



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



MÉMOIRE DE MASTER

Domaine: Sciences de la Terre et de l'Univers
Filière: Géologie
Option: Géologie des bassins sédimentaires

Thème:

**Apport de la granulométrie dans la caractérisation des sables
côtiers et éoliens : cas des sables éoliens de l'Oued et des
sables côtiers du Golfe de Bône**

Présenté par:

Fatima Zahra BENKHEDIR & Oumaima SERROUD

Devant le jury:

Boubaya Djamel	MCA	ULT- Tébessa	Président
Amor DEGAICHIA	MCB	ULT- Tébessa	Encadrant
Nacer Wassila	MAA	ULT- Tébessa	Examinatrice

Date de soutenance:

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

ملخص

أتاحت لنا مقارنة التحاليل الرسوبية للرمال الصحراوية على الحدود الشمالية من العرق الشرقي الكبير والرمال الساحلية لخليج عنابة فهم ومتابعة التطور الحبيبي للرواسب الرملية في هذين المنطقتين.

مكنتنا الدراسة المجهرية لهذه الرسوبيات من ملاحظة حبيبات سيليس كروية الشكل في رمال الصحراء أكثر من رمال الشاطئ، مما يشير إلى عمليات نقل بواسطة الرياح بالنسبة إلى الرسوبيات الصحراوية. أما بالنسبة لحبيبات الرمل الشاطئية فهي لامعة و مصقولة مما يدل على نقل مائي على عكس حبيبات الرمل الصحراوية الشاحبة و الكروية.

وجدنا أن القطر المتوسط للحبيبات الرملية في منطقة الواد صغير جدا بالنسبة لقطر الحبيبات الرملية الشاطئية ويتراوح ما بين 2.2 و 3.55 (Φ)، بالنسبة للرمال الشاطئية و يصل إلى 1.6 (Φ)، وهذه الحبيبات مرتبة بشكل جيد (0.37 و 0.8 و 0.38 و 0.5 Φ).

إن الدراسة الإحصائية لهذه الرسوبيات الصحراوية والشاطئية تبين هيمنة خزان رسوبي واحد حبيباته الرملية من الحجم الرفيع.

في رمال الكتبان الرملية في منطقة الواد، و بعد دراسة توزيع معدل كربونات الكالسيوم تبين أنه نادرا ما يتجاوز 3.01 بالمئة. كما يتميز الجزء الشرقي من منطقة الواد بمعدلات منخفضة لكربونات الكالسيوم و يرتفع هذا المعدل في المناطق الأخرى. أما في الرمال الشاطئية لخليج عنابة، فيظهر معدل كربونات الكالسيوم انخفاضا طفيفا في الشاطئ الأمامي نحو الكتبان الرملية، وزيادة كبيرة في الرمال الشاطئية الغنية بالقواقع الكلسية للرخويات.

الكلمات المفتاحية: التحليل الحبيبي ، خليج عنابة ، الوادي ، الرمال ، قياس التكلس ، أشكال الحبيبات ، الشواطئ الأمامية ، الصحراء.

Abstract

The granulometric analysis of the desert sands of the northern confines of the Oriental Grand Erg, and of the coastal sands of the Bone Gulf, has helped to understand and follow the granulometric evolution of the sandy deposits of these two regions and to distinguish between them.

The high rate of rounded grains is well cited in desert sands than in beach sands, and indicates wind transport over long distances. El Oued sands are rounded and dull, reflecting a dominant aeolian transportation over long distances; while the Bone Gulf sands are blunt and shiny, indicating transport by active sea currents.

Desert sands are generally finer than coastal sands (Mz values vary between 2.2 and 3.55 (Φ), and can reach 1.6 (Φ) in beach sands). The two types of sands are well classified (the values of δ_i vary between 0.37 and 0.86 (Φ) in desert sediments, and between 0.38 and 0.5 (Φ) in coastal sediments).

A unimodal distribution is predominant in the two regions, this being said that in general a single nourishing province provides sediment to the desert sands of the Oued and the same for the coastal sands of Annaba. The desert sands of the Oued region present a leptokurtic to meokurtic distribution; while the coastal sands of the Bone Gulf (Annaba) present a platykurtic to mesokurtic distribution. The two types of sands tell us about the well classification of sediments and the predominance of fine sands. The level of $CaCo_3$ in the sands of the Bone Gulf beach shows a slight decrease in the foreshore towards the dunes, and a significant increase in the horizons rich in Molluscs (Lamellibranchs and Gastropods); while the level of $CaCo_3$ in the desert sands of El Oued hardly exceeds 3.01%. Its values are very low in the eastern part of the study area, and amplify in other parts.

Keywords: Grain size analysis, Gulf of Bone, l'Oued, sands, calcimetry, morphoscopy, foreshore, desert.

Résumé

L'analyse granulométrique des sables désertiques des confins septentrionaux du Grand Erg Oriental, et des sables côtiers du golfe de Bône, a permis de comprendre et suivre l'évolution granulométrique des dépôts sableux de ces deux régions et de distinguer entre eux.

Les sables de la région de l'Oued sont arrondis et ternes, reflétant un transport éolien dominant sur de longues distances; tandis que les sables du golfe de Bône sont émoussés et brillants, indiquant un transport par des courants marins actifs. Les sables du désert sont généralement plus fins que les sables côtiers (les valeurs de Mz varient entre 2,2 et 3,55 (Φ), et peuvent atteindre 1,6 (Φ) dans les sables de plage). Les deux types de sables sont bien classés (les valeurs de δ_i varient entre 0,37 et 0,86 (Φ) dans les sédiments désertiques, et entre 0,38 et 0,5 (Φ) dans les sédiments côtiers).

Une distribution unimodale est prédominante dans les deux régions, ceci étant dit qu'en général une seule province nourricière fournit des sédiments aux sables désertiques de l'Oued et de même pour les sables côtiers d'Annaba. Les sables désertiques de la région de l'Oued présentent, généralement, une distribution leptokurtique à meokurtique; tandis que les sables côtiers du golfe de Bône (Annaba) présentent une distribution platykurtique à mesokurtique. Les deux types de sables nous renseignent sur la bonne classification des sédiments et la prédominance des sables fins.

Le niveau de $CaCo_3$ dans les plages de sable du golfe de Bône montre une légère diminution de l'estran vers les dunes, et une augmentation significative au niveau des horizons riches en mollusques (lamellibranches et gastéropodes); tandis que le taux de $CaCo_3$ dans les sables désertiques de l'Oued ne dépasse guère 3,01%. Ses valeurs sont très faibles dans la partie orientale de la zone d'étude et s'amplifient dans d'autres parties.

Mots clés : Analyse granulométrique, golfe de Bône, l'Oued, sables, calcimétrie, morphoscopie, estran, désert.



Dédicaces

Nous dédiquons ce modeste travail :

*À nos chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur
tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de nos études, qui
sont dû à eux le mérite de ce que nous sommes aujourd'hui ;*

À nos frères et sœurs,

À nos amis et proches pour l'encouragement ;

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et

le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour nous.

Remerciements

*Après un long périple de recherche et de diligence, nous avons aboutis à
l'achèvement de ce travail :*

*Tout d'abord, nous adressons nos sincères remerciements et notre gratitude
à « ALLAH », qui nous a aidés là où nous en sommes maintenant.*

*De plus, nous remercions sincèrement notre encadreur, le Dr.
DEGANCHA AMOR, qui sans sa méthodologie, ses orientations et
ses conseils précieux, ce travail n'aurait pas été accompli.*

*Nous voudrions également remercier notre enseignants, qui nous ont
accompagnés tout au long du parcours universitaire ; et aussi les
respectueux membres de jury, de leurs présence pour évaluer et participer à
la conclusion de ce modeste travail. Enfin, de point de vue personnel nous
remercions nos chers parents ; nos frères et sœurs ; nos amis et proches,
qui ont été à notre côtés pendant cette année.*

Table des matières

ملخص.....	3
Absract.....	4
Résumé.....	5
Dédicaces.....	6
Remerciements.....	7
<hr/>	
I. ORIGINALITÉS ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	15
II. CADRE GÉOGRAPHIQUE	15
A. Cadre géographique du Golfe d'Annaba	15
B. Cadre géographique de l'Oued	17
III. ORO-HYDROGRAPHIE ET CLIMAT.....	19
A. Le climat	19
B. Précipitation.....	21
C. Relief et hydrographie.....	22
D. Les vents	23
I. GÉOLOGIE RÉGIONALE D'ANNABA	27
A. Les formations métamorphiques.....	27
1. Le massif de l'Edough	27
2. Une unité inférieure	27
3. Une unité supérieure.....	27
B. Domaine des flyschs.....	29
Flysch mauritanien.....	29
Flysch massylien.....	30
C. La nappe numidienne.....	30
D. Le Quaternaire	30
1. Pléistocène inférieur.....	31
2. Pléistocène moyen	31
Pléistocène supérieur.....	32
II. GÉOLOGIE RÉGIONALE DE L'OUED	32
A. Séries marines.....	33
B. Séries continentales	33
C. Conclusion	34
A. Les formations secondaires	37
1. Le Barrémien.....	37
3. L'Albien	37

4. Le Vraconien.....	37
5. Le Cénomaniens.....	37
6. Le Turonien	38
7. Le Sénonien.....	38
B. Les formations Tertiaires.....	38
1. L'Éocène.....	38
2. Le Mio-Pliocène.....	39
C. Les formations quaternaires.....	39
Conclusion.....	41
I. INTRODUCTION.....	44
II. TECHNIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE DES SABLES DE L'OUED ET DES SABLES DU GOLFE DE BÔNE	44
III. MODES D'ANALYSE ET TRAITEMENT DES DES SÉDIMENTS DE L'OUED ET DE LA PLAGE DE SAÏBI	45
IV. DESCRIPTION DES ZONES D'ÉCHANTILLONNAGE	46
A. La zone d'échantillonnage de la région de la plage de Saïbi	46
B. La zone d'échantillonnage de la région d'El Oued	46
V. ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES DES SABLES DE LA RÉGION DE L'OUED ET DES SABLES DU GOLFE DE BÔNE.....	47
A. Lithologique, faune et morphoscopie des sédiments de différents itinéraires et radiales.....	47
B. Évolution des indices morphoscopiques des sédiments du Golfe de Bône	50
1. Degré d'usure des sédiments du Golfe de Bône	50
2. Degré d'arrondissement des sédiments du Golfe de Bône	50
3. État de la surface des sédiments du Golfe de Bône	50
C. Évolution des indices morphoscopiques des sédiments de l'Oued	51
1. Degré d'usure des sédiments de la région de l'Oued.....	51
2. Degré d'arrondissement des sédiments de la région de l'Oued.....	51
3. État de la surface des sédiments de la région de l'Oued.....	51
D. Corrélation morphoscopique entre les sables de plage et les sables désertiques	55
1. Degré d'usure des sédiments.....	55
2. Degré d'arrondissement des sédiments.....	55
3. État de la surface des sédiments.....	55
E. Identification des paramètres granulométriques des sables du golfe de Bône et de l'Oued	55
1. Introduction	55
2. Historique des recherches sédimentologiques antérieures	55
F. Définitions et applications des coefficients granulométriques des sables de plage.....	58
1. Le mode (P.Mode).....	59
2. Le grain moyen (P.Mz).....	61
3. La médiane (P.Md)	63

4.	Le classement (P. δ_i).....	64
5.	Indice d'asymétrie (Skewness) (P.Ski)	65
6.	Indice d'acuité ou d'aplatissement (P.KG).....	66
G.	Définitions et applications des coefficients granulométriques des sables de l'Oued.....	69
1.	Le mode (DS.Mode).....	69
2.	Le grain moyen (DS.Mz).....	70
3.	La médiane (DS.Md)	71
4.	Le classement (DS. δ_i).....	72
5.	Indice d'asymétrie (Skewness) (DSKG)	73
6.	Indice d'acuité ou d'aplatissement (DS.KG).....	74
H.	Description des courbes corrélatives	77
1.	Le mode (P.DS.Mode).....	77
2.	Le grain moyen (P.DS.Mz).....	77
3.	La médiane (P.DS.Md)	78
4.	Le classement (P.DS. δ_i).....	79
5.	Indice d'asymétrie (Skewness) (P.DS.SKi)	80
6.	Indice d'acuité ou d'aplatissement (P.DS.KG).....	81
VII.	LA CALCIMÉTRIE	82
A.	Principe.....	82
B.	Interprétation des résultats des sables du golfe de Bône	83
C.	Interprétation des résultats de la région de l'Oued	87
D.	Corrélations des taux des carbonates entre les sables de plage et de désert.....	89

Liste des tableaux

Tableau 1: Les coordonnées géographiques des trois radiales étudiées	16
Tableau 2: Coordonnées géographiques des échantillons	18
Tableau 3: Température mensuelles et annuelles de station météorologie de Guemare (W. d'El Oued) période durant 1967 à 2006).....	19
Tableau 4: comparaison climatique entre Annaba et l'Oued	20
Tableau 5: Données climatiques à Annaba. (Source : The Weather Network, statistiques sur 21 ans (www.weatherbase.com)	21
Tableau 6: Précipitations moyennes annuelles durant la période 1975-2013	22
Tableau 7: Les statistiques mensuelles de vitesse et températures du vent durant la période mentionnée (D'après la station de météo de l'aéroport de Rabah Bitat, Annaba)	24
Tableau 8: Moyenne mensuelle des vitesses et des nombres de jours du vent Station météorologique de l'Oued période entre 1976 et 2006.....	24
Tableau 9: Nomenclature aux grandes formations continentales	33
Tableau 10: Description globale des échantillons étudiés de la région de l'Oued (+++ : Très abondant, ++	48
Tableau 11: Description globale des échantillons des 3 radiales étudiées (+++ : très abondant,.....	49
Tableau 12: Moyennes des pourcentages des indices de l'évolution morphoscopique des grains de sables du Golfe de Bône	50
Tableau 13: Évolution morphoscopique des sables dunaires de la région de l'Oued.....	52
Tableau 14:Analyse modale des échantillons de la radiale «R1».....	59
Tableau 15: Analyse modale des échantillons de la radiale «R2».....	59
Tableau 16: Analyse modale des échantillons de la radiale «R3».....	60
Tableau 18: Tableau récapitulatif des paramètres sédimentologiques de la radiale «R1»	67
Tableau 19: Tableau récapitulatif des paramètres sédimentologiques de la radiale «R2»	68
Tableau 20: Tableau récapitulatif des paramètres sédimentologiques de la radiale «R3»	68
Tableau 17: Analyse modale des échantillons de sables de la région de l'Oued.	69
Tableau 21: Récapitulatif des paramètres sédimentologiques de la région de l'Oued	76
Tableau 22: Représentation des taux des carbonates de calcium «R1»	84
Tableau 23: Représentation des taux des carbonates de calcium «R2»	85
Tableau 24: Représentation des taux des carbonates de calcium «R3»	86
Tableau 25: Représentation des taux des carbonates de calcium des sables de l'Oued.....	88

Liste des figures

Figure 1: Localisation géographique du Golfe d'Annaba, et la zone d'étude. (Google earth)	16
Figure 2: Localisation des trois radiales échantillonnées (R 01, R 02 et R 03), (Google earth)	17
Figure 3: Localisation géographique de la wilaya de l'Oued et la zone d'étude.....	18
Figure 4: Classification climatique de Köppen (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).....	20
Figure 5: Rosace représentative des directions des vents dominants dans la wilaya d'Annaba. Durant la période mentionné. (D'après la station de météo de l'aéroport de Rabah Bitat, Annaba).....	25
Figure 6: Partie de la carte structurale et géologique de la chaîne tello-rifaine établie par (Wildi, 1983)	28
Figure 7: carte géologique régionale du Sahara (Extrait de la carte géologique du Nord d'Afrique 1/5.000.000) (S. Baci, 2016)	35
Figure 8: Carte géologique (Stratigraphique) du SASS Algérie- Tunisie- Lybie (OSS 2003)	36
Figure 9: Log stratigraphique du forage F1 (ANRH, 1993) (S. Baci, 2016)	40
Figure 10: A : Passage latéral entre des rides de courant et une stratification plane. B : détail d'une stratification plane de plage. (Collection : M.A. DEGAICHIA)	46
Figure 11: Sables dunaires de la région d'El Oued	47
Figure 12: Niveau riche en Mollusques	48
Figure 13: Morphoscopie des sables du Golfe de Bône ; R1, R2 et R3 : Grains émoussés luisants en abondance et des variétés minéralogique et faunique : Quartz, Illmenite, Feldespaths, Oxydes et Foraminifères(R1, R2 et R3) (A. Degaichia et N. Salhi, 2013)	51
Figure 14: Morphoscopie des sables dunaires de l'Oued (Collection : A. DEGAICHIA)	53
Figure 15: Évolution morphoscopique des grains de sables des sédiments de désert	54
Figure 16: Échelle des classifications granulométriques	57
Figure 17: Courbe de fréquence (classement et asymétrie)	58
Figure 18: Le mode des sédiments de plage du trois radiales	61
Figure 19: Évolution de grain moyen dans les sédiments de plage	62
Figure 20 : Évolution de la médiane dans les sédiments de plage.....	63
Figure 21: Évolution de l'indice de classement des sédiments de plage	65
Figure 22: Évolution de l'indice d'asymétrie des sédiments de plage.....	66
Figure 23: Évolution de l'indice d'acuité des sédiments de plage	67

Figure 24: Le mode des sédiments de désert.....	70
Figure 25: Évolution de grain moyen dans les sédiments de désert	71
Figure 26: Évolution de la médiane dans les sédiments de désert.....	72
Figure 27: Évolution de l'indice de classement des sédiments de désert	73
Figure 28: Évolution de l'indice d'asymétrie des sédiments de désert.....	74
Figure 29: Évolution de l'indice d'acuité des sédiments de désert.....	75
Figure 30: Modes des sédiments de plage et de désert	77
Figure 31: Évolution de grain moyen dans les sédiments de plage et de désert.....	78
Figure 32: Évolution de la médiane dans les sédiments de plage et de désert	79
Figure 33: Évolution de l'indice de classement des sédiments de plage et de désert.....	80
Figure 34: Évolution de l'indice d'asymétrie des sédiments de plage et de désert	81
Figure 35: Évolution de l'indice d'acuité des sédiments de plage et de désert.....	82
Figure 36: Calcimètre de BERNARD.....	83
Figure 37: Évolution des taux des carbonates dans les sables de plage «R1»	85
Figure 38: Évolution des taux des carbonates dans les sables de plage« R2»	86
Figure 39: Évolution des taux des carbonates dans les sables de plage« R3»	87
Figure 40: Évolution des taux des carbonates dans les sables de désert	89
Figure 41: Corrélation entre l'évolution des taux des carbonates dans les sables de plage (R1, R2 et R3) et de désert.....	90

CHAPITRE I
INTRODUCTION GÉNÉRALE

CHAPITRE I : INTRODUCTION GÉNÉRALE

I. ORIGINALITÉS ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Ce travail s'intéresse à l'apport de la granulométrie dans la différenciation entre les sables côtiers du Golfe de Bône (N. Salhi, 2013) et les sables éoliens de l'Oued (S. Baci, 2016). Ces travaux ont été entrepris initialement par A. Degaichia et ses étudiants depuis 2013.

Afin de suivre l'évolution sédimentologique des sables quaternaires de la plage de Saïbi qui se situe à la frange côtière du golfe de Bône, appelé aussi golfe d'Annaba (fig.1), et des sables dunaires des confins septentrionaux du Grand Erg oriental, des analyses variées ont été effectuées au laboratoire de l'Université de Tébessa (N. Salhi, 2013; S. Baci, 2016):

- Analyses granulométriques pour caractériser les conditions de mise en place des grains de sables des différentes unités morphologiques au niveau de la plage de Saïbi et le Grand Erg oriental, aussi pour déterminer leurs modalités de transport et de dépôt ;
- Analyse morphoscopique des grains de sables pour déduire le dynamisme du courant porteur qui a alimenté les plages et dunes de cette frange côtière du Golfe de Bône, et les dunes éoliens de l'Oued ;
- Analyse calcimétrique.

II. CADRE GÉOGRAPHIQUE

A. Cadre géographique du Golfe d'Annaba

En bordure de la Mer méditerranée, à l'Est du pays et à 600km d'Alger se situe le Cap de Bône, plus connu sous le nom Golfe d'Annaba. Du point de vue géographique, la plage de Saïbi est située sur la façade méditerranéenne de l'Algérie, à 20 km au Sud-Est d'Annaba entre 36°50'19.97" et 36°50'32.93" Latitudes Nord-Est 7°51'57.68" et 7°52'36.62" longitudes Est (fig.1). L'échantillonnage a été effectué le long de 3 radiales perpendiculairement au rivage. Le tableau ci-dessous montre les coordonnées géographiques de ces dernières (tab.1).

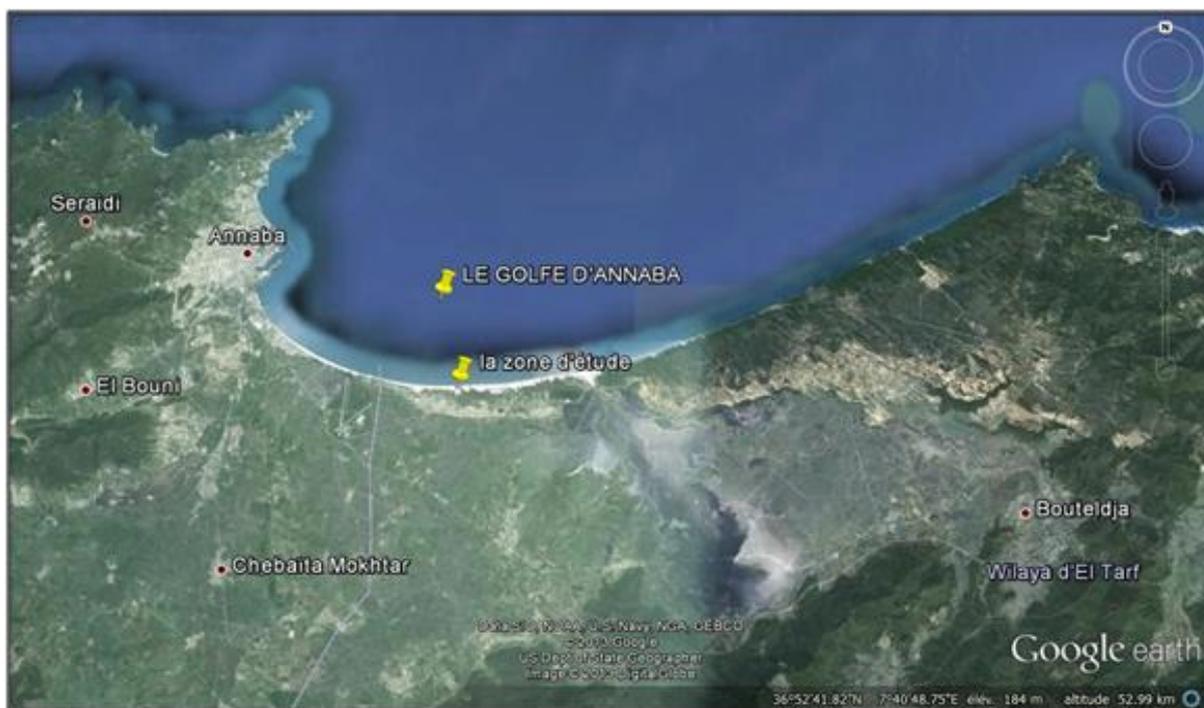


Figure 1: Localisation géographique du Golfe d'Annaba, et la zone d'étude. (Google earth)

Tableau 1: Les coordonnées géographiques des trois radiales étudiées

	Les coordonnées géographiques	
	Latitude	Longitude
R 01	36°50'30,62"N	7°52'22,45"E
	36°50'29,53"N	7°52'22,51"E
R 02	36°50'30,69"N	7°52'15,51"E
	36°50'29,66"N	7°52'15,56"E
R 03	36°50'30,87"N	7°52'33,94"E
	36°50'29,93"N	7°52'34,01"E



Figure 2: Localisation des trois radiales échantillonnées (R 01, R 02 et R 03), (Google earth)

Trois radiales parallèles et perpendiculaires à la ligne de rivage ont donné 63 échantillons. Généralement, l'échantillonnage était systématique en respectant une équidistance de 2m d'un échantillon à l'autre, tandis que là où on a observé des variations de faciès lithologique ou faunique, des échantillons de plus ont été récoltés (fig.2).

B. Cadre géographique de l'Oued

La wilaya de l'Oued est située au Sud-Est de l'Algérie, à 650 km au Sud-Est d'Alger et à 320 km au SSW de Tébessa. Avec une superficie de 35706 km²; Elle est surnommée « La ville aux mille coupes », nous l'appelons aussi « Oued Souf ». Elle se localise entre les 33° et 34° de latitude Nord, et les 6° et 8° de longitude Est, aux confins des villes suivantes:

- Biskra, Khenchela et Tébessa au Nord ;
- Djelfa au Nord-Ouest ;
- Ouargla au Sud et Sud-Ouest ;
- La Tunisie à l'Est.

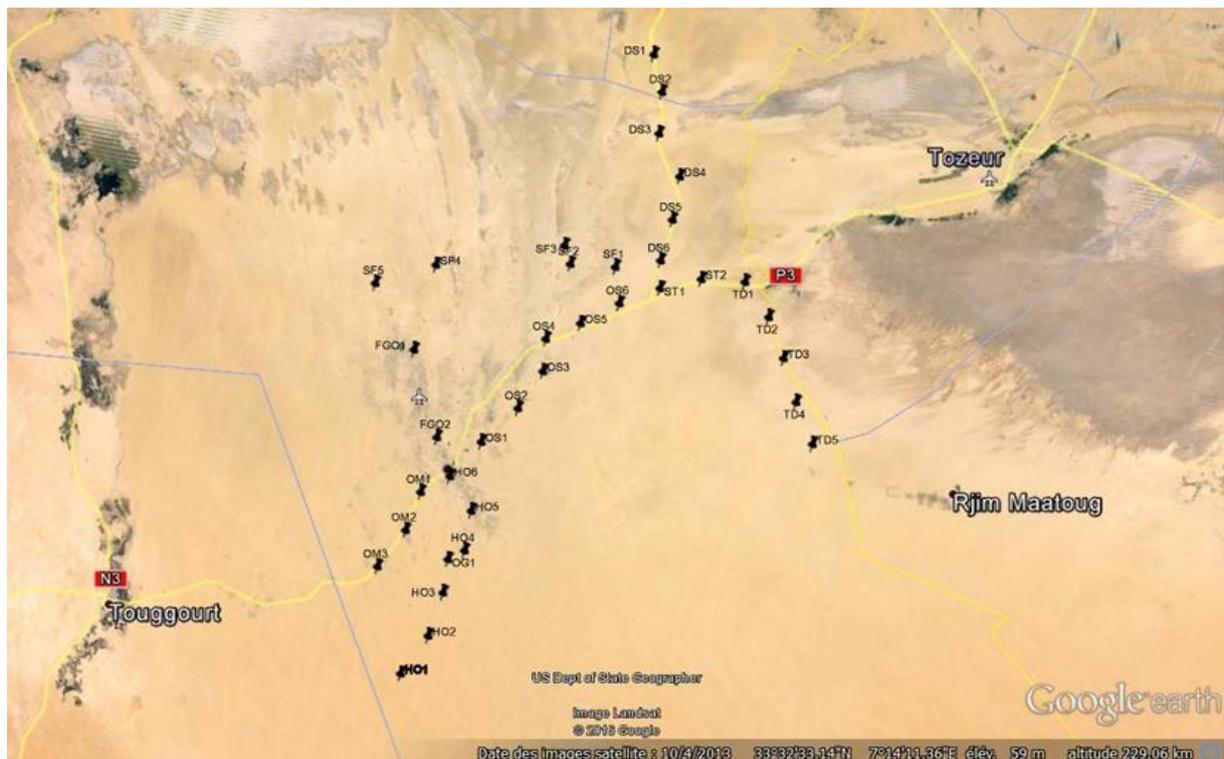


Figure 3: Localisation géographique de la wilaya de l'Oued et la zone d'étude

Tableau 2: Coordonnées géographiques des échantillons

Coordonnées géographiques		
N° de l'échantillon	Latitude	Longitude
HO1	32°57'37.97"N	6°44'18.26"E
HO2	33°02'01.19"N	6°48'12.17"E
HO3	33°07'10.97"N	6°50'16.94"E
HO4	32°12'05.95"N	6°53'04.73"E
HO5	33°16'52.59"N	6°54'13.51"E
HO6	33°20'37.63"N	6°51'04.62"E
OM1	33°18'46.67"N	6°47'12.37"E
OM2	33°14'23.09"N	6°45'14.05"E
OM3	33°10'03.67"N	6°41'05.28"E
OG1	33°11'02.93"N	6°51'07.34"E
OS1	33°24'39.19"N	6°55'14.84"E
OS2	33°28'35.05"N	7°00'15.32"E
OS3	33°32'52.88"N	7°03'37.71"E
OS4	33°36'43.09"N	7°04'10.55"E
OS5	33°38'35.64"N	7°09'00.98"E
OS6	33°40'54.82"N	7°14'23.66"E
ST1	33°42'40.69"N	7°20'03.94"E
ST2	33°43'45.31"N	7°25'44.51"E
TD1	33°43'21.45"N	7°31'53.10"E
TD2	33°39'17.17"N	7°35'03.75"E
TD3	33°34'34.00"N	7°37'12.23"E
TD4	33°29'23.95"N	7°38'46.29"E
TD5	33°24'32.54"N	7°41'14.13"E

DS1	34°09'55.42"N	7°18'53.18"E
DS2	34°05'30.08"N	7°20'04.73"E
DS3	34°00'40.51"N	7°19'46.26"E
DS4	33°55'39.22"N	7°22'36.07"E
DS5	33°50'38.67"N	7°21'34.71"E
DS6	33°45'52.14"N	7°19'58.21"E
SF1	33°45'03.53"N	7°13'36.84"E
SF2	33°45'22.96"N	7°07'25.69"E
SF3	33°47'32.53"N	7°06'32.61"E
SF4	33°45'18.58"N	6°48'36.36"E
SF5	33°43'01.51"N	6°40'29.72"E
FGO1	33°35'22.91"N	6°45'58.08"E
FGO2	33°25'13.07"N	6°49'10.02"E

III. ORO-HYDROGRAPHIE ET CLIMAT

A. Le climat

Selon la classification de Köppen (fig.4), le littoral septentrional oriental algérien est caractérisé par un climat méditerranéen. Annaba est soumise à un climat méditerranéen caractérisé par deux saisons d'inégale durée : Un été sec, long, chaud et plus ou moins humide. Un hiver doux, humide et pluvieux, mais le caractère principale de ce climat est forte variabilité des pluies, non seulement d'une année à l'autre, mais plus encore au niveau mensuel, la neige se fait.

Par contre, le climat de l'Oued est hyperaride, désertique à température très élevé. L'aridité et la chaleur sont ses caractères essentiels. Les mois d'été sont très chauds, et les températures atteignent plus de 50°C. L'hiver est relativement froid tandis que le gel n'est pas rare ; et parfois la température peut descendre au-dessous de 0°C, notamment la nuit. Dans le tableau suivant les variations de températures durant la période entre 1967 et 2006.

Tableau 3: Température mensuelles et annuelles de station météorologie de Guemare (W. de l'Oued) période durant 1967 à 2006)

Mois	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Tot	Moy
	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou		
67/06	28,48	22,13	15,57	11,3	10,46	12,97	16,2	20,4	25,4	29,99	32,91	33,15	25,9	21,58

World map of Köppen climate classification for 1901–2010

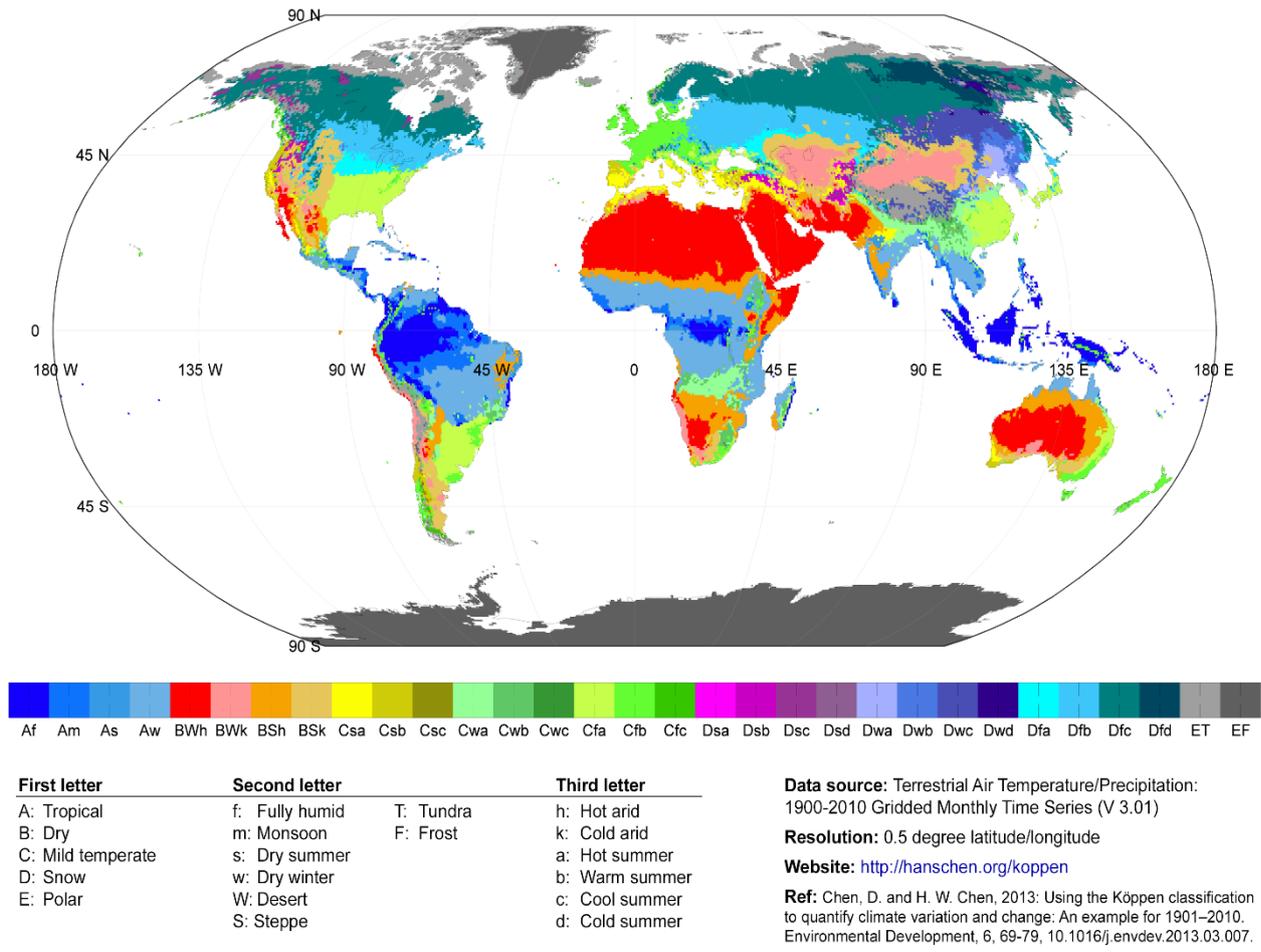


Figure 4: Classification climatique de Köppen (Chen, D., & Chen, H. W. (2013). Using the Köppen classification to quantify climate variation and change: An example for 1901–2010. Environmental Development, 6, 69-79)

Selon la Classification climatique de Köppen nous sommes arrivés à comparer entre le climat de Annaba / l’Oued :

Tableau 4: comparaison climatique entre Annaba et l’Oued

	Annaba	El Oued
Climat	Csa, Tempéré avec été sec et chaud	Bwh, Hyperaride, désertique et sec

B. Précipitation

Les précipitations annuelles moyennes à Annaba sont de l'ordre de 632,5 mm. Le mois qui est caractérisé par des précipitations intense est celui de décembre avec 109,2 mm. Le mois de juillet marque les plus faibles précipitations avec une moyenne de 2,5mm.

Les pluies peuvent être diluviennes et sont abondantes (entre 650 et 1000mm par an) et très irrégulières. On note environ une centaine de jours de pluie par an, répartis surtout en Novembre, Décembre et Janvier.

Tableau 5: Données climatiques à Annaba. (Source : The Weather Network, statistiques sur 21 ans (www.weatherbase.com))

Données climatiques Annaba													
Mois	jan.	fév.	mar.	avr.	mai.	juin.	juil.	août.	sep.	oct.	nov.	déc.	année
Température minimale Moyenne (°C)	7	7	8	10	13	16	19	20	18	15	11	8	12
Température moyenne (°C)	11	12	13	15	18	21	24	25	23	20	15	12	17
Température maximale moyenne (°C)	15	16	17	19	22	26	29	30	28	24	20	16	22
Précipitations (mm)	100	70	70	40	30	10	0	10	30	70	60	100	630

Tandis que, le climat de l'Oued est caractérisé par la rareté et l'irrégularité des précipitations et par une sécheresse absolue durant toute l'année. Les précipitations annuelles moyennes dans la zone atteignent 80 ml, il peut arriver qu'elles soient violentes et ravageuses et tombent parfois en une seule averse torrentielle. Les tableaux ci-dessous montrent les variations des précipitations de la région de l'Oued durant la période entre 1975-2013 (données de l'office national de météorologie) station de Guemare (W. de l'Oued).

Tableau 6: Précipitations moyennes annuelles durant la période 1975-2013

Année	P (mm)	Année	P (mm)	Année	P (mm)
1975	110.83	1988	77.46	2001	57.31
1976	122.42	1989	21.78	2002	51.13
1977	93.38	1990	168.68	2003	68.90
1978	72.69	1991	86.78	2004	49.94
1979	114.94	1992	82.33	2005	52.65
1980	106.38	1993	50.38	2006	35
1981	40.41	1994	51.78	2007	54
1982	89.27	1995	63.27	2008	31
1983	24.92	1996	114.18	2009	96.6
1984	61.53	1997	77.24	2010	45.9
1985	42.25	1998	80.17	2011	28
1986	97.13	1999	134.66	2012	22.9
1987	50.7	2000	41.47	2013	64

C. Relief et hydrographie

Une diversité géomorphologique d'Annaba nous offre un paysage montagneux d'une part et de vastes plaines et collines d'autres parts :

- Les montagnes représentent 52,16% du territoire de la Wilaya soit, une superficie de 736 km². Elles se distinguent par le massif de l'Edough dont le point culminant se situe au mont «Bouzizi» avec 1100 m d'altitude;
- Les collines et les piémonts, occupent 25,82% de la superficie totale, soit 365 km²;
- Les plaines représentent 18,08% du territoire soit 255 km², et sont constituées essentiellement par la plaine de Kherraza ;
- Le reste du relief est constitué de plateaux, et autres, représentant 3,94% de la superficie, soit 56 km²;
- L'Oued Seybouse : il a son embouchure (détournée au début des années 1970, à l'occasion de la construction d'une usine de production d'engrais chimiques) au Sud-Est de la ville qui rejoint la mer Méditerranée. Son bassin est le plus étendu d'Algérie et ses terres sont des plus fertiles;
- Lac de Fetzara : à l'ouest de la ville se trouve le lac à 14 km de la mer Méditerranée. Il s'allonge dans le sens Est-Ouest sur 17 km de long et sur 13 km de large. IL est

limité au Nord par le massif de l'Edough, par les collines de Aïn Berda au Sud les cordons dunaires situés à l'Est et à l'Ouest. À la périphérie du lac existent plusieurs agglomérations : au Nord, le chef-lieu de la commune de Berrahal, au Sud les territoires des communes d'El Eulma (Oued El Hout) et de Cheurfa et, à l'Est, les petits villages d'El Gantra et de Oued Zied.

On peut distinguer, dans la zone montagneuse, quatre bassins versants délimités, au moins partiellement par des crêtes de djebel Edough et la chaîne côtière des massifs du chaïba et de cap de Fer. Ils ont un point commun : le Kef Seba, point culminant de la région (1008 m). Ces bassins sont les suivants : Au Nord le domaine des oueds côtiers ; à l'Est, le bassin des affluents de la Seybouse, au Sud, le bassin des affluents du Fetzara, à l'Ouest, le bassin des affluents de l'Ouest El Kebir.

La configuration du relief de l'Oued est sablonneuse avec dunes qui peuvent atteindre une centaine de mètres de hauteur. Ce relief est assez accentué et se présente sous un double aspect dont l'un est un Erg occupant les $\frac{3}{4}$ de la surface totale et l'autre sous forme de dépression fermée entourée de dunes.

Les trois principales formes de relief :

- Une région sableuse, qui couvre une superficie très vaste, et se présente sous un double aspect l'Erg et le Sahara ;
- Une forme de plateaux rocheux, qui s'étend vers le sud avec une alternance de dunes et de crêtes rocheuses ;
- Une zone de dépression, caractérisée par la présence d'une multitude de chotts qui plongent vers l'Est ;
- D'autre part, le relief et l'hydrographie d'Annaba représentent une diversité géomorphologique nous offre un paysage montagneux, de vastes plaines et de collines.

D. Les vents

Les statistiques de vent sont basées sur des observations réelles de la station météo à Rabah Bitat Aéroport /Annaba, prenant en considération les observations entre 4/2010-1/2013 tous les jours de 7h à 19h, et sont représentées sur une rosace (fig.5). Elles indiquent la prédominance de deux directions, la direction NNE et SSW. Le tableau 08 montre la vitesse du vent et la température.

Tableau 7: Les statistiques mensuelles de vitesse et températures du vent durant la période mentionnée (D'après la station de météo de l'aéroport de Rabah Bitat, Annaba)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Déc	TOT
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1-12
Vitesse du vent (Kts)	8	10	9	9	10	10	11	11	10	9	7	9	9
Température de l'air moyenne (°C)	13	12	15	19	21	25	29	29	26	23	18	14	20

Pour la région de l'Oued les vents sont fréquents et leur vitesse moyenne annuelle est de 3.07 m/s (Tab. 8) avec une direction dominante et variable suivant les saisons.

On distingue trois types de vents caractérisent la région de l'Oued:

- Le premier qui est prédominant, à une direction E et NE, désigné fréquemment par EL- BAHRI ;
- L'autre, à degré moindre, marqué par des vents chauds (SIROCCO) de direction Ouest et sud-ouest, appelé localement CH'HILI ;
- Le dernier peut durer jusqu'à trois jours mais avec une vitesse plus élevée (40 à 50 Km/h causant une diminution de la visibilité par suite d'entraînement de grains de sables dans le ciel (Vent de sable). Ces derniers coïncident avec la saison du printemps (période de pollinisation des palmiers), souvent du mois de février au mois de mars.

Tableau 8: Moyenne mensuelle des vitesses et des nombres de jours du vent Station météorologique de l'Oued période entre 1976 et 2006

Mois	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Moy
	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	
Vitesse(m/s)	3.26	2.40	2.46	2.61	2.33	2.69	3.38	4.12	4.34	3.79	3.63	3.2	3.18
Nombre de jours	5.5	1.5	0.2	0.7	0.8	2	4.1	4.4	4.6	4.7	4.4	5.4	3.19

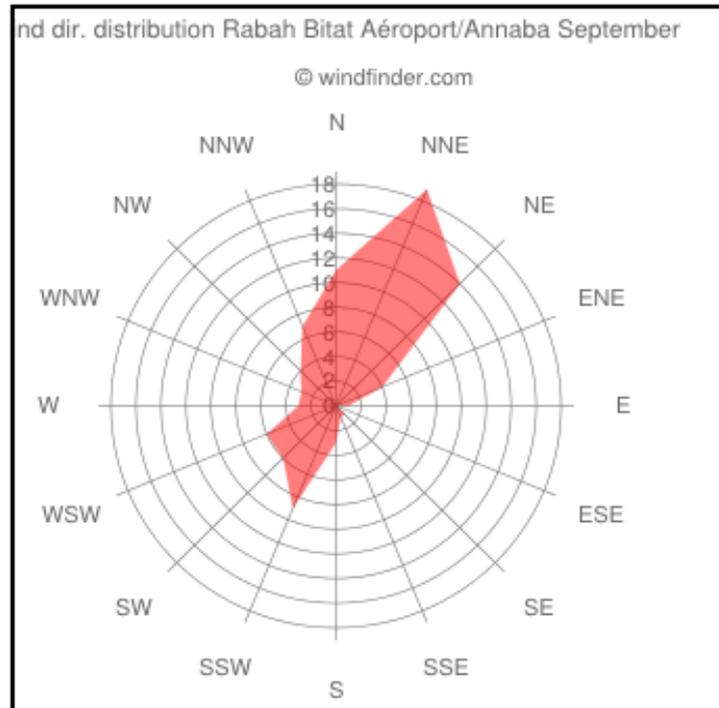


Figure 5: Rosace représentative des directions des vents dominants dans la wilaya d'Annaba. Durant la période mentionné. (D'après la station de météo de l'aéroport de Rabah Bitat, Annaba)

CHAPITRE II
GEOLOGIE REGIONALE ET
LOCALE

CHAPITRE II : GÉOLOGIE RÉGIONALE ET LOCALE

I. GÉOLOGIE RÉGIONALE D'ANNABA

Les deux régions étudiées subissent au cours des temps géologiques plusieurs périodes de stabilité et d'instabilité ce qui a conduit à formation de leurs structures actuelles.

Au voisinage du Golfe du Bône, on peut rencontrer les formations géologiques ci-dessous (fig.6) (A. Degaichia et N. Salhi, 2013) :

- Les formations métamorphiques ;
- La nappe numidienne ;
- Le Quaternaire.

A. Les formations métamorphiques

1. Le massif de l'Edough

Il s'élève brutalement au-dessus de la mer et des plaines environnantes jusqu'à plus de 1008 m. Il est constitué par un empilement de plusieurs unités qui forment un dôme de foliation allongé selon la direction NE-SW (Hilly, 1962) ; (Brunel, et al., 1988) (Gleizes, et al., 1988). Les formations métamorphiques se subdivisent en deux unités principales :

2. Une unité inférieure

Constitué de gneiss œillés et de migmatites et de quelques horizons subordonnés de micaschistes et marbre. Au sein de gneiss œillés un petit corps des péridotites.

3. Une unité supérieure

Représentée par un ensemble de micaschistes alumineux, gneiss leucogranitiques et marbre. Des intercalations de quartzite et lydienne dans les micaschistes ont livré une faune d'accritarches d'âge Ordovicien supérieur à Dévonien (Ilavsky, et al., 1987) démontrant que la tectonique tangentielle à vergence NW de l'Edough ne pouvait être qu'hercynienne ou alpine.

Au Nord du massif les micaschistes encaissent un complexe d'amphibolites-métagabbros comprenant à la base une association de péridotite-kinzigites comparable à celle rencontrée en petite Kabylie et dans le bético-rifain (Caby, et al., 1992).

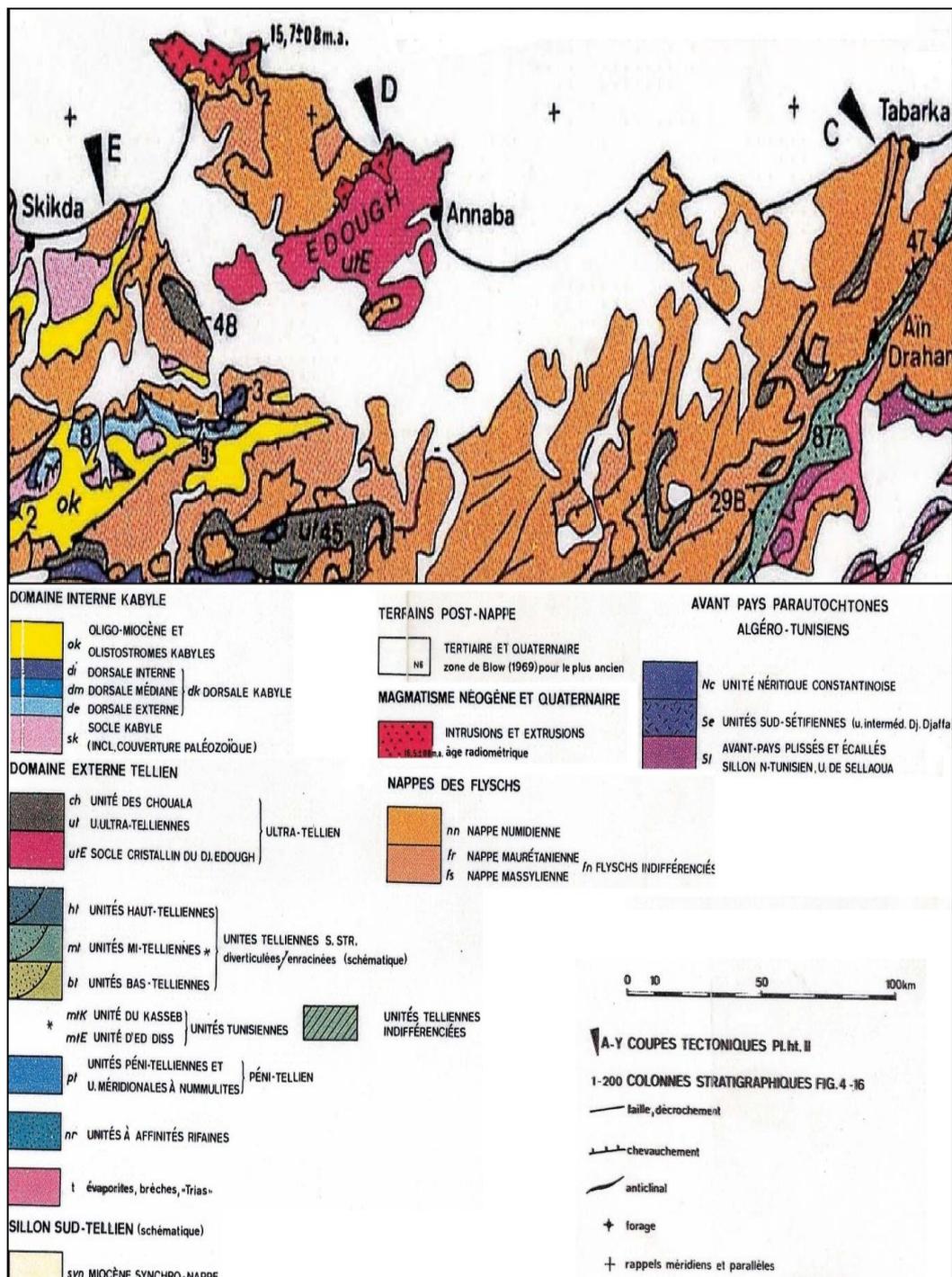


Figure 6: Partie de la carte structurale et géologique de la chaîne tello-rifaine établie par (Wildi, 1983)

Ces unités profondes de l'Edough ont été affectées par un métamorphisme de haut degré qui montre une évolution depuis des conditions de hautes températures, haute pression ($P > 7-8$ kbar) vers des conditions de basses pressions ($P 3-4$ kbar) bien traduites par des relations chronologiques entre les trois polymorphes Al_2SiO_5 ((Gleizes, et al., 1988) ; (Brunel, et al., 1988)). On observe dans les micaschistes que les cisaillements ductiles extensifs à vergence Nord West sont matérialisés par des associations syncinématiques à biotite-sillimanite qui oblitèrent une paragenèse primaire à disthène-

grenat-staurotide-rutile-muscovite, alors que l'andalousite apparaît dans les stades les plus tardifs de la déformation, en se superposant par fois directement au disthène.

A l'Ouest et au Sud du massif, l'unité supérieure des micaschistes comprend localement à son sommet des formations de type épizonal (Berrhal, Boumaiza) dont l'âge Paléozoïque ou Mésozoïque est discuté (Brunel, et al., 1988). La présence d'assemblages minéraux microscopiques à mica blanc, disthène, staurotide, rutile, grenat dans les schistes de Boumaiza (Caby, et al., 1992) montre cependant que l'évolution métamorphique de ces formations est indissociable de celles des unités sous-jacentes. En plusieurs points du massif, le socle cristallophyllien de l'Edough est surmonté par des formations attribuées au Mésozoïque et qui sont affectées par un métamorphisme épizonal (Vila, 1970). Les déformations ductiles y ont une vergence Nord West identique à celle des gneiss et micaschistes sous-jacents ((Brunel, et al., 1988); (Caby, et al., 1992)) et sont particulièrement bien développées au contact socle-couverture où les associations minérales indiquent des températures proches de 400°C (Caby, et al., 1992). Le contraste métamorphique entre socle et couverture peut être considéré comme une conséquence des déplacements tangentiels soustractifs qui contribueraient au rapprochement d'unités de degrés métamorphiques différents. La déformation ductile de l'Edough et la mise en place de la nappe des flyschs scellées par des rhyolites et microgranites d'âge Langhien à 15-16 Ma (Marignac, et al., 1983). Ces roches magmatiques sont affectées par une altération hydrothermale à l'origine de minéralisation filonienne polymétallique.

B. Domaine des flyschs

Il est caractérisé par des sédiments de type flysch, allant du Crétacé inférieur à l'Oligo-Miocène. Ce sont des pôles de mer profonde, mis en place, généralement, par des courants de turbidité. Il semble s'agir surtout de formations de plaines abyssales (Bouillin, 1986). On distingue du Nord au Sud du bassin des flyschs : Les flyschs mauritaniens et les flyschs massyliens, différents les uns des autres par leur position primitive et par leur alimentation. Ce dernier a rempli une dépression qui était l'héritière du bassin des flyschs Crétacé-Paléogène.

Flysch mauritanien

C'est une série située au sud de la dorsale de Chellala (Djurdjura). La stratigraphie est la suivantes de bas en haut : Des radiolarites rouge du Malm surmontés par un flysch calcaire d'âge Berriasien à Hauterivien ; ensuite un ensemble argilo-gréseux puissant caractérisé par des grés fins homométriques jusqu'à l'Albien. Le Cénomaniens est représenté par des calcaires microconglomératiques à bandes siliceuses et le Turonien-Sénonien inférieur par des calcaires finement sableux. Du Sénonien supérieur jusqu'à l'Yprésien la série se poursuit par des conglomérats et des microconglomérats. Ces séries

correspondent du Berriasien à l'Albien, au « flysch de Guerrouche » petite Kabylie (Durand-Delga, 1955) et, au Crétacé supérieur et à l'Eocène au « flysch de Penthievre » (Ain Berda) (Vila, 1980). Les flyschs mauritaniens occupent une position relativement interne dans le domaine des flyschs. La comparaison de ces flyschs avec les séries de la dorsale magrébine a permis de placer les dépôts des flyschs mauritaniens aux pieds de cette dernière.

Flysch massylien

Ce terme a été proposé par (Raoult, 1974) au bord du Kef Sidi-Driss pour série allant du Néocomien au Lutétien. Cette série comporte, de bas en haut : Un Crétacé inférieur argilo-quartzique puis un Cénomaniens pelito-micro bréchique a niveau de phtanite. Le Crétacé supérieur est caractérisé par des microbrèches c'est le classique flysch à microbrèches. Le matériel remanié, est différent de celui des flyschs mauritaniens. A partir Crétacé moyen et probablement avant les flyschs massyliens sont alimentés par les zones externes de la chaîne alpine, ils occupent une position externe dans le domaine des flyschs.

C. La nappe numidienne

La nappe numidienne de Chihani et Drean est formée de roches sédimentaires d'âge Oligo Miocène inférieur. Il s'agit de puissantes formations gréseuses constituées de bas en haut par :

- Des argiles à tubotumaculum d'âge Oligocène inférieur dites sous-numidienne. Ce sont en fait des marnes argileuses rouges, vertes ou violacées (butte de Bouzenzel) d'une épaisseur de 200 m ;
- Des bancs gréseux à grains hétérométriques qui forment les reliefs de cette région. Ces formations qui présentent des intercalations d'argiles vertes sont d'âge Miocène inférieur et ont une épaisseur de 100 à 150 m ;
- Des argiles à silexites, dites supra numidienne formant la partie sommitale de la série numidienne. Ces argiles sont d'âge Burdigalien inférieur.

D. Le Quaternaire

Il est constitué par les faciès suivants :

- Faciès alluvionnaires ou fluviaux ;
- Faciès éoliens (sable dunaires) ;
- Faciès colluviaux ;
- Faciès marins.

La chronologie mis au point par Joleaud (1936) pour le quaternaire de la région d'Annaba, fait apparaître les traits essentiels suivants :

1. Pléistocène inférieur

Le point de départ est le villafranchien supérieur (Cherrad, 1979). La plaine est une vaste zone d'épandage de l'Oued Seybouse et de l'Oued Bounamoussa. Les apports provenant de la chaîne numidique sont très grossiers (blocs de grés anguleux). Quelques lambeaux de gros galets gréseux peu émoussés et d'arènes gréseuses forment des terrasses subsistant à des altitudes de plus de 150 m (terrasses d'abrasions) au débouché de l'Oued Seybousse. D'après Joleaud (1936). Durant cette période d'alluvionnement, un cordon dunaire littoral s'est formé, jouant ainsi le rôle de barrière à la transgression marine ; à l'origine les massifs argilo-gréseux numidiens et gneissiques furent intensément érodés. Une grande quantité de matériel détritique fut charriée vers la mer puis dégradée en sable. Les éléments furent ensuite déplacés essentiellement par les vents à l'intérieur et se répartissent uniformément dans les dépressions formant ainsi un matelas dunaire.

Les niveaux d'argiles pulvérulentes provenant directement du massif numidien, s'intercalent dans les niveaux sableux. Le numidien confirmé par un certain nombre d'auteurs (D.Delga, F Raoult, J.M. Vila), s'est déposé dans un grand sillon de plus de 2000 km de long. La fin du Pléistocène inférieur est marquée par des dépôts argileux et des dépôts sableux.

2. Pléistocène moyen

Il est marqué par une nouvelle régression (régression post-sicilienne). La plaine subit un remblaiement intense. Les alluvions sont formés de galets, de cailloutis aux arrêtes peu émoussées d'arènes gréseuses. A l'aval de la plaine un second cordon dunaire littoral est mis en place prenant appui dans sa partie occidentale sur le cap de garde, la kasba d'Annaba et le massif de Bouhamra, là Joleaud (1936) se réfère aux terrasses d'abrasion marine situées aux altitudes comprises entre 81 et 117 m.

Au Tensiftien (régression post-sicilienne), après une nouvelle période de soulèvement, les lits des Oueds se créent à la suite de mouvements tectoniques : la phase poste-villafranchienne. Les cailloutis roulés, les sables, les galets et les grés constituant les terrasses sont portés à plus de 50 m. En profondeur, on observe les argiles grises, sur près de 15 m d'épaisseur. Ainsi les formations tensiftiennes recouvrent unilatéralement l'ensemble de la plaine. Dans le cordon dunaire littoral actuel, la dune de base se serait formée à cette période.

La fin du quaternaire moyen est marquée par une nouvelle régression (régression post-tyrrhénienne).

Le Soltanien est marqué par un alluvionnement intense (cailloux roulés galets, et des argiles riches en élément ferrugineux). Les terrasses sont portées à des altitudes de 20 à 30 m.

Pléistocène supérieur

Le Pléistocène supérieur est caractérisé par un dépôt d'alluvions limoneux très fin à une nette dominance d'argile à la suite de la phase Rharbienne, les oueds construisent d'importants bourrelets alluvionnaires. Ces derniers canalisent les oueds, mais ils ont aussi pour effet de contribuer à la formation de vastes zones dépressionnaires. Celles-ci, situées de part et d'autre de ces levées alluvionnaires, se transforment par la suite en lagunes.

II. GÉOLOGIE RÉGIONALE DE L'OUED

Les principaux traits de la structure géologique et la reconstitution paléogéographique du Sahara sont (d'après A. Cornet, 1964 et J. Fabre, 1974) (S. Baci, 2016) :

- Le socle précambrien ;
- Les Tassilis ;
- Les mers primaires et les plissements hercyniens ;
- Le continental intercalaire : Ce régime continental dure jusqu'au milieu de la période crétacé soit entre 175 et 100 millions d'années. Le développement des grès a été particulièrement abondant de l'Hauterivien à l'Albien et à ce dernier étage surtout. L'importance provient de la perméabilité et de l'extension de ses grès qui renferment actuellement la plus grande ressource aquifère du Sahara, constituant l'un des plus importants bassins artésiens du monde ;
- La dernière invasion marine (Transgression cénomaniennne) ;
- La phase continentale tertiaire et actuelle.

Killian en 1931 a proposé une nomenclature aux grandes formations continentales, résumée dans le tableau suivant :

Tableau 9: Nomenclature aux grandes formations continentales

AGE	SÉRIES CONTINENTALES	SÉRIES MARINES	FACIES CONTINENTAL LOCALE DES SÉRIES MARINES
Tertiaire post-lutétien	Continental Terminal		
Cénomaniens et Lutétien		Série Hamadienne	Continental Hamadien
Moscovien-Albien	Continental Intercalaire		
Dévonien moyen-Namurien		Série post-Tassilienne	Continental post-Tassilien
Cambrien-Dévonien inférieur		Série Tassilienne	Continental Tassilien
Cambrien inférieur	Continental de base		
Socle antécambrien			

Killian (1931) donne des arguments pour les événements tectoniques ou bien orogéniques de l'Afrique du nord comme en deux séries différentes :

A. Séries marines

Autour du Hoggar, la première sédimentation marine qui se manifeste au-dessus du socle cristallin est série Tassilienne qui va du Cambrien au Dévonien moyen au Namurien se distinguent des premiers parce que moins détritiques et de faciès plus profonds (calcaires et schistes plutôt que grès). Ils sont groupées sous le terme de série Post-Tassilienne.

Au-dessus et après une longue interruption vient la troisième et la dernière série marine (Cénomaniens-Lutétien) que Killian (1931) appelle série Hamadienne parce qu'elle constitue les grands Hamadas du Tademaït à la Hamada el Hamra.

B. Séries continentales

Entre le socle précambrien et la série Tassilienne, Killian (1931) avait distingué une formation continentale due à l'exondation du socle ancien précédant la transgression Tassilienne. Il avait appelé continental de base cette série reconnue dans les poudingues et les grès à stratification entrecroisée du Tassili interne.

L'existence de ce continental de base ne paraît pas évidente, elle est même contredite en beaucoup de points par la découverte des calcaires à stromatolithes reposant directement sur le socle entre les dépôts des mers primaires et la série marine Hamadienne se place un complexe continental important : le Continental Intercalaire.

Enfin, au-dessus de la série Hamadienne vient le continental terminal comprenant les argiles et les sables rouges des Hamadas sud-atlasiques et tous les atterrissements tertiaires ou quaternaires qui se sont formés et se forment encore de nos jours.

C. Conclusion

Comme on l'a précisé au début, la flexure sud atlasique constitue un passage entre deux domaines très différents, surtout sur le plan structural.

La partie sud constitue un vaste continent, bouclier rigide, stable dont le socle est formé par des roches sédimentaires et éruptives, plissées et métamorphosées constituant l'ossature de toute l'Afrique, une transgression marque le début de l'ère primaire. Des vastes surfaces ont été rabotées.

La disposition auréolée, de ces énormes amas gréseux à stratification de grès de tassili internes. La deuxième falaise qui entoure l'ensemble du massif « HOGGAR-TASSILI » est dite Tassili externe. Entre les deux falaises se situe la dépression intra-Tassilienne constituée de sédiments gréseux et schisteux tendres.

Après le retrait des mers primaires et les mouvements hercyniens, le bouclier africain a suivi une grande période continentale qui a contribué à niveler le bouclier, le recouvrant d'un épais manteau de grès tendre, sables et argiles qui par la suite, donneront lieu au plus grand réservoir hydraulique du Sahara : le Continental Intercalaire.

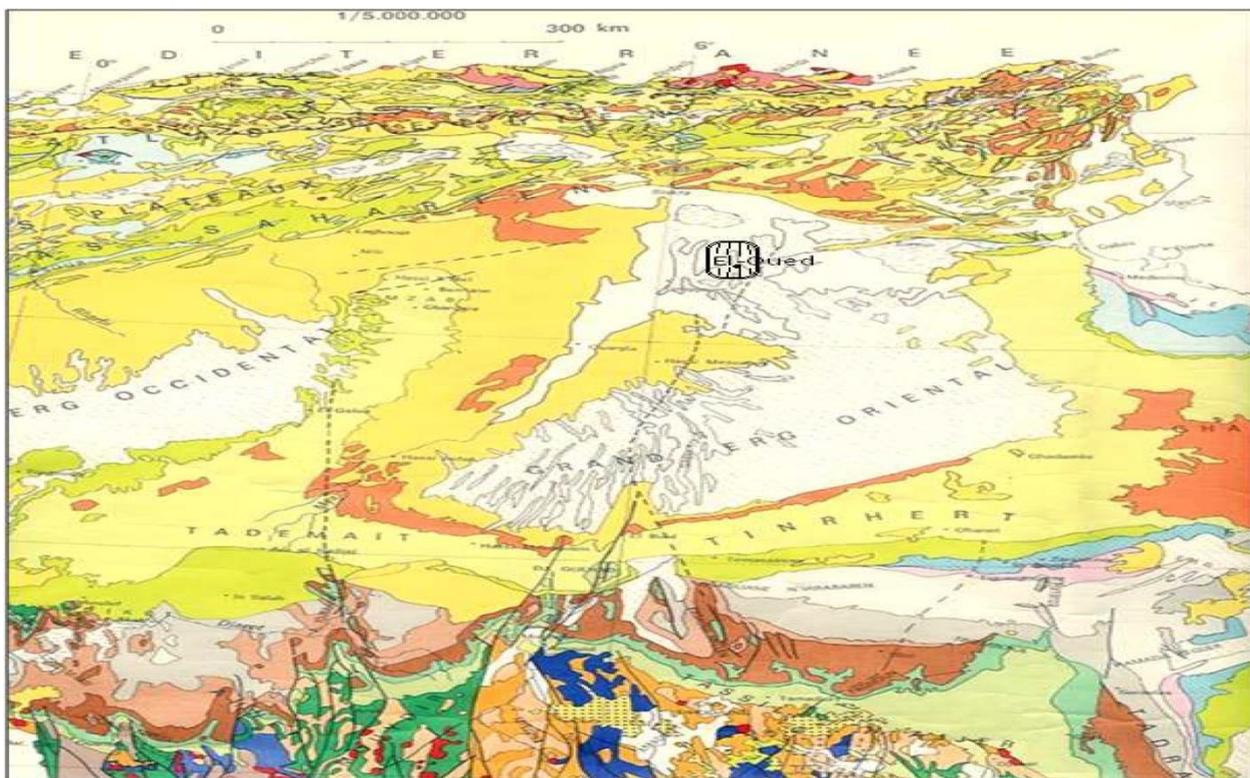
Après la transgression cénomaniennne (la dernière invasion marine au Sahara), une couverture crétacée s'est déposée pour constituer le toit de la nappe du Continental Intercalaire. Elle est constituée d'argiles, de gypse, calcaire et calcaire dolomitique.

Au début du Tertiaire (à l'Eocène Inferieur), la mer se retire, marquant un nouvel épisode continental.

L'Atlas saharien commence sa surrection, les produits de démantèlement des reliefs, que l'érosion a étalée sur la plate-forme saharienne vont constituer le « Continental Terminal ». Ce dernier est formé de sables, graviers, grès et d'argiles rouges qui constituent les dépôts aquifères du Bas Sahara et le substratum du grand Erg oriental (fig.7 et 8).

Les poussées et les mouvements venants du nord contre le socle et sa couverture sédimentaire, ont provoqué des plis à grand rayon de courbure (Dorsale du M'Zab, Synclinal de Tademaït et

effondrement du Sahara central). Cette évolution mécanique n'est pas immédiate et se poursuit encore à notre époque actuelle : cycle Alpin, (Boulifa. K, 2012).



Légende de la carte géologique

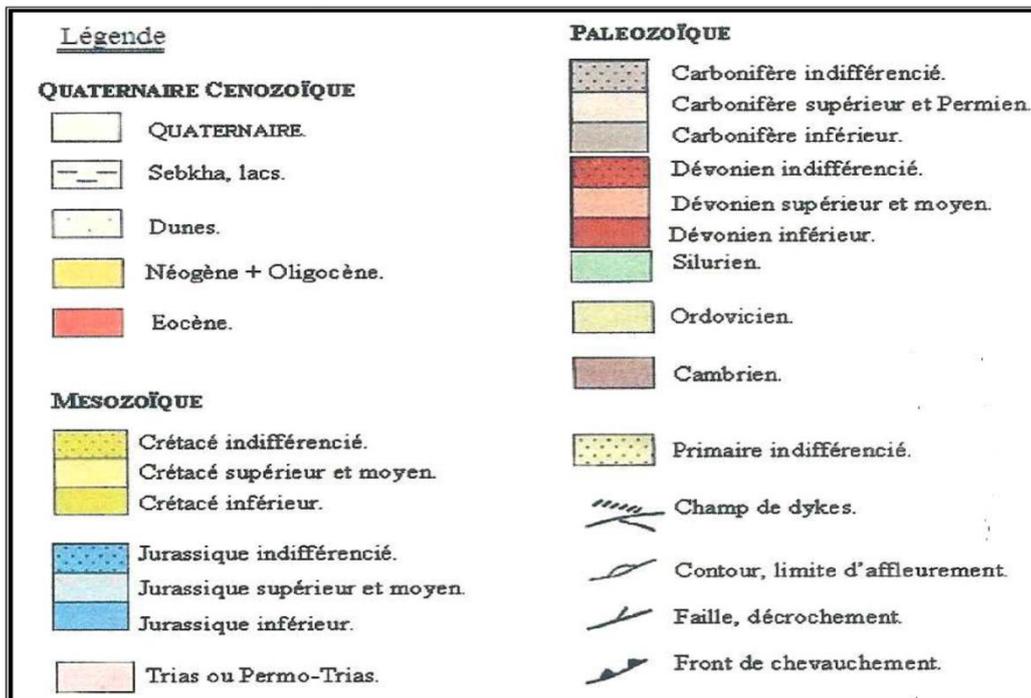


Figure 7: carte géologique régionale du Sahara (Extrait de la carte géologique du Nord d'Afrique 1/5.000.000) (S. Baci, 2016)

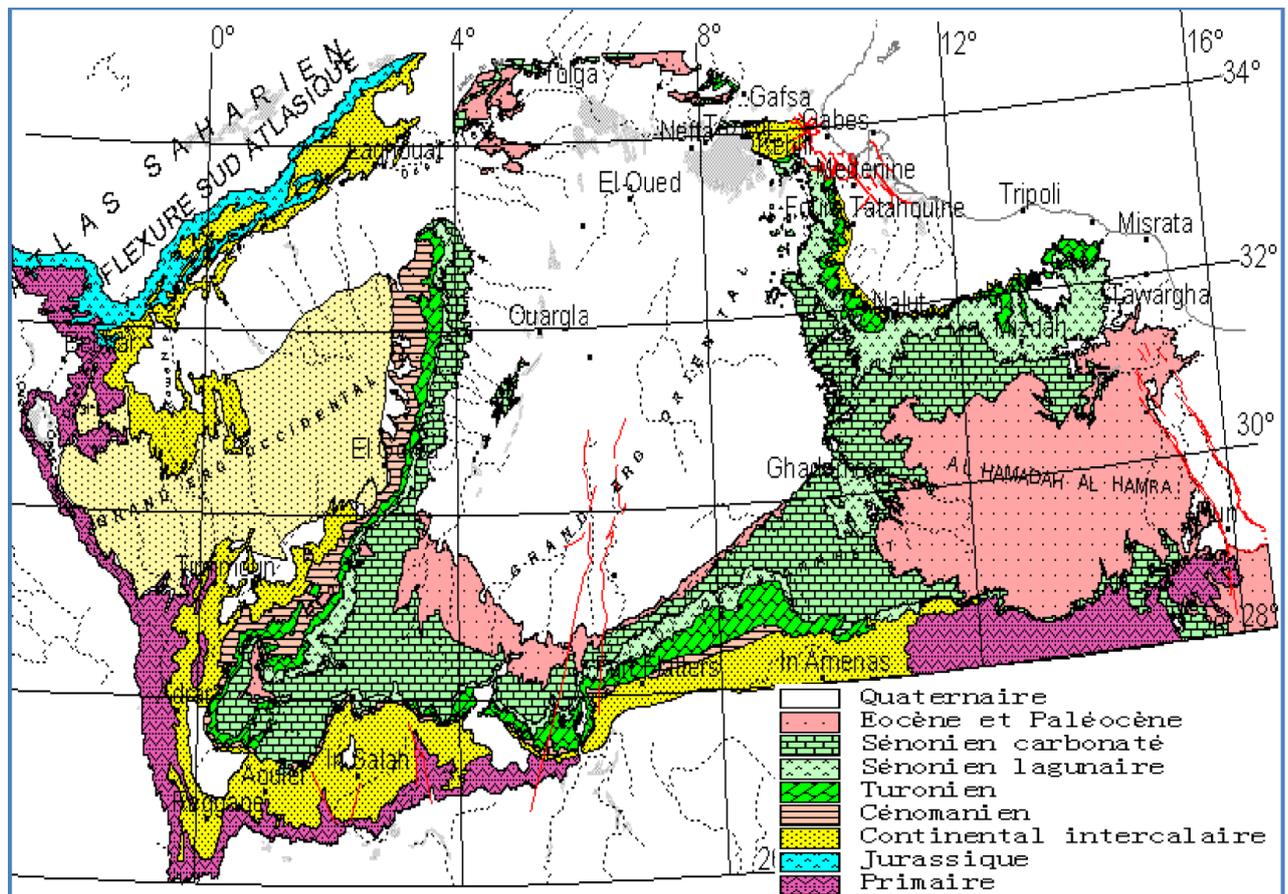


Figure 8: Carte géologique (Stratigraphique) du SASS Algérie- Tunisie- Lybie (OSS 2003)

III. GÉOLOGIE LOCALE DE L'OUED

La région d'étude est exactement dans la partie Nord de la plate-forme saharienne caractérisée par des formations détritiques particulièrement sableuses, elles apparaissent sous forme des dunes et anti dunes. Car le sous-sol de la région étant sableux et assurant l'infiltration et la circulation souterraines des eaux, et essentiellement représenté par des formations sablo-gréseuses du continental Intercalaire, et des accumulations sableuses fluvio-lacustres du tertiaire continental.

Sur l'ensemble de la région d'El Oued, les formations mio-pliocènes sont recouvertes par une considérable épaisseur des dépôts quaternaires présentés sous forme de dunes donnant naissance à un immense Erg qui lui-même fait partie de l'extension du grand Erg oriental.

D'après (Cornet 1964, Bel 1968) et les coupes des sondages établies à partir des forages, les profondeurs des étages varient d'une région à l'autre.

Sur la base des logs du forage de l'Albien fait par l'ANRH (1993) sur la région de l'Oued, nous citons les principales strates repérées dans cette région, en allant de la plus anciennes vers le plus récentes.

A. Les formations secondaires

1. Le Barrémien

Cet étage est capté par tous les forages du continental intercalaire réalisés dans cette région ; il présente une lithologie d'alternance de grès avec passages d'argiles et parfois des intercalations de calcaire dolomitique, on rencontre également des sables avec présence de silex. L'épaisseur moyenne de cet étage est de l'ordre de 200 à 230 mètres.

2. L'Aptien

Comme le Barrémien, ce dernier est constitué principalement par des formations dolomitiques, marneuses et marno-calcaires. D'après les coupes géologiques des forages réalisés dans la région, l'Aptien est le seul étage dont l'épaisseur ne dépasse pas les 30 mètres.

3. L'Albien

Constitué par une alternance des marnes, de grès de sables et par des calcaires avec passages de silex et d'argile.

La limite inférieure est constituée par le toit de la barre aptienne, alors que sa limite supérieure se caractérise par l'apparition des faciès argilo carbonatés. D'après les coupes de sondages des forages Albien, l'épaisseur de cet étage varie de 100 à 150 mètres ; dans d'autres endroits elle peut atteindre 200 mètres.

4. Le Vraconien

Zone de transition entre l'Albien sableux et le Cénomaniens argilo-carbonaté. Cet étage est constitué principalement d'une alternance irrégulière de niveaux argilo-dolomitiques. Il contient aussi des argiles sableuses et de rares passées de grès à ciment calcaire.

5. Le Cénomaniens

Tous les forages réalisés dans cette région ont montré que cet étage est constitué par une alternance de dolomies, de calcaire dolomitiques, de marnes dolomitiques, d'argiles et d'anhydrites. Cet étage joue le rôle d'un écran imperméable.

Quant aux limites de cet étage, on peut dire que la limite inférieure est caractérisée par l'apparition des évaporites et des dolomies qui la distingue nettement. La limite supérieure caractérisée par l'apparition des évaporites et des calcaires correspondants à la limite inférieure du Turonien.

6. Le Turonien

Cet étage représente la base du complexe terminal. Il est généralement carbonaté par des calcaires dolomitiques et des dolomies microcristallines compactes avec des intercalations du calcaire turonien et parfois de marnes.

Les forages de la région montrent clairement que son épaisseur varie d'un endroit à un autre, elle dépasse parfois 650 mètres.

7. Le Sénonien

La plupart des études géologiques effectuées à travers le Sahara algérien montrent que le Sénonien est formé de deux ensembles très différents du point de vue faciès : l'un correspond au Sénonien lagunaire situé à la base et l'autre au Sénonien carbonaté au sommet.

Le Sénonien lagunaire

La limite de ce sous étage est bien distinguée. Le Sénonien lagunaire est caractérisé par un faciès évaporitique avec des argiles où ces dernières sont aisément différenciées de celles du Turonien.

Il est constitué également d'anhydrites, de calcaires dolomitiques d'argiles et surtout les bancs de sel massif dont l'épaisseur voisine 150 mètres. La limite supérieure de cette formation coïncide avec le toit de la dernière intercalation anhydride.

Le Sénonien carbonaté

Ce second sous étage est constitué par des dolomies, et des calcaires dolomitiques avec des intercalations marno-argileuses et en grande partie par des calcaires fissurés. Son épaisseur dépasse parfois les 300 mètres il faut mentionner par ailleurs l'existence d'une continuité lithologique entre le sénonien carbonaté et l'Eocène, qui présentent des calcaires de même nature avec présence de Nummulites.

B. Les formations Tertiaires

1. L'Éocène

Il est formé par des sables et des argiles, parfois on rencontre des gypses et des graviers. Dans cette région, l'Eocène est carbonaté à sa base, sa partie supérieure est marquée par des argiles de type lagunaire. L'épaisseur de cet horizon varie entre 150 et 200 mètres.

2. Le Mio-Pliocène

Il repose en discordance indifféremment sur le primaire d'une part et sur le Crétacé inférieur, le Turonien, le cénomanien et l'Eocène d'autre part, il appartient à l'ensemble appelé communément Complexe Terminal.

La plupart des coupes de sondages captant cet horizon, montrent que le miopliocène est constitué par un empilement de niveaux alternativement sableux, sablo-argileux avec des intercalations gypseuses et des passées de grès.

C. Les formations quaternaires

Elles se présentent sous forme des dunes de sable dont le dépôt se poursuit sans doute encore de nos jours. Les terrains quaternaires représentent la couverture superficielle qui se localisent surtout au niveau des dépressions et couvrent la plus grande extension au niveau du bas Sahara, ils sont formés d'un matériel alluvial et éolien d'où on trouve la formation des alluvions sableuses et argileuses (fig.9).

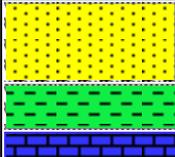
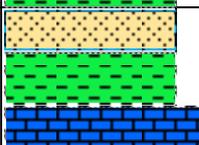
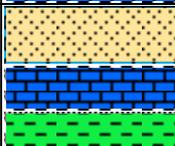
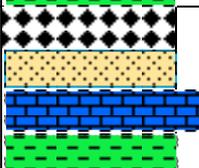
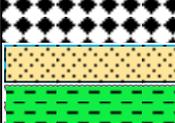
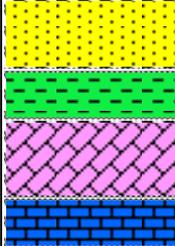
Système	Formation		Lithologie	Top géologique	Description
				Réels.	
Tertiaire	Moi-Pliocène			surface	Sable, Argile, Calcaire
	Eocène			3	Calcaire dolomitique
Crétacé	Sénonien	Carbonaté		6	Anhydrite, Argile, Calcaire Dolomitique ; Marne
		Anhydritique		452	Anhydrite, Calcaire Dolomitique, Marne, Argile
		Salifère		655	Sel, Anhydrite, Calcaire Dolomitique, Argile
	Turonien			789	Calcaire, Argile
	Cénomanién			902	Anhydrite, Marne, dolomie, Argile
	Vraconien				Calcaire, dolomie
	Albien			1042	Grès, Argile Silteuse, dolomie, Calcaire Dolomitique
	Aptien			1371	Dolomie
	Barrémien			1396	Argile Silteuse, Grès

Figure 9: Log stratigraphique du forage F1 (ANRH, 1993) (S. Baci, 2016)

Conclusion

Comme nous l'avons mentionné au début que les deux régions étudiées subirent au cours du temps géologiques plusieurs périodes de stabilités et d'instabilités qui ont conduit à la structure actuelle.

Pour le Quaternaire de la région d'Annaba :

Pléistocène inférieur :

- Les apports sédimentaires provenant de la chaîne numidique forment des terrasses subsistant à des altitudes de plus de 150 m ;
- Durant cette période d'alluvionnement, un cordon dunaire littoral s'est formé ;
- Une grande quantité de matériel détritique fut charriée vers la mer puis dégradée en sable ;
- Des niveaux d'argiles provenant directement du massif numidien, s'intercalent dans les niveaux sableux ;
- La fin du Pléistocène inférieur est marquée par des dépôts argileux et des dépôts sableux.

Pléistocène moyen :

- Régression post-sicilienne ;
- Un second cordon dunaire littoral est mis en place prenant appui dans sa partie occidentale sur le cap de garde ;
- Au Tensiftien (régression post-sicilienne), après une nouvelle période de soulèvement, les lits des Oueds se créent à la suite de mouvements tectoniques ;
- Dans le cordon dunaire littoral actuel, la dune de base se serait formée à cette période ;
- La fin du quaternaire moyen est marquée par une nouvelle régression (régression post-tyrrhénienne) ;
- Le Soltanien est marqué par un alluvionnement intense.

Pléistocène supérieur :

- Est caractérisé par un dépôt d'alluvions limoneux très fin à une nette dominance d'argile à la suite de la phase Rharbienne ;
- Inversement dans la région de l'Oued les formations quaternaires composées d'un matériel alluvial et éolien contenant des évaporites. A la base des couches d'argiles et d'évaporites, ces dernières sont surmontées par des couches à dominante sableuses et argilo-sableuses. Elles forment la couverture superficielle qui se localise au niveau des dépressions et couvrent la plus grande extension au niveau du bassin du bas Sahara. Les formations superficielles sont sous

forme de dunes de sables en mouvement, dont le dépôt se poursuit à l'heure actuelle. Cette formation quaternaire renferme la nappe superficielle de notre zone d'étude (Boulifa, K, 2012).

CHAPITRE III
ANALYSES
GRANULOMÉTRIQUES

CHAPITRE III : ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES

I. INTRODUCTION

Les analyses granulométrique ont pour objectifs de déterminer les tailles des particules des différents stocks composant les dépôts (sables, silts...) et de définir leur distribution fréquentielle dans le sédiment. Les protocoles de l'analyse granulométrique dépendent de la nature des sédiments et de la taille des grains. Le tamisage à sec est souvent utilisé pour les sables propres et désagrégés.

La surface des grains des sables sauvegarde les archives des différents processus sédimentaires comme la nature des agents porteurs et les mécanismes qui contribuent à leur mise en place ainsi que les processus de leur transport et altération. L'analyse morphoscopique vient nous apporter des réponses sur ces différents processus sédimentaires.

Les analyses granulométriques et morphoscopiques entreprises sur les sables du Golfe de Bône et les sables de l'Oued mènent à connaître les conditions de dépôts en étudiant les mécanismes de leur mise en place ainsi que les processus de leur altération et mobilisation.

Dans l'objectif de bien comprendre et comparer entre l'évolution granulométrique et morphoscopique des sables de la région de l'Oued et l'évolution granulométrique et morphoscopique longshore et offshore des sables du golf de Bône, plusieurs graphiques ont été établis et des paramètres granulométriques ont été calculés et brassés convenablement.

II. TECHNIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE DES SABLES DE L'OUED ET DES SABLES DU GOLFE DE BÔNE

L'échantillonnage a été réfléchi et répond aux objectifs visés. Un espacement en fonction des changements de faciès lors des prélèvements a été bien respecté. Fraîcheur (propreté), représentativité et détermination (identification) sont les mots clés d'un bon échantillonnage.

L'échantillonnage des sables de l'Oued a abouti à 36 échantillons répartis sur neuf itinéraires, l'un est de direction Ouest-Est, et contient trois parcours : L'Oued- Mih Ouensa(OM) 27km fournit 3 échantillons, L'Oued- Soixante(OS) 60km fournit 6 échantillons route nationale 16 et Soixante-Taleb El Arbi (ST) 20Km fournit 2 échantillons, la limite avec la frontière tunisienne. Le quatrième itinéraire de direction Nord-Sud parallèlement, à la frontière tunisienne Taleb El Arbi- Douar El Maa (TD) 42km fournit 5 échantillons. Le cinquième itinéraire de direction Nord-Sud la limite avec wilaya de Tébessa Douilat-Soixant (DS) 60km fournit 6 échantillons route nationale 16. Le sixième itinéraire

Sud Est-Nord-Ouest sa limite avec la frontière du commune de Djemaa, Soixante-El Foulea(SF) 75Km fournit 5 échantillons. Le septième est de direction Nord-Sud la route nationale 48 Foulea-Guemmar-El Oued(FGO) 40km fournit 2 échantillons. Le huitième de direction Nord-Sud Oued EL Alanda-El Gueddachi (OG) 17km fournit 1 échantillon. Le neuvième est de direction Sud-Nord avec la frontière de wilaya de Ouargla (route El Oued-Hassi Messaoud) (HO) 60km fournit 6 échantillons.

L'échantillonnage des sables de plage de Saïbi a donné 63 échantillons répartis sur trois radiales perpendiculaires à la ligne de rivage. La radiale 3 qui se trouve à l'est de la plage nous a fournit 28 échantillons, tandis que la radiale 2 qui se situe à l'ouest de la plage a livré 16 échantillons. La radiale 1 qui était à mi-chemin entre les radiales 2 et 3 a donné 19 échantillons.

III. MODES D'ANALYSE ET TRAITEMENT DES DES SÉDIMENTS DE L'OUED ET DE LA PLAGE DE SAÏBI

Les échantillons des sables prélevés représentent un dépôt détritique meuble. On observe, en effleurant les formations sableuses du golf du Bône et les formations sableuses de la région de l'Oued Une certaine homogénéité granulométrique qui témoigne de l'existence d'une phase sédimentaire prépondérante. On préconise de recueillir environ 300 g de l'échantillon pour les sables éoliens et 200 grammes d'échantillons pour les sables côtiers, 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 15 minutes (A. Degaichia, 2001). 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, ainsi que l'évolution morphoscopiques des grains sableux. Les déterminations lithologiques et morphoscopiques s'opèrent à la loupe binoculaire.

Les échantillons sont séchés à l'aire libre, puis à l'étuve à 60°C pendant 3 heures pour les échantillons de l'Oued et 24 heures pour les échantillons de la plage. Dans le laboratoire de l'Université de 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). Lorsque l'on tamis, on classe les grains d'après leur diamètre et les fréquences des grains déterminée sont évaluées en pesant les fractions retenues sur les tamis successifs (A. Degaichia, 2001).

IV. DESCRIPTION DES ZONES D'ÉCHANTILLONNAGE

A. La zone d'échantillonnage de la région de la plage de Saïbi

La plage de Saïbi est caractérisée par des laminations planes parallèles, témoignant de la rapidité des courants. Ensuite, entre la basse plage et la base de la zone d'action des vagues de beau temps "shoreface" on observe des rides d'oscillation de vagues symétriques et bifurquées et même des stratifications planes (fig.10).



Figure 10: A : Passage latéral entre des rides de courant et une stratification plane. B : détail d'une stratification plane de plage. (Collection : A. DEGAICHIA)

Les trois radiales échantillonnées sont formées essentiellement de matériel détritique d'âge quaternaire. On a échantillonné une première radiale (R1), perpendiculaire à la rive, cet échantillonnage a fait l'objet de la récolte de 19 échantillons espacés de 2m sauf pour les échantillons 17, 18 et 19 où l'espacement était de 1m. La dune qui présente une barrière aux brisements de vagues est caractérisée par l'immobilité des sables due à la présence d'une végétation halophile. À 160 m vers l'Ouest de la plage, on a pris 16 échantillons espacés de 2 m (l'échantillon n°13 présente la base de la dune, 14 est le milieu du front de la dune, 15 est le crêt de la dune tandis que 16 est pris du dos de la dune).

À 500m vers l'Est, la troisième radiale, constitué de 28 échantillons était bien échantillonnées. On a respecté 2 m d'espacement entre les échantillons successifs, sauf pour ces derniers 21, 22, 23, 26, 27, et 28 où le pas était de l'ordre d'un mètre (fig.2).

B. La zone d'échantillonnage de la région de l'Oued

Les courants du vent sont marqués par des rides éoliennes parallèles entre elles, parfois associées, et perpendiculaires à la direction du vent (fig.11).



Figure 11: Sables dunaires de la région d'El Oued (Collection : A. DEGAICHIA)

Les neuf itinéraires d'échantillonnage couvrent une large superficie sauf la partie N et NNW de la wilaya de l'Oued qui représente une zone des chotts. Les sédiments détritiques échantillonnés sont d'âge quaternaire. Une distance de 10km est respectée entre les échantillons récoltés.

V. ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES DES SABLES DE LA RÉGION DE L'OUED ET DES SABLES DU GOLFE DE BÔNE

A. Lithologique, faune et morphoscopie des sédiments de différents itinéraires et radiales

La détermination lithologique des échantillons à la loupe binoculaire à grossissement, généralement, $\times 50$. Les échantillons de l'Oued sont constitués de grains homogènes, où on observe : quartz, oxydes et quelques morceaux de racines sèches (tab.10). Les sédiments de la plage de Saibi contiennent : quartz, fragments de roches et minéraux lourds (tab.11). Des niveaux riches en Mollusques (Gastéropodes et Lamellibranches) sont observés au niveau des différentes radiales cette plage avec quelques foraminifères (Globigérines) décelée par l'analyse morphoscopique (fig.12).

En se référant à l'échelle d'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 morphoscopiques et minéralogiques sur 100 grains de

chaque échantillon (A. Degaichia, 2001). Ceci est dans le but de réaliser les différentes analyses sédimentologiques :

- FS : de 2 à 0.5mm ;
- FI : de 0.5 à 0.315mm ;
- FII : de 0.315 à 0.16mm ;
- FIII : de 0.16 à 0.04mm.

Ce protocole d'étude morphoscopique, mis au point par Cailleux et Tricart (1956), est appliquée aux grains de quartz de fraction FI. 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 d'un seul type de grains de quartz au niveau de la région de l'Oued, c'est les R.M. les autres types classiques (E.L et S.A.L) sont présents mais avec des pourcentages faibles. La quasi-totalité des grains sont émoussés et mats.



Figure 12: Niveau riche en Mollusques « plage de Saïbi »

Concernant la plage de Saïbi, on peut distinguer la prédominance d'un seul type de grains de quartz, c'est bien les E.L les autres types classiques (R.M. et N.U) sont présents mais avec des pourcentages faibles. La quasi-totalité des grains sont bien propre et luisants.

Tableau 10: Description globale des échantillons étudiés de la région de l'Oued (+++ : Très abondant, ++ : Assez abondant, + : moins abondant)

N° de l'échantillon	Couleur	Fraction terrigènes		
		Quartz	Fer	Manganèse
HO1	Citrine	+++	++	+
HO2	Citrine	+++	++	+
HO3	Citrine	+++	++	+
HO4	Citrine	+++	++	+
HO5	Citrine	+++	++	+
HO6	Citrine	+++	++	+
OM1	Citrine	+++	++	+
OM2	Citrine	+++	++	+
OM3	Citrine	+++	++	+
OG1	Citrine	+++	++	+
OS1	Citrine	+++	++	+

OS2	Citrine	+++	++	+
OS3	Citrine	+++	++	+
OS4	Citrine	+++	++	+
OS5	Citrine	+++	++	+
OS6	Citrine	+++	++	+
ST1	Citrine	+++	++	+
ST2	Citrine	+++	++	+
TD1	Citrine	+++	++	+
TD2	Citrine	+++	++	+
TD3	Citrine	+++	++	+
TD4	Citrine	+++	++	+
TD5	Citrine	+++	++	+
DS1	Citrine	+++	++	+
DS2	Citrine	+++	++	+
DS3	Citrine	+++	++	+
DS4	Citrine	+++	++	+
DS5	Citrine	+++	++	+
DS6	Citrine	+++	++	+
SF1	Citrine	+++	++	+
SF2	Citrine	+++	++	+
SF3	Citrine	+++	++	+
SF4	Citrine	+++	++	+
SF5	Citrine	+++	++	+
FGO1	Citrine	+++	++	+
FGO2	Citrine	+++	++	+

Tableau 11: Description globale des échantillons des 3 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 1	Beige, gris et translucide	+++	+	+++	++	+
Radiale 2	Beige, gris et translucide	+++	+	+++	++	+
Radiale 3	Beige, gris et translucide	+++	+	+++	++	+

B. Évolution des indices morphoscopiques des sédiments du Golfe de Bône

1. Degré d'usure des sédiments du Golfe de Bône

Dans les sédiments des trois radiales une réponse similaire vis-à-vis aux agents de l'érosion et de transport est bien identifiée par le pourcentage d'usure très important qui peut atteindre 80% surtout dans l'estran et même au voisinage de la barrière dunaire (fig.13 et tab.12).

2. Degré d'arrondissement des sédiments du Golfe de Bône

Le pourcentage des grains arrondis est bien mentionné dans la totalité des radiales étudiées avec des pourcentages aux alentours de 70%. Des pourcentages importants des grains allongés sont bien présents et cela est dû à la disparité lithologique des grains de plage du Golfe de Bône (fig.13 et tab.12).

3. État de la surface des sédiments du Golfe de Bône

En observant l'état de la surface des grains des sables de la plage de Saïbi, la luisance est le cachet dominant qui caractérise ces deniers avec des pourcentages qui dépassent fréquemment 100%. Des réponses négatives sont observées au niveau de quelques échantillons des trois radiales et cela est dû à la gangue d'oxydes qui enveloppent les grains de sables de quelques sédiments analysés qui leur confère un aspect mat (fig.13 et tab.12).

Tableau 12: Moyennes des pourcentages des indices de l'évolution morphoscopique des grains de sables du Golfe de Bône

Stations de prélèvement	Non Usés %	peu usés %	Emoussés %	Allongés %	Peu arrondis %	Arrondis %	Luisants %	Mats %
Radiale 1	28.56	27.95	43.00	38.26	22.42	39.42	78.79	21.21
Radiale 2	17.53	18.09	64.38	39.31	21.38	39.31	82.25	17.75
Radiale 3	18.43	19.11	62.39	35.54	23.04	41.39	77.82	22.18

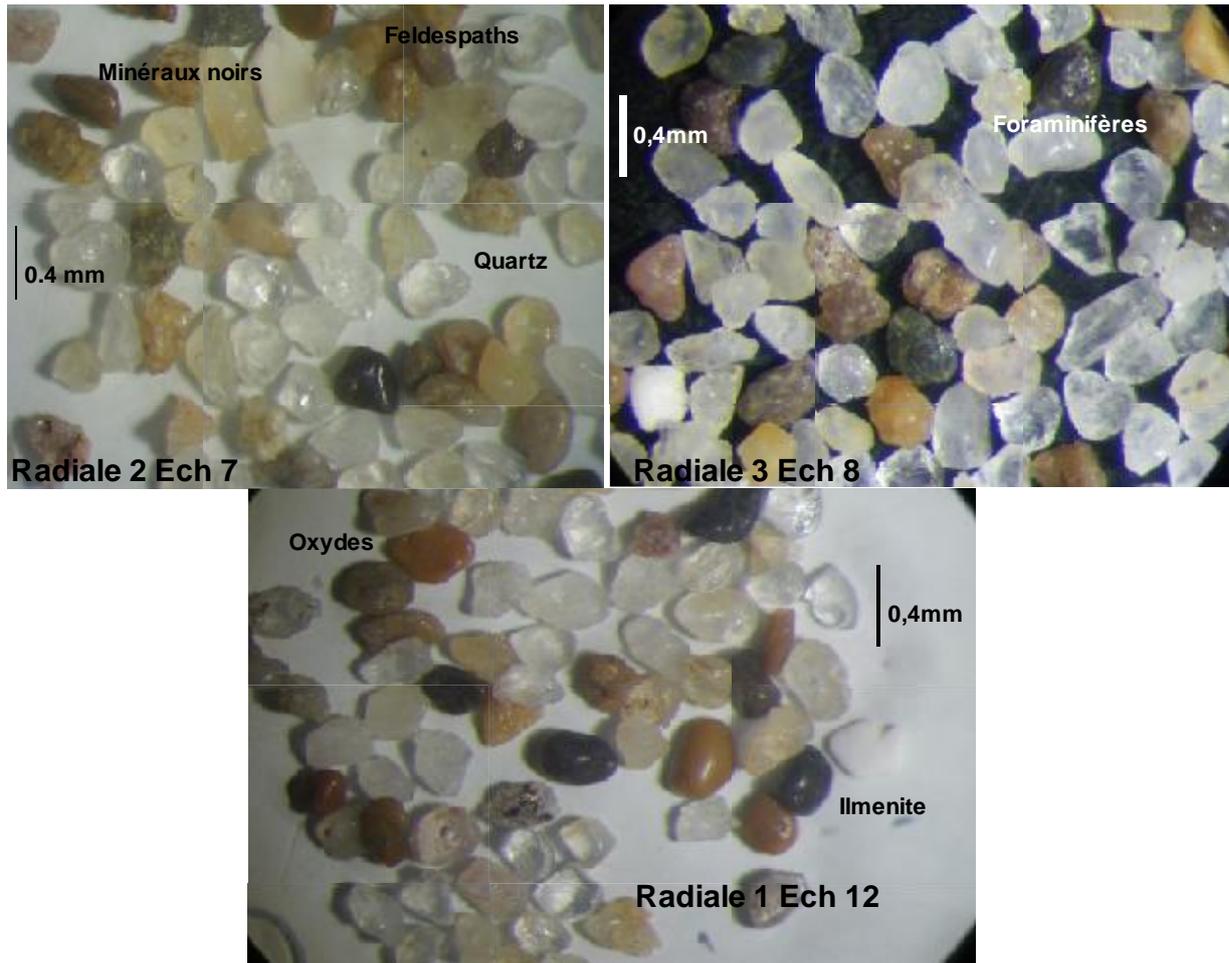


Figure 13: Morphoscopie des sables du Golfe de Bône ; R1, R2 et R3 : Grains émoussés luisants en abondance et des variétés minéralogique et faunique : Quartz, Ilmenite, Feldspaths, Oxydes et Foraminifères (R1, R2 et R3) (A. Degaichia et N. Salhi, 2013)

C. Évolution des indices morphoscopiques des sédiments de l'Oued

1. Degré d'usure des sédiments de la région de l'Oued

Dans les sédiments des neufs itinéraires, une réponse similaire vis-à-vis aux agents de l'érosion est bien notée, et montre un degré d'usure élevé (fig.14 et tab.13).

2. Degré d'arrondissement des sédiments de la région de l'Oued

Le taux élevé des grains arrondis est bien mentionné dans tous les échantillons étudiés, et indique un transport éolien sur de longues distances (fig.14 et tab.13).

3. État de la surface des sédiments de la région de l'Oued

Les sables de la région de l'Oued sont mats, ce qui reflète un transport éolien dominant.

Tableau 13: Évolution morphoscopique des sables dunaires de la région de l'Oued

N° de l'échantillon	Degré d'arrondi				Degré d'émousé		État de la surface	
	Allongé	Suballongé	Subarrondi	Arrondi	Subémoussé	Émousé	Mat	Luisant
HO1	0	0	4	96	0	100	100	0
HO2	0	0	10	90	0	100	100	0
HO3	0	0	8	92	0	100	98	2
HO4	0	0	4	96	0	100	96	4
HO5	0	2	2	96	0	100	100	0
HO6	0	0	2	98	0	100	100	0
OM1	0	2	4	94	0	100	96	4
OM2	0	0	2	98	4	96	100	0
OM3	0	0	0	100	0	100	100	0
OG1	0	0	4	96	0	100	100	0
OS1	0	2	0	98	0	100	100	0
OS2	2	0	0	98	0	100	98	2
OS3	0	0	0	100	0	100	100	0
OS4	0	0	0	100	0	100	100	0
OS5	0	0	0	100	0	100	100	0
OS6	0	0	4	96	0	100	100	0
ST1	0	0	0	100	0	100	100	0
ST2	0	0	2	98	0	100	100	0
TD1	0	0	6	94	0	100	100	0
TD2	0	0	4	96	0	100	100	0
TD3	0	0	0	100	0	100	100	0
TD4	0	0	4	96	0	100	100	0
TD5	0	2	2	96	0	100	100	0
DS1	2	0	4	94	0	100	100	0
DS2	0	0	2	98	0	100	100	0
DS3	0	2	0	98	0	100	98	2
DS4	0	0	4	96	0	100	100	0
DS5	0	0	0	100	0	100	100	0
DS6	0	0	8	92	0	100	100	0
SF1	0	0	2	98	0	100	100	0
SF2	0	2	4	94	0	100	100	0
SF3	2	0	0	98	0	100	100	0
SF4	0	0	8	92	0	100	100	0
SF5	0	0	2	98	0	100	98	2
FGO1	0	0	4	96	0	100	100	0
FGO2	0	0	2	98	0	100	100	0

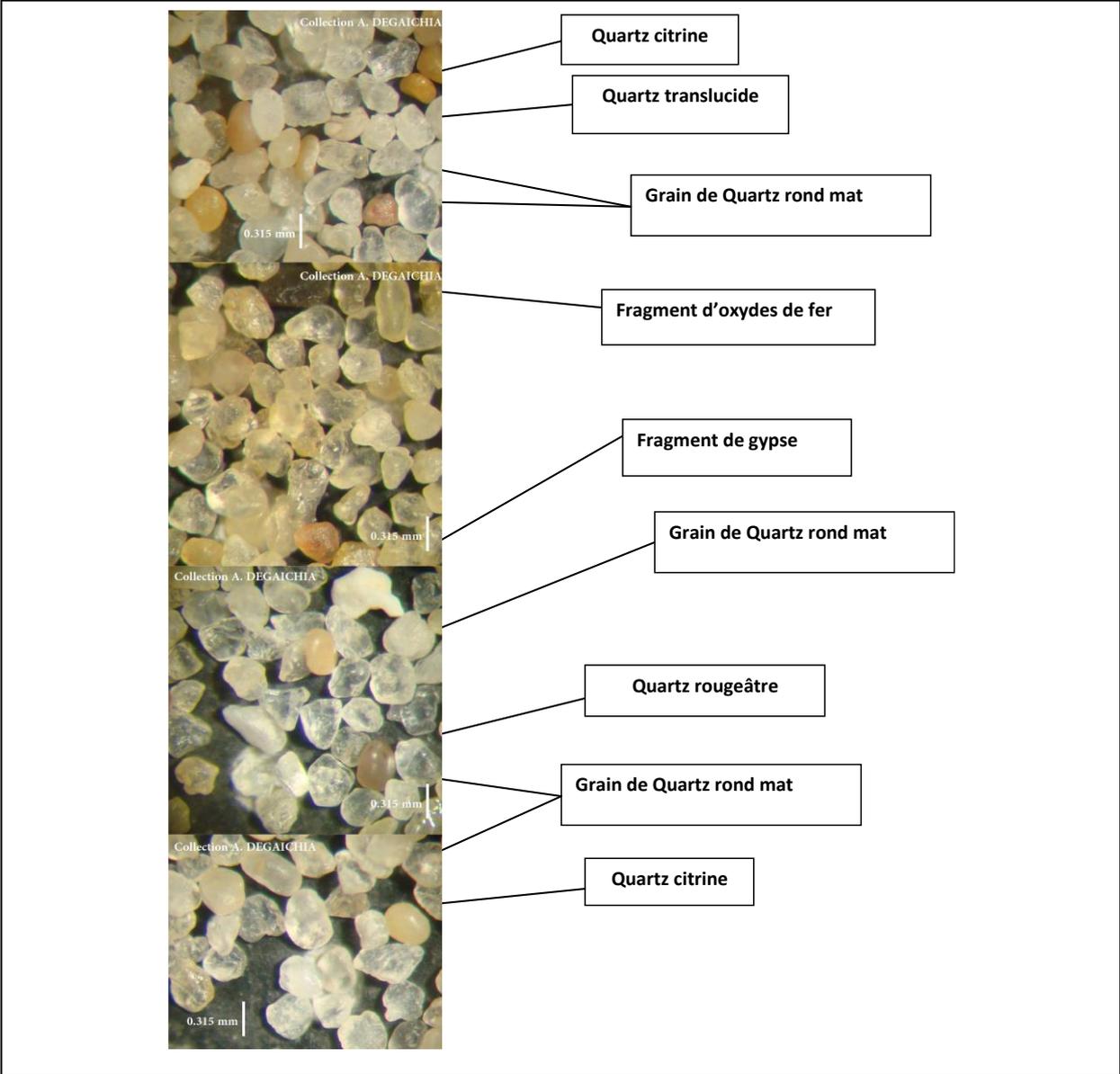


Figure 14: Morphoscopie des sables dunaires de l'Oued (Collection : A. DEGAICHIA)

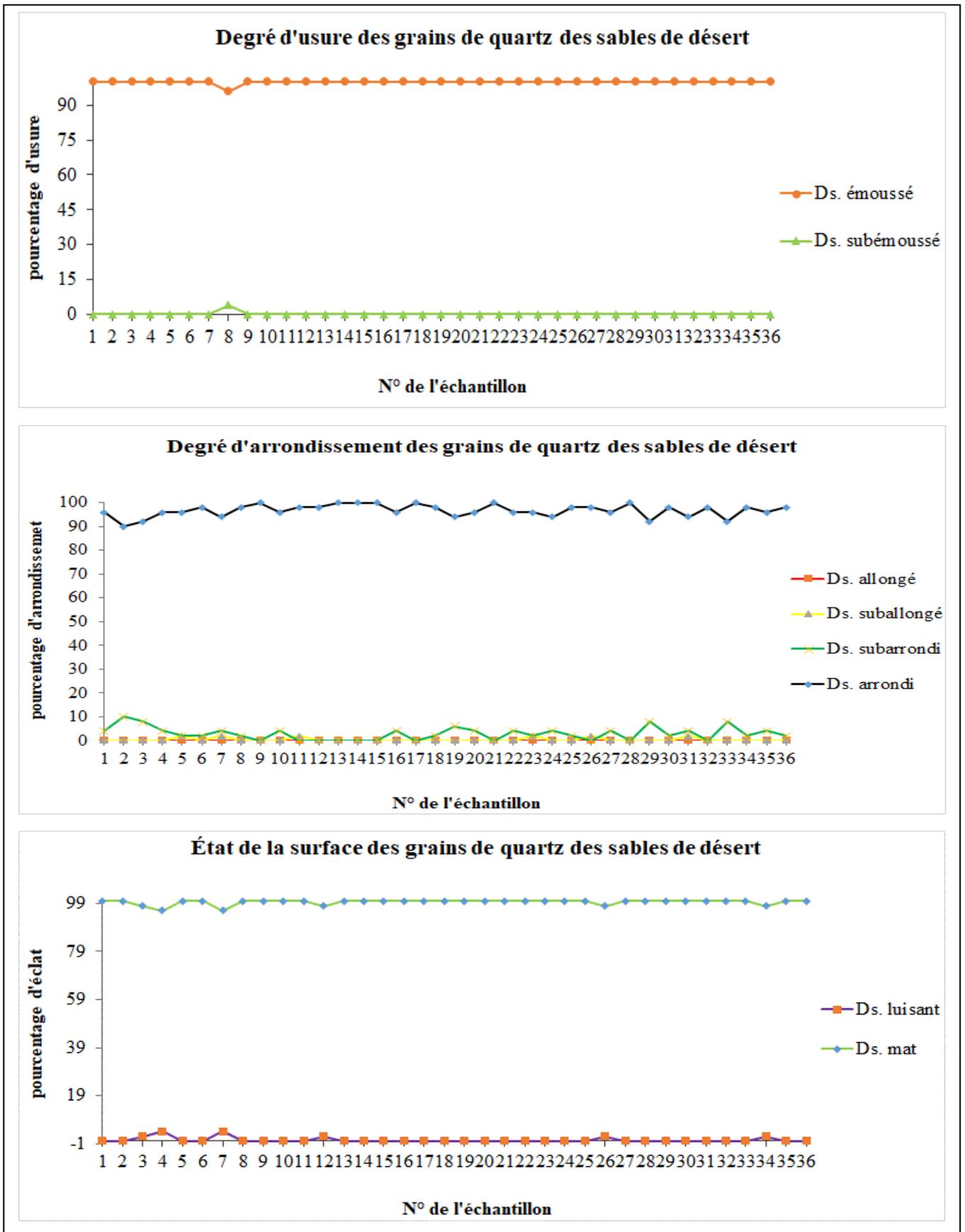


Figure 15: Évolution morphoscopique des grains de sables des sédiments de désert

D. Corrélation morphoscopique entre les sables de plage et les sables désertiques

1. Degré d'usure des sédiments

Les deux types de sédiments ont une réponse similaire vis-à-vis aux agents de l'érosion et transport qui est bien représentée par le pourcentage d'usure très important, et qui peut atteindre 80% dans les sables de plage, et 100% dans les sables de désert.

2. Degré d'arrondissement des sédiments

Le pourcentage d'arrondi atteint 67% dans les sédiments côtiers, et peut atteindre 100% dans les sables désertiques. Les sables de plage contiennent des taux élevés de grains allongés, cela est dû à la diversité lithologique ces grains; tandis qu'ils sont en très faibles proportions dans les sables désertiques.

3. État de la surface des sédiments

La majorité des grains de sables de plage ont un aspect luisant, contrairement aux grains de sables éoliens qui sont mats.

E. Identification des paramètres granulométriques des sables du golfe de Bône et de l'Oued

1. Introduction

Afin de bien comprendre l'évolution sédimentologique des sables de l'Oued et du Golf de Bône on a été censé de regrouper et analyser un nombre important des données granulométriques. Le recours aux méthodes graphiques nous a permis d'utiliser au mieux les données acquises et ressortir les caractéristiques essentielles du sédiment. Le calcul, l'analyse et la combinaison des paramètres sédimentologiques est une tâche difficile, mais en utilisant des logiciels adéquats on a pu la surmonter (A. Degaichia, 2001).

2. Historique des recherches sédimentologiques antérieures

L'utilisation des paramètres granulométriques dans l'analyse sédimentologique a été suggérée et entreprise par beaucoup de sédimentologues; initialement 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 ;
- **A. 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 (1957)** 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 1,222-270.

Différentes échelles et classifications granulométriques sont présentées sur la figure ci-dessous (fig.16). Les sédiments sableux des deux régions sont bien individualisés dans la classe des arénites.

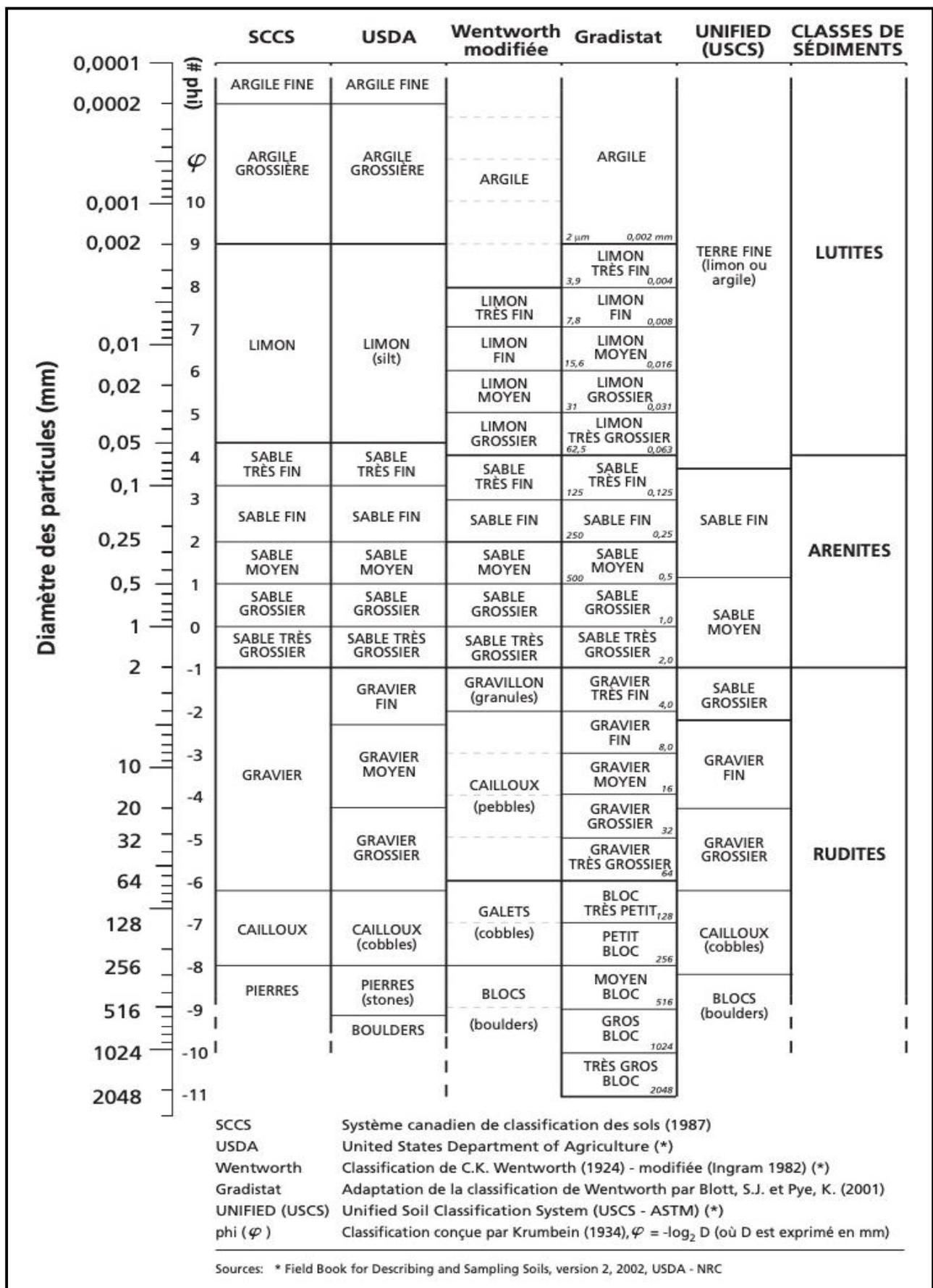


Figure 16: Échelle des classifications granulométriques (Source : <http://www.geoloues-prospecteurs.fr/dictionnaire-geologie/g/index.php?page=9>)

F. Définitions et applications des coefficients granulométriques des sables de plage

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 (D) des particules de sédiments et en ordonnée (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).

La courbe de fréquence est établie en combinant les deux variables suivants :

- En abscisse : les diamètres équivalents en Φ ;
- En ordonnée : les pourcentages des refus partiels.

A l'aide de cette courbe, on peut connaître le classement et même l'asymétrie des sédiments (fig.17).

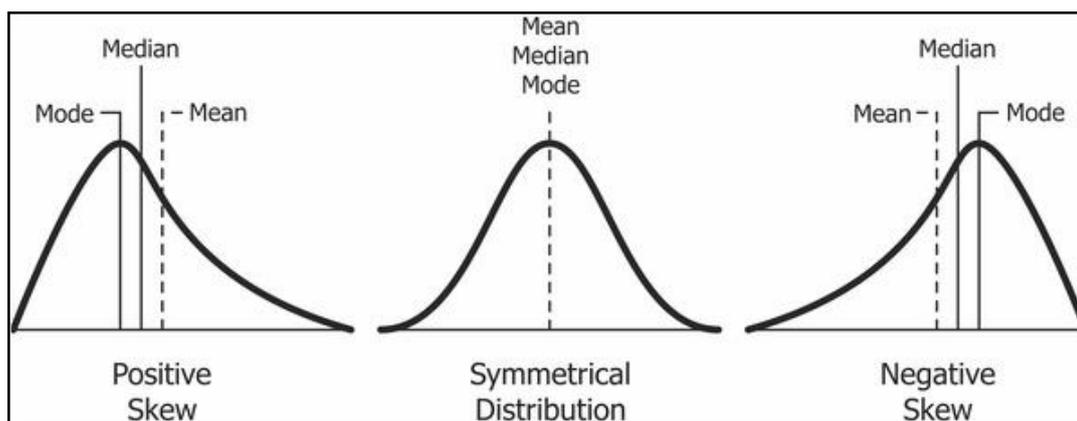


Figure 17: Courbe de fréquence (classement et asymétrie)

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

Nombreux sont les auteurs qui ont proposé 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 (δ_i), le Skewness (Ski) et le Kurtosis (KG).

Dans ce présent travail les paramètres et indices les plus choisis sont ceux définis par Folk et Ward (1957) qui ont proposé des formules qui contiennent un nombre élevé de percentiles.

1. Le mode (P.Mode)

À partir des histogrammes on lit directement la valeur du mode d'une distribution granulométrique et qui correspond au sommet de "cloches" des histogrammes.

Les tableaux 14, 15, 16 et la figure 18 récapitulent l'évolution modale des sédiments du golfe de Bône, où on observe l'abondance d'un seul mode 0,315 mm surtout pour les sédiments des radiales 1 et 3, avec des pourcentages qui avoisinent 35%. À noter que les valeurs du mode des sédiments de la R2 sont, généralement, de l'ordre de 0,5 mm (fig.18).

Tableau 14: Analyse modale des échantillons de la radiale «R1»

N° de l'échantillon «R1»	Mode (mm)	Pourcentage (%)
E 01	0,4	32,22
E 02	0,4	27,69
E 03	0,315	28,07
E 04	0,4	28,42
E 05	0,315	26,29
E 06	0,315	27,34
E 07	0,315	24,33
E 08	0,4	26,58
E 09	0,4	26,71
E 10	0,4	23,30
E 11	0,315	26,47
E 12	0,4	25,60
E 13	0,315	27,02
E 14	0,315	26,46
E 15	0,4	25,58
E 16	0,5	30,07
E 17	0,5	25,73
E 18	0,4	22,65
E 19	0,315	22,49

Tableau 15: Analyse modale des échantillons de la radiale «R2»

N° de l'échantillon «R2»	Mode (mm)	Pourcentage (%)
E 01	0,5	34,68
E 02	0,63	31,24
E 03	0,4	26,13
E 04	0,5	26,49
E 05	0,5	28,36
E 06	0,5	26,40
E 07	0,5	24,84
E 08	0,5	24,50
E 09	0,5	26,88
E 10	0,5	26,31
E 11	0,4	26,10
E 12	0,315	26,94
E 13	0,315	27,63
E 14	0,315	27,24

E 15	0,5	28,79
E 16	0,25	24,18

Tableau 16: Analyse modale des échantillons de la radiale «R3»

N° de l'échantillon «R3»	Mode (mm)	Pourcentage (%)
E 01	0,4	29,60
E 02	0,315	28,66
E 03	0,315	32,19
E 04	0,315	35,22
E 05	0,315	32,81
E 06	0,315	31,87
E 07	0,315	30,94
E 08	0,315	34,20
E 09	0,315	34,50
E 10	0,315	25,37
E 11	0,315	28,91
E 12	0,315	24,53
E 13	0,315	24,90
E 14	0,315	29,87
E 15	0,315	25,12
E 16	0,4	25,69
E 17	0,315	23,38
E 18	0,5	23,33
E 19	0,315	35,35
E 20	0,315	32,33
E 21	0,4	26,16
E 22	0,315	26,86
E 23	0,315	23,57
E 24	0,315	27,45
E 25	0,315	29,57
E 26	0,315	34,68
E 27	0,315	35,07
E 28	0,315	32,29

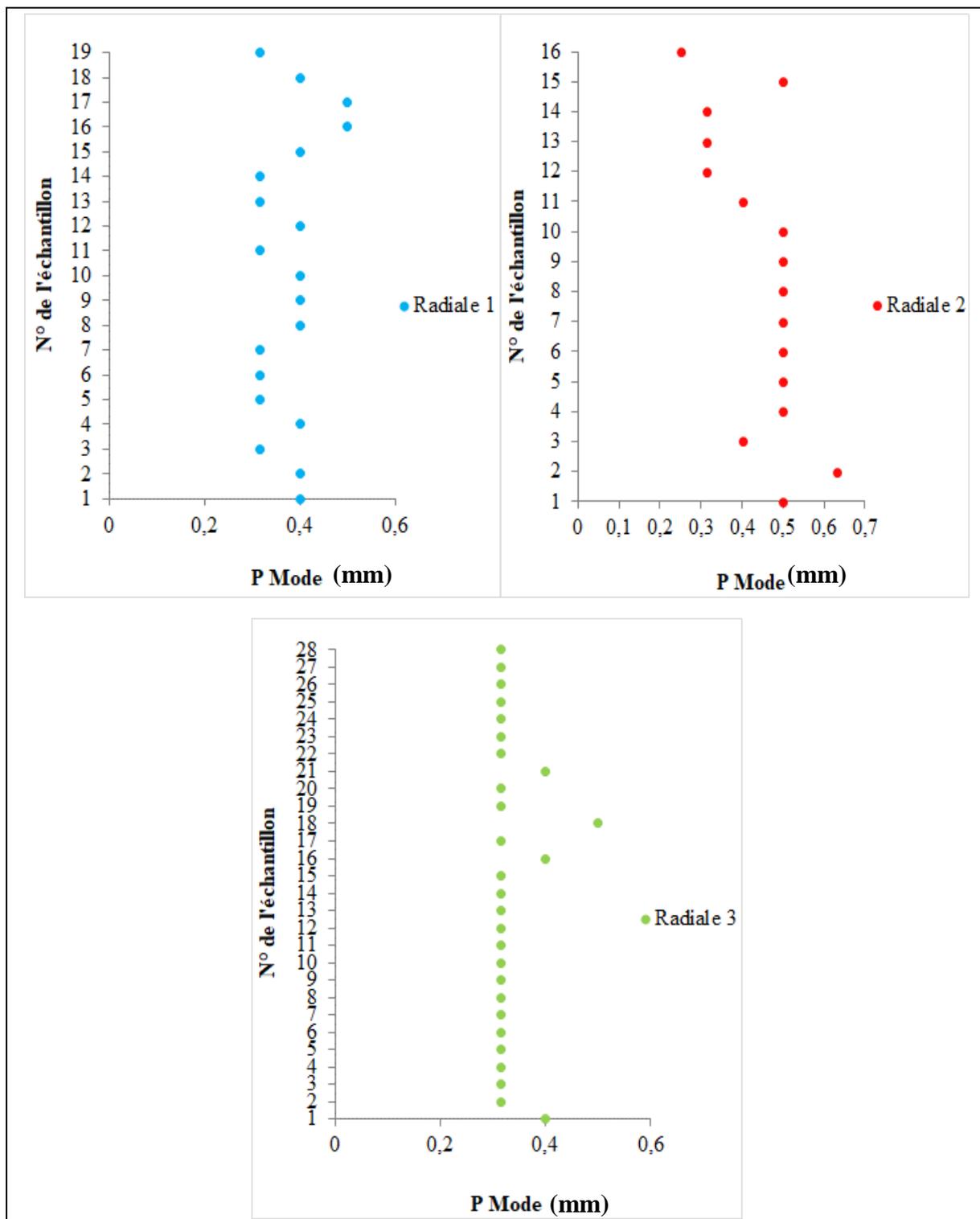


Figure 18: Le mode des sédiments de plage du trois radiales

2. Le grain moyen (P.Mz)

Dans la formule proposée par Trask, l'échelle utilisée est 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 dans les trois radiales sont pratiquement voisines et varient entre 1,2 et 1,3 (Φ) dans la R2 et R3, tandis que les sédiments de la R1 ont des valeurs de Mz égales à 1,6 (Φ). Les sédiments de la R1 sont plus fins que ceux des radiales 2 et 3 (fig.19).

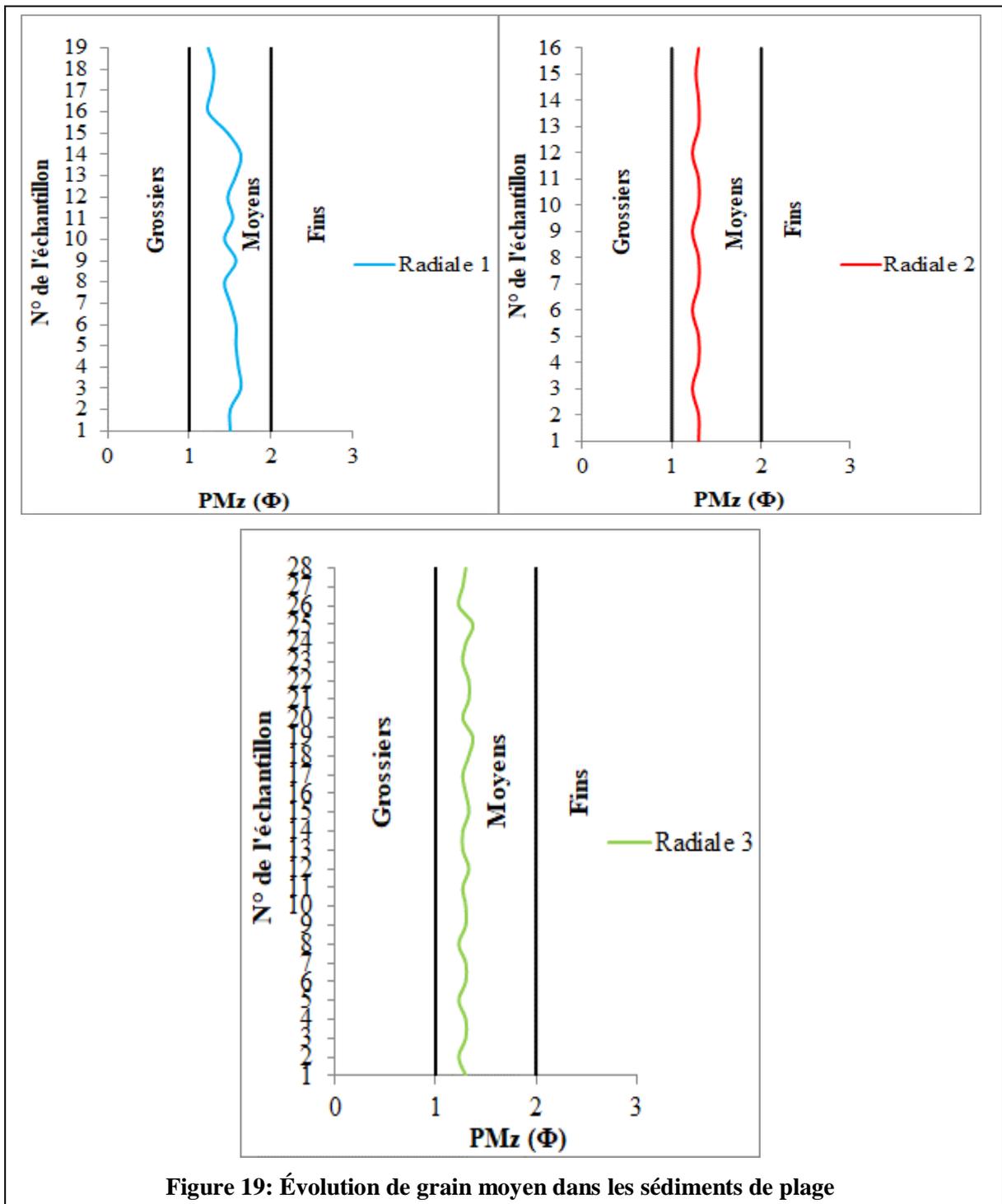


Figure 19: Évolution de grain moyen dans les sédiments de plage

3. La médiane (P.Md)

Les valeurs de médiane dans les radiales 2 et 3 varient entre 1,18 et 1,29 (Φ), alors que dans la R1, les valeurs de Md sont plus importantes et peuvent atteindre 1,6 (Φ). Les sédiments de la R1 sont plus fins par rapport aux sédiments des radiales 2 et 3 (fig.20).

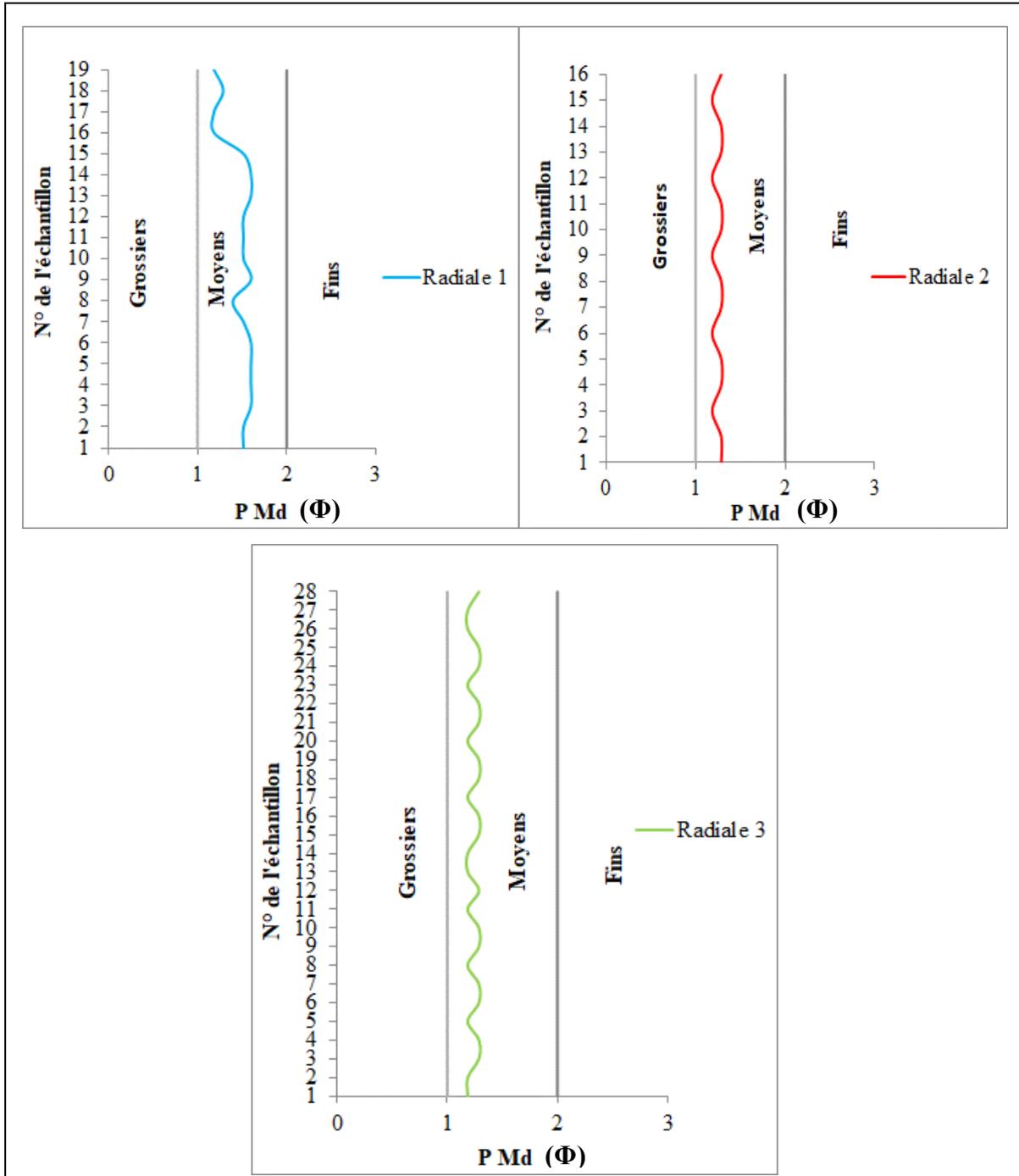


Figure 20 : Évolution de la médiane dans les sédiments de plage

4. Le classement ($P_{\delta i}$)

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

$$S_o = \sqrt{\frac{\Phi_{75}}{\Phi_{25}}} \text{ (Formule proposée par Trask, 1930)}$$

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

Inclusive Graphic Standard Déviation est le terme utilisé par Folk et Ward (1975), 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 ;
- $0,35 < \delta_i < 0,50$: bien classé ;
- $0,50 < \delta_i < 0,71$: 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 présente une estimation de la dispersion des tailles des particules par rapport à la moyenne de l'échantillon (A. Degaichia, 2001).

D'après les fourchettes de variations du classement ci-dessous, on peut déduire que l'indice de classement montre une évolution minimale avec des valeurs qui fluctuent entre 0,38 et 0,5 (Φ), ce qui confère aux sédiments un bon classement (fig.21).

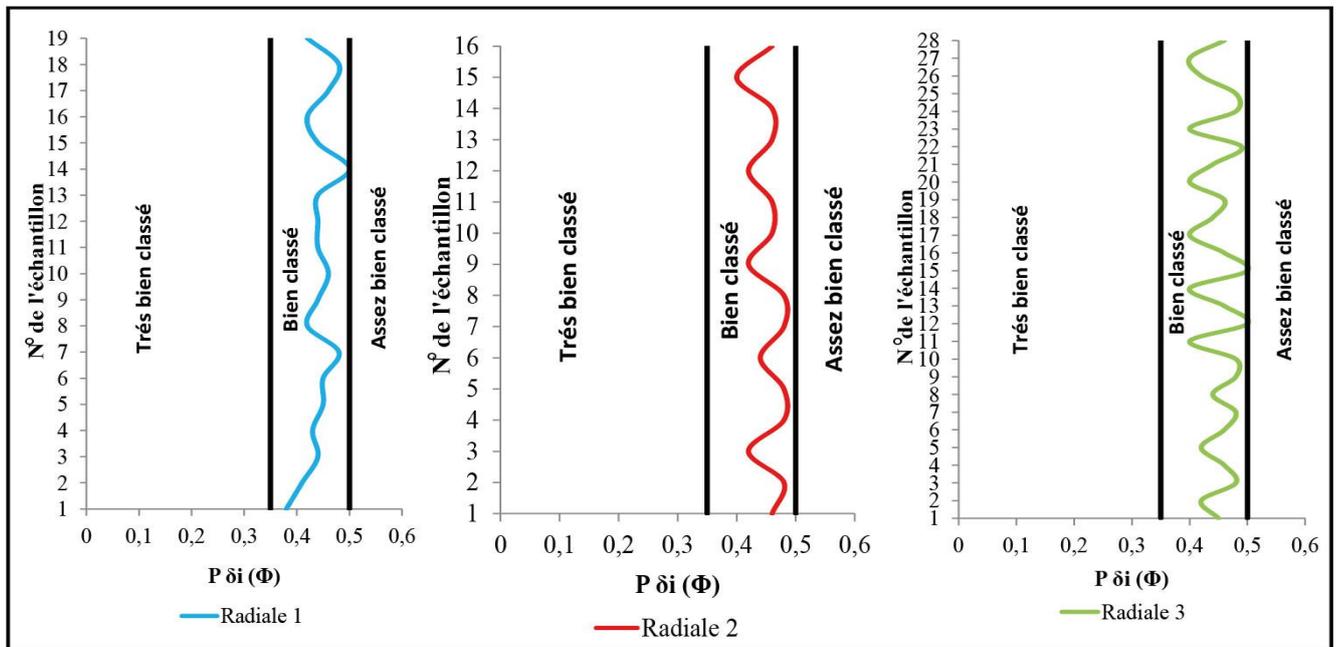


Figure 21: Évolution de l'indice de classement des sédiments de plage

5. Indice d'asymétrie (Skewness) (P.Ski)

Le terme utilisé par Inman pour cet indice est « Graphic Skewness », 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 proposée par Folk et Ward (1957) :

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

- $+1,00 > ski > +0,30$: 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 grands tailles ;
- $-0,30 > ski > -1,00$: forte asymétrie vers les grands tailles.

Les sédiments des radiales étudiées attestent d'une symétrie granulométrique (fig.22), sauf pour les échantillons suivants :

15, de la deuxième radiale est asymétrique vers les grandes tailles ;

1, 11, 14, 17, 20, 23 et 27 de la R3 sont asymétriques vers les grandes tailles.

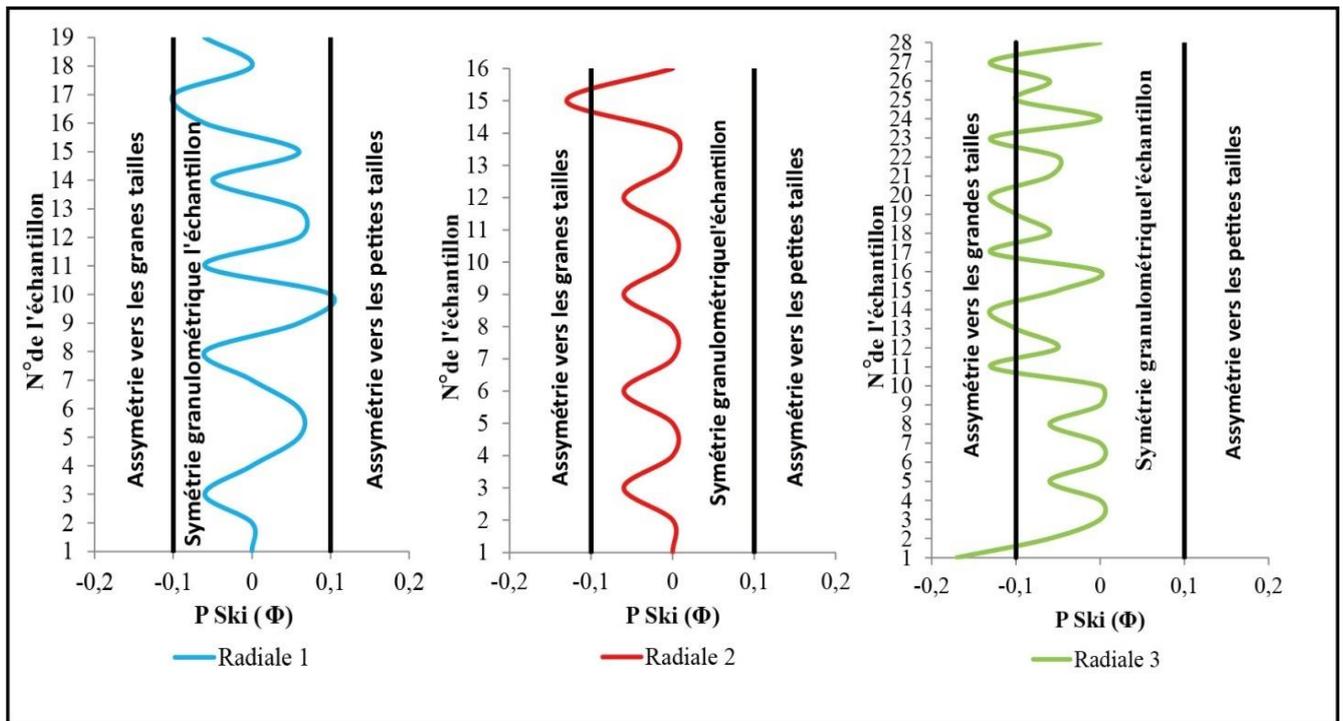


Figure 22: Évolution de l'indice d'asymétrie des sédiments de plage

6. Indice d'acuité ou d'aplatissement (P.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 courbe (A. Degaichia, 2001)..

$K_G < 0.67$	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

L'évolution de l'indice d'acuité (fig.23) des sédiments des radiales 1 et 2 montre une prépondérance des distributions platykurtiques et mesokurtiques avec une présence sporadique d'une réponse leptokurtique au niveau des échantillons 4 et 6 des radiales 1 et 2, tandis que pour les sédiments de la R3 ont des distributions mesokurtiques et platykurtiques.

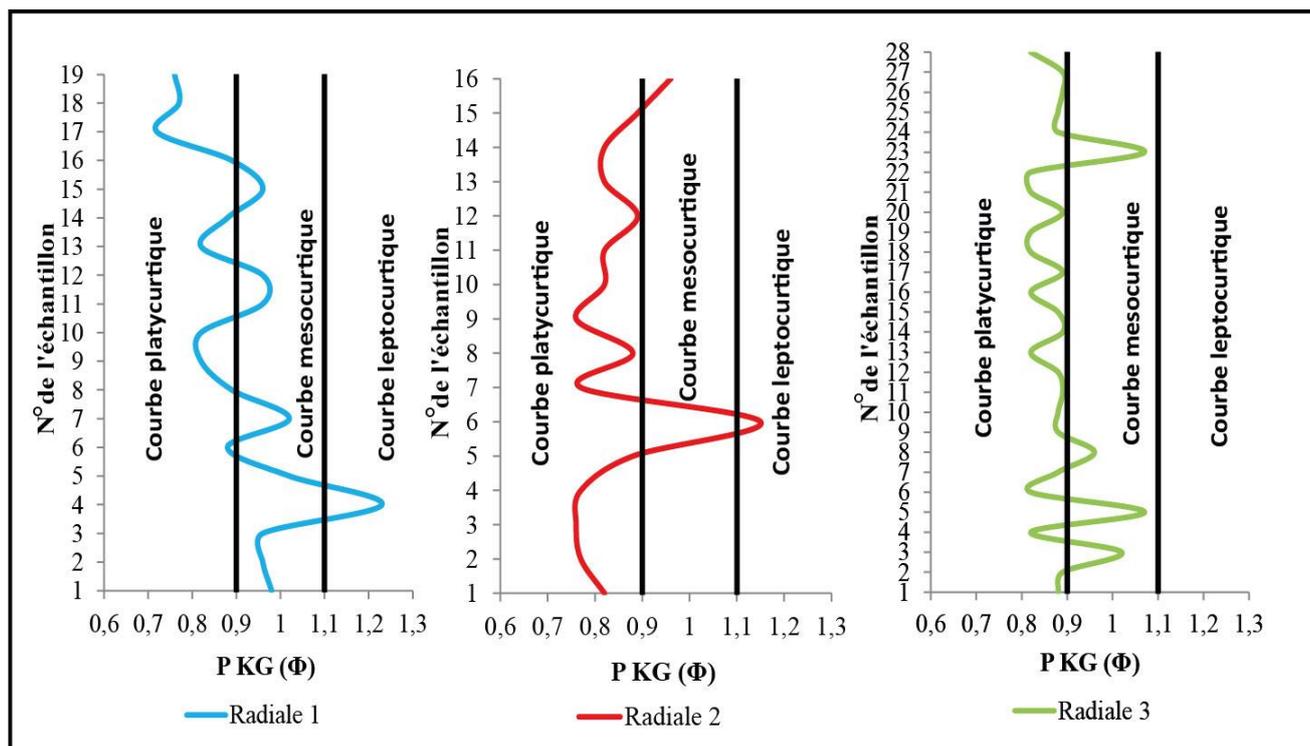


Figure 23: Évolution de l'indice d'acuité des sédiments de plage

Tableau 17: Tableau récapitulatif des paramètres sédimentologiques de la radiale «R1»

N° de l'échantillon «R1»	Md (Φ)	C (µm)	Mz (Φ)	Ski (Φ)	KG (Φ)	δi (Φ)	Classement
1	1,51	620	1,5	0	0,98	0,38	Bien
2	1,51	620	1,5	0	0,96	0,41	Bien
3	1,60	570	1,63	-0,06	0,96	0,44	Bien
4	1,60	620	1,6	0	1,23	0,43	Bien
5	1,60	620	1,57	0,06	1,02	0,45	Bien
6	1,60	620	1,57	0,06	0,88	0,45	Bien
7	1,51	660	1,5	0	1,02	0,48	Bien
8	1,40	660	1,43	-0,06	0,89	0,42	Bien
9	1,60	620	1,57	0,06	0,82	0,44	Bien
10	1,51	660	1,43	0,1	0,82	0,46	Bien
11	1,51	620	1,53	-0,06	0,96	0,44	Bien
12	1,51	660	1,47	0,06	0,96	0,44	Bien
13	1,60	660	1,57	0,06	0,82	0,44	Bien
14	1,60	660	1,63	-0,05	0,88	0,5	Bien
15	1,51	620	1,47	0,06	0,96	0,44	Bien
16	1,18	660	1,23	-0,06	0,89	0,42	Bien
17	1,18	660	1,27	-0,1	0,72	0,46	Bien
18	1,29	710	1,3	0	0,77	0,48	Bien
19	1,18	660	1,23	-0,06	0,76	0,42	Bien

Tableau 18: Tableau récapitulatif des paramètres sédimentologiques de la radiale «R2»

N° de l'échantillon «R2»	Md (Φ)	C (µm)	Mz (Φ)	Ski (Φ)	KG (Φ)	δi (Φ)	Classement
1	1,29	660	1,3	0	0,82	0,46	Bien
2	1,29	660	1,3	0	0,77	0,48	Bien
3	1,18	660	1,23	-0,06	0,76	0,42	Bien
4	1,29	710	1,3	0	0,77	0,48	Bien
5	1,29	760	1,3	0	0,88	0,48	Bien
6	1,18	710	1,23	-0,06	1,15	0,44	Bien
7	1,29	710	1,3	0	0,77	0,48	Bien
8	1,29	710	1,3	0	0,88	0,48	Bien
9	1,18	710	1,23	-0,06	0,76	0,42	Bien
10	1,29	710	1,3	0	0,82	0,46	Bien
11	1,29	760	1,3	0	0,82	0,46	Bien
12	1,18	710	1,23	-0,06	0,89	0,42	Bien
13	1,29	760	1,3	0	0,82	0,46	Bien
14	1,29	760	1,3	0	0,82	0,46	Bien
15	1,18	760	1,27	-0,13	0,89	0,4	Bien
16	1,29	760	1,3	0	0,96	0,46	Bien

Tableau 19: Tableau récapitulatif des paramètres sédimentologiques de la radiale «R3»

N° de l'échantillon «R3»	Md (Φ)	C (µm)	Mz (Φ)	Ski (Φ)	KG (Φ)	δi (Φ)	Classement
01	1,18	810	1,3	-0,17	0,88	0,45	Bien
02	1,18	760	1,23	-0,06	0,89	0,42	Bien
03	1,29	810	1,3	0	1,02	0,48	Bien
04	1,29	810	1,3	0	0,82	0,46	Bien
05	1,18	760	1,23	-0,06	1,07	0,42	Bien
06	1,29	810	1,3	0	0,82	0,46	Bien
07	1,29	810	1,3	0	0,88	0,48	Bien
08	1,18	760	1,23	-0,06	0,96	0,44	Bien
09	1,29	810	1,3	0	0,88	0,48	Bien
10	1,29	810	1,3	0	0,88	0,48	Bien
11	1,18	760	1,27	-0,13	0,89	0,4	Bien
12	1,29	810	1,33	-0,05	0,88	0,5	Bien
13	1,18	760	1,27	-0,1	0,82	0,46	Bien
14	1,18	710	1,27	-0,13	0,89	0,4	Bien
15	1,29	760	1,33	-0,05	0,88	0,5	Bien
16	1,29	810	1,3	0	0,82	0,46	Bien
17	1,18	760	1,27	-0,13	0,89	0,4	Bien
18	1,29	760	1,33	-0,06	0,82	0,44	Bien
19	1,29	760	1,37	-0,1	0,82	0,46	Bien
20	1,18	710	1,27	-0,13	0,89	0,4	Bien
21	1,29	810	1,33	-0,06	0,82	0,44	Bien
22	1,29	760	1,33	-0,05	0,82	0,49	Bien

23	1,18	810	1,27	-0,13	1,07	0,4	Bien
24	1,29	810	1,3	0	0,88	0,48	Bien
25	1,29	810	1,37	-0,1	0,88	0,48	Bien
26	1,18	760	1,23	-0,06	0,89	0,42	Bien
27	1,18	760	1,27	-0,13	0,89	0,4	Bien
28	1,29	760	1,3	0	0,82	0,46	Bien

G. Définitions et applications des coefficients granulométriques des sables de l'Oued

1. Le mode (DS.Mode)

Le tableau 17 et la figure 24 récapitulent l'évolution modale des sédiments du désert, où on remarque la prépondérance d'un seul mode 0,1 mm avec des pourcentages qui avoisinent 43% (fig.24).

Tableau 20: Analyse modale des échantillons de sables de la région de l'Oued.

N° de l'échantillon	Mode			
	M1 (mm)	Pourcentage (%)	M2 (mm)	Pourcentage (%)
HO1	0,11	30,70	-	-
HO2	0,1	22,15	0,11	23,93
HO3	0,11	35,75	-	-
HO4	0,143	25,88	-	-
HO5	0,11	38,68	-	-
HO6	0,25	28,56	-	-
OM1	0,11	26,31	-	-
OM2	0,11	33,61	-	-
OM3	0,36	20,24	0,11	10,73
OG1	0,11	20,96	-	-
OS1	0,11	31,35	-	-
OS2	0,104	24,04	-	-
OS3	0,11	31,24	-	-
OS4	0,11	27,67	-	-
OS5	0,25	19,45	0,11	16,8
OS6	0,57	18	0,11	9,27
ST1	0,19	21,83	-	-
ST2	0,19	24,14	-	-
TD1	0,25	15,61	0,11	14,69
TD2	0,19	10,92	0,1	23,96
TD3	0,25	16	0,1	17,3
TD4	0,1	31,76	-	-
TD5	0,1	43,13	-	-
DS1	0,25	15,55	0,11	18,86
DS2	0,19	32,39	-	-
DS3	0,11	27,42	-	-
DS4	0,11	29,83	-	-
DS5	0,19	18,89	0,11	19,5
DS6	0,11	26,23	-	-
SF1	0,36	20,9	0,11	10,4
SF2	0,11	23,37	-	-
SF3	0,14	26,31	-	-

SF4	0,11	28,76	-	-
SF5	0,1	31	-	-
FGO1	0,25	14,54	0,11	16,75
FGO2	0,25	16,16	0,11	11,24

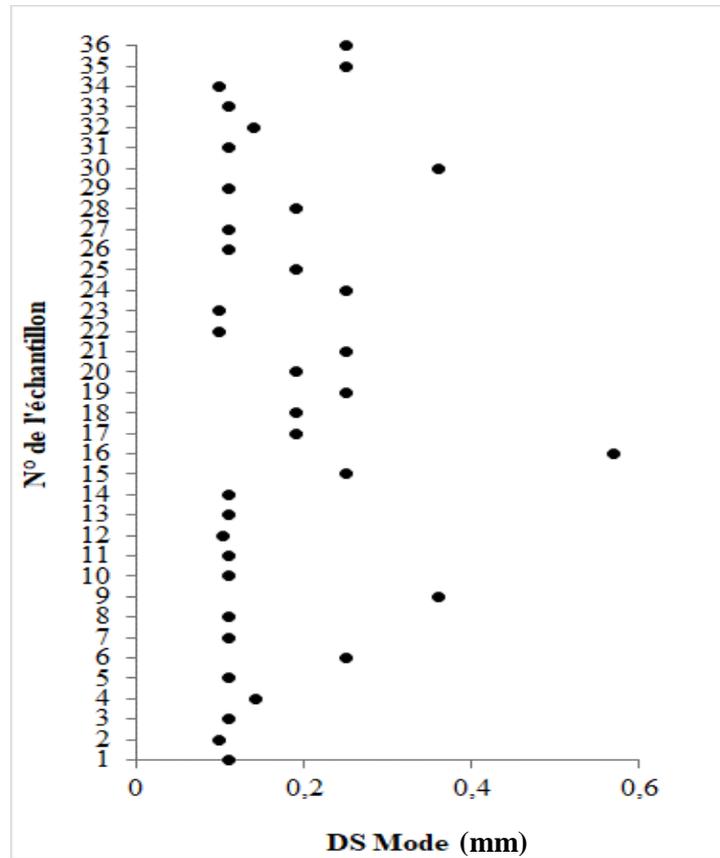


Figure 24: Le mode des sédiments de désert

2. Le grain moyen (DS.Mz)

Les valeurs du grain moyen des échantillons prélevés varient entre 2,2 et 3,55 (Φ) (fig.25). Il s'agit de sédiments fins à très fins.

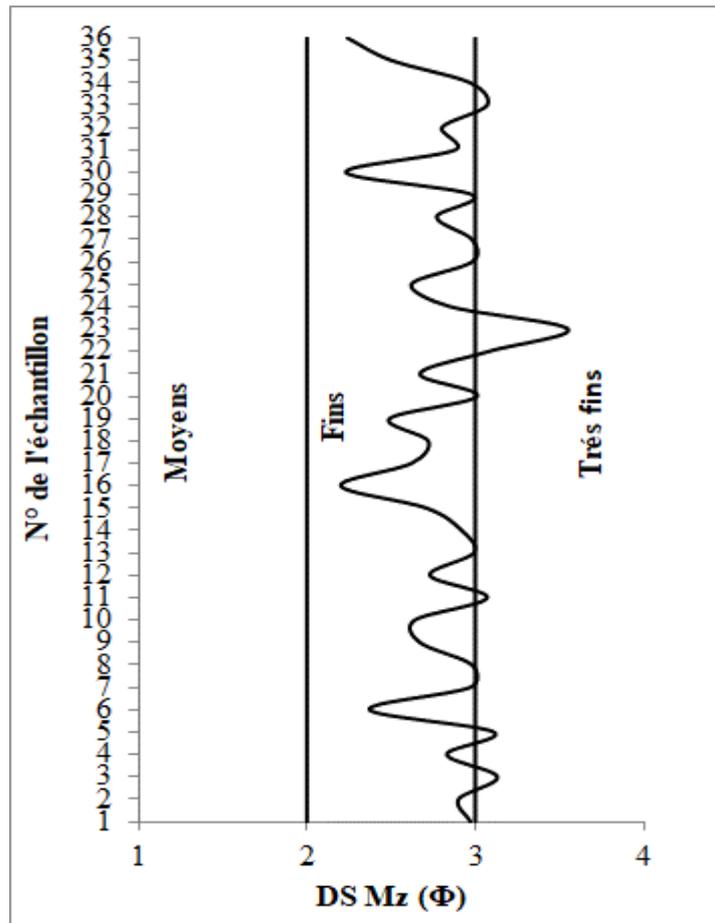


Figure 25: Évolution de grain moyen dans les sédiments de désert

3. La médiane (DS.Md)

Les valeurs des médianes des échantillons prélevés varient entre 2,1 et 3,6 (Φ). Il s'agit de sédiments fins à très fins (fig.26).

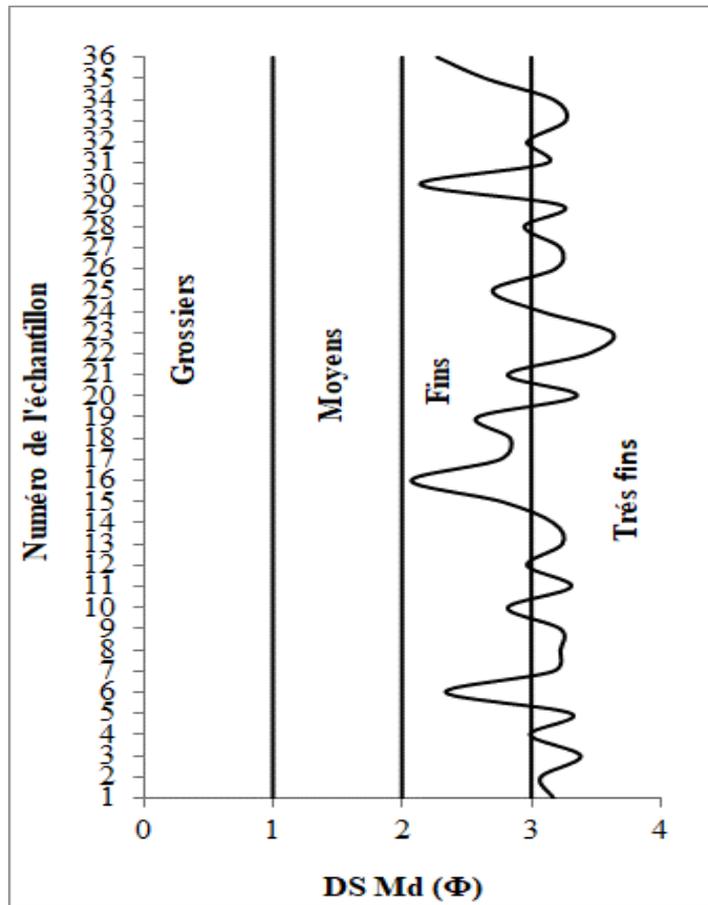


Figure 26: Évolution de la médiane dans les sédiments de désert

4. Le classement (DS.δi)

Les valeurs des classements fluctuent entre 0,37 et 0,86 (Φ), ce qui confère aux sédiments un bon classement avec quelques échantillons moyennement classés (fig.27).

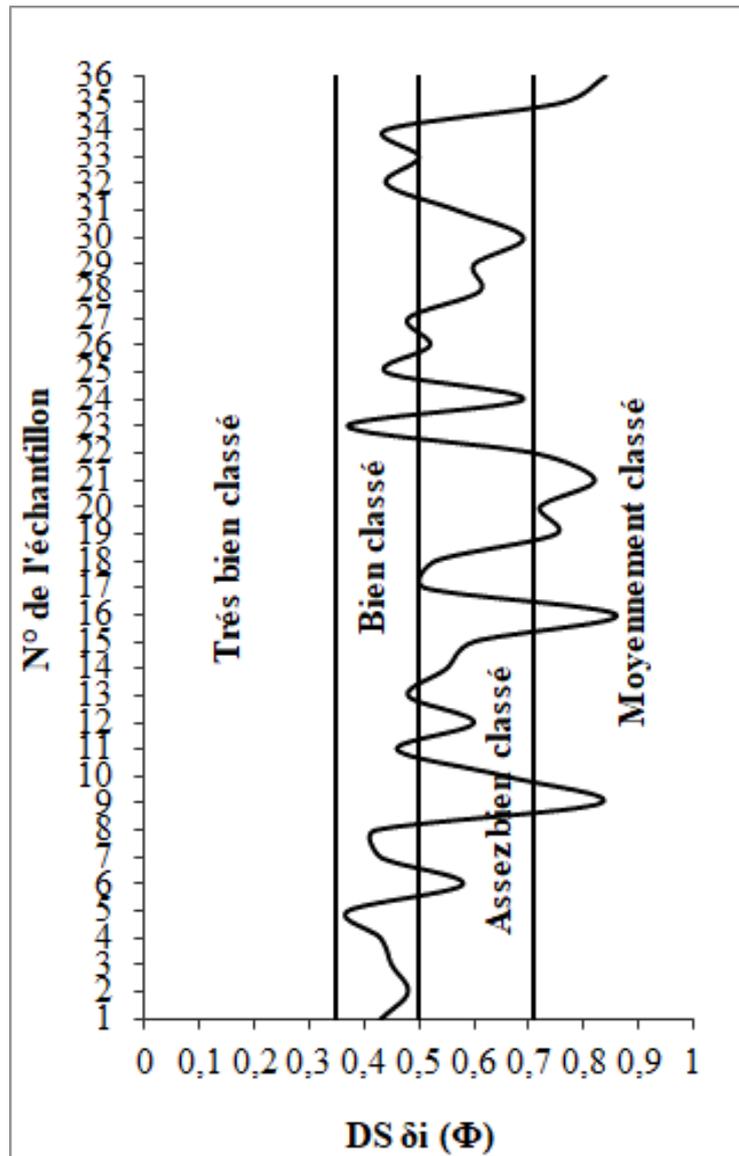


Figure 27: Évolution de l'indice de classement des sédiments de désert

5. Indice d'asymétrie (Skewness) (DSKG)

Les sédiments de la zone étudiée attestent d'une symétrie granulométrique (fig.28), sauf pour les échantillons suivants :

6, 15, 16 et 30 montrent une asymétrie vers les grandes tailles ;

3, 8 11, 13, 20, 22 et 29 montrent une asymétrie vers les petites tailles ;

9 montre une forte asymétrie vers les petites tailles.

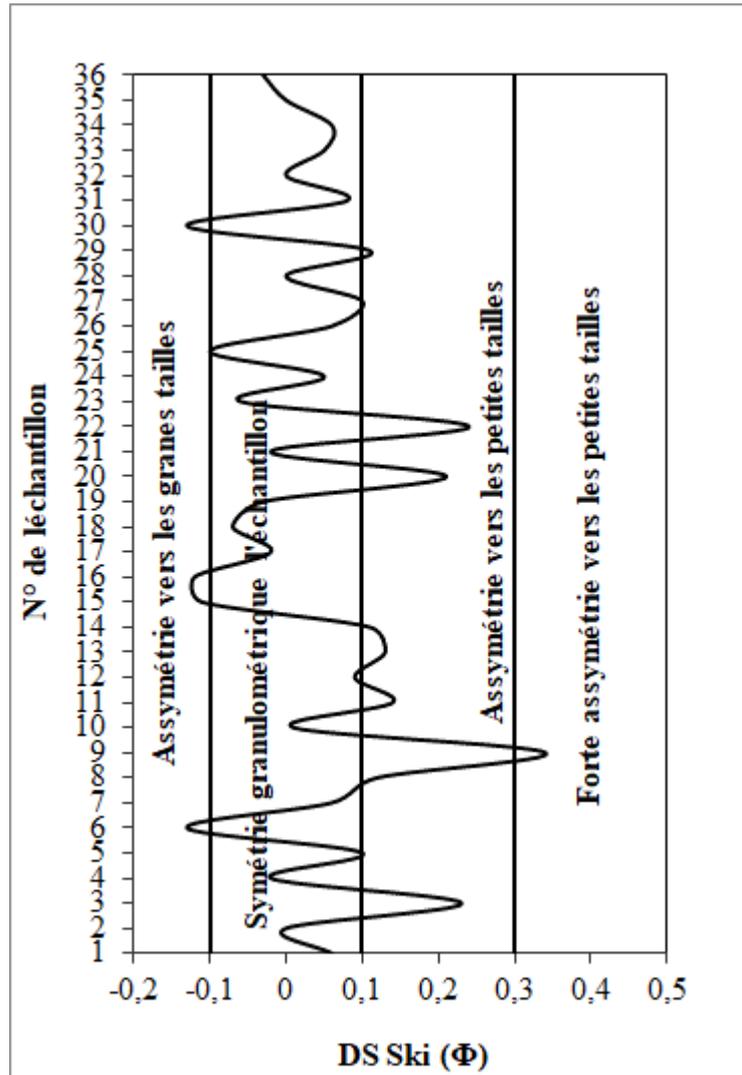


Figure 28: Évolution de l'indice d'asymétrie des sédiments de désert

6. Indice d'acuité ou d'aplatissement (DS.KG)

Les indices d'acuité (fig.29) des sédiments de l'Oued montrent une distribution platykurtique à mesokurtique, ainsi qu'une distribution leptokurtique au niveau des échantillons 3, 5 et 23.

Le Kurtosis mesure l'angulosité de la courbe de fréquence. Si le mode est concentré dans une classe granulométrique restreinte, on a une distribution leptokurtique, mais s'il est dispersé on a une distribution platykurtique (fig. 29).

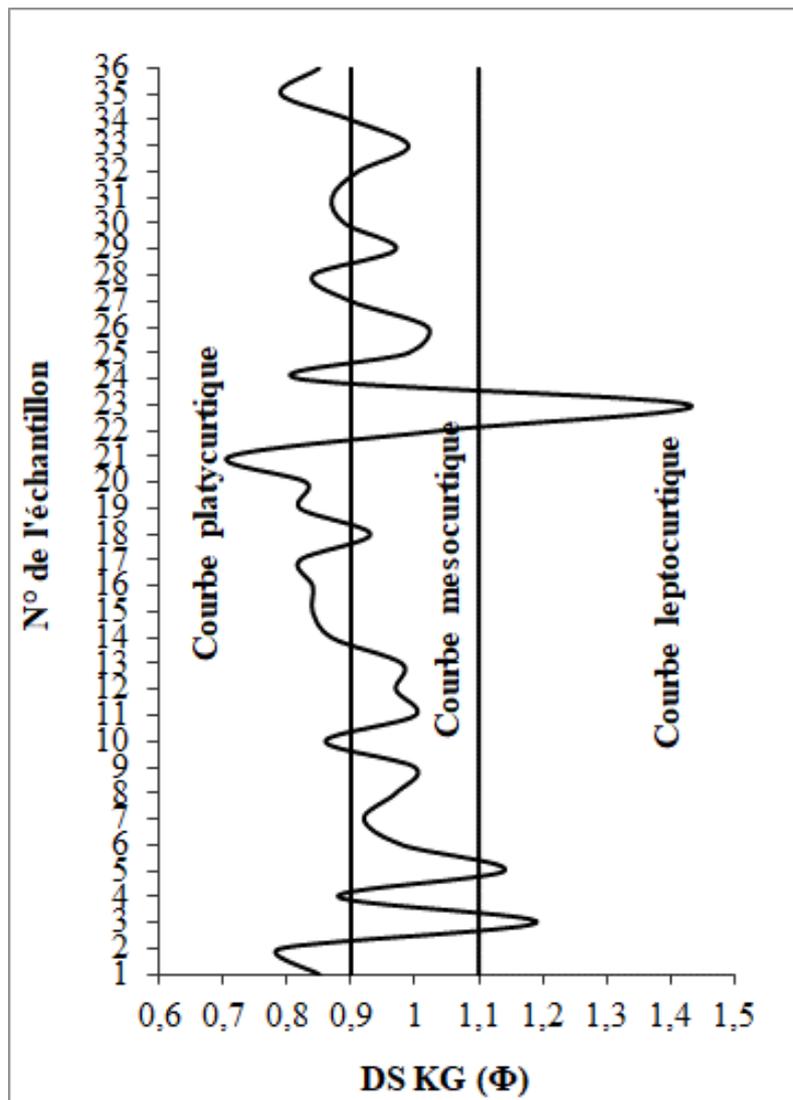


Figure 29: Évolution de l'indice d'acuité des sédiments de désert

Tableau 21: Récapitulatif des paramètres sédimentologiques de la région de l'Oued

N° de l'échantillon	Md (Φ)	C (µm)	Mz (Φ)	SKI (Φ)	KG (Φ)	δi (Φ)	Classement
1	3,17	283	2,97	0,06	0,85	0,43	Bien
2	3,07	263	2,9	0	0,79	0,48	Bien
3	3,38	391	3,13	0,23	1,19	0,45	Bien
4	2,99	258	2,83	-0,02	0,88	0,43	Bien
5	3,31	250	3,11	0,1	1,14	0,37	Bien
6	2,34	592	2,37	-0,13	0,98	0,58	Bien
7	3,17	250	2,97	0,06	0,92	0,43	Bien
8	3,22	238	2,98	0,12	0,97	0,42	Bien
9	3,22	1000	2,67	0,34	1	0,83	Bien
10	2,82	640	2,64	0,01	0,86	0,66	Bien
11	3,31	250	3,07	0,14	1	0,46	Bien
12	2,97	694	2,73	0,09	0,97	0,6	Bien
13	3,24	309	2,99	0,13	0,98	0,48	Bien
14	3,17	367	2,92	0,11	0,87	0,55	Bien
15	2,78	476	2,71	-0,11	0,84	0,6	Bien
16	2,07	1563	2,2	-0,12	0,84	0,86	Bien
17	2,76	416	2,62	-0,02	0,82	0,51	Bien
18	2,84	367	2,72	-0,07	0,93	0,53	Bien
19	2,58	907	2,49	-0,03	0,82	0,75	Bien
20	3,35	1000	3,01	0,21	0,83	0,72	Bien
21	2,82	640	2,67	-0,02	0,71	0,82	Bien
22	3,44	391	3,08	0,24	1,04	0,71	Bien
23	3,63	207	3,55	-0,06	1,43	0,37	Bien
24	3,07	476	2,85	0,05	0,82	0,69	Bien
25	2,70	309	2,62	-0,1	0,99	0,44	Bien
26	3,18	263	2,98	0,06	1,02	0,52	Bien
27	3,22	263	2,98	0,1	0,9	0,48	Bien
28	2,94	510	2,77	0	0,84	0,61	Bien
29	3,24	416	2,98	0,11	0,97	0,6	Bien
30	2,14	826	2,23	-0,13	0,89	0,69	Bien
31	3,12	346	2,88	0,08	0,87	0,57	Bien
32	2,97	309	2,8	0	0,91	0,44	Bien
33	3,27	250	3,07	0,05	0,99	0,5	Bien
34	3,17	238	2,97	0,06	0,9	0,44	Bien
35	2,64	1321	2,5	0	0,79	0,76	Bien
36	2,27	2367	2,24	-0,03	0,85	0,84	Bien

H. Description des courbes corrélatives

1. Le mode (P.DS.Mode)

La figure 30 récapitule l'évolution modale des sédiments de plage et de désert, où on observe deux alignements majeurs, cela indique la prépondérance de deux modes 0,1 mm pour les sédiments désertiques et 0,315 mm pour les sédiments côtiers (fig.30).

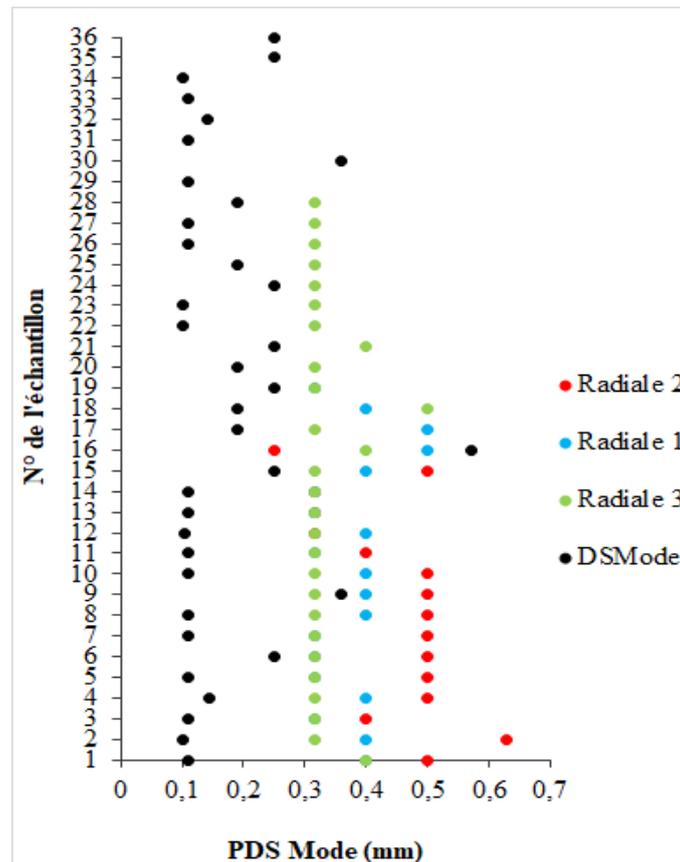


Figure 30: Modes des sédiments de plage et de désert

2. Le grain moyen (P.DS.Mz)

Les valeurs de Mz dans les sables côtiers sont de l'ordre de 1,6 (Φ) ; tandis que les valeurs du grain moyen sont plus importantes dans les sables désertiques et varient entre 2,2 et 3,55 (Φ). Les sédiments désertiques sont plus fins que les sédiments de plage (fig. 31).

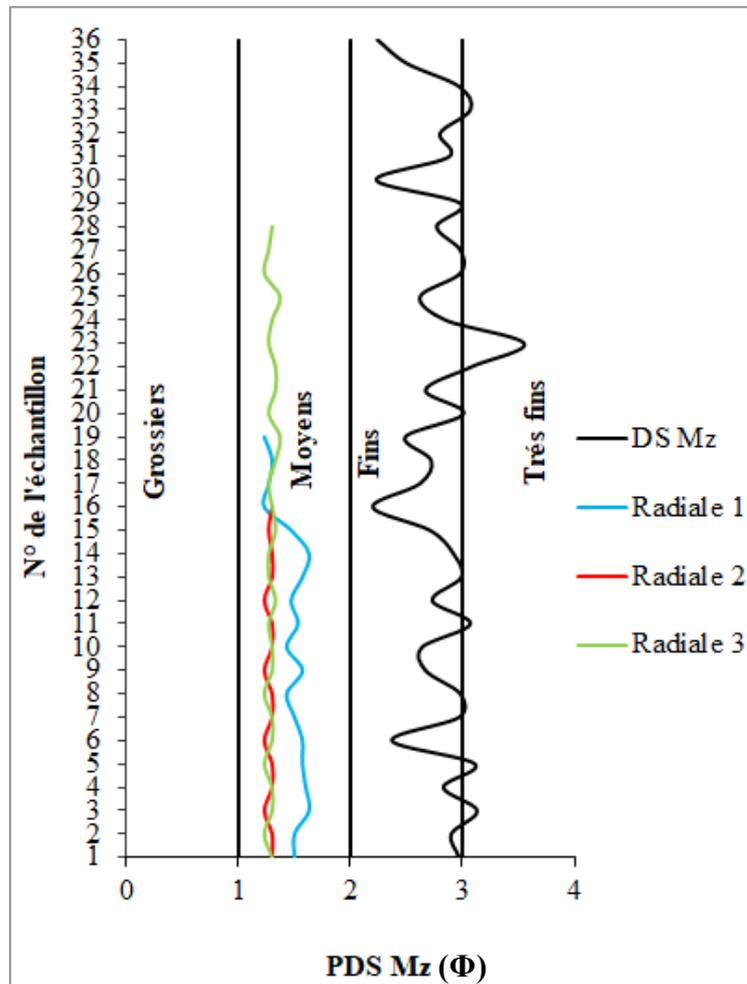


Figure 31: Évolution de grain moyen dans les sédiments de plage et de désert

3. La médiane (P.DS.Md)

Les valeurs de la médiane dans les sables de plage peuvent atteindre 1,6 (Φ) ; tandis que les valeurs de la médiane des sables de désert varient entre 2,1 et 3,6 (Φ). Alors, les sables de désert sont plus fins que les sédiments côtiers (fig.32).

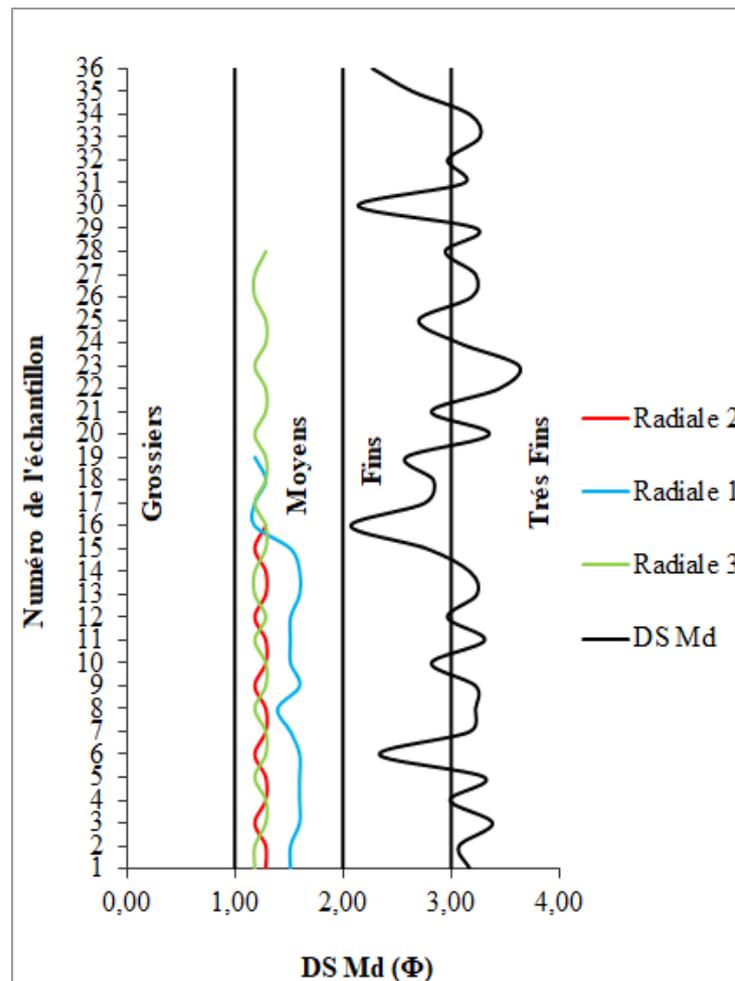


Figure 32: Évolution de la médiane dans les sédiments de plage et de désert

4. Le classement (P.DS.δi)

Dans la figure ci-dessous, les indices de classement fluctuent entre 0,38 et 0,5 (Φ) pour les sédiments de plage et entre 0,37 et 0,86 (Φ) pour les sédiments de désert. On distingue que les sédiments de plage sont mieux classés que les sédiments éoliens (fig.33).

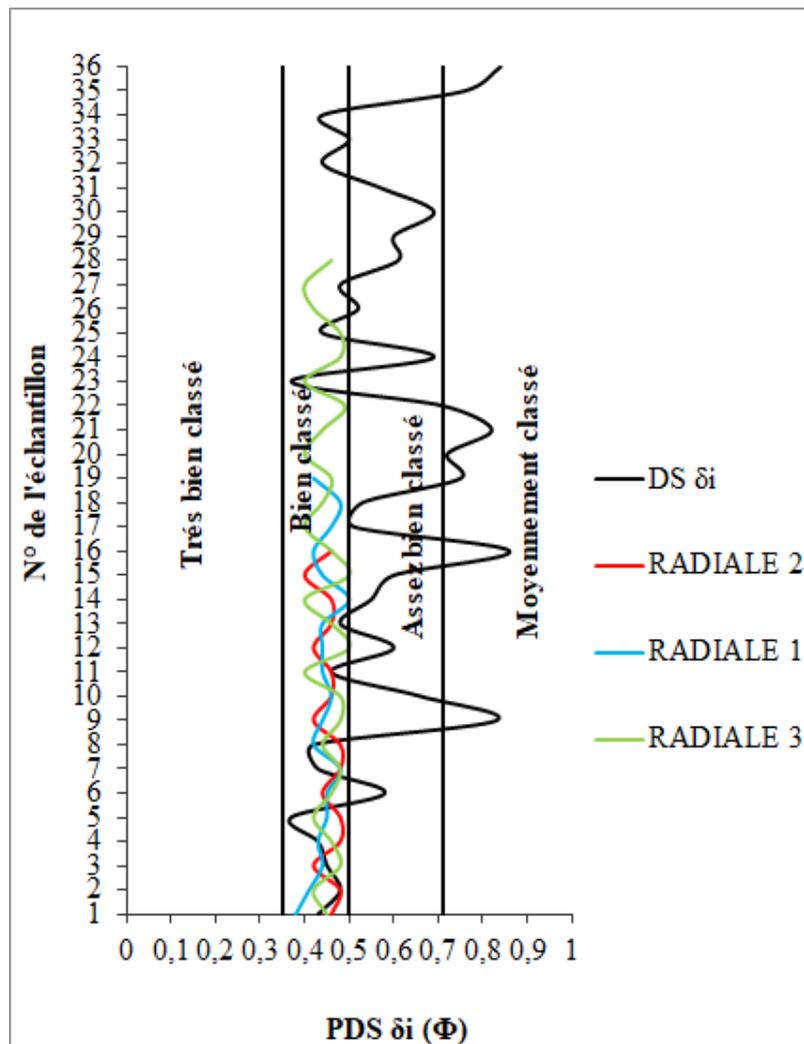


Figure 33: Évolution de l'indice de classement des sédiments de plage et de désert

5. Indice d'asymétrie (Skewness) (P.DS.SKi)

Les sédiments des radiales étudiées attestent d'une symétrie granulométrique, sauf pour les échantillons suivants :

15 de la deuxième radiale, est asymétrique vers les grandes tailles ;

1, 11, 14, 17, 20, 23 et 27 de la R3 sont asymétriques vers les grandes tailles.

Tandis que les sédiments de la (DS) attestent d'une symétrie granulométrique, sauf pour les échantillons suivants :

6, 15, 16 et 30 montre une asymétrie vers les grandes tailles ;

3, 8 11, 13, 20, 22 et 29 montre une asymétrie vers les petites tailles ;

9 montre une forte asymétrie vers les petites tailles (fig.34).

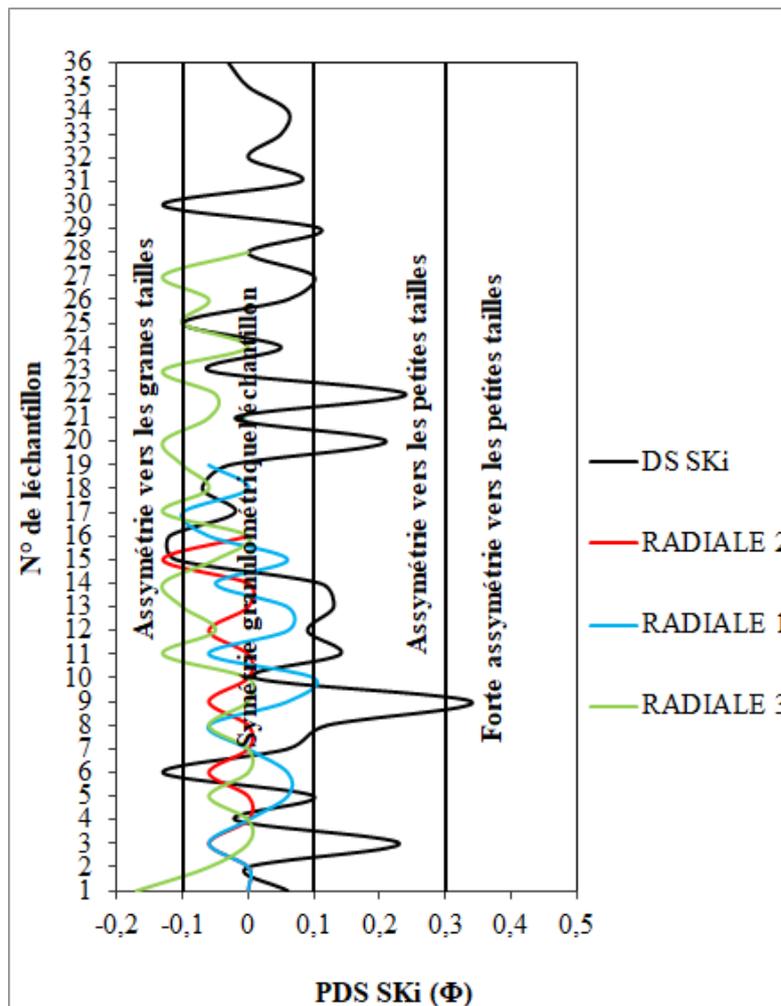


Figure 34: Évolution de l'indice d'asymétrie des sédiments de plage et de désert

6. Indice d'acuité ou d'aplatissement (P.DS.KG)

L'évolution de l'indice d'acuité des sédiments des radiales 1 et 2 montre une prépondérance des distributions platykurtiques et mesokurtiques avec une présence sporadique d'une réponse leptokurtique au niveau des échantillons 4 et 6 des radiales 1 et 2, et pour les sédiments de la R3, les distributions sont cernées dans les champs mesokurtiques et platykurtiques. Tandis que les sédiments des échantillons de (DS) montrent des distributions platykurtiques à mesokurtiques avec des distributions leptokurtiques au niveau des échantillons 3, 5 et 23(fig.35).

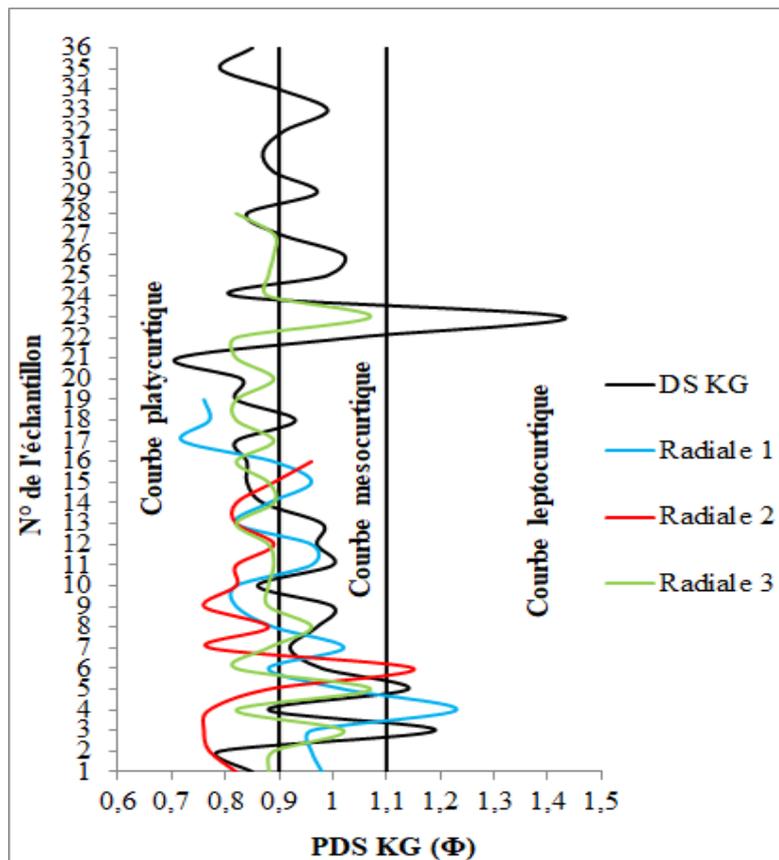


Figure 35: Évolution de l'indice d'acuité des sédiments de plage et de désert

VII. LA CALCIMÉTRIE

A. Principe

Cette méthode gazométrique 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 peu dissout le dioxyde de carbone.

Appareillage

Calcimètre Bernard ;

Erlenmeyer de 100cm^3 ;

Tube de verre (longueur=6cm, diamètre de 1cm) ;

Pince Brucelle ;

Mortier ;

HCl à 30% ;

Mode opératoire ;

Effrité le sédiment dans un mortier ;

Estimé par essai préalable la teneur en carbonates en

Attaquant un fragment de l'échantillon avec quelques gouttes d'HCl ;

Si le dégagement de CO_2 est fort, on pesé 0.25g de la poudre ;

Si le dégagement de CO_2 est moyen, on pesé 0.5g de la poudre ;

Si le dégagement de CO_2 est faible, on pesé 1g de la poudre.

Introduire la pesée dans l'erenmeyer ;

Remplir de petit tube de verre avec de l'HCl à 30% ;

Introduire le petit tube dans l'erenmeyer avec le pince ;

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

Basculer l'erenmeyer 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 et terminer, lire sur la burette graduée à quelle division s'est arrêter le liquide, et noter le volume, soit G2, le volume du gaz dégagé est : $G2-G1$.

Pour avoir le pourcentage de CaCO_3 , multiplier le résultat par un coefficient de correction correspondant à la température ambiante et à la pression atmosphérique et ce nouveau résultat par 4 ou 2, suivant qu'on est parti de 0.25 ou 0.5g, les coefficients sur les tables de correction étant donné pour 1g.

B. Description des résultats des sables du golfe de Bône

Les variations des taux de carbonates se font de la manière suivantes « tableaux 22,23 et 24 » :



Figure 36: Calcimètre de BERNARD

- Au niveau de la R1, la valeur minimale peut atteindre 23,33%, et la valeur maximale 35% (fig. 37);
- Au niveau de la R2, les taux fluctuent entre 16,37% et 31,25% (fig. 38);
- Les taux de carbonates des sédiments de la R3 sont compris entre 17,86% et 35,71% (fig. 39).

Tableau 22: Représentation des taux des carbonates de calcium «R1»

N° de l'échantillon «R1»	La masse de l'éch (g)	Niveau initial (ml)	Niveau final (ml)	Volume de CO ₂ (ml)	Masse de CaCO ₃ (g)	Le taux de Carbonate de Calcium (%)
	M _{éch}	N _i	N _f	V _{CO2} = N _f - N _i	M _{CaCO3} = (V _{CO2} * 100) / 22400	T _{CaCO3} = (M _{CaCO3} * 100) / B2
1	0,6	3,5	41	37,5	0,17	28,33
2	0,6	3,5	45	41,5	0,19	31,67
3	0,6	7,5	44	36,5	0,16	26,67
4	0,6	2	40	38	0,17	28,33
5	0,6	0	36	36	0,16	26,67
6	0,6	3,5	40	36,5	0,16	26,67
7	0,6	2,5	49,5	47	0,21	35
8	0,6	3	40	37	0,17	28,33
9	0,6	5	45	40	0,18	30
10	0,6	2,5	41	38,5	0,17	28,33
11	0,3	0	18,5	18,5	0,08	26,67
12	0,3	1,5	18	16,5	0,07	23,33
13	0,6	6	47	41	0,18	30
14	0,6	1	46	45	0,20	33,48
15	0,6	4	51	47	0,21	34,97
16	0,6	2,5	42,5	40	0,18	29,76
17	0,6	4	46	42	0,19	31,25
18	0,6	3	42	39	0,17	29,02
19	0,6	2,5	42	39,5	0,18	29,39

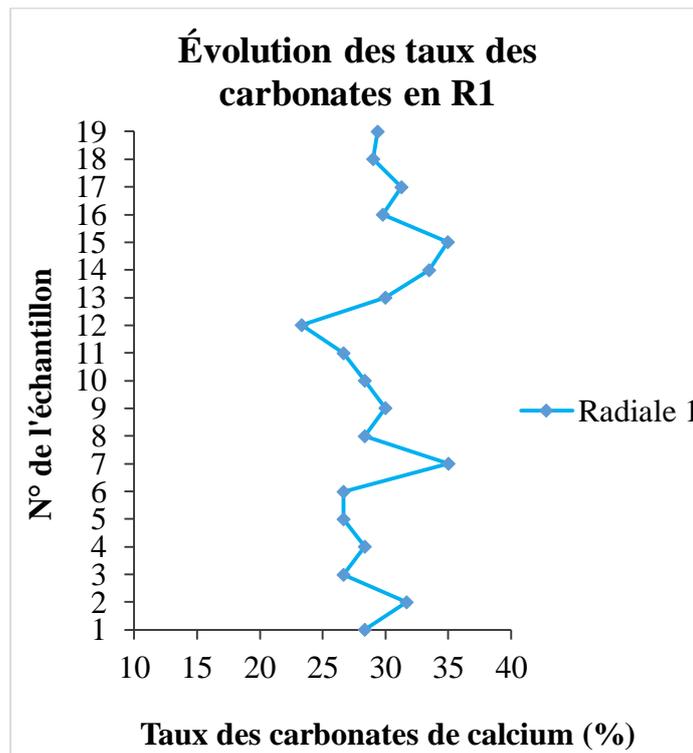


Figure 37: Évolution des taux des carbonates dans les sables de plage «R1»

Tableau 23: Représentation des taux des carbonates de calcium «R2»

N° de l'échantillon «R2»	La masse de l'éch (g)	Niveau initial (ml)	Niveau final (ml)	VOLUME de CO ₂ (ml)	Masse de CaCO ₃ (g)	Le taux de Carbonate de Calcium (%)
	M _{éch}	N _i	N _f	V _{CO2} = N _f - N _i	M _{CaCO3} = (V _{CO2} * 100) / 22400	T _{CaCO3} = (M _{CaCO3} * 100) / B2
1	0,6	2,5	34,5	32	0,14	23,81
2	0,3	0,5	19,5	19	0,08	28,27
3	0,3	7	27,5	20,5	0,09	30,51
4	0,6	3	25	22	0,10	16,37
5	0,3	4	18,5	14,5	0,06	21,58
6	0,6	6	40,5	34,5	0,15	25,67
7	0,6	3,5	37	33,5	0,15	24,93
8	0,3	8,5	25,5	17	0,08	25,30
9	0,6	9	51	42	0,19	31,25
10	0,6	11	46	35	0,16	26,04
11	0,6	9,5	49,5	40	0,18	29,76
12	0,6	14	47,5	33,5	0,15	24,93
13	0,6	2,5	37	34,5	0,15	25,67
14	0,6	6	32,5	26,5	0,12	19,72
15	0,6	9	47,5	38,5	0,17	28,65
16	0,3	3,5	22	18,5	0,08	27,53

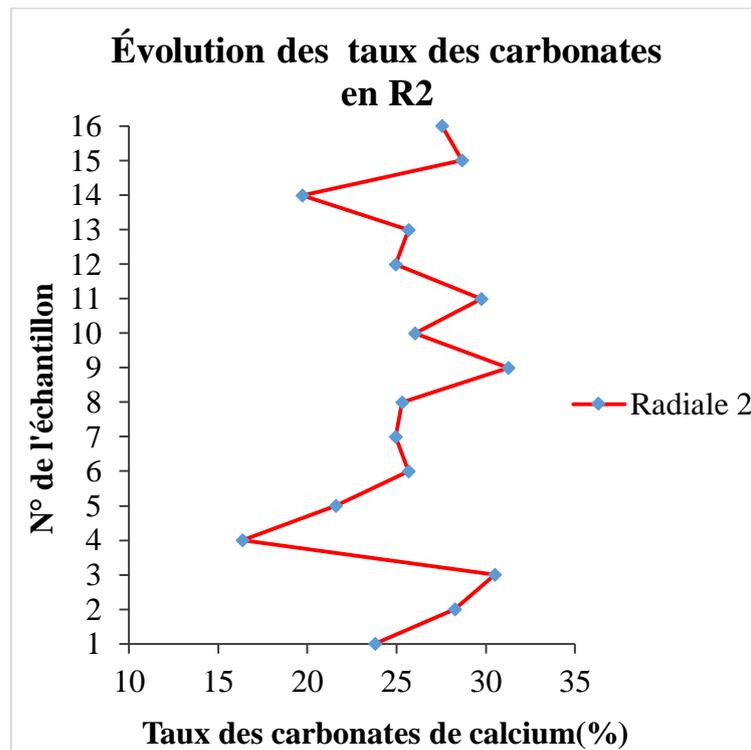


Figure 38: Évolution des taux des carbonates dans les sables de plage « R2 »

Tableau 24: Représentation des taux des carbonates de calcium «R3»

N° de l'échantillon «R3»	La masse de l'éch (g)	Niveau initial (ml)	Niveau final (ml)	VOLUME de CO ₂ (ml)	Masse de CaCO ₃ (g)	Le taux de Carbonate de Calcium (%)
	M _{éch}	N _i	N _f	V _{CO2} = N _f - N _i	M _{CaCO3} = (V _{CO2} * 100) / 22400	T _{CaCO3} = (M _{CaCO3} * 100) / B2
1	0,6	2,5	50,5	48	0,21	35,71
2	0,6	2,5	41,5	39	0,17	29,02
3	0,6	5	47,5	42,5	0,19	31,62
4	0,6	12,5	58	45,5	0,20	33,85
5	0,6	12	58	46	0,21	34,23
6	0,6	9,5	45	35,5	0,16	26,41
7	0,6	10	42,5	32,5	0,15	24,18
8	0,6	1,5	43	41,5	0,19	30,88
9	0,6	15,5	55	39,5	0,18	29,39
10	0,6	1	48,5	47,5	0,21	35,34
11	0,5	7,5	46,5	39	0,17	34,82
12	0,6	17	53,5	36,5	0,16	27,16
13	0,6	10	49,5	39,5	0,18	29,39
14	0,6	18	57	39	0,17	29,02
15	0,6	8	44	36	0,16	26,79
16	0,6	2,5	44,5	42	0,19	31,25
17	0,6	4	37,5	33,5	0,15	24,93
18	0,3	14	31	17	0,08	25,30
19	0,6	1,5	38,5	37	0,17	27,53
20	0,3	10	22	12	0,05	17,86
21	0,6	5	35	30	0,13	22,32

22	0,6	3,5	37	33,5	0,15	24,93
23	0,3	5	17	12	0,05	17,86
24	0,6	7	42,5	35,5	0,16	26,41
25	0,6	9	47,5	38,5	0,17	28,65
26	0,5	10	32,5	22,5	0,1	20,09
27	0,5	5	34	29	0,13	25,89
28	0,6	2,5	35	32,5	0,15	24,18

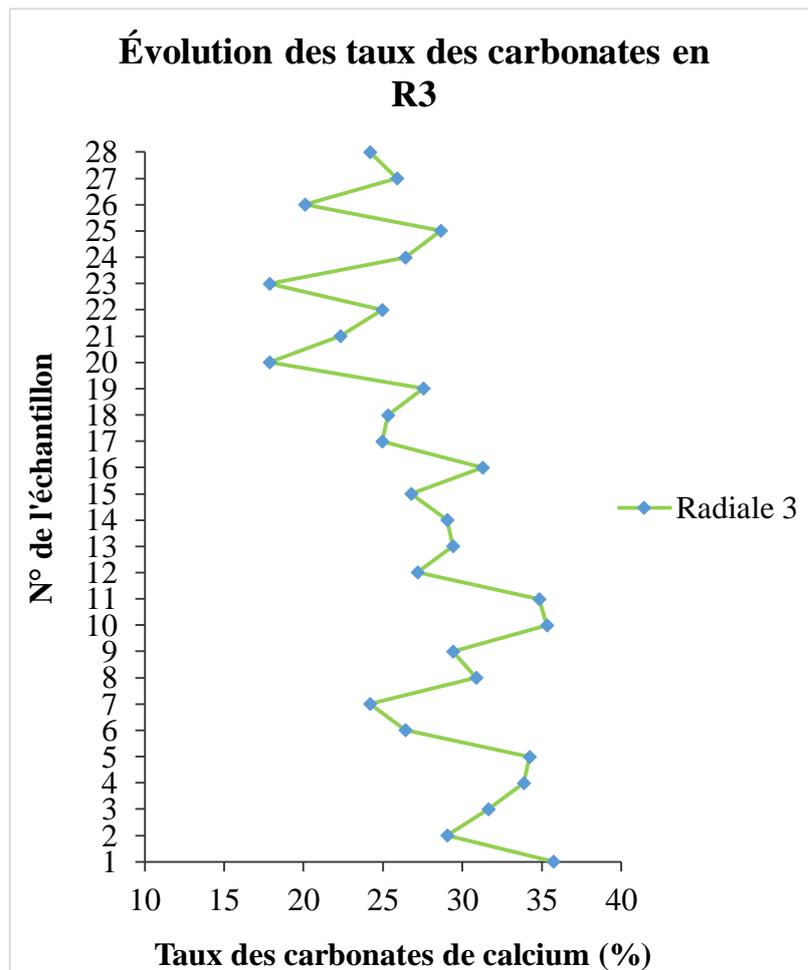


Figure 39: Évolution des taux des carbonates dans les sables de plage « R3 »

C. Description des résultats de la région de l'Oued

Les échantillons ont des taux de carbonates compris entre 1.34% et 3.01% « Fig. 40 » de la masse totale de chaque échantillon. Les carbonates entourent les grains de quartz ou bien forment un ciment de nature carbonatée.

Tableau 25: Représentation des taux des carbonates de calcium des sables de l'Oued

N° de l'échantillon	La masse de l'échan M(g)	Niveau initial (ml) N _i	Niveau final (ml) N _f	volume (ml) de co ₂ V _{co2} = (N _f - N _i)	Masse de CaCO ₃ en (g)	Le taux de carbonate de calcium (%)
1	1	0	5	5	0.022	2.23
2	1	0	6.5	6.5	0.029	2.90
3	1	0	4.5	4.5	0.020	2.01
4	1	0	6.25	6.25	0.028	2.79
5	1	0	5.25	5.25	0.023	2.34
6	1	0	5	5	0.022	2.23
7	1	0	5.5	5.5	0.025	2.46
8	1	0	6	6	0.027	2.68
9	1	0	9.75	6.75	0.030	3.01
10	1	4.5	7.5	3	0.013	1.34
11	1	4	8.5	4.5	0.020	2.01
12	1	3.5	8.5	5	0.022	2.23
13	1	4	9	5	0.022	2.23
14	1	3.5	8	4.5	0.020	2.01
15	1	4	8	4	0.018	1.79
16	1	3.5	9	5.5	0.025	2.46
17	1	4	8.5	4.5	0.020	2.01
18	1	4	8	4	0.018	1.79
19	1	3.5	7.5	4	0.018	1.79
20	1	5	9.5	4.5	0.020	2.01
21	1	4.5	9.5	5	0.022	2.23
22	1	5	9	4	0.018	1.79
23	1	3.5	8.5	5	0.022	2.23
24	1	5	10	5	0.022	2.23
25	1	4.5	9.25	4.75	0.021	2.12
26	1	5	10.25	5.25	0.023	2.34
27	1	4	10.5	6.5	0.029	2.90
28	1	5	10.75	5.75	0.026	2.57
29	1	5	9.25	4.25	0.019	1.90
30	1	5	8.75	3.75	0.017	1.67

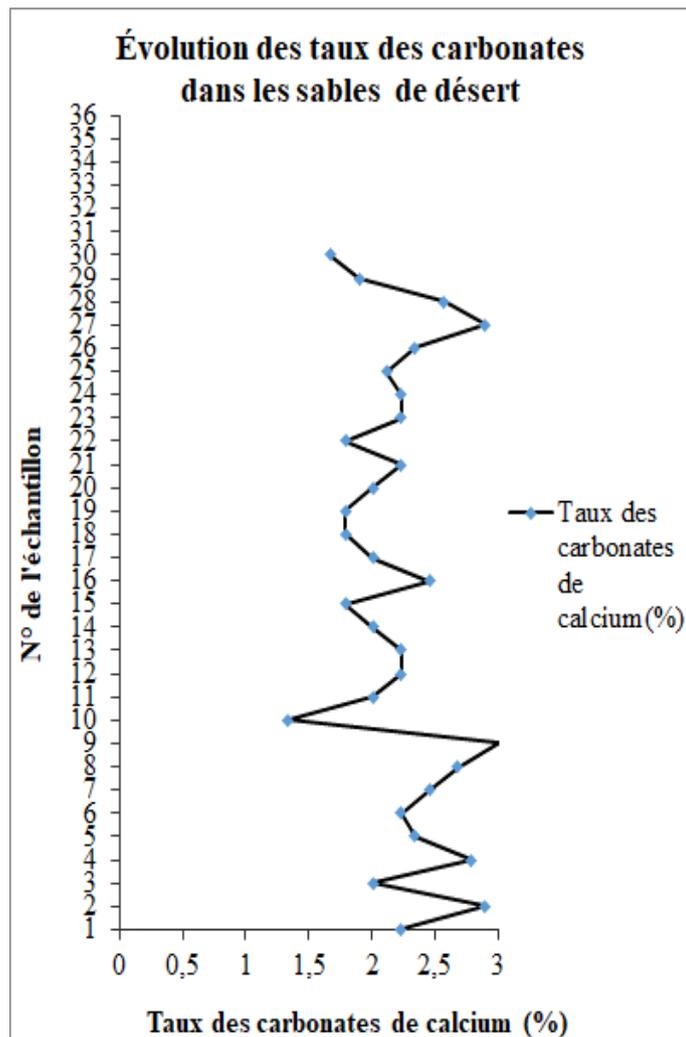


Figure 40: Évolution des taux des carbonates dans les sables de désert

D. Corrélations des taux des carbonates entre les sables de plage et de désert

Les figures 37, 38, 39, 40 et surtout la figure corrélatrice 41, indiquent que les sables de plage ont des taux de carbonates qui oscillent entre 16,37%, et 35,34% ; mais les sédiments de désert montrent des valeurs faibles des taux de carbonates, comprises entre 1,35%, et 3%.

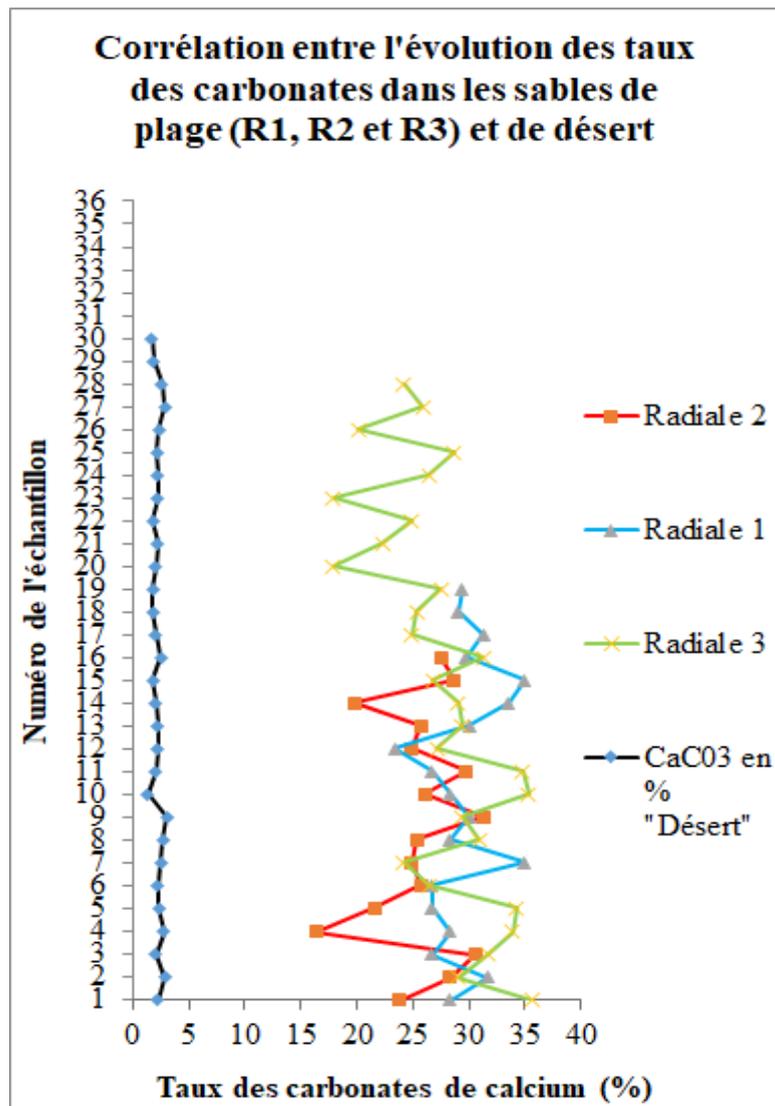


Figure 41: Corrélation entre l'évolution des taux des carbonates dans les sables de plage (R1, R2 et R3) et de désert

CONCLUSION

Conclusion

L'analyse granulométrique des sables dunaires des confins septentrionaux du Grand Erg Oriental et des sables quaternaires de la plage de Saïbi qui se situe à la frange côtière du Golf de Bône, nous a permis de comprendre l'évolution granulométrique des dépôts sableux de ces deux régions bien distinctes.

L'examen morphoscopique montre un degré d'usure dominant au niveau de l'estran, les grains sont émoussés luisants ce qui met en évidence l'influence de transport par les eaux fluviomarines ; les ronds mats sont présents au niveau des dunes conjointement avec les émoussés luisants. Dans la région de l'Oued, le taux important des grains arrondis est bien mentionné dans tous les échantillons étudiés, et indique un transport éolien sur de longues distances. Les sables sont mats, ce qui reflète un transport éolien dominant.

Les sédiments du Golf de Bône montrent une évolution transversale granodécroissante en allant de l'avant plage vers la barrière dunaire, les sables sont moyens et bien classés (0.38 et 0.5 (Φ)) ; les sédiments près de la côte en bas estran (1.6 (Φ)) sont plus fins que les sédiments au voisinage de la ligne de rivage (1.2 et 1.3 (Φ)). Généralement, ces sédiments se caractérisent par une distribution uni-modale, ce qui indique la présence d'une seule province nourricière. Les sables de plage présentent, généralement, une distribution mesokurtique à platykurtique, ce qui met en évidence à un bon classement des sédiments.

Par contre, les sables dunaires de l'Oued sont très fins (2.2 et 3.55 (Φ)), et bien classés (0.37 et 0.86 (Φ)). Une distribution uni-modale est prédominante, tandis que quelques sédiments montrent une distribution bimodale. Ceci dit que généralement une seule province nourricière assure l'alimentation des sables dunaires de la région de l'Oued. Les sables dunaires de l'Oued présentent, généralement, une distribution leptokurtique à mesokurtique, ce qui nous renseigne sur le bon classement des sédiments et la prédominance de la classe granulométrique des sables fins à très fins.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

- Baci, S. (2016).** Sédimentologie et dynamique sédimentaire des sables dunaire du Sahara algérien oriental (El Oued, SE de l'Algérie). *Mémoire de Master en Environnement Sédimentaire encadré par A. DEGAICHIA.*
- Berthois, L. (1956).** Technique d'analyse granulométrique: Ecole Pratique des Hautes Etudes, Lab. *Géomorphologie, Notes Mem. et Doe, Mem.*, (6).
- Bietlot, A. (1940).** *Méthodes d'analyses granulométriques. Application à quelques sables éocènes belge Mém. Soc. Géol. Belgique*, 64(2), 79-169.
- Boulifa, K. (2012).** *Mémoire magister Synthèse hydrologique sur la région d'El-Oued Sahara nord oriental-Est Algérien.*
- Bouillin, J. (1986).** Le bassin maghrébin: une ancienne limite entre l'Europe et l'Afrique à l'Ouest des Alpes. *Bulletin de la société Géologique de France* (8), 547-558.
- Bull, W. B. (1977).** The alluvial-fan environnement. *Progress in physicalgéography*, 1(2), 222-270.
- Brunel, M., Hammor, D., Misseri, M., Gleizes, G., & Bouloton, J. (1988).** Cisaillements synmétamorphiques avec transport vers le Nord-Ouest dans le massif cristallin de l'Edough (Wilaya d'Annaba, Algérie): une faille normale ductile Hercynienne. *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'univers, Sciences de la Terre*, 306(14), 1039-1045.
- Caby, R. et Hammor, D. (1992).** Le massif cristallin de l'Edough (Algérie): un Métamorphic Core Complex d'âge Miocène dans les Maghrébides. *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'univers, Sciences de la Terre*, 314(8), 829-835.
- Cornet, A. (1964) et Bel (1968).** Introduction à l'hydrogéologie saharienne. *Revue de géographie, physique et de géologie dynamique (part 2)*, VI, 1, 5-72.
- Degaichia, A. (2001).** Aspects sédimentologiques du dépôt mio-plio-quaternaire de la zone avoisinante au barrage de Foug el Khanga (Sedrata, NE de l'Algérie). Thèse de Magistère. 121p.
- Degaichia, A. et Salhi, N. (2013).** Introduction a l'étude granulométrique des sables de plage du Golfe de Bône (Annaba). Conférence: 3ème Colloque International "Les Géosciences au Service du Développement Durable, Geosciences for Sustainable Development". 10p.
- Folk, R. L. et Ward, W. C. (1957).** Brazos River bar : a study in the significane of grain size parameters. *Journal of sedimentary Research*, 27(1).

Friedman, G. M. (1962). On sorting, sorting coefficients, and the lognormality of the grain-size distribution of sandstones. *The Journal of Geology*, 737-753

Gleizes, G.; Bouleton, J.; Bossière, G. & Collomb, P. (1988). Données lithologiques et pétrostructurales nouvelles sur le Massif cristallophyllien de l'Edough (Est Algérien). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, series II*, 306: 1001-1008.

Hilly, J. (1962). Etude géologique du Massif de l'Edough et du Cap de Fer (Est Constantinois). *Publications du Service de la Carte Géologique de l'Algérie (nouvelle série)* 19, 408.

Ilavsky, J., & Snopkova, P. (1987). Découverte d'acritarches paléozoïques dans les terrains métamorphiques de l'Edough (Wilaya d'Annaba, Algérie). , *305(10)*, 881-884.

Krumbein, W. C. (1936). The use of quartile measures in describing and comparing sediments. *American Journal of Science*, (188), 98-111.

Marignac, C., & Zimmermann, J. L. (1983). Ages K-Ar de l'événement hydrothermal et des intrusions associées dans le district minéralisé miocène d'Aïn-Barbar (Est Constantinois, Algérie). *Mineralium Deposita*, 18(3), 457-467.

Raoult J F., (1974). Géologie du centre de la chaîne numidique (Nord - Constantinois, Algérie). *Mém. Soc. Géol. Fr., N.S., t. LIII, n°121*, 164 p.

Salhi, N. (2013). *Introduction à l'étude granulométrique des sables de plage du Golfe de Bône (Algérie)*. Mémoire de Master. 69p.

Vila, J. (1970). Le Djebel Edough; un massif cristallin externe du Nord-Est de la Berberie. *Bulletin de La Société géologique de France*, 7(5), 805-812.