



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



MEMOIRE DE MASTER

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

Thème:

**Dynamique et évolution sédimentaire des sables côtiers de la
partie occidentale de la plage Sables d'Or du Lac Mellah
« El Kala, NE de l'Algérie »**

Présenté par:

Soumaia BOUAKKAZ & Ahlem ROUGUI

Devant le jury:

Salim BOULEMIA	MCB	ULT- Tébessa	Président
Amor DEGAICHIA	MCB	ULT- Tébessa	Encadrant
Dalila BELFAR	MAA	ULT- Tébessa	Examineur

Date de soutenance:

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

ملخص

هذا العمل هو دراسة تكميلية للتحليل الحبيبي للرمال الشاطئية الممتدة على الساحل الشرقي الجزائري و التي يؤطرها الدكتور عمر دقايشية منذ 2013 إلى يومنا هذا.

تقع الرمال الساحلية للجزء الغربي من شاطئ الرمال الذهبية في شمال بحيرة ملاح ،القالء- الجزائر. تم فهم البنية الحبيبية للرواسب الرملية في منطقة الدراسة بالاعتماد على تحليل تطور عدة معاملات إحصائية حبيبية و كذلك ملاحظة البنية المجهرية الرملية و أيضا قياس نسب التغير في مستويات كربونات الكالسيوم.

إن رسوبيات شاطئ الرمال الذهبية ذات ترتيب جيد جدا , و أحيانا قريبة من الجيد و تتشكل من حبيبات رملية متوسطة و حبيبات رملية ناعمة بنسب مختلفة تتناقص أبعادها تدريجيا من الشواطئ الأمامية إلى الكثبان الرملية. إن العوامل الهيدروديناميكية و طاقة الرياح المؤثرة على مختلف الوحدات الشكلية للشاطئ هي من الأسباب الأساسية لإحداث هذه التغيرات الحجمية.

التباين الطولي و العرضي في مستويات نسبة كربونات الكالسيوم في العينات المدروسة يتميز بنسب إيجابية تشير إلى مستويات غنية بأصداف الرخويات أما النقص المسجل في مستويات نسبة كربونات الكالسيوم فهذا يدل على نقص في كمية الأصداف.

توضح الدراسة المجهرية إلى الانتشار المعتبر للحبيبات الرملية المصقولة البراقة و هذا يشير إلى سيطرة النقل بالمياه البحرية.

المصطلحات المفتاحية

تحاليل حبيبية, أصداف رخويات, النقل الرسوبي, شاطئ , الرمال الذهبية, القالة, الجزائر.

ABSTRACT

This work is a complementary study to the granulometric characterization of the current coastal sands in the north of Algeria which was initiated from 2013 until today by A. Degaichia and his students.

The coastal sands of the western part of Sables d'Or beach are located north of Lake Mellah El Kala, NE of Algeria.

The particle size characterization of sandy sediments of the study area was established by understanding the evolution of several grain size coefficients, the morphoscopy of sand grains, as well as the variations in CaCO_3 levels in the studied sediments.

The sands of Sable D'Or beach are very well classified, well classified and sometimes quite well classified, and generally show an average grain size with the sporadic presence of fine sands which decreases slightly from the lower foreshore towards the dune. Hydrodynamic and wind agents in different morphological units are the cause of this size changes.

The Offshore and longshore changes in calcium levels throughout the seven radials are characterized by positive anomalies indicating rich layers in carbonate mollusc shells of, while the decrease in the intensity of these peaks expresses the depletion in malacological content. The morphoscopic study shows the ubiquitous shiny blunt grains, which highlights the influence of marine water transport.

key words : Granulometric, distribution, sedimentary, transport, beach, Sable D'Or ,El Kala ,Algeria

RESUMÉ

Ce travail est une étude complémentaire à la caractérisation granulométrique des sables côtiers actuels au nord de l'Algérie qui a été initiée depuis 2013 jusqu'à nos jours par A. Degaichia et ses étudiants.

Les sables côtiers de la partie occidentale de la plage Sables d'Or sont situés au Nord du Lac Mellah, El Kala, NE de l'Algérie.

La caractérisation granulométrique des sédiments sableux de la zone d'étude s'est établie grâce à la compréhension de l'évolution de plusieurs coefficients granulométriques, la morphoscopie des grains sableux, ainsi les variations des teneurs en CaCO₃ dans les sédiments étudiés.

Les sables de la plage Sable d'Or, sont très bien classés, bien classés et parfois assez bien classés, et montrent généralement une granulométrie moyenne avec la présence sporadique des sables fins qui décroît légèrement du bas estran vers la dune. L'origine de cette évolution granulométrique dans les différentes unités morphologiques serait l'influence des agents hydrodynamiques et éoliens.

Les variations offshore et longshore du taux de calcium à travers les sept radiales sont caractérisées par des anomalies positives indiquant des niveaux riches en coquilles carbonatées de mollusques, par contre la diminution de l'intensité de ces pics exprime l'appauvrissement en contenu malacologique.

L'étude morphoscopique montre que les sédiments de la plage Sable d'Or sont dominés par des grains subémoussés luisants indiquant l'influence de transport hydrique par les eaux marines.

Mots clés: Analyse granulométrique, unités géomorphologiques, morphoscopie, transport, sédiments, Plage Sable d'Or, El Kala, Algérie.

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

A MA TRES CHERE MERE

Source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie.

Quoique je puisse dire et écrire, je ne pourrais exprimer ma grande affection et ma profonde reconnaissance. J'espère ne jamais te décevoir, ni trahir ta confiance et tes sacrifices.

Puisse Dieu puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A MON TRES CHER PERE

De tous les pères, tu es le meilleur.

Tu as été et tu seras toujours un exemple pour moi par tes qualités humaines, ta persévérance et perfectionnisme.

Ce travail est dédié à mon père, décédé trop tôt, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études.

J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'une fille qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde.

A MON FRERE ABDERRAHMENE

Je ne saurai traduire sur du papier l'affection que j'ai pour Toi, je n'oublierai jamais ces merveilleux moments passés ensemble, j'implore Allah de te réserver un avenir meilleur.

A MA GRAND SŒUR NAOUAL

Aucune dédicace ne peut exprimer la profondeur des sentiments fraternels et d'amour, d'attachement que j'éprouve à votre égard.

A MA PETITE SŒUR MADJEDA

Une sœur comme on ne peut trouver nulle part ailleurs, je vous dédie ce travail en témoignage de ma profonde affection en souvenirs de notre indéfectible union qui s'est tissée au fil des jours.

Puisse Allah te protéger, garder et renforcer notre fraternité.

A MES CHERS AMIS CHAMCHOUMA ET KAROUMA

Source de joie et de bonheur, Puisse dieu vous protéger, garder et renforcer notre fraternité.

A TOUTE MA FAMILLE BOUAKKAZ ET BRAHMI

Source d'espoir et de motivation.

A AHLEM, chère amie avant d'être binôme.

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère

A mes parents qui ont su m'inculquer le sens aigu du travail bien fait et la place de la connaissance dans la vie d'une femme. Ce travail, est le fruit de vos efforts.

A ma chère sœur : IMEM

A mes chers frères : AIMEN, YOUSEF

A mon très cher ami DJAMEL

A ma meilleures amies AMINA, TAKOUA, qui n'ont pas cessé de me conseillaient, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

Sans oublier mon binôme SOUMAIA pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions notre Dieu pour la protection, pour ses bienfaits qu'il n'a cessé de témoigner en notre égard sans oublier cette souffle qu'il nous prête du jour au lendemain afin d'arriver au jour de la réalisation du présent mémoire.

Nos vifs remerciements sont adressés à Monsieur le Dr. Amor DEGAICHIA, sa rigueur, son soutien moral et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire, Qui nous a fait l'honneur de nous avoir encadrées, orientées et conseillées. Nous tenons à lui exprimer notre gratitude et notre profond respect.

Nous voudrions également remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer et juger ce travail.

Nous désirons aussi remercier tous les professeurs les enseignantes et les enseignants qui nous ont enseigné durant ces cinq ans d'étude.

Le responsable du laboratoire de géologie de l'université Larbi Tébessi-Tebessa, M. HMAIDIA

Nous remercions nos très chers parents, pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour notre éducation depuis l'école primaire jusqu'à ce jour, les sacrifices lesquels nous ne nous saurons énumérés.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos amis qui ont toujours été là pour nous. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide.

Enfin, que tous ceux qui, de loin ou de près, ont participé à la réalisation de ce travail trouvent ici l'expression de notre sincère gratitude.

A toutes et tous, grand merci !

Table des matières

ملخص.....	2
ABSTRACT.....	3
RESUMÉ	4
DÉDICACES.....	5
REMERCIEMENTS	7
LISTE DES FIGURES.....	11
LISTE DES TABLEAUX.....	13
CHAPITRE I : INTRODUCTION GÉNÉRALE	14
I. Objectifs de l'étude	15
II. Cadre géographique.....	15
A. Cadre géographique de la zone d'étude.....	15
III. Oro-hydrographie et climat	17
A. Le climat.....	17
B. Hydrographie.....	19
C. Le vent.....	20
I. Introduction	23
II. Les formation metamorphique	23
A. La Plaine d'Annaba/Boutheldja.....	23
B. Remplissage plio-quaternaire.....	23
1. Pliocène.....	23
2. Fin de Pliocène	23
3. Remplissage quaternaire.....	24
C. Les formations des dunes	24
1. Le premier cycle (régression).....	24
2. Le second cycle (transgression).....	25
D. Les éboulis de pente.....	25
III. les formaTionS ante-nappe: ensemble des unites des allochtones (Flyschs et nappes).....	26
A. La nappe numidienne (Argiles sous-numidiennes).....	26
1. Les grès numidiens.....	26
2. Les argiles supra-numidiennes	26
B. Le flysch massylien	26
1. Le flysch à micro-brèches	27

C.	Le Tellien	27
IV.	formationS metamorphiqueS	27
A.	Le massif de l'Edough	27
B.	Une unité inférieure	27
C.	Une unité supérieure.....	27
I.	introduction.....	30
II.	les types des plages	30
III.	les caracteristiques morphologiques des plages	31
A.	Le haut de plage.....	31
B.	Le bas de plage.....	31
C.	L'estran	31
D.	L'avant plage	32
IV.	l'origine des matériaux et le budget sédimentaire des plages.....	32
V.	les dunes litorales	33
A.	Les dunes élémentaires	33
B.	Les avant dunes.....	33
1.	Les barkhanes	34
2.	Les dunes transversales.....	35
3.	Les dunes paraboliques.....	35
4.	Les dunes longitudinales	36
5.	Les cordons de dune.....	36
6.	Les dunes d'étoiles	36
I.	introduction.....	38
II.	techniques d'échantillonnages et unités morphologiques de la plage Sables d'Or.....	38
III.	mode d'analyses et de traitement des échantillons.....	39
IV.	description des radiales échantillonnées.....	39
V.	analyses granulométriques des sables de plage Sable d'Or.....	40
A.	Lithologique, faune et morphoscopie des différentes radiales	40
B.	Évolution des indices morphoscopiques des sédiments de la plage de Sables d'Or	41
1.	Degré d'usure	41
2.	Degré d'arrondissement.....	41
3.	État de la surface.....	42
C.	Identification des paramètres granulométriques des sable de la plage Sables d'Or.....	45
1.	Introduction.....	45
2.	Historique des recherches sédimentologique antérieurs.....	45

3.	Définitions et applications des coefficients granulométriques	46
VI.	Relation entre les paramètres sedimentologiques et les Environnements de dépôt des sédiments de la plage Sables d'Or	55
A.	Relation entre (S_{ki}/M_z)	55
B.	Relation entre (S_{ki}/δ_i).....	55
C.	Relation entre (M_z/δ_i).....	56
VII.	la calcimétrie	57
A.	Étape 01 : Montage du calcimètre.....	57
B.	Étape 02 : Préparer la mesure.....	58
C.	Étape 03 : La mesure	58
D.	Étape 04 : Le calcul de teneur en $CaCO_3$	58
VIII.	Résultats des analyses	58
IX.	Évolution des taux des carbonates dans les sédiments de la plage de sable d'or	59
I.	ANNEXES 1 : COURBES GRANULOMETRIQUES	66
1.	Radial 1.....	66
2.	Radial 2.....	67
3.	Radial A	68
4.	Radial B	69
5.	Radial B	70
6.	Radial C	71
7.	Radial C	72
8.	Radial D.....	73
9.	Radial E	74
II.	ANNEXES 1 : COURBES FREQUENTIELLES	75
1.	Radial 1.....	75
2.	Radial 2.....	76
3.	Radial A	77
4.	Radial B	78
5.	Radial B	79
6.	Radial C	80
7.	Radial C	81
8.	Radial D.....	82
9.	Radial E	83

LISTE DES FIGURE

Figure 1: Localisation géographique de la zone d'étude (Google earth 2020).....	16
Figure 2 : Localisation des sept radiales échantillonnées (Google earth, 2020).....	17
Figure 3: Classification climatique de Koppen (Peel, 2007).....	18
Figure 4: Histogramme présente la température et la précipitation moyenne d'El Tarf (meteoblue, climat d'El Tarf).....	19
Figure 5: Rosace des directions des vents de la zone d'étude (meteoblue, climat d'El Tarf).....	21
Figure 6: Diagramme de vitesse du vent pour El Tarf (meteoblue, climat d'El Tarf).....	21
Figure 7: Extrait de la carte structurale et géologique de chaîne tello- rifaine établie par (W. Wildi, 1983, modifiée).....	25
Figure 8: Log lithostratigraphique de la zone d'étude.....	28
Figure 9: Schéma illustrant la forme d'une plage ouverte (R. Paskoff, 1998), (les flèches indiquent le sens de la dérive littoral).	31
Figure 10: Profil transversal d'une plage. (R. Paskoff 1998, modifié).....	32
Figure 11: Gain et perte de sédiments par une plage (R. Paskoff, 1998). (1) apport par dérive littorale. (2) de sédiments provenant d'un cours d'eau. (3) de l'érosion de falaises par les vagues. (4) d'un vent de terre. (5) de sédiments par les vagues à partir de l'avant côte. (6) perte de sédiments emportés par les courants d'arrachement. (7) par un vent de mer édificateur de champs de dunes.	33
Figure 12: Types de dunes (les flèches bleues indiquent la direction des vents dominants), (http://www2.ulg.ac.be/geosed/sedim/lexique.htm).	34
Figure 13: Illustration d'une dune barkhane.....	35
Figure 14: Illustration d'une dune parabolique.....	36
Figure 15: Illustration d'un cordon dunaire longitudinal.....	36
Figure 16: Unités morphologique à la plage Sable d'Or.	38
Figure 17: Niveau riche en Mollusques.....	39
Figure 18: Évolution morphoscopie de Degré D'usure des grains des sables de la plage Sables d'Or.	41
Figure 19: Évolution morphoscopie de Degré D'arrondi des grains des sables de la plage Sables d'Or.....	42
Figure 20: Évolution morphoscopie d'Aspect de la surface des grains des sables de la plage Sables d'Or.....	42
Figure 21: Morphoscopie des sables de la plage Sable d'Or.....	43
Figure 22: Échelle de classification granulométrique (Source : http://www.geoloues-prospecteurs.fr/dictionnaire-geologie/g/index.php?page=9).	46
Figure 23: Courbe de fréquence (classement et asymétrie).....	47
Figure 24: Mode de quelque échantillon des sables de plage Sable d'Or.	49
Figure 25: Évolution du grain moyen dans les sédiments des 7 radiales.....	50
Figure 26: Évolution de l'indice de classement des sédiments de la plage Sable d'Or.....	51
Figure 27: Évolution de l'indice d'asymétrie des sédiments de la plage Sable d'Or.....	52
Figure 28: Courbe de fréquence illustration les différentes distributions de Kurtosis.....	52
Figure 29: Évolution de l'indice d'acuité des sédiments de la plage Sable d'Or.....	53
Figure 30: Relation entre (Ski/Mz).....	55
Figure 31: Relation entre (Ski/ δ_i).....	55
Figure 32: Relation entre (Mz/ δ_i).....	56

Figure 33: Calcimètre de Bernard 57
Figure 34: Évolution des taux des carbonates de calcium dans les 7 radiales 60

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : les coordonnées géographiques des sept radiales échantillonnées.....	16
Tableau 2: Données climatique à El Tarf (Climat El Tarf).....	18
Tableau 3: Principaux cours d'eau du PNEK (Benyacoub et al, 1998).	20
Tableau 4: Description globale des échantillons de 7 radiales étudiées.....	40
Tableau 5 : Moyennes des pourcentages des indices de l'évolution morphoscopique des grains de sables de la plage Sable d'Or.....	44
Tableau 6: Analyse modales des échantillons	48
Tableau 7: Tableau récapitulatif des paramètres sédimentologique	53
Tableau 8: Représentation des taux des carbonates de calcium	59

CHAPITRE I

INTRODUCTION GÉNÉRALE

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

I. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Ce travail a pour but d'étudier les propriétés granulométriques, morphoscopiques, calcimétriques et l'évolution sédimentaire des dépôts quaternaires de la partie occidentale de la plage Sables d'Or du Lac Melalh « El Kala, NE de l'Algérie ». C'est un travail complémentaire aux travaux réalisés par A. Degaichia et ses étudiants depuis 2013.

La caractérisation granulométrique des sédiments sableux de la zone d'étude s'est établie grâce aux analyses effectuées au laboratoire de l'université Larbi Tébessi-Tébessa (A. Degaichia, 2001 et S. Guerfi, 2016) :

- Analyse granulométrique pour caractériser les conditions de mise en place des grains de sables des différentes unités morphologiques au niveau de la plage des Sables d'Or, et 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 ;
- Analyse calcimétrique afin de suivre l'évolution du taux des carbonates entre la ligne de rivage et le cordon dunaire.

II. CADRE GEOGRAPHIQUE

A. Cadre géographique de la zone d'étude

La plage Sables d'Or est située dans la daïra d'El Kala au Nord-Est de la wilaya d'El Tarf à l'extrême Nord-est de l'Algérie. Elle est limitée au Nord par la Méditerranée, au Sud par lac Mellah et El Tarf, à l'Est par le bassin côtier d'El Kala et les frontières algéro-tunisiennes, à l'Ouest par la plage de Cap Rosa. ces coordonnées géographiques sont comprises :

Latitude : 36° 53' N à 36° 54' N

Longitude : 08° 19' E à 08° 20' E

L'échantillonnage a été effectué le long de 7 radiales perpendiculairement au rivage. Le tableau ci-dessous montre les coordonnées géographiques de ces dernières (Tableau 1).

Sept radiales parallèles et perpendiculaires à la ligne de rivage ont donné 30 échantillons. Tandis que là où on a observé des variations de faciès lithologique ou faunique, des échantillons de plus ont été récoltés (Figure 2).



Figure 1: Localisation géographique de la zone d'étude (Google earth 2020)

Tableau 1 : les coordonnées géographiques des sept radiales échantillonnées

Radiales	Les coordonnées géographiques	
	Latitude	Longitude
R2	36°54'54.55"N	8°17'26.96"E
	36°54'52.43"N	8°17'27.38"E
R1	36°54'54.36"N	8°17'20.02"E
	36°54'52.48"N	8°17'20.32"E
RA	36°54'54.20"N	8°17'13.41"E
	36°54'49.86"N	8°17'13.68"E
RB	36°54'54.48"N	8°17'6.84"E
	36°54'50.95"N	8°17'7.38"E
RC	36°54'53.97"N	8°17'0.26"E
	36°54'52.77"N	8°17'0.49"E
RD	36°54'54.55"N	8°16'53.71"E
	36°54'53.73"N	8°16'53.90"E
RE	36°54'54.86"N	8°16'49.75"E
	36°54'54.11"N	8°16'49.93"E

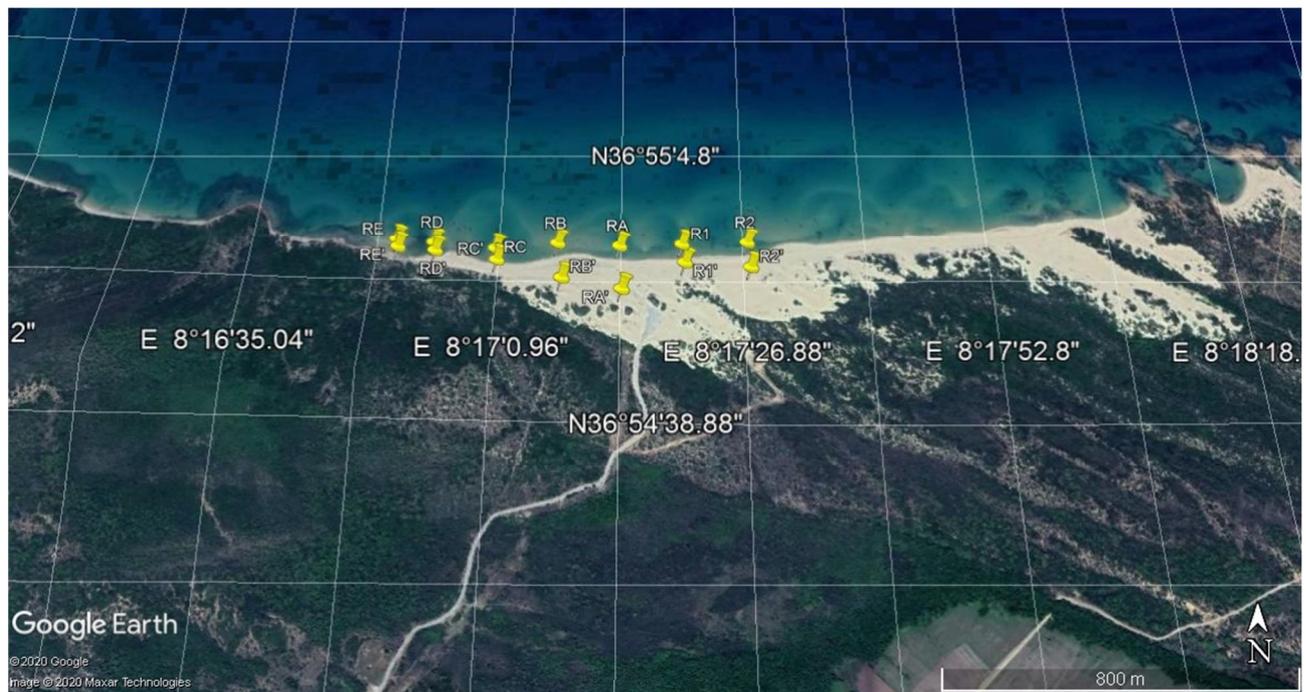


Figure 2 : Localisation des sept radiales échantillonnées (Google earth, 2020).

III. ORO-HYDROGRAPHIE ET CLIMAT

A. Le climat

Le climat est chaud et tempéré en El Tarf. En hiver, il ya beaucoup plus de précipitations en El Tarf qu'en été. Ce climat est considéré comme Csa « climat méditerranéen » selon la classification climatique de Köppen-Geiger. La température moyenne annuelle à El Tarf est de 18.3 °C. La moyenne des précipitations annuelles atteints 694 mm (Climate-Data.org Algérie El Tarf).

Ces conditions climatiques permettent aux facteurs d'altération d'affecter les roches physiquement et chimiquement pour produire des sédiments détritiques terrigènes ou non qui vont alimenter les plages en matériaux sableux. Leur puissance est assez faible, l'altération chimique joue un rôle très important, surtout à l'intérieur du sol, et lorsque la roche en question est une roche éruptive ou métamorphique.

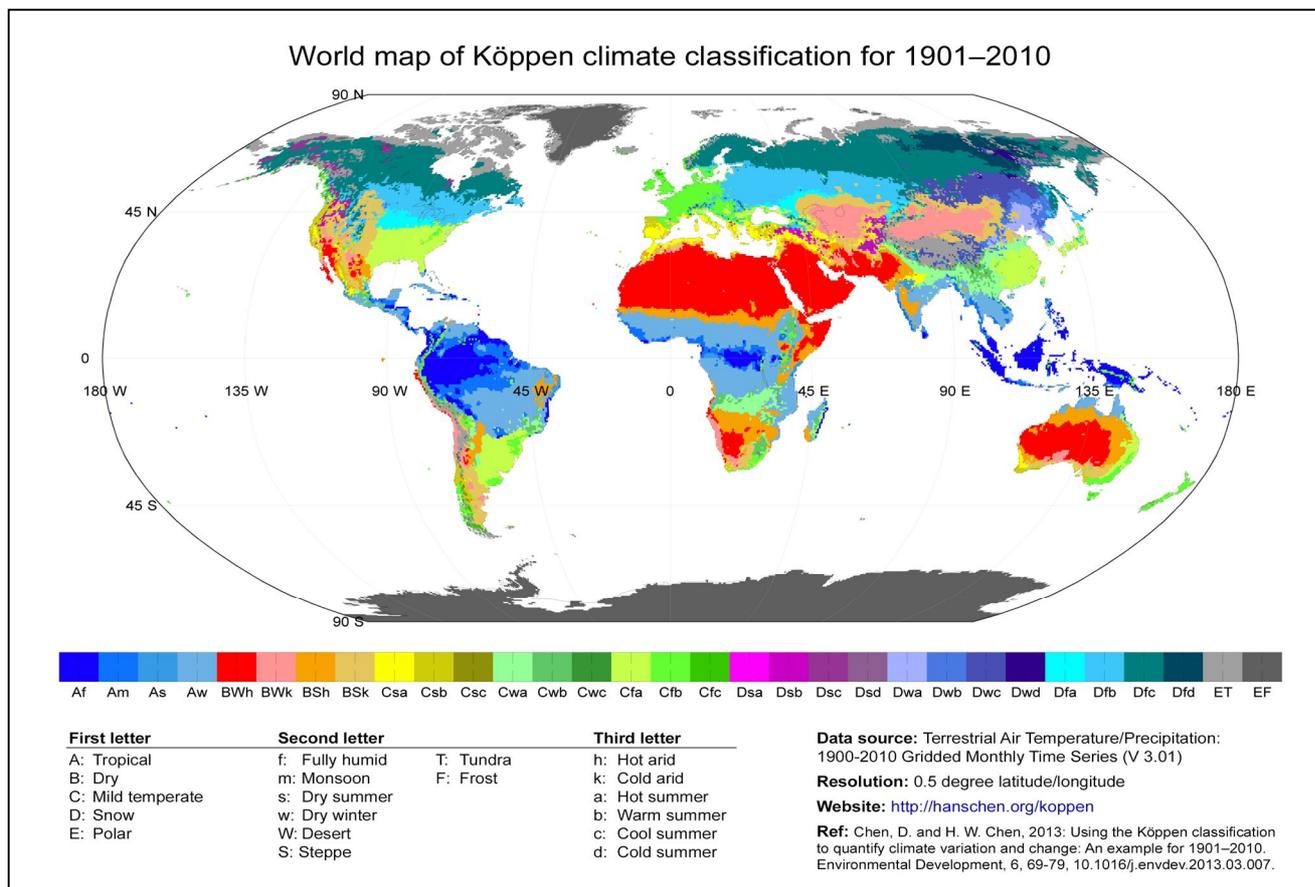


Figure 3: Classification climatique de Koppen (Peel, 2007).

Tableau 2: Données climatique à El Tarf (Climat El Tarf)

Température maximale (°C)		Température moyenne (°C)	Température minimale moyenne (°C)	Précipitations (mm)
Janvier	15.5	11.3	7.1	124
Février	16.4	11.8	7.3	82
Mars	18.8	13.7	8.6	68
Avril	21.2	15.6	10.1	53
Mai	24.5	19	13.5	39
Juin	29.1	23	16.9	16
Juillet	32.3	25.7	19.2	3
Août	32.9	26.5	20.1	5
Septembre	30.3	24.5	18.7	37
Octobre	25.5	20.2	15	72
Novembre	20.8	16	11.2	90
Décembre	16.7	12.4	8.2	105

Selon le tableau des données climatiques de la région d'El Tarf, la variation des précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 121 mm. Une différence de 15.2 °C existe entre la température la plus basse et la plus élevée sur toute l'année (Climate-Data.org, Algérie, El Tarf).

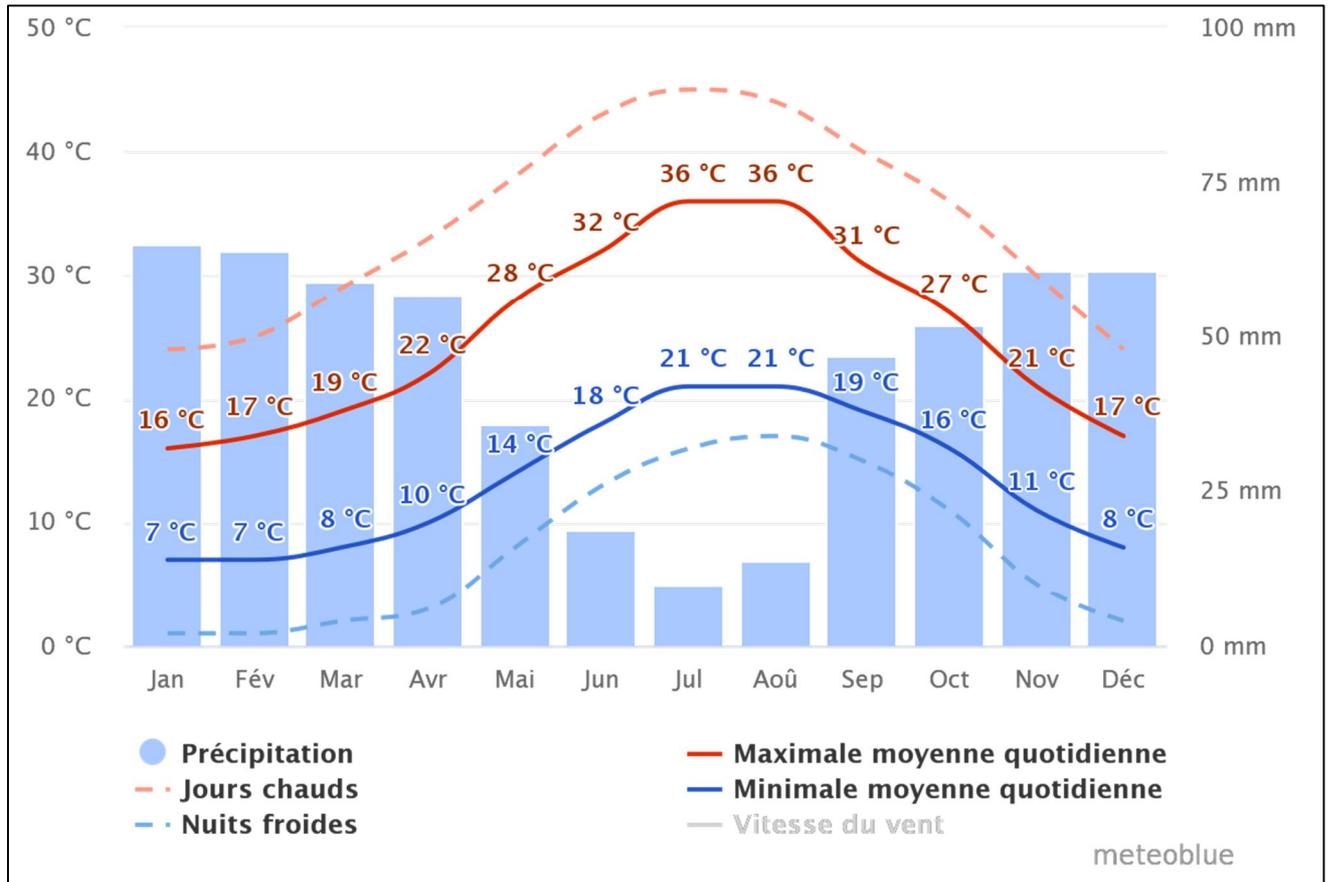


Figure 4: Histogramme présente la température et la précipitation moyenne d'El Tarf (meteoblue, climat d'El Tarf).

La "maximale moyenne quotidienne" (ligne rouge continue) montre la température maximale moyenne d'un jour pour chaque mois pour El Tarf. De même, «minimale moyenne quotidienne" (ligne bleu continue) montre la moyenne de la température minimale. Les jours chauds et les nuits froides (lignes bleues et rouges en pointillé) montrent la moyenne de la plus chaude journée et la plus froide nuit de chaque mois des 30 dernières années (meteoblue, climat d'El Tarf). Août est le mois le plus chaud de l'année, mois de Janvier le plus froid de l'année.

B. Hydrographie

La région d'El-Kala_El Tarf est caractérisée par un important réseau hydrographique en raison de l'extension des argiles numidiennes et l'humidité du climat tempéré et sa forte pluviométrie. Le réseau hydrographique constitué de plusieurs lacs comme (lac Tonga, lac Oubeira et lac Mellah) et de sources (Bougles, Bouredim et Oum El Bhaim) situées au sud-est de la région (tableau 3) :

Tableau 3: Principaux cours d'eau du PNEK (Benyacoub et al, 1998).

Principaux Oueds	Longueur (km)	Exutoire
Oued Reguibet	8	Mellah
Oued Nhal	3.5	Plage Cap Rosa
Oued Mellah	7	Mellah
Oued El-Aroug	5	Mellah
Demat Rihane	1,5	Oubeira
Boumerchen	2	Oubeira
Dai El-Graa	5	Oubeira
El-Areug	10	Tonga
El-Hout	14	Tonga
Bougous	24	Mexna
Sbaa	4	Oued El-Kebir
Bouredim	5	Bouredim
Messida	10	Oubeira - El Kebir
El-Kebir	35	Mafrag

La partie Sud-Est drainée par trois oueds : L'oued Bougous, Mellila et l'oued El Kebir.

La partie orientale est caractérisée par plusieurs oueds en général à faible débit, qui s'écoulent en majorité dans la plaine d'Oum Teboul.

La partie ouest est également parcourue par de nombreux oueds (Bouaroug, Mellah, Reguibet, Boumerchen, Dai El-Graa...), qui déversent pour la plupart dans les lacs Mellah et Oubeira (Z. Brahmia, 2002).

C. Le vent

La Rose de Vent pour El Tarf (figure 8) montre la prédominance de deux directions WNW et ESE (meteoblue de la région d'El Tarf).

Le diagramme de vitesse du vent pour El Tarf montre les jours par mois, pendant lesquels le vent atteint une certaine vitesse. Où la mousson crée des vents forts et réguliers de Décembre à Avril et des vents calmes de Juin à Octobre (meteoblue de la région d'El Tarf).

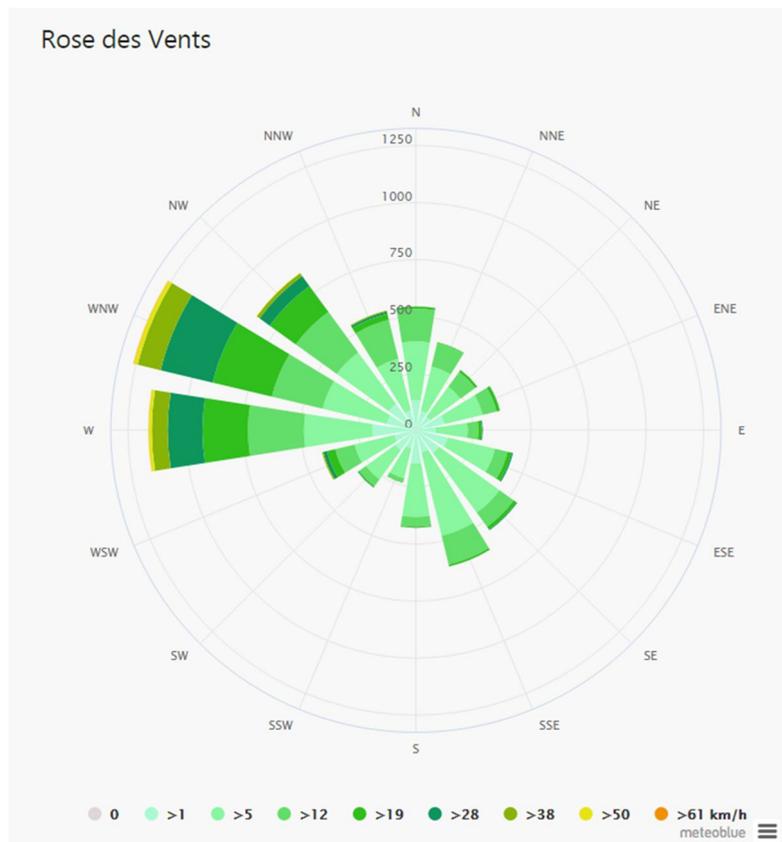


Figure 5: Rosace des directions des vents de la zone d'étude (meteoblue, climat d'El Tarf).

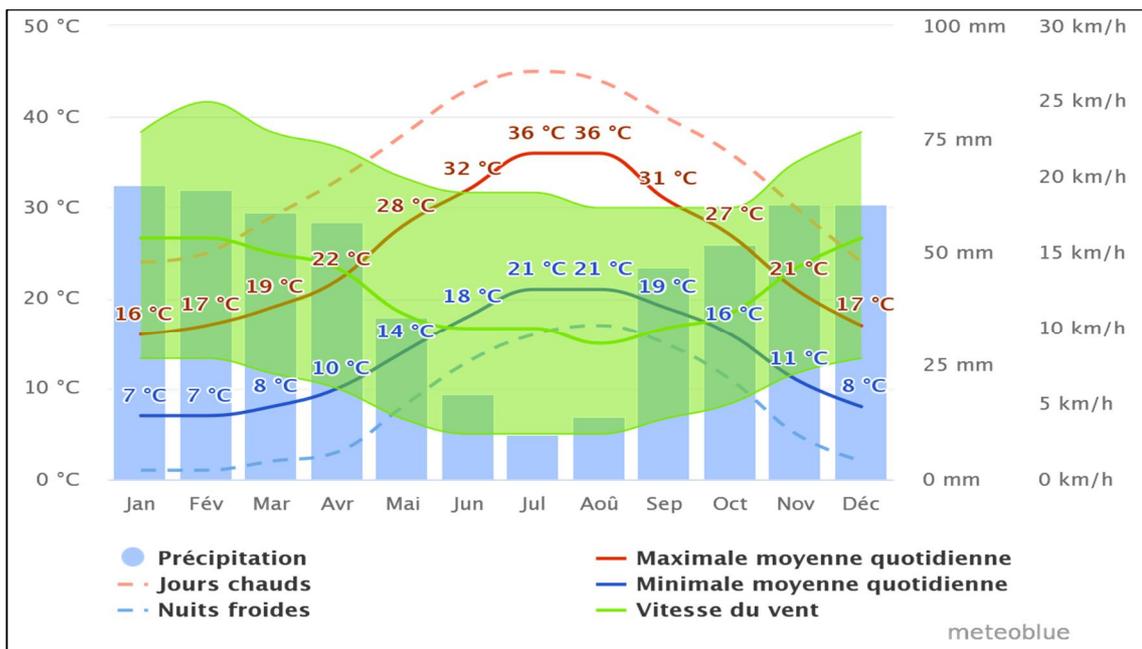


Figure 6: Diagramme de vitesse du vent pour El Tarf (meteoblue, climat d'El Tarf).

CHAPITRE II

GEOLOGIE REGIONALE ET LOCALE

CHAPITRE II : GEOLOGIE REGIONALE ET LOCALE

I. INTRODUCTION

Les travaux antérieurs de J. M. Vila (1980) et A. Marre (1987), montrent que le terrain d'étude est composé de formations antérieures à la mise en place des nappes (le Numidien, le Tellien) et des formations post-nappes (les formations récentes), ainsi que des formations métamorphiques. Ces formations sont complètement disloquées et sont d'origines diverses du fait du charriage, parfois sur de très grandes distances. L'âge de ces formations est du Tertiaire au Quaternaire (S. Affoun, 2006; S. Guerfi, 2016). (Figure 9 et 10).

II. LES FORMATION METAMORFIQUE

A. La Plaine d'Annaba/Boutheldja

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

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

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

B. Remplissage plio-quaternaire

1. Pliocène

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

2. Fin de Pliocène

A la fin du Pliocène, il semble que la morphogenèse est restée très active sur le continent. La plaine voyait s'accumuler des masses de matériaux très importants.

Cette sédimentation, beaucoup plus irrégulière, discontinue en épaisseur, donne des variations latérales et verticales de faciès extrêmement rapide. Il est probable que la subsidence accélérée de la plaine a contribué aux changements brutaux des matériaux charriés. En effet, il est vraisemblable que la Seybouse coulait autrefois vers le Nord-est suivant l'axe de la dépression de Ben Mhidi et participait à

son remplissage par les conglomérats. La subsidence beaucoup plus accélérée de la Fosse de Ben Ahmed d'orientation Nord-Sud a abouti à sa capture.

3. Remplissage quaternaire

La subsidence de la plaine, toujours active, a empêché les oueds de s'encaisser et de dégager des terrasses qui nous permettent de suivre l'évolution morphologique de la plaine pendant le quaternaire.

Il est cependant clair que cette plaine a connu une alternance de périodes humides caractérisées essentiellement par la multiplication des lacs où se décantent des sédiments argilo-limoneux de couleur rouge-grisâtre et des périodes sèches caractérisées par une déflation importante qui a comblé ces dépressions asséchées. Il en résulte des lentilles alimentées par le vent et réparties selon la topographie héritée de la période humide.

C'est cette alternance des épisodes pluvieux et des inter-pluvieux, qui a déterminé la variation du niveau de la mer, et qui est certainement à l'origine de l'avancée de la mer sous forme de rias et de lagunes, d'où des épaisseurs assez importantes de sable, qui apparaissent dans certains forages et qui renferme la nappe phréatique de la plaine. (Guerfi, S, 2016).

Les formations dunaires et alluvionnaires quaternaires se succèdent comme suit :

Quaternaire ancien (hautes terrasses) : correspond à la nappe superficielle dont le matériau est composé de sables, d'argiles, de graviers et de conglomérats de petite taille dominant cette formation ;

Quaternaire récent : correspond à la basse et à la moyenne terrasse.

- Quaternaire actuel :

- ✓ Les alluvions sont représentées par des dépôts du lit actuel de l'Oued, généralement de matériaux variés, argiles, sables et des cailloux, résultant de l'érosion des formations traversées par l'Oued ;

- ✓ Le cordon dunaire représenté par un massif constitué essentiellement des Sables d'Origine marine. Il affleure largement entre le village de Chatt et la ville d'El-Kala (Sebaiti, Badra Aoun, 2010).

C. Les formations des dunes

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

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

1. Le premier cycle (régression)

A donné des dunes anciennes qui ont été lithifiées en bordure de la mer. C'est dans cette formation que les paléo talwegs se creusaient en conservant jusqu' aujourd'hui l'allure qu'ils avaient, avant la mise en place des sables.

2. Le second cycle (transgression)

Moins remarquable, a aboutit à la formation des dunes récentes et actuelles suivi par une phase d'érosion aboutissant aux éboulis récents provenant des massifs numidiens. Par la suite, ces dunes ont été fixées par une végétation jusqu'à ce qu'elles deviennent inactivées.

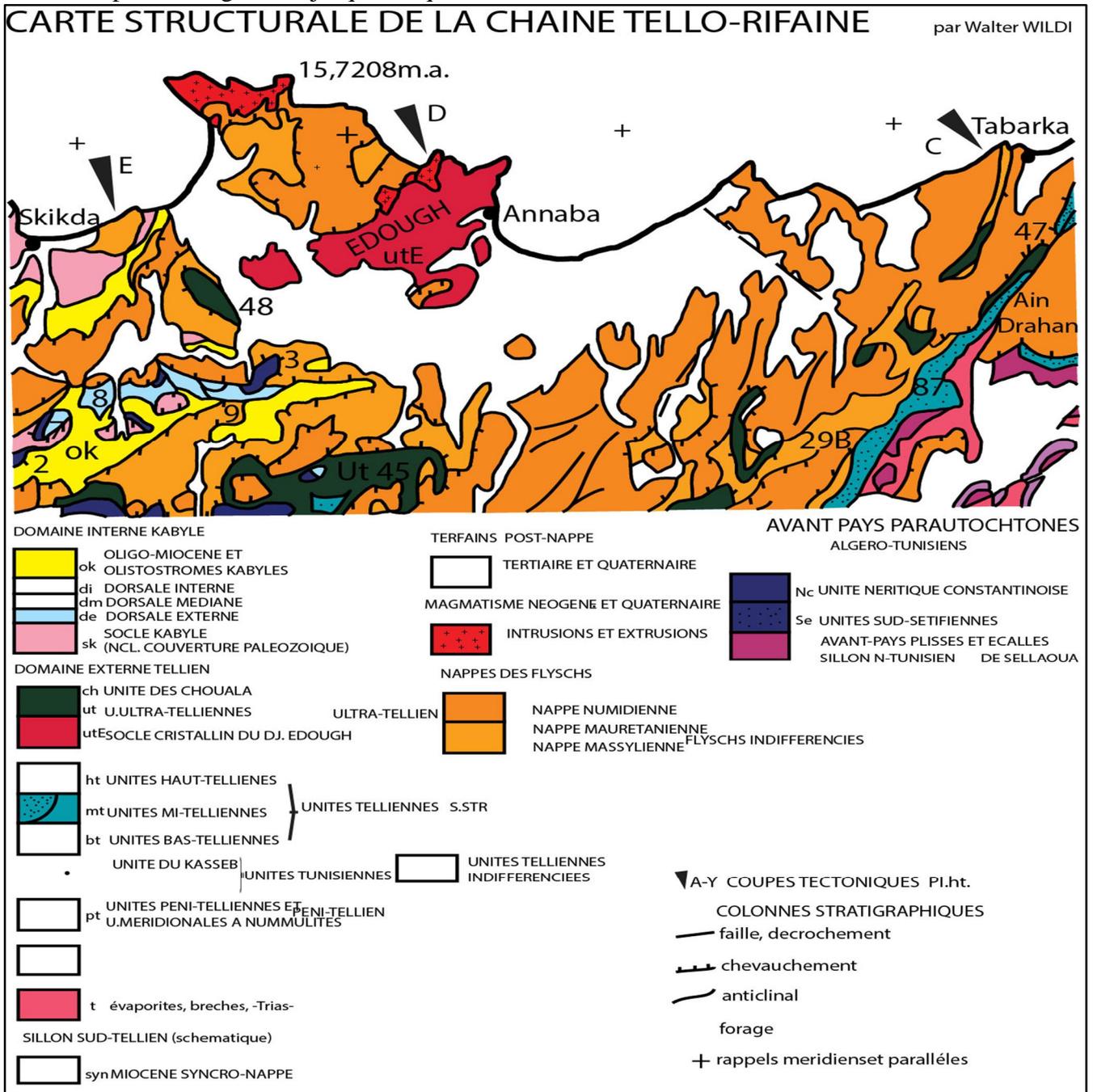


Figure 7: Extrait de la carte structurale et géologique de chaîne tello-rifaine établie par (W. Wildi, 1983, modifiée).

D. Les éboulis de pente

Tous les versants des vallées des Monts de la Cheffia portent des coulées qui sont souvent le résultat d'un important déséquilibre (A. Marre, 1987). La tendance au déséquilibre a existé pendant tout le Quaternaire où les versants furent toujours favorables aux glissements et aux coulées, d'autant plus que les conditions climatiques étaient particulièrement froides et humides. Après l'important

creusement que les cours d'eau ont réalisé en sapant la base des versants, la pente s'accélère alors et la force de la pesanteur est plus forte que les forces de cohésion des roches. Des dépôts d'éboulis tapissent leurs cicatrices de départ permettent de les situer dans le temps au début de la dernière période froide du Quaternaire (A. Marre, 1987). C'est cette humidité qui est responsable des altérations, du colluvionnement, et aussi des coulées des versants.

Les versants dominés par les abrupts sont recouverts d'éboulis de pente et de colluvions : ces derniers proviennent de la dégradation des escarpements gréseux et du remaniement des formations d'argiles sous-numidiennes.

III. LES FORMATIONS ANTE-NAPPE: ENSEMBLE DES UNITES DES ALLOCHTONES (FLYSCHS ET NAPPES)

L'orientation NE-SW est le trait structural dominant des formations Antée-nappes. Ce sont des formations géologiques sédimentaires dont on note :

A. La nappe numidienne (Argiles sous-numidiennes)

Le terme numidien est actuellement conservé en tant qu'appellation de faciès. Il désigne la série grés-argileuse principalement Oligocène. Cette formation est largement représentée dans notre région d'étude. Elles affleurent à la base de la majeure partie des Monts de la Cheffia, au Sud-Est de Boutheldja (Djebel Hdjar Siah, Bourdim). Ces formations limitent les alluvions de l'Oued Bougous à l'Est et l'Oued Guergour à l'Ouest. Ces faciès affleurent généralement dans la zone de Ain Assel. Ils ne sont pas visibles sur le terrain à part quelques petits affleurements, car la végétation les recouvre. (Guerfi. S, 2016).

1. Les grès numidiens

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

2. Les argiles supra-numidiennes

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

B. Le flysch massylien

Ce terme a été proposé par Raoult (Raoult J.F, 1974) au Nord du Kef Sidi Driss (Constantine) pour une série allant du Néocomien au Lutétien. Découvert en 1946 dans les Monts de la Cheffia par P. Marie et A. Lambert (Sonatrach. BEICIP. 1969). On les rencontre à plusieurs endroits dans les Monts de la Cheffia en série monotone. Ils sont constitués essentiellement par les marnes feuilletées avec de minces bancs de calcaires ou en épaisses séries d'argiles grises, comportant des intercalations de plaquettes gréseuses.

L'âge du flysch est essentiellement Sénonien, mais le terme plus général de flysch à micro-brèches est retenu puisque cette formation pourrait ne pas se limiter au Sénonien. En effet, certains niveaux sont datés du Lutétien et appartiennent à cette formation.

1. Le flysch à micro-brèches

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

C. Le Tellien

Il se caractérise par une puissante série marneuse s'étendant du Crétacé inférieur au Lutétien inférieur, au milieu de laquelle s'intercale l'unité caractéristique des calcaires noirs fétides datés (Yprésien-Lutétien inférieur) (M. Durand-Delga, 1969). Ces calcaires noirs fétides ont un faciès classique et sont largement répandus en Algérie du Nord. Il s'agit d'un calcaire en bancs réguliers de 0,5 à 1m, compacts argileux, comportant de minces lits marneux. L'épaisseur de cette unité est difficile à estimer et peut être de l'ordre de 100m.

IV. FORMATIONS METAMORPHIQUES

A. Le massif de l'Edough

Il s'élève brutalement au-dessus de la mer et des plaines environnantes jusqu'à plus de mille huit mètres (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:

B. Une unité inférieure

Constituée de gneiss ocellés et de migmatites et de quelques horizons subordonnés de micaschistes et marbre. Au sein de gneiss ocellés un petit corps de péridotites (G. Bossière, 1976).

C. Une unité supérieure

Représentés 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 alpine.

Au Nord du massif les micaschistes encaissent de péridotite-kinzigites comparable à celle rencontrée en petite kabyle et dans le bético-rifain (Caby, et al, 1992).

Ces unités profonde 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 de 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 microscopique 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 indissociables de celles des unités sous-jacentes.

	Lithologie	Description lithologique	étages	Sous-époques	Ere
Sommital		-Conglomérats -Argile sableuse rougeâtre -Grès	Mio-Pliocène	Néogène	Tertiaire
		-Argiles	Miocène infér		
1000m Medium basal		-Grès dure et friable	Oligocène sup	Numidien	
		-Argiles calcaireuse verdâtre	Oligocène sup		
		-Argiles verts ou rougeâtres			
		-Grès	Priabonien		
Paléocène sup à Priabonien		-Argiles Q1	Lutétien	Sous-Numidien	
		-Calcaire blanc à silex	Yprésien		
Flysch à Micro brèche (flysch massylien)		-Argiles à blanc	Sénonien		
		-Argiles calcaireuse Qa	Priabonien		
		-Argiles et marne gris sal			
+100 m 300- 1000 m 100 m 200- 300 m 200-300m		-Calcaire gris jaunâtre -Marne gris jaunâtre -Marnes	Maastrichtien Campanien Santonien	Paléocène	
		-Calcaire claire	Cénomaniens		
		-Argiles -calcaire	Turonien Cénomaniens	Tellien	
		-calcaire argileux	Albien		
		-Marnes	Hauteriviens Barrémiens		

Q2: chevauchement du sous- Numidien sur le Tellien

Qa: Contact entre l'adisse et les flysch à Microbrèches

Q1: Chevauchement du Numidien

Source: Etude géologique du permis (Bou Abed) Sonatrach, modifié par Affoune Samia et M. Chouabi (2006)

Figure 8: Log lithostratigraphique de la zone d'étude.

CHAPITRE III
LES SABLES COTIERS

CHAPITRE III: LES PLAGES

I. INTRODUCTION

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

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

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

Lorsque ces forces restent stables, la plage tend à acquérir un profil d'équilibre. Lorsque ces forces changent, la plage évolue vers un autre profil d'équilibre. Le profil instantané correspond à un emboîtement de profils successifs, les profils hérités étant plus ou moins conservés ou dégradés. Le façonnement de la pente d'équilibre dépend des caractéristiques de la houle principalement et du marnage (Guerfi 2016).

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

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

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

Le mouvement de va et vient des vagues, le jet de rive et la nappe de retrait, donne aux sédiments des plages un façonnement spécifique, grain de sable aux contours de forme sphérique au discoïde (Guerfi 2016).

II. LES TYPES DES PLAGES

La plage se forme lorsque la quantité de matériaux disponibles sur un rivage surpasse le volume de sédiments que les vagues et les courants littoraux sont capables de déplacer. L'accumulation l'emporte alors sur l'érosion.

La forme des plages varie en fonction de la configuration de la morphologie de la côte (Paskoff, 1998).

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

Quand une dérive littorale charrie en abondance des sédiments, il se produit un dépôt partiel de ces sédiments en constituant de longue plage au tracé Concave largement ouvert vers la mer et qui s'appuie sur des époutements rocheux (Figure 9) (Guerfi 2016).

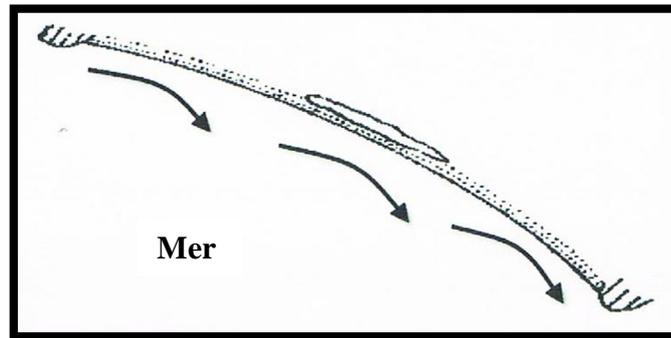


Figure 9: Schéma illustrant la forme d'une plage ouverte (R. Paskoff, 1998), (les flèches indiquent le sens de la dérive littoral).

III. LES CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES PLAGES

Généralement, les plages présentent un profil transversal plus au moins concave. La pente varie en fonction du calibre des sédiments qui les constituent et les caractéristiques des vagues qui y déferlent. La pente du calibre des sédiments sont grossiers (Paskoff, 1998). En effet, le jet de rive apporte dans ce cas davantage de l'eau plus importante sur un estran de galets que sur un estran de sable fin. L'équilibre est établi lorsque le profil est suffisamment raide pour que les effets du jet de rive, freiné par la pente, et ceux de la nappe de retrait, renforcée par elle s'annule. Les plages abritées frappées par les vagues courtes et peu cambrées, sont plus pentues que celle exposées à la large et atteintes par des houles longue. Les premières tendent à réfléchir les vagues, tandis que les secondes favorisent la dissipation de leur énergie (Paskoff, 1998) a proposé un profil transversal qui comporte (Guerfi 2016) (Figure 9).

A. Le haut de plage

Le haut de plage prend la forme d'un bourrelet dû à l'accumulation de matériaux par les mers les plus hautes. La partie la plus élevée de ce bourrelet constitue la crête de plage édifiée par les vagues des tempêtes et présente des gradins traduisant des apports d'importance décroissante (Guerfi 2016).

B. Le bas de plage

En contrebas du haut de plage, la pente diminue indiquant une diminution du calibre des sédiments et se traduisant par une ligne de flexion qui matérialise le bas de plage submergé à chaque marée (Guerfi 2016).

C. L'estran

Étendue de plage qui est couverte à haute mer, et découverte à basse mer (Guerfi 2016).

D. L'avant plage

La topographie de l'avant plage est toujours submergée et peut être accidentée par des accumulations désignées sous le nom de barres de crêtes ou de rides pré littorales. Celles -ci se forment quand la pente est douce et les sédiments sont abondants. Elles sont séparées par des sillons. Certaines sont parallèles, d'autres obliquent par rapport au trait de côte. Leur hauteur est d'ordre métrique, leur longueur variable se mesure généralement en centaine de mètre du fait de leur nombre, de leur taille, de leur forme et leur position qui varient considérablement dans le temps (Guerfi 2016).

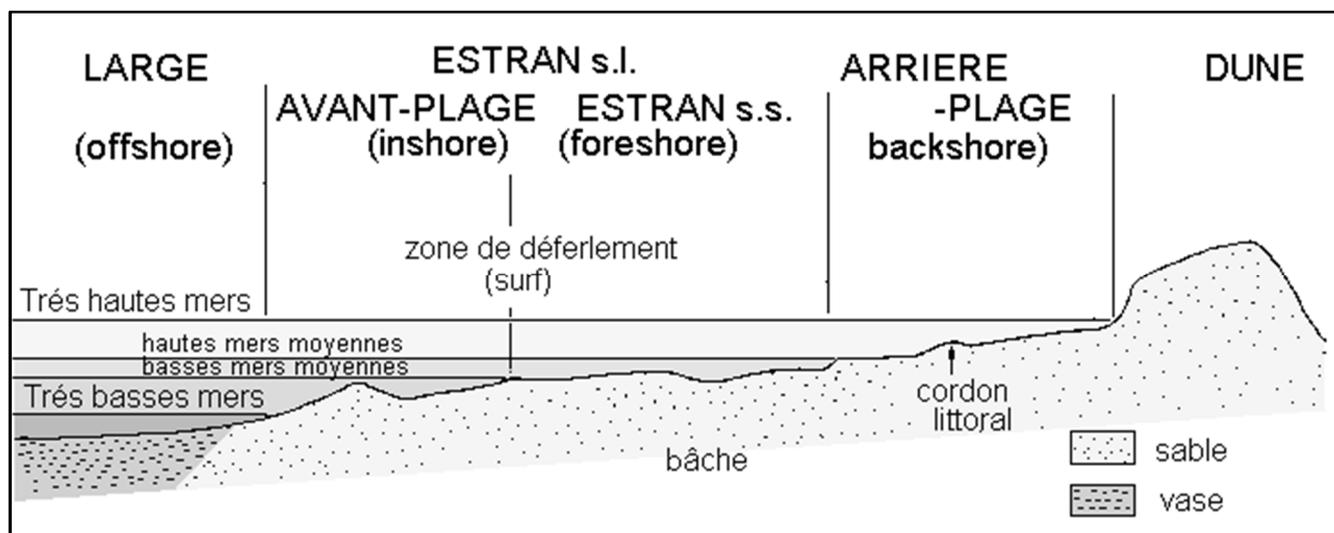


Figure 10: Profil transversal d'une plage. (R. Paskoff 1998, modifié)

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

Les plages ont commencé à se former à la fin de la transgression postglaciaire, il y a environ 5 ou 6000 ans (Paskoff, 1998), lorsque le niveau de la mer s'est fixé, à peu près dans sa position d'aujourd'hui. L'époque était caractérisée par une grande disponibilité en sédiments sur les littoraux. En effet, lors de sa remontée, concomitante de la déglaciation commencée il y a 15 000 ans, à partir d'un niveau situé à plus de 100 m au-dessous de l'actuel, la mer a balayé et entraîné avec elle des sédiments détritiques, d'origines diverses, qui s'étaient accumulés sur les plates-formes continentales alors que celles-ci étaient émergées. Quand le niveau marin s'est stabilisé, les sables et les galets se sont entassés sur des rivages. Des plages se sont formées et, éventuellement, des champs de dunes étendus se sont constitués en arrière d'elles. Cette période d'abondance a duré jusqu'à ce que l'accumulation des sédiments soit telle que l'absorption de l'énergie des vagues soit maximale et que le déplacement des matériaux soit minimal (Paskoff, 1998) (Guerfi 2016). Dès lors, l'alimentation des plages en sédiments provient de plusieurs origines (Figure 9 et 10) :

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

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

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

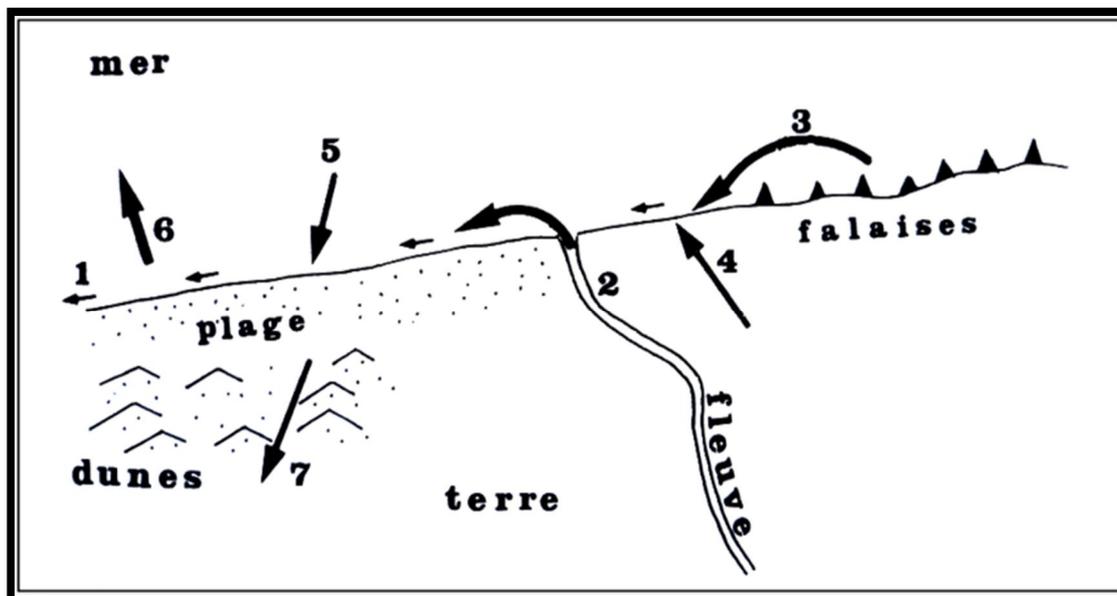


Figure 11: Gain et perte de sédiments par une plage (R. Paskoff, 1998). (1) apport par dérive littorale. (2) de sédiments provenant d'un cours d'eau. (3) de l'érosion de falaises par les vagues. (4) d'un vent de terre. (5) de sédiments par les vagues à partir de l'avant côte. (6) perte de sédiments emportés par les courants d'arrachement. (7) par un vent de mer édificateur de champs de dunes.

V. LES DUNES LITORALES

Le long des littoraux on trouve parfois des formes d'accumulation d'origine éolienne qui rappellent celles que l'on rencontre dans les régions arides, ce sont des dunes qui dans certains cas, peuvent s'avancer loin vers l'intérieur des terres (Paskoff, 1998) (Guerfi 2016). Plusieurs types de dunes peuvent être distingués :

A. Les dunes élémentaires

Ce sont de petites accumulations de sables qui se forment au cours de la belle saison sur le haut des plages favorisées par des obstacles de toutes sortes mais leur existence est éphémère car elles peuvent être balayées par les vagues lors de la première tempête qui suivra. Elles présentent l'aspect de monticules bas et allongés, de quelques décimètres de haut appelées nebkas et qui ont tendance à se disposer en un alignement plus ou moins continu (Paskoff, 1998) (Guerfi 2016).

B. Les avant dunes

Elles prennent naissance à partir de la coalescence de nebkas, ces dunes présentent l'aspect d'un bourrelet parallèle au rivage, leur hauteur est de quelques mètres et la largeur est de l'ordre de la

dizaine de mètre. L'avant dune peut être endommagé par les vagues, qui, lors des tempêtes, les taillent en falaises (Guerfi 2016).

Souvent les sables prélevés par le vent sur les plages franchissent les avant dunes ou les dunes bordières et s'avancent vers l'intérieur des terres où ils s'accumulent en dune libre. La faible densité de la couverture végétale favorise la migration du matériel. Parmi les dunes libres on distingue :

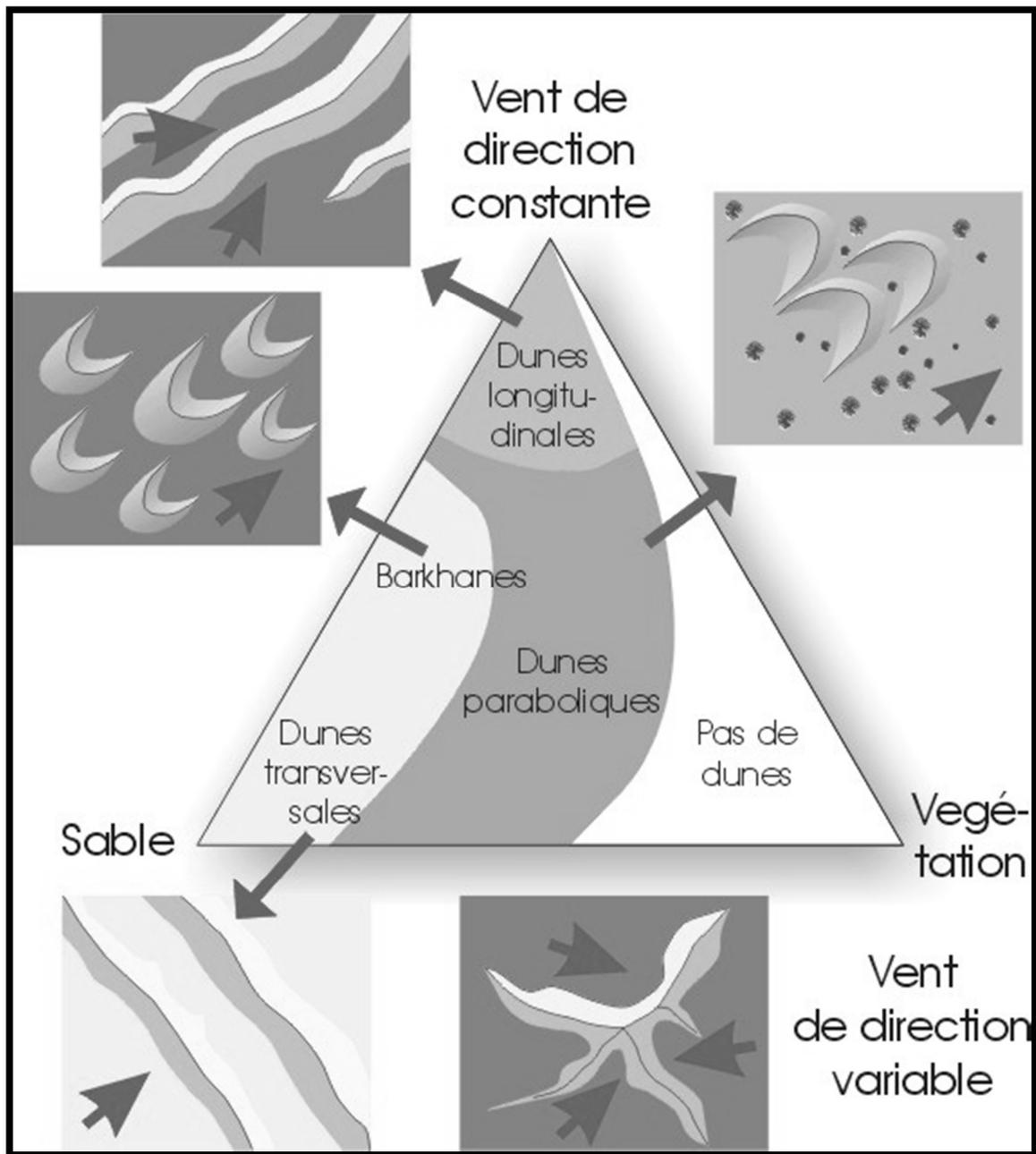


Figure 12: Types de dunes (les flèches bleues indiquent la direction des vents dominants),
<http://www2.ulg.ac.be/geolsed/sedim/lexique.htm>.

1. Les barkhanes

Se sont des dunes en croissant à pointe effilées dans le sens du vent, hautes de quelques mètres seulement. Elles se déplacent à la vitesse de quelques dizaines de mètres par an. L'existence d'un

unidirectionnel, l'absence de végétation, la présence d'un substratum dur et peu accidenté sont les facteurs favorisant la formation Des Barkhanes (Paskoff, 1998) (Guerfi 2016).

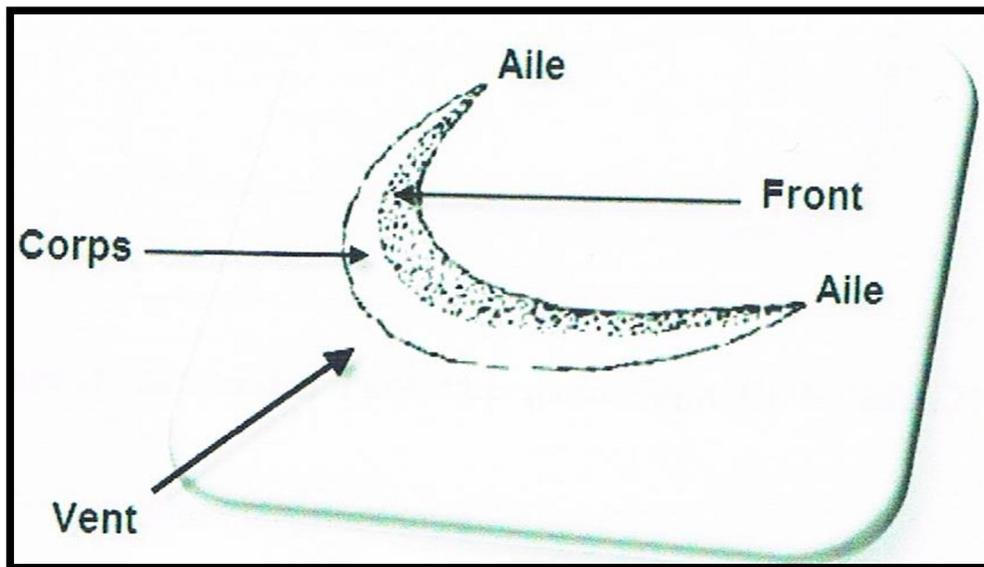


Figure 13: Illustration d'une dune barkhane.

2. Les dunes transversales

Elles prennent naissance à partir des Barkhanes lorsqu'elles s'accolent les unes aux autres et le sable apporté de la plage est particulièrement abondant.

Les crêtes, souvent sinueuses dans le détail, sont grossièrement parallèles entre elles. Elles conservent un profil dissymétrique que les remaniements par les vents secondaires peuvent compliquer (Paskoff, 1998).

3. Les dunes paraboliques

Sont des dunes dissymétriques en forme de fer à cheval à concavité au vent souvent plus ou moins fixée par la végétation Sa disposition par rapport à la direction du vent est inverse de celle de la barkhane (Figure 13). La dune parabolique est peu mobile et généralement ne migre guère une fois qu'elle est formée (Guerfi 2016).

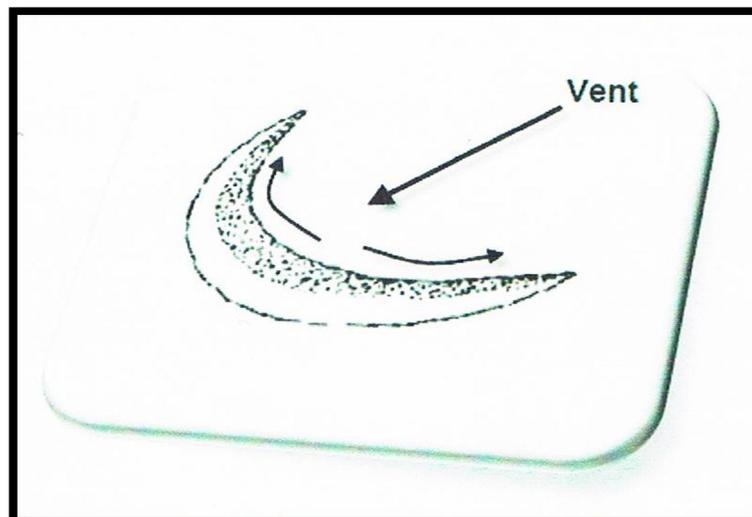


Figure 14: Illustration d'une dune parabolique.

4. Les dunes longitudinales

Ce sont de larges édifices sableux longitudinaux, séparés par des couloirs de déflation. Leur masse globale est immobile. Ces cordons longitudinaux s'alignent dans la direction des vents dominants (Figure 14).

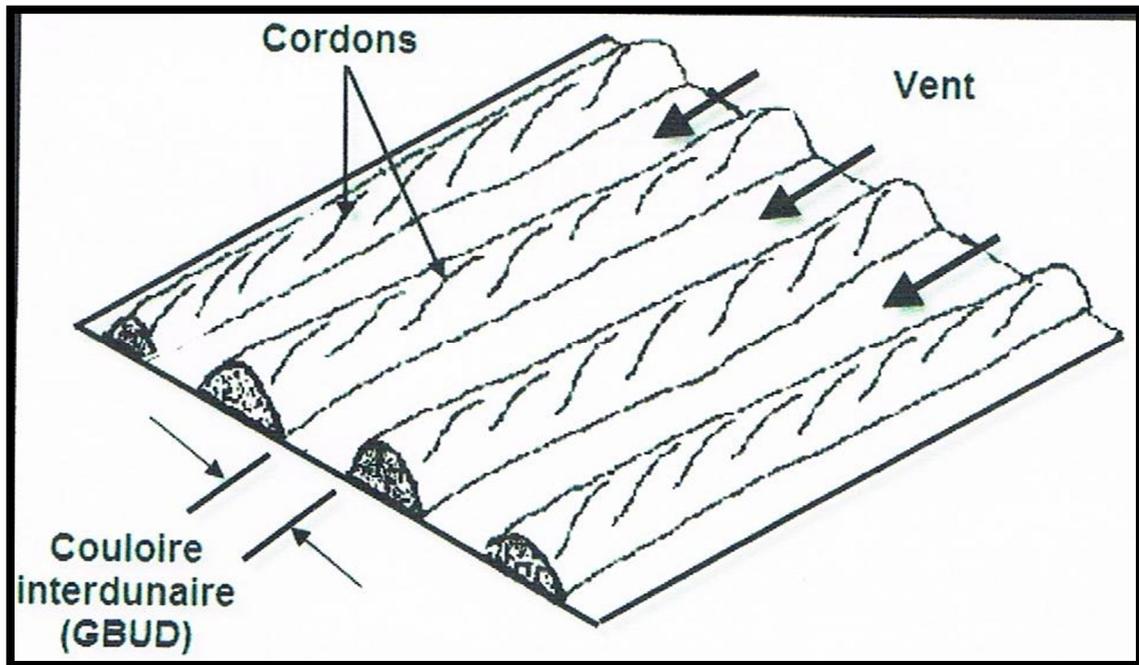


Figure 15: Illustration d'un cordon dunaire longitudinal.

5. Les cordons de dune

Ce sont des bandes de terre composées de matériaux déposés par des courants marins et pouvant prendre différentes formes, lido, île barrière, tombolo, etc. mais ayant en commun leur relief peu marqué et leur nature alluvionnaire (Masri 2016).

6. Les dunes d'étoiles

Sont des dunes géantes dont les ramifications s'étendent dans de nombreuses directions. A partir de modèles numériques prenant en compte des régimes de vents multidirectionnels (Masri 2016).

CHAPITRE IV

ANALYSES GRANULOMETRIQUES

CHAPITRE IV : ANALYSES GRANULOMETRIQUES

I. INTRODUCTION

Ce travail a permis de mettre en évidence les caractéristiques granulométriques et morphoscopiques des sédiments sableux de la plage Sables d'Or et d'estimer leur calcimétrie.

Les analyses granulométriques ont pour objectifs de déterminer les tailles des particules des différents stocks composant le dépôt (sables, silts....) et de définir leurs distributions fréquentielles (A. Degaichia, 2001).

La surface des grains de 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 décrypte l'histoire de l'agencement des différents processus sédimentaires (A. Degaichia, 2001)

II. TECHNIQUES D'ECHANTILLONNAGES ET UNITES MORPHOLOGIQUES DE LA PLAGE SABLES D'OR

L'échantillonnage a été effectué, en février 2020, le long de 7 radiales perpendiculaires à la ligne de rivage. Pour chacune d'elles, quatre et parfois cinq prélèvements ont été effectués respectivement au niveau des 4 unités géomorphologiques de la plage, depuis la dune jusqu'à la plage sous-marine (bas estran, estran, arrière plage et dune) soit au total 30 échantillons superficiels. Chaque échantillon sableux a été prélevé sur une épaisseur d'environ 5 mm couvrant ainsi toute la "couche active" (Chauhan, 1992; Aboodha, 2003).



Figure 16: Unités morphologique à la plage Sable d'Or.

III. MODE D'ANALYSES ET DE TREATMENT DES ECHANTILLONS

Les échantillons de sables prélevés représentent un dépôt détritique meuble et parfois consolidé au niveau de l'estran. On a observé, en observant les formations sableuses de la plage Sables d'Or une certaine homogénéité granulométrique qui témoigne de l'existence d'une phase sédimentaire dominante. On préconise de recueillir environ 200 grammes de l'échantillon, desquels il faudra extraire une centaine de grammes pour l'analyse granulométrique (A. Degaichia, 2001).

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

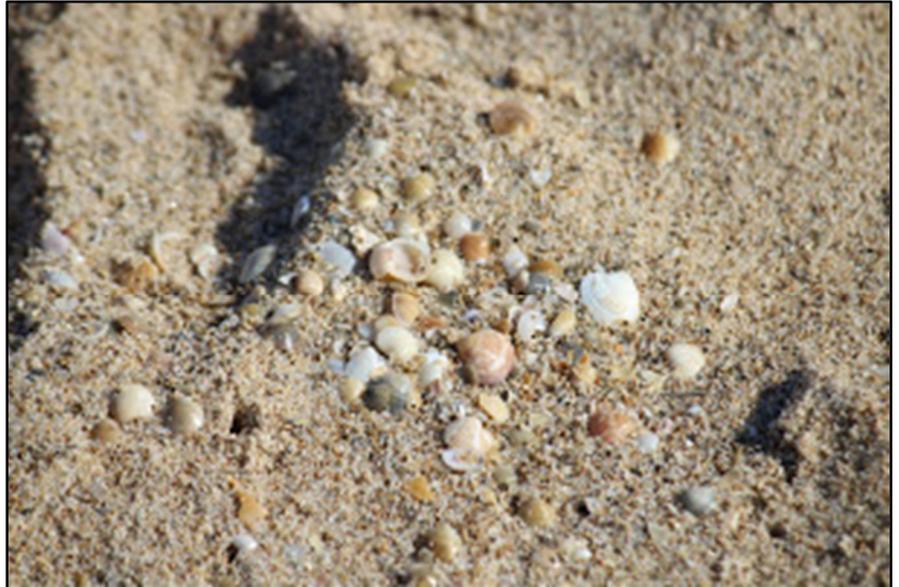


Figure 17: Niveau riche en Mollusques

Les échantillons sont séchés à l'air libre, puis à l'étuve à 60°C pendant 24 heures (L. Berthois, 1958). 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). Ces tamis étaient à l'aide d'une tamiseuse électrique, recommandé par les comités de normalisation. Lorsque l'on tamise, on classe les grains d'après leur diamètre et les fréquences des grains d'une classe déterminée sont évaluées en pesant les fractions retenues sur les tamis successifs (A. Degaichia, 2001).

IV. DESCRIPTION DES RADIALES ECHANTILLONNEES

La plage Sables d'Or est caractérisée par des luminations planes parallèles, témoins 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. Les 7 radiales échantillonnées sont formées essentiellement de matériel détritique quaternaire.

V. ANALYSES GRANULOMETRIQUES DES SABLES DE PLAGE SABLE D'OR

A. Lithologique, faune et morphoscopie des différentes radiales

La détermination lithologique des échantillons à la loupe binoculaire était à grossissement, généralement, x50. Ces échantillons sont constitués de grains lithologiquement hétérogènes, où on observe : quartz, fragments de roches et minéraux lourds (Tableau 4). Des niveaux riches en

Mollusques (Gastéropodes et Lamellibranches) sont observés au niveau des différentes radiales avec quelques foraminifères (Globigérines) décelée par l'analyse morphoscopique,

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 morphoscopique et minéralogiques sur 50 grains de chaque échantillon, à la loupe binoculaire, on a pu mettre en évidence la prédominance des subémoussés luisants (A. Degaichia, 2001, A. Degaichia et N. Salhi, 2013, S. Guerfi, 2016).

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

- FS de 2 à 0,5 mm;
- F I: 0,5 à 0,315 mm;
- F II : 0.315 à 0,16 mm;
- F III: 0,16 à 0,04 mm.

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

Tableau 4: Description globale des échantillons de 7 radiales étudiées

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

Station de prélèvement	Couleurs	Fraction terrigènes			Fraction biogéniques	
		Quartz	Fragments de Roches	Minéraux lourds	Mollusques	Foraminifères
Radiale 1	Beige et translucide	+++	+	+	++	+

Radiale 2	Beige et translucide	+++	+	+	++	++
Radiale A	Beige et translucide	+++	+	+	++	++
Radiale B	Beige et translucide	+++	+	+	++	++
Radiale C	Beige et translucide	+++	+	+	++	++
Radiale D	Beige et translucide	+++	+	+	++	++

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

1. Degré d'usure

Les grains subémoussés sont les plus abondants dans tous les échantillons étudiés, avec des pourcentages qui oscillent entre 90% et 100%. Les grains non usés sont peu abondants avec des pourcentages qui ne dépassent guère 6%. Les pourcentages des grains émoussés sont compris entre 0% et 10%.

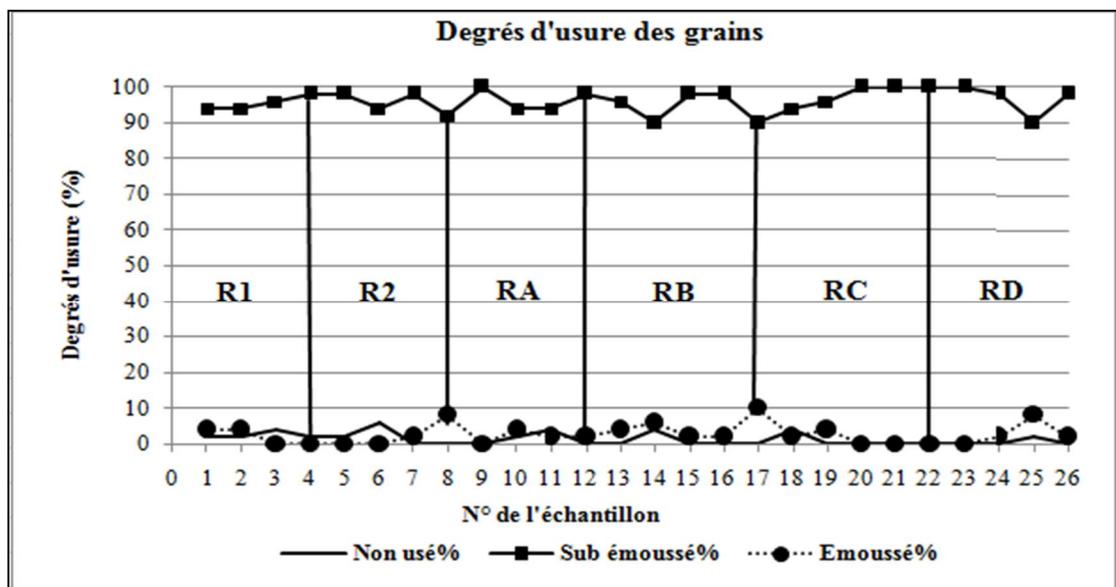


Figure 18: Évolution morphoscopie de Degré D'usure des grains des sables de la plage Sables d'Or.

2. Degré d'arrondissement

Les grains peu arrondis sont dominants dans les échantillons observés avec des pourcentages qui varient entre 54% et 92%. Les échantillons 4 et 11 présentent les valeurs maximales. Les grains peu allongés sont peu abondants avec des pourcentages qui varient entre 2% et 34%. Les grains arrondis sont peu fréquents (0% à 8%). Les pourcentages des grains allongés sont faibles, et ne dépassent guère 10%.

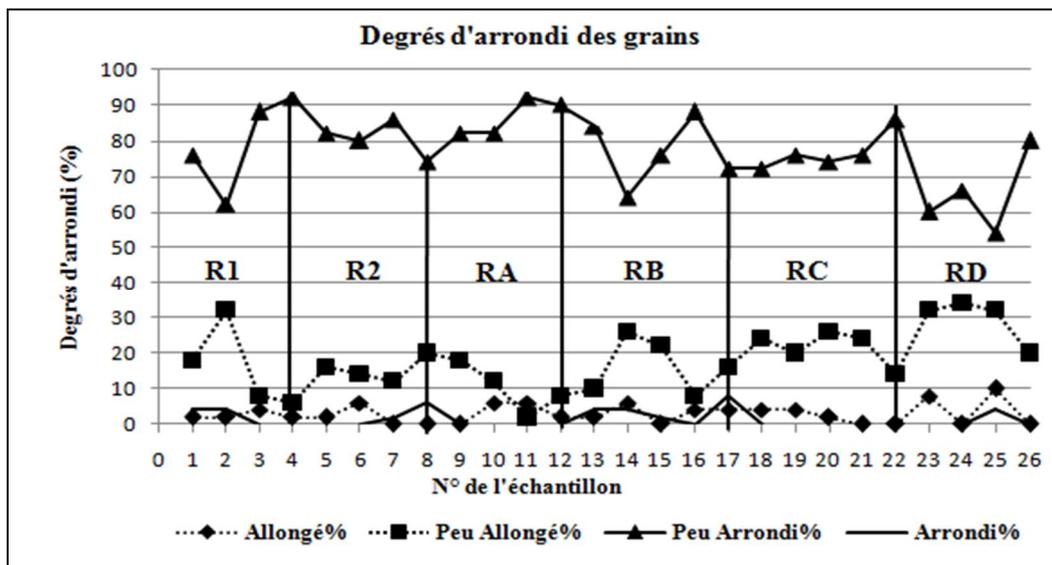


Figure 19: Évolution morphoscopie de Degré D'arrondi des grains des sables de la plage Sables d'Or.

3. État de la surface

Les grains de sable d'un aspect luisant sont exclusivement dominants dans les échantillons étudiés, par contre les grains de sable d'aspect mat sont absents.

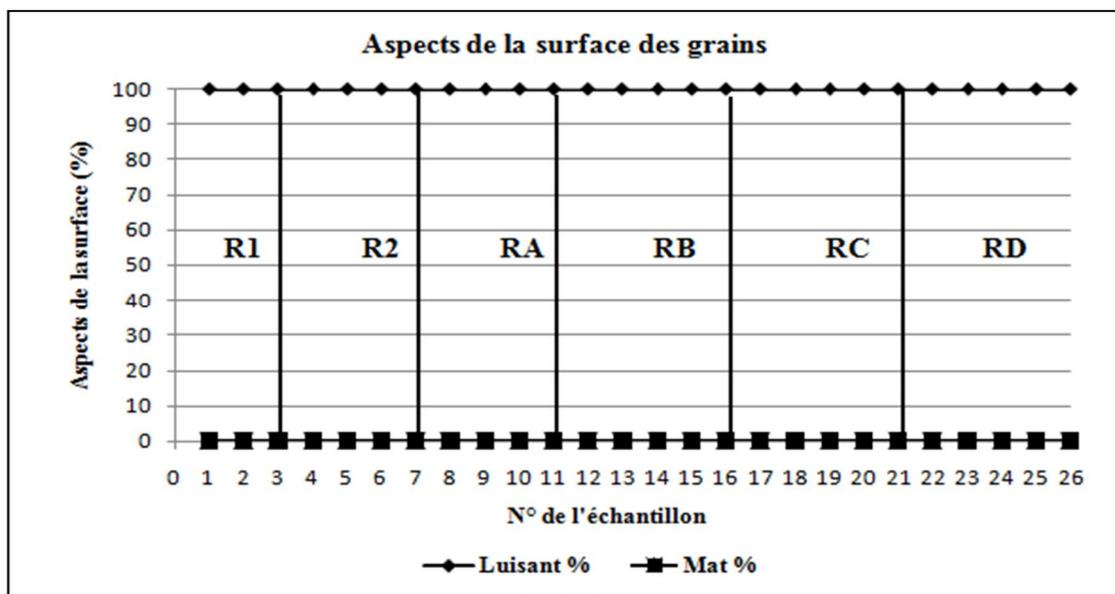


Figure 20: Évolution morphoscopie d'Aspect de la surface des grains des sables de la plage Sables d'Or.

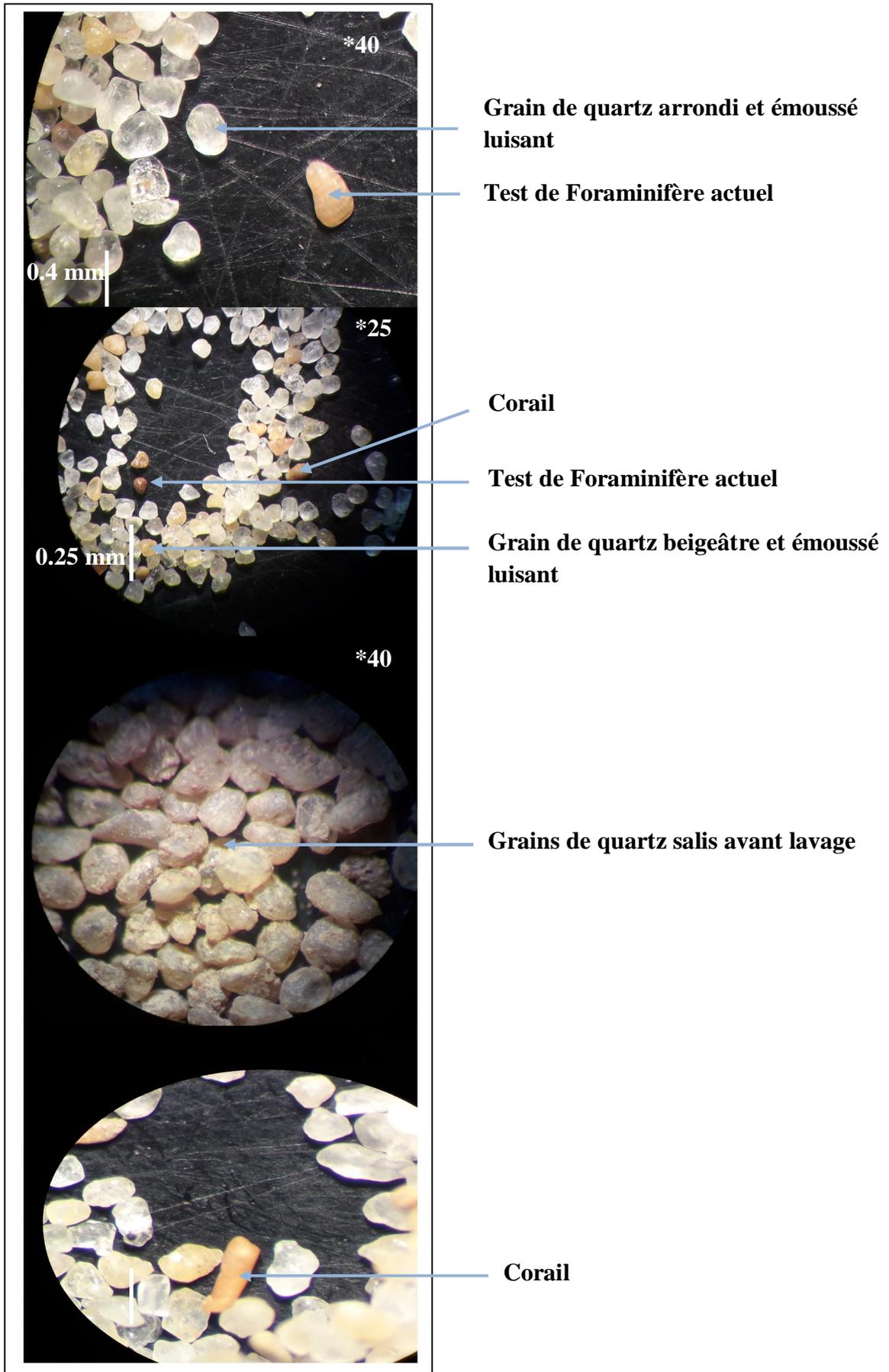


Figure 21: Morphoscopie des sables de la plage Sable d'Or

Tableau 5 : Moyennes des pourcentages des indices de l'évolution morphoscopique des grains de sables de la plage Sable d'Or

Echantillon	Usure			Arrondissement				Etat de la surface	
	Non usé%	Sub-émoussé%	Emoussé %	Allongé %	Peu Allongé %	Peu arrondi %	Arrondi %	luisant %	Mat %
1	2	94	4	2	18	76	4	100	0
2	2	94	4	2	32	62	4	100	0
3	4	96	0	4	8	88	0	100	0
4	2	98	0	2	6	92	0	100	0
5	2	98	0	2	16	82	0	100	0
6	6	94	0	6	14	80	0	100	0
7	0	98	2	0	12	86	2	100	0
8	0	92	8	0	20	74	6	100	0
9	0	100	0	0	18	82	0	100	0
10	2	94	4	6	12	82	0	100	0
11	4	94	2	6	2	92	0	100	0
12	0	98	2	2	8	90	0	100	0
13	0	96	4	2	10	84	4	100	0
14	4	90	6	6	26	64	4	100	0
15	0	98	2	0	22	76	2	100	0
16	0	98	2	4	8	88	0	100	0
17	0	90	10	4	16	72	8	100	0
18	4	94	2	4	24	72	0	100	0
19	0	96	4	4	20	76	0	100	0
20	0	100	0	2	26	74	0	100	0
21	0	100	0	0	24	76	0	100	0
22	0	100	0	0	14	86	0	100	0
23	0	100	0	8	32	60	0	100	0
24	0	98	2	0	34	66	0	100	0
25	2	90	8	10	32	54	4	100	0
26	0	98	2	0	20	80	0	100	0

C. Identification des paramètres granulométriques des sable de la plage Sables d'Or

1. Introduction

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

2. Historique des recherches sédimentologique antérieurs

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Différentes échelles et classifications granulométriques sont présentées sur la figure ci-dessous (Figure 22). Les sédiments sableux de la plage Sables d'Or sont bien individualisés dans la classe des arénites.

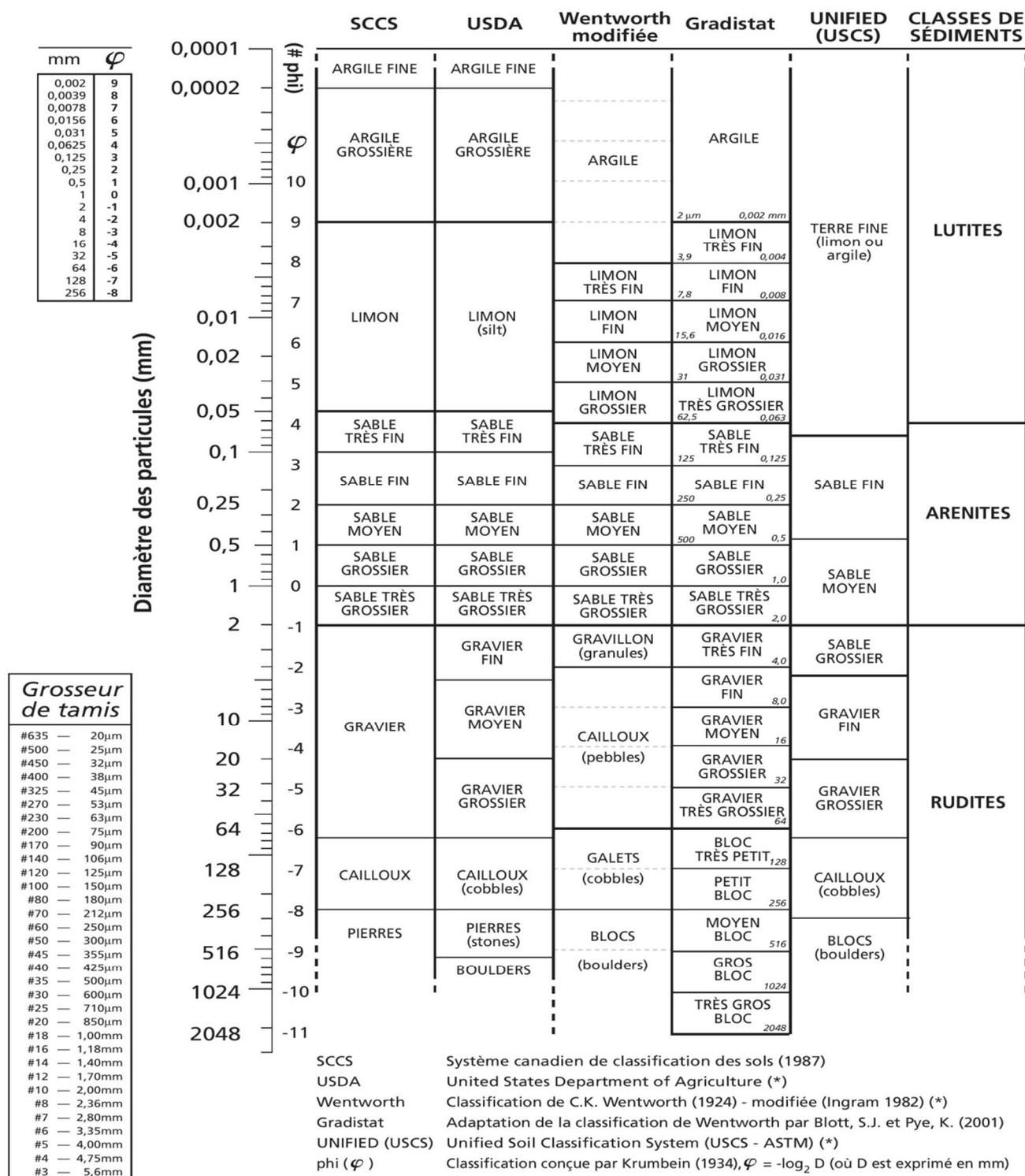


Figure 22: Échelle de classification granulométrique (Source : <http://www.geoloues-prospecteurs.fr/dictionnaire-geologie/g/index.php?page=9>).

3. Définitions et applications des coefficients granulométriques

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

La courbe granulométrique se trace sur papier semi-log où, en abscisse (échelle logarithmique) sont portés les diamètres des particules de sédiments et en ordonné (échelle arithmétique) le passant cumulé en pourcentage pondéral. La courbe doit être tracée de manière continue. Cette courbe permet de mesurer les percentiles : (5%, 16%, 25%, 50%, 75%, 84%, 95%, et 99%) (A. Degaichia, 2001).

Une courbe établie en combinant les deux variables suivantes : et appelé courbe de fréquence : En abscisse : les diamètres équivalents en Φ : En ordonnées : les pourcentages des refus partiels. A l'aide de cette courbe, on peut connaître le classement et même l'asymétrie des sédiments (Figure 23).

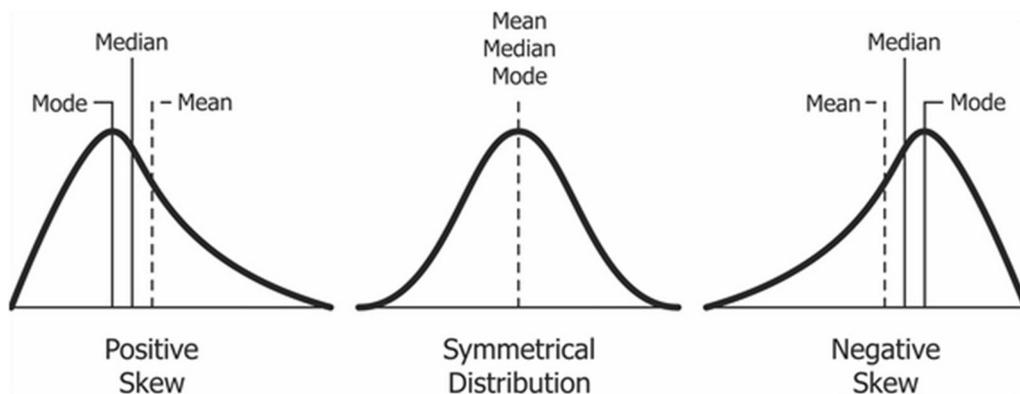


Figure 23: Courbe de fréquence (classement et asymétrie)

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

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

Dans ce présent travail les paramètres et indices choisis sont ceux définis par Folk et Ward (1957), ces deux auteurs ont proposé des formules qui contiennent un nombre élevé de percentiles, et ils ont utilisé des valeurs de phi comprises entre 5 % et 95%.

a) *Le mode*

A partir des histogrammes on lit directement la valeur du mode d'une distribution granulométrique et qui correspond aux sommets de "cloches" tous les histogrammes dans cette étude en toute les courbes avec un seul pic, ce qui implique une distribution unimodale et la présence d'une seule batterie nourricière (Figure 22).

Le tableau 6 et la figure 24 récapitulent l'évolution modale des sédiments de la plage des Sables d'Or, où on observe la présence de 3 modes séparés (0.25mm ,0.315mm et 0.4mm). La distribution granulométrique au sein des échantillons étudiés est unimodale :

Le mode 0.315mm est dominant avec des pourcentages qui fluctuent entre 27.47% et 43.62%, suivi par le mode 0.25mm qui montre des pourcentages qui oscillent entre 26.72% et 44.74%. Le mode 0.4mm apparaît seulement dans l'échantillon 9 avec un pourcentage égal à 38,70%.

Tableau 6: Analyse modales des échantillons

N° de l'échantillon	Mode 1 (mm)	Mode 2 (mm)	Mode 3 (mm)	Pourcentage %
E01	-	0,315	-	37,89
E02	-	0,315	-	37,40
E03	-	0,315	-	39,54
E04	-	0,315	-	37,37
E05	-	0,315	-	43,09
E06	-	0,315	-	41,81
E07	-	0,315	-	38,50
E08	0,25		-	43,89
E09	-	-	0,4	38,70
E10	-	0,315	-	37,29
E11	-	0,315	-	33,09
E12	0,25		-	41,73
E13	-	0,315	-	32,73
E14	-	0,315	-	30,69
E15	0,25	-		41,27
E16	0,25	-	-	43,02
E17	0,25	-	-	40,08
E18	-	0,315	-	43,62
E19	-	0,315	-	35,51
E20	-	0,315	-	27,47
E21	0,25	-	-	38,33
E22	0,25	-	-	44,74
E23	0,25	-	-	37,58
E24	0,25	-	-	33,17
E25	0,25	-	-	36,12
E26	0,25	-	-	26,72
E27	-	0,315	-	41,57
E28	0,25	-	-	39,38
E29	0,25	-	-	42,83
E30	0,25	-	-	27,72

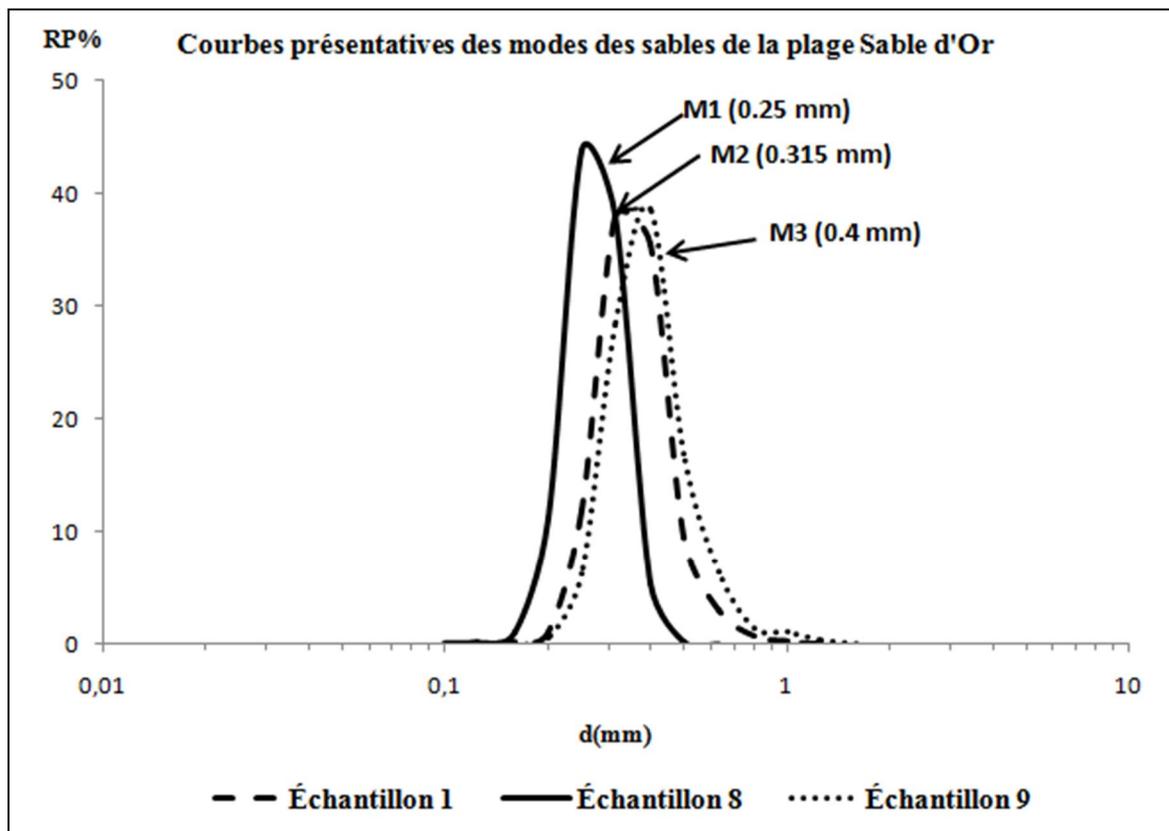


Figure 24: Modes de quelques échantillons des sables de la plage Sable d'Or.

b) Le grain moyen

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

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

Les valeurs du grain moyen dans les sept radiales sont pratiquement voisines, et varient comme suit :

Radiale 01 : 1.68 et 2.00 Φ

Radiale 02 : 1.76 et 2.04 Φ

Radiale A : 1.53 et 2.10 Φ

Radiale B : 1.66 et 2.10 Φ

Radiale C : 1.76 et 2.20 Φ

Radiale D : 2.05 et 1.97 Φ

Radiale E : 1.80 et 2.10 Φ

Dans les 7 radiales les échantillons présentent, en général, une évolution légèrement granodécroissante dans chaque radiale, en allant du bas estran vers la dune. D'après la classification de Wentworth, les sédiments de la plage Sables d'Or sont composés de sables moyens et fins.

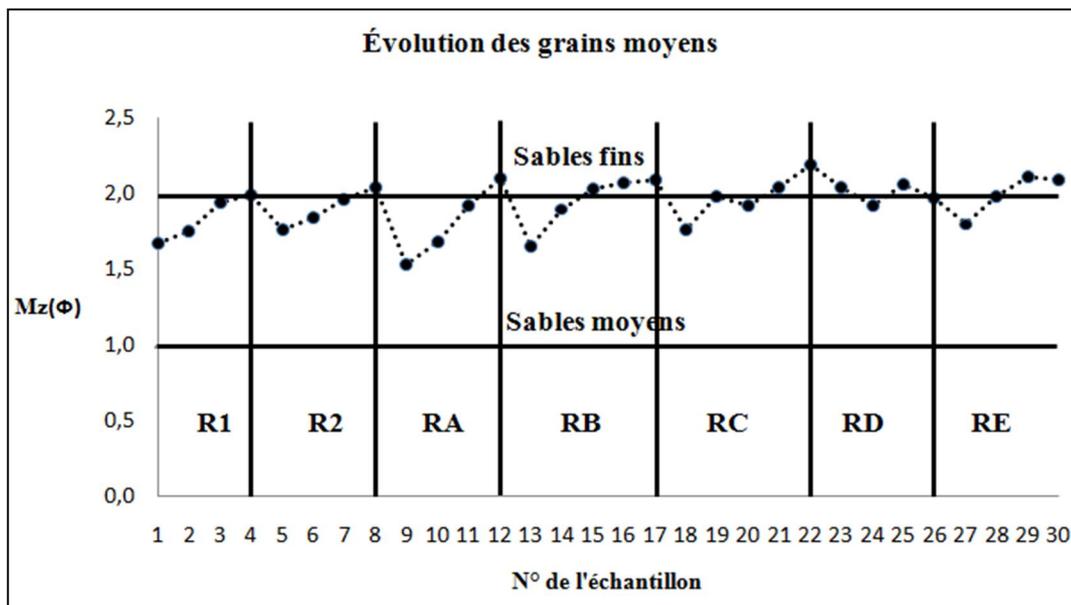


Figure 25: Évolution du grain moyen dans les sédiments des 7 radiales

c) Le classement

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

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

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

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

$0 < \Phi_i < 0,35$: très bien classé

$0,35 < \Phi_i < 0,50$: bien classé

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

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

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

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

Le classement des sables de la plage Sables d'Or montre une variation au niveau de la maturité des grains. Les échantillons ont des valeurs du Sorting index comprises entre 0,25 et 0,54. On observe 20 échantillons très bien classés, 8 échantillons bien classés et 2 échantillons assez bien classés. Alors, ces sables sont très bien classés à bien classés, mais rarement assez bien classés (Folk & Ward 1957) (Figure 26).

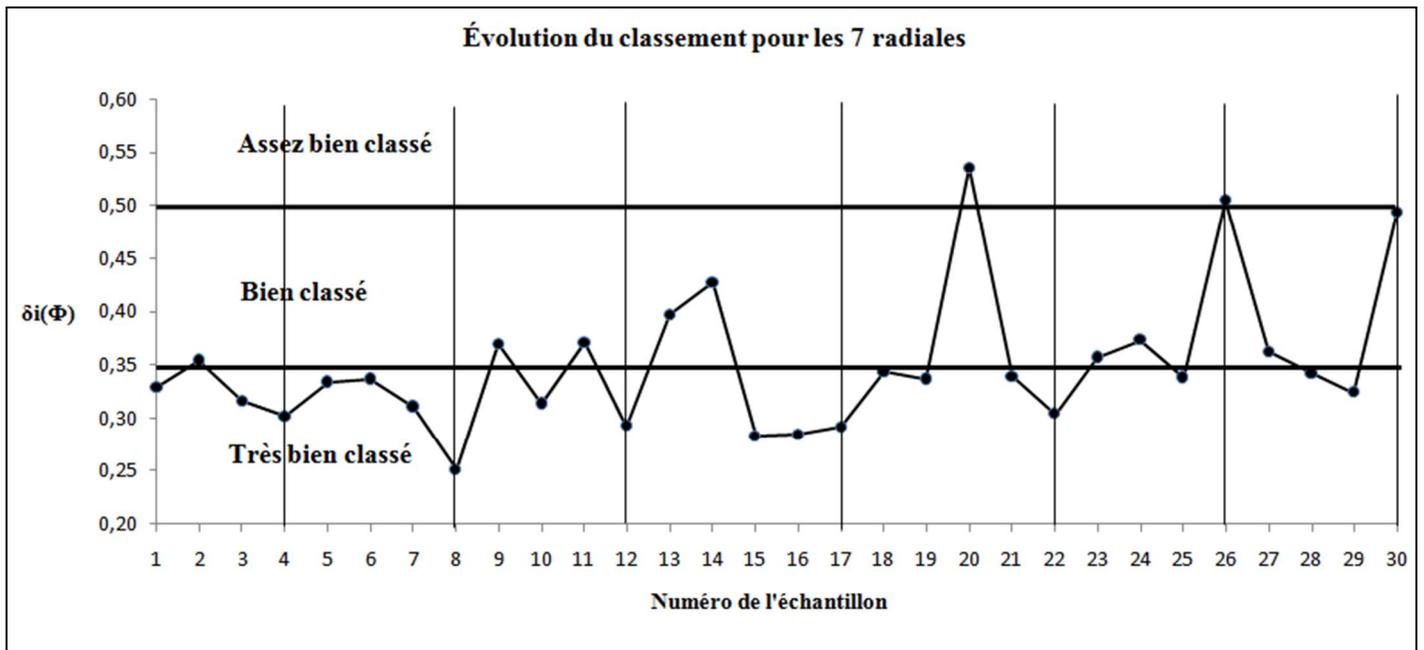


Figure 26: Évolution de l'indice de classement des sédiments de la plage Sable d'Or

d) Indice d'asymétrie (Skewness)

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

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

+1,00 > Ski > +0,30: forte asymétrie vers les petites tailles

+0,30 > Ski > +0,10: asymétrie vers les petites tailles

+0,10 > Ski > -0,10 : symétrie granulométrique de l'échantillon

- 0,10 > Ski > -0,30 : asymétrie vers les grandes tailles

- 0,30 > Ski > - 1,00 : forte asymétrie vers les grandes taille

Les sables de la plage Sables d'Or montrent une symétrie granulométrique (18 échantillons), sauf pour les échantillons qui ont des valeurs de Ski comprises entre -0.10 et -0.15, ces derniers montrent une asymétrie vers les grandes tailles (12 échantillons) (Figure 27).

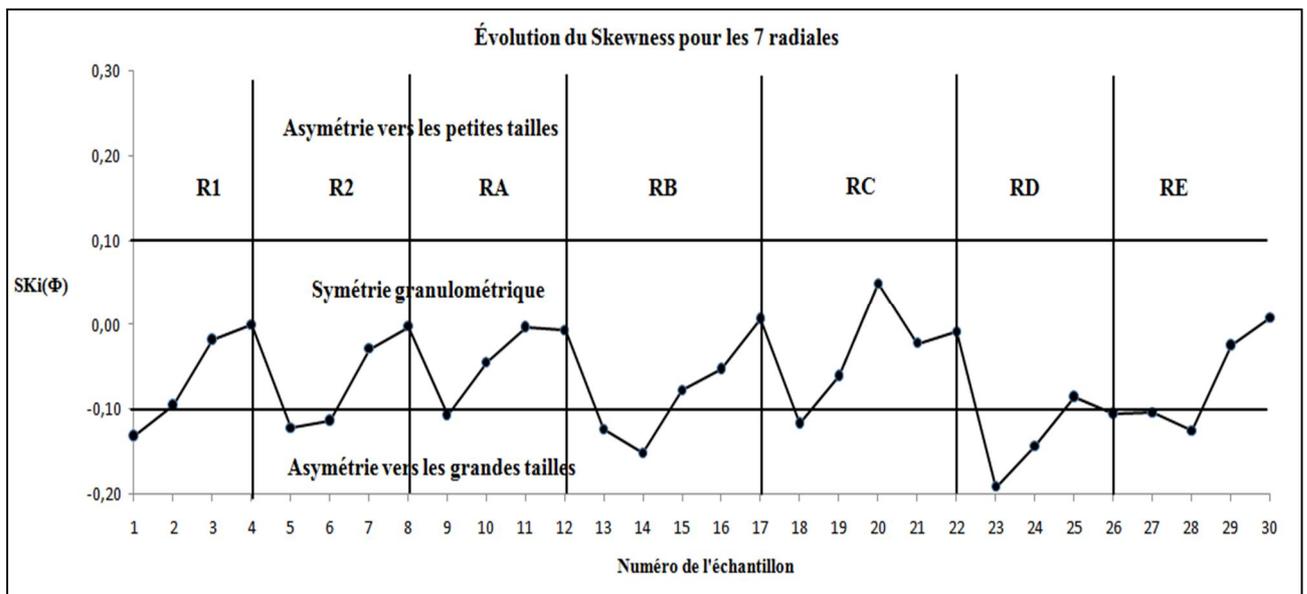


Figure 27: Évolution de l'indice d'asymétrie des sédiments de la plage Sable d'Or

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

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

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

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

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

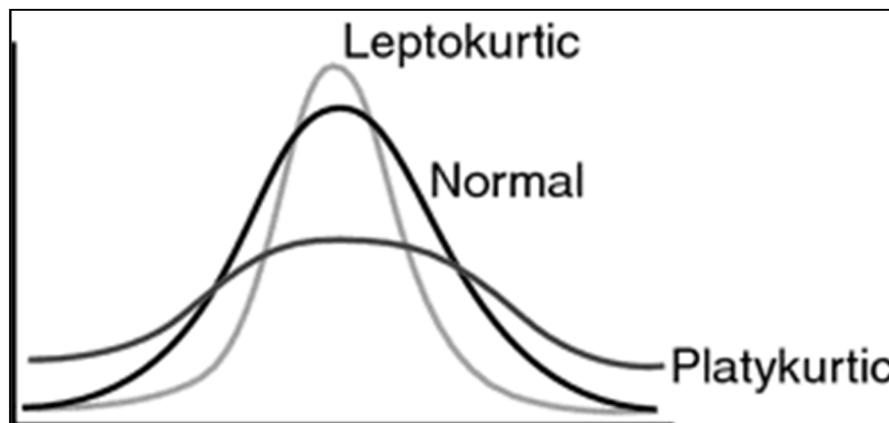


Figure 28: Courbe de fréquence illustration les différentes distributions de Kurtosis

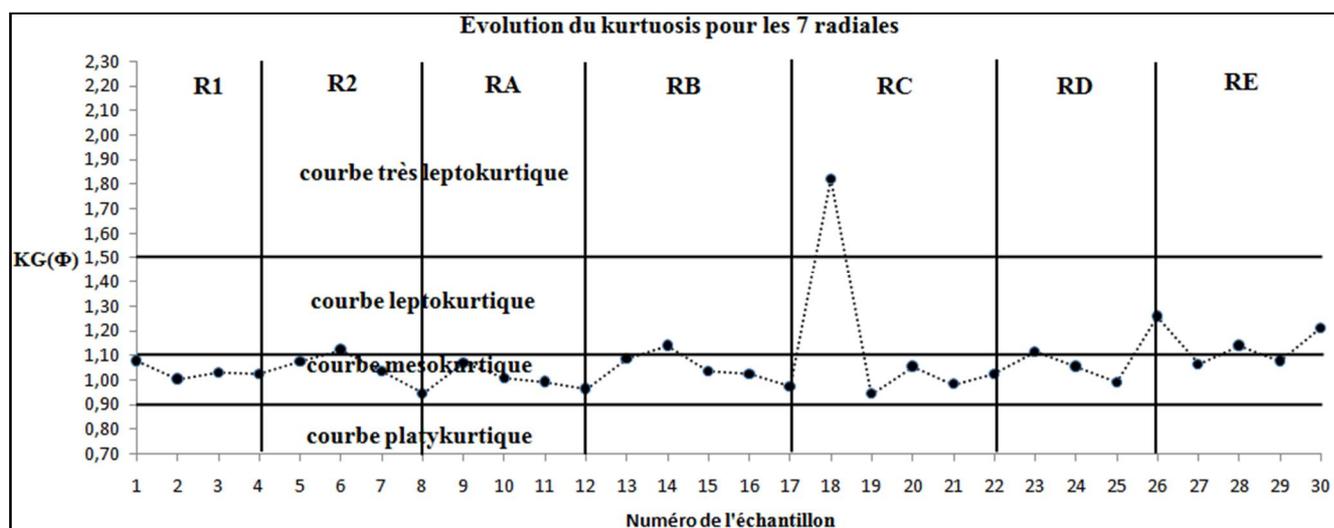


Figure 29: Évolution de l'indice d'acuité des sédiments de la plage Sable d'Or

16.7% des échantillons ont une distribution leptokurtique avec une valeur maximale de $1,26\Phi$ présente dans l'échantillon 26 et une valeur minimale de $1,11\Phi$ présente dans l'échantillon 23.

80% des échantillons ont une distribution mésokurtique avec une valeur maximale de $1,08\Phi$ présente dans trois échantillons (1,13 et 29) et une valeur minimale de $0,94\Phi$ présente dans deux échantillons (8 et 19).

3.3% des échantillons ont une distribution très leptokurtique avec une seule valeur présente dans l'échantillon 18.

Tableau 7: Tableau récapitulatif des paramètres sédimentologique

N° de l'échantillon	Md (Φ)	C (φ)	Mz (φ)		Ski (φ)		KG (φ)		δi (φ)	Classement
1	1,7	0,67	1,7	SM	-0,13	AVGT	1,08	CM	0,33	Très bien
2	1,77	-0,9	1,8	SM	-0,09	SG	1,00	CM	0,35	Bien
3	1,95	1,1	1,9	SM	-0,02	SG	1,03	CM	0,32	Très bien
4	2,0	1,3	2,0	SM	0,00	SG	1,02	CM	0,30	Très bien
5	1,79	0,9	1,8	SM	-0,12	AVGT	1,07	CM	0,33	Très bien
6	1,86	0	1,8	SM	-0,11	AVGT	1,12	CL	0,34	Très bien
7	1,97	1,2	2,0	SM	-0,03	SG	1,03	CM	0,31	Très bien
8	2,05	1,37	2,0	SM	0,00	SG	0,94	CM	0,25	Très bien
9	1,54	0,2	1,5	SM	-0,11	AVGT	1,07	CM	0,37	Bien
10	1,69	0,71	1,7	SM	-0,04	SG	1,01	CM	0,31	Très bien
11	1,93	1	1,9	SM	0,00	SG	0,99	CM	0,37	Bien
12	2,11	1,39	2,1	SF	-0,01	SG	0,96	CM	0,29	Très bien
13	1,68	0,62	1,7	SM	-0,12	AVGT	1,08	CM	0,40	Bien
14	1,92	-0,9	1,9	SM	-0,15	AVGT	1,14	CL	0,43	Bien
15	2,05	1,3	2,0	SM	-0,08	SG	1,04	CM	0,28	Très bien
16	2,09	1,38	2,1	SF	-0,05	SG	1,02	CM	0,28	Très bien
17	2,1	1,33	2,1	SF	0,01	SG	0,97	CM	0,29	Très bien
18	1,79	0,88	1,8	SM	-0,12	AVGT	1,82	CTL	0,34	Très bien

19	2	1,1	2,0	SM	-0,06	SG	0,94	CM	0,34	Très bien
20	1,92	0,55	1,9	SM	0,05	SG	1,05	CM	0,54	Assez bien
21	2,05	1,2	2,1	SF	-0,02	SG	0,98	CM	0,34	Très bien
22	2,2	1,4	2,2	SF	-0,01	SG	1,02	CM	0,30	Très bien
23	2,08	0,9	2,1	SF	-0,19	AVGT	1,11	CL	0,36	Bien
24	1,95	-0,85	1,9	SM	-0,14	AVGT	1,05	CM	0,37	Bien
25	2,09	1,25	2,1	SF	-0,08	SG	0,99	CM	0,34	Très bien
26	2	0,32	2,0	SM	-0,10	AVGT	1,26	CL	0,50	Assez bien
27	1,81	0,79	1,8	SM	-0,10	AVGT	1,06	CM	0,36	Bien
28	2	0,7	2,0	SM	-0,12	AVGT	1,14	CL	0,34	Très bien
29	2,12	1,35	2,1	SF	-0,02	SG	1,08	CM	0,32	Très bien
30	2,1	0,9	2,1	SF	0,01	SG	1,21	CL	0,49	Bien

Légende :

AGT : Asymétrie vers les Grandes Tailles ; **SG** : Symétrie Granulométrique ; **SM** : Sable Moyen ; **SF** : Sable Fin ; **CM** : Courbe Mésokurtique ; **CL** : Courbe Leptokurtique ; **CTL** : Courbe Très Leptokurtique.

VI. RELATION ENTRE LES PARAMÈTRES SEDIMENTOLOGIQUES ET LES ENVIRONNEMENTS DE DEPOT DES SEDIMENTS DE LA PLAGE SABLES D'OR

A. Relation entre (Ski/Mz)

Les sédiments de la plage Sable d'Or sont des sables côtiers symétriques avec un léger penchant vers les grandes tailles. Ils sont de taille moyenne avec une présence sporadique des sables fins (figure 30).

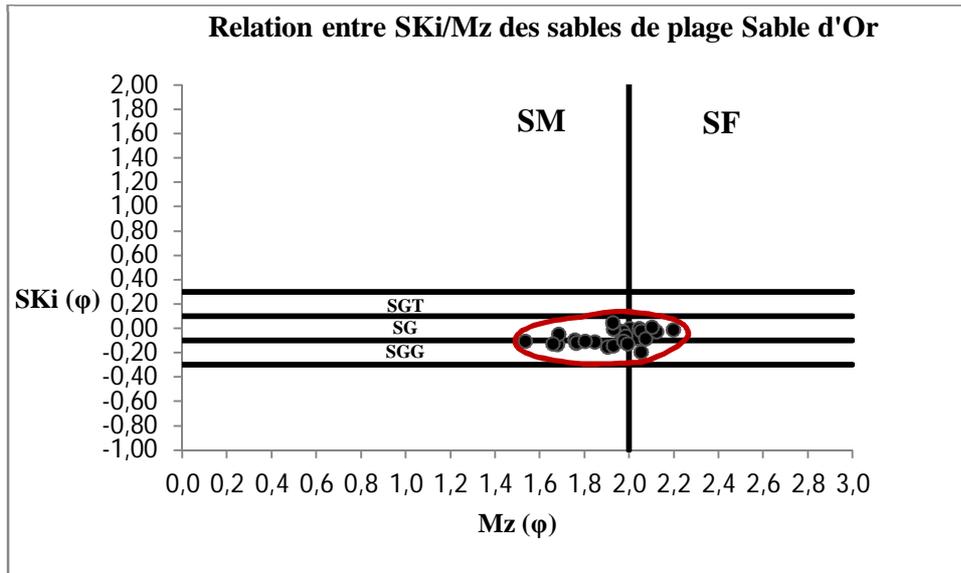


Figure 30: Relation entre (Ski/Mz)

B. Relation entre (Ski/δi)

Les sédiments de la plage Sable d'Or sont des sables côtiers très bien classés, bien classés et rarement assez bien classés. Ils sont, globalement, symétriques et parfois présentent une asymétrie vers les grandes tailles (figure 31).

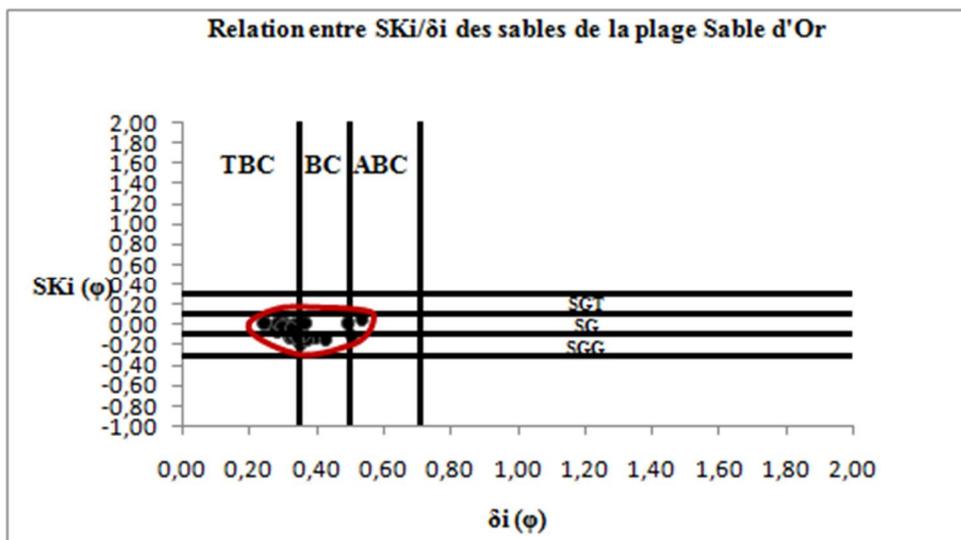


Figure 31: Relation entre (Ski/δi)

C. Relation entre (Mz/δi)

Les sédiments de la plage Sable d'Or sont des sables côtiers de taille moyenne avec une présence sporadique des sables fins. Il s'agit des sables très bien classés, bien classés et parfois assez bien classés (figure 32).

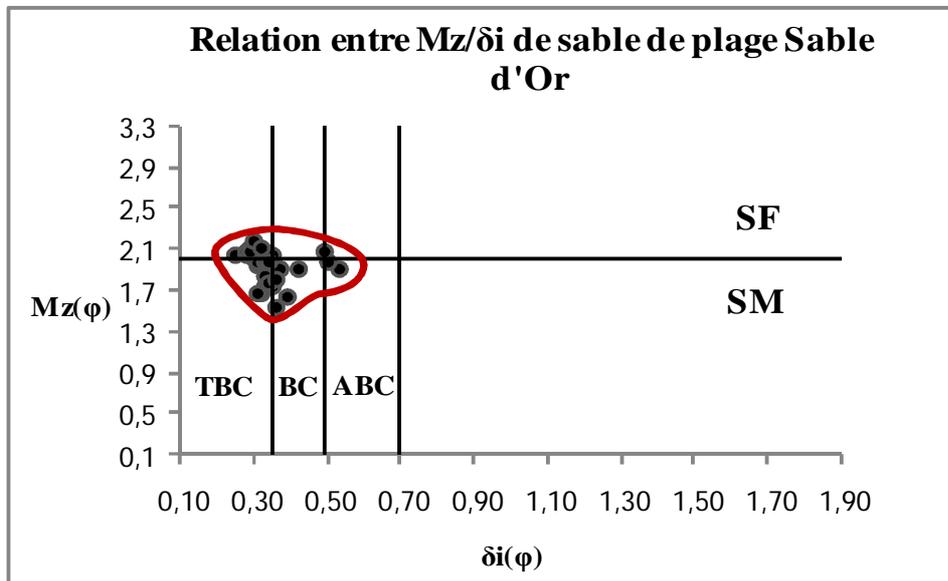


Figure 32: Relation entre (Mz/δi)

VII. LA CALCIMETRIE

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

L'appareil utilisé est le calcimètre de Bernard (figure 33), ce dernier est constitué ; d'un tube gradué vertical fixé à une planchette. Son extrémité inférieure est reliée à une ampoule par un tuyau de caoutchouc souple. Le tuyau et l'ampoule sont remplis par une solution d'eau déminéralisée saturée en NaCl.

La partie supérieure du tube est reliée par un autre tuyau de caoutchouc souple à un erlenmeyer dans lequel s'effectuera la réaction du HCl sur le CaCO₃.

A. Étape 01 : Montage du calcimètre

Un calcimètre permet de mesurer le volume de (CO₂) dégagé par action de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le carbonate de calcium (CaCO₃) d'un échantillon de sol ou de roche.

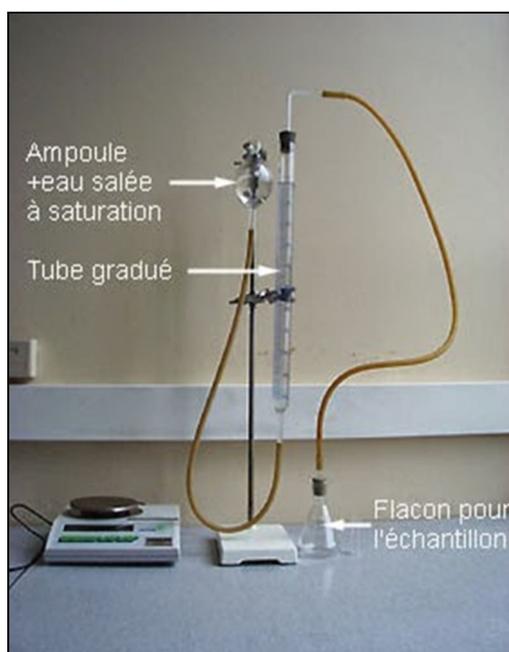


Figure 33: Calcimètre de Bernard

Les accessoires qui composent le calcimètre sont :

- Une ampoule ;
- Un tube gradué de 100 cm₃;
- Un erlenmeyer de 100 cm₃;
- Un petit tube en verre environ deux fois moins haut que l'erlenmeyer ;
- Deux bouchons à 1 trou adaptés au tube gradué et à l'erlenmeyer ;
- Prévoir :
 - Une balance à 0,1 g pour peser
 - L'échantillon (Figure 14);

- Une grosse pince à dissection ;
- Une pipette graduée ;
- HCl assez concentré (30%).

B. Étape 02 : Préparer la mesure

Préparer une solution saturée de Na Cl (environ ¼ de litre) ; la verser jusqu'à mi hauteur de l'ampoule.

Remarque : si on utilise de l'eau non salée, une partie du CO₂ dégagé va se dissoudre dans l'eau et le résultat sera faussé.

- Tarer la balance puis peser l'échantillon.
- Placer dans l'erlenmeyer l'échantillon;
- A l'aide d'une pipette, versé dans le tube de l'HCl assez concentré ;
- A l'aide d'une grosse pince, mettre en place le tube dans l'erlenmeyer ;
- Boucher l'erlenmeyer ;
- Modifier la hauteur de l'ampoule de manière à ce que l'eau salée soit au même niveau dans l'ampoule et le tube gradué.
- Le contenu de l'erlenmeyer sera alors à la pression atmosphérique. Noter le niveau.

C. Étape 03 : La mesure

- Incliner l'erlenmeyer afin de faire couler l'acide sur l'échantillon ;
- Reposer l'erlenmeyer et attendre la fin de l'effervescence;
- Remarque : pour une mesure précise, il convient d'attendre un rééquilibrage de la température avec celle de l'air ambiant (réaction exothermique).
- La pression dans le tube gradué est alors supérieure à la pression atmosphérique.
- Il convient de rétablir la pression atmosphérique en descendant l'ampoule jusqu'à obtenir le même niveau dans l'ampoule et le tube.
- Le CO₂ dégagé est maintenant à pression atmosphérique : on peut faire la mesure. Ouvrir l'erlenmeyer; ajouter un peu d'acide sur l'échantillon. Vérifier que l'acide était bien en excès et que tout le CaCO₃ a été attaqué.

D. Étape 04 : Le calcul de teneur en CaCO₃

Cette formule a été proposée par Denis Baize ;



Si l'acide HCl est excès, son action sur une mole de CaCO₃ (100g/mol) libère une mole de CO₂ (22,41 soit 22400 ml).

Connaissant le volume de CO₂ dégagé (niveau final - niveau initial), faire un produit en croix pour calculer la masse de CaCO₃ attaqué. Connaissant la masse de CaCO₃ et la masse de l'échantillon, faire un produit en croix pour calculer le pourcentage de CaCO₃ dans l'échantillon.

VIII. RESULTATS DES ANALYSES

Les sédiments de la plage Sable d'Or montrent des taux des carbonates de calcium qui peuvent atteindre 20,83% dans l'échantillon 6 (tableau 8 et fig. 34).

Tableau 8: Représentation des taux des carbonates de calcium

N° de l'échantillon	La masse de l'éch(g)	Niveau initial (ml)	Niveau final (ml)	volume de CO ₂	Masse de CaCO ₃ (g)	Le taux de carbonates de calcium %
	M éch	Ni	Nf	V CO ₂ = Nf-Ni	M CaCO ₃ = (V CO ₂ *100)/22400	T CaCO ₃ = (M CaCO ₃ *100)/M éch
E01	0,3	3	10	7	0,031	10,42
E02	0,3	2,5	11,5	9	0,040	13,39
E03	0,3	3	11	8	0,036	11,90
E04	0,3	2,5	10	7,5	0,033	11,16
E05	0,3	2,5	10,5	8	0,036	11,90
E06	0,3	2,5	16,5	14	0,063	20,83
E07	0,3	2,5	9	6,5	0,029	9,67
E08	0,3	2,5	7,5	5	0,022	7,44
E09	0,3	3	11	8	0,036	11,90
E10	0,3	2,5	8,5	6	0,027	8,93
E11	0,5	2,5	10,5	8	0,036	7,14
E12	0,6	2,5	10	7,5	0,033	5,58
E13	0,5	3,5	15	11,5	0,051	10,27
E14	0,4	3,5	16	12,5	0,056	13,95
E15	0,5	3	9	6	0,027	5,36
E16	0,3	3	8	5	0,022	7,44
E17	0,5	5	14	9	0,040	8,04
E18	0,3	3	12	9	0,040	13,39
E19	0,3	3	15,5	12,5	0,056	18,60
E20	1	2,5	3,5	1	0,004	0,45
E21	1	2,5	12	9,5	0,042	4,24
E22	1	7	20,5	13,5	0,060	6,03
E23	0,3	3	9,5	6,5	0,029	9,67
E24	0,3	1	8,25	7,25	0,032	10,79
E25	0,3	2,5	9,5	7	0,031	10,42
E26	1	1	1	0	0,000	0,00
E27	0,3	2,5	10	7,5	0,033	11,16
E28	0,3	2	12,5	10,5	0,047	15,63
E29	0,3	2,5	7,5	5	0,022	7,44
E30	1	2,5	2,5	0	0,000	0,00

IX. ÉVOLUTION DES TAUX DES CARBNATES DANS LES SEDIMENTS DE LA PLAGE DE SABLE D'OR

Les variations offshore et longshores des taux des carbonates de calcium à travers les sept radiales sont caractérisées par des anomalies positives indiquant des niveaux riches en coquilles carbonatées de mollusques, surtout dans les radiales 2, B, C et E ; par contre la diminution de l'intensité de ces pics exprime l'appauvrissement en contenu malacologique.

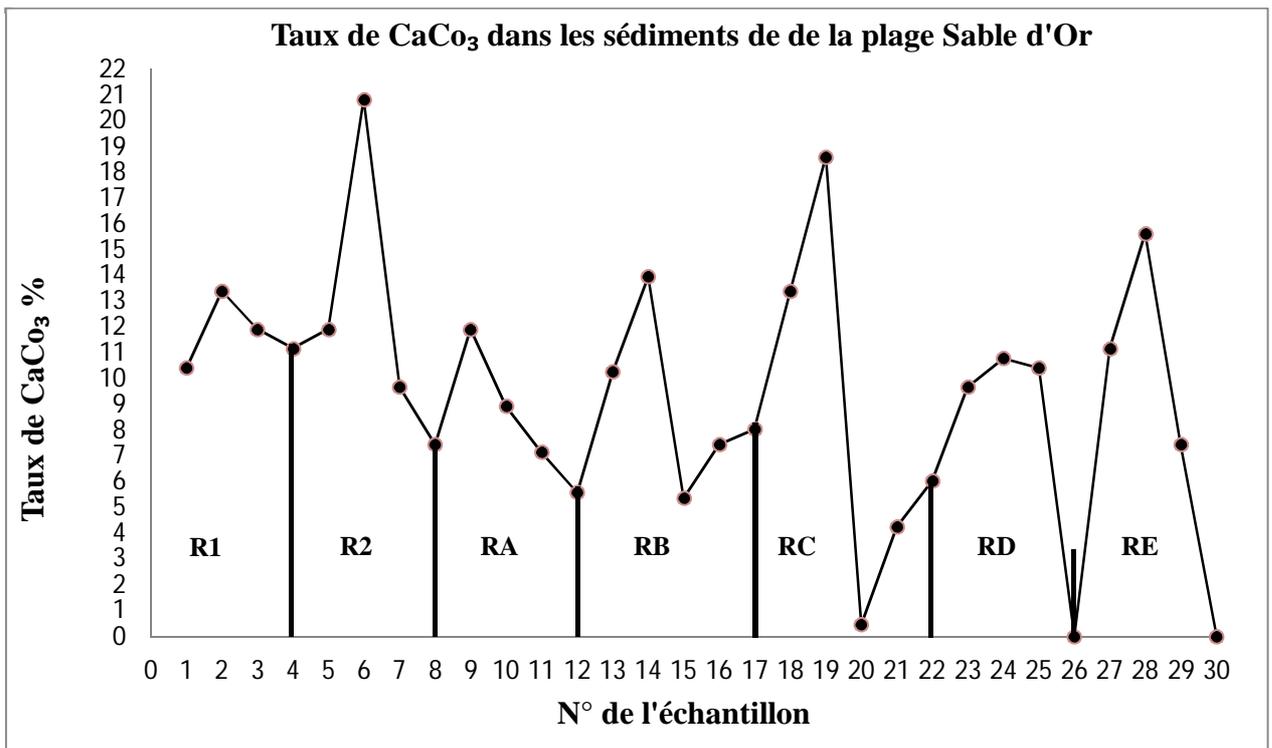


Figure 34: Évolution des taux des carbonates de calcium dans les 7 radiales

Conclusion

Ce travail a permis de déterminer les propriétés granulométriques transversales et longitudinales des sédiments côtiers des différentes unités morphologiques au niveau de la plage Sable d'Or.

L'étude granulométrique a montré que les sédiments de la plage Sable d'Or ont une granulométrie moyenne avec la présence sporadique des sables fins qui décroît légèrement du bas estran vers la dune. Il s'agit de sables très bien classés, bien classés et parfois assez bien classés.

L'analyse morphoscopique à la loupe binoculaire a révélé que les sables de la plage Sable d'Or sont essentiellement quartzeux, et constitués de grains subémoussés à émoussés luisants qui indiquent la prédominance de transport hydrique par les eaux marines.

Les sédiments de la plage Sable d'Or sont riches en coquilles de Gastéropodes et Lamellibranches et quelques Foraminifères

L'analyse calcimétrique des échantillons des sept radiales a montré des anomalies positives indiquant des niveaux riches en coquilles carbonatées de Mollusque, surtout dans les radiales 2, B, C et E, par contre la diminution de l'intensité de ces pics exprime l'appauvrissement en contenu malacologique.

BIBLIOGRAPHIE

- Abuodha, J. O. Z. (2003). Grain size distribution and composition of modern dune and beach sediments, Malindi Bay coast, Kenya. *Journal of African Earth Sciences*, 36(1-2), 41-54.
- Affoun, S. (2006). Ressources en eaux, mobilisation et utilisation dans le bassin versant de la Mafragh. Mémoire de magister, univ. Constantine.
- Aoun Sebaiti, B. (2010). *Gestion optimisée des ressources en eau d'une nappe côtière: application à la plaine d'Annaba (Nord-est Algérien)* (Doctoral dissertation, Lille 1).
- Belmedrek, S. (2006). Granulométrie et minéraux lourds des sables dunaires et de plage des secteurs de OuedZhour et de Beni Belaid (Jijel, Algérie nord orientale).
- Berthois, L. (1958). *Technique de l'analyse granulométrique*. Centre de documentation universitaire.
- Bossière, G. (1976). Sur un gisement de péridotite découvert dans le massif cristallophyllien de l'Edough (Annaba, Algérie).
- Bull, W. B. (1977). The alluvial-fan environment. *Progress in Physical geography*, 1(2), 222-270.
- Cailleux, A., & Tricart, J. (1963). Initiation à l'étude des sables et des galets (Vol. 1). Centre de documentation universitaire.
- Chauhan, O. S. (1992). Laminae and grain-size measures in beach sediments, East Coast Beaches, India. *Journal of coastal research*, 172-182.
- Degaichia, A. (2001). Aspects sédimentologique du dépôt mio-plio-quaternaire de la zone avoisinante au barrage de Foug el khanga (sedrata, NE de l'Algérie). *Thèse de Magistère*. 23 Tab.-29 Fig.-176p.
- Degaichia, A. & Salhi, N. (2013). Introduction à l'étude granulométrique des sables de la plage du golfe de Bône (Annaba). *Conférence : 3ème Colloque International "Les Géosciences au Service du Développement Durable"*. 10p.
- Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*, 27(1), 3-26.
- Friedman, G. M. (1962). On sorting, sorting coefficients, and the lognormality of the grain-size distribution of sandstones. *The Journal of Geology*, 70(6), 737-753.
- GRIMES, S. (2005). Projet régional pour le développement d'aires protégées marines et côtières dans la région méditerranéenne (Projet MedMPA).
- Guerfi, S. (2016). Sédimentologie et dynamique sédimentaire des sables côtiers de la rive occidentale de l'Oued Mafragh (El Tarf, NE de l'Algérie), 80p.
- Herve C.M 1987.- *Sédimentologie*- Dunod Edit.- Paris-175p.

- Ilavsky, J., & Snopkova, P. (1987). Découverte d'acritarches paléozoïques dans les terrains métamorphiques de l'Edough (Wilaya d'Annaba, Algérie). *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'univers, Sciences de la Terre*, 305(10), 881-884.
- Krumbein W.C., 1936.- The Use of Quartile Measures in Describing And Comparing Sediments *Ann. Journ Science* - T. 32 -Pp.98-111.
- Joleaud, L. (1936). *Étude géologique de la région de Bône et de La Calle...* Imp. La Typo-litho & J. Carbonel.
- Kherifi, W., & Bousnoubra, H. K. (2012). Evolution saisonnière de la qualité microbiologique des eaux du lac Mellah (nord-est algérien). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (11).
- Krumbein, W. C. (1936). Application of logarithmic moments to size-frequency distributions of sediments. *Journal of Sedimentary Research*, 6(1), 35-47.
- Krumbein, W. C., & Pettijohn, F. J. (1938). *Manual of sedimentary petrography*.
- Mahrez, B., Klebingat, S., Houha, B., & Houria, B. (2018). GIS-based GALDIT method for vulnerability assessment to seawater intrusion of the Quaternary coastal Collo aquifer (NE-Algeria). *Arabian Journal of Geosciences*, 11(4), 71.
- Marre, A. (1987). *Etude géomorphologique du tell oriental Algérien de Collo à la frontière Tunisienne* (Doctoral dissertation, Université de Provence. Faculté des lettres et sciences humaines).
- Masri, T. (2016). *Sédimentologie et dynamique sédimentaire des sables côtiers de la rive orientale de l'Oued Mafragh (El Tarf, NE de l'Algérie)*, 100p.
- Nouacer, R. (1993). *Essai de synthèse des caractéristiques hydrogéologiques et hydrochimiques de la nappe du massif dunaire de Bouteldja* (Doctoral dissertation, Thèse de Magister de l'Université de Annaba, Algeria).
- Paskoff, R. (1998). *Les littoraux, impacts des aménagements sur leur évolution*, Paris. *Edition Armand Colin. Paris*.
- Paskoff, R. (1998). *Les littoraux, impacts des aménagements sur leur évolution*, Paris. *Edition Armand Colin. Paris*.
- Passega, R. (1964). Grain size representation by CM patterns as a geologic tool. *Journal of Sedimentary Research*, 34(4), 830-847.
- Peel, M. C., Finlayson, B. L., & McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification.
- Riviere, A. (1952). Expression analytique générale de la granulométrie des sédiments meubles; indices caractéristiques et interprétation géologique; notion de faciès granulométriques. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 6(1-3), 155-167.
- Salhi, N. 2013. - introduction à l'étude granulométrique des sables de plage du Golfe de Bône (Algérie). Mémoire de Master. 33 Fig. - 14 Tab. - 72p.

Sarri, D. (2018). Développement durable au sein des aires protégées algériennes: cas du parc national d'el Kala et des sites d'intérêt biologique et écologique de la région d'el Tarf(Doctoral dissertation).

TRASK.P.D. (1930): economic geology. Vol.25, pp581-599.

Visher, G. S. (1969). Grain size distributions and depositional processes: Jour. Sed. *Petrology*, 39, 1074-1106.

Wentworth, C. K. (1926). *Methods of mechanical analysis of sediments* (Vol. 11, No. 11). University of Iowa.

Wildi, W. (1983). La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie): structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. *Revue de géographie physique et de géologie dynamique*, 24(3), 201-297.

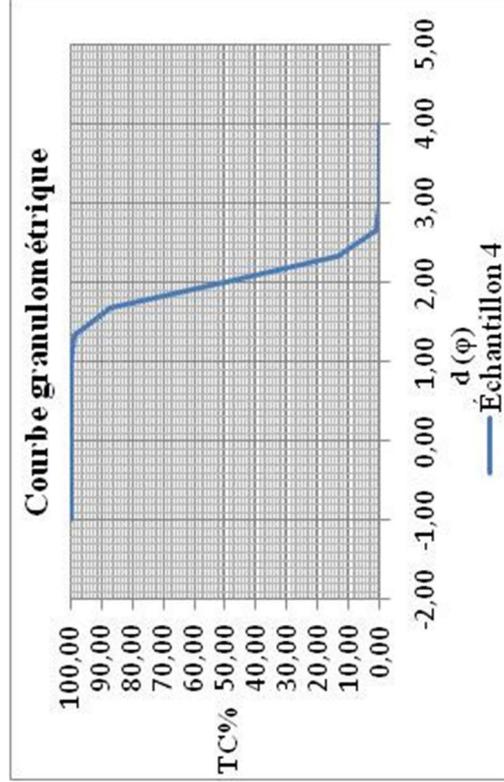
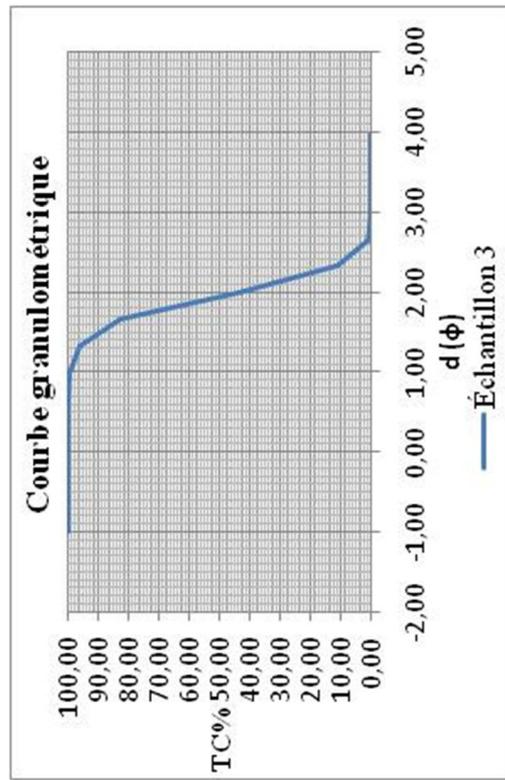
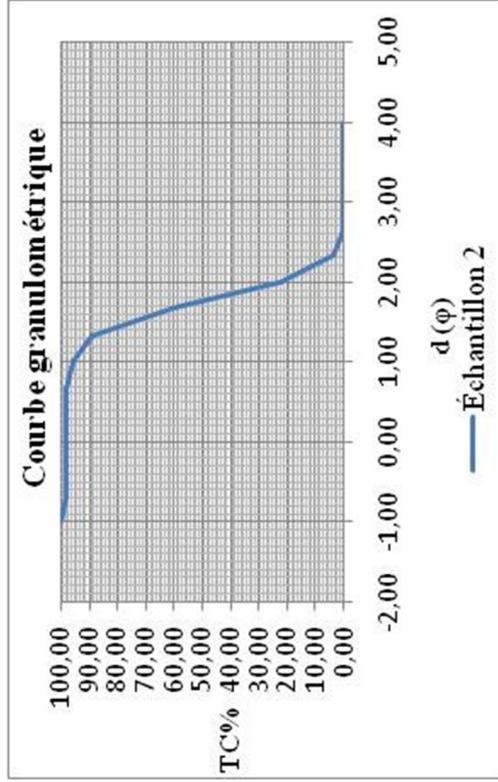
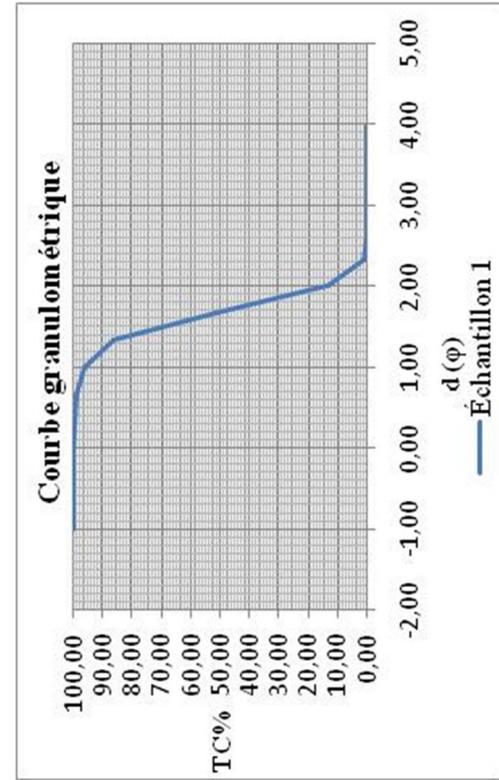
Webographie

www.meteoblue.com, climat d'El Tarf.com

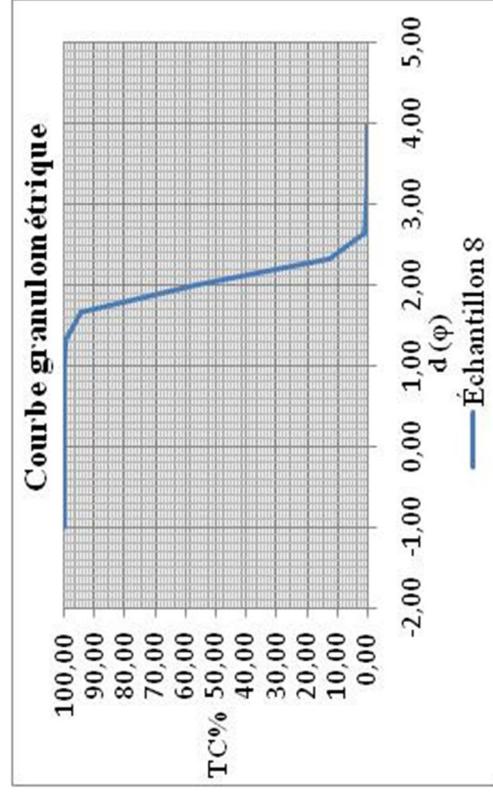
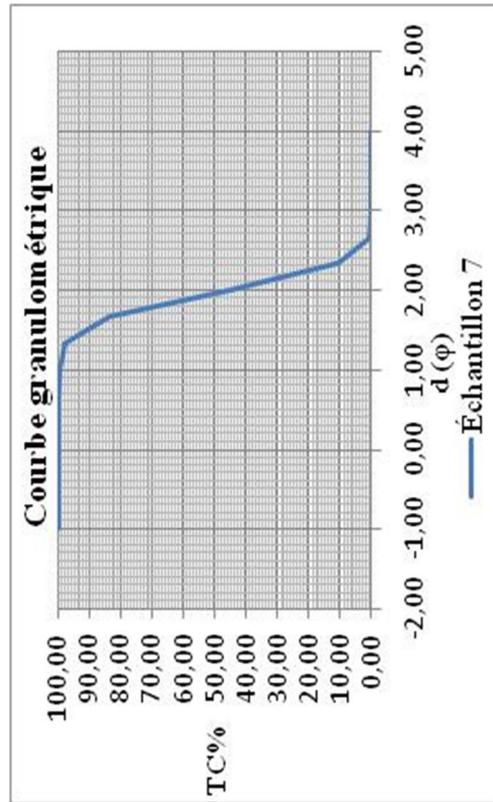
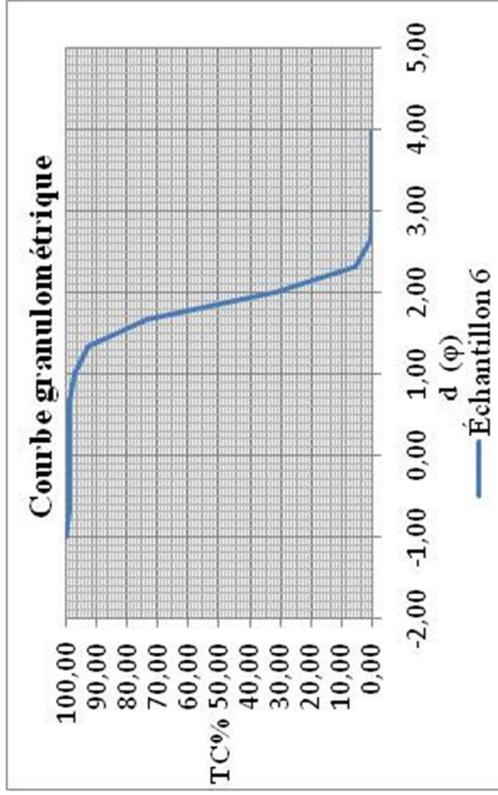
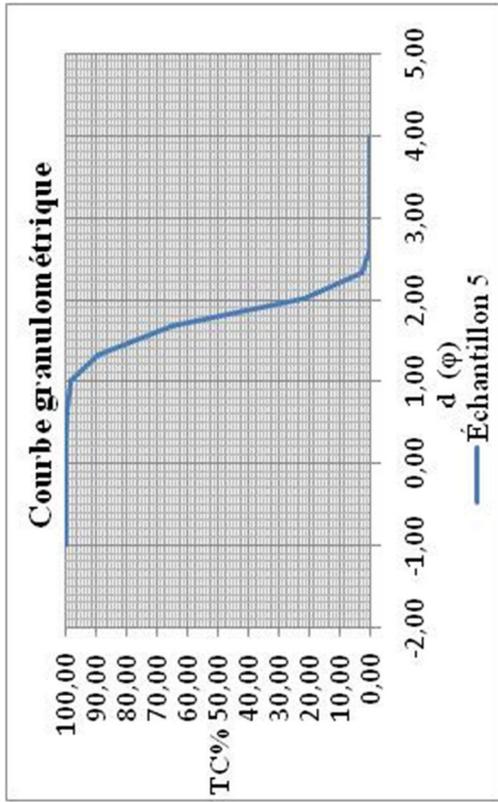
ANNEXES

I. ANNEXES 1 : COURBES GRANULOMETRIQUES

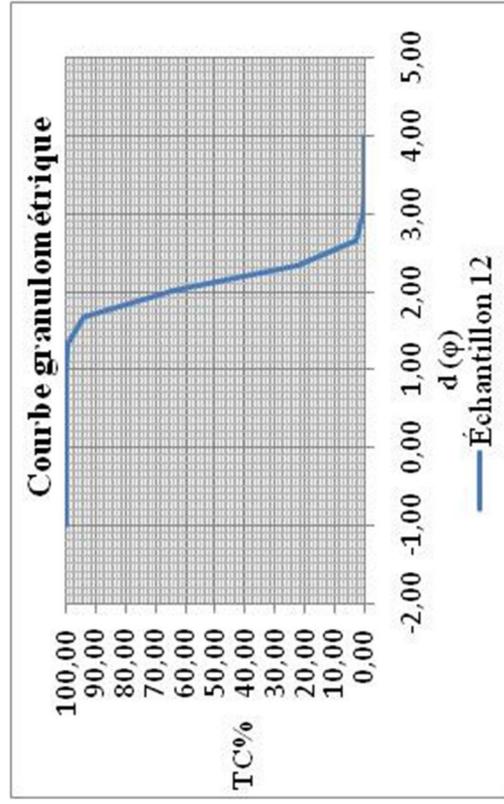
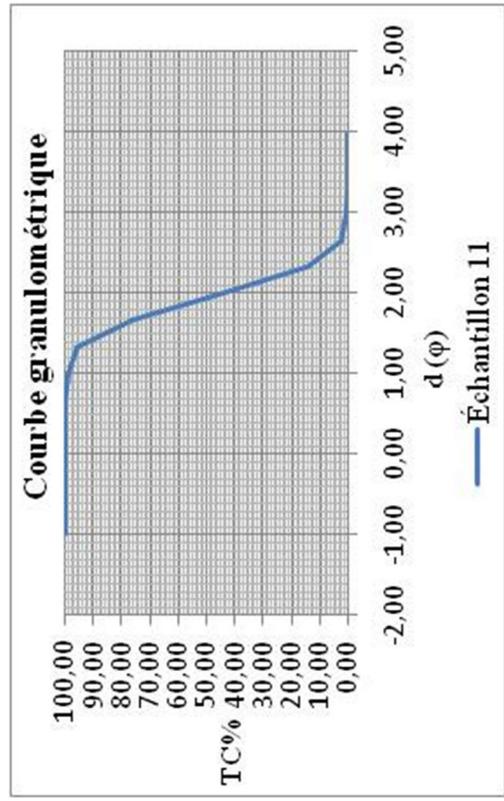
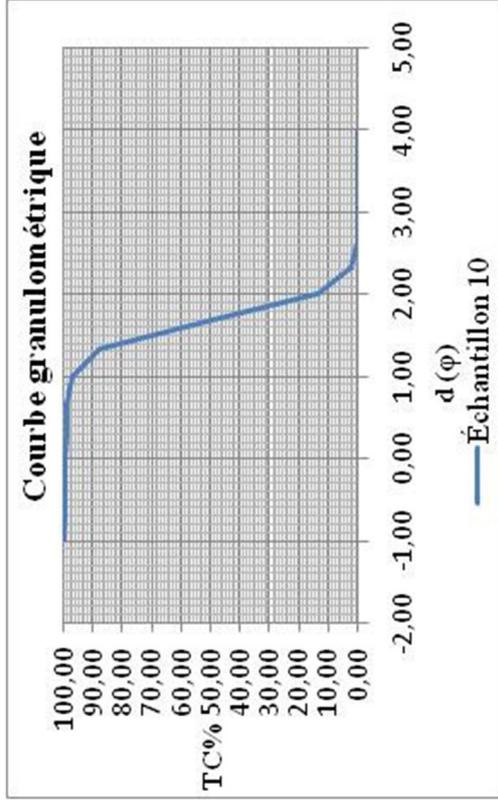
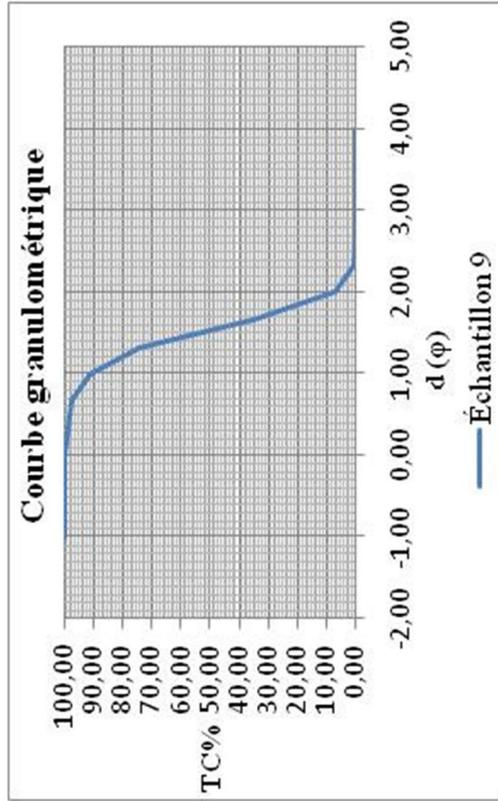
1. Radial 1



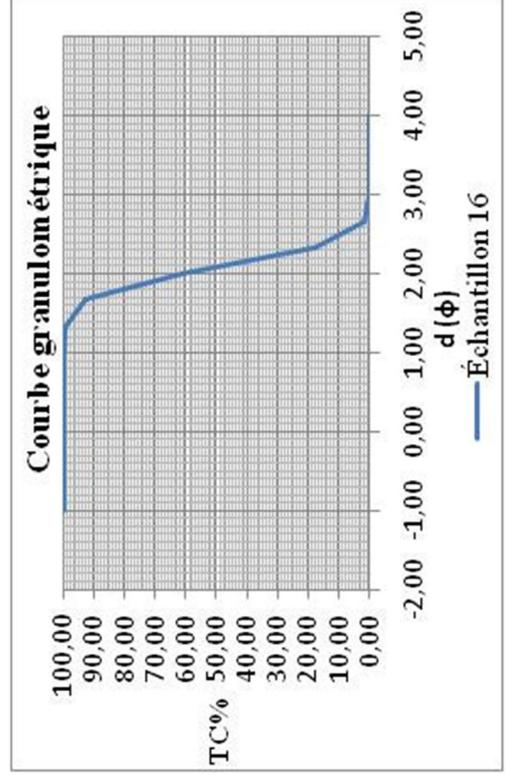
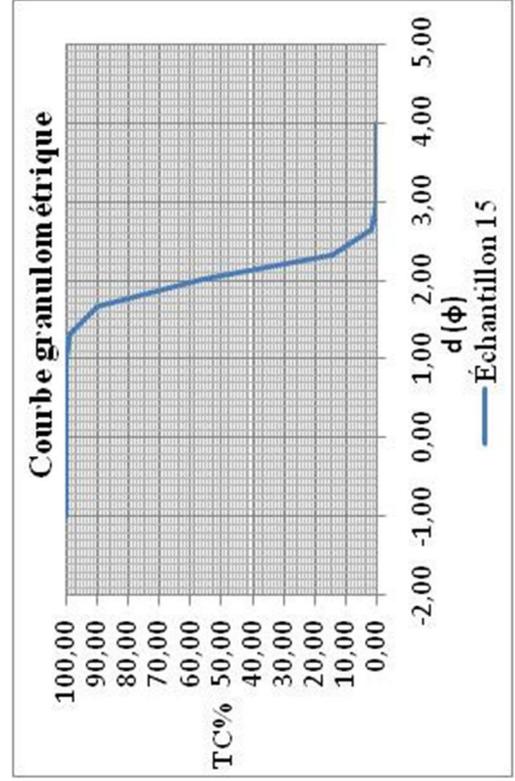
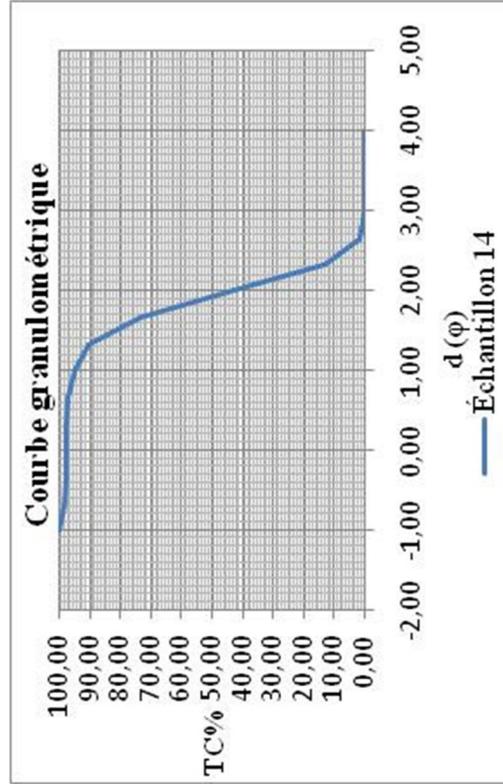
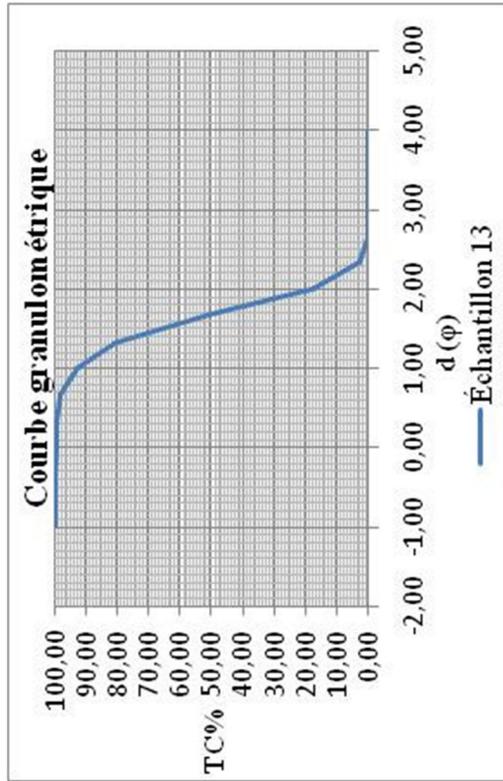
2. Radial 2



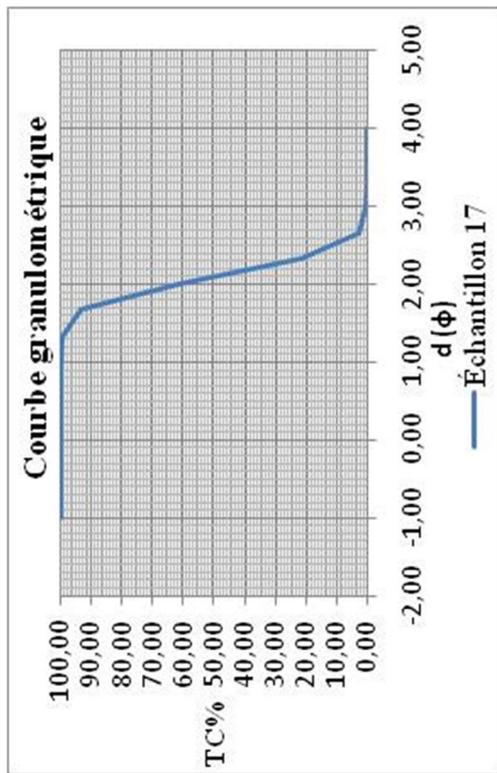
3. Radial A



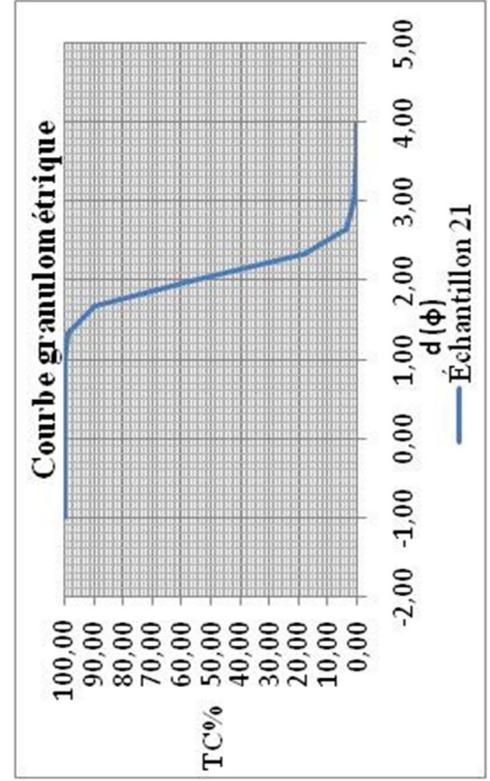
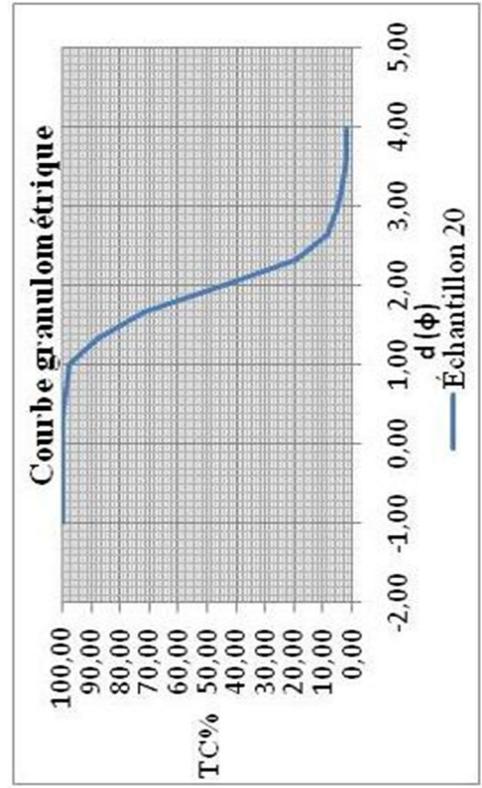
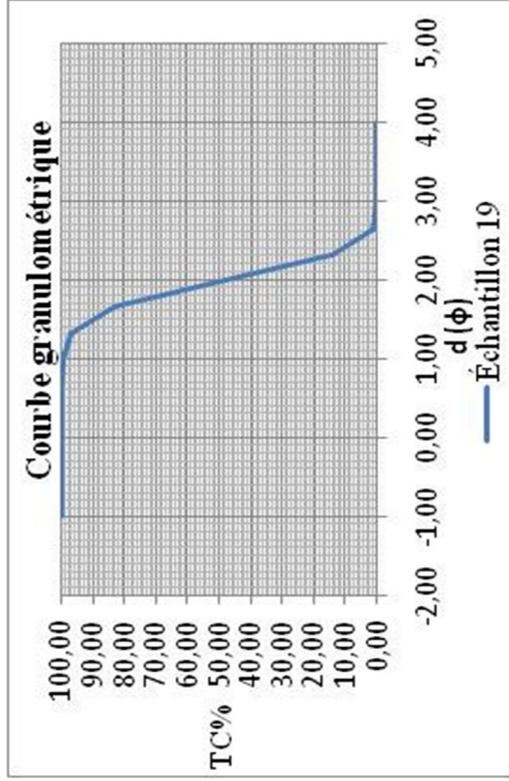
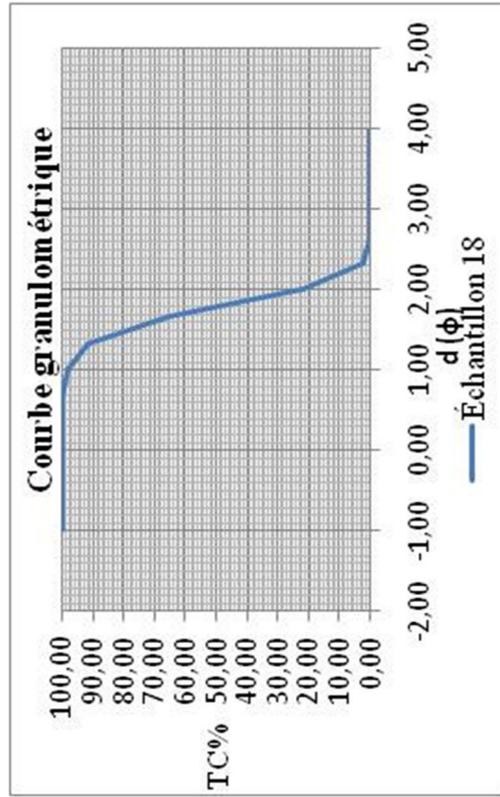
4. Radial B



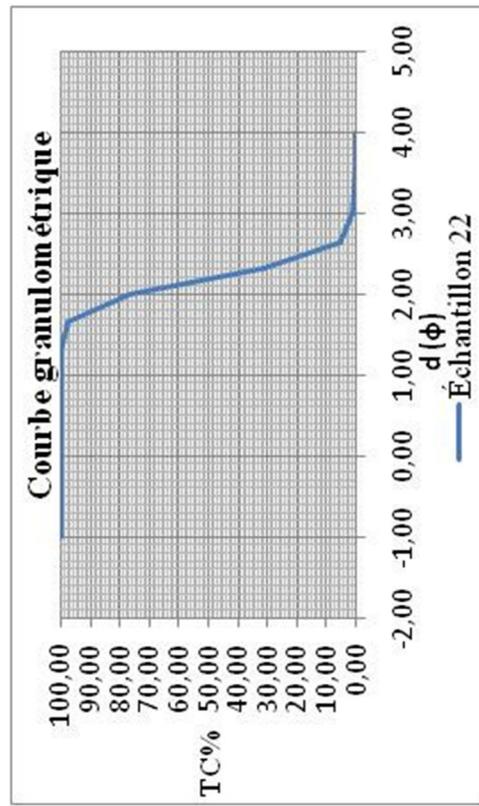
5. Radial B



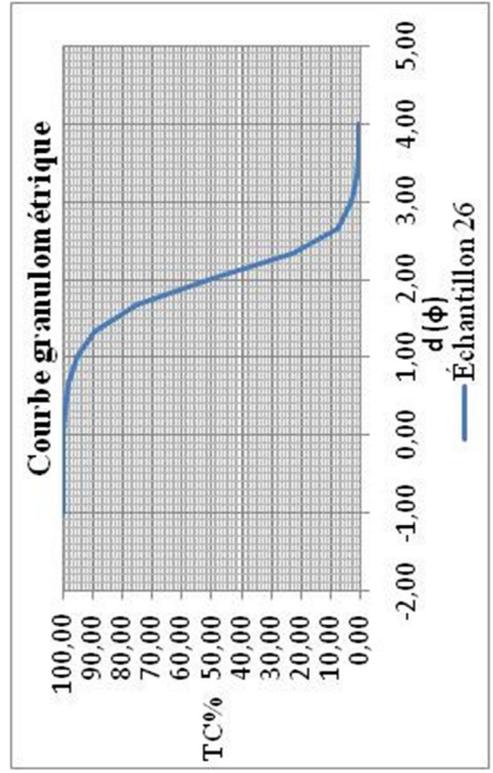
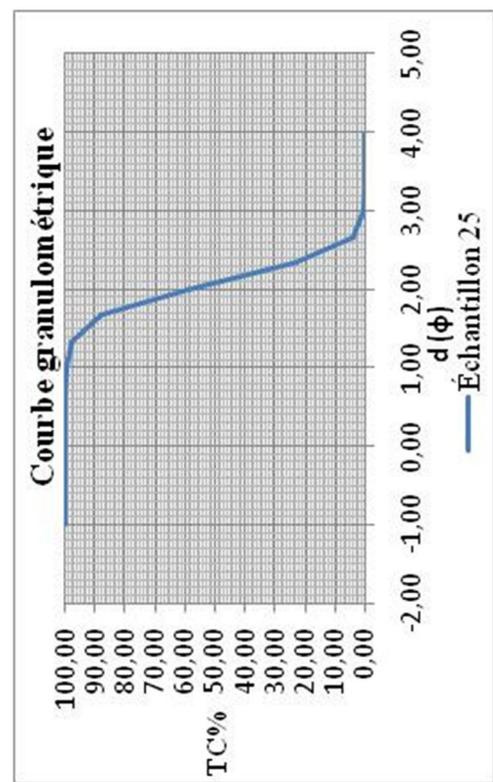
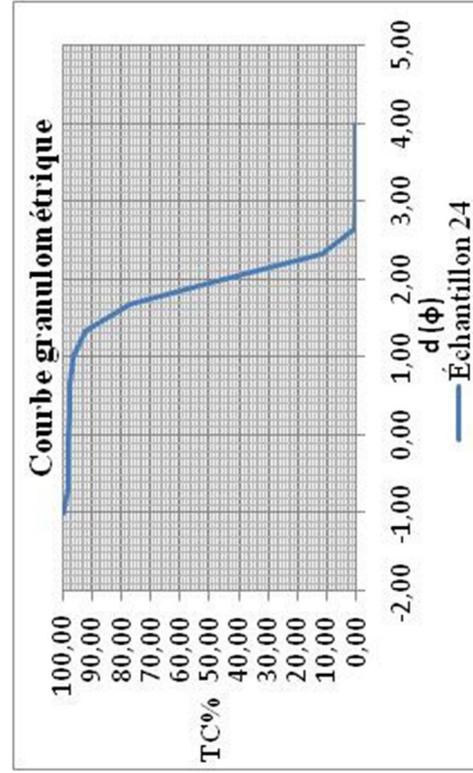
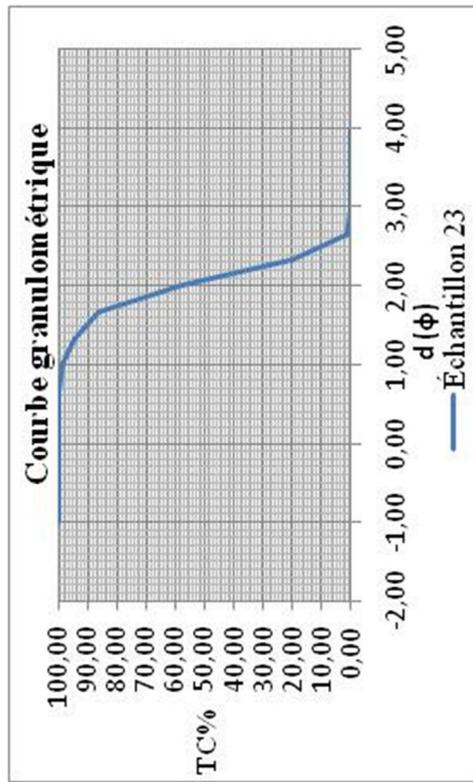
6. Radial C



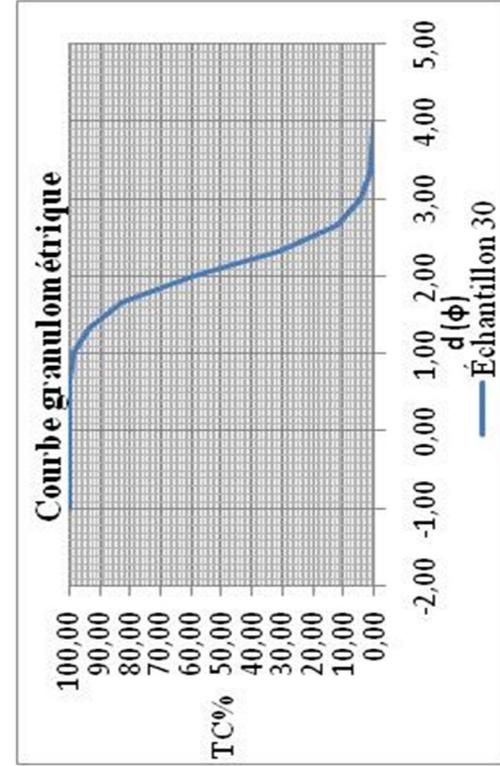
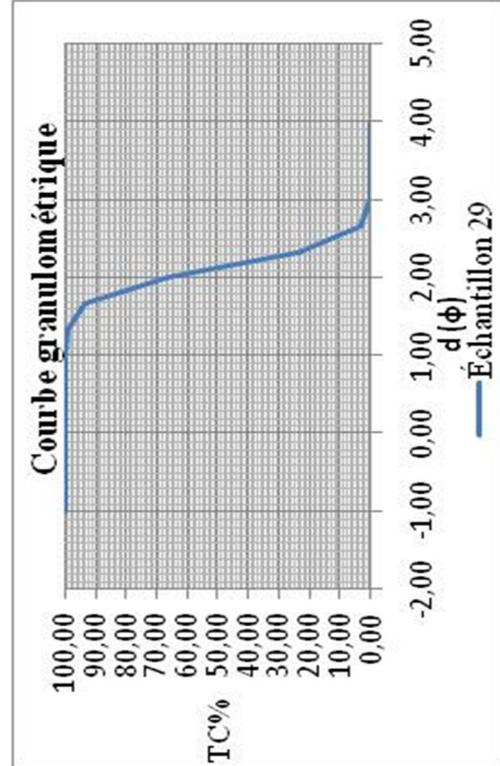
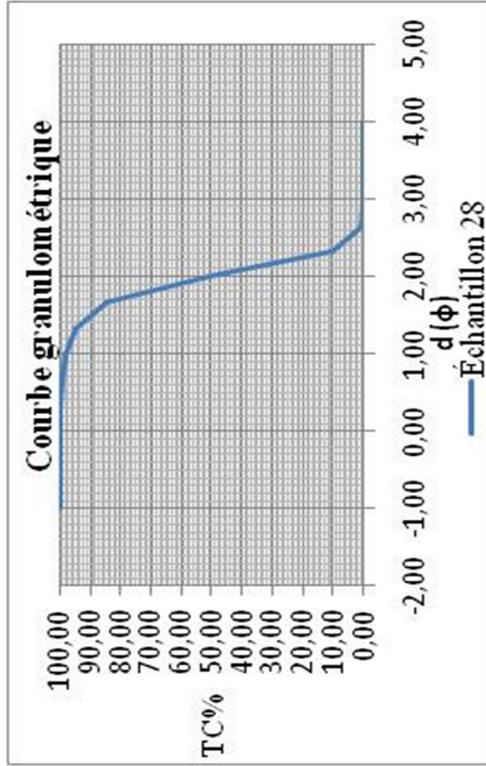
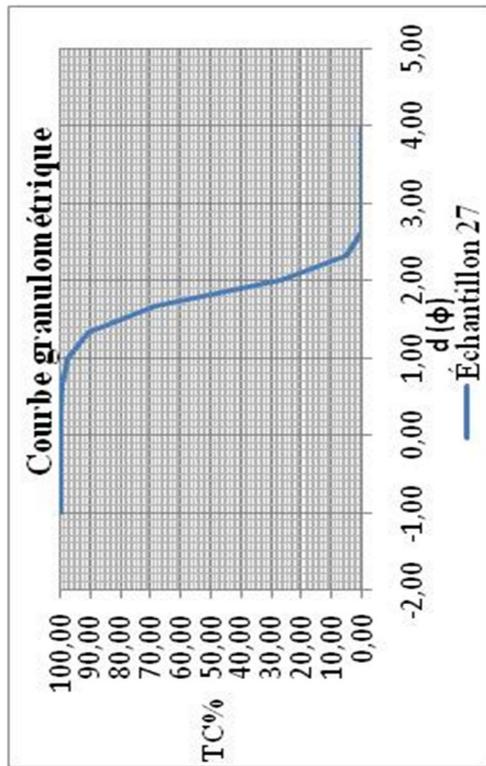
7. Radial C



8. Radial D

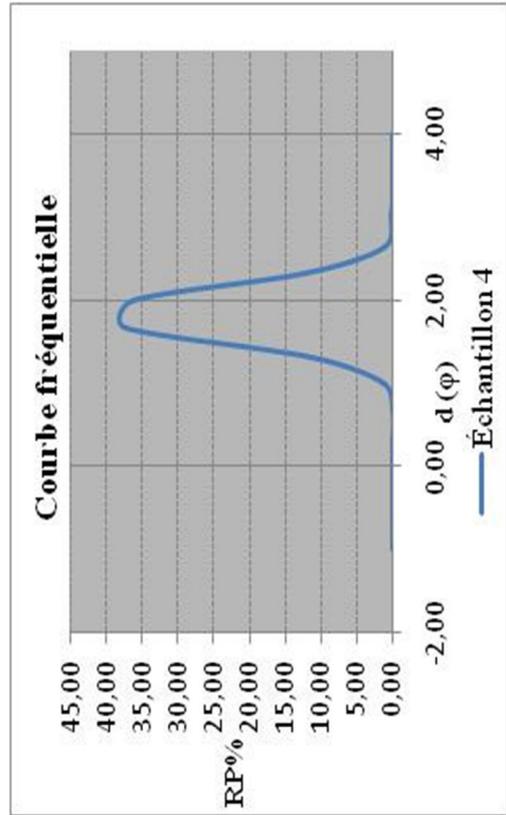
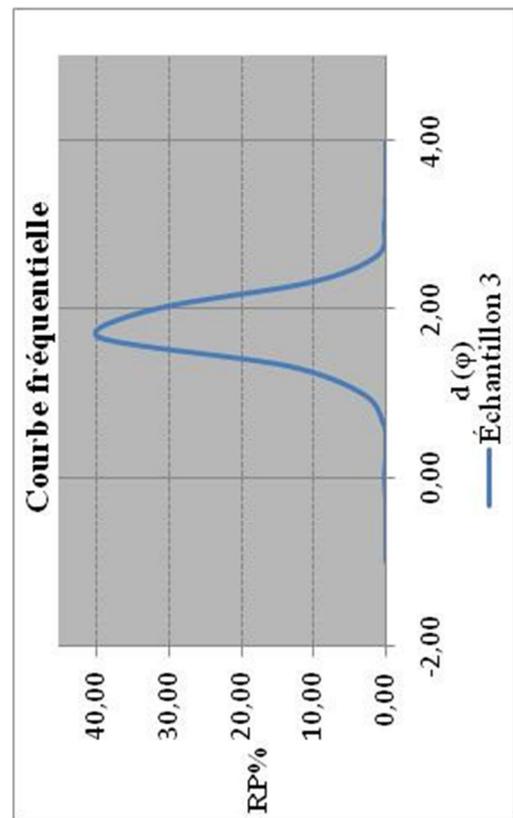
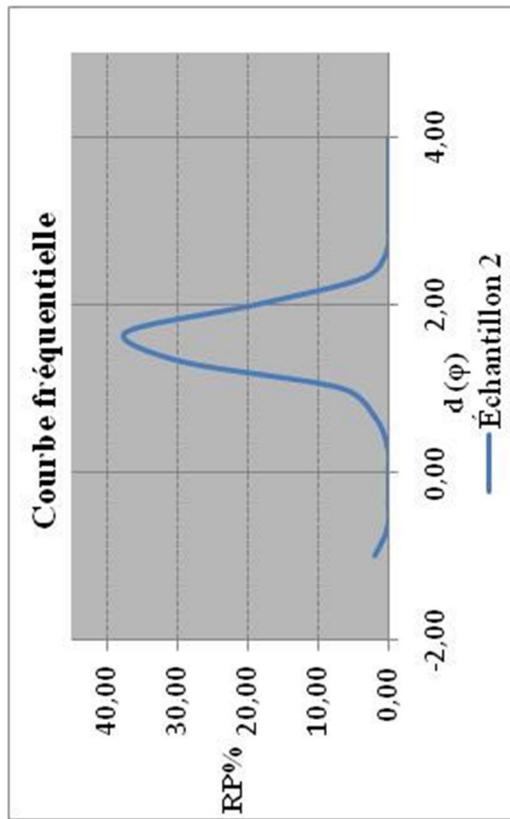
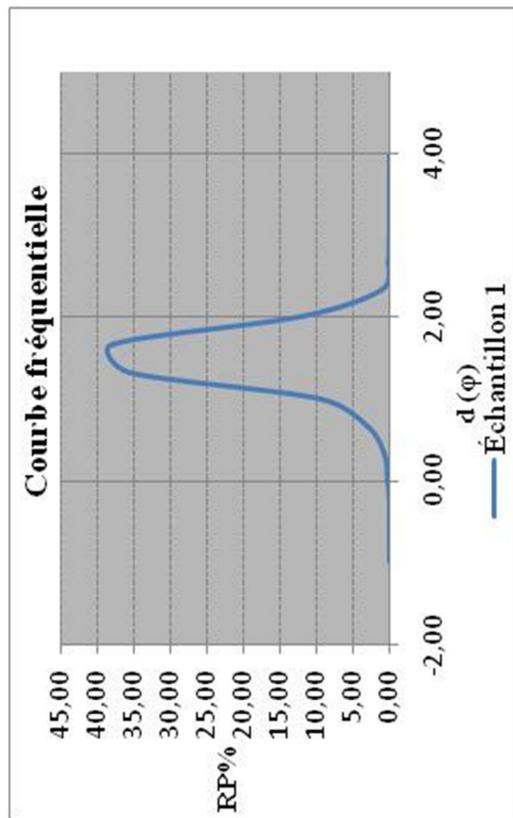


9. Radial E

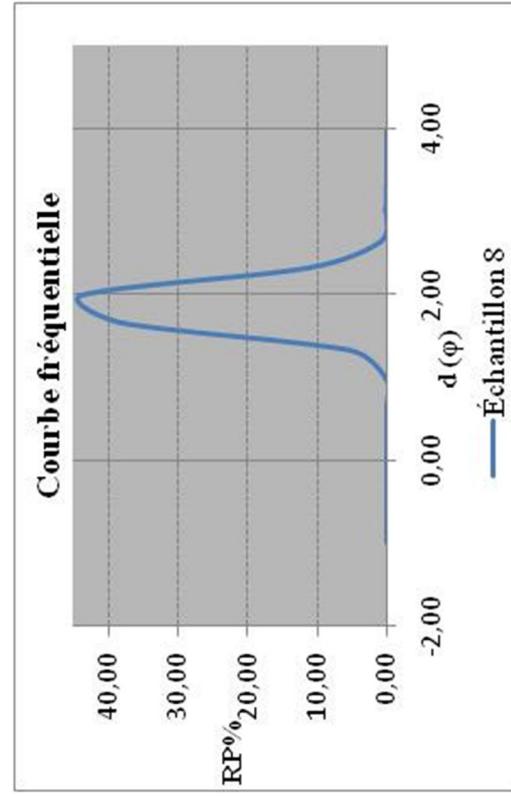
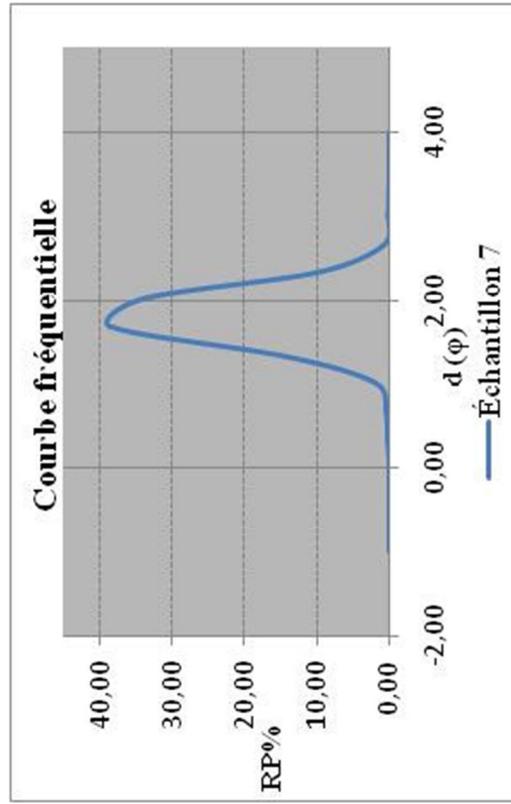
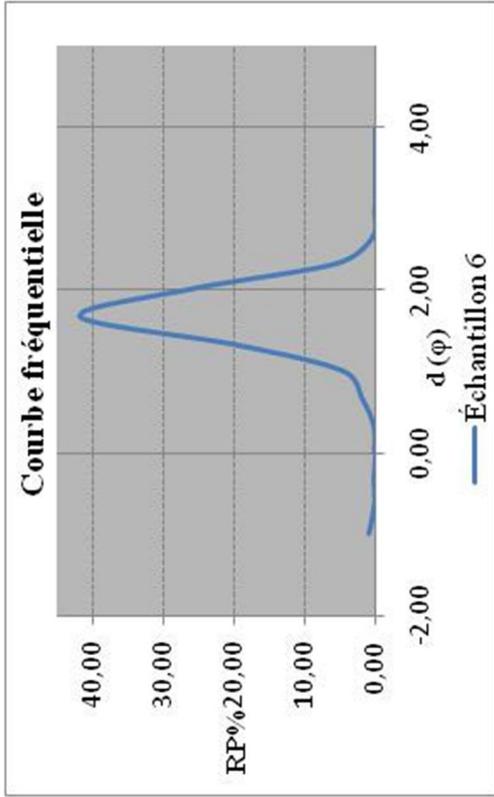
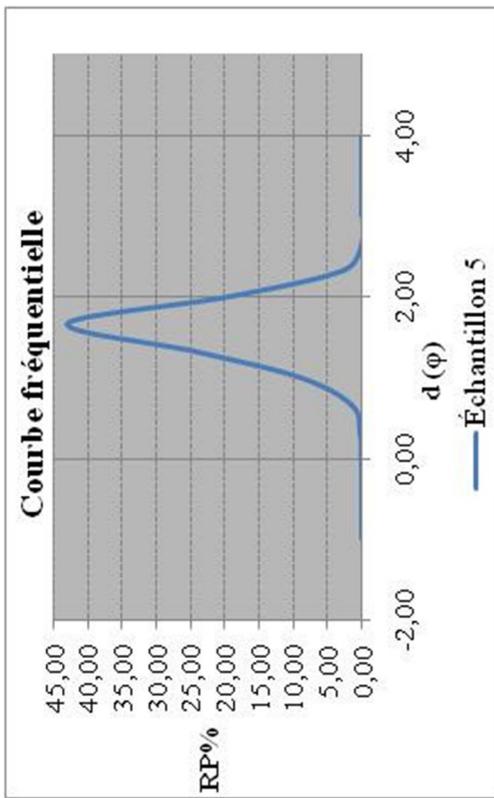


II. ANNEXES 1 : COURBES FREQUENTIELLE

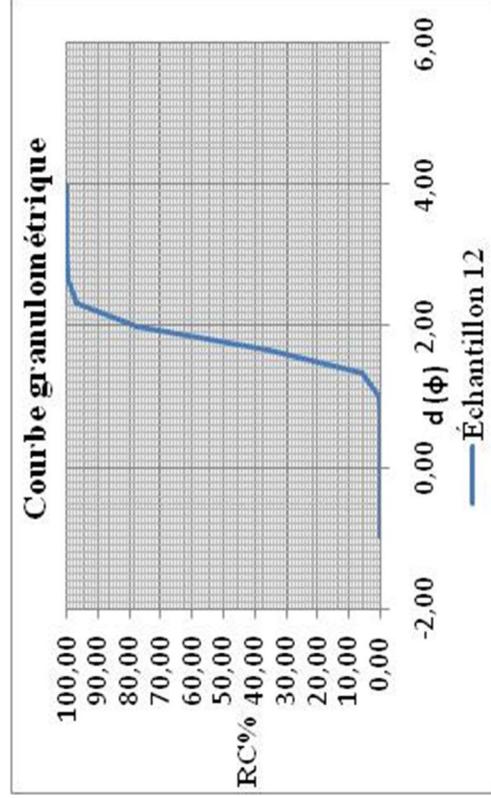
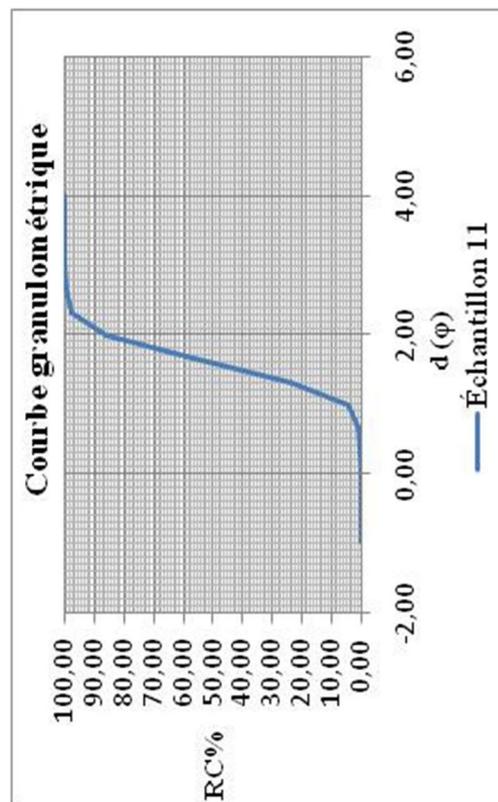
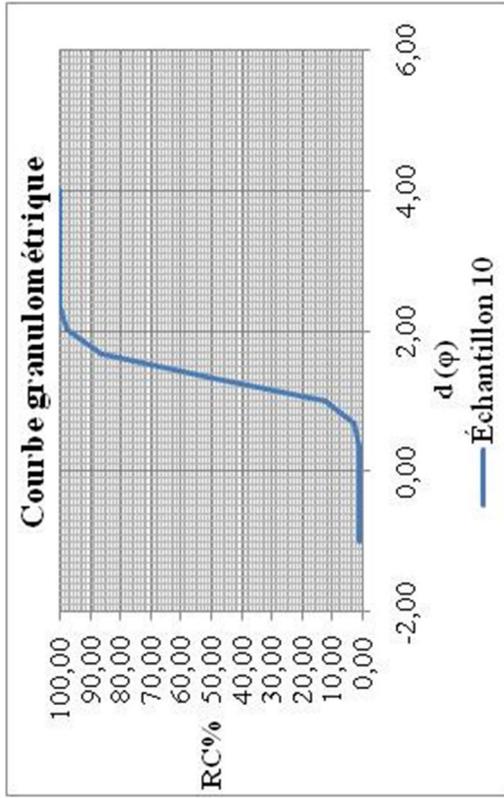
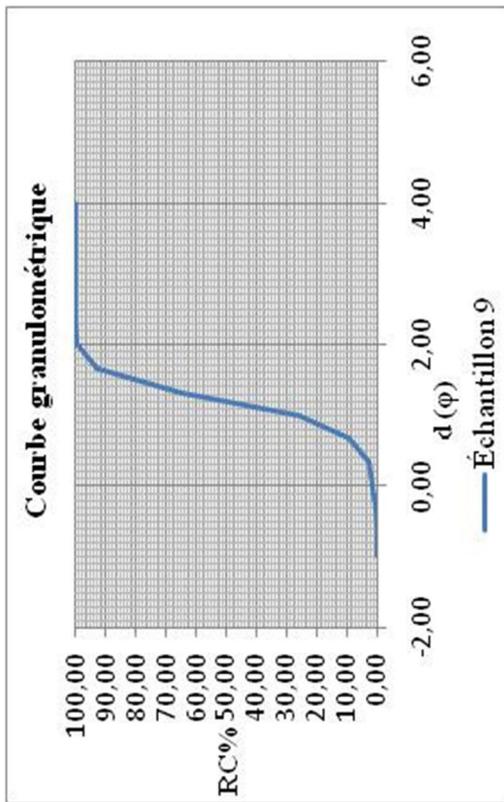
1. Radial 1



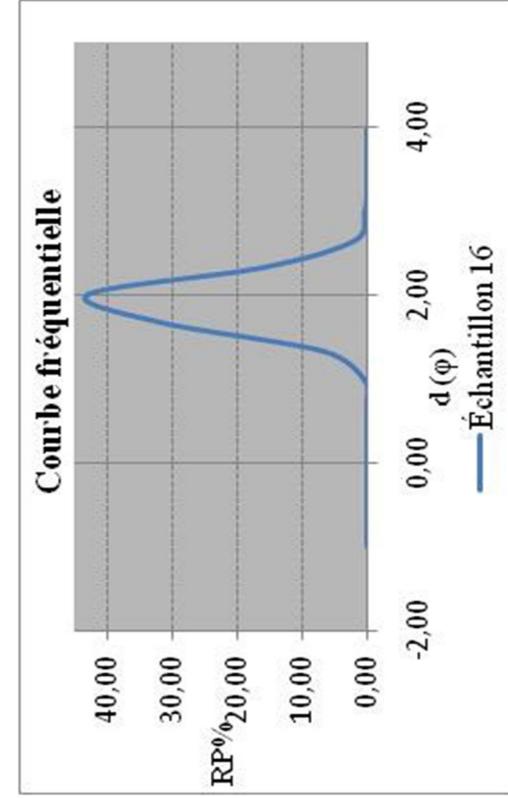
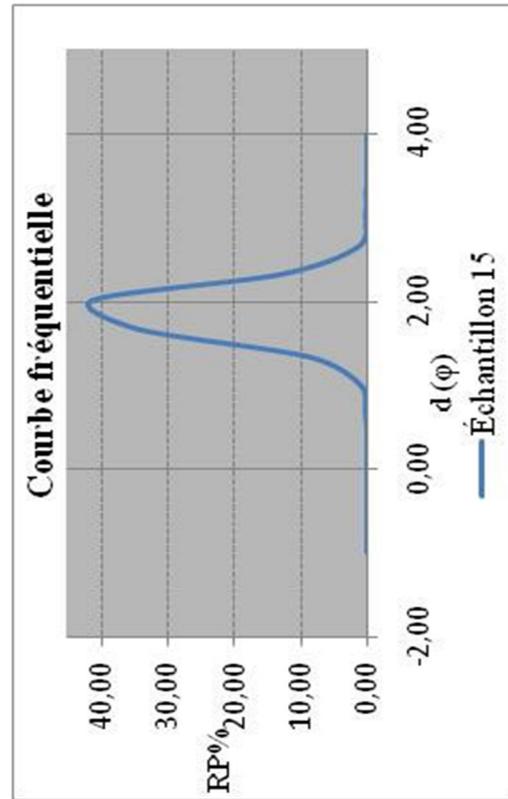
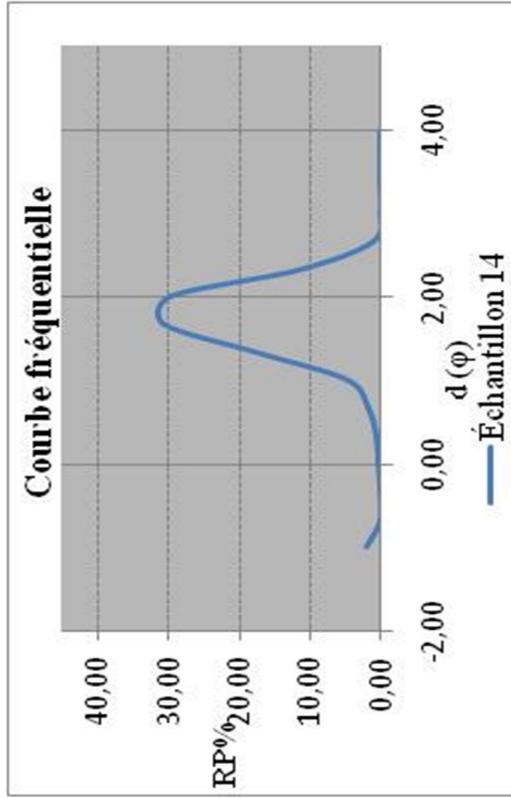
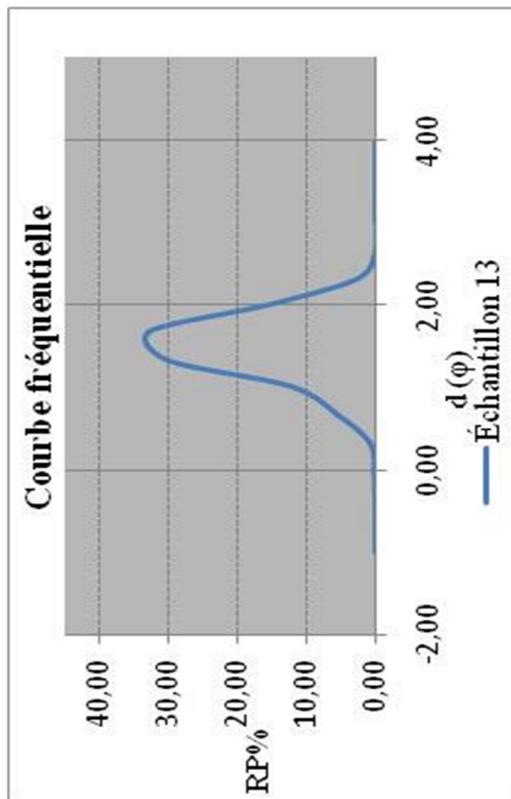
2. Radial 2



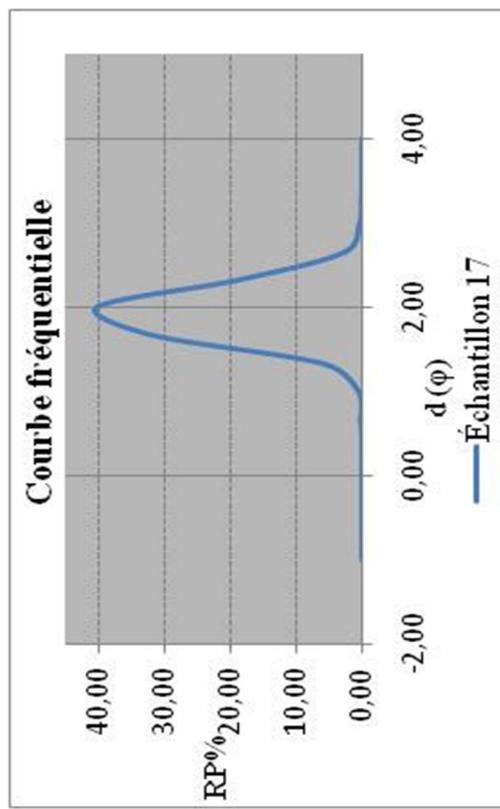
3. Radial A



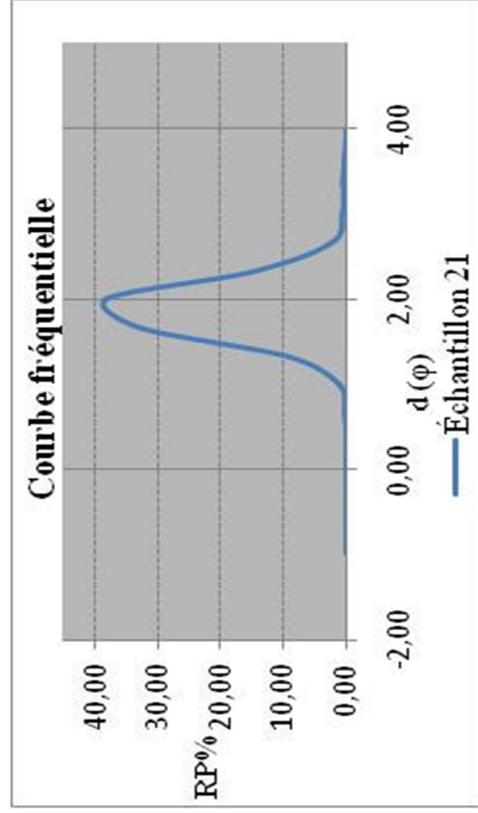
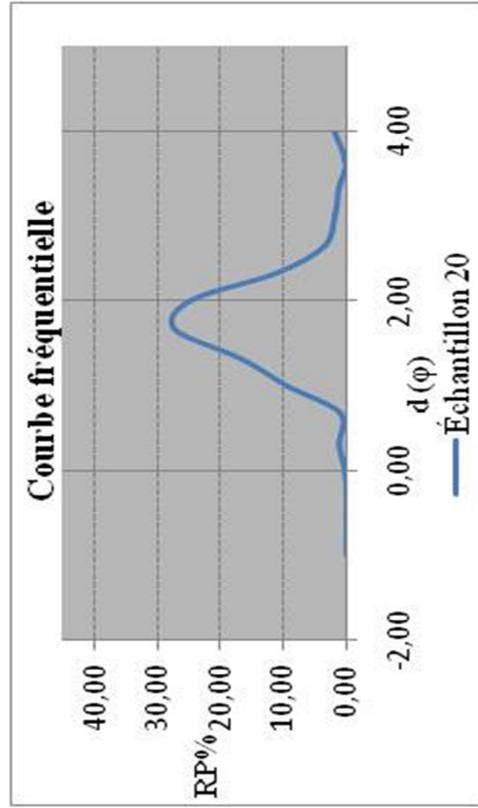
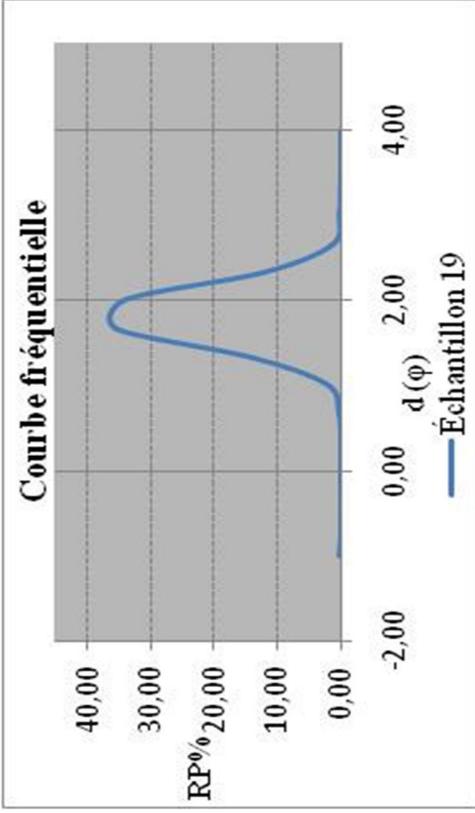
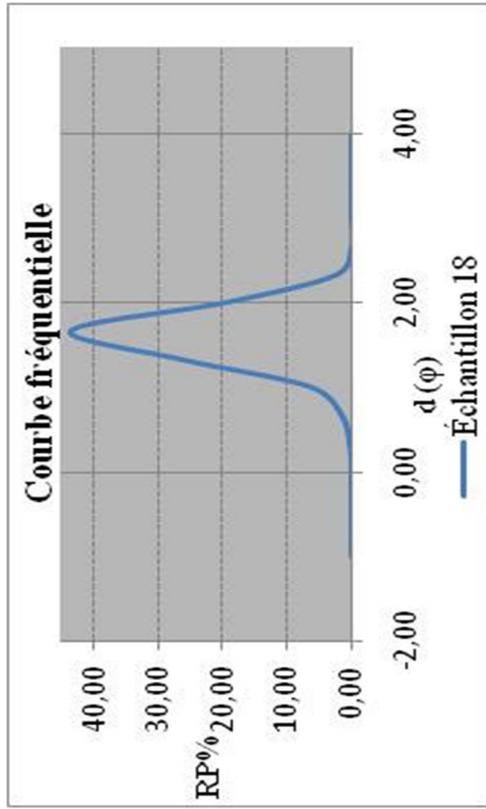
4. Radial B



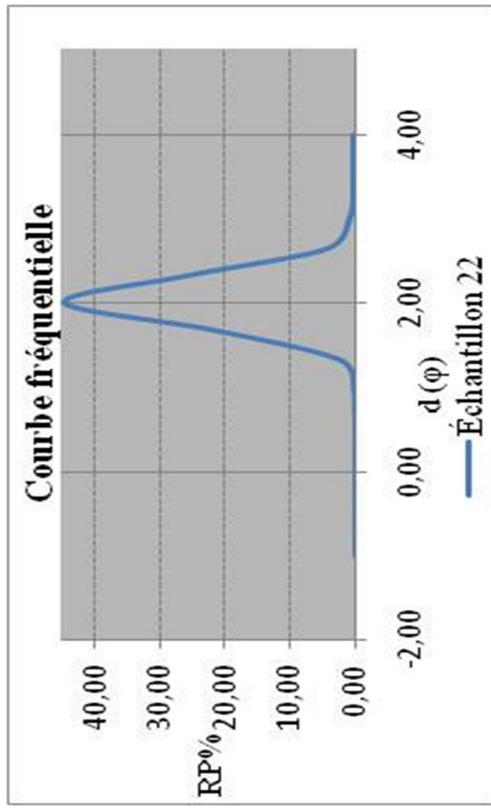
5. Radial B



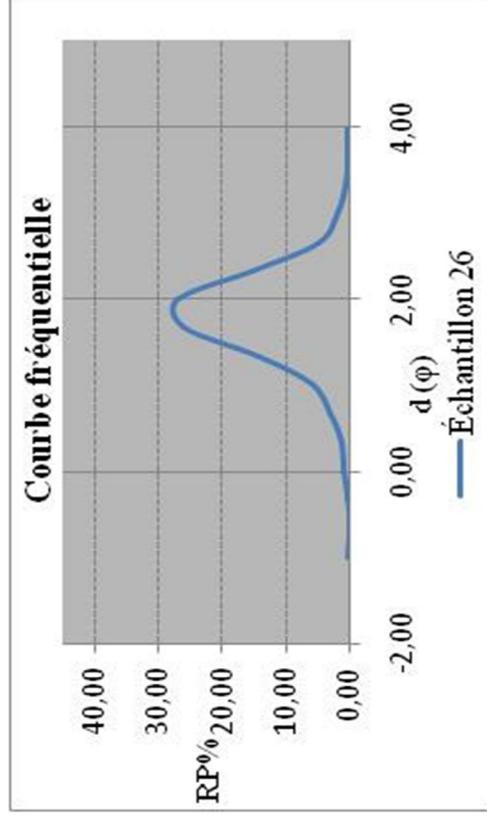
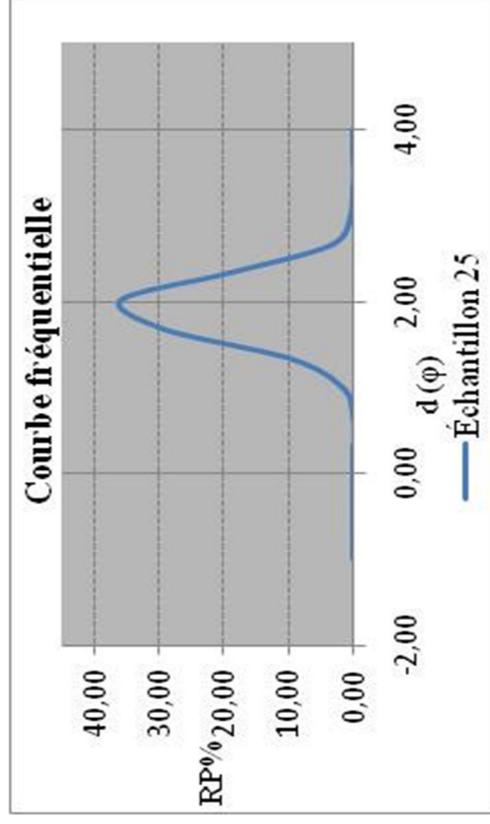
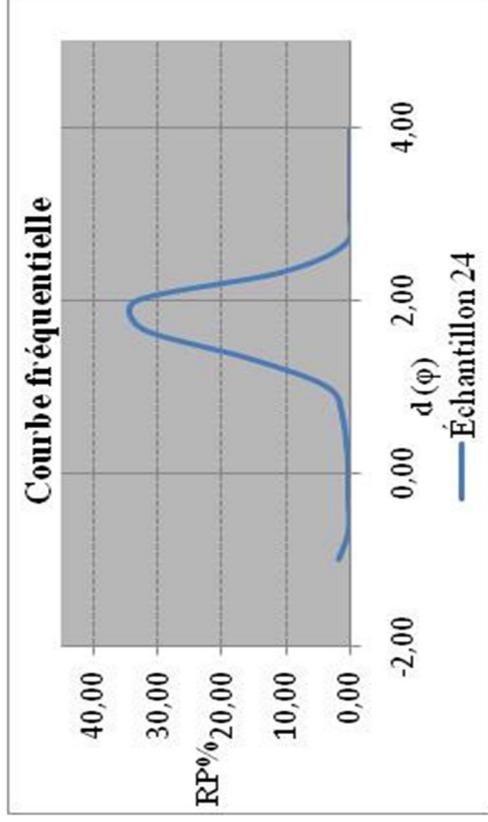
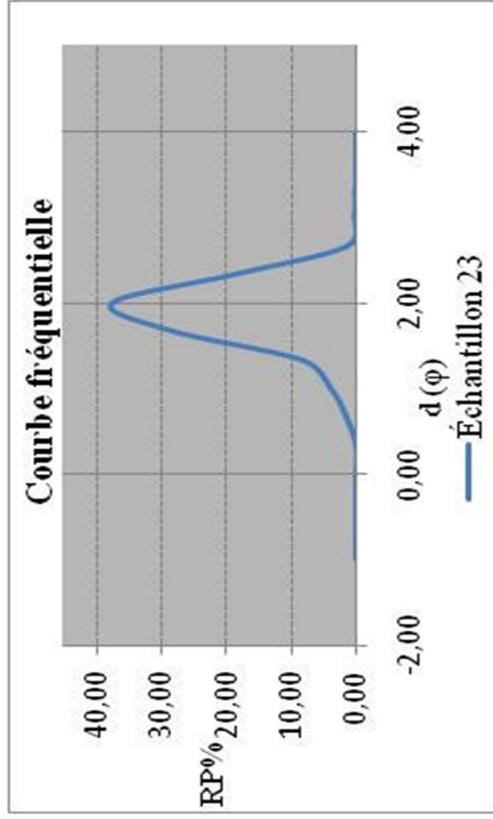
6. Radial C



7. Radial C



8. Radial D



9. Radial E

