



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



MÉMOIRE DE MASTER

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

Thème:

Distribution granulométrique et processus de transport et dépôt des sables littoraux de l'Oued Mafregh (El Taref, NE de l'Algérie): Application des méthodes de Visher et Passega

Présenté par:

Islem Eddine HAOUAM & Abdallah ABANA

Devant le jury:

Djamel BOUBAYA	MCA	ULT- Tébessa	Président
Amor DEGAICHIA	MCB	ULT- Tébessa	Encadrant
Riad HADJAM	MAA	ULT- Tébessa	Examineur

Date de soutenance: 16 juin 2021

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

توفيقك يا الله الملك الوهاب

ملخص

هذا العمل هو دراسة تكميلية للتوصيف الحبيبي للرمال الساحلية الحالية في شمال الجزائر والتي بدأها د. ع. دقايشية وطلابه منذ عام 2013 حتى يومنا هذا.

ساعدنا تحليل بيانات المقاييس الحبيبية للرمال الساحلية للضفاف الشرقية والغربية لوادي مفرق على توصيف ديناميكيات بيئات الترسيب وفهم عمليات النقل.

في كل وحدة مورفولوجية شاطئية من الرمال الساحلية للضفة الشرقية والغربية لوادي مفرق، يوضح تطبيق مخططات PASSEGA و VISHER أن الرواسب الرملية، المصنفة جيدًا، غنية بالحبوب المتوسطة والناعمة لها استجابة مماثلة لعوامل النقل الهيدروديناميكي والرياح ونفس السلوك تجاه أنماط الترسيب انطلاقًا من الشاطئ الأمامي السفلي إلى الكثبان الرملية. يتم نقل الرواسب بشكل أساسي من خلال وضعين متناوبين: الوثب المتناوب والتعلق.

الكلمات المفتاحية :

توضع، نقل، الجزائر، عنابة، VISHER، PASSEGA، رسوبيات، تعلق، وثب، واد مفرغ.

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 ours by A. Degaichia and his students.

The analysis of the data of the granulometric analyzes of the coastal sands of the east and west banks of the Oued Mafregh helped us to characterize the dynamics of the deposition environments and to understand the transport processes.

In each morphological unit of the coastal sands of the east and west bank of the Oued Mafregh, the application of the Passega and Visher diagrams shows that the sandy sediments, well classified, rich in medium and fine grains have an analog response to the hydrodynamic and wind agents, and the same behavior towards deposition modes. From the lower foreshore to the dune, the sediments are mainly mobilized by two alternating modes: saltation and suspension.

Key words:

Sediments, saltation, suspension, Oued Mafregh, Passega, Visher, transport, Algeria, Annaba

RÉSUMÉ

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.

Le dépouillement des données des analyses granulométriques des sables côtiers de la rive Est et Ouest de l'Oued Mafregh nous a aidé à caractériser la dynamique des milieux de dépôt et comprendre les processus de transport.

Dans chaque unité morphologique des sables côtiers de la rive Est et Ouest de l'Oued Mafregh, l'application des diagrammes de Passega et Visher montre que les sédiments sableux, bien classés, riches en grains moyens et fins ont une réponse analogue aux agents de transport hydrodynamique et éolien et le même comportement vis-à-vis aux modes de dépôt. Du bas est vers la dune, les sédiments sont mobilisés essentiellement par deux modes qui s'alternent : saltation et suspension.

Les mots clés :

Sédiments, Saltation, Suspension, l'Oued Mafregh, Passega, Visher, transport, Algérie, Annaba.

DÉDICACES

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

Haouam Islem Eddine & Abana Abdallah

REMERCIEMENTS

Tous nos remerciements et respect au directeur de notre mémoire M. A. Degaichia pour sa supervision, son assistance et son soutien, ainsi que pour les formidables conseils qui ont contribué au développement de nos idées et le temps consacré à nous fournir les outils méthodologiques nécessaires pour mener à bien ce travail.

Tous nos remerciements aux éminents professeurs de l'Université de Tébessa du Département des sciences de la Terre et de l'Univers.

Nous aimerions connaître notre gratitude. Nous remercions nos chers parents qui ont toujours été avec nous et nous soutiennent.

Nous tenons également à remercier nos amis et collègues qui nous ont aidé et nous ont apporté un soutien moral et intellectuel.

Enfin, nos sincères remerciements et respect à tous et aux personnes qui ont contribué au succès de ce travail.

Table des matières

ملخص	3
Abstract.....	4
Résumé.....	5
Dédicaces.....	6
Remerciements.....	7
<u>CHAPITRE I: INTRODUCTION GÉNÉRALE</u>	13
I. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	14
II. CADRE GÉOGRAPHIQUE.....	14
A. cadre géographique de la région d'étude	14
B. Situation géographique de bassin versant de la Mafregh.....	15
III. ORO-HYDROGÉOGRAPHIQUE ET CLIMAT	19
A. Le climat	19
B. Hydrologie	21
C. Relief et hydrographie.....	21
D. Les vents	22
1. Rose des vents.....	22
2. Vitesse des vents.....	23
<u>CHAPITRE II: GÉOLOGIE RGÉIONALE ET LOCALE</u>	24
I. INTRODUCTION	25
II. LES FORMATIONS POST-NAPPES.....	25
A. La Plaine d'Annaba/ Boutheldja.....	25
B. Remplissage plio-quadernaire.....	25
1. Pliocène.....	25
2. Fin du Pliocène	26
3. Remplissage quadernaire	26
III. LA FORMATION DES DUNES.....	26
IV. Les éboulis de pente	28
V. LES FORMATIONS ANTÉ-NAPPES: ensemble des unités des allochtones (flyschs et nappes)	28
A. Nappe numidienne (Argiles sous-numidiennes).....	28
1. Les Grès numidiens	28
2. Les Argiles supra-numidiennes	29
B. Les Flyschs massyliens	29
1. Les Flyschs à Microbrèches.....	29

C. Le Tellien	29
VI. FORMATIONS MÉTAMORPHIQUES	29
A. Le massif de l'Edough	29
1. Une unité inférieure	30
2. Une unité supérieure	30
<u>CHAPITRE III: LES PLAGES</u>	32
I. INTRODUCTION	33
II. LES PLAGES	33
III. LES CARACTERISTIQUE MORPHOLOGIQUE DES PLAGES	34
A. Le haut des plages	35
B. Le bas de plage.....	35
C. L'estran	35
D. L'avant plage.....	35
IV. L'ORIGINE DES MATERIAUX ET LE BUDGET SÉDIMENTAIRE DES PLAGES.....	36
V. LES DUNES LITORALES	37
A. Les dunes élémentaires	37
B. Les avants dunes	38
1. Les barkhanes (en croissant).....	39
2. Les dunes transversales.....	39
3. Les dunes paraboliques.....	39
4. Les dunes longitudinales.....	40
5. Les cordons de dune	41
6. Les dunes d'Etoiles.....	41
<u>CHAPITRE IV: DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE ET MÉTHODE DE TRANSPORT A PARTIRE DE DIAGRAMME DE PASSEGA ET VISHER</u>	42
I. INTRODUCTION	43
II. TECHNIQUES D'ÉCHANTILLONAGE ET UNITÉS MORPHOLOGIQUES	43
III. Diagramme de VISHÉ (1964).....	43
A. Application sur la rive orientale (plage de Betah) :	46
B. Application sur rive occidentale (plage de Chatt) :.....	48
C. Conclusion ;	49
IV. Diagramme de PASSEGA (1957, 1964):	50
A. Application sur la rive orientale (plage de Betah)	51
B. Application sur la rive occidentale (plage de Chatt) :.....	53
C. Conclusion :	55

V. COMPARAISON DES RÉSULTATS	55
CONCLUSION	64
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	66
VI. ANNEXE I: COURBE DE VISHER DE RIVE ORIENTALE.....	67
VII. ANNEXE II: COURBE DE VISHER DE RIVE OCCIDENTALE.....	74

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les coordonnées géographiques des radiales étudiées (S. Guerfi, 2016 et T. Masri, 2016).....	18
Tableau 2: Données climatiques à Annaba. (Source the weather network, statistiques sur 21 ans) (http://www.weatherbase.com).	21
Tableau 4: Tableau de classification des sable d'après Visher (1969),(modifié).....	44
Tableau 5: Modalités de transport des sables de la rive orientale.....	46
Tableau 6: Modalités de transport des sables de la rive occidentale	48
Tableau 7: Paramètres sédimentologiques des sables de la rive orientale (T. Masri, 2016)	51
Tableau 8: Paramètres sédimentologiques des sables de la rive occidentale (S. Guerfi, 2016)	53
Tableau 9: Modalités de transport et dynamique sédimentaire des sables des deux rives (G.S. Visher, 1969; R. Passega, 1964; A. Degaichia, 2020).....	55
Tableau 10: Modalités de transport et dynamique sédimentaire des sables des deux rives (G.S. Visher, 1969; R. Passega, 1964; A. Degaichia, 2020).....	58

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation géographique du la zone d'étude de Golf de Bône (Google Earth 2021).....	15
Figure 2: Localisation géographique des radiales (R1, R2.....R9+, R10+) (Google Earth 2021).....	16
Figure 3: Localisation de dix radiale de la rive orientale (R1, R2...R10) (Google Earth 2021).....	17
Figure 4: Localisation de dix radiale de la rive occidentale (R1+, R2+...R10+) (Google Earth 2021).....	17
Figure 5: Classification climatique de Köppen, (source : http://hanschen.org/koppen).....	19
Figure 6: Diagramme de précipitation et température à Annaba (http://climate-data.org).....	20
Figure 7: Diagramme de courbe de température d'Annaba. (Source: https://fr.climate-data.org).....	20
Figure 8: Rose représentative de la direction des vents dominants dans la région d'Annaba. (Source: https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/annaba_alg%c3%a9re_2506).....	22
Figure 9: Diagramme présent la vitesse des vents d'Annaba, (Source: https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/annaba_alg%c3%a9re_2506).....	23
Figure 10: Extrait de la carte structurale et géologique de chaine tello-rifaine établie par W. Wildi, 1983 et modifiée par A. Houideg et M. Chergrouche ,2020.....	27
Figure 11: Log litho-stratigraphique de la zone d'étude.....	31
Figure 12: Schéma illustrant la forme d'une plage ouverte (R.Pakoff, 1998), (les flèches indiquent le sens de la dérive littorale).	34
Figure 13: Profile transversale d'une plage (R.Paskoff 1998) (légèrement modifié).....	35
Figure 14 : Gain et perte des sédiments par plage (R.Paskoff 1998).....	37
Figure 15 : Les différentes formes et sources de dunes côtière ; les flèches bleues indiquent la direction des vents dominants (Source : http://www.geolsed.ulg.ac.be/processus/processus.htm).....	38
Figure 16 : Illustration d'une dune barkhane (Source : http://www.fao.org/3/t0492f/t0492f05.htm).	39
Figure 17 : Illustration d'une dune parabolique (Source : http://www.fao.org/3/t0492f/t0492f05.htm).....	40
Figure 18 : Illustration d'un cordon dunaire longitudinale (Source : http://www.fao.org/3/t0492f/t0492f05.htm).	40
Figure 19: Diagramme CM des échantillons de la rive orientale	52
Figure 20: Diagramme CM des échantillons de la rive occidentale	54

CHAPITRE I
INTRODUCTION GÉNÉRALE

CHAPITRE I : INTRODUCTION GÉNÉRALE

I. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Ce travail est une étude complémentaire à la caractérisation granulométrique des sables d'âge quaternaire des deux rives orientale et occidentale de l'Oued Mafregh entreprise en 2016 par A. Degaichia et ses étudiants. Il a pour objectif de comprendre l'évolution de la dynamique des sables côtiers et leurs modalités de transport et de dépôt par l'application des diagrammes de Visher et Passega.

Les caractéristiques granulométriques, morphoscopiques et calcimétriques, des sédiments sableux de la zone d'étude sont établies grâce aux analyses effectuées au laboratoire des Science de la Terre et l'Univers de l'université de Larbi Tébessi-Tébessa (S. Guerfi, 2016; T. Masri, 2016).

II. CADRE GÉOGRAPHIQUE

A. cadre géographique de la région d'étude

Le bassin versant de la Mafregh est situé à l'extrême Nord Est Algérien, faisant partie des bassins côtiers Constantinois d'où il a été approprié par la définition du bassin côtier Constantinois-Est. Ce bassin qui présente des longitudes allant de 7°45' à 8°45' Est et des latitudes allant de 36°20' à 36°55' Nord n'englobe pas la totalité de la superficie de la Wilaya d'EL TAREF. Il est reparti aussi sur la wilaya de Souk Ahras, la wilaya de Guelma et enfin l'état de la Tunisie.

Ainsi, il est limité :

- Au Nord par la mer méditerranée ;
- Au Sud, par les montagnes de la Cheffa ;
- À l'Est, par la Tunisie ;
- À l'Ouest, par le bassin versant de la Seybouse.

Il couvre une superficie totale de 11 509 km² et s'étend sur dix wilaya regroupant une population d'un million huit cent soixante-quatre mille cent vingt et un (1.864.181) habitants (R.G.P.H 1998).

Le bassin des côtiers Constantinois-Est est d'une superficie de 3.203 km², soit 27.83 % de la superficie totale du bassin des côtiers Constantinois et l'un des plus grands réservoirs d'eaux superficielles et souterraines dans le Nord de l'Algérie (Cahier d'agence de bassin Hydrographique).

Le bassin versant de l'Oued Mafregh et les côtiers de la Call font la totalité du bassin versant des côtiers

Constantinois-Est et forment par conséquent le versant Nord du dernier tronçon de la chaîne septentrionale de l'Atlas Tellien.

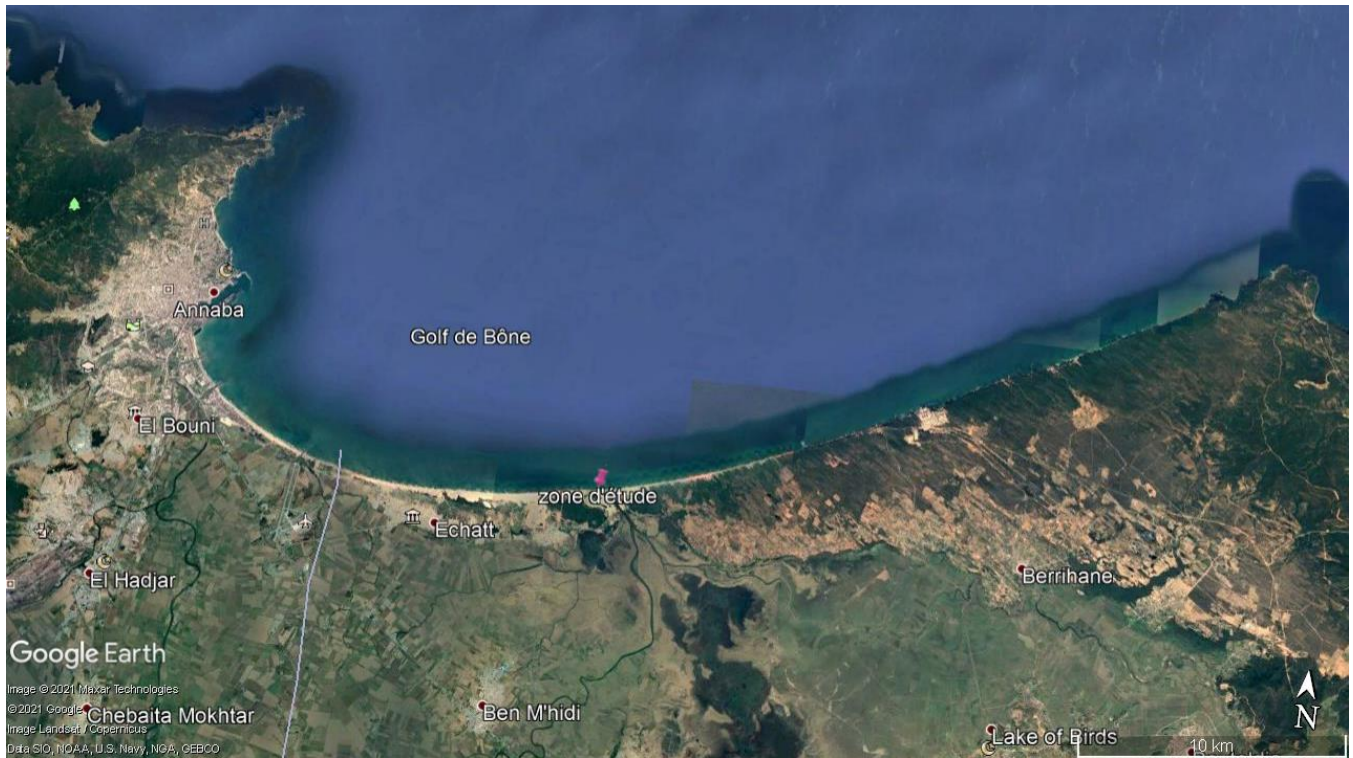


Figure 1: Localisation géographique du la zone d'étude de Golf de Bône (Google Earth 2021).

B. Situation géographique de bassin versant de la Mafregh

Selon les cahiers de l'Agence des bassins hydrographique, le bassin versant de la Mafregh est inclus dans le bassin versant Constantinois-Est s'étend de

- **Latitude :** 36°20' à 36°55' N
- **Longitude :** 7°45' à 8°45' E

La plage de Chatt limité par :

- Au Nord par le Golf De Bône ;
- Au sud par le bassin de Medjerda ;
- À l'Est par les bassins côtiers de la Call et les frontières tunisiennes ;
- À l'Ouest par la plage de Saibi.

Au Nord-Est de l'Algérie et a 600 km d'Alger se trouve la plage de Betah qui est situé à 30 km de Annaba ;

- **Latitude** : 36°50'57'.01" N, 36°51'40".76" N
- **Longitude** : 7°57'04.59" E, 8°00'05.06" E

La zone d'étude est drainée par deux Oued :

- Oued El kebir à l'Est ;
- Oued Bounamoussa à l'Ouest.



Figure 2: Localisation géographique des radiales (R1, R2.....R9+, R10+) (Google Earth 2021).

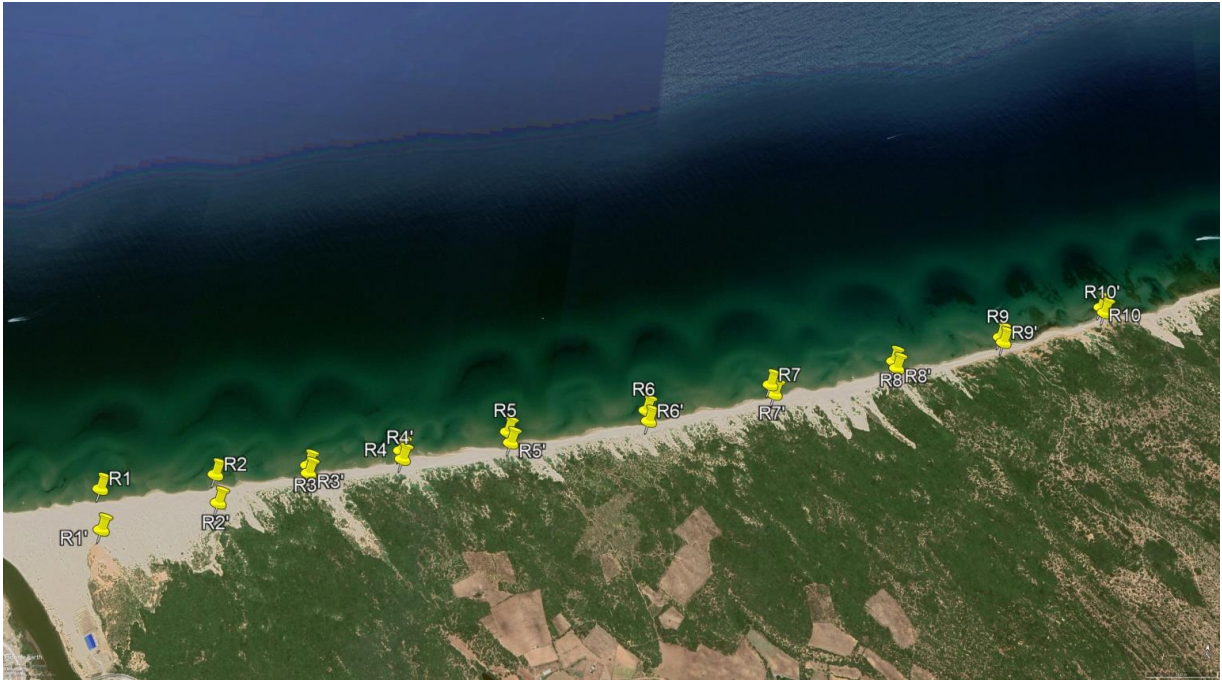


Figure 3: Localisation de dix radiale de la rive orientale (R1, R2...R10) (Google Earth 2021).

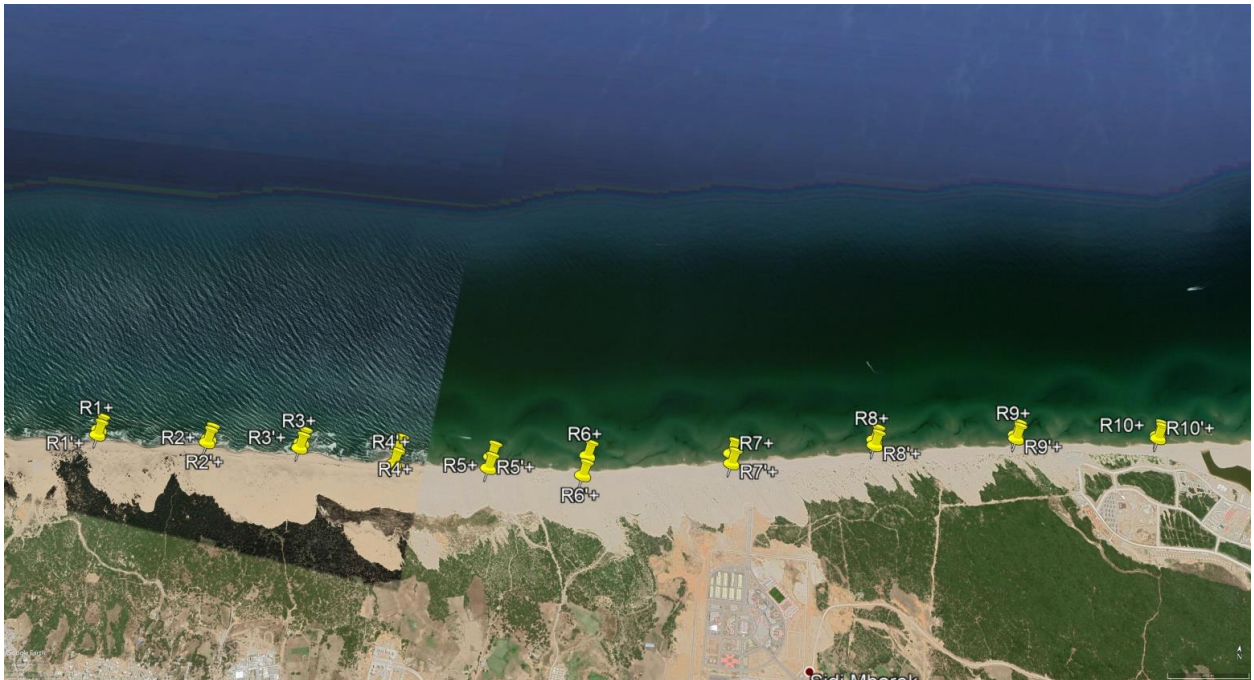


Figure 4: Localisation de dix radiale de la rive occidentale (R1+, R2+...R10+) (Google Earth 2021).

Ces deux cours d'eau rejoignent la mer par un exutoire unique ; L'Oued Mafregh le bassin versant de la Mafregh couvre une surface de 2252 km², soit 70.30 % de la superficie totale du côtier Constantinois-Est. L'échantillonnage a été effectué le long de 20 radiales perpendiculairement au rivage. Le tableau ci-dessous montre les coordonnées géographiques de ces dernières (Voir Tableau 1) :

Tableau 1 : Les coordonnées géographiques des radiales étudiées (S. Guerfi, 2016 et T. Masri, 2016)

Les coordonnées géographiques		
Les radiales	Latitude	Longitude
R1	36°50'57.01"N	7°57'04.69"E
	36°50'51.28"N	7°57'07.00"E
R2	36°51'00.95"N	7°57'24.58"E
	36°50'56.94"N	7°57'26.37"E
R3	36°51'03.78"N	7°57'40.77"E
	36°51'02.64"N	7°57'41.23"E
R4	36°51'07.46"N	7°57'56.94"E
	36°51'06.25"N	7°57'57.54"E
R5	36°51'12.04"N	7°58'15.69"E
	36°51'10.41"N	7°58'16.55"E
R6	36°51'17.58"N	7°58'40.43"E
	36°51'15.96"N	7°58'41.07"E
R7	36°51'23.66"N	7°59'02.79"E
	36°51'22.22"N	7°59'03.64"E
R8	36°51'29.45"N	7°59'25.46"E
	36°51'28.38"N	7°59'26.03"E
R9	36°51'35.07"N	7°59'45.28"E
	36°51'34.24"N	7°59'45.79"E
R10	36°51'41.81"N	8°00'04.49"E
	36°51'40.95"N	8°00'05.06"E
R1+	36°50'31.30"N	7°52'42.10"E
	36°50'30.26"N	7°52'42.22"E
R2+	36°50'31.79"N	7°53'06.07"E
	36°50'31.07"N	7°53'05.95"E
R3+	36°50'32.91"N	7°53'25.90"E
	36°50'31.89"N	7°53'25.78"E
R4+	36°50'33.57"N	7°53'46.57"E
	36°50'30.91"N	7°53'46.38"E
R5+	36°50'34.05"N	7°54'06.54"E
	36°50'31.96"N	7°54'06.37"E
R6+	36°50'36.12"N	7°54'26.73"E
	36°50'32.53"N	7°54'26.31"E
R7+	36°50'39.28"N	7°54'56.92"E
	36°50'37.42"N	7°54'57.14"E
R8+	36°50'44.51"N	7°55'27.02"E
	36°50'43.52"N	7°55'27.11"E
R9+	36°50'48.17"N	7°55'56.99"E
	36°50'47.48"N	7°55'57.02"E
R10+	36°50'50.85"N	7°56'27.13"E
	36°50'50.30"N	7°56'27.10"E

III. ORO-HYDROGÉOGRAPHIQUE ET CLIMAT

A. Le climat

Selon la classification de Köppen le bassin versant est soumis à un climat méditerranéen subhumide. Il reçoit une lame d'eau moyenne annuelle de 789 mm ; le cycle de l'eau du bassin versant se décompose ainsi : un ruissellement de 165 mm (21 %), une infiltration de 133 mm (17 %) et une évapotranspiration réelle de 492 mm (62 %), cette distribution traduit, à elle seule, un grand déséquilibre au déterminant de l'infiltration qui limite considérablement la possibilité de réalimentation des aquifères. La prédominance du relief montagneux au sud du bassin versant explique le taux élevé du ruissellement.

Il comporte également deux saisons différentes; L'un est humide (Octobre - Mai) autour de 12° C et l'autre est sec et chaud (Juin - Septembre) autour de 25° C. Pendant la saison des pluies, les pluies peuvent être fortes. La pluviométrie annuelle moyenne dans la région d'Annaba est d'environ 632,5 mm.

En hiver, Annaba reçoit beaucoup plus de pluie qu'en été. La classification Köppen - Geiger est de type Csa. La température moyenne annuelle à Annaba est de 17.9 ° C. En moyenne, il reçoit 671 mm de pluie par an. (<http://fr.climate-data.org>).

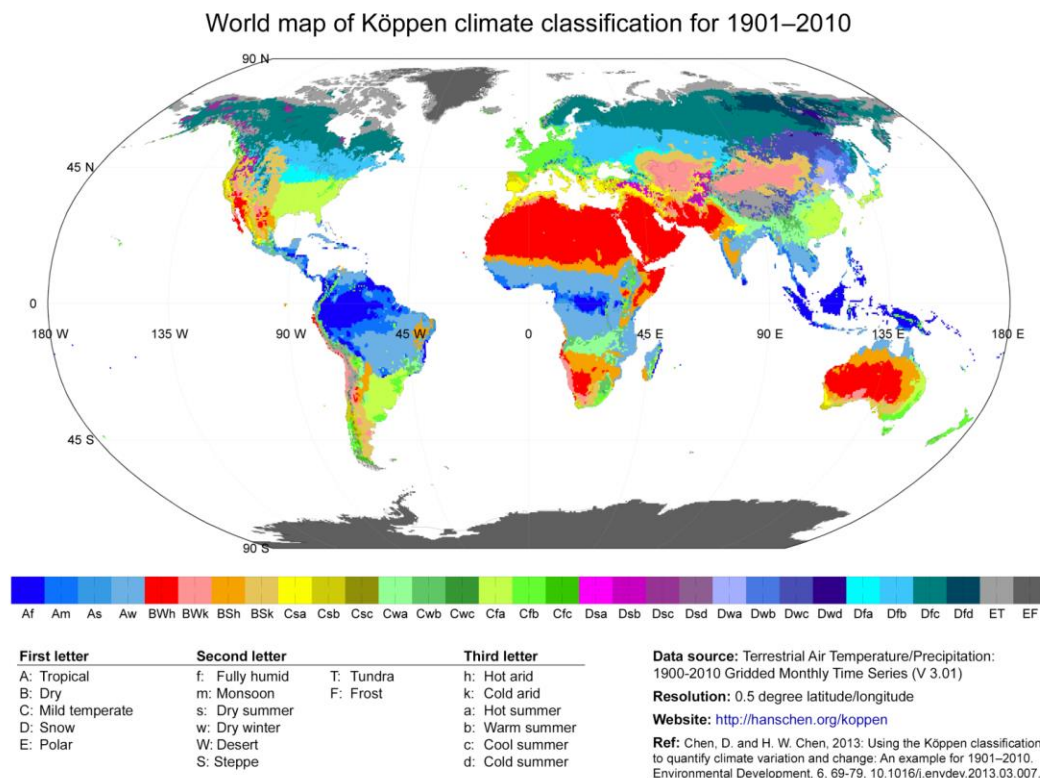


Figure 5: Classification climatique de Köppen, (source : <http://hanschen.org/koppen>).

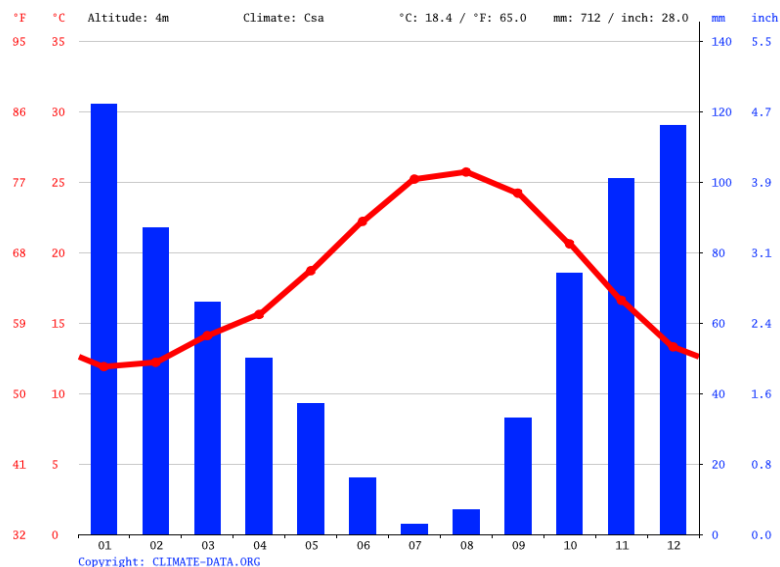


Figure 6: Diagramme de précipitation et température à Annaba (<http://climate-data.org>).

Des précipitations moyennes de 2 mm font du mois de Juillet le mois le plus sec. Les précipitations record sont enregistrées en Décembre. Elles sont de 98 mm en moyenne. (Figure5, Tableau 2) :

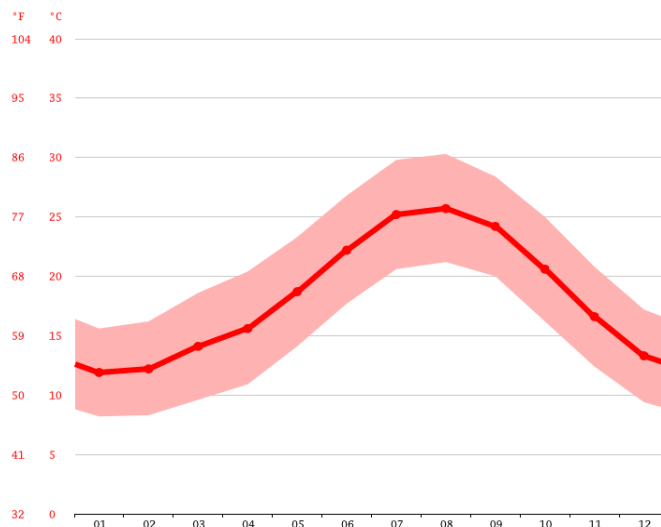


Figure 7: Diagramme de courbe de température d'Annaba. (Source: <https://fr.climate-data.org>).

Aout est le mois le plus chaud de l'année. La température moyenne est de 26.8° C à cette période. Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de 10.2° C.

Tableau 2: Données climatiques à Annaba. (Source the weather network, statistiques sur 21 ans) (<http://www.weatherbase.com>).

Données climatiques (Annaba)													
Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Juil.	Août.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Température minimale moyenne(°C)	7	7	8	10	13	16	19	20	18	15	11	8	12
Température moyenne(°C)	11	12	13	15	18	21	24	25	23	20	15	12	17
Température maximale moyenne(°C)	15	16	17	19	22	26	29	30	28	24	20	16	22
Précipitation (mm)	100	70	70	40	30	10	0	10	30	70	60	100	630

B. Hydrologie

Les ressources en eaux superficielles du bassin versant Côtier Constantinois Est sont constituées par un réseau hydrographique très développé et des zones humides dont certaines sont classées par la convention Ramasar (du nom d'une ville iranienne), signée le 2 février 1971 par plusieurs pays dont l'Algérie : Tonga ; El Mellah ; Oubeira ; Lac des oiseaux. (Fig2)

Les Oueds Bounamoussa et El kébir Est sont les principales sources d'eau sur le bassin versant. Le kébir Est débite $222.2 \text{ hm}^3/\text{an}$, avec une aire de réception de 373 km^2 , les Oueds Guergour, Bouhalloufa et Boulathan affluents de l'Oued El Kébir transitent des apports respectifs de $10.1 \text{ hm}^3/\text{an}$, $29 \text{ hm}^3/\text{an}$ et $21.1 \text{ hm}^3/\text{an}$.

Les Oueds El kébir Est et Bounamoussa, dont la confluence conduit l'Oued Mfaregh transitent respectivement un apport de 309 et $76 \text{ hm}^3/\text{an}$, on note que le régime hydrologique de ces cours d'eau suit le régime des précipitations, du fait de l'absence de réservoirs aquifères importants.

C. Relief et hydrographie

La région de Annaba et d'EL Taref possède une diversité géomorphologique qui nous donné un paysage très riche, on peut citer :

- Les montagnes comme le massif de l'Edough dont le point le plus culminant se situe au

mont « Bouzizi » avec 1100 m d'altitude ;

- Les collines et les piémonts ;
- Les vastes plains, comme la plaine de Kberraza ;
- Les oueds, comme Oued Mafregh et Oued Seybouse qui se trouve au Sud-Est de Annaba et qui rejoint la méditerranée, son bassin est le plus grand en Algérie et ses terres sont des plus fertiles ;
- Les lacs ; on cite ici le lac de Fetzara qui est limité au Nord par le massif de l'Edough, au Sud par les collines de Ain Berda et à l'Est et l'Ouest par les cordons dunaires. Le lac Lemkhada au Sud de l'embouchure d'Oued Mafregh et lac des Oiseaux à l'Est de cet Oued.

D. Les vents

1. Rose des vents

La Rose des Vents pour Annaba montre combien d'heures par an le vent souffle dans la direction indiquée. Exemple SO: Le vent souffle du Sud-Ouest (SO) au Nord-Est (NE). Cap Horn, le point de la terre plus au Sud en Amérique du Sud, dispose d'un fort vent de l'Ouest caractéristique, qui produit des traversées d'Est en Ouest très difficiles, surtout pour les voiliers. (Fig8)

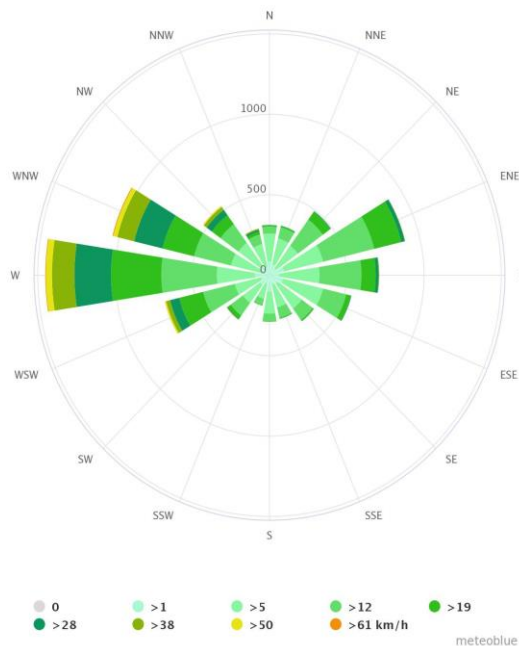


Figure 8: Rose représentative de la direction des vents dominants dans la région d'Annaba. (Source: https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/annaba_alg%c3%a9re_2506).

2. Vitesse des vents

Le diagramme d'Annaba montre les jours par mois, pendant lesquels le vent atteint une certaine vitesse. Un exemple intéressant est le plateau tibétain, où la mousson crée des vents forts et réguliers de Décembre à Avril et des vents calmes de Juin à Octobre.

Les unités de vitesse du vent peuvent être modifiées dans les préférences (en haut à droite). (Fig.9)

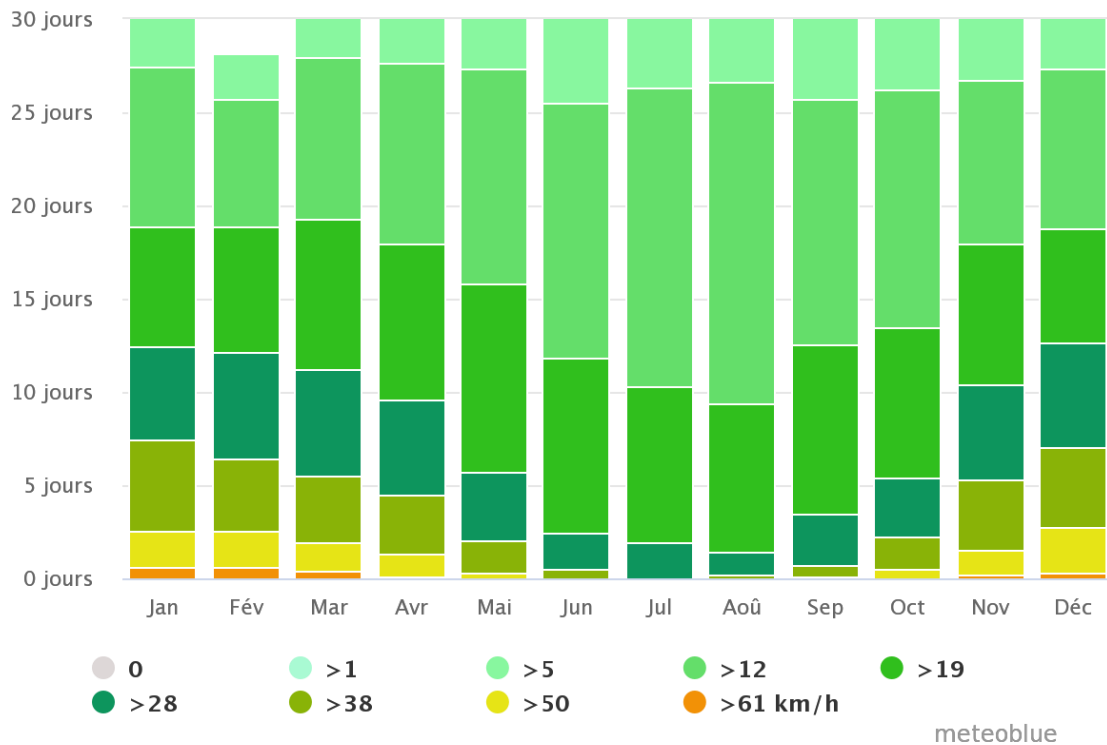


Figure 9: Diagramme présent la vitesse des vents d'Annaba, (Source:

[https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/annaba_alg%
c3%a9re_2506](https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/annaba_alg%c3%a9re_2506)).
meteoblue

CHAPITRE II
GÉOLOGIE RÉGIONALE ET LOCALE

CHAPITRE II : GÉOLOGIE RÉGIONALE ET LOCALE

I. INTRODUCTION

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

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

II. LES FORMATIONS POST-NAPPES

A. La Plaine d'Annaba/ Boutheldja

Depuis la fin du Tertiaire, la plaine d'Annaba correspond à un bassin d'effondrement (Graben) dans lequel subsistent quelques petits Horsts qui forment aujourd'hui les Massifs gréseux du centre de la plaine. 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, Chaab, S. 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 du Pliocène

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

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 (S. Guerfi, 2016).

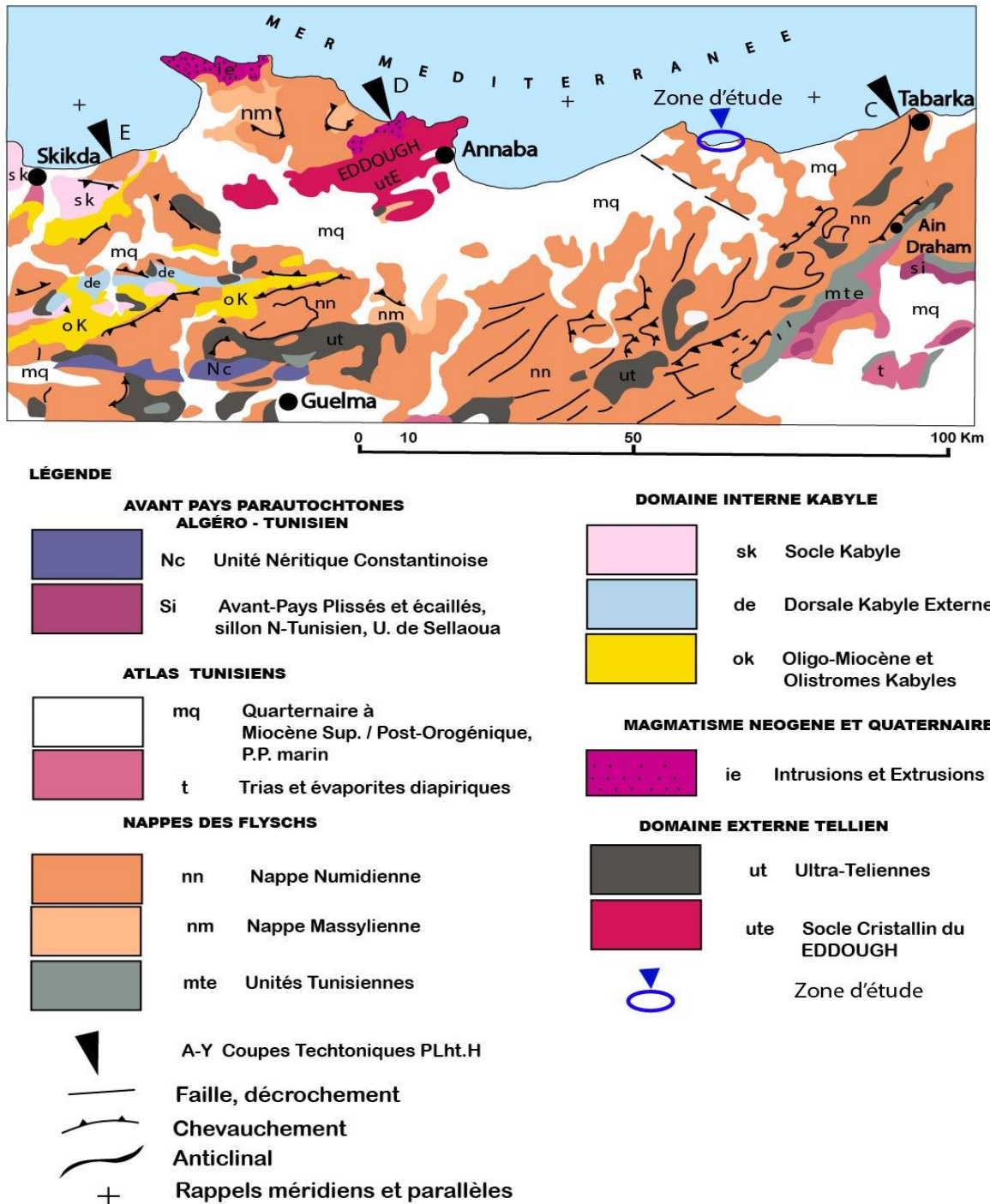
III. LA FORMATION DES DUNES

Cependant, les dépôts du massif dunaire résultent de l'érosion des paléo-reliefs argilo-gréseux et gneissique, qui ont été ravinés par les cours d'eaux, conduisant une grande quantité de matériels détritiques vers la mer. Le sable, roche détritique, provient de la délapidification des 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. (R. Nouacer, 1993).

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

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



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

Figure 10: Extrait de la carte structurale et géologique de chaîne tello-rifaine établie par W. Wildi, 1983 et modifiée par A. Houideg et M. Chergrouche, 2020.

IV. 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.

V. LES FORMATIONS ANTÉ-NAPPES: ensemble des unités des allochtones (flyschs et nappes)

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

A. Nappe numidienne (Argiles sous-numidiennes)

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

1. Les Grès numidiens

Ce sont des grès quartzeux plus au moins consolidés de couleur rouge à jaunâtre due à la présence de grains de sables et de fer. Souvent, ces bancs de grès sont lenticulaires passant latéralement aux argiles d'âges 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. Les Flyschs massyliens

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

1. Les Flyschs à Microbrèches

Les flysch à microbrèches affleurent de part et d'autre de l'oued Cheffia en série monotone de marnes feuilletées et de minces bancs de calcaires brun-roux. Aussi, dans les études géologiques de l'emplacement du barrage de Cheffia et qui ont été effectuées par Moussu (Moussu. H, 954), ils sont décrits comme une série continue comprenant le Campanien-Maestrichtien, le Paléocène, l'Eocène Inférieur et Supérieur et l'Oligocène.

C. Le Tellien

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

VI. FORMATIONS MÉTAMORPHIQUES

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:

1. Une unité inférieure





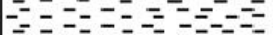


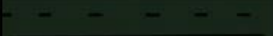
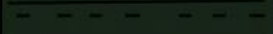
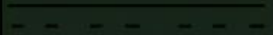



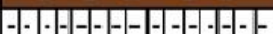
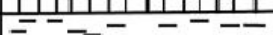




Constituée de gneiss ocellés et de migmatites et de quelques horizons subordonnés de micaschistes et marbre. Au sein de gneiss ocellés un petit corps de péridotites (G. Bossière, 1976).

2. Une unité supérieure

Représentés par un ensemble de micaschistes alumineux, gneiss leucogranitiques et marbre. Des intercalations de quartzite et lydiennes 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 un paragenèse primaire à disthène-grenat-staurotide-rutile-muscovite, alors que l'andalousite apparait dans les stades les plus tardifs de la déformation, en se superposant par fois directement au disthène.

À l'Ouest et au sud du massif, 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
Sommital		-Conglomérats	Mio-Pliocène
		-Argile sableuse rougeâtres	
		-Grès	
1000m Medium basal		-Argiles	Miocène infér
		-Grès dure et fiable	Oligocène sup
		-Argiles calcareuse verdâtre	Oligocène sup
		-Argiles verts on rougeâtres	
		-Grès	Priabonien
Paléocène sup à Priabonien		-Argiles Q1	Lutétien
		-Calcaire blanc à silex	Yprésien
Flysch à Micro brèche (flysch massylien)		-Argiles à blanc Qa	Sénonien
		-Argiles calcareuse -Argiles et marne gris sal	Priabonien
+100 m		Q2 -Argiles	
		-Calcaires noire fétides	
300- 1000 m		-Marnes	Maastrichtien Campanien Santonien
100 m		-Calcaire claire	Cénomanién
200- 300 m		-Argiles -calcaire	Turonien Cénomanién
200-300m		-calcaire argileux	Albien
		-Marnes	Hauterivién Barrémien

Q2:chevauchement du sous- Numidien sur le Tellien
Qa: Contact entre l'adisse et les flysch à Microbrèches
Q1: Chevauchement du Numidien

**Figure 11: Log litho-stratigraphique de la zone d'étude
(modifiée par S. Bouakkaz et A. Rouigui ,2020)**

CHAPITRE III

LES PLAGES

CHAPITRE III :LES PLAGES

I. INTRODUCTION

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

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

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

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

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

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

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

Le mouvement de va et vient des vagues, le jet de rive et la nappe de retrait, donne aux sédiments des plages un façonnement spécifique, grain de sable aux contours de forme sphérique au discoïde (A. Degaichia et N. Salhi, 2013 ; N. Salhi, 2013). (Fig11)

II. LES PLAGES

La plage se forme lorsque la quantité de matériaux disponible sur un rivage surpasse le volume de sédiments que les vagues et les courants littoraux sont capable de déplacé.

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) ; (A. Degaichia, N. Salhi, 2013).

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

s'y traduit par un affaiblissement de l'énergie des vagues.

Quand une dérive littorale charrie en abondance des sédiments, il se produit un dépôt partiel de ces sédiments en constituant de longues plages au tracé concave largement ouvert vers la mer et qui s'appuie sur des épointements (R. Paskoff, 1998) ; (A. Degaichia et N. Salhi, 2013 ; N. Salhi, 2013). (Fig11)

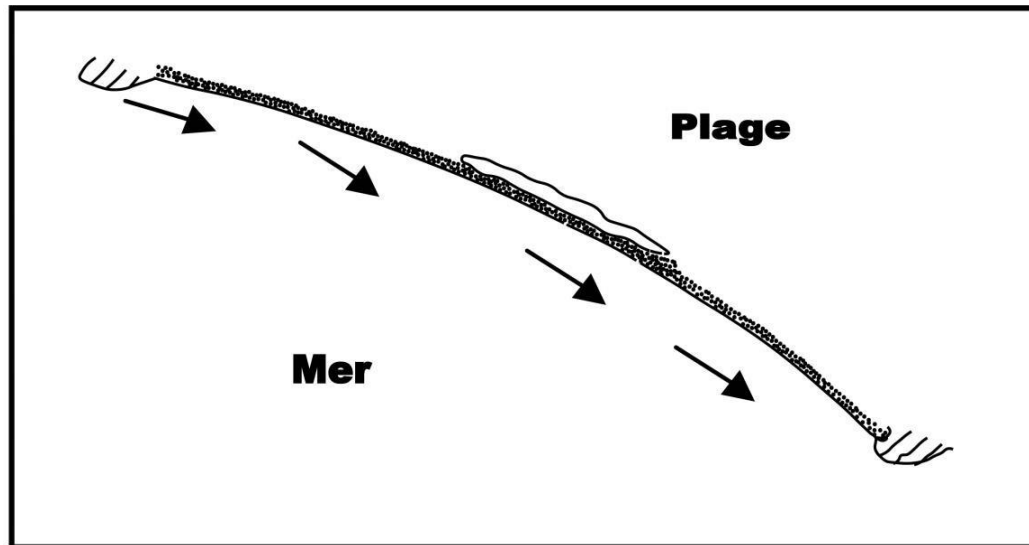


Figure 12: Schéma illustrant la forme d'une plage ouverte (R.Pakoff, 1998), (les flèches indiquent le sens de la dérive littorale).

III. LES CARACTERISTIQUE MORPHOLOGIQUE DES PLAGES

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

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

Les plages abritées frappées par les vagues courtes et peu cambrées, sont plus pentues que celle exposées aux larges et atteintes par des houles longues. Les premières tendent à réfléchir les vagues, tandis que les secondes favorisent la dissipation de leur énergie (R. Paskoff, 1998) ; (A. Degaichia et N. Salhi, 2013 ; N. Salhi, 2013). R. Paskoff (1998) a proposé un profil transversal (Fig12) qui comporte :

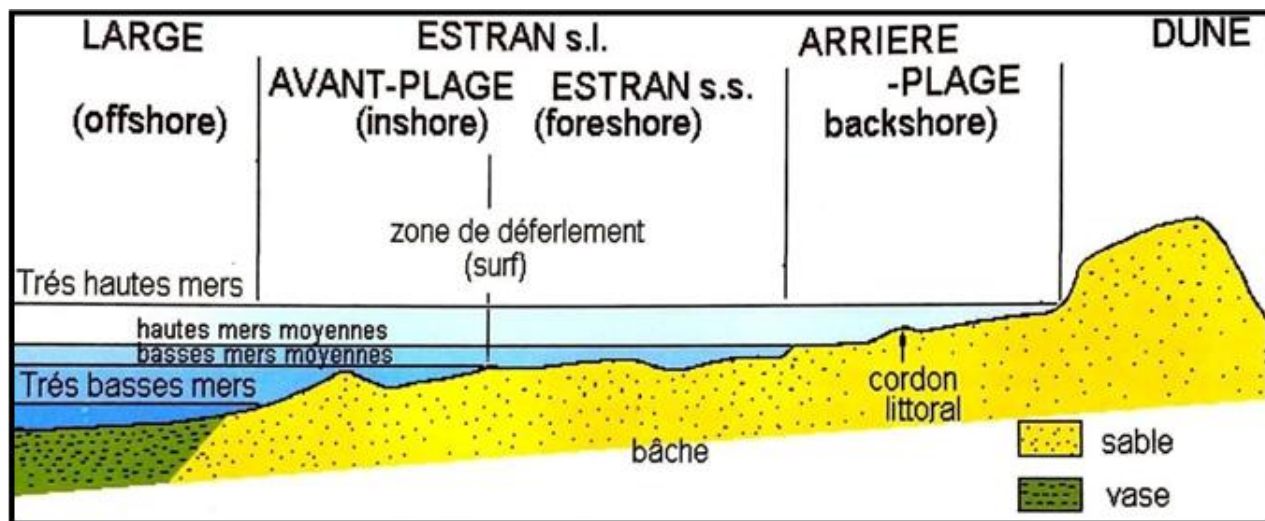


Figure 13: Profil transversale d'une plage (R.Paskoff 1998) (légèrement modifié).

A. Le haut des plages

Le haut de plage prend la forme d'un bourrelet dû à l'accumulation de matériaux par les mers les plus hauts, la partie plus élevées de ce bourrelet constitue la crête de plage édifée par les vague des tempêtes et présentent des gradins traduisant des apports d'importance décroissante.

B. Le bas de plage

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

C. L'estran

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

D. L'avant plage

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

IV. L'ORIGINE DES MATERIAUX ET LE BUDGET SÉDIMENTAIRE 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 continentales alors que celles-ci étaient émergées. Quand le niveau marin s'est stabilisé, les sables et les galets se sont entassés sur des rivages.

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

Dès lors, l'alimentation des plages en sédiments provient de plusieurs origines ;

- Les sédiments d'origine marine, mais ce ne sont pas les plus abondants, l'érosion côtière ne fournit en général que peu de débris, sauf ou 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).forme et leur position qui varient considérablement dans le temps. (Fig13)

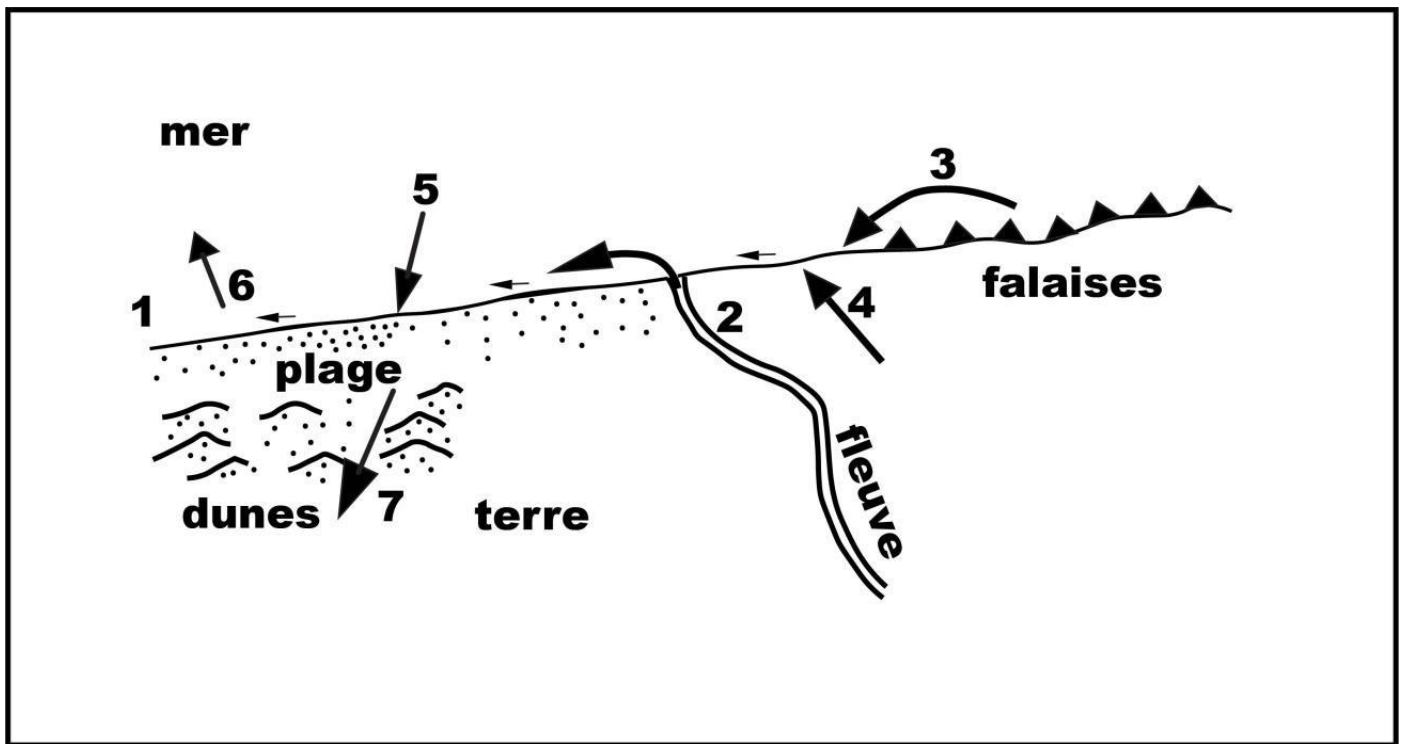


Figure 14 : Gain et perte des sédiments par plage (R.Paskoff 1998).

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

A. Les dunes élémentaires

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

alignement plus ou moins continu (R. Paskoff, 1998) ; (A. Degaichia et N. Salhi, 2013 ; N. Salhi, 2013).

B. Les avants dunes

Elles prennent naissance à partir de la coalescence de nebkas, ces dunes présentent l'aspect d'un bourrelet parallèle au rivage, leur hauteur est de quelques mètres et la largeur est de l'ordre de la dizaine de mètre. L'avant dune peut être endommagé par les vagues, qui lors des tempêtes, les taillent en falaises. Souvent les sables prélevés par le vent sur les plages franchissent les avant dunes ou les dunes bordières et s'avancent vers l'intérieur des terres où ils s'accumulent la matériel. Parmi les dunes libres on distingue: (Fig14)

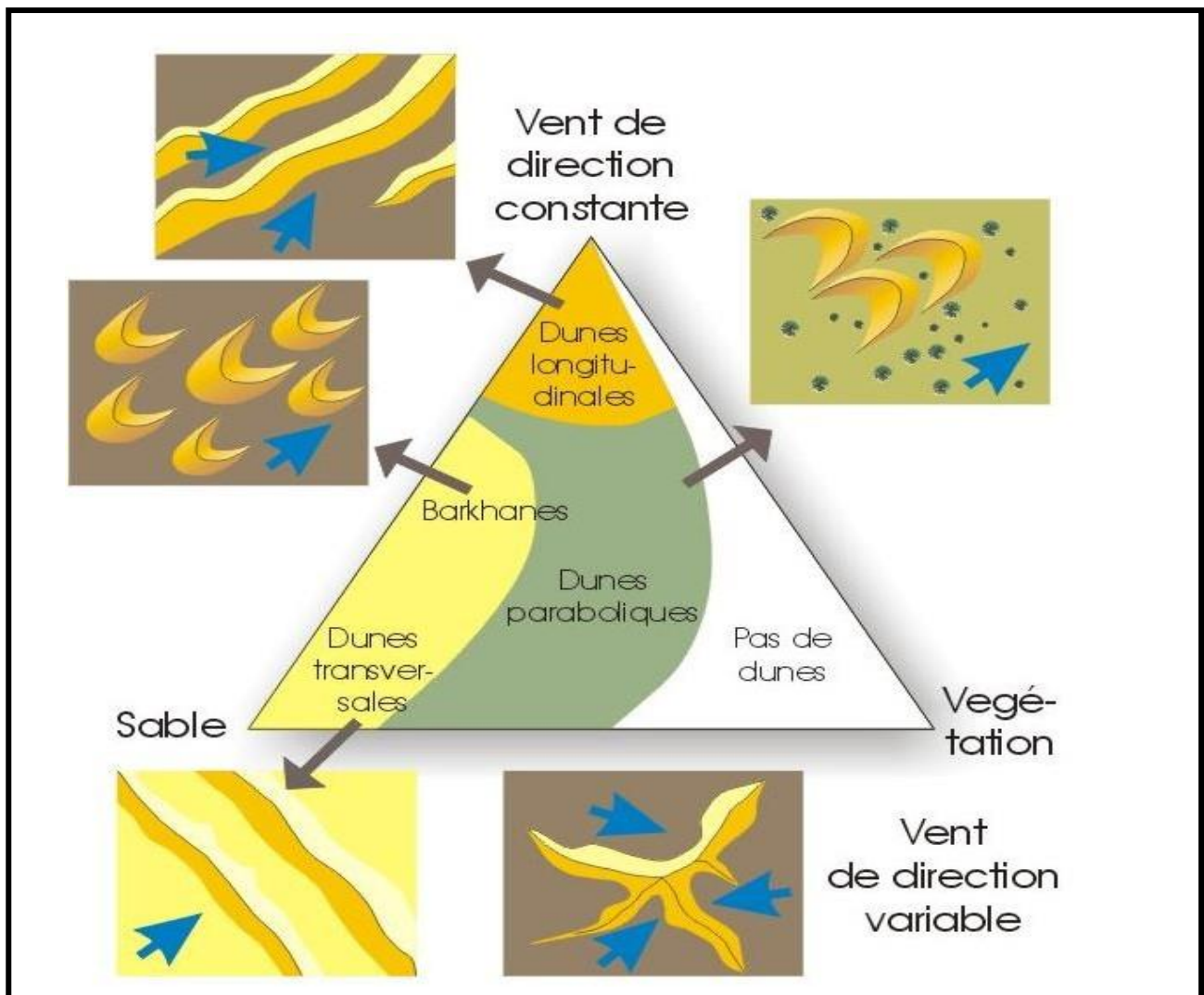


Figure 15 : Les différentes formes et sources de dunes côtière ; les flèches bleues indiquent la direction des vents dominants (Source : <http://www.geolsed.ulg.ac.be/processus/processus.htm>).

1. Les barkhanes (en croissant)

Ce sont des dunes 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 contenu (Paskoff ,1998). (Fig14, Fig15)

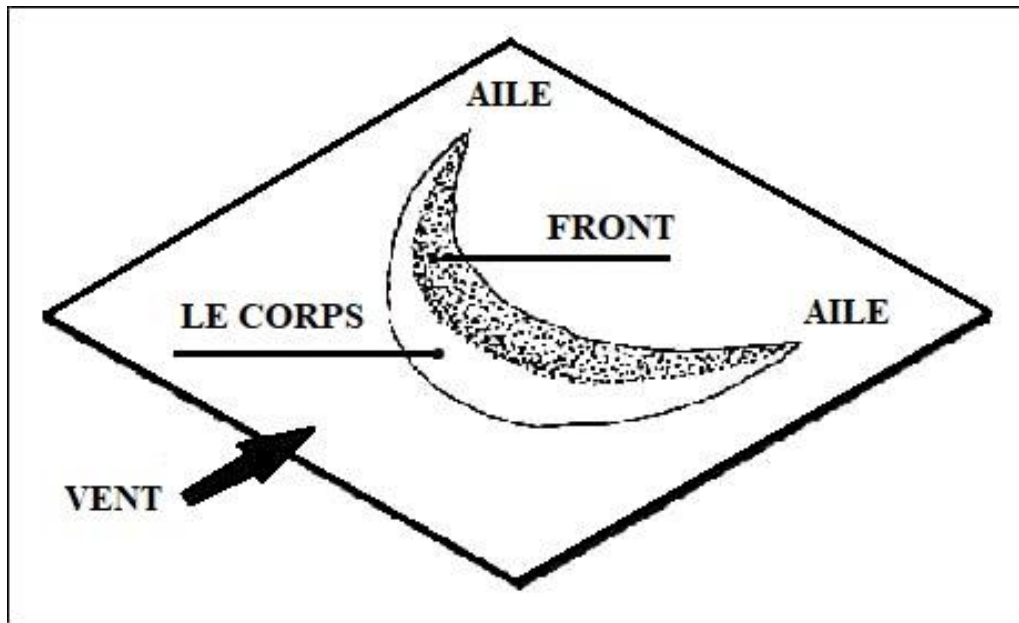


Figure 16 : Illustration d'une dune barkhane (Source : <http://www.fao.org/3/t0492f/t0492f05.htm>).

2. Les dunes transversales

Elles prennent naissance à partir des Barkhanes lorsqu'elles s'accrochent les unes aux autres et le sable apporté de la plage est particulièrement abondant. Les crêtes, souvent sinueuse dans le détail, sont grossièrement parallèles entre elles.

Elles conservent un profil dissymétrique que les remaniements par les vents secondaires peuvent compliquer (Paskoff, 1998)

3. Les dunes paraboliques

Sont des dunes dissymétriques en forme de fer à cheval à concavité au vent souvent plus ou moins fixée par la végétation sa disposition par rapport à la direction du vent est inverse de celle de la barkhane.

La dune parabolique est peu mobile et généralement ne migre guère une fois qu'elle est formée. (Fig16)

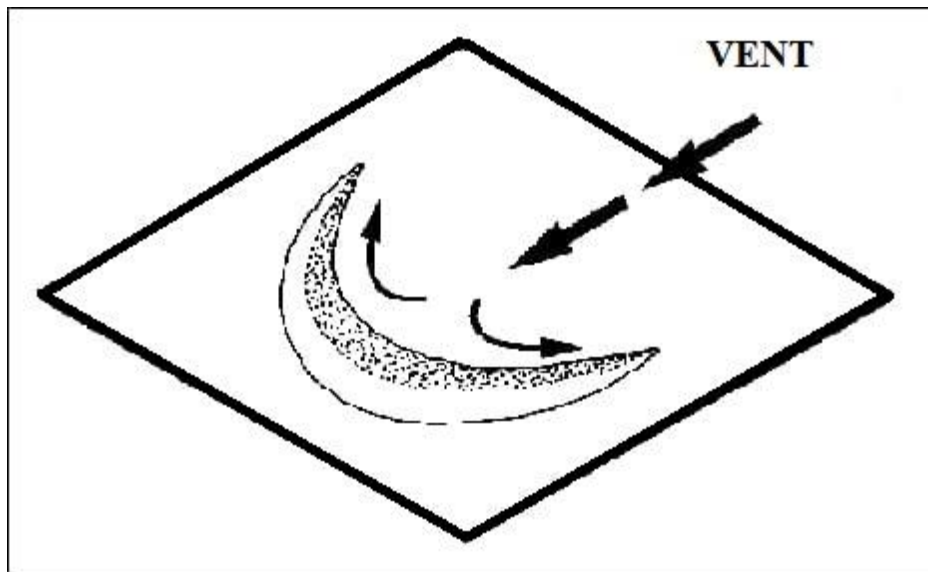


Figure 17 : Illustration d'une dune parabolique (Source : <http://www.fao.org/3/t0492f/t0492f05.htm>).

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. (Fig17)

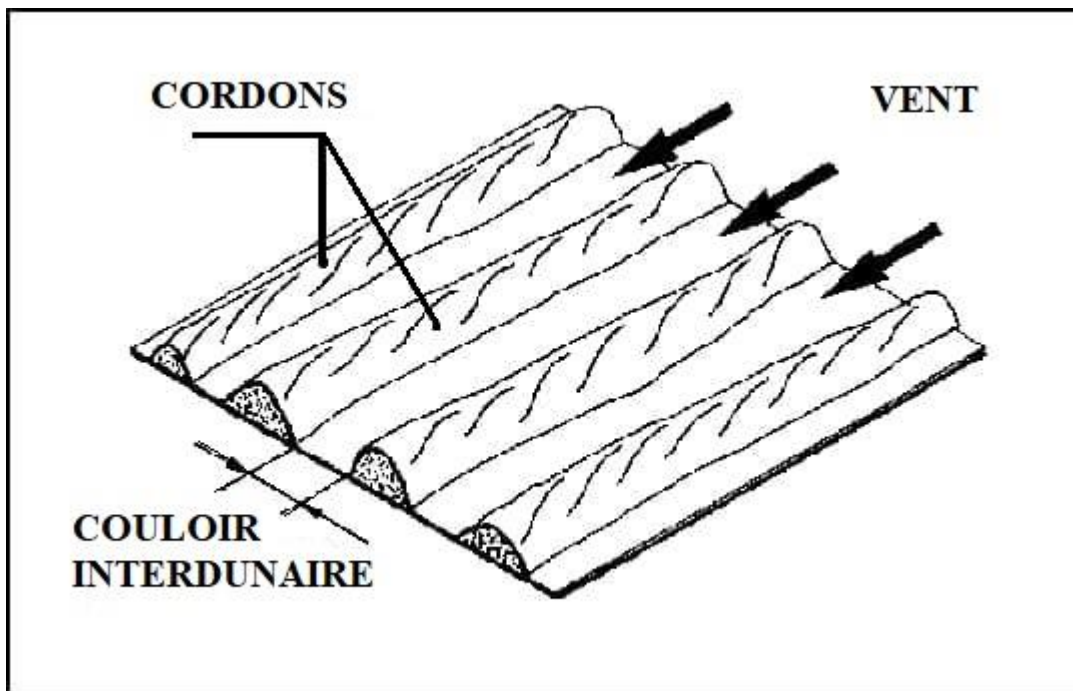


Figure 18 : Illustration d'un cordon dunaire longitudinale (Source : <http://www.fao.org/3/t0492f/t0492f05.htm>).

5. Les cordons de dune

Ce sont des bandes de terre composées de matériaux déposés par des courants et pouvant prendre différentes formes, lido, île barrière, tombolo, etc. (Fig14), mais ayant en commun leur relief peu marqué et leur nature alluvionnaire.

6. Les dunes d'Etoiles

Sont des dunes géantes dont les ramifications s'étendent dans de nombreuses directions. À partir de modèles numériques (Fig14), prenant en compte des régimes de vents multidirectionnels.

CHAPITRE IV
DYNAMIQUE SÉDIMETAIRE ET MODES DE
TRANSPORT À PARTIR DES DIAGRAMMES DE
PASSEGA ET VISHER

CHAPITRE IV: DYNAMIQUE SÉDIMETAIRE ET MÉTHODE DE TRANSPORT A PARTIRE DE DIAGRAMME DE PASSEGA ET VISHER

I. INTRODUCTION

Les études antérieures (S. Guerfi, 2016 ; T. Masri, 2016) ont déterminé les caractéristiques sédimentologiques des sables côtiers des rives orientale (plage Betah) et occidentale (plage Chatt) de l'Oued Mafregh. Il s'agit de :

- Sable bien classé qui montrent généralement une granulométrie moyenne qui décroît légèrement du bas estran vers la dune ;
- Sédiments riches en coquilles de Mollusque (Gastéropodes et Lamellibranches) avec quelques Foraminifères (Globigérines) ;
- Des sables à grains émoussés luisants, ce qui met en évidence l'influence du transport par les eaux marines.

Ce travail complémentaire a pour objectif de mettre en évidence la distribution granulométrique, les processus de transport (saltation, suspension, roulement) et les milieux de dépôt des sédiments sableux en appliquant les deux diagrammes de Passega et Visser.

II. TECHNIQUES D'ÉCHANTILLONNAGE ET UNITÉS MORPHOLOGIQUES

On a exploitée l'échantillonnage effectué en décembre 2015 sur chaque rive, le long de 10 radiales perpendiculaires à la ligne de rivage. Pour chacune d'elles, 4 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 40 échantillons superficiels. Ces échantillons sont formés principalement de matériel détritique quaternaire. (S. Guerfi, 2016 ; T. Masri, 2016).

III. Diagramme de VISHER (1964)

Ce diagramme concrétise la répartition granulométrique des sédiments basée sur une loi gaussienne probabiliste. Les points représentant les refus cumulés portés en ordonnées suivant l'échelle de probabilité s'alignent sur une droite. Mais, en fait, les courbes sont souvent constituées par plusieurs segments de droite, représentant la distribution des différents stocks granulométriques. La délimitation de ses segments nous permet d'accéder aux mécanismes de transport (P. Munier et A. Rivière, 1948) ont fait remarquer

l'alignement des points obtenus sur une droite lorsque la répartition granulométrique dépend d'une fonction de probabilité (A. Degaichia, 2001).

L'application du Test de Visher permet de définir 3 modes de transport: Roulement, Saltation et Suspension de chaque unité morphologique (Estran, Plage et Dune) des rives orientale (plage de Betah) et occidentale (plage de Chatt).

Ces Sables forment un mélange de trois populations qui agissent différemment face à un courant porteur, et se comportent surtout en fonction de leur granularité obéissant à des lois dynamiques conformes.

Tableau 3: Tableau de classification des sable d'après Visher (1969),(modifié)

Milieu des sables	Population De Saltation				Population De Suspension				Population De Roulement			
	%	Le Tri	T.G. Phi.	T. F. Phi.	%	Le Tri	Mélange A&B	T.F. Phi	%	Le Tri	T.G. Phi	Mélange A&C
Le Fluviale	65-98	Moyenne Bien	-1,5 - 1,0	2,7 5-3,5 0	2-35	Mal	Peu	>4,5	Varie	Mal	Sans Limite	Peu
Digue Naturelle	0-30	Moyenne Bien	2,0-1,0	2,0-3,5	60-100	Mal	Beaucoup	>4,5	0-5-			Rien
Le Chenal A Marrée	20-80	Bien	1,5-2,0	1,5-3,5	0-20	Mal Bien	Beaucoup	35 >4,5	0-70-	Moyenne Bien	-0,5-1,5	Moyenne
L'entrée De Marée	30-65	Bien	1,25-1,75	2,0-2,5	2-5	Moyenne Bien	Moyenne	3,5-4,0	30-70	Moyenne Bien	-0,5- Sans Limite	Moyenne
La Plage	50-99	2. Très Bien Populations	.5 2,0	3,0 4,2 5	0-10	Moyenne -Bien	Peu	3,5- >4,5	0-50	Moyenne	-1,0- Sans Limite	Moyenne
Zone De Plonge	20-90	Bien	1.5-2.5	3.0-4.2 5	0-2	Bien	Beaucoup	3.0- >4.5	10-90	Moyenne-Faible	Sans Limite	Moyenne

Zone De Banc	30-95	Bien	2.00 >2.7 5	3.5-4.5	0-2	Moyenne -Faible	Peu	3.5- >4.5	5-70	Moyenn e-Faible	0.0- -0.2	Beaucoup
Zone De Transition	35-90	Bien - Excellent	2.00 >3.0 0	3.0-4.5	5-70	Moyenne -Faible	Beaucoup	3.75 >4.5	0-10	Faible	0.0- Sans Limite	Peu
Dune	97-99	Excellent	1.0- 2.0	3.0-4.0	1-3	Moyenne	Moyenne	4.0- >4.5	0-2	Faible	1.0-0.0	Peu
Les Courants De Turbidités	0-70	Moyenne -Faible	1.0- 2.5	0.0- 3.5	30-100	Faible	Beaucoup	>4.5	0-40	Moyenn e-Faible	Sans Limite	Beaucoup

Légende : **T.G** = point de Troncature Grossière ; **T.F** = point de Troncature Fine

A= population de Saltation ; **B** = population de Suspension ; **C**= population de Roulement

Nous avons codé un numéro pour chaque milieu de sable pour déduire dans les tableaux 5 et 6:

Le Fluviale :(1)

Digue Naturelle :(2)

Le Chenal A Marrée :(3)

L'entrée De Marée :(4)

La Plage :(5)

Zone De Plonge :(6)

Zone De Banc :(7)

Zone De Transition :(8)

Dune :(9),

Les Courants De Turbidités :(10)

A. Application sur la rive orientale (plage de Betah) :

Tableau 4: Modalités de transport des sables de la rive orientale

Les échantillons	Roulement %	Saltation %	Suspension %	D'après (G. S. Visher, 1969)	D'après (A. Degaichia, 2020)
E1	00	97	03	5/9	Bas estran
E2	00	80	20	3/8	Estran
E3	00	38	62	8/10	Arrière plage
E4	00	40	60	8/10	Dune
E5	00	64	36	8/10	Bas estran
E6	00	98.4	1.6	5/9	Estran
E7	00	66	34	8/10	Arrière plage
E8	00	36	64	8/10	Dune
E9	00	86	14	8	Bas estran
E10	00	91	09	5	Estran
E11	00	70	30	8/10	Arrière plage
E12	00	48	52	8/10	Dune
E13	00	96.3	3.7	5	Bas estran
E14	00	97.5	2.5	5/9	Estran
E15	00	91	09	5	Arrière plage
E16	00	45	55	8/10	Dune
E17	00	99.6	0.4	5	Bas estran
E18	00	38	62	8/10	Estran
E19	00	74	26	8	Arrière plage
E20	00	94	06	5	Dune
E21	30	70	00	3/5/6/7	Bas estran
E22	05	94.1	0.9	5	Estran
E23	00	96	04	5	Arrière plage
E24	00	91	09	5	Dune
E25	11	84.5	4.5	5	Bas estran
E26	06	93.3	0.7	5/7	Estran
E27	00	98.5	1.5	5/9	Arrière plage
E28	00	88	12	5/8	Dune
E29	00	98.5	1.5	5/9	Bas estran
E30	00	3.5	96.5	2/10	Estran
E31	00	96	04	5	Arrière plage
E32	00	96.5	3.5	5	Dune
E33	00	1.5	98.5	2/10	Bas estran

E34	00	48	52	8/10	Estran
E35	00	99.1	0.9	5	Arrière plage
E36	00	96.5	3.5	5	Dune
E37	00	91	09	5	Bas estran
E38	00	98	02	5/9	Estran
E39	00	99.3	0.7	5	Arrière plage
E40	05	93	02	5/7	Dune

D'après les courbes tracées (voir Annexes **I**) et le tableau 5 de la rive orientale (plage Betah) en distingue:

- La dominance des sables moyens à fins.
- La prédominance de deux modes de transport. Le régime en suspension est assez fréquent. Le transport en saltation règne sur la majorité des échantillons. Le transport en roulement est négligeable.

La caractérisation des différents types de transport dans chaque unité morphologique de la plage étudiée montre:

- **Bas Estran** : Il est constitué par les échantillons E1, E5, E9, E13, E17, E21, E25, E29, E33, E37. Cette unité est caractérisée par un régime de saltation dominant qui atteint 90 %, tandis que la suspension est occasionnelle. Le transport par roulement est négligeable. Les sables du bas estran sont très bien classés où la fraction moyenne est transportée par saltation et la fraction fine en suspension.
- **Estran** : Il est formé par les échantillons E2, E6, E10, E14, E18, E22, E26, E30, E34, E38 qui sont caractérisés par la prédominance de la saltation qui atteint 70 % et la suspension qui n'excède pas 30 %. Le roulement est négligeable. Les sables de l'estran sont moyens à fins et très bien classés.
- **Arrière plage**: Elle est composée des échantillons E3, E7, E11, E15, E19, E23, E27, E31, E35, E39. Selon les courbes tracées, le régime de saltation atteint 80 % et la suspension peut atteindre 20 %. Ces sables sont d'une texture moyenne à fine et sont très bien classés.
- **Dune** : Les échantillons E3, E8, E12, E16, E20, E24, E28, E32, E36, E40 représentent les sables dunaires. Les courbes de Visher tracées montrent une nette prédominance de la saltation et une présence occasionnelle de la suspension. Le roulement est médiocre. Ces sables moyens à fins sont très bien classés.

B. Application sur rive occidentale (plage de Chatt) :

Tableau 5: Modalités de transport des sables de la rive occidentale

Les échantillons	Roulement %	Saltation %	Suspension %	D'après (G. S. Visher, 1969)	D'après (A. Degaichia, 2020)
E1	10	90	00	5/6/7/8	Bas estran
E2	20	80	00	3/5/6/7	Estran
E3	16	47	37	10	Arrière plage
E4	00	84	16	5/8	Dune
E5	00	27	73	2/10	Bas estran
E6	00	76	24	8	Estran
E7	00	56	44	8/10	Arrière plage
E8	00	48	52	8/10	Dune
E9	12	74	14	3/8	Bas estran
E10	18	82	00	5/6/7	Estran
E11	2.8	54.8	42.4	8/10	Arrière plage
E12	12	66	22	10	Dune
E13	44	41	15	3	Bas estran
E14	3.5	96.5	00	5	Estran
E15	3.5	96.5	00	5	Arrière plage
E16	00	94	06	5	Dune
E17	28	60	12	3/8	Bas estran
E18	00	68	32	8/10	Estran
E19	13	69	18	3	Arrière plage
E20	28	58	14	3	Dune
E21	20	46	34	10	Bas estran
E22	00	95	05	5	Estran
E23	05	53	42	8/10	Arrière plage
E24	44	52	04	3/4/5	Dune
E25	06	34	60	8/10	Bas estran
E26	00	76	24	8	Estran
E27	00	89	11	8	Arrière plage
E28	00	84	16	8	Dune
E29	2.2	77.2	20.6	3/8	Bas estran
E30	4.5	47.5	48	8/10	Estran
E31	06	64	30	8/10	Arrière plage
E32	03	63	34	8/10	Dune
E33	10	46	44	8/10	Bas estran
E34	0.6	33.4	56	10	Estran
E35	02	64	34	8/10	Arrière plage
E36	23	47	30	10	Dune
E37	05	42	53	8/10	Bas estran
E38	00	64	36	8/10	Estran

E39	07	72	21	8	Arrière plage
E40	2.9	36.1	61	8	Dune

D'après les courbes tracées (voir Annexes II) et le tableau 6 de la rive occidentale (plage Chatt), on distingue:

- La dominance des sables moyens à fins.
- La prédominance de deux modes de transport. Le régime en suspension est assez fréquent. Le transport en saltation règne sur la majorité des échantillons. Le transport en roulement est négligeable.

La caractérisation du type de transport dans chaque unité géomorphologique de la plage étudiée montre:

- **Bas Estran** : Il est constitué des échantillons E1, E5, E9, E13, E17, E21, E25, E29, E33, E37. Les sables de cette unité sont caractérisés par un régime de saltation dominant qui atteint 90 %, tandis que la suspension est occasionnelle. Le transport par roulement est négligeable. Les sables du bas estran sont très bien classés où la fraction moyenne est transportée par saltation et la fraction fine en suspension.
- **Estran** : L'échantillons E2, E6, E10, E14, E18, E22, E26, E30, E34, E38 sont caractérisés par la prédominance de la saltation qui atteint 70 % et la suspension qui n'excède pas 30 %. Le roulement est négligeable. Les sables de l'estran sont moyens à fins et très bien classés.
- **Arrière plage** : les échantillons E3, E7, E11, E15, E19, E23, E27, E31, E35, E39. Selon les courbes de Visher tracées, le régime de saltation est dominant et la suspension est sporadique. Ces sables sont d'une texture moyenne à fine et sont très bien classés.
- **Dune** : les échantillons E3, E8, E12, E16, E20, E24, E28, E32, E36, E40 forment les sables dunaires. Les courbes de Visher tracées montrent une nette prédominance de la saltation et une présence occasionnelle de la suspension. Le roulement est médiocre. Ces sables moyens à fins sont très bien classés.

C. Conclusion :

L'application du diagramme de Visher sur les sables des unités morphologiques des deux rives orientale et occidentale montre la dominance de deux modes de transport : saltation et suspension.

IV. Diagramme de PASSEGA (1957, 1964):

C'est une méthode d'interprétation des données granulométriques a été proposée par Passega (1957, 1964) afin de différencier les dépôts issus de différents modes de transport en milieu fluviatile et marin (suspension uniforme, suspension gradée, roulement). Elle consiste à utiliser deux paramètres (A. Degaichia, 2001) :

- ✓ Suivant l'axe des abscisses la valeur logarithmique du premier centile (C) en μm ;
- ✓ Perpendiculairement au point ainsi défini, en ordonnées la valeur logarithmiques de la taille du grain moyen (Mz) en μm .

D'après l'analyse du diagramme de Passega (1957, 1964) par l'utilisation d'image CM , on peut déduire les différents modes de transport en milieu fluviatile et marin (suspension uniforme, suspension gradée, roulement), et la relation entre la granulométrie des échantillons étudiés, puis de dépôt des sédiments (Bravard et Peiry, 1999).

Ce diagramme bi-logarithmique présente les valeurs du premier centile (C) et la médiane (M) en ordonnée et la taille du grain médian en abscisse. On obtient un nuage de points dont la forme, comparée au modèle de référence permet de différencier les modes de transports suivants :

- Suspension uniforme (SR)
- Suspension graduée (RQ)
- Suspension inférieure et roulement (OPQ)
- Saltation (QP)
- Traction par charriage (PO)
- Transport par roulement (ON)
- Suspension pélagique (T)

Donc comparer la position du point avec un modèle (Image CM) déterminé sur la base d'échantillons prélevés dans des dépôts pour lesquels les conditions de mise en place sont connues. (Houbrechts, Geoffrey, et al., 2013). On retrouve cette méthode de tracé à partir de plusieurs segments associés à différents modes de transport délimités par des plis correspondant aux points N, O, P, Q, R et S.

Sur ce graphique la limite Cr correspond à la taille minimale des grains transportés par roulement. La taille maximale des grains transportés par suspension gradée est indiquée par la limite Cs qui correspond au point Q. La taille maximale des grains transportés par suspension uniforme correspond au trait Cu, équivalent à la valeur du C des points S et R. (Houbrechts, Geoffrey, et al 2013).

La répartition des échantillons sableux des deux rives orientale (plage de Betah) et occidentale (plage de Chatt) dans l'image CM montre :

A. Application sur la rive orientale (plage de Betah)

Grâce à l'étude précédente qui a été réalisée à travers les paramètres sédimentologique (C et Md) du tableau récapitulatif on a pu tracer le diagramme CM :

Tableau 6: Paramètres sédimentologiques des sables de la rive orientale (T. Masri, 2016)

Les échantillons	Md (µm)	C (µm)
E1	314	470
E2	272	406
E3	264	401
E4	255	398
E5	295	426
E6	268	395
E7	230	334
E8	221	334
E9	274	409
E10	285	420
E11	250	348
E12	264	403
E13	272	412
E14	264	401
E15	255	401
E16	252	398
E17	291	525
E18	301	532
E19	252	384
E20	233	346
E21	279	607
E22	264	403
E23	237	379
E24	228	321
E25	252	500
E26	253	379
E27	245	330
E28	237	330
E29	283	438
E30	268	412
E31	238	330
E32	243	332
E33	268	406
E34	245	484

E35	243	418
E36	243	356
E37	273	325
E38	238	328
E39	241	379
E40	253	529

A partir de ces paramètres on obtient le diagramme CM :

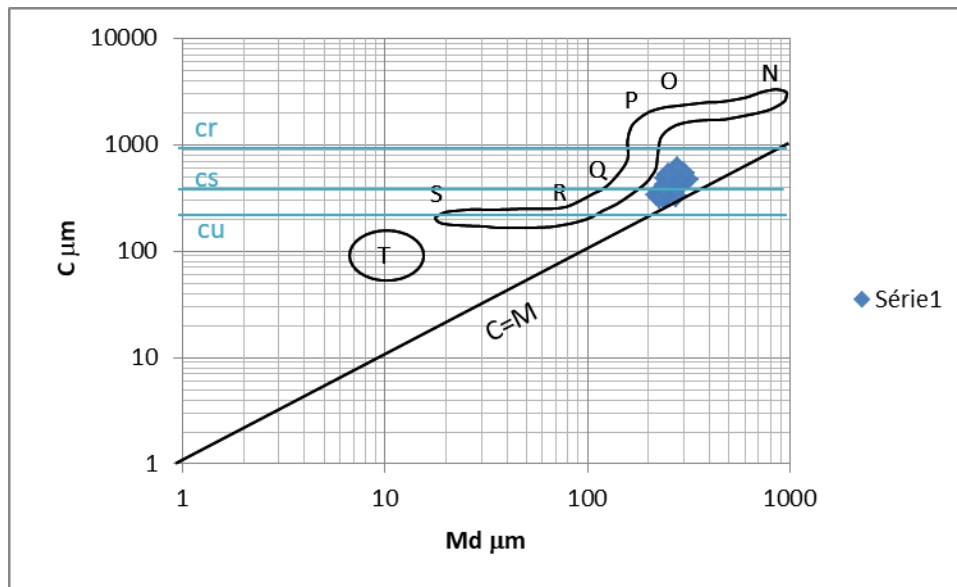


Figure 19: Diagramme CM des échantillons de la rive orientale

Légende : T : Suspension pélagique, SR : Suspension uniforme, RQ : Suspension graduée sans roulement, PO : Suspension de fond et roulement, PQ : Transition entre transport par suspension gradée et roulement. ON : Roulement, Cu : Taille maximum des grains transportés par suspension homogène. Cr : Taille minimum des grains transportés par roulement. Cs : Taille maximum des grains transportés par suspension graduée

Les 40 échantillons étudiés de la rive Orientale (plage de Betah) de l'Oued Mafregh sont réparties et cernés par des valeurs de Md [200 ; 400 µm] et de C [200 ; 800 µm].

- Les échantillons qui répartissent dans le segment QR : indiquent un transport par suspension gradée des sédiments sans roulement, qui rassemble des dépôts mis en place en suite au ralentissement des courants turbulents, donc le sédiment transportés sont des sédiments moyens a une fraction fines. Les sables sont transportés par le courant de suspension graduée qui indique un milieu moins énergétique à cause des valeurs faibles des C et Md.
- Les échantillons associés dans le segment PQ : indiquent un transport par suspension sur le fond avec roulement qui correspond à la transition entre le transport par suspension graduée et le roulement. C'est l'indice de la présence quelques grains grossiers transportés par roulement au sein

de dépôt de transportés par suspension graduée. Les valeurs importantes des C et Md et le transport par roulement indiquent un courant est assez énergétique.

B. Application sur la rive occidentale (plage de Chatt) :

Grâce à l'étude précédente qui a été réalisée à travers les paramètres sédimentologique (C et Md) du tableau récapitulatif on a pu tracer le diagramme CM :

Tableau 7: Paramètres sédimentologiques des sables de la rive occidentale (S. Guerfi, 2016)

Les échantillons	Md (μm)	C (μm)
E1	366.021	1319.508
E2	378.929	615.572
E3	353.553	784.584
E4	406.126	812.252
E5	307.786	870.551
E6	307.786	574.349
E7	287.175	574.349
E8	250.000	482.968
E9	378.929	965.936
E10	376.312	707.107
E11	258.816	574.349
E12	341.510	615.572
E13	466.516	1148.698
E14	353.553	870.551
E15	353.553	870.551
E16	732.043	993.092
E17	466.516	933.033
E18	381.565	615.572
E19	435.275	933.033
E20	356.013	757.858
E21	329.877	933.033
E22	420.448	757.858
E23	277.392	747.425
E24	574.349	812.252
E25	378.929	933.033
E26	353.553	757.858
E27	381.565	707.107
E28	348.686	757.858
E29	366.021	870.551
E30	251.739	554.785
E31	341.510	615.572
E32	318.640	466.516
E33	269.807	812.252
E34	378.929	659.754
E35	341.510	466.516
E36	368.567	482.968

E37	406.126	1071.773
E38	535.887	812.252
E39	341.510	747.425
E40	241.484	659.754

A partir de ces paramètres on obtient le diagramme CM :

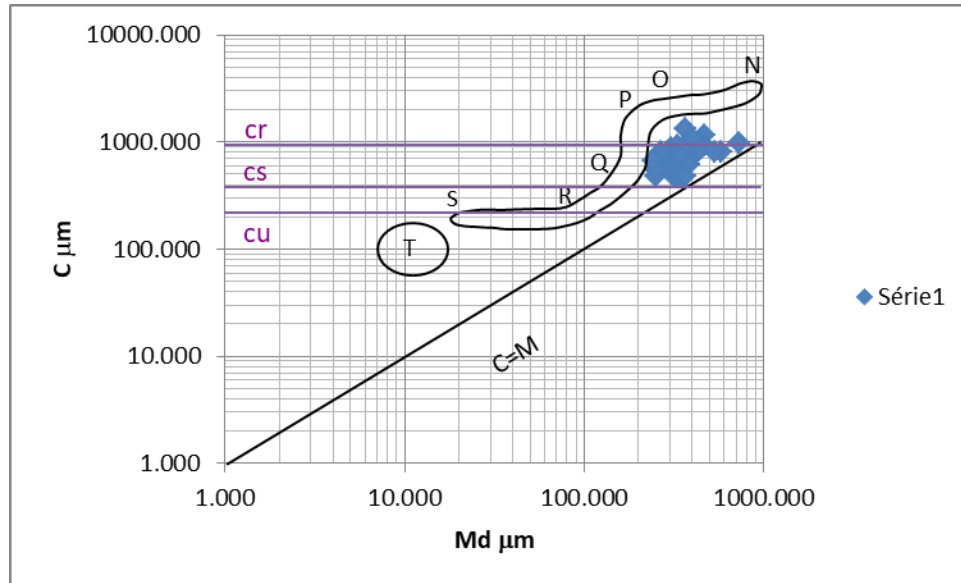


Figure 20: Diagramme CM des échantillons de la rive occidentale

Légende : T : Suspension pélagique, SR : Suspension uniforme, RQ : Suspension graduée sans roulement, PO : Suspension de fond et roulement, PQ : Transition entre transport par suspension gradée et roulement. ON : Roulement, Cu : Taille maximum des grains transportés par suspension homogène. Cr : Taille minimum des grains transportés par roulement. Cs : Taille maximum des grains transportés par suspension graduée

Les 40 échantillons étudiés de la rive occidentale de l'Oued Mafregh sont répartis et cernés par des valeurs de Md [200 ; 800 µm] et de C [400 ; 1800 µm].

- Les échantillons associés dans le segment PQ : indiquent un transport par suspension sur le fond avec roulement qui correspond à la transition entre le transport par suspension graduée et le roulement. C'est l'indice de la présence quelques grains grossiers transportés par roulement au sein de dépôt de transportés par suspension graduée. Les valeurs importantes des C et Md et le transport par roulement indiquent un courant est assez énergétique.
- Les échantillons associés dans le segment PO : indique le transport de certains grains par suspension de fond et roulement, de sorte que les sédiments transportés sont des sédiments grossiers de taille. Les matériaux grossiers transportés par roulement indiquent que le milieu est

assez énergétique.

- Les échantillons associé dans le segment ON: indique le transport de certains grains par roulement. C'est l'indice de la présence de quelques grains grossiers transportés par roulement. Les matériaux grossiers charriés sur le fond nous renseignent de la présence d'un milieu énergétique.

C. Conclusion :

On constate que la dynamique des sables côtiers des deux rives orientale et occidentale répond de la même manière aux agents de transport et dépôt dans chaque unité morphologique « Estran et dune ». Les sédiments sont très bien classés à bien classés et forment un éventail granulométrique caractérisé par l'abondance des sables moyens associés à des sables fins. (T. Masri, 2016 ; S. Guerfi, 2016).

V. COMPARAISON DES RÉSULTATS

D'après les observations basées sur l'analyse des diagrammes de Visher (1969) et Passega (1957,1964) et aussi la Data Set (A. Degaichia, 2020), on peut déduire modalités de transport et la dynamique sédimentaire des sables côtiers des deux rives. Les résultats comparatifs sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau 8: Modalités de transport et dynamique sédimentaire des sables des deux rives (G.S. Visher, 1969; R. Passega, 1964; A. Degaichia, 2020)

Les échantillons	Roulement %	Saltation %	Suspension %	D'après (G. S. Visher, 1969)	D'après (A. Passega, 1964)	D'après (A. Degaichia, 2020)
E1	00	97	03	Plage/les courants de turbidité	Courant de roulement	Bas estran
E2	00	80	20	Le chanel a marrée/ zone de transition	Courant de roulement	Estran
E3	00	38	62	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de roulement	Arrière plage
E4	00	40	60	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de Suspension graduée	Dune
E5	00	64	36	Zone de transition/les courants de	Courant de roulement	Bas estran

				turbidité		
E6	00	98.4	1.6	Plage/dune	Courant de Suspension graduée	Estran
E7	00	66	34	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de Suspension graduée	Arrière plage
E8	00	36	64	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de Suspension graduée	Dune
E9	00	86	14	Zone de transition	Courant de roulement	Bas estran
E10	00	91	09	Plage	Courant de roulement	Estran
E11	00	70	30	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de Suspension graduée	Arrière plage
E12	00	48	52	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de roulement	Dune
E13	00	96.3	3.7	Plage	Courant roulement	Bas estran
E14	00	97.5	2.5	Plage/dune	Courant roulement	Estran
E15	00	91	09	Plage	Courant roulement	Arrière plage
E16	00	45	55	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de Suspension graduée	Dune
E17	00	99.6	0.4	plage	Courant de roulement	Bas estran
E18	00	38	62	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de roulement	Estran
E19	00	74	26	Zone de transition	Courant de Suspension graduée	Arrière plage
E20	00	94	06	Plage	Courant de	Dune

					Suspension graduée	
E21	30	70	00	Le chanel a marrée/plage/zone de plonge/zone de banc	Courant de roulement	Bas estran
E22	05	94.1	0.9	Plage	Courant de roulement	Estran
E23	00	96	04	Plage	Courant de Suspension graduée	Arrière plage
E24	00	91	09	Plage	Courant de Suspension graduée	Dune
E25	11	84.5	4.5	Plage	Courant de roulement	Bas estran
E26	06	93.3	0.7	Plage/zone de banc	Courant de Suspension graduée	Estran
E27	00	98.5	1.5	Plage/dune	Courant de Suspension graduée	Arrière plage
E28	00	88	12	Plage/zone de transition	Courant de Suspension graduée	Dune
E29	00	98.5	1.5	Plage/dune	Courant de roulement	Bas estran
E30	00	3.5	96.5	Digue naturelle/les courants de turbidité	Courant de roulement	Estran
E31	00	96	04	Plage	Courant de Suspension graduée	Arrière plage
E32	00	96.5	3.5	Plage	Courant de Suspension graduée	Dune
E33	00	1.5	98.5	Digue naturelle/les courants de turbidité	Courant de roulement	Bas estran
E34	00	48	52	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de roulement	Estran

E35	00	99.1	0.9	Plage	Courant de roulement	Arrière plage
E36	00	96.5	3.5	Plage	Courant de Suspension graduée	Dune
E37	00	91	09	Plage	Courant de Suspension graduée	Bas estran
E38	00	98	02	Plage/dune	Courant de Suspension graduée	Estran
E39	00	99.3	0.7	Plage	Courant de Suspension graduée	Arrière plage
E40	05	93	02	Plage/zone de banc	Courant de roulement	Dune

Tableau 9: Modalités de transport et dynamique sédimentaire des sables des deux rives (G.S. Visher, 1969; R. Passega, 1964; A. Degaichia, 2020)

Les échantillons	Roulement %	Saltation %	Suspension %	Milieu d'après Visher	Mode de transport d'après Passega	Milieu d'après Data set
E1	10	90	00	Plage/zone de plonge/zone de banc/les courants de turbidité	Courant de roulement	Bas estran
E2	20	80	00	Le chanel a marée	Courant de roulement	Estran
E3	16	47	37	Les courants de turbidité	Courant de roulement	Arrière plage
E4	00	84	16	Plage/zone de transition	Courant de roulement	Dune
E5	00	27	73	Digue naturelle/les	Courant de	Bas estran

				courants de turbidité	roulement	
E6	00	76	24	Zone de transition	Courant de roulement	Estran
E7	00	56	44	Zone de transition/ les courants de turbidité	Courant de roulement	Arrière plage
E8	00	48	52	Zone de transition/ les courants de turbidité	Courant de roulement	Dune
E9	12	74	14	Le chanel a marée/zone de transition	Courant de roulement	Bas estran
E10	18	82	00	Plage/zone de plonge/zone de banc	Courant de roulement	Estran
E11	2.8	54.8	42.4	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de roulement	Arrière plage
E12	12	66	22	Les courants de turbidité	Courant de roulement	Dune
E13	44	41	15	Le chanel a marée	Courant de roulement	Bas estran
E14	3.5	96.5	00	Plage	Courant de roulement	Estran
E15	3.5	96.5	00	Plage	Courant de roulement	Arrière plage
E16	00	94	06	Plage	Courant de roulement	Dune
E17	28	60	12	Le chanel a marée/zone de transition	Courant de roulement	Bas estran
E18	00	68	32	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de roulement	Estran
E19	13	69	18	Le chanel a marée	Courant de roulement	Arrière plage
E20	28	58	14	Le chanel a	Courant de	Dune

				marée	roulement	
E21	20	46	34	Les courants de turbidité	Courant de roulement	Bas estran
E22	00	95	05	Plage	Courant de roulement	Estran
E23	05	53	42	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de roulement	Arrière plage
E24	44	52	04	Le chanel a marée/l'entrée de marée/plage	Courant de roulement	Dune
E25	06	34	60	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de roulement	Bas estran
E26	00	76	24	Zone de transition	Courant de roulement	Estran
E27	00	89	11	Zone de transition	Courant de roulement	Arrière plage
E28	00	84	16	Zone de transition	Courant de roulement	Dune
E29	2.2	77.2	20.6	Le chanel a marée/zone de transition	Courant de roulement	Bas estran
E30	4.5	47.5	48	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de roulement	Estran
E31	06	64	30	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de roulement	Arrière plage
E32	03	63	34	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de roulement	Dune

E33	10	46	44	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de roulement	Bas estran
E34	0.6	33.4	56	les courants de turbidité	Courant de roulement	Estran
E35	02	64	34	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de roulement	Arrière plage
E36	23	47	30	les courants de turbidité	Courant de roulement	Dune
E37	05	42	53	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de roulement	Bas estran
E38	00	64	36	Zone de transition/les courants de turbidité	Courant de roulement	Estran
E39	07	72	21	Zone de transition	Courant de roulement	Arrière plage
E40	2.9	36.1	61	Zone de transition	Courant de roulement	Dune

D'après les résultats obtenus des différents diagrammes de Visher et Passega et les observations de terrain (A. Degaichia, 2020), on observe une concordance dans le comportement dynamique des échantillons des deux rives de l'Oued Mafregh dans chaque unité morphologique, et des fluctuations similaires aux différents agents de transport et modes dépôt.

CONCLUSION

CONCLUSION

Cette étude nous a permis de déterminer la dynamique de transport des sédiments côtiers et de caractériser les différents unités morphologiques littorales des rives orientale et occidentale de l'Oued Mafregh (NE de l'Algérie).

Le diagramme de Visher montre la prépondérance de deux modes de transports « saltation et suspension » qui répondent aux différents agents de transport hydrodynamiques et éoliens.

D'après le diagramme de Passega, on distingue que la dynamique des sables côtiers répond d'une grande similarité aux processus de transport. La majorité des sables sont mobilisés par saltation et suspension graduée. Le roulement de fond est occasionnel.

Les deux diagrammes de Passega et Visher indiquent que la majorité des sables transportés sont très bien classés à bien classés.

BIBLIOGRAPHIE

- Affoun, S. (2006).** Ressources en eaux, mobilisation et utilisation dans le bassin versant de la Mafragh.
- Bossière, G. (1976).** Sur un gisement de péridotite découvert dans le massif cristallophyllien de l'edough (annaba, algerie).
- Brunel, M., Hammor, D., Misseri, M., Gleizes, G., & Bouloton, J. (1988).** Cisaillements symmétamorphiques avec transport vers le Nord-Ouest dans le massif cristallin de l'Edough (Wilaya d'Annaba, Algérie): une faille normale ductile Hercynienne. Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'univers, Sciences de la Terre, 306(14), 1039-1045.
- Caby, R., & Hammor, D. (1992).** Le massif cristallin de l'Edough (Algérie): un Métamorphic Core Complex d'âge miocène dans les Maghrébides. Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'univers, Sciences de la Terre, 314(8), 829-835.
- Degaichia A, Salhi N., 2013,-** Introduction à l'étude granulométrique des sables de plage du golf de Bône (Annaba). Conférence : 3ème Colloque International " Les Géosciences au Service de Développement Durable". 10p.
- Degaichia, A. (2001).** Aspects sédimentologiques du dépôt mio-plio-quadernaire de la zone avoisinante au barrage de foug El Khanga (Nord-Est de l'algerie, sedrata) (Doctoral dissertation, Tebessa, Université Chikh Larbi Tebessi. Institut des Sciences de la Terre).
- Degaichia, A. (2014).** Sédimentologie et paléoenvironnements des sédiments du Pliocène du fossé d'effondrement de Tébessa et ses abords (Atlas Saharien oriental, ne de l'Algérien). *Thèse de Doctorat*.
- Durand-Delga M. (1969).** Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. Publ.
- Durand-Delga, M. (1955).** Etude geologique de l'Ouest de la chaine numidique.
- Gleizes, G., Bouloton, J., Bossière, G., & Collomb, P. (1988).** Données lithologiques et pétro-structurales nouvelles sur le massif cristallophyllien de l'Edough (Est-Algérien). Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'univers, Sciences de la Terre, 306(14), 1001-1008.
- Guerfi, S., (2016).** Sédimentologie et dynamique sédimentaire des sables côtiers de la rive occidentale de l'Oued Mafragh (EL Tarf, NE de l'Algérie), Mémoire de Master en Environnement Sédimentaire encadré par A.Degaichia. 26 Fig.-6 Tab.-71p.
- Hilly J (1962)** Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap de Fer (Est Constantinois). Publ Serv Carte Géol Algérie Nouv Sér 19.
- Houbrechts, G., Hallot, É., Levecq, Y., Denis, A. C., Van Campenhout, J., Peeters, A., & Petit, F. (2013).** Images CM de Passega des rivières ardennaises. Bulletin de la Société géographique de Liège, 61, 37-68.

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.

Joleaud, L. (1936). Étude géologique de la région de Bône et de La calle... Imp. La Typo-litho & J.Carbonel.

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 Tarek, 2016,- Sédimentologie et dynamique sédimentaire des sables côtiers de la rive orientale de l'Oued Mafragh (EL Tarf, NE de l'Algérie), Mémoire de Master en Environnement Sédimentaire encadré par A.Degaichia. 32 Fig.-8 Tab.-94p.

Moussu.H, (1954) Des montes de la CHEFFIA (EST-CONSTANTINOIS) Par Bulletine-service de la carte géologique de l'Algerie.

N. Salhi, 2013,- Introduction à l'étude granulométrique des sables de Golf de Bône (Algérie).Mémoire de Master en Environnement Sédimentaire encadré par A.DEGAICHIA. 33 Fig.- 14 Tab.- 64p.

Nouacer, R. (1993). Essai de synthèse des caractéristiques hydrogéologiques et hydro chimiques de la nappe du massif dunaire de Bouteldja (Doctoral dissertation, Thèse de Magister de l'Université de Annaba, Algeria).

Paskoff, R. (1998). La crise des plages: pénurie de sédiments. Mappemonde, 52(4), 11-15.

Raoult, J. F., & JF, R. (1974). GEOLOGIE DU CENTRE DE LA CHAINE NUMIDIQUE (NORD DU CONSTANTINOIS, ALGERIE).Serv. Géol. Algérie, n°39, 89-131.

Sonatrach. BEICIP, 1969 et Saaidia. B, 1992.

Vila, J. M. (1980). La chaîne alpine de l'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse de Doctorat-es-sciences, Université Pierre et Marie curie.

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

<http://hanschen.org/koppen>

<http://www.fao.org/3/t0492f/t0492f05.htm>

<http://www.geolsed.ulg.ac.be/processus/processus.htm>

<https://fr.climate-data.org>

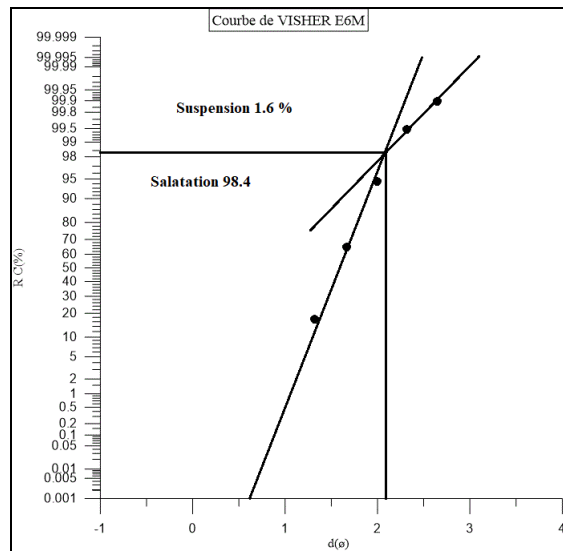
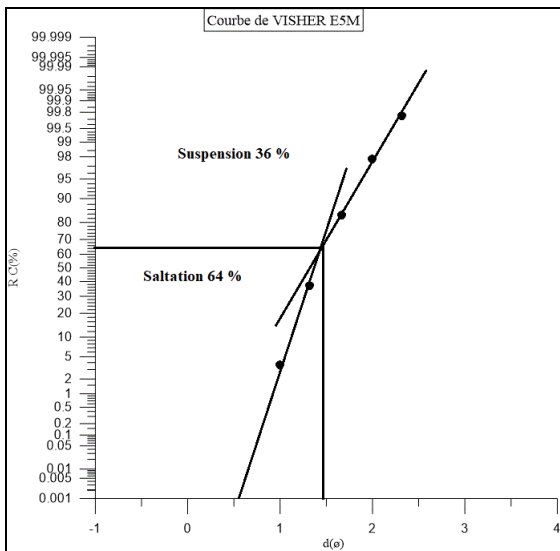
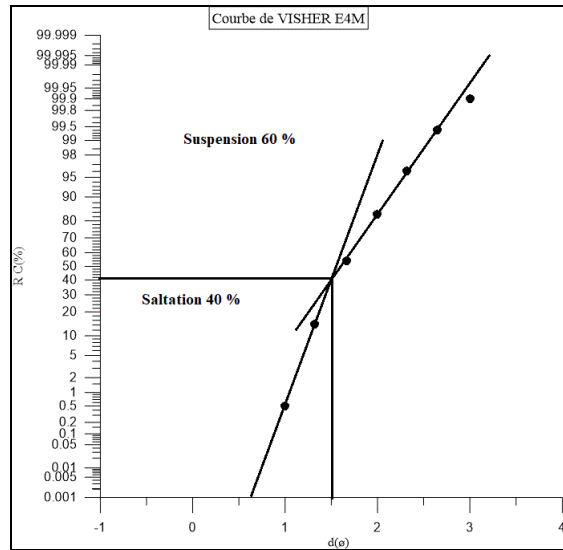
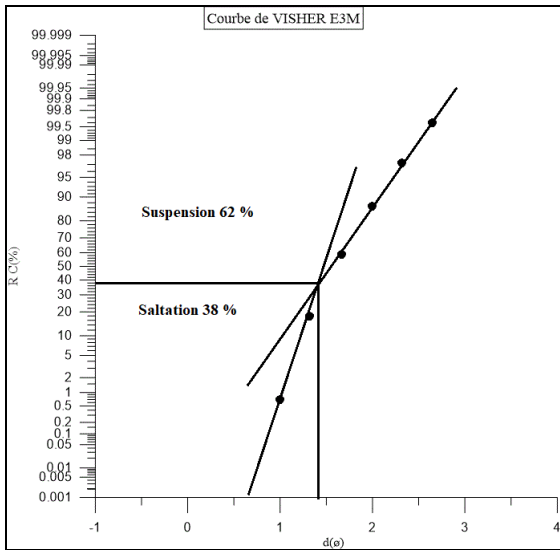
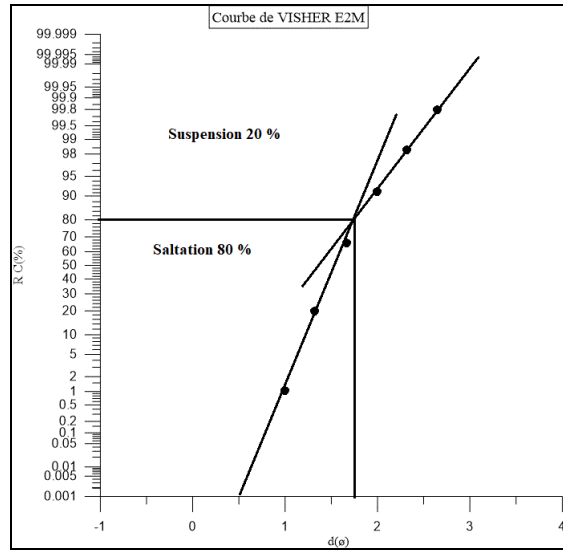
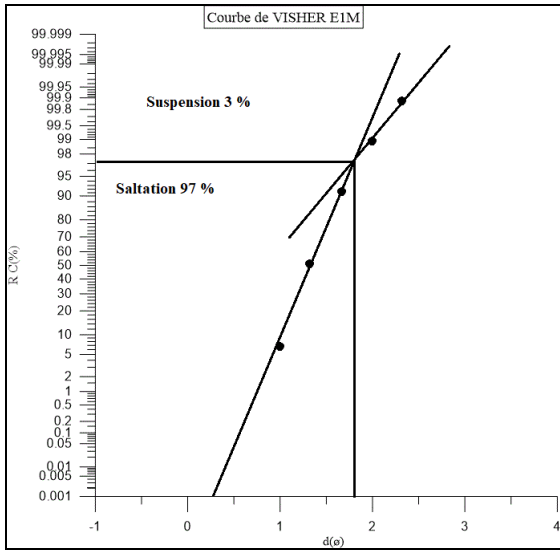
https://www.meteoblue.com/fr/meteo/historyclimate/climatemodelled/annaba_alg%c3%a9re_2506999)

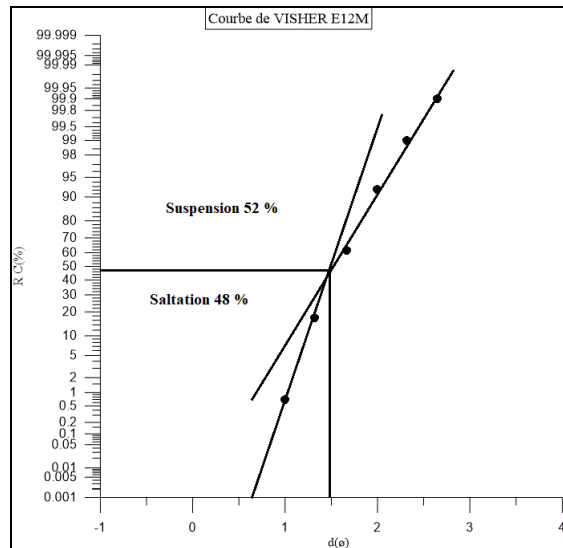
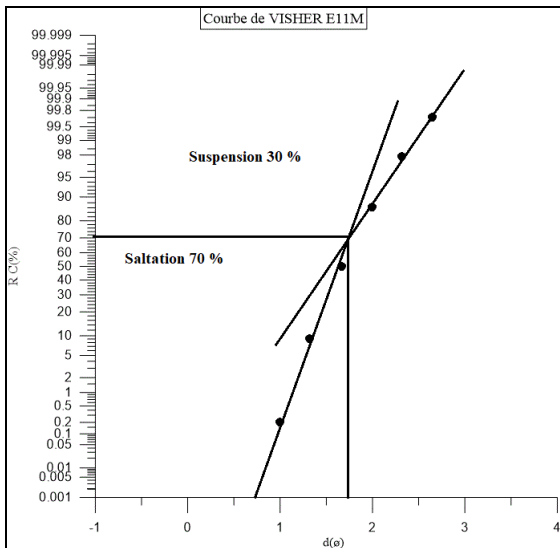
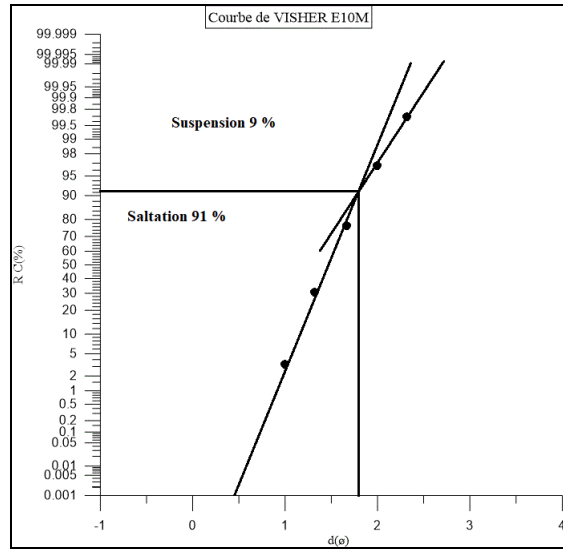
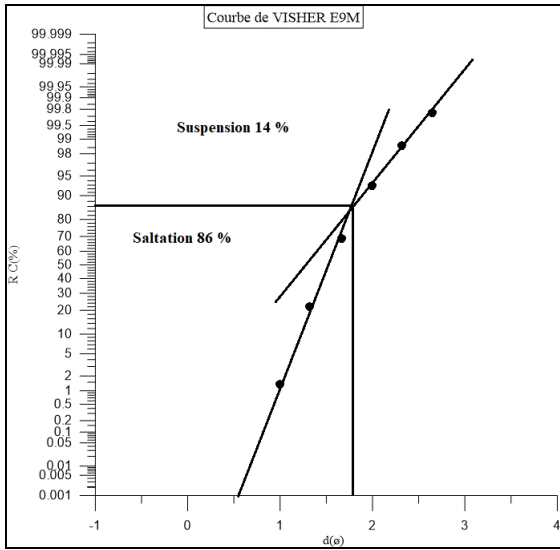
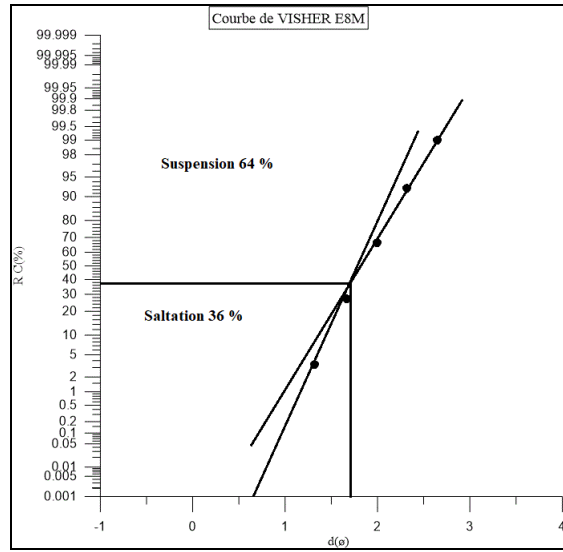
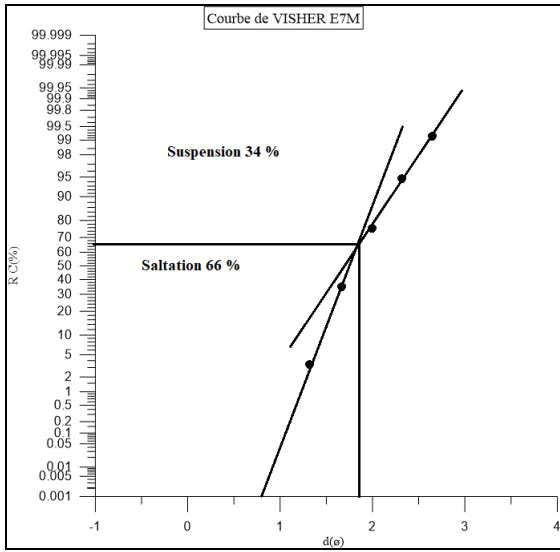
R.G.P.H 1998 (Recensement général de la population et de l'habitat, 1998), <https://cutt.us/uwr4s>

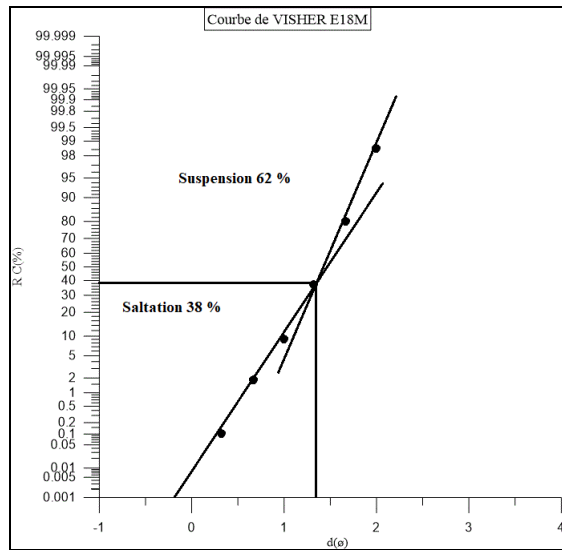
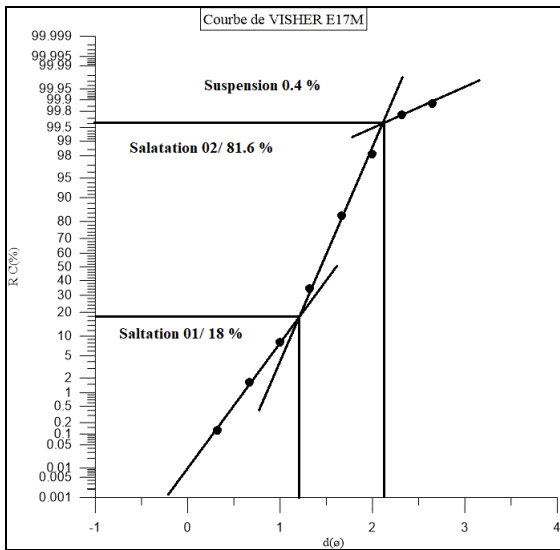
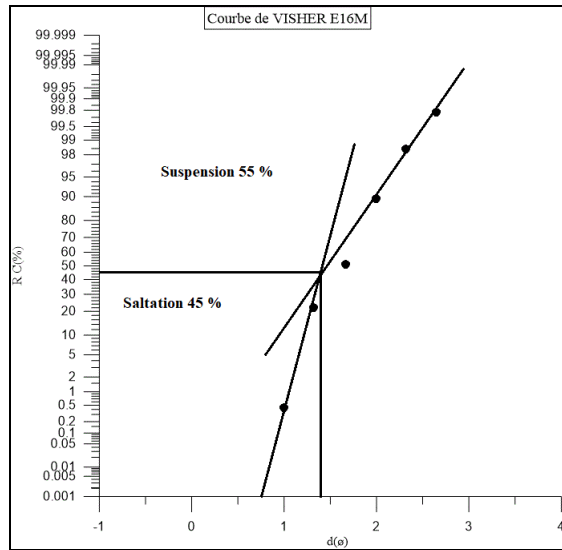
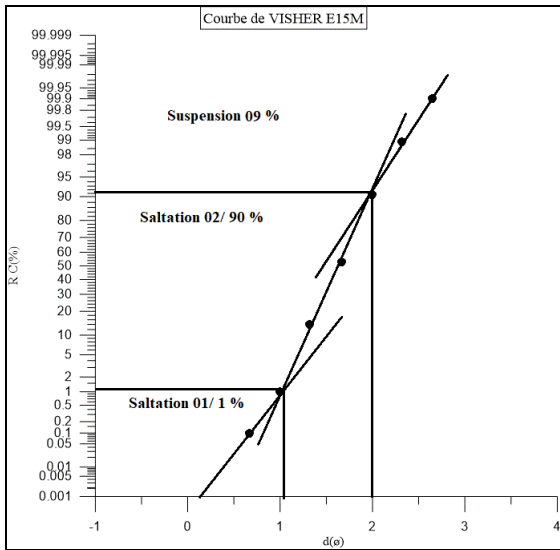
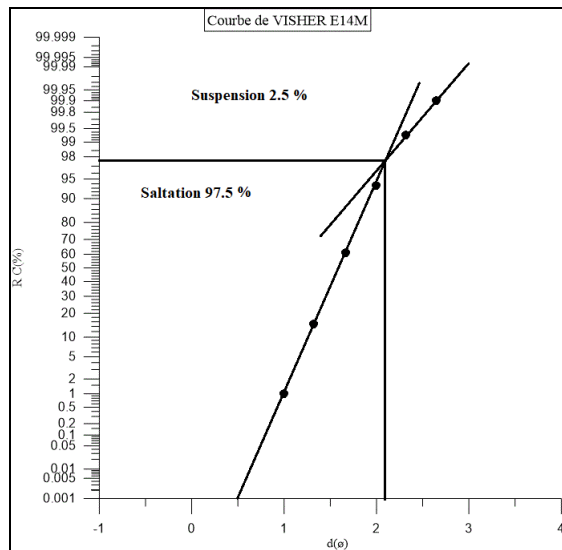
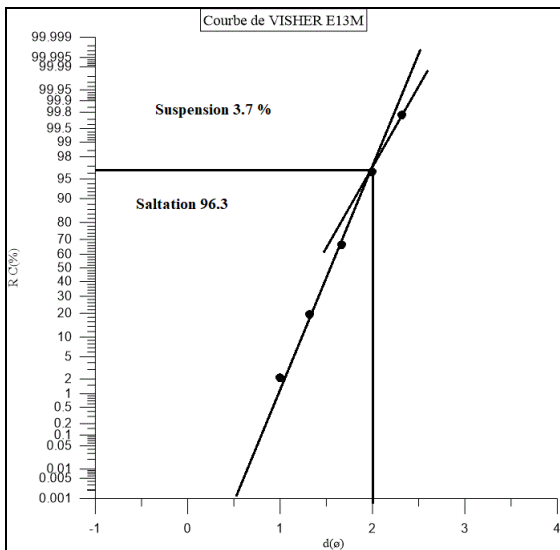
www.fr.windfinder.com , www.watherbase.com

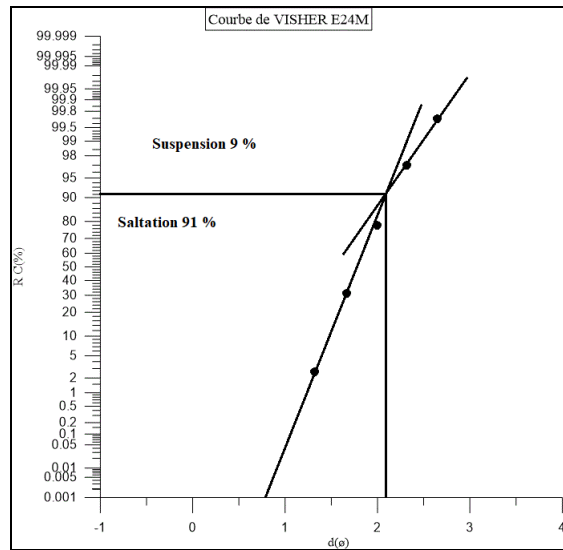
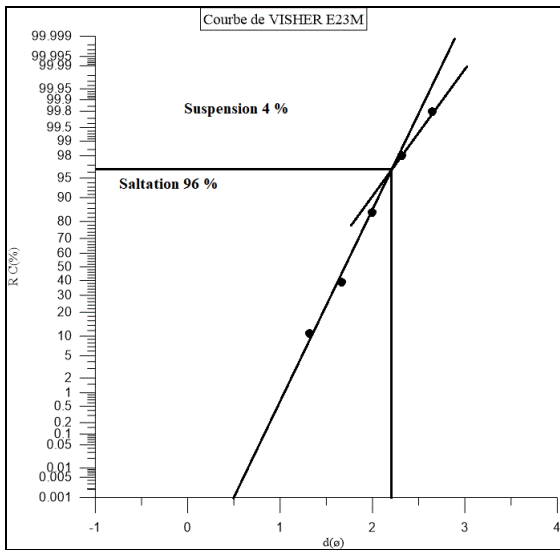
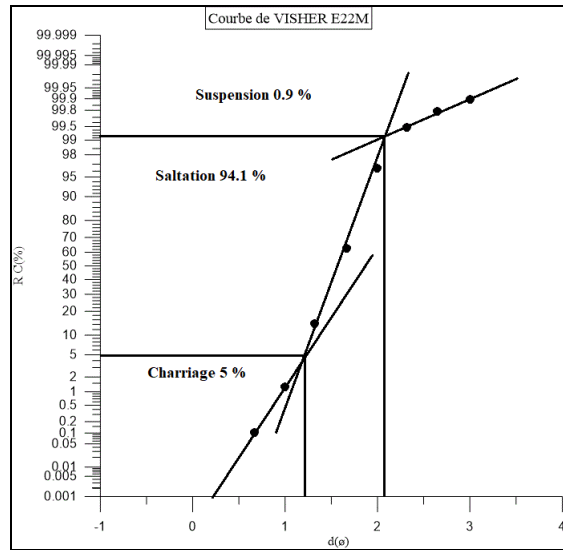
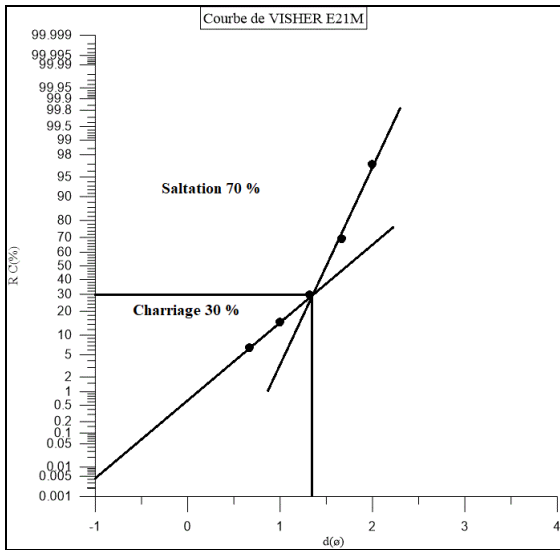
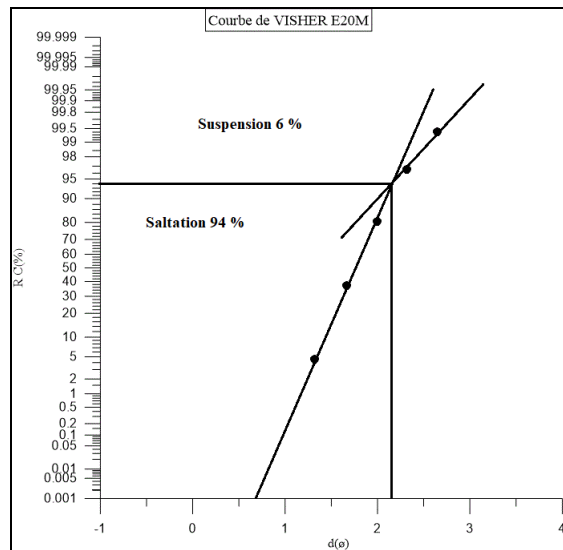
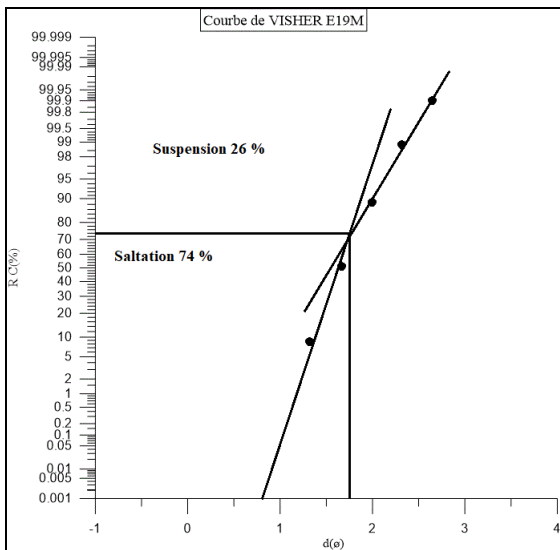
ANNEXES

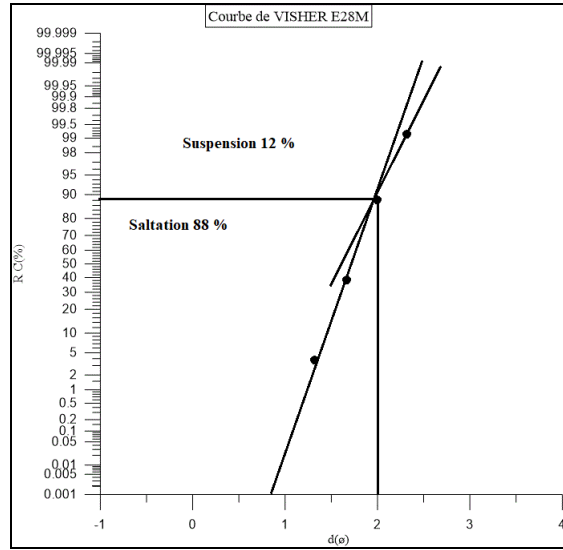
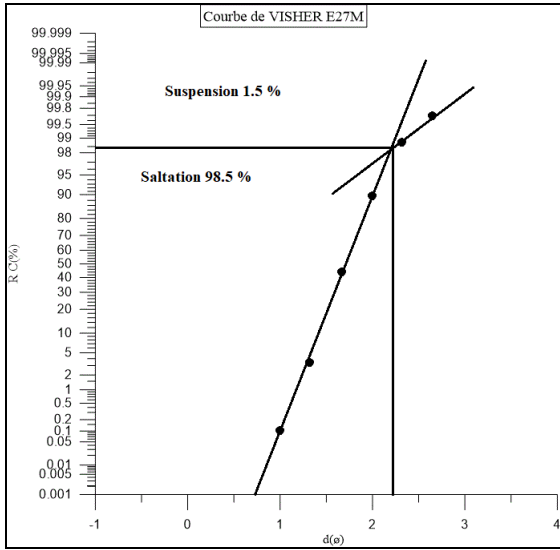
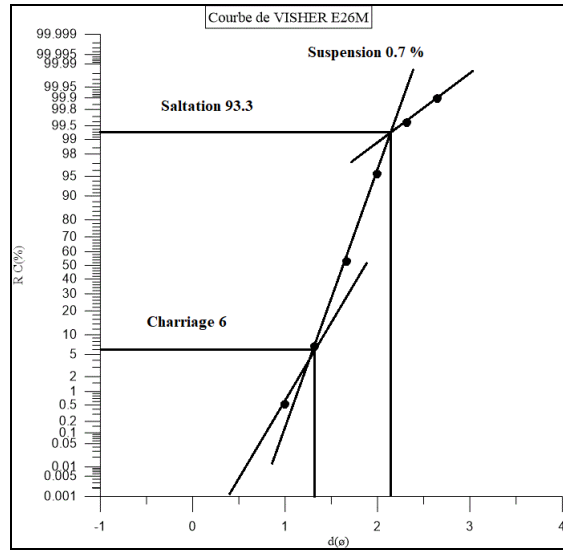
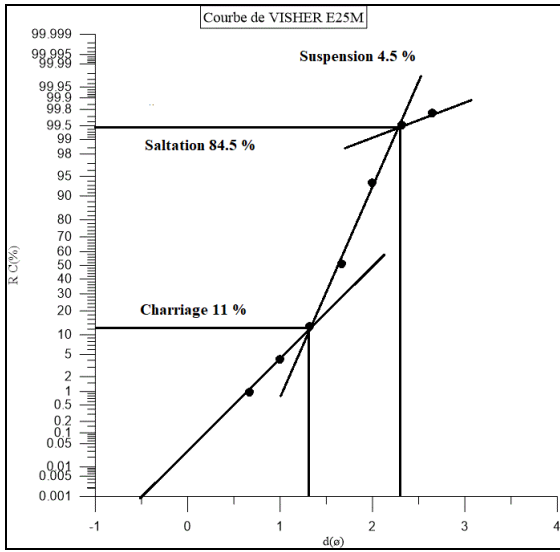
VI. ANNEXE I: COURBE DE VISHER DE RIVE ORIENTALE

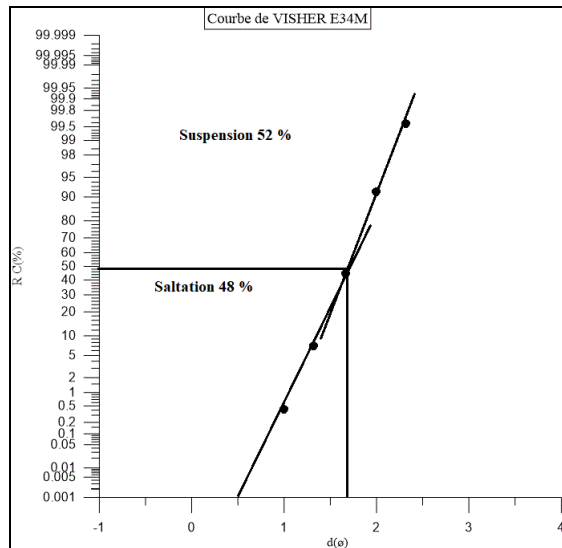
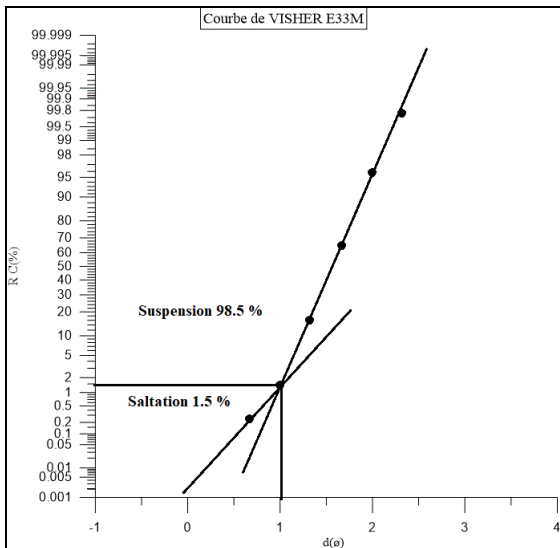
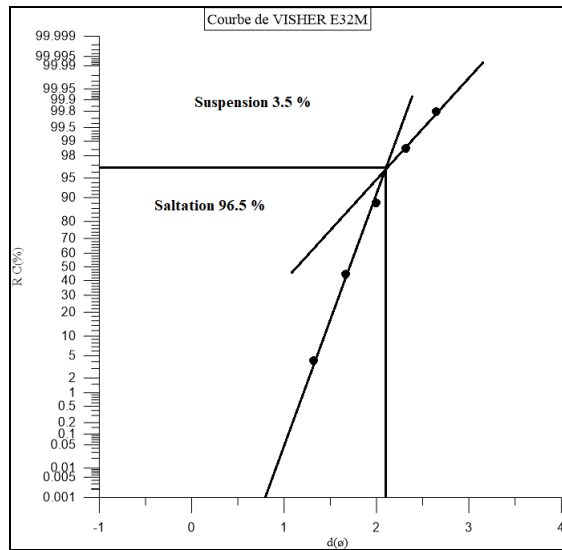
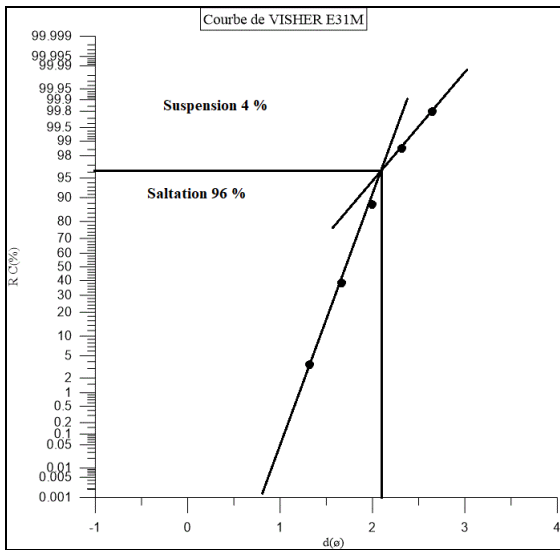
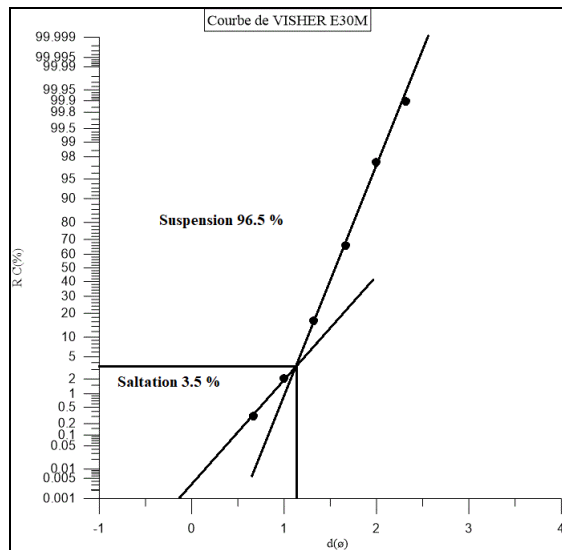
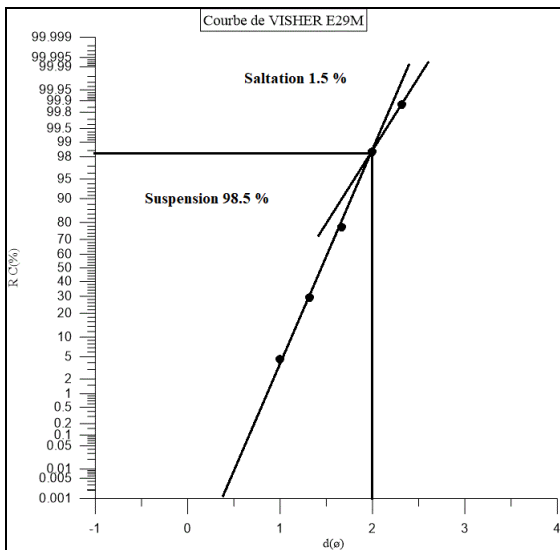


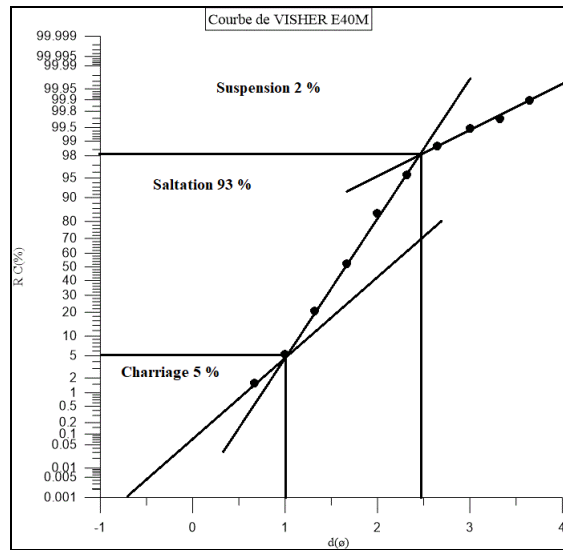
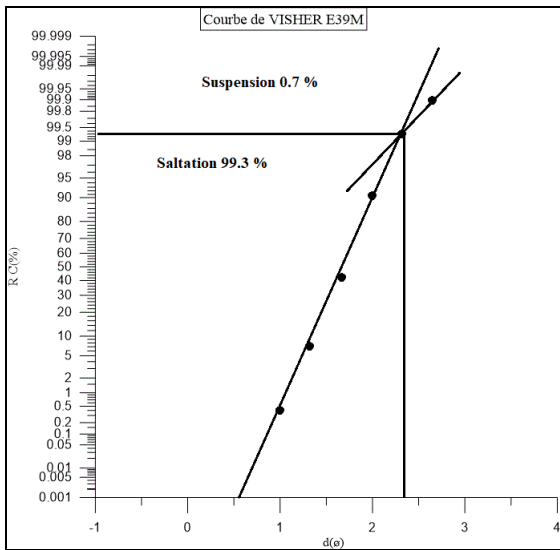
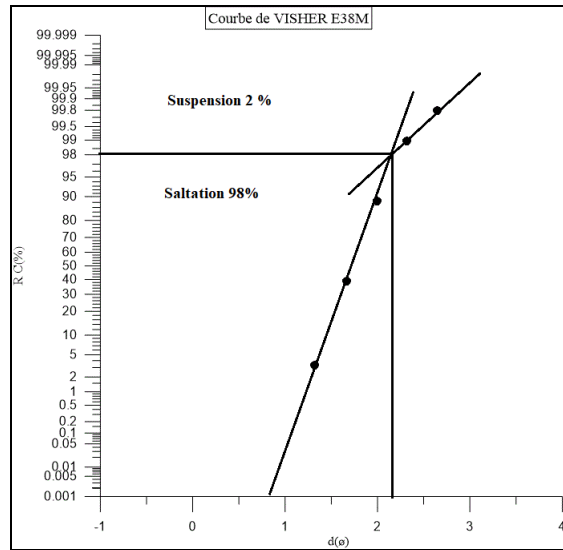
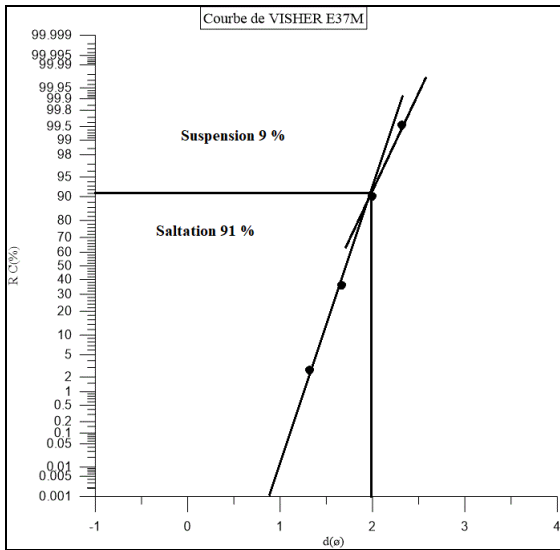
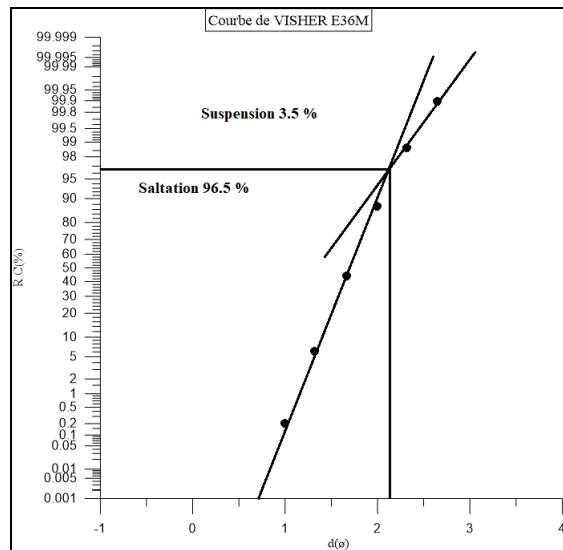
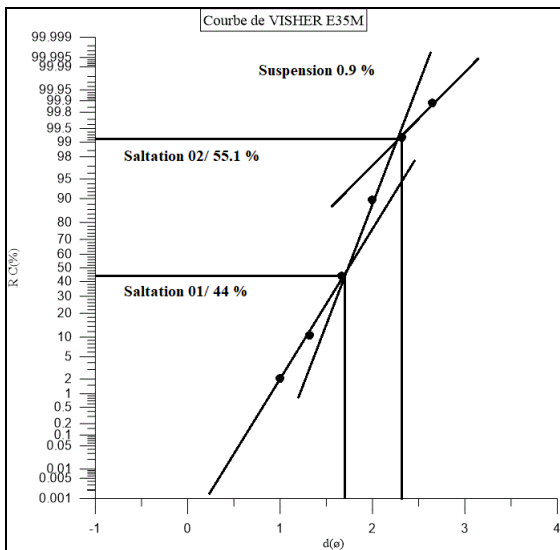












VII. ANNEXE II: COURBE DE VISHER DE RIVE OCCIDENTALE

