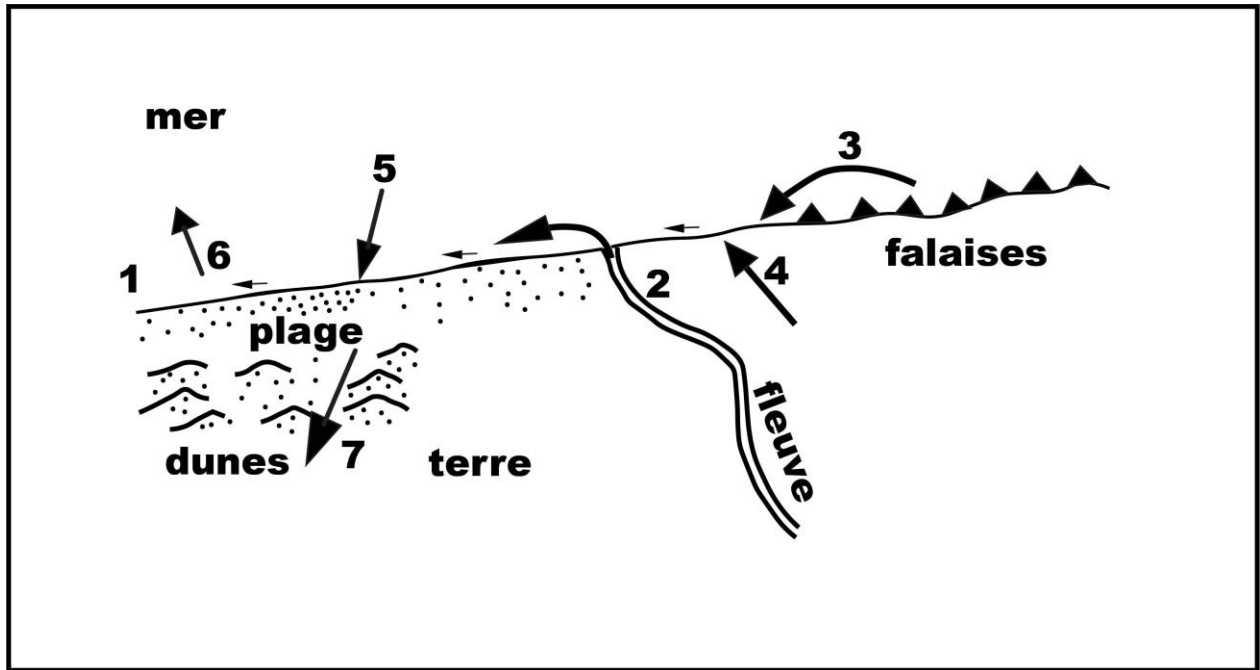


Figure 10 : Gain et perte de sédiments par une plage (R. Paskoff, 1998).

(1) apport par dérive littorale. (2) de sédiments provenant d'un cours d'eau. (3) de l'érosion de falaises par les vagues. (4) d'un vent de terre. (5) de sédiments par les vagues à partir de l'avant côte. (6) perte de sédiments emportés par les courants d'arrachement. (7) par un vent de mer édificateur de champs de dunes.

## V. LES DUNES LITTORALES

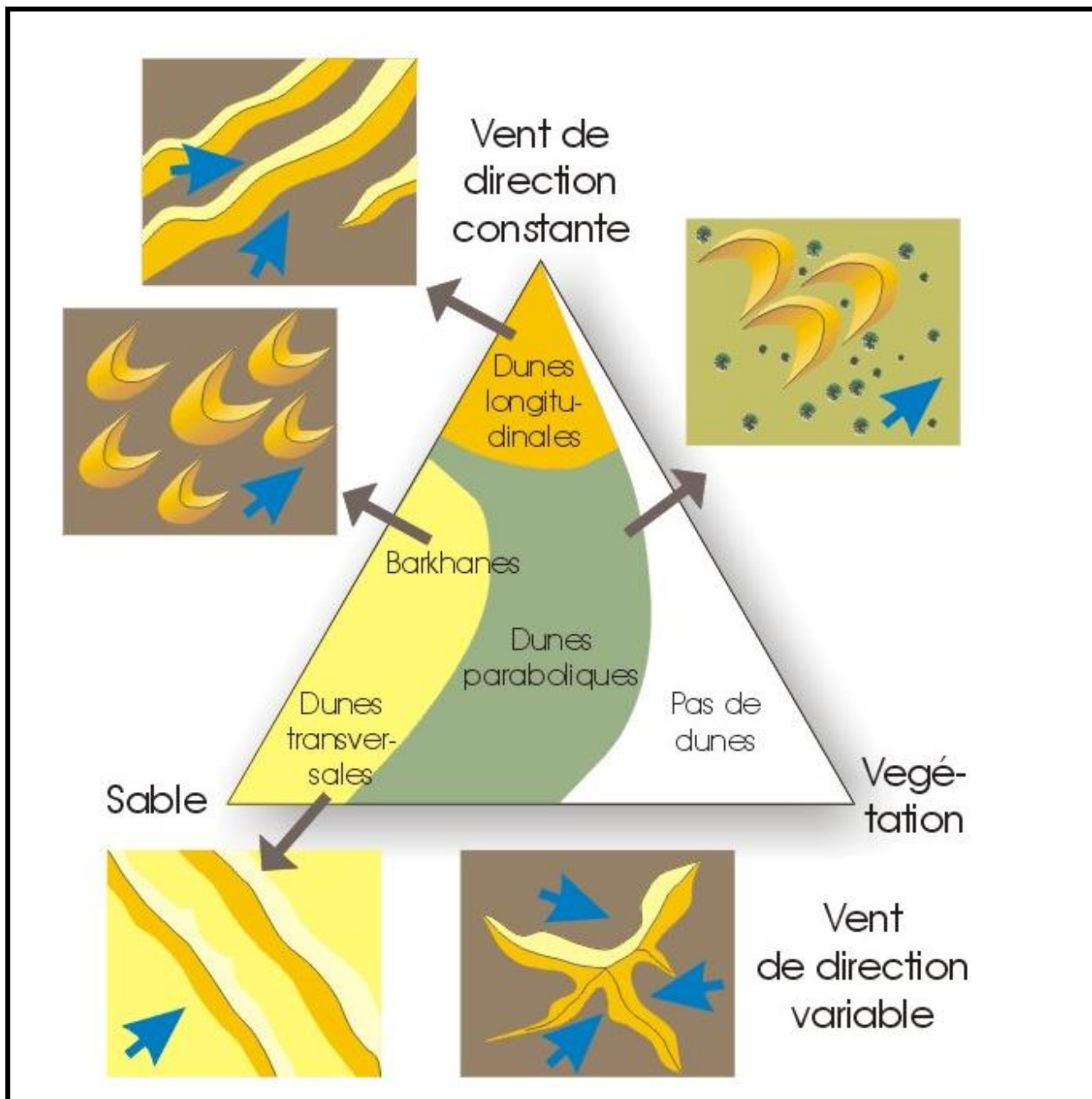
Le long des littoraux on les trouve des formes d'accumulation d'origine éolienne qui rappellent celles que l'on rencontre dans les régions arides, ce sont des dunes qui certains cas, peuvent d'avancer loin vers l'intérieur des terres (R. Paskoff, 1998 ; A. Degaichia et N. Salhi, 2013 ; N. Salhi, 2013). Plusieurs types de dunes peuvent être distingués :

### A. Les dunes élémentaires

Ce sont de petites accumulations de sables qui se forment au cours de la belle saison sur le haut des plages favorisées par des obstacles de toutes sortes mais leur existence est éphémère car elles peuvent être balayées par les vagues lors de la première tempête qui suivra. Elles présentent l'aspect de monticules bas et allongés, de quelques décimètres de haut appelées nebkas et qui ont tendance à se disposer en un alignement plus ou moins continu (R. Paskoff, 1998 ; A. Degaichia et N. Salhi, 2013 ; N. Salhi, 2013).

### B. Les avant dunes

Elles prennent naissance à partir de la coalescence de nebkas, ces dunes présentent l'aspect d'un bourrelet parallèle au rivage, leur hauteur est de quelques mètres et la largeur est de l'ordre de la dizaine de mètre. L'avant dune peut être endommagé par les vagues, qui lors des tempêtes, les taillent en falaises. Souvent les sables prélevés par le vent sur les plages franchissent les avant dunes ou les dunes bordières et s'avancent vers l'intérieur des terres où ils s'accumulent la matériel. Parmi les dunes libres on distingue (Fig.11) :



**Figure 11 : Les différentes formes et sources de dunes côtières ; les flèches bleues indiquent la direction des vents dominants (Source : <http://www2.ulg.ac.be/geolsed/sedim/lexique.html>)**

### 1. Les barkhanes (en croissant)

Ce sont des dunes en croissant à pointe effilées dans le sens du vent, hautes de quelques mètres seulement. Elles se déplacent à la vitesse de quelques dizaines de mètres par an. L'existence d'un unidirectionnel, l'absence de végétation, la présence d'un substratum dur et peu accidenté sont les facteurs favorisant la formation des barkhanes continu (Paskoff, 1998).

### 2. Les dunes transversales

Elles prennent naissance à partir des Barkhanes lorsqu'elles s'accrochent les unes aux autres et le sable apporté de la plage est particulièrement abondant. Les crêtes, souvent sinueuse dans le détail, sont grossièrement parallèles entre elles. Elles conservent un profil dissymétrique que les remaniements par les vents secondaires peuvent compliquer (Paskoff, 1998).

### **3. Les dunes paraboliques**

Sont des dunes dissymétriques en forme de fer à cheval à concavité au vent souvent plus ou moins fixée par la végétation sa disposition par rapport à la direction du vent est inverse de celle de la barkhane. La dune parabolique est peu mobile et généralement ne migre guère une fois qu'elle est formée.

### **4. Les dunes longitudinales**

Ce sont de larges édifices sableux longitudinaux, séparés par des couloirs de déflation. Leur masse globale est immobile. Ces cordons longitudinaux s'alignent dans la direction des vents dominants.

### **5. Les cordons de dune**

Ce sont des bandes de terre composées de matériaux déposés par des courants marins et pouvant prendre différentes formes, lido, île barrière, tombolo, etc. (Fig. 11), mais ayant en commun leur relief peu marqué et leur nature alluvionnaire.

### **6. Les dunes d'étoiles**

Sont des dunes géantes dont les ramifications s'étendent dans de nombreuses directions. A partir de modèles numériques (Fig. 11) prenant en compte des régimes de vents multidirectionnels.



**CHAPITRE IV**  
**ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES**

# CHAPITRE IV : ANALYSES GRANULMÉTRIQUES

## I. INTRODUCTION

Les analyses granulométriques ont pour objectif de définir les tailles des particules sédimentaires (sables, silts....) leur distribution. Les protocoles de l'analyse granulométrique sont liés à la nature des sédiments et la taille des grains. Le tamisage à sec est généralement utilisé pour les sables propres et désagrégés.

Les grains de sables enregistrent les archives des différents évènements sédimentaires sur leurs surfaces, comme la nature des agents porteurs et les mécanismes de leur mise en place, ainsi que les processus de leur transport et d'altération. L'analyse morphoscopique vient nous donner des réponses sur la nature de ces différents processus sédimentaires.

Dans le but de bien comprendre l'évolution granulométrique et morphoscopique longshore et offshore des sédiments de la plage Sables d'Or, nombreux graphiques ont été tracés et des paramètres granulométriques étaient calculés et brassés.

## II. TECHNIQUE D'ÉCHANTILLONNAGE ET UNITES MORPHOLOGIQUES DE LA PLAGE SABLES D'OR

L'échantillonnage répondait aux objectifs ciblés. Les différentes unités morphologiques de la plage Sables d'Or (dune et estran) (Fig.12) ont été échantillonnées en fonction des changements de faciès des sédiments.



**Figure 12 : Unités morphologiques de la plage Sables d'Or**

Fraîcheur, représentativité et détermination (identification) sont les trois critères qui ont guidé notre échantillonnage. 28 échantillons répartis sur 7 radiales perpendiculaires au rivage ont été récoltés. Quatre échantillons ont été pris de chaque radiale.

### **III. MODES D'ANALYSES ET TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS**

Les échantillons de sables prélevés montrent un dépôt détritique meuble et parfois consolidés au niveau des dunes mais très friable. Les formations sableuse de la plage Sables d'Or attestent d'une certaine homogénéité granulométrique qui indique l'existence d'une phase sédimentaire dominante. 200 grammes de sédiments étaient récoltés, desquels une centaine de grammes étaient destinés à l'analyse granulométrique.

La pesée de chaque résidu est opérée à l'aide d'une balance automatique d'une précision de 0.1g. Pour trouver un compromis entre le broyage des grains et le tamisage de ceux-ci, une durée de tamisage fixée à 15 minutes est respectée (Gulink, 1943). Au cours de l'exécution des tamisages, les résidus pesés sont examinés séparément, ainsi la morphoscopie des grains sableux. Les identifications lithologiques et morphoscopiques sont faites à la loupe binoculaire.

Les échantillons sont séchés à l'air libre, puis à l'étuve à 60°C durant 24 heures (L. Berthois, 1958 ; A. Degaichia, 2001). Dans le laboratoire de l'université des Sciences de la Terre et l'Univers de l'université Larbi Tébessi-Tébessa, on a utilisé une série de 17 tamis dans lesquels les dimensions des mailles varient suivant une progression géométrique décroissante, fabriquée selon le système français de normalisation granulométrique (ANFOR). Lorsque l'on tamise, on classe les grains selon 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).

### **IV. DESCRIPTION DES RADIALES ÉCHANTILLONNÉES**

Les sept radiales échantillonnées sont formées principalement de matériel détritique d'âge quaternaire. Pour chaque radiale, perpendiculaire à la rive, l'échantillonnage a fait l'objet de la récolte de 4 échantillons : le premier de l'avant plage, le deuxième et le troisième de l'estran et le quatrième de la dune. La dune qui présente une barrière aux brisements des vagues est distinguée par l'immobilité des sables due à l'existence d'une végétation halophile (N. Salhi, 2013 ; A. Degaichia et N. Salhi, 2013).

### **V. ANALYSES GRANULOMÉTRIQUE DES SABLES DE LA PLAGE SABLES D'OR**

#### **A. Lithologique, faune et morphoscopie des sédiments des différentes radiales**

La détermination lithologique des échantillons à l'aide de la loupe binoculaire était à grossissement souvent, x50. Ces échantillons sont formés par des grains lithologiquement hétérogènes, où on trouve : quartz, fragments de roches et minéraux lourds (Tableau 3). Il y a aussi des niveaux riches en mollusques (Gastéropodes et Lamellibranches) qui sont observés au niveau des différentes radiales (Fig. 13).





**Figure 13 : Niveau riche en mollusques**

En se basant sur l'échelle d'A. Cailleux (1969) pour l'appréciation de degré d'usure des particules sédimentaires, les échantillons étudiés sont comparés facilement aux figures géométriques standards. Durant 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 contrasté. D'après les résultats de comptage et des déterminations morphoscopiques et minéralogiques sur 50 grains de chaque échantillon, par la loupe binoculaire, on a mis en évidence la prédominance des subémoussés luisants. 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 (A. Degaichia, 2014). Ceci dans le but de réaliser les différentes analyses sédimentologiques :

- FS : de 2 à 0.5 mm ;
- FI : de 0.5 à 0.315 mm ;
- FII : de 0.315 à 0.16 mm ;
- FIII : de 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 FI. L'analyse morphoscopique est réalisée à l'aide d'une loupe binoculaire et son principe est basé sur l'observation de la forme et l'aspect des grains de quartz. Elle apporte des renseignements sur le mode de transport de ces grains. On peut remarquer la prédominance d'une seule catégorie de grains de quartz, c'est bien les subémoussés luisants, les autres types classiques (R.M. et N.U.) sont présents mais avec des pourcentages faibles. La quasi-totalité des grains sont bien propres et luisants.

**Tableau 3 : Description globale des échantillons des radiales étudiées.**

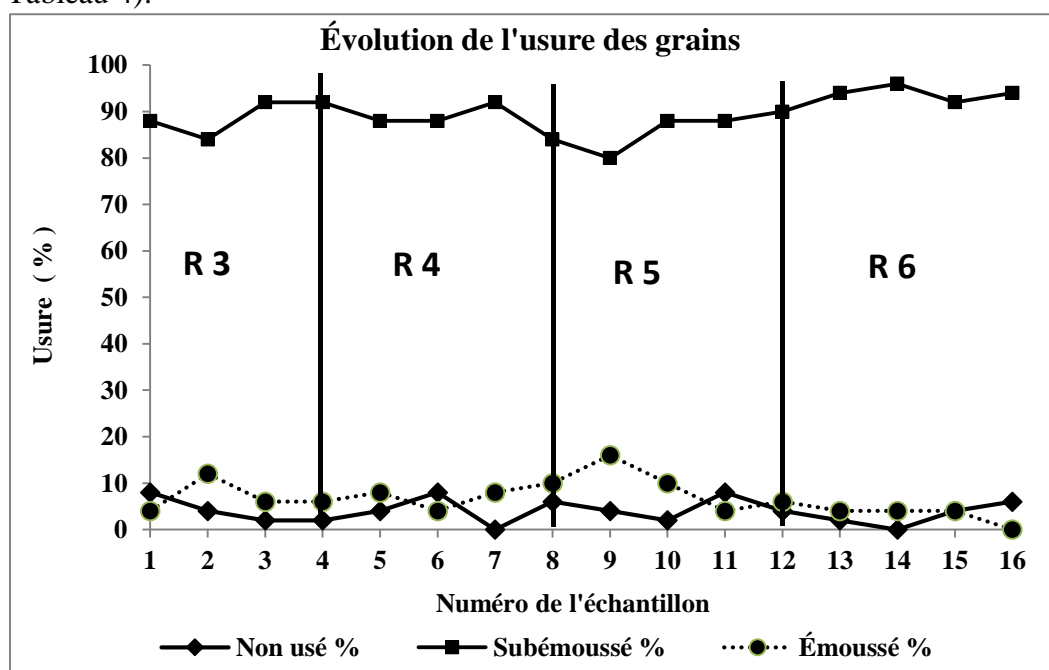
(+++ : Très abondant, ++ : assez abondant, + : moins abondant)

Stations de prélèvement	Couleurs	Fraction terrigènes			Fraction biogéniques	
		Quartz	Fragments de roches	Minéraux lourds	Mollusques	Foraminifères
Radiale 3	Beige et translucide	+++	+	+	++	+
Radiale 4	Beige et translucide	+++	+	+	++	+
Radiale 5	Beige et translucide	+++	+	+	++	+
Radiale 6	Beige et translucide	+++	+	+	++	+

## B. Évolution des indices morphoscopiques des sédiments de la plage Sables d'Or

### 1. Degré d'usure

Les grains subémoussés sont les plus dominants dans toutes les radiales étudiées, avec des pourcentages qui varient entre 80 % et 96%. Les grains émoussés sont moins abondants avec des pourcentages qui ne dépassent pas 16%. Les pourcentages des grains non usés sont entre 0% et 8% (Fig.14 et Tableau 4).



**Figure 14 : Évolution du degré d'usure des grains de sables des sédiments de la plage Sables d'Or.**

## 2. Degré d'arrondi

On distingue que les pourcentages des grains subarrondis sont compris entre 54% et 78%, donc ces grains sont les plus abondants dans les échantillons étudiés. Les grains suballongés sont modérément abondants avec des pourcentages qui varient entre 2% et 32%. Les grains allongés sont les moins abondants avec des pourcentages qui oscillent entre 0% et 14%. Les grains arrondis sont moins présents (0% à 12%) (Fig. 15 et Tableau 4).

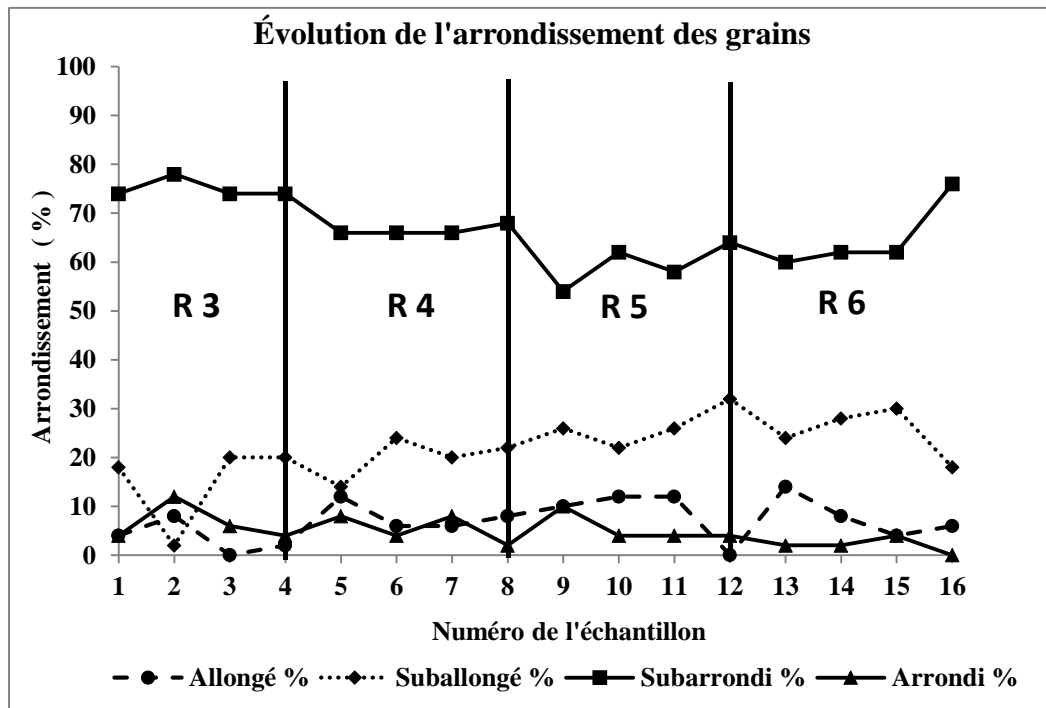


Figure 15 : Évolution de l'arrondi des grains de sables des sédiments de la plage Sables d'Or

## 3. État de la surface

La majorité des grains de sables de la plage Sables d'Or ont un aspect luisant avec des pourcentages compris entre 36% et 100%. Par contre, les grains de sables d'aspect mat sont les moins présents (Fig. 16 et Tableau 4).

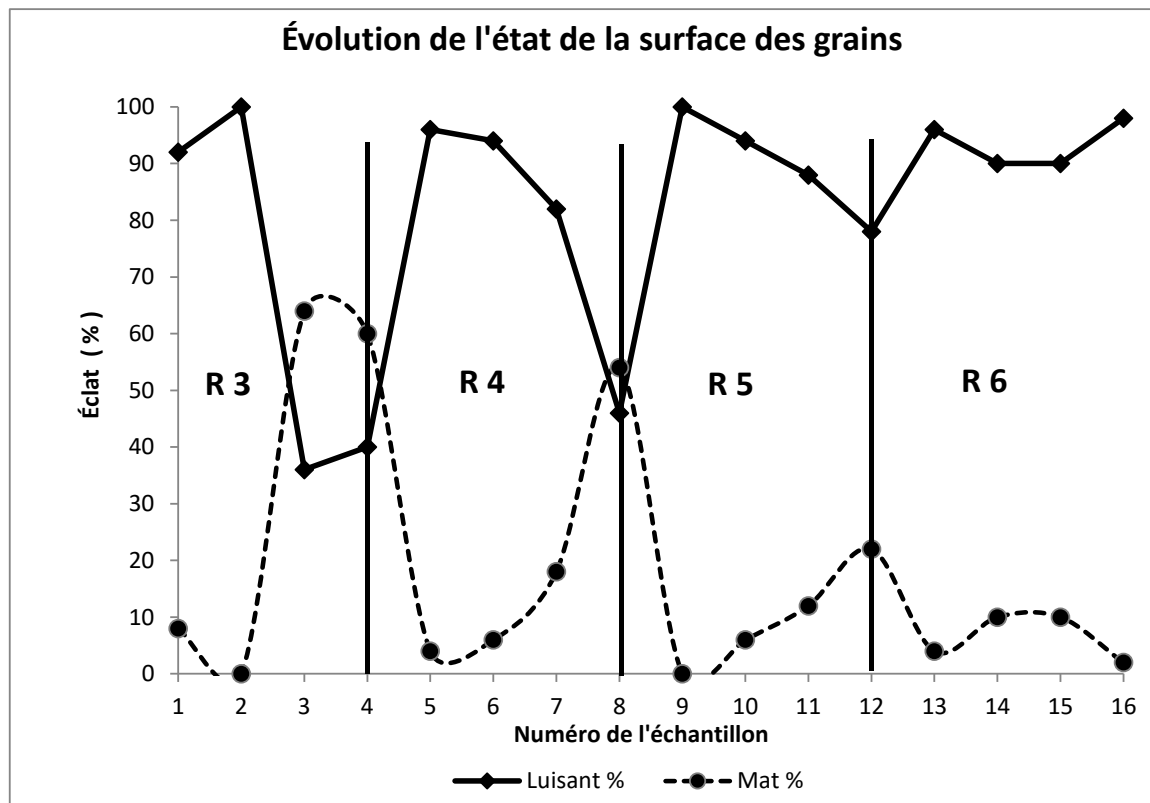
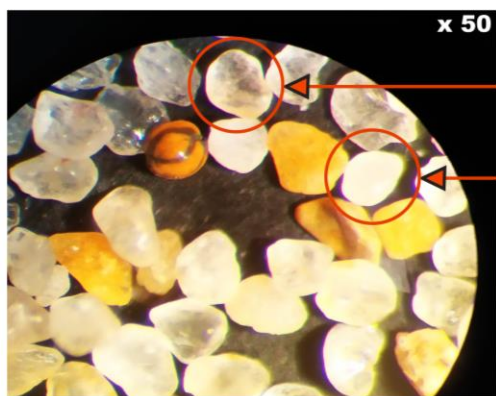


Figure 16 : Évolution d'éclat des grains de sables des sédiments de la plage Sables d'Or

Tableau 4 : Pourcentages des indices de l'évolution morphoscopique des grains de sable de la plage Sables d'Or

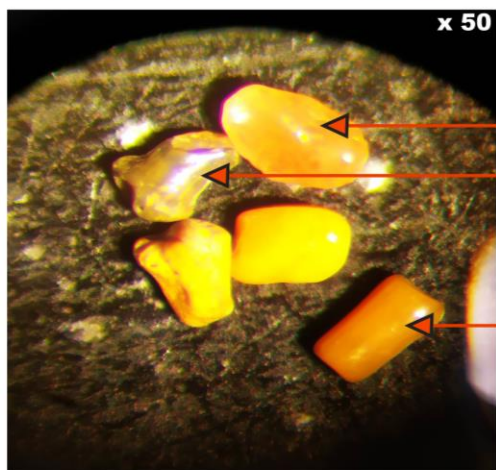
Radiales	Éch	Usure			Arrondissement			État de la surface		
		Non utilisé %	Sub-émoussé %	Émoussé %	Allongé %	Sub-Allongé %	Sub-arrondi %	Arrondi %	Luisant %	Mat %
3	1	8	88	4	4	18	74	4	92	8
	2	4	84	12	8	2	78	12	100	0
	3	2	92	6	0	20	74	6	36	64
	4	2	92	6	2	20	74	4	40	60
4	5	4	88	8	12	14	66	8	96	4
	6	8	88	4	6	24	66	4	94	6
	7	0	92	8	6	20	66	8	82	18
	8	6	84	10	8	22	68	2	46	54
5	9	4	80	16	10	26	54	10	100	0
	10	2	88	10	12	22	62	4	94	6
	11	8	88	4	12	26	58	4	88	12
	12	4	90	6	0	32	64	4	78	22
6	13	2	94	4	14	24	60	2	96	4
	14	0	96	4	8	28	62	2	90	10
	15	4	92	4	4	30	62	4	90	10
	16	6	94	0	6	18	76	0	98	2





**Grain de quartz émoussé luisant**

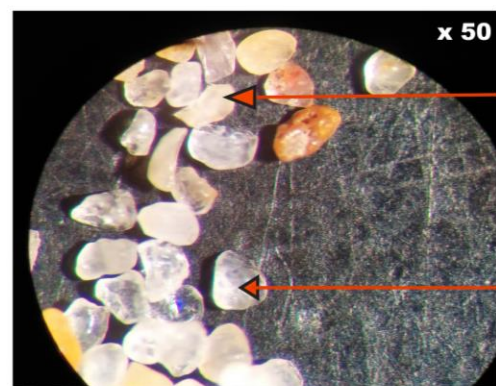
**Grain de quartz émoussé mat**



**Pyroxène**

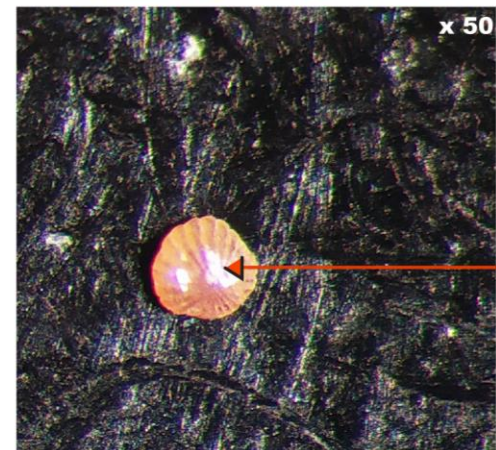
**Dent de poisson**

**Fragment de corail**



**Grain de quartz à cassures**

**Grain de quartz subémoussé luisant**



**Test de Foraminifère**

Figure 17 : Morphoscopie des sédiments de la plage Sables d'Or



## C. Identification des paramètres granulométriques des sables de la plage de Sable d'Or

### 1. Introduction

Pour bien comprendre l'évolution sédimentologique des sables de la plage de Sable d'Or, plusieurs données granulométriques ont été regroupés et analysées. L'utilisation des méthodes graphiques nous a permis d'utiliser au mieux les données acquises et ressortir les caractéristiques essentielles du sédiment. Avec le calcul, l'analyse et la synthèse des données sédimentologiques n'est pas une tâche facile, mais en utilisant des logiciels adéquats de statistique on a pu la surmonter.

### 2. Historique des recherches sédimentologiques antérieures

L'analyse sédimentologique par l'utilisation des paramètres granulométriques était suggérée et entreprise par beaucoup de sédimentologues. On peut citer :

- **C. k. WENTWORTH (1926)** a proposé surtout sa méthode des moments ;
- **D. TRASK (1930)** a lancé sa méthode des quartiles, qui s'intéressent surtout de la partie centrale du sédiment ;
- **W. C. KRUMBEIN (1936)** a utilisé les quartiles mesurés dans la description et comparaison des sédiments ;
- **A. 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 dépôts sédimentaires ;
- **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 1, 222-270.

Les échelles et classifications granulométriques les plus utilisées dans les laboratoires sont mentionnées ci-dessous (Fig. 18). Dans notre étude, nous avons adopté la classification de Wentworth.

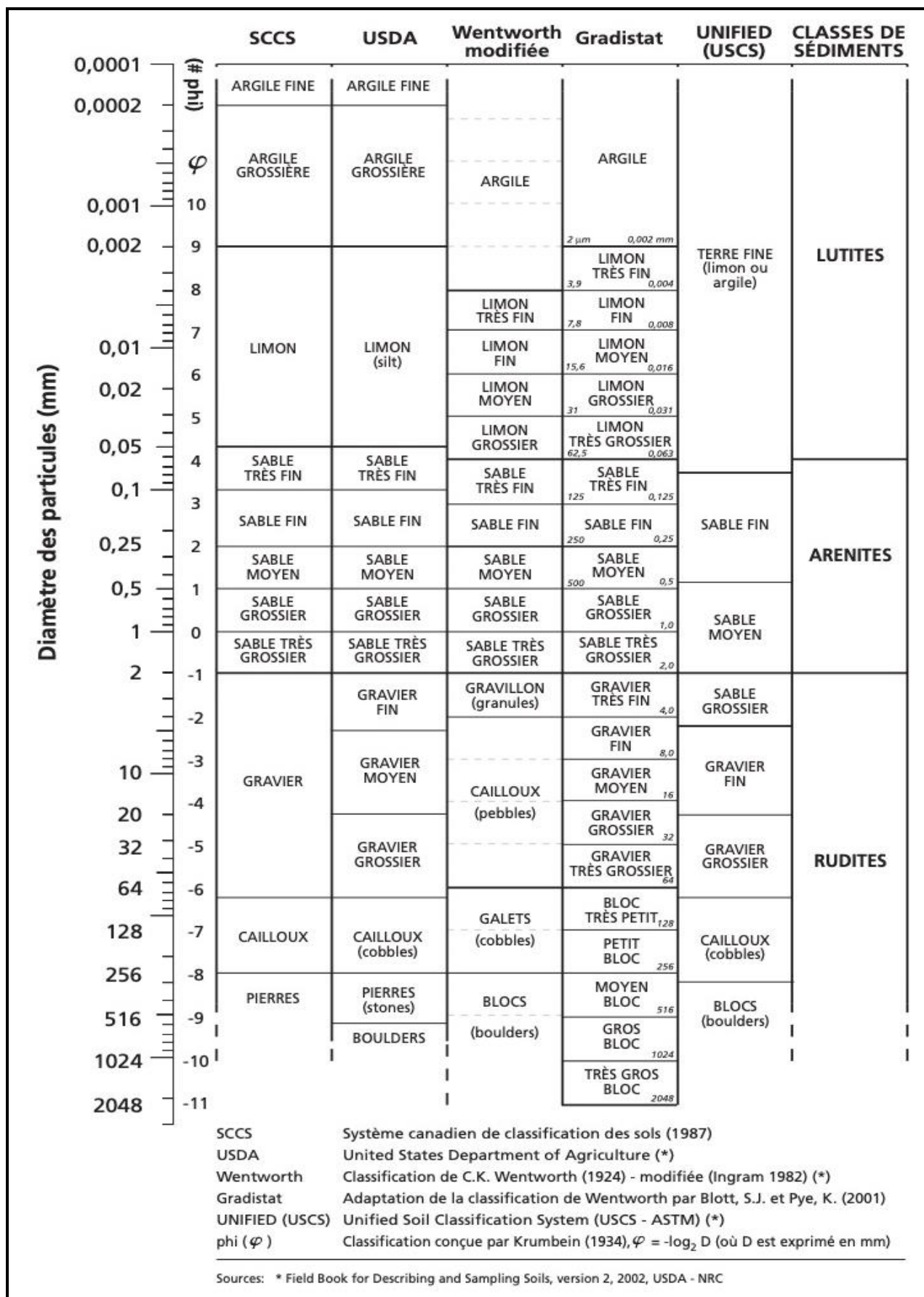


Figure 18 : Échelle de classification granulométrique (Source : <http://www.geoloues-prospecteurs.fr/dictionnaire-geologie/g/index.php?page=9>)

### 3. Définitions et applications des coefficients granulométriques

L'usage d'une échelle logarithmique a été généralisé par les sédimentologues anglo-saxons, dite échelle de phi ( $\phi$ ), par la relation :  $\phi = -\log_2 (d)$  : qui est définie par Williams Christian Krumbein et Pettijohn (1938). ( $d$  : étant le diamètre des grains en mm).

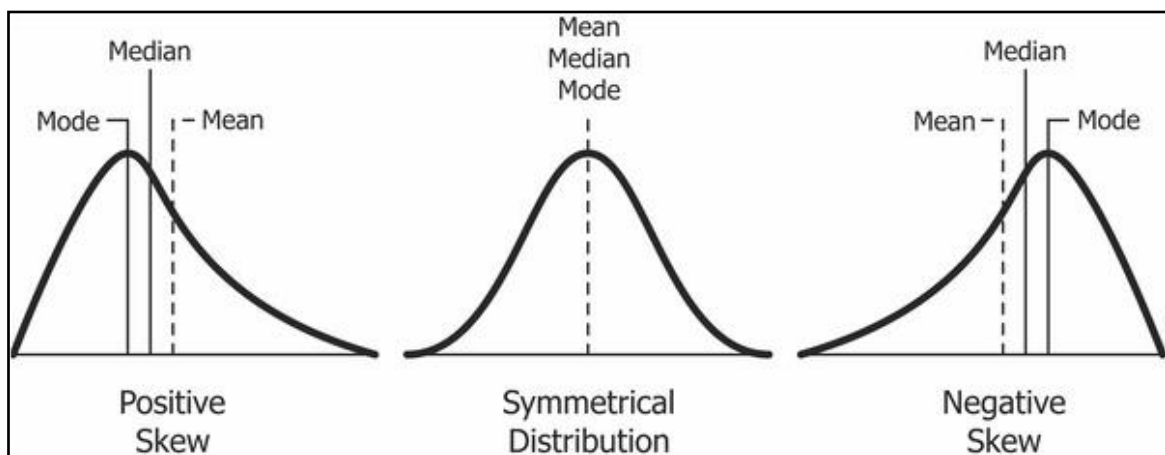
La courbe granulométrique se trace sur papier semi-log où, en abscisse (échelle logarithmique) sont portés les diamètres ( $d$ ) des particules de sédiments et en ordonné (échelle arithmétique) le passant cumulé en pourcentage pondéral. La courbe doit être tracée de manière continue. Cette courbe permet de mesurer les percentiles : (5%, 16%, 25%, 50%, 75%, 84%, 95% et 100%) (A. Degaichia, 2001).

On a établi une courbe appelé courbe de fréquence ; en combinant les deux variables suivantes :

En abscisse : les diamètres équivalents en ( $\phi$ ) ;

En ordonnées : les pourcentages des refus partiels.

Avec cette courbe, on peut connaître le classement et même l'asymétrie des sédiments (Fig. 19).



**Figure 19 : Courbe de fréquence (classement et asymétrie)**

(Source : <https://www.safaribooksonline.com/library/view/clojure-for-data/9781784397180/ch01s13.html>)

Plusieurs auteurs qui ont suggéré des indices qui permettent d'exprimer numériquement les caractères de distribution granulométrique, et on cite parmi eux (Trask, 1930 ; Inman, 1952 ; Folk et Ward, 1957 ; A. Degaichia, 2001). Les indices les plus utilisés sont la Moyenne ( $Mz$ ), le Sorting ( $\delta_i$ ), le Skewness ( $Sk_i$ ) et le Kurtosis ( $KG$ ).

Dans notre présent travail on va choisir les paramètres et indices qui sont définis par Folk et Ward (1957), sachant que ces deux auteurs ont donné des formules qui contiennent un nombre élevé de percentiles, et ils ont utilisé des valeurs de ( $\phi$ ) comprises entre 5% et 95%.

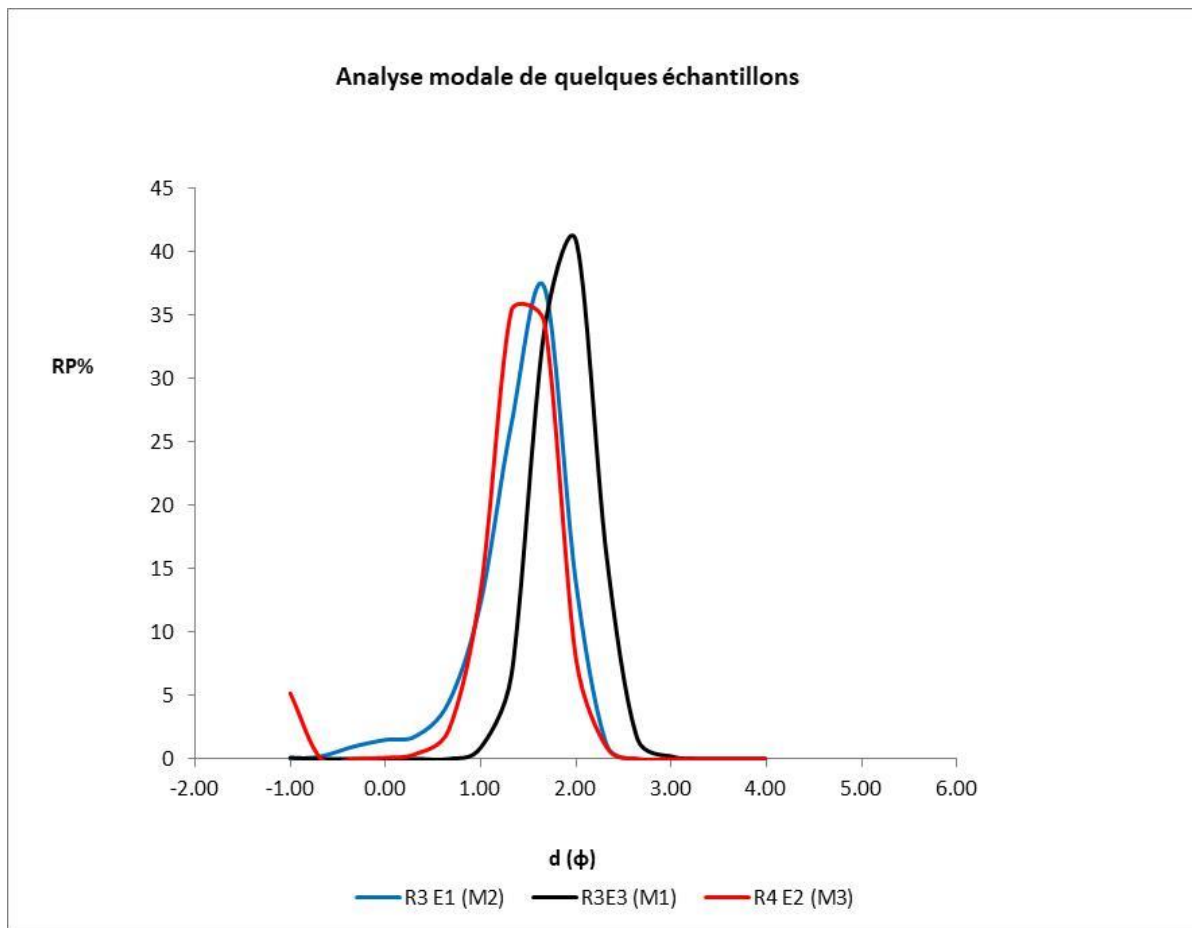
#### a) Le mode

On lit directement la valeur du mode d'une distribution granulométrique qui correspond aux sommets de « cloches » des histogrammes. Dans ce travail toutes les courbes ont un seul pic, ce qui indique une distribution unimodale et la présence d'une seule province nourricière. Avec un éventail granulométrique trop serré qui indique un bon classement (Fig. 18).

Le (Tableau 5) avec la (Fig. 20) résumant l'évolution modale des sédiments, où on observe la présence de 3 modes séparés (0.25mm, 0.315mm et 0.4mm). La distribution granulométrique au sein des échantillons étudiés est unimodale avec la dominance du mode 0,315mm suivi par le mode 0,25mm.

**Tableau 5 : Analyse modale des échantillons des 07 radiales**

Radiales	N° de l'échantillon	Modes et Pourcentages					
		M1 ( $\phi$ )	%	M2	%	M3	%
3	Ech 01	-	-	0.315	37.19	-	-
	Ech 02	-	-	0.315	44.68	-	-
	Ech 03	0.25	40.86	-	-	-	-
	Ech 04	0.25	54.62	-	-	-	-
4	Ech 05	-	-	0.315	34.13	-	-
	Ech 06	-	-	-	-	0.4	35.36
	Ech 07	-	-	0.315	50.5	-	-
	Ech 08	-	-	0.315	43.86	-	-
5	Ech 09	-	-	-	-	0.4	38.00
	Ech 10	-	-	0.315	47.24	-	-
	Ech 11	-	-	0.315	46.14	-	-
	Ech 12	0.25	46.02	-	-	-	-
6	Ech 13	-	-	0.315	44.86	-	-
	Ech 14	-	-	0.315	48.29	-	-
	Ech 15	-	-	0.315	50.4	-	-
	Ech 16	0.25	50.8	-	-	-	-
7	Ech 17	-	48.2	0.315	-	-	-
	Ech 18	-	48.35	0.315	-	-	-
	Ech 19	-	45.69	0.315	-	-	-
	Ech 20	-	37.55	0.315	-	-	-
8	Ech 21	-	50.45	0.315	-	-	-
	Ech 22	-	54.21	0.315	-	-	-
	Ech 23	-	47.24	0.315	-	-	-
	Ech 24	0.25	38.76	-	-	-	-
9	Ech 25	-	-	-	-	0.4	44.69
	Ech 26	-	53.56	0.315	-	-	-
	Ech 27	-	48.8	0.315	-	-	-
	Ech 28	-	48.15	0.315	-	-	-



**Figure 20 : Modes de quelques échantillons de la plage Sable d'Or**

### b) Le grain moyen

Dans la formule suggérée par Trask, l'échelle utilisée est millimétrique, mais 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 ( $\phi_{16}$  et  $\phi_{84}$ ) la moyenne granulométrique ne serait pas représentative de l'échantillon. Pour y remédier, Folk et Ward ont donné une autre expression « **Graphic Mean** ou bien **le grain moyen** » :  $Mz = (\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84})/3$ . Dans leur formule Folk et Ward ont choisi trois quartiles ( $\phi_{16}$ ,  $\phi_{50}$  et  $\phi_{84}$ ) pour objectif d'avoir une moyenne représentative de l'échantillon (A. Degaichia, 2001).

Les valeurs du grain moyen dans les 07 radiales varient entre 1.17 et 2.1 φ. Donc on peut dire que le grain moyen dans chaque radiale est moyen à fin, mais les sables moyens sont les plus abondants, en dépassant les 75% des sédiments de la plage Sable d'Or, tandis que les sables fins ne représentent que 25% de ces derniers.

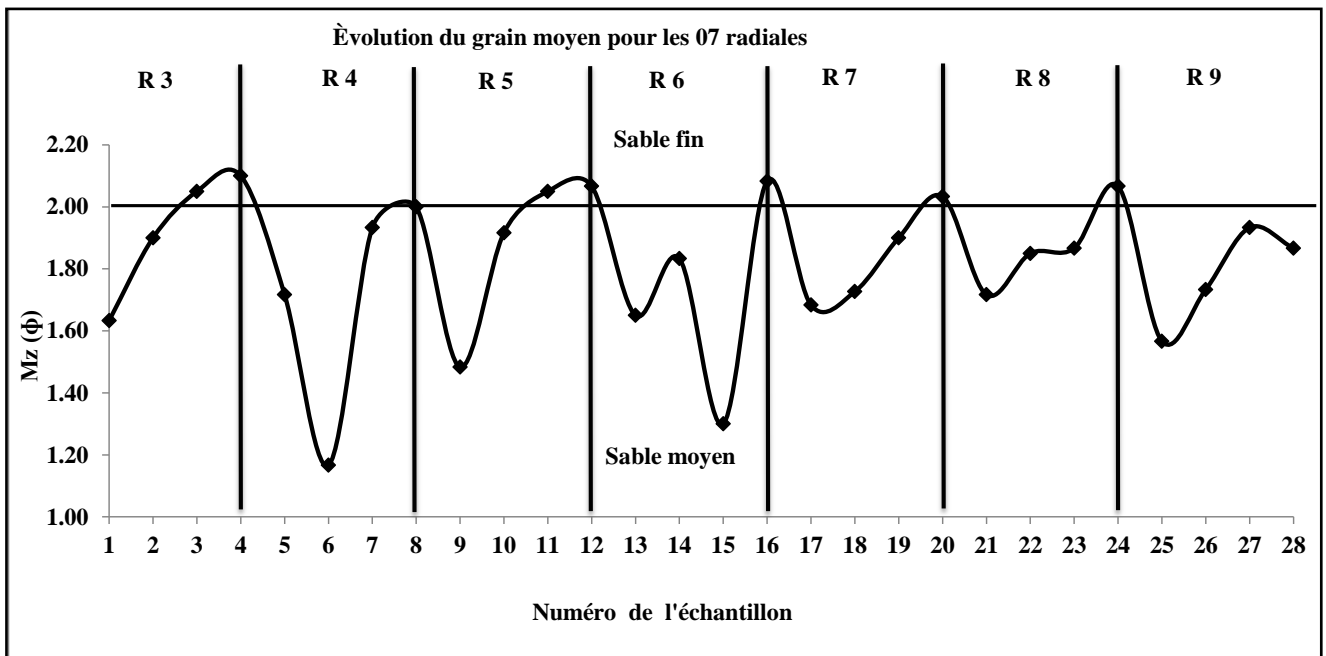


Figure 21 : Évolution du grain moyen dans les sédiments des sept radiales

### c) Le classement

Ce paramètre appelé aussi « indice de classement ;  $S_o$  », (Trask, 1930), et « Graphic Standard Déviation  $\delta_G$  », (Otto, 1938). Les expressions mathématiques utilisées pour définir ce paramètre diffèrent d'un auteur à autre. Les expressions données par Trask (1930) et par Otto (1938) sont :

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

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

Le terme utilisé par Folk et Ward (1957) est : Inclusive Graphic Standard Déviation, cet indice est donné par la formule suivante :  $\delta_i = (\phi_{84} - \phi_{16})/4 + (\phi_{95} - \phi_5)/6,6$

- $0 < \delta_i < 0,35$  : très bien classé ;
- $0,35 < \delta_i < 0,5$  : bien classé ;
- $0,5 < \delta_i < 0,71$  : assez bien classé ;
- $0,71 < \delta_i < 1,00$  : moyennement classé ;
- $1,00 < \delta_i < 2,00$  : médiocrement classé ;
- $2,00 < \delta_i < 4,00$  : 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 la quasi-totalité des valeurs de l'indice de classement varient entre 0,23 et 0,43  $\phi$  ce qui montre généralement des sédiments très bien classés à bien classés (Fig. 22).

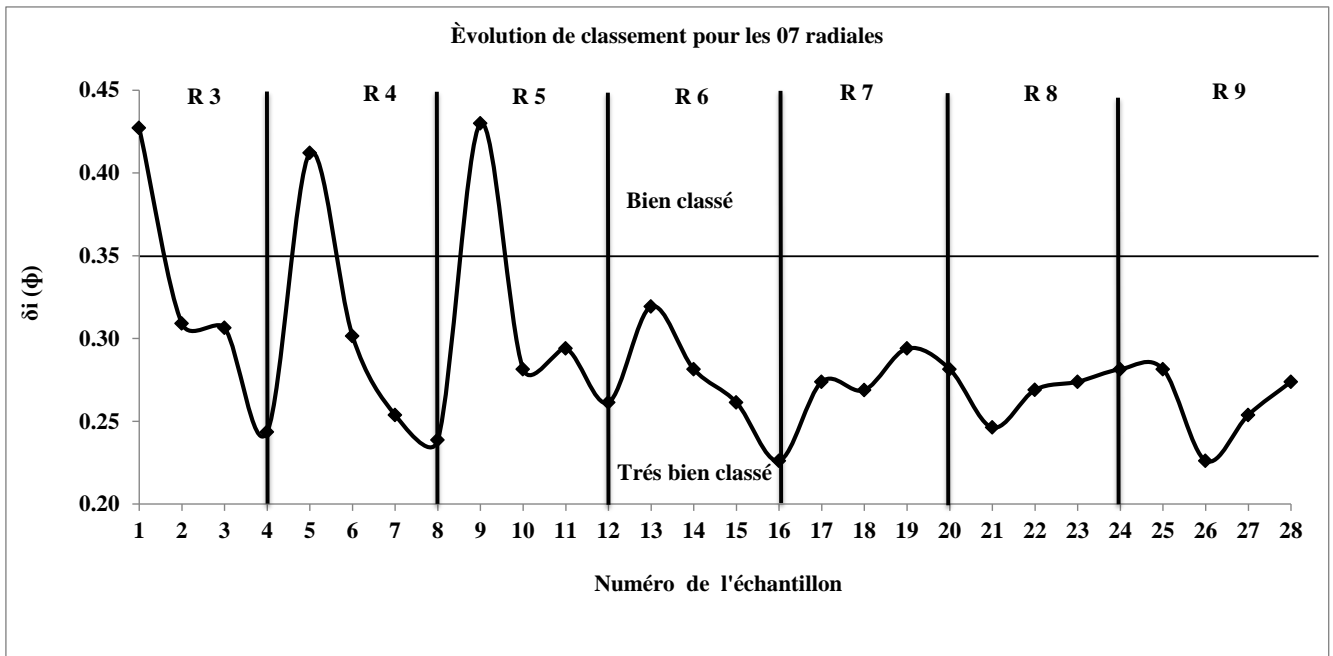


Figure 22 : Évolution de l'indice de classement des sédiments de la plage Sable d'or

#### d) Indice d'asymétrie (Skewness)

Pour cet indice, l'expression utilisée par Inman est « Graphic Skewness », cet auteur dit que ce paramètre est donné par la formule suivante :  $Ski = ((\phi_{16} + \phi_{84}) - 2\phi_{50}) / (\phi_{16} - \phi_{84})$ . Mais Folk et Ward (1957) ont proposé un meilleur calcul de cet indice qui est donné par la formule :

$$Ski = (\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}) / 2(\Phi_{84} - \Phi_{16}) + (\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}) / 2(\Phi_{95} - \Phi_5)$$

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

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).

Les sédiments des sept radiales étudiées montrent une symétrie granulométrique (Fig. 23), sauf pour les échantillons suivants :

- 4,5 et 13 qui montrent une asymétrie vers les grandes tailles ;
- 1 et 9 qui montrent une forte asymétrie vers les grandes tailles.



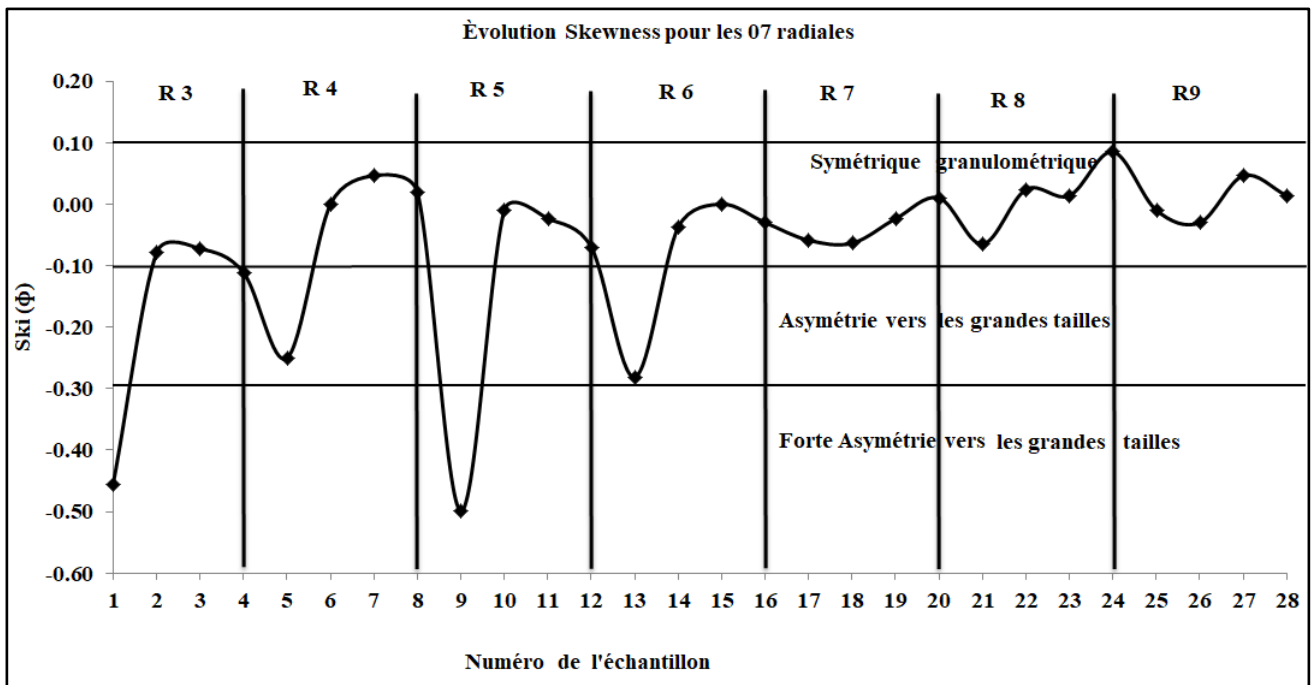


Figure 23 : Évolution de l'indice d'asymétrie des sédiments de la plage Sable d'Or

e) Indice d'acuité ou d'aplatissement ( $K_G$ )

Ce paramètre est défini par Folk et Ward (1957) par l'équation suivante :

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

Lorsqu'on a une courbe de Gauss, en forme de cloche, ce paramètre calcule la relation entre le classement aux extrémités et le classement au centre de la courbe. Le Kurtosis est l'indice d'acuité du mode, ce dernier calcule l'angulosité de la courbe de fréquence (A. Degaichia, 2001).

$K_G < 0,67$	Courbe très platykurtique
$0,67 < 0,90$	Courbe platykurtique
$0,90 < 1,11$	Courbe mésokurtique
$1,11 < 1,50$	Courbe leptokurtique
$1,50 < 3,00$	Courbe très leptokurtique
$3,00 < K_G$	Courbe extrêmement leptokurtique

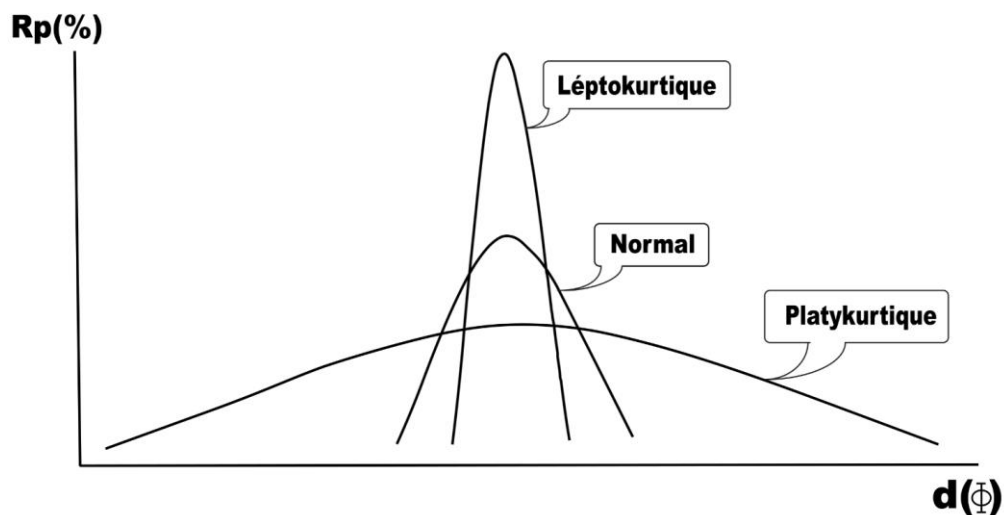


Figure 24 : Courbe de fréquence illustrant les différentes distributions du kurtosis



Quand on a un mode concentré dans des classes granulométriques restreintes, on parle ici d'une distribution leptokurtique, s'il est dispersé on parle d'une distribution platykurtique (Fig. 24).

L'évolution de l'indice d'acuité indique que la distribution dominante dans tous les échantillons étudiés est mésokurtique. Les échantillons 1, 4, 5, 9, 13, 15, 22 et 26 montrent des distributions leptokurtiques et l'échantillon 8 montre une distribution platykurtique (Fig. 25).

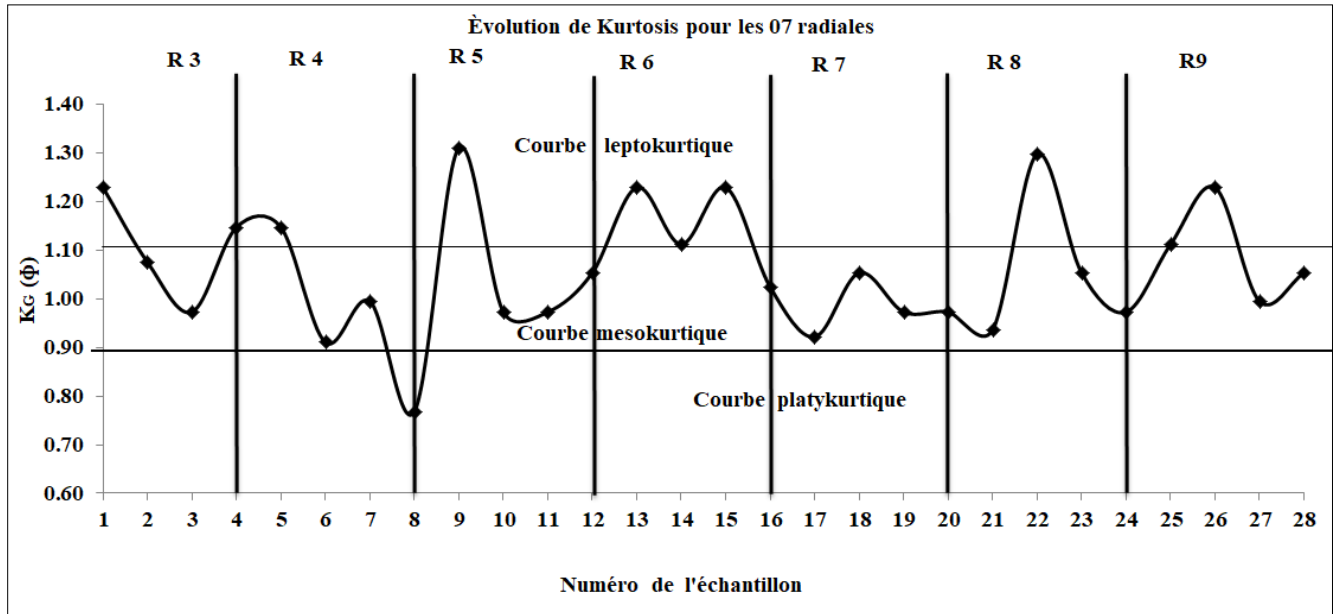


Figure 25 : Évolution de l'indice d'acuité des sédiments de la plage Sable d'Or

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des paramètres sédimentologiques

N° de Radiale	N° de l'éch.	Md (Φ)	C (Φ)	Mz (Φ)		Sk <sub>i</sub> (Φ)		K <sub>G</sub> (Φ)		δ <sub>i</sub> (Φ)	Classement
3	1	1.70	-0.10	1.63	SM	-0.46	FAGT	1.23	CL	0.43	Bien classé
	2	1.90	1.10	1.90	SM	-0.08	SG	1.08	CM	0.31	Très bien classé
	3	2.10	1.30	2.05	SF	-0.07	SG	0.97	CM	0.31	Très bien classé
	4	2.10	1.60	2.10	SF	-0.11	AGT	1.15	CL	0.24	Très bien classé
4	5	1.75	0.20	1.72	SM	-0.25	AGT	1.15	CL	0.41	Bien classé
	6	1.60	0.90	1.17	SM	0.00	SG	0.91	CM	0.30	Très bien classé
	7	1.90	1.30	1.93	SM	0.05	SG	1.00	CM	0.25	Très bien classé
	8	2.00	1.40	2.00	SM	0.02	SG	0.77	CP	0.24	Très bien classé
5	9	1.50	-0.30	1.48	SM	-0.50	FAGT	1.31	CL	0.43	Bien classé
	10	1.90	1.20	1.92	SM	-0.01	SG	0.97	CM	0.28	Très bien classé
	11	1.90	1.25	2.05	SF	-0.02	SG	0.97	CM	0.29	Très bien classé
	12	2.10	1.30	2.07	SF	-0.07	SG	1.05	CM	0.26	Très bien classé
6	13	1.70	0.50	1.65	SM	-0.28	AGT	1.23	CL	0.32	Très bien classé
	14	1.85	-0.70	1.83	SM	-0.04	SG	1.11	CM	0.28	Très bien classé
	15	1.85	1.30	1.30	SM	0.00	SG	1.23	CL	0.26	Très bien classé
	16	2.10	1.65	2.08	SF	-0.03	SG	1.02	CM	0.23	Très bien classé
7	17	1.70	1.00	1.68	SM	-0.06	SG	0.92	CM	0.27	Très bien classé

	18	1.75	1.00	1.73	SM	-0.06	SG	1.05	CM	0.27	Très bien classé
	19	1.90	1.20	1.90	SM	-0.02	SG	0.97	CM	0.29	Très bien classé
	20	2.05	1.35	2.03	SF	0.01	SG	0.97	CM	0.28	Très bien classé
8	21	1.75	1.10	1.72	SM	-0.06	SG	0.94	CM	0.25	Très bien classé
	22	1.85	1.20	1.85	SM	0.02	SG	1.30	CL	0.27	Très bien classé
	23	1.85	1.10	1.87	SM	0.01	SG	1.05	CM	0.27	Très bien classé
	24	2.05	1.40	2.07	SF	0.09	SG	0.97	CM	0.28	Très bien classé
9	25	1.55	0.90	1.57	SM	-0.01	SG	1.11	CM	0.28	Très bien classé
	26	1.75	1.00	1.73	SM	-0.03	SG	1.23	CL	0.23	Très bien classé
	27	1.85	1.35	1.93	SM	0.05	SG	1.00	CM	0.25	Très bien classé
	28	2.05	1.20	1.87	SM	0.01	SG	1.05	CM	0.27	Très bien classé

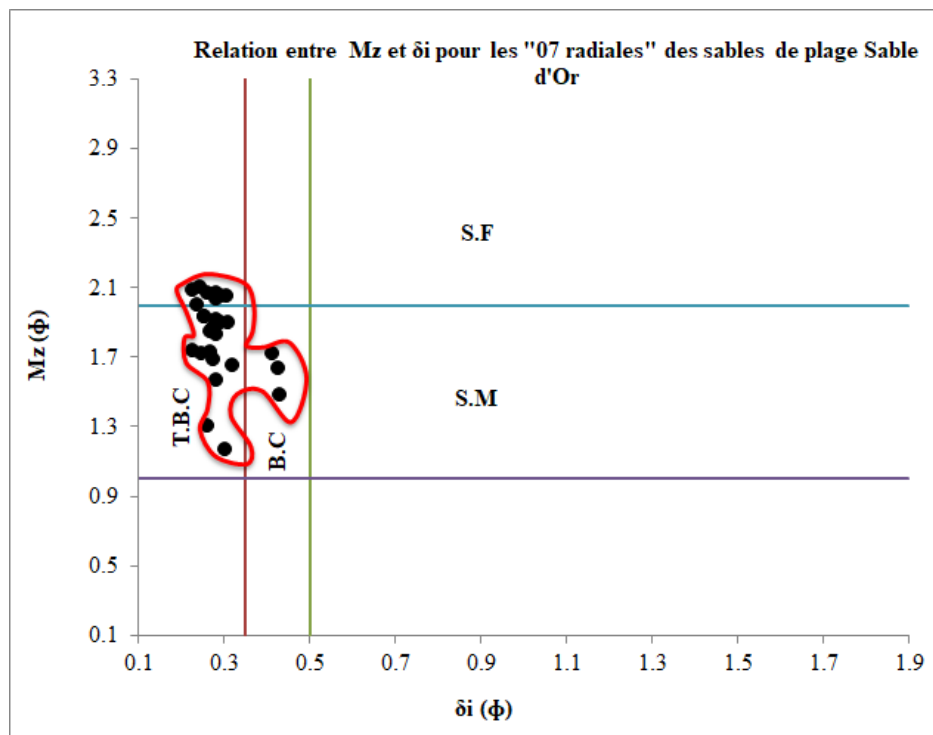
**Légende :**

FAGT : Forte asymétrie vers les grandes tailles ; AGT : Asymétrie vers les grandes tailles ; SG : Symétrie granulométrique ; SM : Sable moyen ; SF : Sable fin ; CM : Courbe mésokurtique ; CL : Courbe leptokurtique ; CP : Courbe platykurtique.

**VI. RELATIONS ENTRE LES PARAMETRES SEDIMENTOLOGIQUES ET LES ENVIRONNEMENTS DE DEPOTS DES SEDIMENTS DE LA PLAGE SABLES D'OR :**

**A. Diagramme relationnel entre ( $M_z/\delta_i$ ) :**

D'après le diagramme ci-dessous qui montre la relation entre  $M_z$  et  $\delta_i$ , on distingue que la majorité des sédiments côtiers de la plage Sable d'Or sont très bien classés et parfois bien classés. Ils sont composés essentiellement de sables moyens avec la présence sporadique des sables fins (Fig.26).



**Figure 26 : Diagramme relationnel ( $M_z / \delta_i$ )**

## B. Diagrammes relationnels Ski /Mz et Ski / $\delta i$ :

Du point de vue textural, les sédiments de la plage Sable d'Or sont symétriques avec un léger penchant vers les grandes tailles de taille. Il s'agit de sable très bien classé. L'éventail granulométrique est caractérisé par l'abondance des sables moyens associés à des sables fins (Voir Fig.27 et 28).

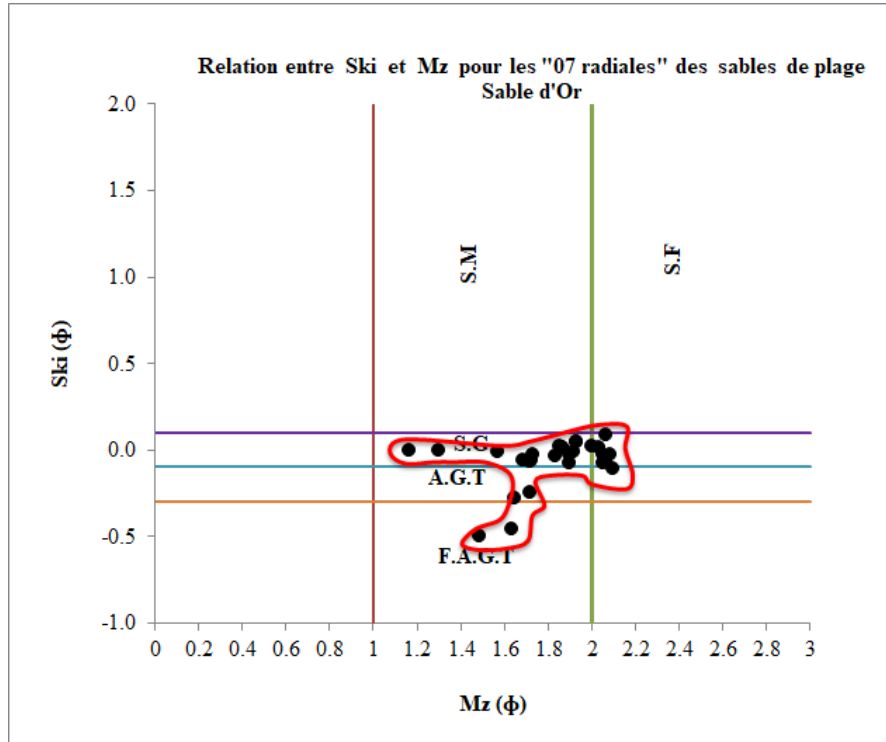


Figure 27 : Diagramme relationnel (Ski / Mz)

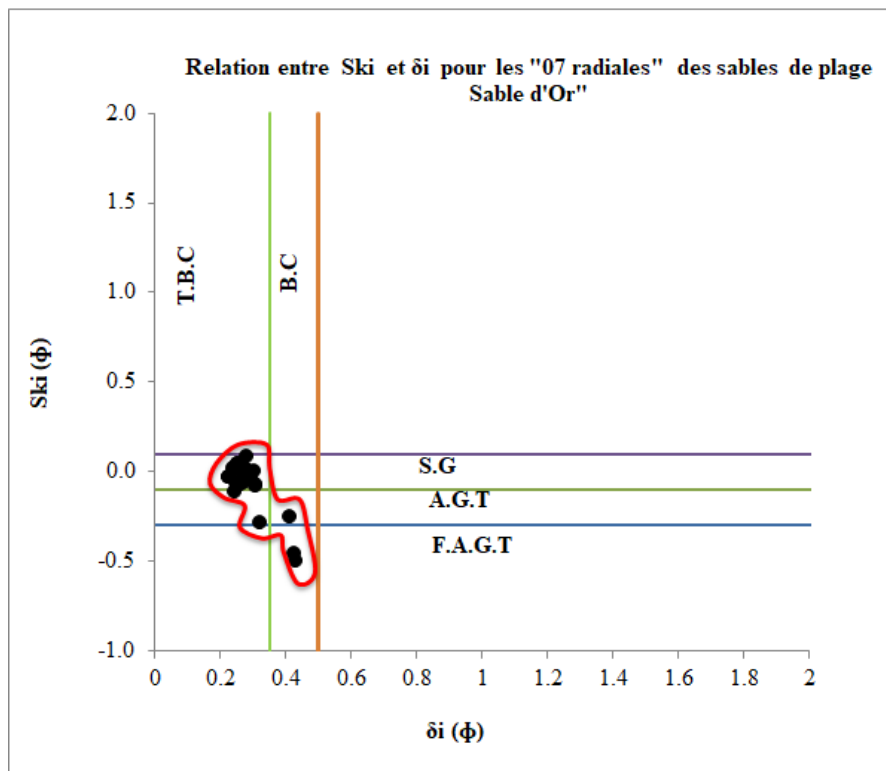


Figure 28 : Diagramme relationnel (Ski /  $\delta i$ )

## VII. LA CALCIMÉTRIE

L'analyse pétrographique sommaire qu'on a fait dans ce mémoire a pour objectif de définir les caractéristiques des sédiments sableux de la plage Sable d'Or et d'estimer le taux de carbonates qu'elles contiennent afin de pouvoir tirer des idées sur son origine.

L'appareil utilisé dans cette analyse est le calcimètre de Bernard (Fig. 29), ce dernier est constitué ; d'un tube gradué vertical fixé à une planchette. Son extrémité inférieure est reliée à une ampoule par un tuyau de caoutchouc souple. Le tuyau et l'ampoule sont remplis par une solution d'eau déminéralisée saturée en NaCl.

La partie supérieure du tube est reliée par un autre tuyau de caoutchouc souple à un erlenmeyer dans lequel s'effectuera la réaction du HCl sur le  $\text{CaCO}_3$ .

### A. Étape 01 : Montage du calcimètre

Le calcimètre permet de mesurer le volume de ( $\text{CO}_2$ ) libéré par action de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) d'un échantillon de sol ou de roche.

Les accessoires qui sont nécessaires pour fabriquer un calcimètre sont :

- Une ampoule ;
- Un tube gradué de  $100\text{cm}^3$  ;
- Un erlenmeyer de  $100\text{cm}^3$  ;
- Un petit tube en verre environ deux fois moins haut que l'erlenmeyer ;
- Deux bouchons à 1 trou adaptés au tube gradué et à l'erlenmeyer ;

Prévoir :

- Une balance à 0.1g de précision pour peser l'échantillon (Fig. 30) ; une grosse pince à dissection ;
- Une pipette graduée ;
- HCl assez concentré (30%).

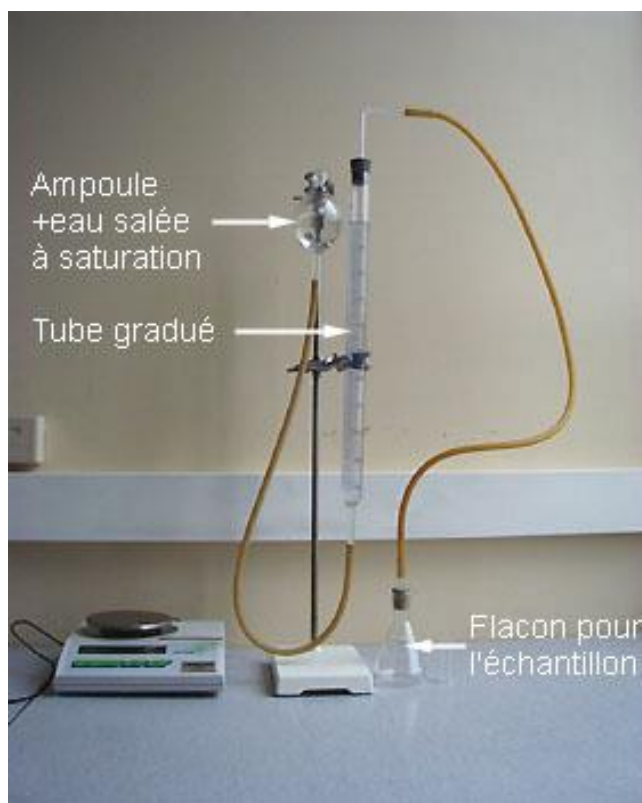


Figure 29 : Calcimètre de Bernard

## B. Étape 02 : Préparer la mesure

Préparer une solution salée saturée de NaCl (environ  $\frac{1}{4}$  de litre) ; la verser jusqu'à mi-hauteur de l'ampoule.

Remarque : Si on utilise de l'eau non salée, une partie du  $\text{CO}_2$  dégagé va se dissoudre dans l'eau et le résultat sera faussé.

Tarer la balance puis peser l'échantillon.

**Attention !** Si la masse de  $\text{CaCO}_3$  est supérieure à 0,4g, le volume de  $\text{CO}_2$  dégagé sera trop important pour être mesuré.



**Figure 30 : Balance électrique ( $10^{-1}$ )**

Placer dans l'erlenmeyer l'échantillon ;

A l'aide d'une pipette, versé dans le tube de l'HCl assez concentré ;

A l'aide d'une grosse pince, mettre en place le tube dans l'erlenmeyer ; boucher l'erlenmeyer ;

Modifier la hauteur de l'ampoule de manière à ce que l'eau salée soit au même niveau dans l'ampoule et le tube gradué ;

Le contenu de l'erlenmeyer sera alors à la pression atmosphérique.

Noter le niveau.

## C. Étape 03 : La mesure

Incliner l'erlenmeyer afin de faire couler l'acide sur l'échantillon ;

Reposer l'erlenmeyer et attendre la fin de l'effervescence ;

Remarque : pour une mesure précise, il convient d'attendre un rééquilibrage de la température avec celle de l'air ambiant (réaction exothermique).

La pression dans le tube gradué est alors supérieure à la pression atmosphérique.

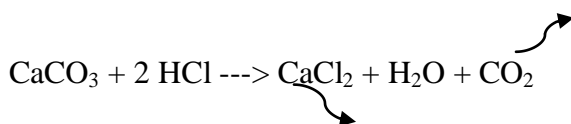
Il convient de rétablir la pression atmosphérique en descendant l'ampoule jusqu'à obtenir le même niveau dans l'ampoule et le tube.

Le CO<sub>2</sub> dégagé est maintenant à pression atmosphérique : on peut faire la mesure.

Ouvrir l'erlenmeyer ; ajouter un peu d'acide sur l'échantillon. Vérifier que l'acide était bien en excès et que tout le CaCO<sub>3</sub> a été attaqué.

#### **D. Étape 04 : Le calcul de teneur en CaCO<sub>3</sub>**

Cette formule a été proposée par Denis Baize :



Si l'acide HCl est en excès, son action sur une mole de CaCO<sub>3</sub> (100g/mol) libère une mole de CO<sub>2</sub> (22,4l soit 22400 ml).

Connaissant le volume de CO<sub>2</sub> dégagé (niveau final - niveau initial), faire un produit en croix pour calculer la masse de CaCO<sub>3</sub> attaqué.

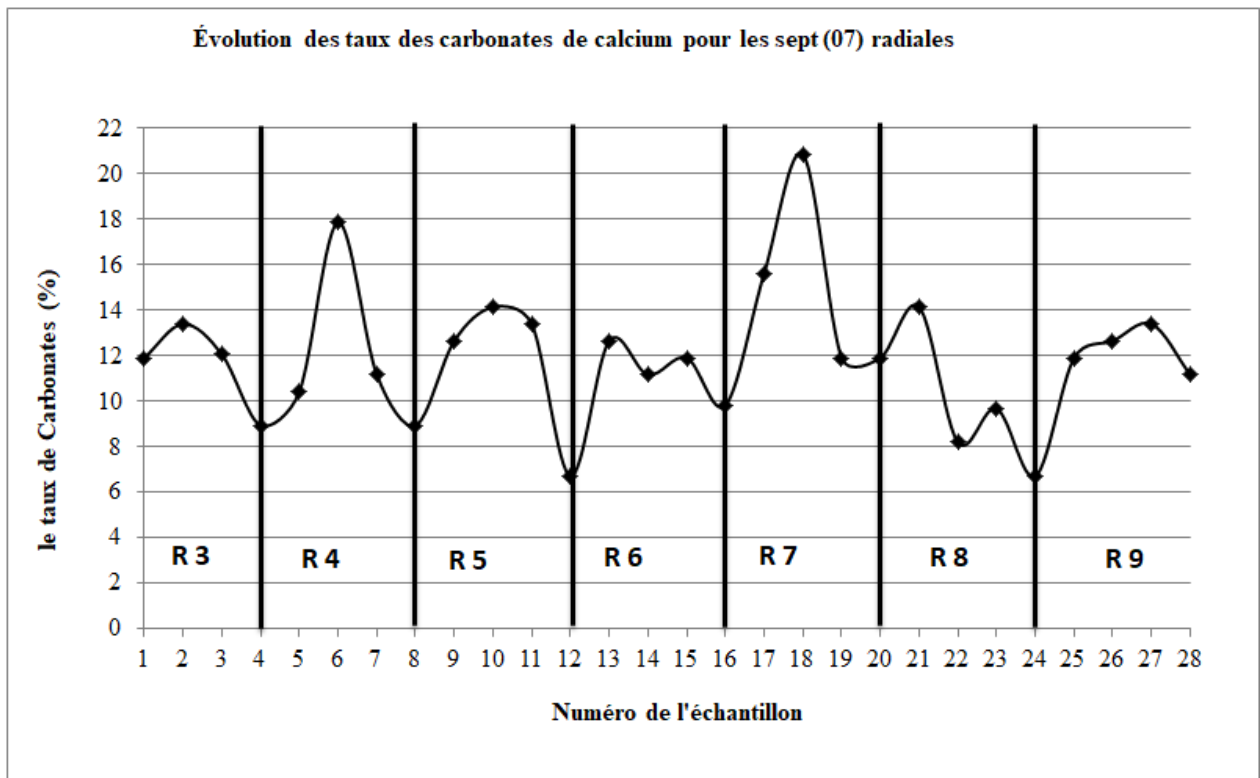
Connaissant la masse de CaCO<sub>3</sub> et la masse de l'échantillon, faire un produit en croix pour calculer le pourcentage de CaCO<sub>3</sub> dans l'échantillon.

#### **E. Résultats des analyses**

Les échantillons 4, 8, 12, 16, 22, 23 et 24 sont caractérisés par des taux des carbonates de calcium inférieurs à 10 %, tandis que les autres échantillons ont des taux qui oscillent entre 10,42% et 20,83%. Alors, on peut dire que les taux élevés des carbonates de calcium indiquent un enrichissement en contenu malacologique « Lamellibranches et Gastéropodes ».

**Tableau 7 : Représentation des taux des carbonates de calcium**

		Masse de l'échantillon	Niveau initial (ml)	Niveau final (ml)	Volume de Co2 (ml)	Masse de CaCo3 (g)	Taux des carbonates (%)
		M Ech (g)	N i	N f	N f - N i	(VCo2*100) /22400	(MCo3*100) /M. Ech
<b>R 03</b>	E 01	0.3	3	11	8	0.04	11.90
	E 02	0.3	2.5	11.5	9	0.04	13.39
	E 03	0.5	2.5	16	13.5	0.06	12.05
	E 04	0.3	3	9	6	0.03	8.93
<b>R 04</b>	E 05	0.3	2.5	9.5	7	0.03	10.42
	E 06	0.3	2	14	12	0.05	17.86
	E 07	0.3	4.5	12	7.5	0.03	11.16
	E 08	0.3	2.5	8.5	6	0.03	8.93
<b>R 05</b>	E 09	0.3	2.5	11	8.5	0.04	12.65
	E 10	0.3	3	12.5	9.5	0.04	14.14
	E 11	0.3	2.5	11.5	9	0.04	13.39
	E 12	0.3	2.5	7	4.5	0.02	6.70
<b>R 06</b>	E 13	0.3	2.5	11	8.5	0.04	12.65
	E 14	0.3	4	11.5	7.5	0.03	11.16
	E 15	0.3	2.5	10.5	8	0.04	11.90
	E 16	0.5	3	14	11	0.05	9.82
<b>R 07</b>	E 17	0.3	2.5	13	10.5	0.05	15.63
	E 18	0.3	2.5	16.5	14	0.06	20.83
	E 19	0.3	2	10	8	0.04	11.90
	E 20	0.3	2.5	10.5	8	0.04	11.90
<b>R 08</b>	E 21	0.3	3.5	13	9.5	0.04	14.14
	E 22	0.3	2.5	8	5.5	0.02	8.18
	E 23	0.3	2.5	9	6.5	0.03	9.67
	E 24	0.5	3	10.5	7.5	0.03	6.70
<b>R 09</b>	E 25	0.3	3	11	8	0.04	11.90
	E 26	0.3	2.5	11	8.5	0.04	12.65
	E 27	0.3	2.5	11.5	9	0.04	13.39
	E 28	0.3	2.5	10	7.5	0.03	11.16



**Figure 31 : Évolution des taux des carbonates de calcium pour les sept radiales**



## CONCLUSIONS

## CONCLUSION

Cette étude a permis la caractérisation granulométrique des sédiments de la plage Sables d'Or qui se localise au voisinage du Lac Mellah « El Kala, El Tarf ». La partie haute de l'estran de cette plage est caractérisée par l'accumulation de sédiments meubles (sables, graviers et galets).

Au voisinage de la plage Sables d'Or, les formations géologiques suivantes affleurent : i- Les formations post-nappes (remplissage plio-quaternaire, remplissage quaternaire) ii- la formation des dunes iii- les éboulis de pente iv- les formations anté-nappes (nappe numidienne).

Les observations morphoscopiques montrent une prédominance d'une seule catégorie de grains de quartz, c'est bien les subémoussés luisants, tandis que les autres types (R.M. et N.U.) sont moins présents. La quasi-totalité des grains sont propres et luisants. Alors, la mobilisation des sédiments s'effectue par des eaux marines.

Dans ce travail toutes les courbes sont unimodales, avec la présence de 3 modes séparés (0.25mm, 0.315mm et 0.4mm), ainsi que la dominance du mode 0,315mm suivi par le mode 0,25mm.

Les valeurs du grain moyen dans les sept radiales varient entre 1.17 et 2.1  $\phi$ . Donc on peut dire que le grain moyen dans chaque radiale est moyen à fin.

L'éventail granulométrique trop serré et l'indice de classement qui varie entre 0,23 et 0,43  $\phi$  montrent généralement des sédiments très bien classés à bien classés.

Les sédiments des sept radiales étudiées sont symétriques, sauf pour quelques échantillons : 4, 5 et 13 qui sont asymétriques vers les grandes tailles, et d'autres « 1 et 9 » sont d'une forte asymétrie vers les grandes tailles. Les valeurs de l'indice d'acuité indiquent que la distribution dominante dans tous les échantillons étudiés est mésokurtique. Les échantillons 1, 4, 5, 9, 13, 15, 22 et 26 ont une distribution leptokurtique, et l'échantillon 8 a une distribution platykurtique.

Les taux élevés des carbonates de calcium indiquent un enrichissement en contenu malacologique « coquilles de Lamellibranches et Gastéropodes », sauf pour quelques échantillons où les taux des  $\text{CaCO}_3$  sont inférieurs à 10%, ce qui indique la présence insignifiante des débris coquilliers.

Finalement, les différents diagrammes relationnels utilisés ( $Mz/\delta_i$  et  $Ski/Mz$ ,  $Ski/\delta_i$ ) montrent que la majorité des sédiments côtiers de la plage Sable d'Or sont très bien classés et parfois bien classés. L'éventail granulométrique est caractérisé par l'abondance de sables moyens avec la présence sporadique des sables fins. Les sédiments de la plage Sable d'Or sont symétriques avec un léger penchant vers les grandes tailles.

## BIBLIOGRAPHIE

- Affoun, S. (2006).** Ressources en eaux, mobilisation et utilisation dans le bassin versant de la Mafragh,(El Tarf, NE de l'Algérie). *Thèse de Magistère*. 38 Tab.-51 Fig.-187p.
- B.E.I.C.I.P, (1969),** *Etude géologique du permis BOU-ABED*, SONATRACH, Texte, Ref. 30 054.
- Berthois L., 1958.** –Etude sédimentologique des roches meubles (techniques et méthodes) – *Doin Edit.- Paris* – 278p.
- Bouazouni, O. (2004).** Parc National d'El Kala : Etude socio-économique du PNEK. Projet régional pour le développement d'aires marines et côtières protégées dans la région de la Méditerranée (Med MPA), PAM, PNEK, PNUE, RAC-SPA.).
- Bietlot, A. (1940).** Méthodes d'analyses granulométriques. Applications à quelques sables éocènes belges. *Mém. Soc. Géol. Belgique*, 64(2), 79-169.
- Bull, W. B. (1977).** The alluvial-fan environment. *Progress in Physical geography*, 1(2), 222-270.
- Cailleux A. & Tricart J., 1959.** –Initiation à l'étude des sables, Galets – *Edit C.D.U - paris - T.1 - 376p. -56 Tabl - 72 Figures – T.2 – 194 p. – T.3 -202 p.*
- Cailleux A., 1937.** –Méthode d'étude de la morphologie des grains de sable – *C.R Som. Géol. France – T.16 – pp. 224-225.*
- Chen, D., & Chen, H. W. (2013).** Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010. *Environmental Development*, 6, 69-79.
- Degaichia A., 2001.** -Aspects sédimentologique du dépôt mio-plio-quadernaire de la zone avoisinante au barrage de Foum el khanga (sadrata, NE de l'Algérie). *Thèse de Magistère*. 23 Tab.-29 Fig.-176p.
- 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.
- Durand Delga, M. (1969).** Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Publ. Serv. Carte géol. Algérie, NS. *Bull. Soc. Géol. Fr*, 13(7), 328-337.
- Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957).** Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*, 27(1), 3-26.
- Friedman, G. M. (1962).** On sorting, sorting coefficients, and the lognormality of the grain-size distribution of sandstones. *The Journal of Geology*, 70(6), 737-753.
- Friedman, G. M. (1967).** Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *Journal of Sedimentary Research*, 37(2), 327-354.
- Gulink, M. (1943).** Sur la précision des analyses granulométriques par tamisage. *Bulletin de la Société Belge de géologie Paléontologie hydrologie*, 2, 206-213.

- Inman, D. L. (1952).** Measures for describing the size distribution of sediments. *Journal of Sedimentary Research*, 22(3), 125-145.
- Joleaud, L. (1936).** Étude géologique de la région de La Calle. *Imprimerie la Typo-Litho et J. Carbonel, Alger, in, 8, 182.*
- Krumbein W.C., (1936).** The use of quartile measures in describing and comparing sediments. *American Journal of Science*, (188), 98-111.
- Marre, A. (1987).** Etude géomorphologique du tell oriental Algérien de Collo à la frontière Tunisienne (Doctoral dissertation, Aix-Marseille 2).
- Masri T., 2016.** -Sédimentologie et dynamique sédimentaire des sables côtiers de la rive orientale de l'oued Mafragh (El Tarf, NE de l'Algérie). *Mémoire de Master en Environnement Sédimentaire encadré par A. DEGAICHIA.*
- Nouacer. R. 1993.** Essai de synthèse des caractéristiques hydrogéologiques et hydrochimiques de la nappe du massif dunaire de Boutheldja. Thèse de Magister de l'Université d'annaba.
- Otto, G. H. (1938).** The sedimentation unit and its use in field sampling. *The Journal of Geology*, 46(4), 569-582.
- Paskoff, R. (1998).** La crise des plages : pénurie de sédiments. *Mappemonde*, 52 (4), 11-15.
- Passega, R. (1964).** Grain size representation by CM patterns as a geologic tool. *Journal of Sedimentary Research*, 34(4), 830-847.
- Raoult, J. F., & JF, R. (1974).** GEOLOGIE DU CENTRE DE LA CHAÎNE NUMIDIQUE (NORD DU CONSTANTINOIS, ALGERIE. *Société géologique de France.*
- Rivière, A. (1977).** *Méthodes granulométriques-Techniques et interprétations.* Masson Edit.- paris-170p.
- Salhi N., 2013.** –Introduction à l'étude granulométrique des sables de la plage du golfe de Bône (Annaba). *Mémoire de Master en Environnement Sédimentaire. 33Fig.- 14Tab.- 64p. Encadré par A. DEGAICHIA.*
- Trask, P.D., 1930.** - Mechanical analyses of sediments by centrifuge. *Econ. Geol.*, 25, 581 – 599. (1939). Organic content of Recent marine sediments. *Soc. Econ. Paleon. And Mineral. Tulsa. Oklahoma*, 736.
- Vila, J. M. (1980).** *La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens* (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat en Science Université de Paris VI, France. 655p).
- Visher, G. S. (1969).** Grain size distributions and depositional processes. *Journal of Sedimentary Research*, 39(3), 1074-1106.
- Wentworth, C. K. (1922).** A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The journal of geology*, 30(5), 377-392.

## **Webographie**

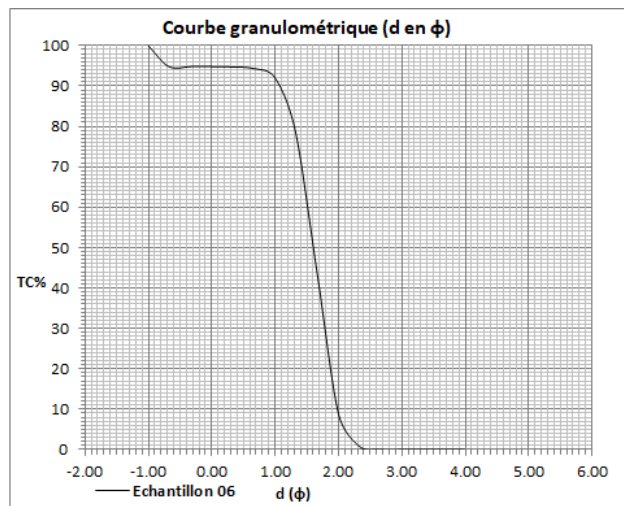
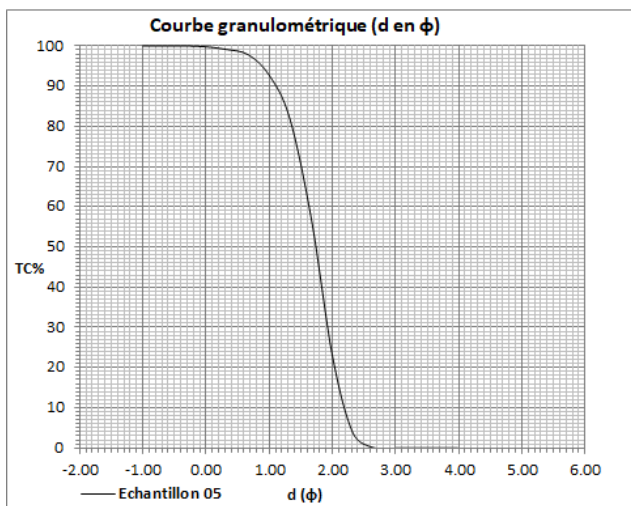
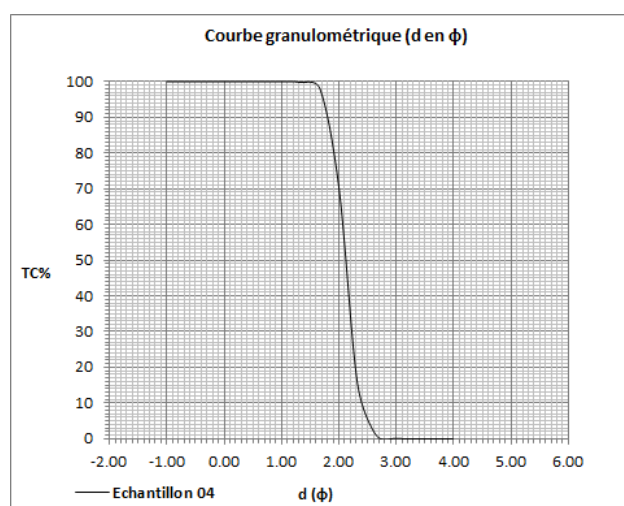
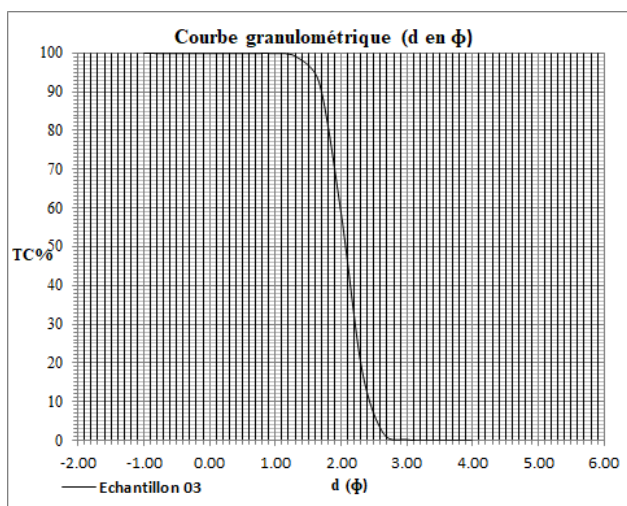
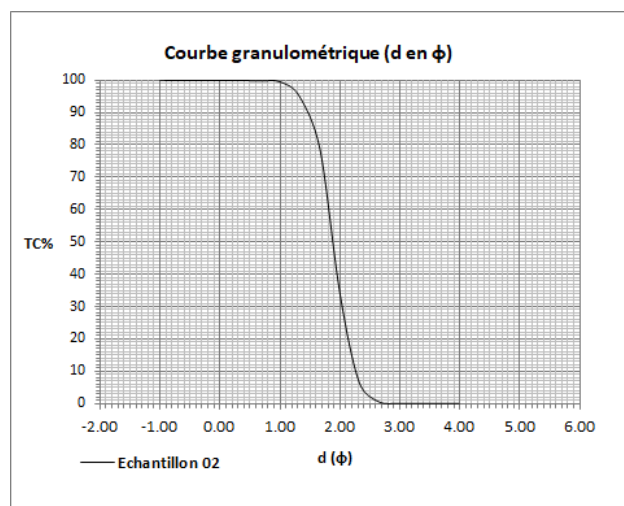
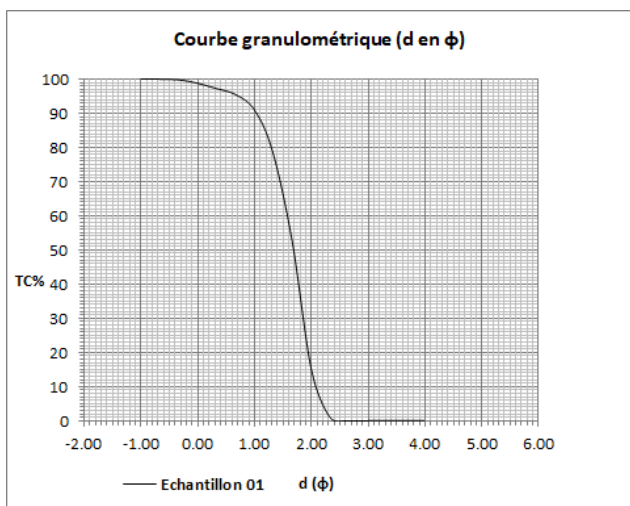
<http://geosciencesmarinesalgerie.com/2019/12/30/indicateur-de-la-wilaya-de-del-tarf/>

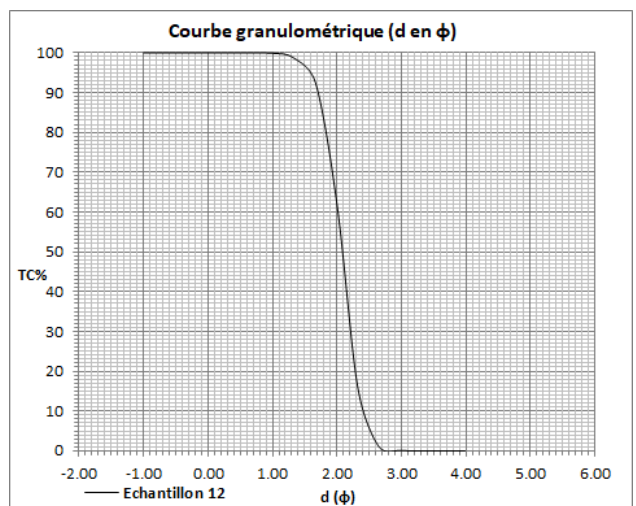
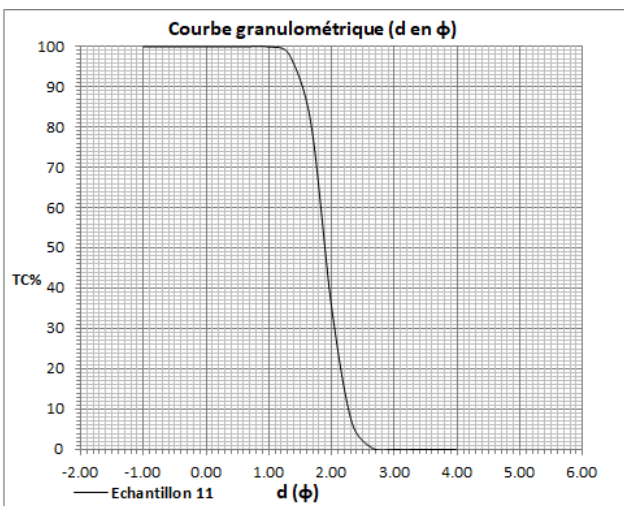
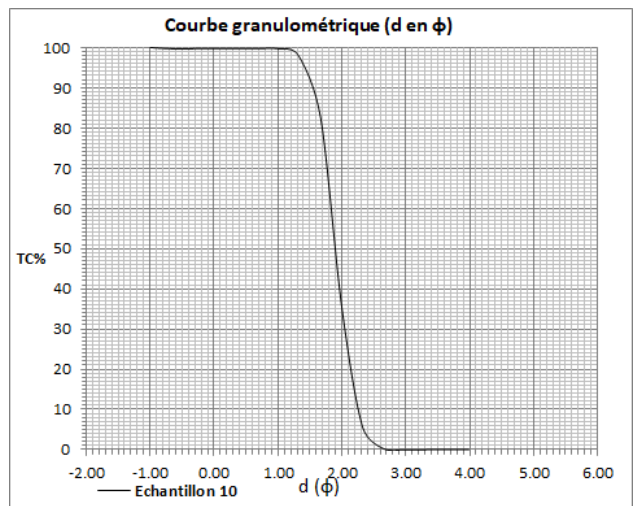
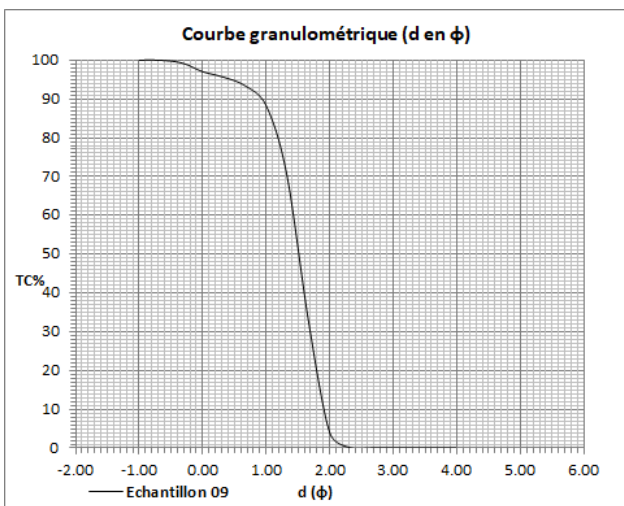
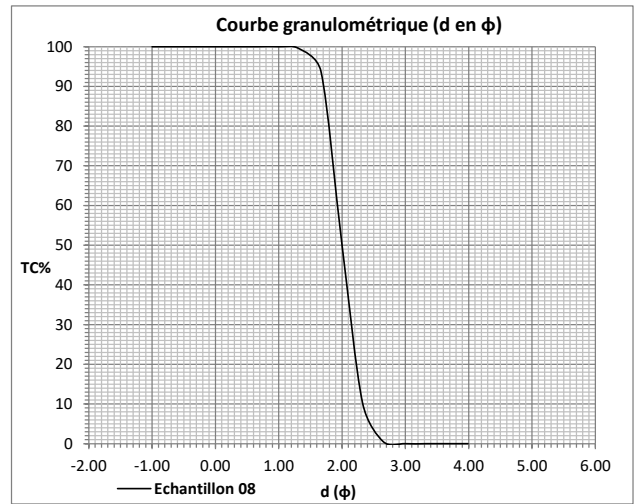
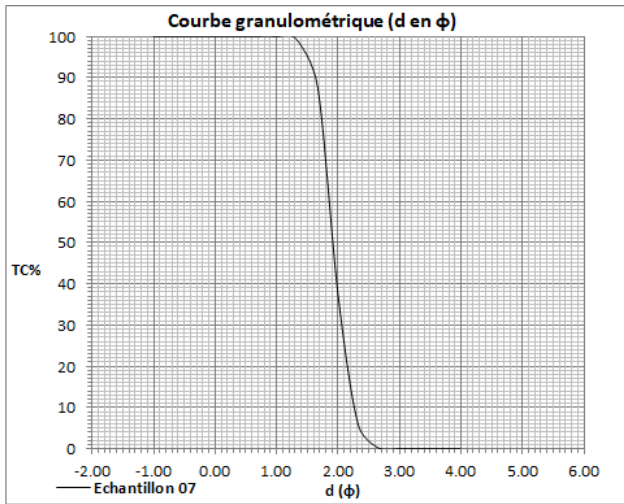
<http://www.geoloues-prospecteurs.fr/dictionnaire-geologie/g/index.php?page=9>

[https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/el-tarf\\_alg%c3%a9rie\\_2497323](https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/el-tarf_alg%c3%a9rie_2497323)

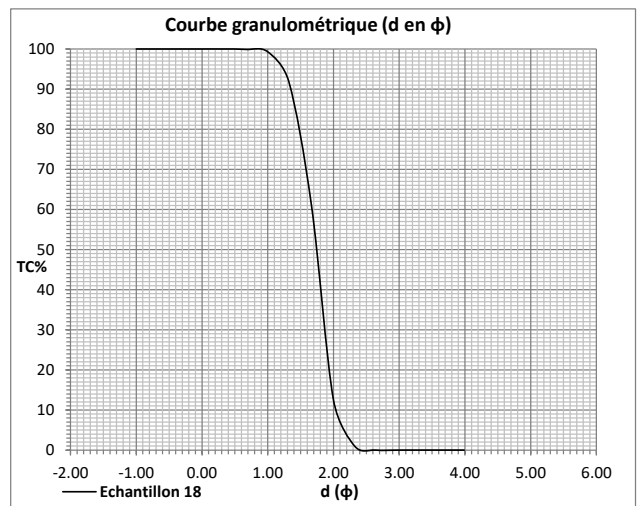
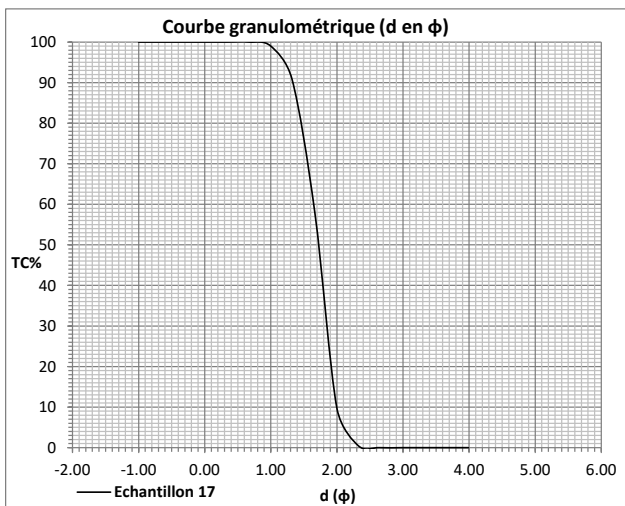
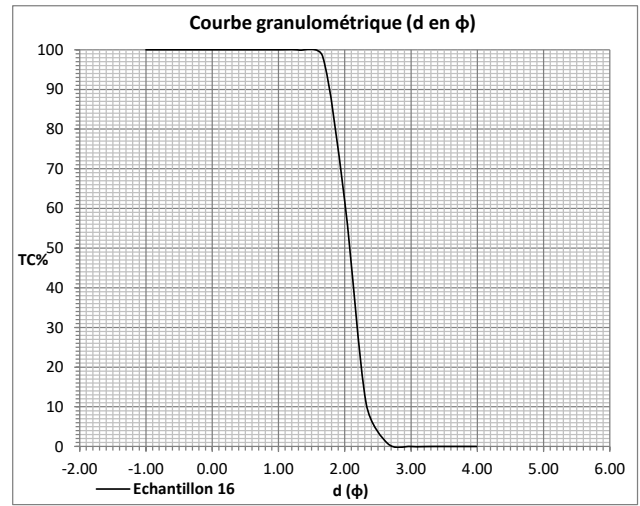
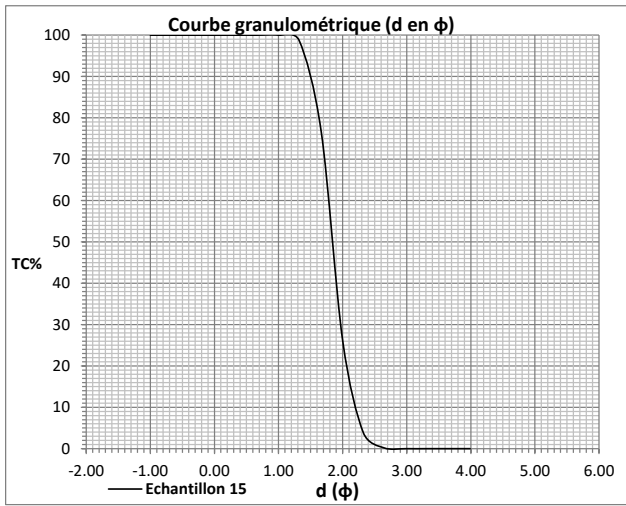
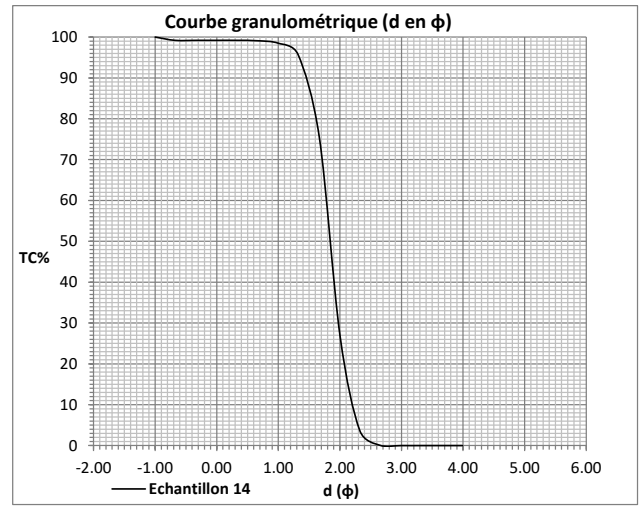
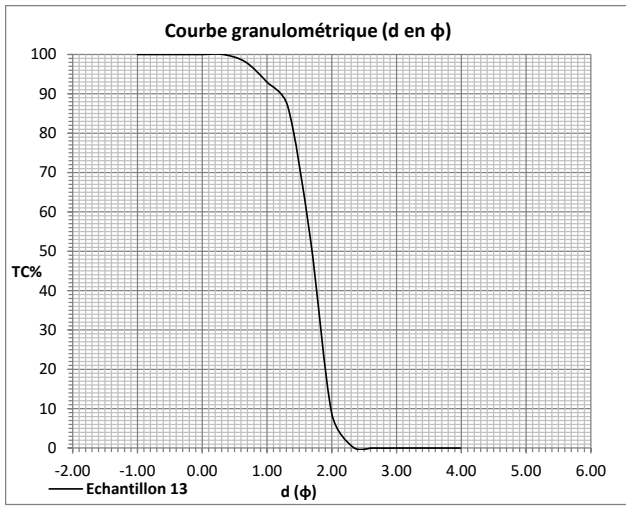
<http://www2.ulg.ac.be/geolsed/sedim/lexique.html>

# I. ANNEXE 01 : COURBES GRANULOMÉTRIQUES

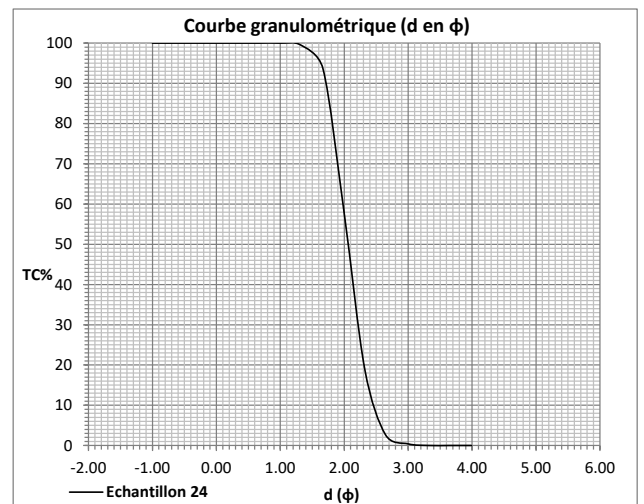
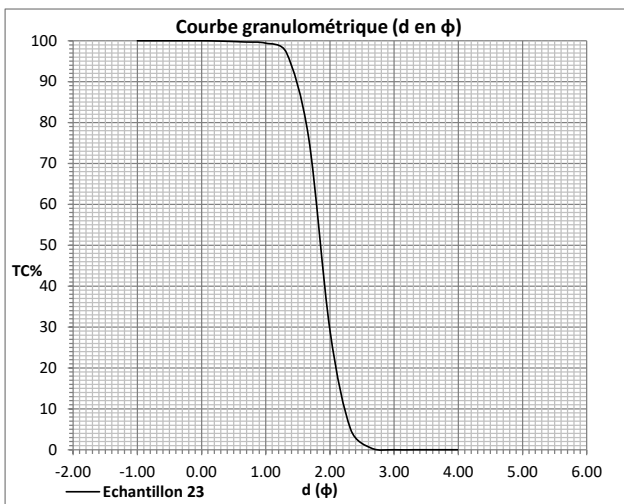
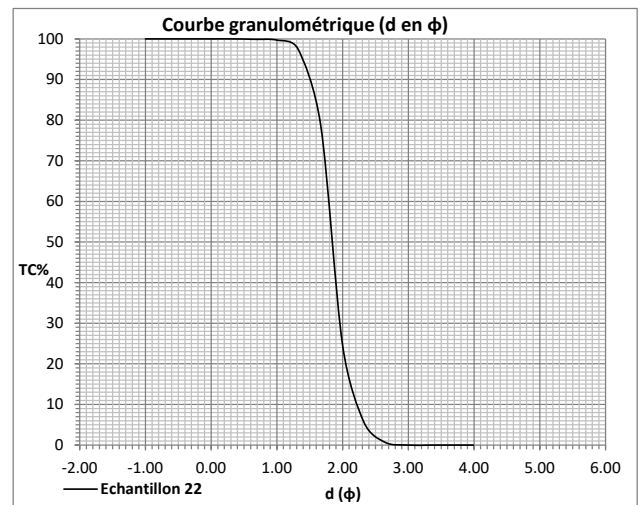
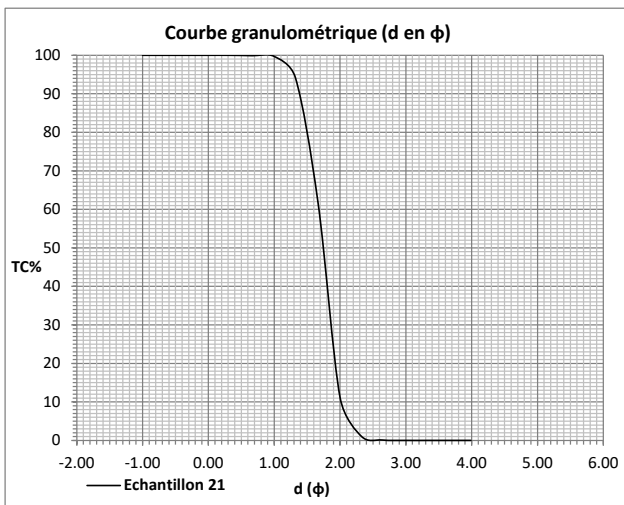
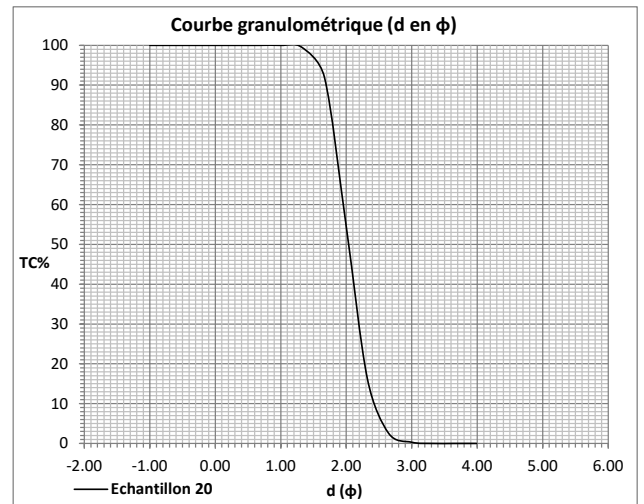
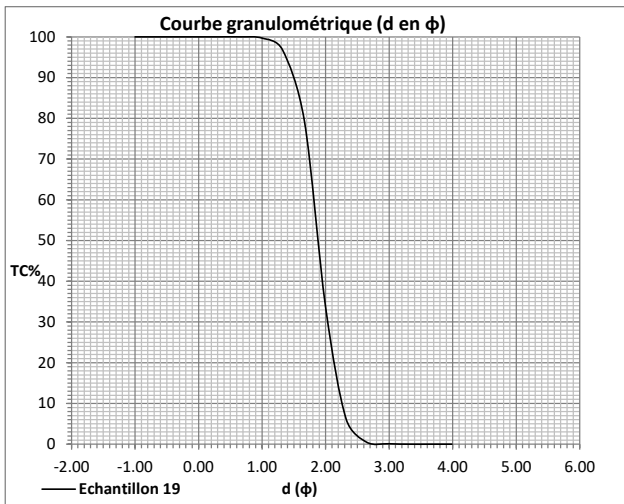


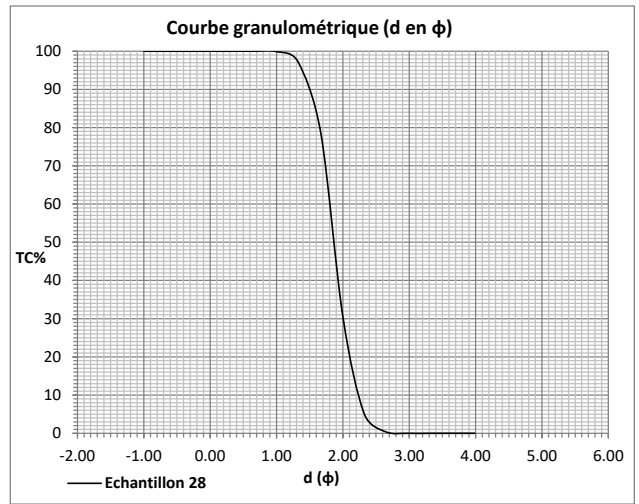
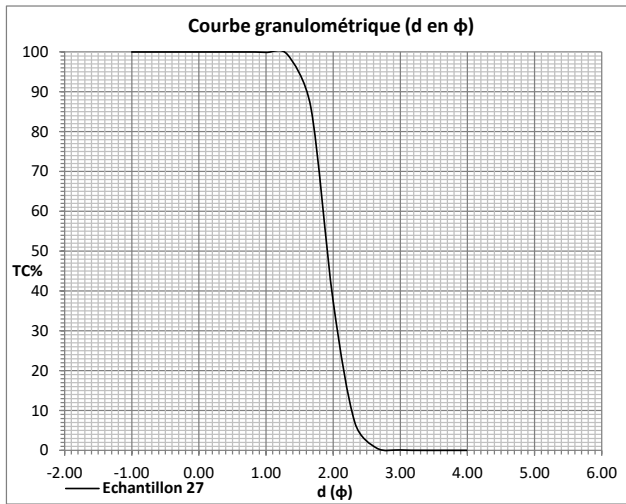
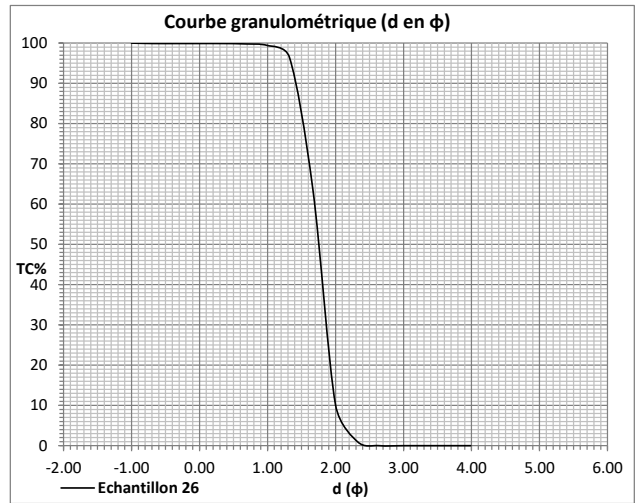
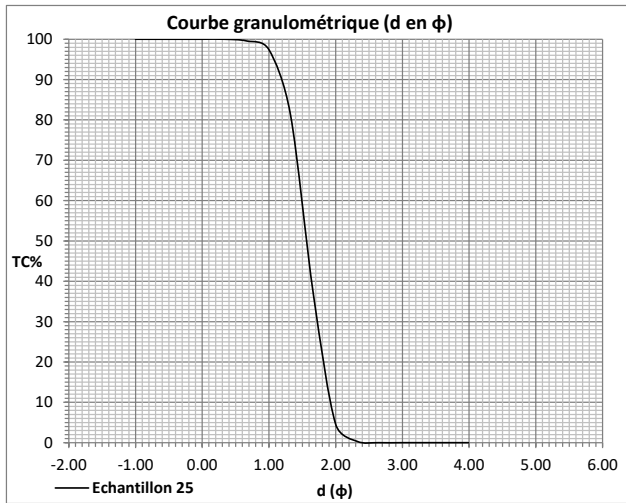












## II. ANNEXE 02 : COURBES FREQUENTIELLES

