

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de L'Enseignement Supérieur*  
*et de la Recherche Scientifique*

**Université Mentouri Constantine**  
**Faculté des Sciences de la Terre,**  
**de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire**  
**Département des Sciences de la Terre**

*Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme*  
*de Magister en géologie*  
*Option : Géologie des substances utiles*

**Thème**

*Granulométrie et minéraux lourds des*  
*sables dunaires et de plage des secteurs*  
*de Oued Zhour et de Béni Bélaïd*  
*(Jijel, Algérie nord orientale)*

*Présenté par*

**Belmedrek Sonia**

**Présenté devant le jury**

Mr MARMI R.	Maître de Conférences, Univ. Constantine	Président
Mr BOUZENOUNE A.	Maître de Conférences, Univ. Jijel	Rapporteur
Mr CHADI M.	Maître de Conférences, Univ. Constantine	Examineur
Mr BENAÏSSA A.	Maître de Conférences, Univ. Constantine	Examineur

Année universitaire : 2005 - 2006

## ***REMERCIEMENTS***

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma reconnaissance à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce travail.

Je veux, tout d'abord, exprimer ma profonde gratitude et mon profond respect, à M. Bouzenoune Azzedine. Ce fut pour moi un grand honneur de travailler sous sa direction, sans son aide précieuse, ses conseils et sa disponibilité à mon égard, ce travail n'aurait jamais pu aboutir à son terme. Je lui exprime également ma reconnaissance parce qu'il a mis à ma disposition tout le matériel du laboratoire de recherche de génie géologique de l'université de Jijel.

Je remercie M. Marmi Ramdane de l'honneur qu'il me fait en présidant ce jury.

Je remercie M. Chadi Mohamed et M. Benaissa Abd El Kader d'accepter d'être membre du jury.

Je remercie tous les enseignants du département de géologie de l'université de Constantine aussi bien que ceux du département de géologie de l'université de Jijel pour leurs aides et conseils.

Je tiens également à exprimer ma gratitude à mon mari Djamel qui a été d'un précieux apport lors de la finalisation de ce travail.

Enfin mes remerciements vont aussi à mes amies et à tous les collègues de post graduation du Département des sciences de la terre de la faculté des Sciences de la terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire de l'université de constantine.

# **SOMMAIRE**

	<b>Page</b>
<b>Introduction et problématique</b>	01
<b>CHAPITRE I</b>	
<b>SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CARACTERE HYDROCLIMATOLOGIQUE</b>	
I.1 Situation géographique	04
I.2- Caractère hydro climatologique	04
I.2.1- le climat	04
I.2.2- L'hydrographie	04
I.2.3. Les vents	08
<b>CHAPITRE II</b>	
<b>GEOLOGIE REGIONALE</b>	
II.1-Le domaine interne	10
II.1.1- Le socle kabyle	10
II.1.2- La dorsale kabyle ou "chaîne calcaire"	12
II.2- Le domaine des flyschs	13
II.2.1- Le flysch maurrétanien	13
II.2.2- Le flysch massylien	13
II.2.3- Le flysch numidien	13
II.3- Le domaine externe	14
II.3.1- Les séries telliennes	14
II.3.2- Les séries de l'avant pays allochtone	14
II.3.3- Les séries de l'avant pays atlasique autochtones	14
II.4- Les séries postérieures à la tectogenèse éocène	15
II.4.1- L'Oligo- Miocène kabyle (O M K) et les Olistostromes	15
II.4.2- Le Nummulitique II	15
II.4.3-Le Numidien	15
II.5- Les formations post-nappes	15
II.6- Le magmatisme	15
<b>CHAPITRE III</b>	
<b>GEOLOGIE LOCALE</b>	
III.1- Introduction	17
III.2- Unité de Beni Ferguène	17
III.2.1- Les métapelites et granite de Béni Bélaïd	17
III.2.2- Les pragneiss de Hallam- Cap Aourer	17
III.2.3- Les schistes et les orthogneiss de l'unité de Marbouha	20

II.3- L'unité de Bougaroun	20
III.3.1- Les serpentinites	20
III.3.2- Les gneiss	22
III.4- Les roches magmatiques	22
III.4.1- Le granite du Cap Bougaroun	22
III.4.2- Le granite des Béni–Touffout	23
III.4.3- Le microgranite d'El Milia	23
III. 5- Les roches sédimentaires	23
III.5.1- L'Oligo–Miocène Kabyle	23
III.5.2-Le Numidien	24
<b>CHAPITRE IV</b>	<b>LES PLAGES</b>
IV.1. Introduction	26
IV.2. Les types de plage	26
IV.3- Les caractéristiques morphologiques des plages	27
IV.3.1- Le haut de plage	27
IV.3.2- Le bas de plage	27
IV.3.3- L'estran	27
IV.3.4- L'avant plage	27
IV.4- L'origine des matériaux et le budget sédimentaire des plages	27
IV.5- Les dunes littorales	29
IV.5.1- Les dunes élémentaires	29
IV.5.2- Les avant dunes	29
<b>CHAPITRE V</b>	<b>ANALYSE GRANULOMETRIQUE</b>
V.1- Introduction	33
V.2- Définition des paramètres granulométriques	33
V.3- Localisation et description des profils	39
V.3.1- Secteur de Oued Zhour	39
V.3.2- Secteur de Béni Belaid	41
V.4-Traitement des échantillons	42
V.5- Traitement des données	44
V.5.1- Analyse des courbes des fréquences dans le secteur de Oued Zhour	44
V.5.2- Evolution des paramètres granulométriques selon les différents profils du secteur de Oued Zhour	47

1- Evolution des paramètres le long du profil vertical POZ 01	47
2- Evolution des paramètres le long du profil transversal POZ 02	49
3- Evolution des paramètres le long du profil longitudinal POZ 03	51
4- Evolution des paramètres Le long de la coupe verticale OZ 04.	53
V.5.3- Analyse des courbes des fréquences dans le secteur de Béni Bélaïd	56
V.5.4-Evolution des paramètres granulométriques le long des profils du secteur de Beni-Belaïd	59
1- Evolution des paramètres le long du profil transversal PBB 01	59
2- Evolution des paramètres le long du profil transversal PBB 02	61
3- Evolution des paramètres le long du profil transversal PBB 03	63
4- Evolution des paramètres le long du profil longitudinal PBB 04	65
V.6- Synthèse et discussion des résultats	67
<b>CHAPITRE VI ETUDE MINERALOGIQUE</b>	
Introduction	73
I- Objectifs et méthodologie	73
I.1- La préparation des échantillons	74
I.1.1- Traitements physiques	74
I.1.2- Traitements chimiques	74
I.2- La séparation des minéraux	75
I.3- Le montage des minéraux	76
I.4- L'identification des minéraux	76
II- Etude minéralogique des sables	77
II.1- Secteur de Oued Zhour	77
II.1- Secteur de Béni bélaïd	80
III.- Analyse diffractométrique des sables	85
III.1- Sable du secteur de Oued Zhour	85
III.1- Sable du secteur de Béni Bélaïd	85
IV.- Analyse des sables par microscope électronique à balayage	90
V- Comptage des grains et calcul des pourcentages	92
V.1- Méthodologie	92
V.2- Résultats	92
V.2.1- Secteur de Oued Zhour	92
V.2.2- Secteur de Béni Bélaïd	92
V.2.3- Résultats du comptage sur les sables dunaires de Oued Zhour	95

V.2.4- Résultats du comptage sur les sables de plage de Oued Zhour	95
V.2.5- Résultats du comptage sur les sables dunaires de Béni Bélaïd	96
V.2.5- Résultats du comptage sur les sables de plage de Béni Bélaïd :	96
V.3- Synthèse et discussion des résultats	99
1- Les sables du secteur de Oued Zhour	99
2- Les sables du secteur de Béni Bélaïd	101
Conclusion générale	102

## Liste des tableaux

	<b>Page</b>
Tab.I.1. Débits liquides et solides de Oued El Kébir,	6
Tab.V.1. Classification dimensionnelle des sédiments détritiques en mm et en $\mu\text{m}$ et leurs équivalents dans l'échelle des phi.	34
Tab.V.2. Terminologie du sorting index ( $\sigma$ ) définie par Folk et Ward	35
Tab V.3. Terminologie du skewness ( $SK_i$ ) définie par Folk et Ward	37
Tab.V.4. Terminologie du kurtosis ( $K_G$ ) définie par Folk et Ward.	37
Tab. V.5. Résultats des indices granulométriques des échantillons de sables prélevés le long du profil POZ.01	47
Tab. V.6. Résultats des indices granulométriques des échantillons de sables prélevés le long du profil POZ.02	49
Tab. V.7. Résultats des indices granulométriques des échantillons de sables prélevés le long du profil POZ.03	51
Tab.V.8. Résultats des indices granulométriques des échantillons de sables prélevés le long du profil POZ.04	53
Tab. V.9. Résultats des indices granulométriques des échantillons de sables prélevés le long du profil PBB 01	59
Tab V.10. Résultats des indices granulométriques des échantillons de sables prélevés le long du profil PBB 02	61
Tab. V.11. Résultats des indices granulométriques des échantillons de sables prélevés le long du profil PBB 03	63
Tab V.12. Résultats des indices granulométriques des échantillons de sables prélevés le long du profil longitudinal PBB 04	65
Tab. V.13. Synthèse des résultats des différents paramètres granulométriques dans deux types de sables du secteur de Oued Zhour.	67
Tab.V.14. Synthèse des résultats des différents paramètres granulométriques dans deux types de sables du secteur de Béni Bélaïd.	68
Tab.V.15. Résultats des paramètres granulométriques sur les sables de plage et dunaires du Kenya.	69
Tabl.VI.1.densités et formules chimiques de quelques minéraux lourds	73
Tab. VI.2.Minéraux lourds identifiés dans les sables du secteur Oued Zhour et Béni Bélaïd.	85
TabVI.3. Minéraux identifiés par diffractométrie dans les sables dunaires de Oued Zhour.	86
Tab.VI.4. Minéraux identifiés par diffractométrie dans les sables de plage de Oued Zhour.	87
Tab.VI.5. Minéraux identifiés par diffractométrie dans les sables dunaires de Béni Bélaïd	88
Tab.VI.6. Minéraux identifiés par diffractométrie dans sables de plage de Béni Bélaïd)	89

Tab.VI.7. Poids et pourcentages de la fraction lourde et légère des sables du secteur de Oued Zhour	92
Tab.VI.8. Poids et pourcentages de la fraction lourde et légère des sables du secteur de Béni Bélaid	92
Tab.VI.9. Comptage des minéraux lourds dans les sables dunaires d'oued Zhour.	95
Fig.VI.10- Répartition des minéraux lourds dans les sables de Oued Zhour	95
Tabl.VI.11. Nombre des minéraux lourds dans les sables dunaires de Béni Bélaid	96
Tab.VI.12. Nombre de minéraux identifiés dans les sables de plage de Béni Bélaid	96



## Liste des figures

	Page
Fig. I. 1- Localisation de la zone d'étude dans la wilaya de Jijel	5
Fig. I-2- Localisation des plages de Oued Zhour et Béni Bélaïd	5
Fig. I.3- Précipitations pluviométriques dans la wilaya Jijel durant la période allant de 1993 à 2002	6
Fig. I.4- Précipitations mensuelles dans la wilaya de Jijel durant l'année 2002.	6
Fig.I.5.a- principaux Oueds qui drainent la partie orientale de la wilaya de Jijel	7
Fig. I.5.b- Réseau hydrographique drainant la région de Oued Zhour –Béni Bélaïd.	7
Fig.I.6- Rosace représentative des directions des vents dominants dans la wilaya de Jijel couvrant la période 1993- 2002.	8
Fig.II.1- Schéma structural de la chaîne alpine de méditerranée occidentale	11
Fig. II.2- Cadre géologique de la Petite Kabylie	11
Fig. III.1. (a)- situation de la petite Kabylie dans la chaîne alpine de méditerranée occidentale	18
Fig.III.1. (b)- Contexte géologique de la zone d'étude	18
Fig. III.2 - Esquisse géologique de la région Béni Bélaïd–Béni Férguén	21
Fig.IV 1- Schéma illustrant la forme d'une plage ouverte	28
Fig.IV.2- Profil transversal d'une plage	28
Fig.IV.3- Gain et perte de sédiments par une plage	28
Fig.VI.4- Illustration d'une dune barkhane	31
Fig.VI.5- Illustration d'une dune parabolique	31
Fig.VI.6- Illustration d'un cordon dunaire longitudinal.	31
Fig.V.1- Courbe de fréquence avec une distribution normale montrant la relation entre la déviation standard et la moyenne	36
Fig.V.2- Illustration des différents classements de sédiment	36
Fig.V.3- Courbes de fréquence illustrant la relation entre le mode, la médiane et la moyenne et la différence entre une courbe normale symétrique et une courbe de fréquence asymétrique (skewed)	38
Fig.V.4- Courbes de fréquence illustrant les différentes distributions du Kurtosis	38
Fig.V.5- Localisation des profils au niveau du secteur Oued Zhour	40
Fig.V.6- Localisation des profils au niveau du secteur Béni Bélaïd.	40
Fig.V.7- Courbes de fréquences des échantillons prélevés le long du profil POZ 01	45
Fig.V.8. Courbes de fréquences des échantillons prélevés le long du profil POZ 02	45
Fig.V.9- Courbes de fréquences des échantillons prélevés le long du profil POZ 03	46
Fig.V.10- Courbes de fréquences des échantillons prélevés le long du profil POZ 04	46
Fig.V.11- Evolution des différents paramètres granulométriques suivant le profil POZ 01	48
Fig.V.12- Evolution des différents paramètres granulométriques suivant le profil POZ 02.	50
Fig.V.13- Evolution des différents paramètres granulométriques suivant le profil POZ 03	52
Fig.V.14- Evolution des différents paramètres granulométriques suivant le profil POZ 04	54
Fig. V.15- Courbes de fréquence des échantillons prélevés du profil transversal PBB 01	56
Fig.V.16- Courbes de fréquence des échantillons prélevés du profil transversal PBB02	56
Fig.V.17- Courbes de fréquence des échantillons prélevés du profil transversal PBB 03	58

Fig.V.18- Courbes de fréquence des échantillons prélevés du profil longitudinal PBB 04	58
Fig.V.19- Evolution des différents paramètres granulométriques suivant le profil PBB 01	60
Fig.V.20- Evolution des différents paramètres granulométriques suivant le profil 1 PBB 02.	
Fig.V.21- Evolution des différents paramètres granulométriques suivant le profil PBB 03	64
Fig.V.22-. Evolution des différents paramètres granulométriques suivant le profil PBB 03	66
Fig.V.23- Corrélation entre les différents paramètres granulométriques	71
Fig.VI.1- Résultat de l'analyse par RX d'un échantillon (global) de la dune de Oued Zhour.	86
Fig.VI.2- Résultat de l'analyse par RX d'un échantillon (global) de la plage de Oued Zhour	87
Fig.VI.3- Résultat de l'analyse par RX d'un échantillon (global) de la dune de Béni Bélaïd	88
Fig.VI.4- Résultat de l'analyse par RX d'un échantillon (global) de la plage de Béni Bélaïd.	89
Fig.VI.5- Analyse au MEB (E. DAX) de quelques grains minéraux de la fraction lourde obtenue par séparation densimétrique des sables dunaires de Oued Zhour.	91
Fig.VI.6- Pourcentage des fractions lourde et légère dans les sables dunaires de Oued Zhour	93
Fig.VI.7- Pourcentage des fractions lourde et légère dans les sables de plage de Oued Zhour	93
Fig.VI.8- Pourcentage des fractions lourde et légère dans les sables dunaire de Béni Bélaïd	94
Fig.VI.9- Pourcentage des fractions lourde et légère dans les sables de plage de Béni Bélaïd	94
Fig.VI.10- Répartition des minéraux lourds dans les sables de Oued Zhour	97
Fig.VI.11- Répartition des minéraux lourds dans les sables de Béni Bélaïd	98

## Introduction et problématique

La wilaya de Jijel présente un littoral de 120 Km. Le tronçon occidental, la *corniche du saphir* à vocation touristique, est constitué par de nombreuses plages et criques séparées par des caps; le passage mer-terre est très abrupt, le plus souvent souligné par des falaises. Le tronçon oriental, à vocation plus industrielle, est constitué par une vaste plaine sur laquelle se sont implantées de nombreuses unités industrielles (Africaver pour la production du verre, Briqueterie de Taher, Mine de Tamazert pour la production du Kaolin et son annexe pour la fabrication de la céramique, port de Djendjen, etc..).

La dynamique nationale que connaît le secteur du bâtiment et des travaux publics (BTP) n'épargne pas la wilaya de Jijel. Or depuis plus d'une décennie, tous les rapports de la direction des travaux publics (DTP) et la direction des mines et des industries (DMI) de la wilaya de Jijel ne cessent de souligner le déficit énorme que connaît la région en matériaux de construction (sable et granulats). Au plus fort de l'activité des rares unités de production implantées dans la région, les besoins locaux n'ont pu être couverts qu'à la hauteur de 20%. La plus grande partie de ces matériaux est "importée" des régions limitrophes (Constantine, Mila et Sétif pour les granulats et Bejaia pour les sables) ce qui n'est pas sans conséquences sur les coûts et les délais de réalisation des différents projets.

Pour remédier partiellement à cette situation, la DMI sous couvert de la direction Générale des Mines du Ministère des Energies et des Mines (MEM) a concédé par adjudication à des opérateurs économiques le site de Oued Zhour pour l'exploitation des sables dunaires comme matériaux de construction. Ce site situé à l'extrême Est de la Wilaya de Jijel, à la limite avec la wilaya de Skikda, est constitué par une grande dune de 6-7 km de long et s'étalant sur une superficie d'environ 600 hectares. Une aire de 200 hectares occupant la partie Sud de la dune a été subdivisée en sept lots concédés pour l'implantation de sablières.

Or, les sables dunaires sont réputés à l'échelle mondiale pour leur faculté à constituer des placers concentrateurs de minéraux industriels. Les placers sont des accumulations mécaniques de minéraux lourds spécialement résistants aux agents chimiques et physiques. La sélection mécanique naturelle qui est à l'origine de la formation de ces placers est fondée essentiellement sur la gravité. Les accumulations sont produites pendant les processus d'altération superficielle et /ou de transport et se forment surtout dans les fleuves et sur les plages.

Les principaux minéraux lourds qu'on trouve dans les placers sont généralement classés selon leur densité. On distingue:

- les minéraux lourds " lourds" dont la densité est supérieure à 6.8 (Au, Pt, cassitérite)
- les minéraux lourds "légers" dont la densité est comprise entre 4.2 et 6.8 (ilménite, zircon, rutile, monazite),
- les minéraux lourds "très légers" ou pierres précieuses dont la densité est comprise entre 2,9 et 4,2 (diamant, rubis, saphirs).

Etant donnée cette diversité minéralogique, les placers sont très importants du point de vue économique pour certains éléments. Plus de la moitié de l'or, du titane, des

diamants, du zircon et du thorium dans le monde vient des placers. On exploite aussi Sn, Pt, Nb, Ta, U, REE. La plupart des placers dans la production mondiale entre 1980 et 1984 était de 70 % pour l'or, 70 % pour le Sn, 83 % pour le tantale, 69 % pour le Ti, et 100 % pour le zircon et la monazite. Comme la plupart des sédiments ne sont pas consolidés, il s'agit le plus souvent de gisement faciles à exploiter. En plus de cette importance économique des placers, l'étude des accumulations de minéraux lourds est une méthode essentielle pour la prospection d'autre type de gisement; les concentrations d'un minéral donné indiquent sa présence dans un affleurement situé en amont du placer.

Récemment (2001), l'ORGM (Office de la Recherche Géologique et Minière) a lancé une campagne de prospection des minéraux de titane et de zirconium dans les sables de quelques plages du littoral de la wilaya de Jijel. C'est dans cette optique que nous avons inscrit le thème du présent mémoire qui consiste en une étude granulométrique, minéralogique et géologique des formations détritiques susceptibles de former d'éventuels "placers" et dont la finalité est d'apporter des données permettant de répondre à une éventuelle dualité entre l'exploitation de ces sables comme matériaux de construction ou placers concentrateurs de minéraux industriels (Ilménite, Rutil, Zircon...). Les formations faisant l'objet de cette étude sont principalement les sables de plages et dunaires de Oued Zhour et Béni Bélaïd.

Le présent mémoire est structuré comme suit:

- Après une introduction dans laquelle est définie la problématique du thème traité, un premier chapitre permettra de situer le cadre géographique des secteurs étudiés et de donner quelques données relatives aux conditions hydro-climatologiques qui caractérisent cette région. Ces conditions sont capitales car c'est d'elles que dépend le degré d'altération des roches susceptibles de fournir les sédiments qui vont par la suite former le matériau destiné à l'exploitation.
- Les minéraux lourds qui se concentrent dans les placers proviennent de roches "sources". Ces roches appartiennent à des formations géologiques déposées dans des milieux sédimentaires appartenant à des domaines géogéographiques. Leur identification régionale et locale sera traitée dans les chapitres deux et trois respectivement "géologie régionale" et "géologie locale".
- Afin de permettre au lecteur non familier avec les caractéristiques morphologiques et sédimentologiques des plages, nous avons jugé utile de résumer ces caractéristiques dans le chapitre quatre, qui est principalement d'essence bibliographique.
- Le chapitre cinq est consacré à l'étude granulométrique des sables des secteurs de Oued Zhour et de Béni Bélaïd. Après la localisation des profils étudiés, on définit la méthodologie utilisée dans cette étude, ensuite les résultats obtenus sont exprimés et interprétés pour chacun des deux secteurs.
- Le chapitre six est consacré à l'étude minéralogique des sables de Oued Zhour et Béni Bélaïd. Les méthodes utilisées sont succinctement décrites et les résultats obtenus sont illustrés et commentés.
- Enfin une conclusion générale permettra de récapituler les principaux résultats et d'en déduire des recommandations.

## **I.1- Situation géographique**

Les plages de Oued Zhour et Béni Bélaïd sont situées dans la daïra d'El Milia à l'extrémité orientale de la wilaya de Jijel (Fig.I.1). Elles sont limitées au Nord par la mer méditerranéenne au Sud par douar Béni Bélaïd et douar Béni Férguén, à l'Est par oued Zhour et à l'Ouest par oued El kébir (Fig.I.2).

Les deux plages possèdent des accumulations sableuses importantes qui s'allongent selon une direction NE-SW.

La plage de Oued Zhour présente une longueur d'environ 6,5 Km et une largeur qui varie entre 350 m et 1,5 Km. La plage de Béni Bélaïd est d'une longueur de 5 Km et une largeur qui varie entre 250 m et 1 Km.

## **I.2- Caractéristiques hydro climatologiques**

L'altération physique aboutit à une fragmentation de la roche en fonction de sa structure, et l'altération chimique s'opère par le biais de réactions chimiques entre les solutions aqueuses et les minéraux des roches, elle aboutit à la mise en solution des ions constitutifs des minéraux des roches. Ces deux processus ont pour résultats la libération des minéraux des roches, ces minéraux qui vont constituer le matériel essentiel pour la formation des plages.

Les conditions climatiques, le drainage ainsi que la circulation des eaux jouent un rôle très important, plus celles-ci sont intenses plus les roches s'altèrent rapidement par lessivage continu.

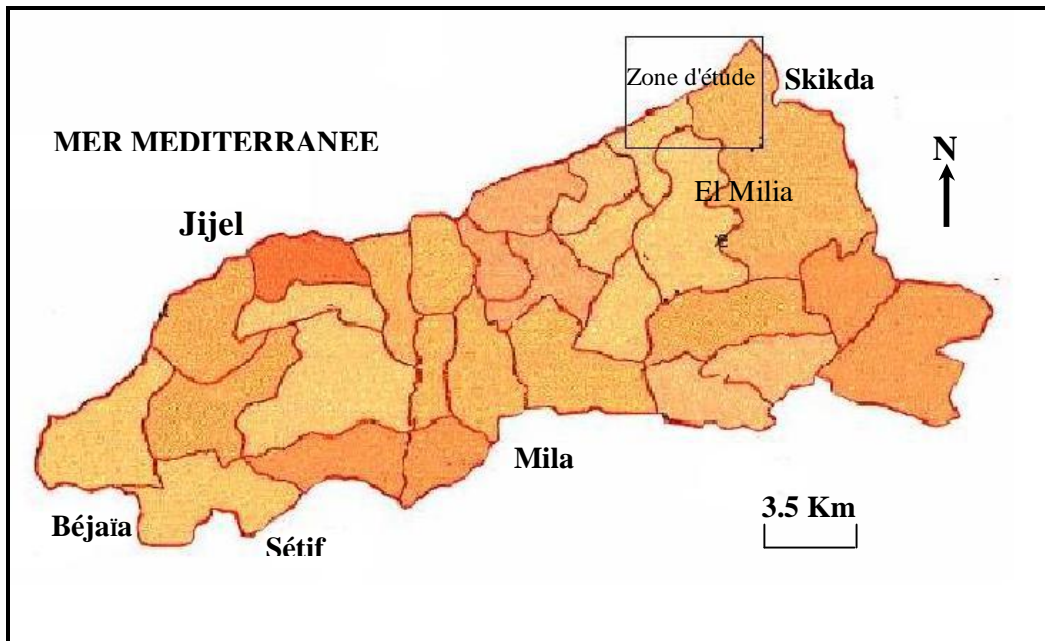
### **I.2.1- Le climat**

La région de Jijel est caractérisée par un climat tempéré, avec un été chaud, un hiver doux et humide, elle est l'une des zones les plus arrosées en Algérie. Bénéficiant d'une façade maritime, le littoral de Jijel reçoit des pluies abondantes. Pendant la période 1993-2003, la région a reçu annuellement entre 633mm et 1190mm de pluie (Fig. I.3). La répartition mensuelle des pluies durant l'année 2002 montre un déficit estival, 4 mm en juin et une bonne distribution en hiver, 407 mm en décembre (Fig. I.4).

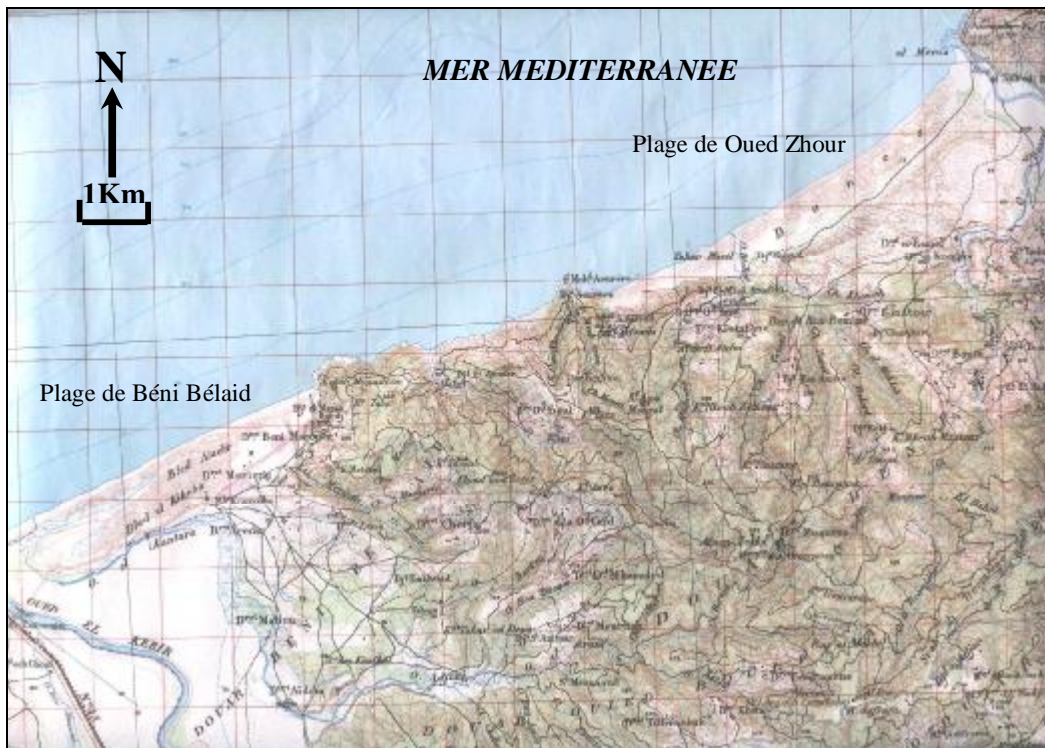
Ces conditions climatiques permettent aux facteurs d'altération d'affecter les roches physiquement et chimiquement pour produire des sédiments détritiques terrigènes ou non qui vont alimenter les plages en matériaux sableux. Leur puissance est assez faible, l'altération chimique joue un rôle très important,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

### **I.2.2- L'hydrographie**

Le réseau hydrographique de la wilaya de Jijel est très dense, il est constitué essentiellement de plusieurs oueds principaux tel qu'Oued Nil, Oued Mencha, Oued Djenjen, Oued el Kébir, Oued Zhour et leurs affluents (Fig.1.5). Ces oueds qui jouent un rôle très important dans l'érosion et le transport de sédiments vers la mer contribuent ainsi à l'alimentation des plages par ces formations détritiques susceptibles d'être des concentrations minérales exploitables. Le tableau (I.1) montre la grande variabilité des débits liquides et solides de Oued El Kébir, d'après des données couvrant la période 1983-1991.



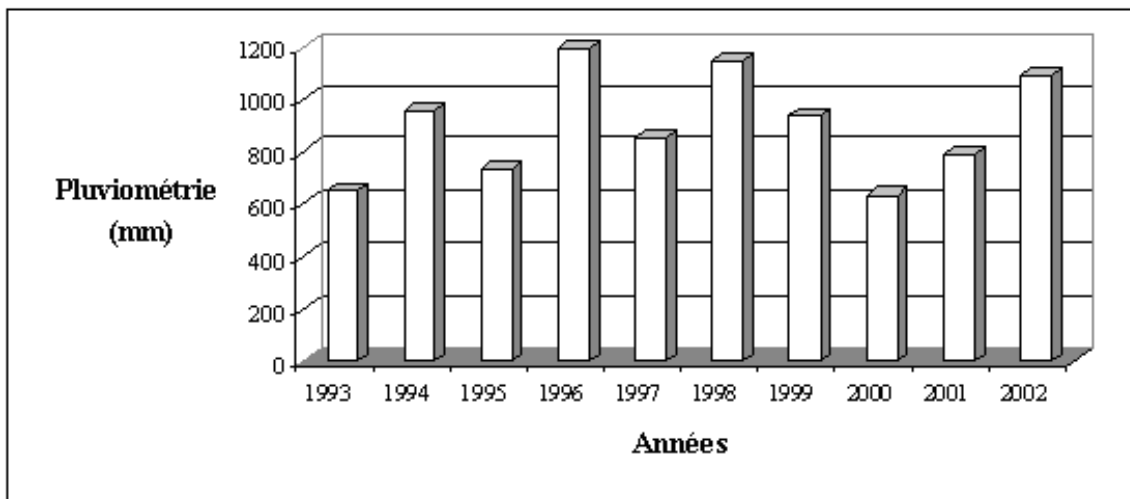
**Fig.I.1-** Localisation de la zone d'étude dans la wilaya de Jijel.



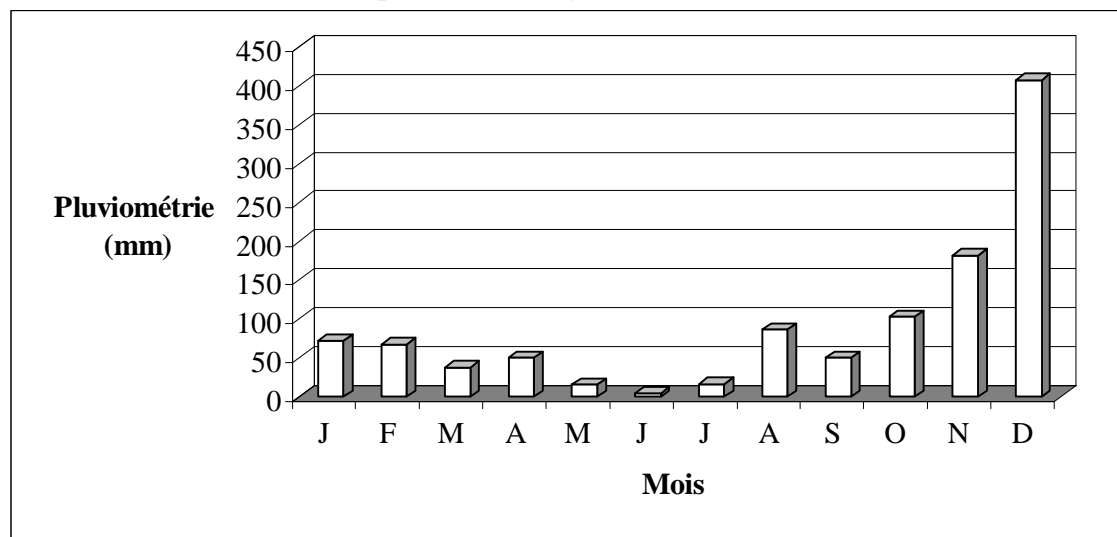
**Fig. I.2-** Localisation des plages de Oued Zhour et Béni Bélaïd.  
(Carte topographique de Oued Zhour, feuille N° 12 au 1/ 50.000°).

Années	Débits liquides (m <sup>3</sup> /s)	Débits solides (10 <sup>-3</sup> Kg/s)
1983	35,31	344,68
1984	70,37	692,68
1985	22,99	184,69
1986	32,11	221,87
1987	9,527	37,51
1988	17,01	131,56
1989	8,467	147,5
1990	46,14	635,27
1991	23,2	193,62

**Tableau I.1-** Débits liquides et solides de Oued El Kébir.(D'après, ANRH: Jijel 1992)



**Fig. I.3-** Précipitations pluviométriques dans la wilaya Jijel durant la période allant de 1993 à 2002. (Données d'après ANRH. Jijel 2003)



**Fig. I.4-** Précipitations mensuelles dans la wilaya de Jijel durant l'année 2002. (Données d'après ANRH. Jijel 2003)

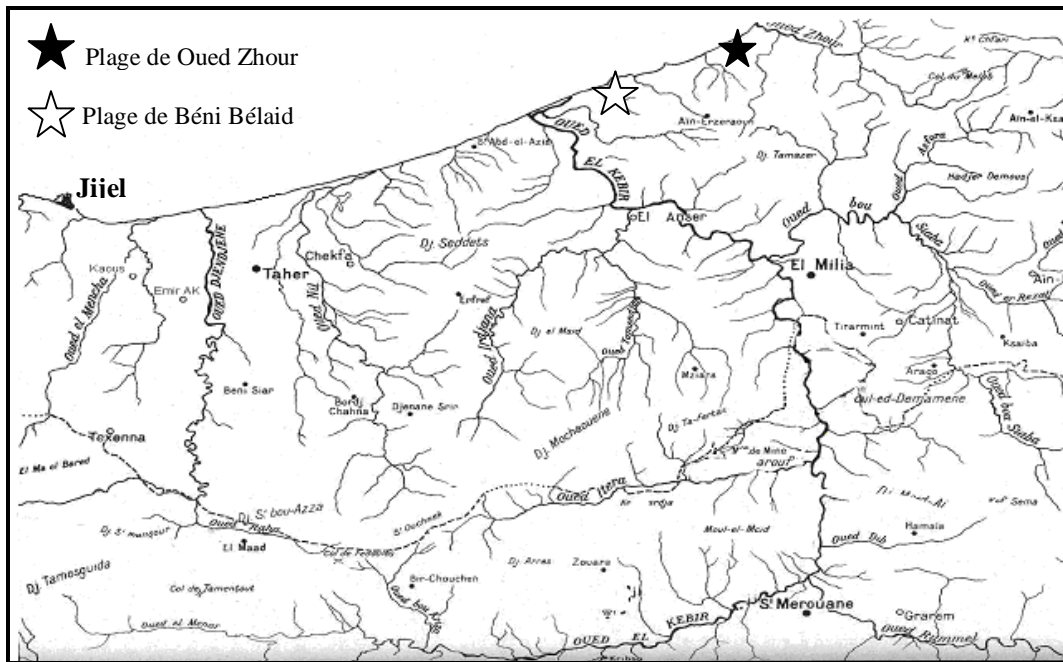


Fig.I.5.a- principaux Oueds qui drainent la partie orientale de la wilaya de Jijel (D’après Durand Delga, 1955, légèrement modifiée)

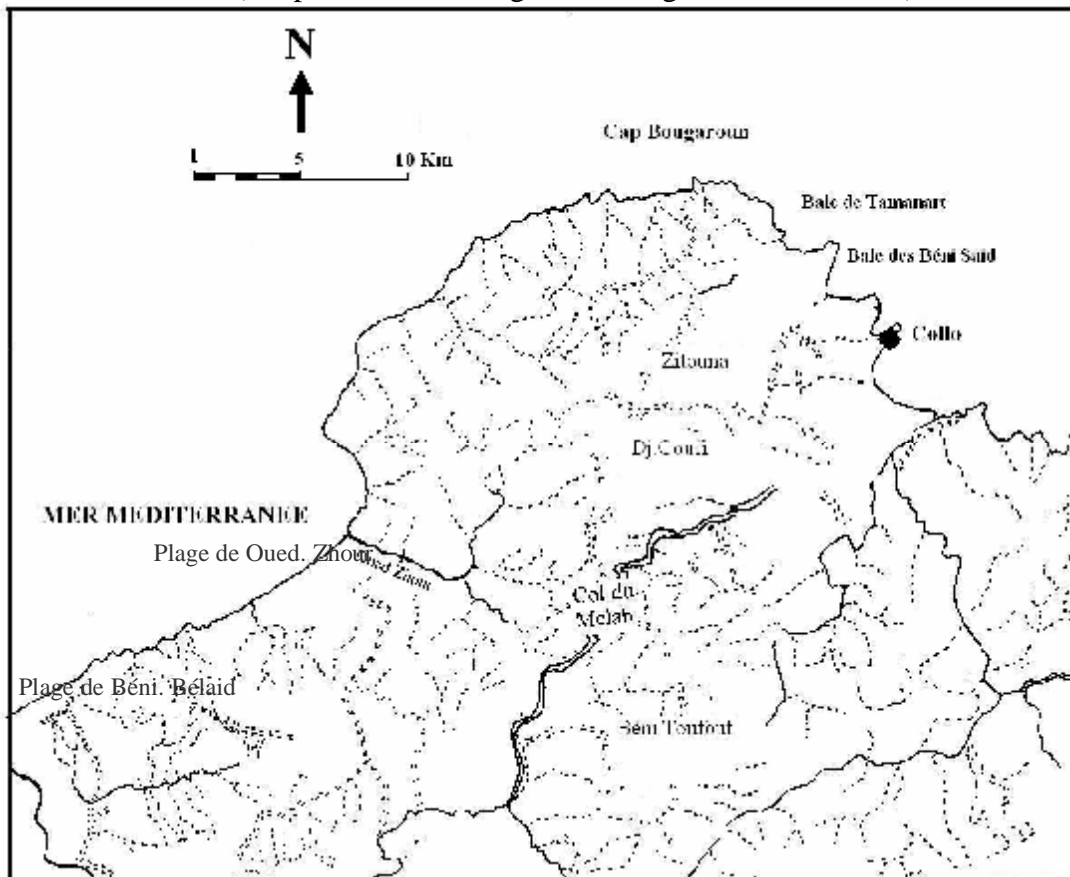


Fig. I.5.b- Réseau hydrographique drainant la région de Oued Zhour –Béni Bélaid.



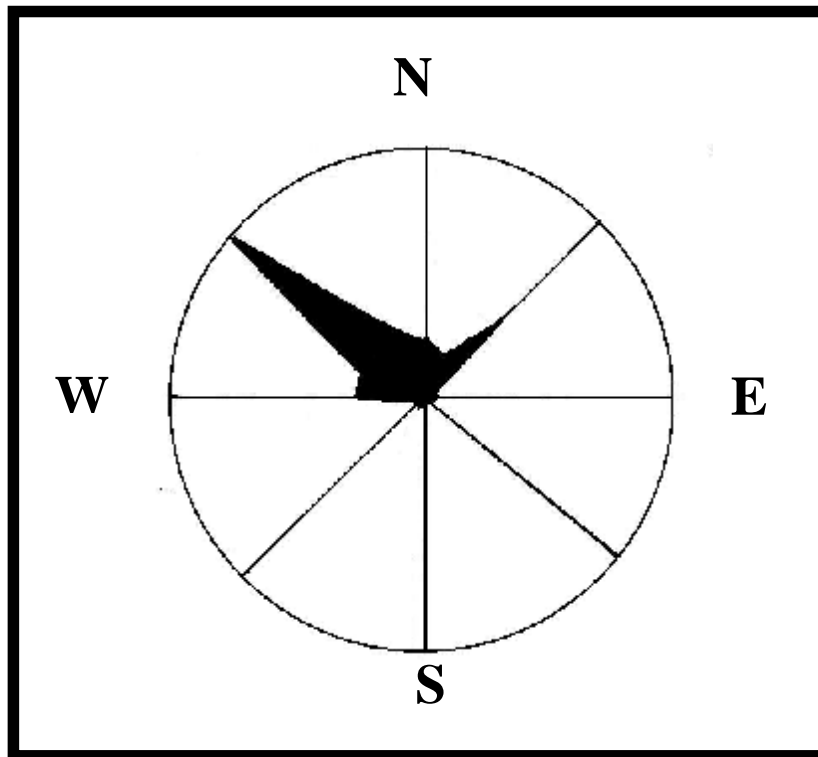
### I.2.3- Les vents

Lorsque le vent souffle il provoque des oscillations périodiques de la surface de la mer qu'on appelle houle.

Le déferlement de la houle à proximité immédiate du trait de côte donne naissance au jet de rive, masse d'eau turbulente montant le long du versant. Dans cette eau turbulente le sable et les galets sont mises en suspension et sont transportés et déposés le long des rivages.

Un peu plus loin de la plage et vers l'intérieur des continents il existe des accumulations sableuses qu'on appelle dunes littorales. Les dunes littorales prennent naissance lorsque le vent souffle de la mer et le sable sera transporté de l'estran vers la terre, c'est ainsi que peu à peu, le sable s'accumule et la dune se forme.

Les données des directions des vents dominants dans la wilaya de Jijel, récupérés de la station de météo de l'aéroport de Taher et couvrant la période 1993-2002, ont représentées sur une rosace (Fig.I.6). Elles indiquent la prédominance de deux directions, la direction NE et NW.



**Fig.I.6-** Rosace représentative des directions des vents dominants dans la wilaya de Jijel couvrant la période 1993- 2002. (D'après la station de météo de l'aéroport de Taher).

La région de Jijel fait partie de la petite Kabylie, entité géographique des chaînes côtières de l'Est algérien (Fig.II.1). Ces chaînes appartiennent à la chaîne alpine d'Algérie orientale qui représente le segment oriental de la chaîne des Maghrébides (Durand-Delga, 1980). L'édifice orogénique de cette chaîne résulte de la structuration du bassin maghrébin et de ses marges, bassin qui se situait entre les marges continentales européenne et africaine (Wildi, 1983).

La chaîne alpine d'Algérie orientale est constituée par la superposition de plusieurs types de série hétéropiques, définissables en général du Trias au Priabonien parfois adhérentes à un socle paléozoïque ou ancien (Vila, 1980). Dans ce dernier cas, il est de nature cristallophyllienne complexe.

La chaîne alpine d'Algérie est caractérisée par des structures en nappes à vergence sud dominante. Ces nappes sont issues de trois domaines paléogéographiques avec du nord vers le sud:

- le domaine interne
- le domaine des flyschs,
- le domaine externe.

## II.1-Le domaine interne

Le domaine interne est formé par des éléments issus de la dilacération d'une zone septentrionale diversement dénommée :

- ü microplaque d'Alboran (Andrieux et al., 1971)
- ü sous plaque mésoméditerranéenne (Durand- Delga, 1980),
- ü domaine médian (Duée, 1984 in Chadi, 2004)
- ü ALKAPECA (ALboran, KAbylie, PEloritain, CAlabre) (Bouillin, 1986).

Les unités du domaine interne comprennent le socle kabyle cristallin et sa couverture sédimentaire : termes paléozoïques liés au socle, puis niveaux surtout carbonatés du Trias à l'Eocène, ceux-ci constituant la "dorsale kabyle" ou "chaîne calcaire". Les unités du domaine interne affleurent en Grande et en Petite Kabylie et dans les pointements côtiers des massifs d'Alger, du Chenoua et de Ténès.

### II.1.1- Le socle kabyle

En petite Kabylie, le socle Kabyle affleure dans trois zones bien distinctes (Fig II.2).  
\*au Cap Bougaroun Nord où il est traversé par des venues microgranitiques miocènes (Bouillin, 1979; Durand Delga, 1980)

\*entre Skikda à l'Est et Jijel où il chevauche des flyschs et les unités du domaine externe avec une flèche de 30 Km au moins (Wildi, 1983)

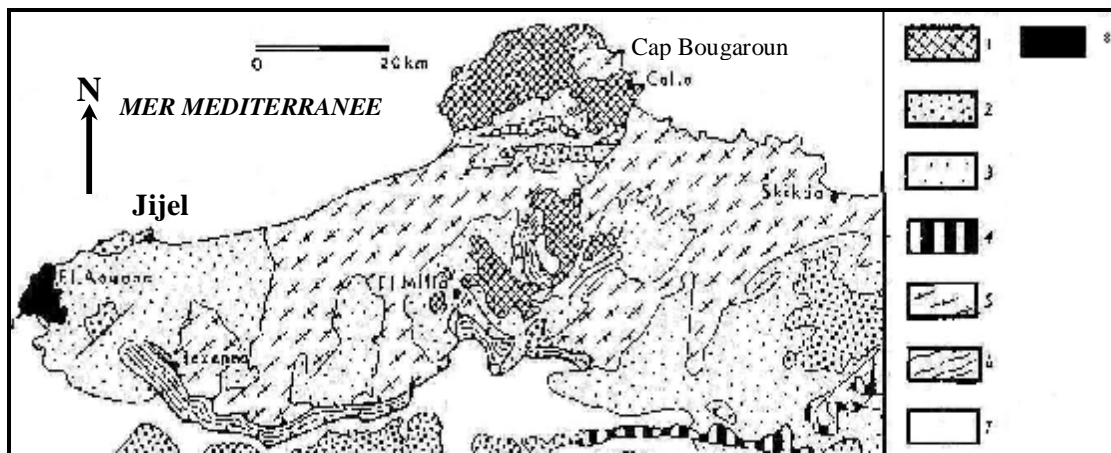
\*entre Skikda et Guelma où le socle est lié à la dorsale Kabyle et charriée avec elle (Raoult, 1974).

Il est communément attribué au socle kabyle trois ensembles lithologiques (Bouillin, 1977; Raoult, 1974; Wildi, 1983)

Un ensemble cristallophyllien inférieur, formé de gneiss à intercalations, parfois puissantes, de marbre et d'amphibolites. Dans la zone du cap Bougaroun, la base du socle est constituée, par des péridotites, représentées par des lherzolites à plagioclase, fortement serpentinisées, des gneiss rétomorphosés et des pegmatites interprétés comme issues d'une zone crustale profonde et du manteau supérieur ( Bouillin et Kornprobst, 1974 )



**Fig.II.1-** Schéma structural de la chaîne alpine de méditerranée occidentale.  
(D'après Durand. Delga, 1969)



**Fig.II.2-** Cadre géologique de la Petite Kabylie (D'après Andieux et Djellit; 1987, légèrement modifiée). 1- Granite miocène. 2- Numidien. 3- Oligo-Miocène et unités alloctones. 4- Dorsale calcaire. 5- Socle kabyle. 6- Unités shistosées infra kabyle. 7- Unités telliennes. 8- Microdiorite

Un ensemble cristallophyllien supérieur comportant principalement des schistes satinés ou phyllades ayant subi un métamorphisme de basse pression avec une zone supérieure à chlorites (Bouillin, 1977).

Un ensemble essentiellement sédimentaire constituant la couverture paléozoïque du socle cristallin. Les séries peu ou pas métamorphiques, comprennent des termes débutant au Cambrien et pouvant atteindre le Carbonifère (Bouillin, 1977).

Dans la partie occidentale de la petite Kabylie (région de Texanna) l'ensemble inférieur est composé essentiellement de gneiss à plagioclase et à deux micas. Cet ensemble présente des intercalations de quartzites, marbres et amphibolites; des roches granitoïdes, constituées de tourmaline, quartz, micas, et oligoclase, sont associées à cet ensemble (Bouillin, 1981).

L'ensemble supérieur forme d'immenses étendues dans la partie occidentale, il comporte de bas en haut, des schistes à séricites, des micaschistes, des schistes à muscovite et chlorite. A cet ensemble sont associées des roches basiques qui présentent la minéralogie suivante, albite, orthose, biotite, apatite, et sphène. Cet ensemble se termine par des psammites et calcaires à orthocères (Djellit, 1987).

Durant tout le Secondaire et jusqu'à l'Oligocène terminal, le socle Kabyle était probablement émergé; en effet les dépôts de "l'Oligo-Miocène-Kabyle" reposent directement sur le socle. Ils débutent par des conglomérats à galets de quartz et de phyllades et par des grés micacés (Durand-Delga, 1969; Bouillin et Raoult, 1971; Bouillin et al, 1973).

### **II.1.2- La dorsale kabyle ou "chaîne calcaire"**

Elle doit son nom "chaîne calcaire" (Glangeaud, 1933 in Kehal, 1997) du fait de la sédimentation carbonatée dominante. Le terme "dorsale kabyle" a été ultérieurement proposé (Durand-Delga, 1969). Depuis, la généralisation de l'utilisation du terme "dorsale" dans le domaine océanique, on constate que dans les travaux récents le terme "chaîne calcaire" est le plus utilisé (Raoult, 1974; Bouillin, 1977; Vila, 1980).

En Petite Kabylie les formations de la chaîne calcaire dont l'âge s'étale du Permo-Trias à l'Eocène représentent la couverture sédimentaire mésozoïque et tertiaire du socle kabyle. Elle est représentée par des lambeaux écaillés, alignés suivant une direction Est-Ouest et constituent les témoins les plus méridionaux du domaine interne (Raoult, 1974; Mahdjoub, 1991).

En petite Kabylie, la "chaîne calcaire" ou "dorsale kabyle" a été subdivisée en trois unités : interne, médiane et externe (Durand-Delga, 1969; Raoult, 1974; Vila, 1980, Lahondhère, 1987) :

- Dorsale interne : elle est caractérisée par une série sédimentaire conglomératique à la base et calcaire au sommet d'âge allant du Permo-Trias au Néocomien. Depuis elle est restée émergée jusqu'au Paléocène puis, à partir de l'Eocène se sont déposés des calcaires néritiques massifs.
- Dorsale médiane : elle montre, à la base, la même série que la dorsale interne qui peut cependant atteindre le Barrémien. Le Crétacé supérieur, le Paléocène, l'Eocène (Jusqu'au Lutétien sont représentés par des marno-calcaires à microfaunes pélagiques. Au Lutétien supérieur apparaissent des faciès à microfaune benthique (Nummulites).
- Dorsale externe : elle est caractérisée par des formations détritiques du Crétacé et de l'Eocène.

Dans le constantinois, cette paléogéographie de la dorsale a été bouleversée par la phase fini-lutienne décrite par J. F. Raoult (1974).

Les unités externes et médianes se sont désolidarisées de leur substratum. Elles ont ensuite été plissées et chevauchées par le socle Kabyle et dorsale interne.

## **II.2- Le domaine des flyschs**

Le domaine paléogéographique des flyschs est un large sillon qui a reçu des sédiments flyschoides principalement au Crétacé inférieur. Sur la base de leurs faciès, on divise transversalement ce sillon en deux zones, une zone septentrionale relativement interne ayant reçu un flysch de type maurétanien (Gélard, 1969) et une zone méridionale, relativement externe ayant reçu un flysch de type massylien (Raoult, 1969).

Un troisième type de flysch, le "flysch numidien", est généralement distingué. Il s'agit de sédiments gréseux et argileux d'âge Oligo-Miocène qui se sont déposés dans une gouttière, que l'on considère en général comme plus externe que le sillon des flyschs (Wildi, 1983).

### **II.2.1- Le flysch maurétanien**

D'après J.M. Vila (1980), le flysch maurétanien montre dans ses séries médianes les plus typiques, de bas en haut:

- un complexe de base flyschoidé à petits bancs de micrites du Néocomien;
- un flysch argileux-gréseux qui atteint l'Albien moyen;
- un Vracono- Cénomaniens- Turonien calcaire conglomératique ou micro conglomératique.

Localement des radiolarites sont connues à la base de cette série et rapportées au Malm.

### **II. 2. 2- Le flysch massylien**

Il a été défini par J. F. Raoult (1969) au Kef Sidi driss, dans le nord constantinois et comporte de bas en haut les termes suivants :

- Des calcaires sableux et des argiles du Néocomien sur 10 m environ;
- Un flysch pélito-quartzitique où dominent les couleurs vertes : c'est un flysch "albo – aptien" pouvant atteindre 300 m d'épaisseur. Il est surmonté par des calcaires fins jaunâtres du Vraconien épais de quelques mètres;
- Des phanites noires et blanches d'âge Cénomaniens (Raoult, 1974);

Un ensemble flyschoidé marno- microbréchiq ue du Sénonien qui peut dépasser 200 m d'épaisseur.

### **II.2.3- Le flysch numidien**

Sous le terme numidien (Ficheur, 1890), on distingue la trilogie suivante, de bas en haut :

- Des argiles varicolores à "Tubotomaculum dits "sous- numidiennes " d'âge Oligocène moyen à supérieur.
- Les grès numidiens (jusqu'à 200 m) à bancs épais à cassure jaunâtre ou blanchâtre, à quartz roulés de granulométrie très hétérogène (jusqu'à 3 cm). Leur âge est Aquitanien (Lahondère et al .1979).
- Des argiles, marnes claires et silexites dites supra- numidiennes d'âge Burdigalien inférieur (Lahondère et al; 1979).

Actuellement allochtones, ces flyschs forment une bande bien structurée au sud des massifs anciens littoraux. Deux hypothèses principales ont été émises au sujet de la

situation primitive du sillon des flyschs : soit plus au nord que les actuelles zones internes (hypothèse "ultra"); soit entre ces dernières et les zones externes (hypothèse infra ou citra). Cette seconde interprétation qui possède le plus de partisans, est basée sur un faisceau d'argument paléogéographiques (évolution des faciès) et géophysiques (remplissage de l'actuel bassin marin algérien).

La nappe numidienne dont les sédiments sont postérieurs à la tectonique tangentielle fini- éocène forme un étage supérieur nettement moins tectonisé et recouvre indifféremment toutes les unités. Elle s'est désolidarisée de son substratum et se trouve dans une position structurale élevée (Vila, 1980).

### **II.3- Le domaine externe**

Le domaine externe représente la marge téthysienne du continent africain. En Algérie orientale, il est représenté par :

- ü les séries telliennes
- ü les séries de l'avant pays allochtone
- ü les séries de l'avant pays atlasique autochtone

#### **II.3.1- Les séries telliennes**

Les séries telliennes sont représentées par d'épaisses formations à dominante marneuse qui seraient issues du sillon tellien. Ces séries ont été découpées par les phases tectoniques tertiaires en trois grandes unités (Vila, 1980):

- a- Les unités ultratelliennes: dont les formations typiques du Crétacé inférieur sont constituées par des marno- calcaires claires.
- b- Les unités telliennes sensu stricto : avec un Crétacé inférieur plus ou moins riche en dépôts terrigènes et où les intercalations des faciès néritiques restent modérées du Crétacé supérieur à l'Eocène.
- c- Les unités péni- telliennes et les unités méridionales à Nummulites : elles sont caractérisées par la prépondérance des faciès néritiques du Crétacé supérieur à l'Eocène. Ces séries montrent de grandes affinités avec celles de leurs avants- pays méridionaux (le sillon des Sellaoua, les unités sud- sétifiennes et le môle néritique constantinois). Généralement elles sont surmontées tectoniquement par les nappes de l'unité tellienne sensu stricto.

#### **II.3.2- Les séries de l'avant pays allochtone**

Ce sont des séries localement écaillées qui supportent les nappes du tellien externe au Nord, et qui surmontent l'autochtone Nord- auresien. Ces séries ont été regroupées en trois grandes familles (Vila, 1980):

- a- Les séries sétifiennes, présentant un caractère de plate forme subsidante et ne présentant des variations significatives qu'à leurs parties méridionales.
- b- Les unités de l'avant-pays allochtone Constantinois présentent une différenciation remarquable avec au nord, les séries néritiques constantinoises et au sud, les séries de type Sellaoua.
- c- Les séries des confins algéro- tunisiens montrant une sédimentation analogue à celle des nappes telliennes ou à celles des séries septentrionales de type Sellaoua.

#### **II.3.3- Les séries de l'avant pays atlasique autochtones**

Les séries de l'avant pays atlasique constituent les monts du Hodna et du Bélezma, le Nord des Aurès et la zone des diapirs (Vila, 1980). Ce sont des séries mésozoïques très

épaisses, très homogènes de plate forme subsidente envahie par une sédimentation gréseuses au Berriasien- Albien (Vila, 1980).

## **II.4- Les séries postérieures à la tectogenèse éocène**

### **II.4.1- L'Oligo- Miocène kabyle (O M K) et les Olistostromes**

L'OMK est une série localement puissante composée de grés micacés avec des intercalations conglomératiques fréquentes à sa partie inférieure. Au sommet, cette série perd son caractère détritique et correspond à des sédiments pelitiques ou siliceux à radiolaires et diatomées : ce sont des silexites blanches (Bouillin, 1977; Raoult, 1974; Vila, 1980).

Cette série constitue la couverture stratigraphique discordante du socle kabyle. Sa base est datée de l'Oligocène supérieur et le sommet (silexites) semble atteindre l'Aquitainien (Miocène inférieur) (Bouillin, 1977).

### **II.4.2- Le Nummulitique II**

Ce sont des formations grés- micacées, d'âge Priabonien à Oligocène supérieur qui constituent la couverture des séries de la chaîne calcaire et des flyschs mauritaniens. (Raoult, 1979; Bouillin, 1977).

### **II.4.3- Le Numidien (Cf. section II. 2. 3).**

## **II.5- Les formations post-nappes**

Selon J. P. Bouillin (1977) les formations post nappe développées sur tout le domaine du socle kabyle, comportent deux cycles, l'un marneux (à la base), l'autre gréseux (au sommet). L'âge de ces formations va du Burdigalien moyen- supérieur au Langhien.

Le Mio-Pliocène continental affleure sur de vastes espaces dans le secteur des hautes plaines sétifiennes ou constantinoises en remplissage de bassin (Bouillin, 1977; Vila, 1980).

## **II.6- Le magmatisme**

Le littoral algérien a connu une intense activité magmatique durant le Miocène. Cette activité s'est traduite par la mise en place de granitoïdes intimement liés à un volcanisme essentiellement andésitique (Semroud et al 1992).

Les granitoïdes sont représentés par une série de roches allant des diorites aux granites en passant par les quartz- monzonites, diorites quartziques, granodiorites, microgranites (Semroud et al. 1992).

Ces roches sont localisées dans les régions de l'Edough, Cap de fer, Ffila, El Aouana, Collo, Bejaia- Amizour, Thenia et Cherrhell.

Selon Semroud et al. (1992), ces granitoïdes sont caractérisés par la présence quasi constante de plagioclases zonés, la prédominance des pyroxènes et des amphiboles associés à de la biotite. Ils ont été subdivisés en deux types :

ü Des granites à pyroxène, amphibole avec des enclaves microgrenues basiques.

ü Des granites à biotite, cordiérite avec des enclaves à sillimanite, cordiérite et biotite.

La plus part des plutons ont induit dans leur encaissant sédimentaire un métamorphisme de contact d'intensité différente suivant les massifs.

### III.1- Introduction

Les deux plages de Beni Belaid et Oued Zhour objet du présent mémoire, se trouvent à l'extrémité orientale de la wilaya de Jijel Sur le plan géologique, ces deux localités sont constituées par des formations géologiques appartenant à l'unité de Beni Ferguène qui a été étudiée par plusieurs auteurs (Bouillin, 1977; Mahdjoub 1990; Amri, 1996; Kehal,1997). D'après ces auteurs, cette unité structurale est dominée par des formations métamorphiques du socle cristallophyllien de la petite Kabylie (Fig.III.1).

La superposition d'une carte du réseau hydrographique et l'esquisse géologique représentative des deux secteurs permet de soupçonner les principales formations géologiques susceptibles de fournir, par voie fluviale, les grains minéraux qui constituent les sables de plages des deux secteurs. Il apparaît nettement que la source principale du matériel détritique constitutif des ces sables est représentée par les différentes formations géologiques constituant l'édifice de Beni Ferguène , l'unité du cap Bougaroun , les roches Magmatiques ( Beni Touffout , El Milia ) et autres roches sédimentaires(Fig.III.1). Etant donnée l'éventuelle relation génétique entre ces formations géologiques et le contenu des sables étudiés, on s'intéressera particulièrement aux descriptions minéralogiques des roches qui constituent ces formations.

### III.2- Unité de Beni Ferguène

L'unité des Béni Ferguen s'étend entre la région des Béni Belaid à l'Ouest et la région de Kerkerà à l'Est (Sud de collo). Cet édifice a été subdivisé en trois unités structurales (Amri, 1996). On distingue de bas en haut (Fig. III.2):

- ü L'unité des Béni Belaid.
- ü L'unité d'El-Hallam- Cap Aourer.
- ü L'unité de Marbouha.

#### III.2.1- Les métapelites et granite de Béni Bélaïd

Les métapelites de Béni Bélaïd sont développées au niveau de la plage, ces formations comportent des intercalations de pegmatites orthogneissifiées et renferment aussi de grands prismes d'andalousites pseudomorphosées en disthène.

L'analyse minéralogique des métapelites indique la présence de quartz, biotite, muscovite, grenat, disthène, et tourmaline (Amri, 1996).

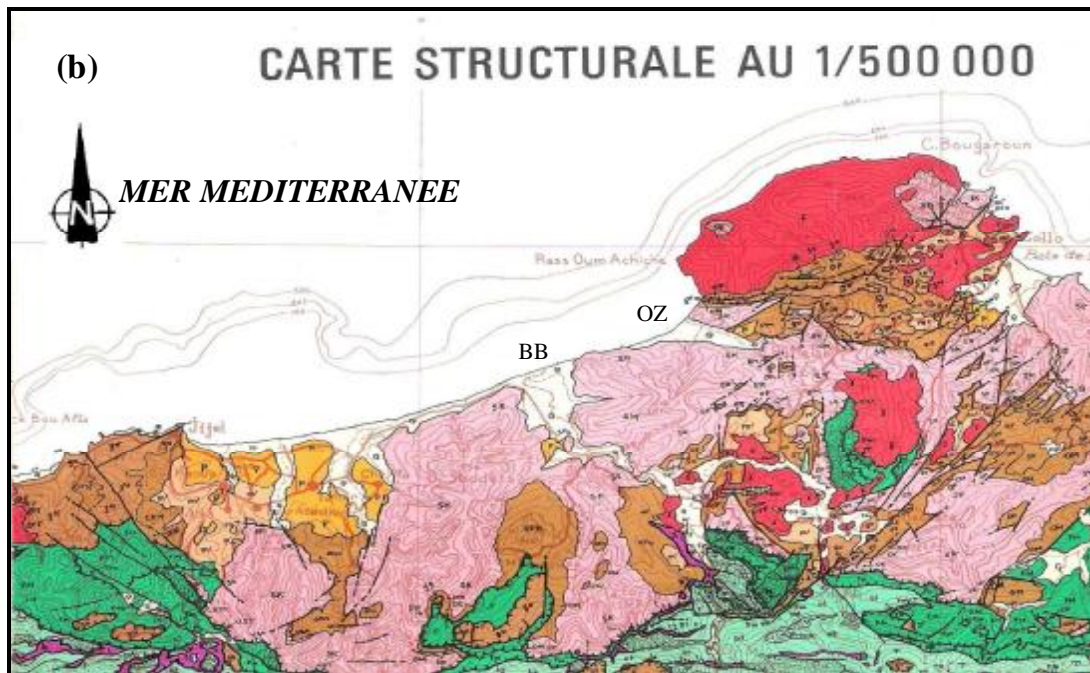
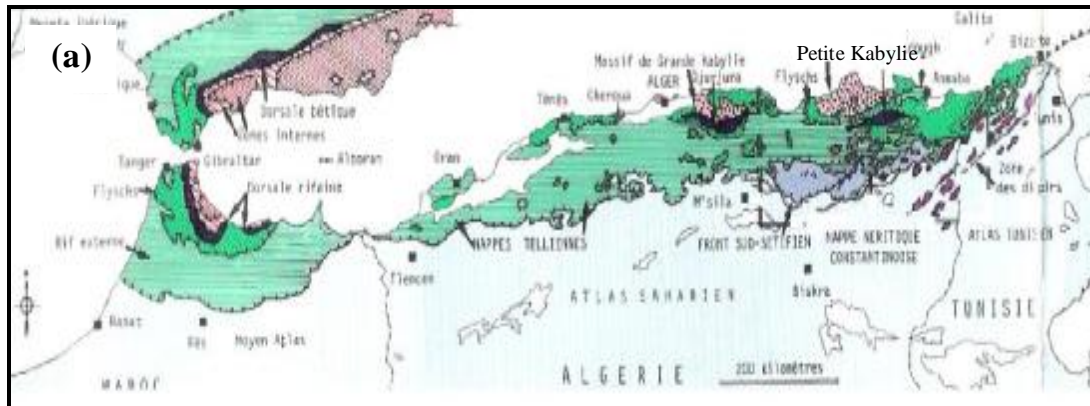
Les pegmatites orthogneissifiées sont caractérisées par une association minéralogique classique, quartz, feldspath alcalin, muscovite et tourmaline.

Les granites à couronne de grenat montrent une association minéralogique marquée par l'existence de quartz, feldspath potassique, plagioclase, biotite, muscovite et grenat, tourmaline, apatite et zircon (Amri, 1996).

#### III.2.2- Les paragneiss de Hallam- Cap Aourer





























Les faciès de cette zone sont essentiellement développés dans la partie Nord de la région de Beni Belaid-Oued Zhour. La partie supérieure des paragneiss, représentée par la région d'El Hallam, est caractérisée par une alternance de gneiss et de pegmatites. La partie inférieure, région du cap Aourar, montre que ces paragneiss renferment des corps granitiques et des sills d'amphibolite.





**Fig.III.1-(a).** Situation de la petite Kabylie dans la chaîne alpine de méditerranée occidentale (D'après J. M. Vila, 1980)

**(b).** Contexte géologique de la zone d'étude (D'après J. M. Vila, 1980).  
(BB). Béni Bélaïd, (OZ) Oued Zhou

	Granites, grano-diorites, microgranites, dolérites et rhyolites.
	θ: complexe stratifié de yaddéne et roches effusives de la région d'hammam Meskoutine(β).
	Formation de Babouche (Aquitano-Burdigalien).
	Grés numidiens et série mixtes.
	Principaux affleurements d'argiles de base à Tubotomaculum.
	Oligo-Miocène kabyle , olistotromes à flyschs resédimentés(y compris le Numidien) et flyschs en position nord- kabyles (F').
	Olistotromes superposés à l'Oligo-Miocène Kabyle; OT-olistolites tellien de la région d'El Milia.
	Socle kabyle: SBA- Paléozoïque de Béni Afeur.
	Socle métamorphique de Petite kabylie et du Bou Hatem (phyllades micaschistes, porphyroïde, gneiss et marbres..
	Socle basique du Cap Bougaroun (péridotites et kinzigites rétromorphosées).
	Série interne d'ain Naceur, de sidi rhiat, de Sidi Ahmed, de Settiter, de Bou Taib, de Robertsau (Souk es sebt) et de la Marsa. Séries médianes deGuerrouch, d'El karn, de Khorchef, de Ghezala et du Sud d'ain Berda( Penthievre). Séries externes (ex-"Medjanien", et séries atypique de tamalous, du Kef Mezouch et de Ziane.
	Cas de la série des achaichaïches (série médiane).
	1- crétacé.
	2- Jurassique.
	3- permo-Trias et Carbonifère.
	Unité Sendouah- Tabellout à substratum basique.
	Séries typyques à phtanites ou à brèches vertes et rouges.
	Cas de la série de Djbel Filfila.
	1-Crétacé
	2-Jurassique
	Unités de type Adissa et Sénonien marneux à microbrèches ou à blocs
	A-Eocène
	F-Sénonien marneux à microbrèches ou à blocs.
	Quaternaire indifférencié (Villafranchien à actuel).
	Pliocène marin des zones côtières.
	Burdigalien supérieur-Langhien de la marge littorale.
	Argiles, gypses broyés et glaçon calcaro-dolomitiques.
	Trias resédimenté.

Les paragneiss présentent l'assemblage minéralogique suivant : quartz, muscovites, plagioclase, grenat, andalousite, et staurotide.

Les pegmatites montrent la présence des minéraux suivant quartz, muscovite, plagioclase et tourmaline.

Les amphibolites sont essentiellement formées de hornblende verte associée à de l'actinote, ainsi que du quartz et plagioclase.

### **III.2.3- Les schistes et les orthogneiss de l'unité de Marbouha**

L'unité de Marbouha est la plus haute de l'édifice des Béni Férguène, elle correspond probablement à l'unité supérieure du socle de la Petite Kabylie (Amri, 1996).

Les micaschistes de cette unité sont essentiellement caractérisés par du quartz, muscovite, biotite, plagioclase et grenat (Amri, 1996). Les orthogneiss sont fortement kaolinisés et présentent l'association minéralogique formée essentiellement de quartz, muscovite, feldspath potassique, et plagioclases (Amri, 1996). Les filons de pegmatites se présentent sous forme de sills dans les micaschistes de l'unité de Marbouha (Kehal, 1997).

Parmi les minéraux utiles qui se trouvent dans ces pegmatites, A. Kehal, (1997) a signalé la présence de la cassitérite qui est associée aux pegmatites greisénisées et aux veinules affectant les micaschistes. Dans les pegmatites et les pegmatites greisénisées elle est disséminée entre les grains de quartz et les muscovites, et parfois, elle semble envahir ces dernières. A côté de la cassitérite A. Kehal(1997) a également signalé la présence de la columbo-tantalite. La scheelite, le chrysobéryl et les phosphates ont été signalés dans la littérature (archives des mines de Constantine, in Z.Oueld Taleb Bent Kaci, 1989).

### **II.3- L'unité de Bougaroun**

Le massif de socle du cap Bougaroun, a été décrit par Roubault (1934) sous le nom de "gneiss et serpentinite du Nord". Il se situe au Nord de Collo dans la partie orientale de la presque île du cap Bougaroun, il est limité au Sud et au Sud Est par un système de failles inverses qui le met au contact du Burdigalien post-nappes du Bassin de Collo. A l'Ouest, il est traversé par des granites miocènes et au Nord par des micrognanites de même âge. Le socle du cap Bougaroun est essentiellement composé de gneiss et de lherzolites serpentinisées.

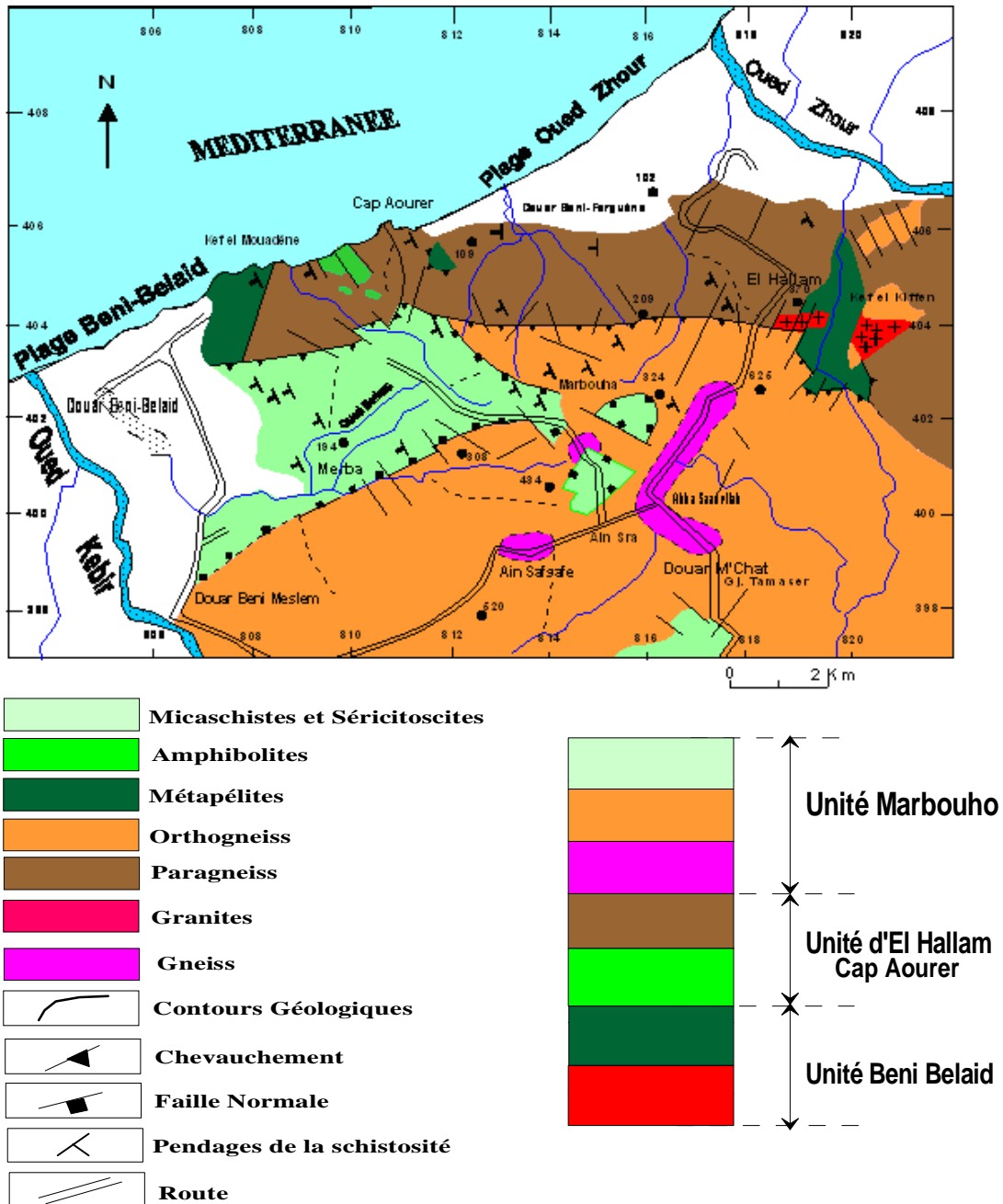
#### **III.3.1- Les serpentinites**

L'affleurement est essentiellement constitué de péridotites. Il consiste principalement en des plagioclases-lherzolite fortement serpentinisées (Bouillin et Kornprobst, 1974).

Les serpentinites sont caractérisées par des rubanements pyroxénolitiques (Websterite à Plagioclases) (Bouillin, 1977).

Du point de vue minéralogique les péridotites contiennent des orthopyroxènes (bronzite), clinopyroxène (diabase), plagioclase, olivine (fortement serpentinisée) chromite et magnétite comme minéraux accessoires. Dans les péridotites serpentinisées, l'antigorite est le minéral abondant qui est parfois altéré en talc (Roubault, 1934). Le clinopyroxène et l'orthopyroxène sont de couleur jaunes pâle à jaune verdâtre pouvant atteindre 1mm, (Bouillin 1977).

Le spinelle est en grain xénomorphe (jusqu'à 0.5mm) allongé, disposé en chapelets parallèlement aux directions d'étirement visible dans les roches (Bouillin 1977).



**Fig. III.2.** Esquisse géologique de la région Béni Bélaid–Béni Férguén (D'après M. Roubault, 1934; Sonarem 1968; K. Amri 1996; A. Kéhal 1997) légèrement modifiée

Les péridotites sont associées à des migmatites contenant des xénolites de micaschiste qui sont au contact des péridotites (Bouillin 1977).

### III.3.2- Les gneiss

Les gneiss se trouvent à l'ouest des serpentinites, ils sont plus massifs, la foliation étant souvent assez peu marquée, et ils se caractérisent fréquemment par la présence d'amygdales centimétriques de quartz plus ou moins limpide. Les minéraux essentiels sont le quartz, le feldspath potassique, le plagioclase, la cordiérite, la sillimanite, biotite et muscovite.

Certaines roches contiennent en plus des reliques de grenat. Toutes ces roches ont été affectées de cristallisation tardives ayant provoqué le développement de fines paillettes de chlorite et de mica blanc (Bouillin 1977).

### III.4- Les roches magmatiques

M. Roubault (1934) a mis en évidence l'existence, dans la Kabylie de Collo, d'un ensemble de roches éruptives comprenant :

- Des granites qui occupent des surfaces importantes et qui sont répartis en deux massifs principaux (le massif du Cap Bougaroun, appelé " granite du Nord " et le granite de Béni – Touffout situé plus au sud).
- Des microgranites qui forment généralement des petits massifs éruptifs, localisés au environ de Collo et d'El Milia

#### III.4.1- Le granite du Cap Bougaroun

L'intrusion du Cap Bougaroun et son contexte géologique ont été étudiés dans le passé, principalement par M. Roubault (1934), J.P. Bouillin (1977), A. Ouabadi (1987), et J. Fougnot (1990) (in Ouabadi, 1994). De forme grossièrement ovoïde, ce massif granitique dont la superficie avoisine les 200 Km<sup>2</sup> est allongé suivant un axe orienté grossièrement NE-SW.

Dans sa partie orientale, il montre sous le "socle du Cap Bougaroun", constitué de gneiss et de Péridotite serpentinisées, un faciès microgranitique qui passe progressivement vers l'ouest à un granite à grain fin, puis à un granite à grain grossier. A sa bordure méridionale il recoupe des séries sédimentaires composées de l'Oligo–Miocène Kabyle, des olistostromes remaniant des éléments de flysch massylien et numidien et du Miocène- poste nappe. Le granite du cap Bougaroun induit un métamorphisme de contact atteignant le faciès des cornéennes à hornblende. Ces cornéennes sont affectées par des déformations (plis et schistosité) engendrées par la mise en place du granite (Bouillin, 1977). A noter que les formations affectées par cette schistosité locale (aux abords du granite) ne présente pas de schistosité régionale.

L'étude minéralogique du granite Cap Bougaroun révèle qu'il est constitué essentiellement de quartz en grandes plages, de feldspath potassique contenant de la biotite et des plagioclases comme inclusions, plagioclase, biotite, cordiérite. La cordiérite est transformée en produit micacé d'altération et en muscovite (Ouabadi, 1994). Comme minéraux accessoires A. Ouabadi, 1994 a signalé la présence de tourmaline, zircon, apatite et ilménite.

### III.4.2- Le granite des Béni–Touffout

Ce massif de forme grossièrement quadrangulaire et d'une superficie de 60 Km<sup>2</sup> environ, occupe la partie centrale de la Petite Kabylie de Collo. Situé dans la région la plus humide d'Algérie, le massif des Beni–Touffout est en effet profondément arénisé et recouvert par une végétation très dense.

Le granité de Béni- Touffout se présente comme un corps intrusif homogène non déformé il se distingue de son homologue du Cap Bougaroun par sa richesse plus grande en cordiérite, biotite, ce qui lui confère une teinte plus sombre, gris à verdâtre. Il présente une structure grenue équante, à grain moyen (2 à 3 mm) (Ouabadi, 1994). Il apparaît homogène et ne contient que peu ou pas du tout de formations filoniennes, comparativement au granite du Nord.

L'étude pétrographique faite par A Ouabadi (1994), a révélé la présence du quartz, du plagioclase (minéral abondant), feldspath alcalin en proportion moins importante que le plagioclase, de biotite, de cordiérite, et comme minéraux accessoires le zircon, l'apatite, l'ilménite, et la tourmaline.

### III.4.3- Le microgranite d'El Milia

Au Sud Ouest de la masse principale du Beni Touffout affleure un microgranite. Il s'étend jusqu'à la ville d'El Milia et occupe une superficie d'environ 50 Km<sup>2</sup>. Ce microgranite affleure sous forme de plusieurs pointements assimilables à des dômes dont le diamètre est de l'ordre de 1 Km. D'après J.P Bouillin (1976), la couverture sédimentaire de ces roches était peu épaisse, car ces derniers atteignent le Langhien (Miocène post nappes).

L'étude de la composition minéralogique de ces roches montre la prédominance des phénocristaux de plagioclases, du quartz, de la biotite, la cordiérite, des xénocristaux de cordiérites à inclusion de sillimanite- quartz, de la biotite, de l'ilménite, des grenats à inclusion de sillimanite (Ouabadi 1994)

## III. 5- Les roches sédimentaires

Les roches sédimentaires sont représentées par deux séries principales :

- L'Oligo–Miocène Kabyle,
- Le Numidien.

Ces deux séries présentent d'une façon générale des faciès gréseux ou argileux.

### III.5.1- L'Oligo Miocène Kabyle:

Il constitue la couverture transgressive et discordante du socle kabyle. Le granite du Cap Bougaroun le métamorphose à son contact (Raoult 1974 ). C'est une formation détritique qui comporte à sa base des conglomérats de l'oligocène supérieur, que surmontent des grès micacés à débris de socle ainsi que des silicites à radiolarite d'âge Aquitanien (Bouillin 1977)

L'étude pétrographique de ces formations a indiqué la présence du quartz (40-65%) minéraux argileux (30-45 %), illite, smectite comme minéraux dominants, ainsi que de la muscovite et la chlorite et comme minéraux accessoires, M. Bounessah, (1993 ) a signalé la présence de monazite, rutile et oxyde de fer.

### III.5.2- Le Numidien

Le terme " Numidien " a été créé par Ficheur (1908) cette formation sédimentaire comporte trois termes :

- Les argiles "sous-numidiennes" de teinte verte, rouge ou violacée, contenant fréquemment des tubotomaculums
- Les grés numidiens puissants de 200 ou 300 m, en bancs épais, de teinte grisâtre à blanchâtre caractérisés par des quartz très roulés.
- Les formations "supra-numidienne", comportant des argiles et des marnes claires ainsi que des silicites. Du point de vue minéralogique, les grés numidiens sont constitués de plus de (90%) de quartz comme minéral dominant, et zircon, rutile, muscovite comme minéraux accessoires, ces minéraux ont été identifiés à l'ouest de Jijel dans la carrière de Kissir exploitée par Africaver (Belmedrek. S, Remmache. I, 2001 ).

Trois groupes d'affleurement du Numidien apparaissent dans la région d'études :

- Un groupe situé au SW de Ain Kechera.
- Un groupe situé au Nord d'El Milia, caractérisé par des argiles sous numidiennes de couleur rouge d'épaisseur environ 50 m riche en Tubotomaculum, les affleurements les plus orientaux du bassin d'El Milia sont constitués par des grés en gros bancs ennoyés par des éboulis.
- Le Numidien affleure aussi dans le bassin de collo- oued zhour ou il est représenté par des alternances de niveau argileux à Tubotomaculum et de bancs de grés à quartz bien roulés, (Bouillin, 1977).

### IV.1- Introduction

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,
- de 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.

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

- Ø Des sables fins à grossiers (0,2 à 2 mm),
- Ø Des graviers (2 mm à 2 cm),
- Ø Des galets (2 à 20 cm),
- Ø 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 (Passkof, 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.

### IV.2- 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 (Passkof, 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. Cette situation est bien illustrée dans le cas des deux plages étudiées.

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 épaulements rocheux tel est le cas de la baie de Jijel (Fig.IV.1).



### **IV.3- Les caractéristiques morphologiques des plages**

Généralement, les plages présentent un profil transversal plus au moins concave. La pente varie en fonction du calibre des sédiments qui les constituent et les caractéristiques des vagues qui y déferlent. La pente est forte quand les sédiments sont grossiers (Paskoff, 1998). 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, renforcée par elle s'annulent. Les plages abritées frappées par les vagues courtes et peu cambrées, sont plus pentues que celle exposées au large et atteintes par des houles longues. Les premières tendent à réfléchir les vagues, tandis que les secondes favorisent la dissipation de leur énergie (Paskoff, 1998). R.Paskoff (1998) a proposé un profil transversal qui comporte (Fig.IV.2):

#### **IV.3.1- 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.

#### **IV.3.2- 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.

#### **IV.3.3- L'estran**

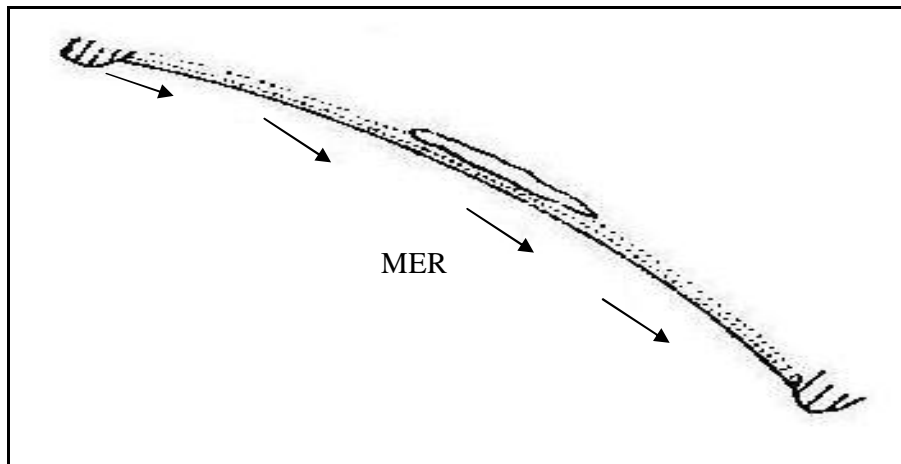
Étendue de plage qui est couverte à haute mer, et découverte à basse mer

#### **IV.3.4- L'avant plage**

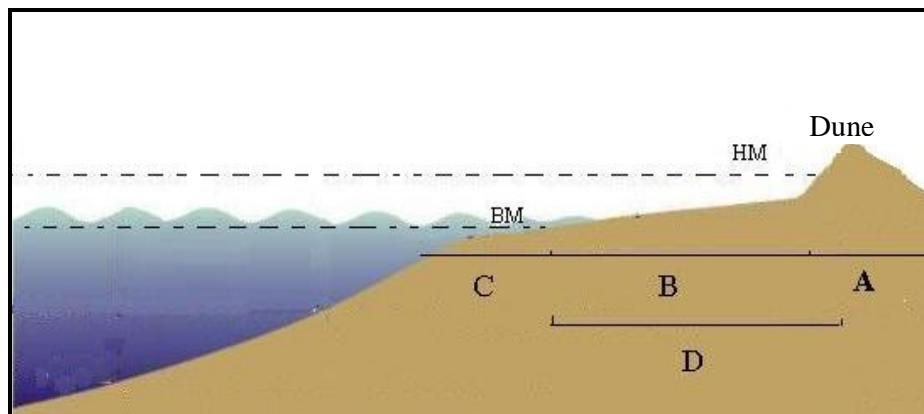
La topographie de l'avant plage est toujours submergée et peut être accidentée par des accumulations désignées sous le nom de barres de crêtes ou de rides pré littorales. Celles -ci se forment quand la pente est douce et les sédiments sont abondants. Elles sont séparées par des sillons. Certaines sont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

### **IV.4- L'origine des matériaux et le budget sédimentaire des plages**

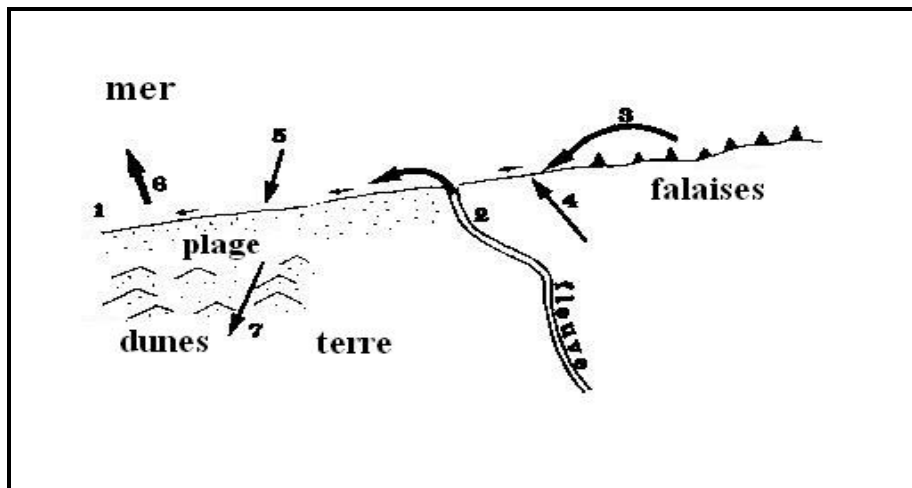
Les plages ont commencé à se former à la fin de la transgression postglaciaire, il y a environ 5 ou 6000 ans (Paskoff, 1998), lorsque le niveau de la mer s'est fixé, à peu près dans sa position d'aujourd'hui. L'époque était caractérisée par une grande disponibilité en sédiments sur les littoraux. En 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



**Fig.IV.1.** Schéma illustrant la forme d'une plage ouverte (R. Passkof, 1998), (les flèches indiquent le sens de la dérive littorale).



**Fig.IV.2.** Profil transversal d'une plage.( R. Passkof 1998, légèrement modifié). (HM) haute mer, (BM) basse mer, (A) haut de plage, (B) bas de plage, (C) avant plage, (D) estran.



**Fig.IV.3.** Gain et perte de sédiments par une plage (R. Passkof, 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 a 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.

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). Dès lors, l'alimentation des plages en sédiments provient de plusieurs origines (Fig.IV.3) :

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).

#### **IV.5- Les dunes littorales**

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). Plusieurs types de dunes peuvent être distingués

##### **IV.5.1- 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).

##### **IV.5.2- 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 endommagée 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

en dune libre. La faible densité de la couverture végétale favorise la migration du matériel. Parmi les dunes libres on distingue :

#### **a- Les Barkhanes**

Se sont des dunes en croissant à pointe effilées dans le sens du vent (Fig.IV.4), 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)

#### **b- Les dunes transversales**

Elles prennent naissance à partir des Barkhanes lorsqu'elles s'accroissent 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)

#### **c- 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 (Fig.IV.5) La dune parabolique est peu mobile et généralement ne migre guère une fois qu'elle est formée.

#### **d- 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 (Fig.IV.6).

Les deux secteurs d'études se caractérisent par des plages ouvertes sur la mer méditerranée. La plage de Oued Zhour est limitée dans sa partie orientale par Oued Zhour elle est caractérisée par un estran assez large et une pente d'équilibre douce. Le secteur de Oued Zhour est constitué par un grand champ de dune de 6-7 km de long s'étalant sur une superficie d'environ 600 hectares, ce sont des dunes fixes à cause du couvert végétal qui est très développé ce qui empêche le déplacement de ces dunes.

La plage de Béni Bélaid est limitée dans sa partie occidentale par Oued El Kébir, la partie orientale de la plage est caractérisée par une pente un peu forte, et dans cette partie les accumulations sableuses ne sont pas considérables, par contre la partie centrale de la plage est caractérisée par une pente assez faible et de grand champ de dune riche en matière organique et par un couvert végétale dense.

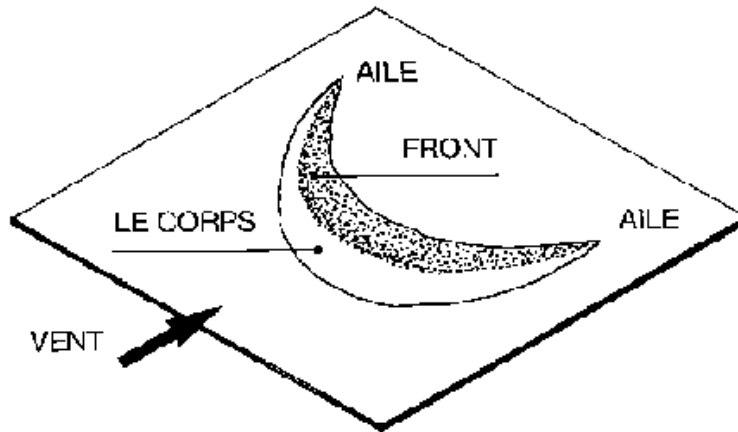


Fig.IV.4- Illustration d'une dune barchane.

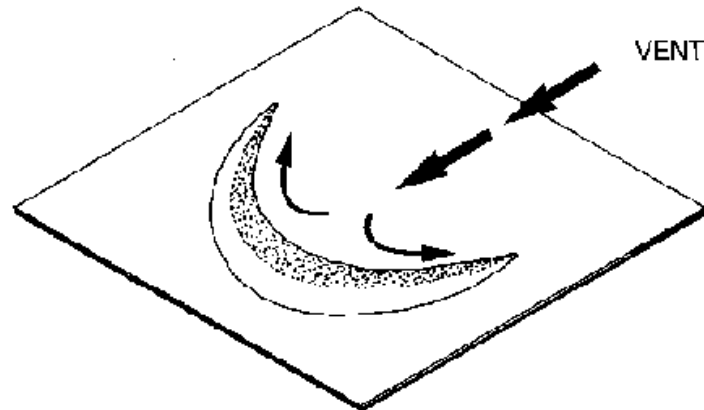


Fig.IV.5- Illustration d'une dune parabolique

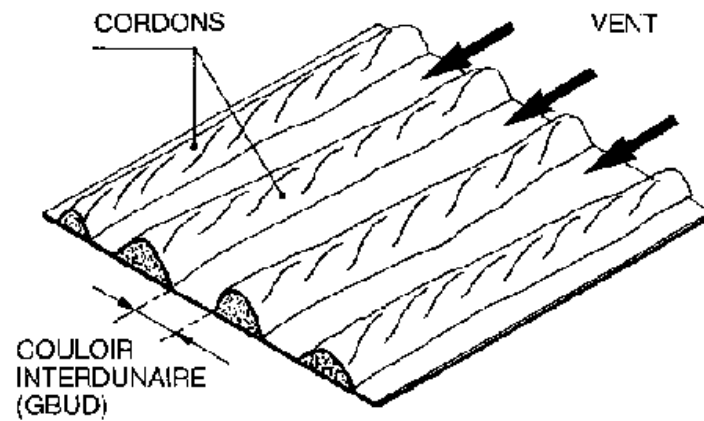


Fig.IV.6- Illustration d'un cordon dunaire longitudinal.

## V- Analyse granulométrique

### V.1- Introduction

Le sable est une roche détritique meuble dont les grains sont en majorité compris entre 62,5µm et 2 mm. L'opération permettant de déterminer la taille des grains de sable est appelée analyse granulométrique, cette analyse consiste à fractionner le matériau en différentes coupures au moyen de tamis emboîtés les uns sur les autres.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont le plus souvent représentés sous forme d'histogramme de fréquence et courbes cumulatives. A partir des histogrammes on lit directement la valeur du mode d'une distribution granulométrique et qui correspond aux sommets de "cloches" des histogrammes, alors que la représentation par courbes cumulatives, permet le repérage aisé des différents quartiles, avec lesquels on peut calculer les différents paramètres et indices granulométriques.

Les sédimentologues anglo-saxons ont généralisé l'usage d'une échelle logarithmique, dite échelle des phi ( $\phi$ ), définie par Krumbein et Pettijohn (1938) par la relation:

$$\phi = -\log_2 (d), \text{ (d : étant le diamètre des grains en mm).}$$

Plusieurs auteurs ont proposé de diviser le gravier, le sable et le limon chacun en catégories choisies parmi les cinq suivantes: très fin, fin, moyen, grossier et très grossier et les limites entre ces catégories sont choisis arbitrairement. Seules les valeurs entières de l'échelle  $\phi$  permettent de diviser cailloux, sable et limon, chacun en 5 catégories tout en respectant d'assez près les diverses limites admises par différents auteurs (Tab.V.1).

Nombreux sont les auteurs qui ont proposé des indices qui permettent d'exprimer numériquement les caractères de distribution granulométrique et on cite parmi eux (Trask, 1930; Inman, 1952; Folk et Ward, 1957). Les indices les plus couramment utilisés sont la Moyenne  $M_z$ , le Sorting Index  $\sigma_s$ , le Skewness  $SK_I$  et le Kurtosis  $K_G$

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

### V.2- Définition des paramètres granulométriques

#### a- Graphic Mean

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 :

$$M = \frac{(\Phi_{16} + \Phi_{84})}{2}$$

Mais avec deux quartiles seulement ( $\Phi_{16}$  et  $\Phi_{84}$ ), la moyenne granulométrique ne serait pas représentative de l'échantillon. Pour y remédier, Folk et Ward ont proposé une autre expression « Graphic Mean » :

$$M_z = \frac{F_{16} + F_{50} + F_{84}}{3}$$

Dans leur formule Folk et Ward ont choisi trois quartiles ( $\Phi_{16}$ ,  $\Phi_{50}$  et  $\Phi_{84}$ ), dans le but d'avoir une bonne moyenne représentative de l'échantillon.

Phi	Grade		mm	$\mu\text{m}$
-8	Bloc	G R A V I E R	256	256,000
-6	Galet			
-2	Caillou			
-1	Granule			
0	Très Grossier	S A B L E	1	1,000
1	Grossier			
2	Moyen			
3	Fin			
4	Très Fin			
5	Grossier			
6	Moyen			
7	Fin			
8	Très Fin			
	Argile			

**Tab.V.1-** Classification dimensionnelle des sédiments détritiques en mm et en  $\mu\text{m}$  et leurs équivalents dans l'échelle des phi.

Graphic Mean ou moyenne granulométrique permet de donner une idée générale sur la texture de l'échantillon, le calcul de cet indice est d'autant plus fiable que le nombre de données prises en compte est élevé.

### b-Inclusive Graphic Standard Deviation

Ce paramètre est connu sous le nom de « indice de classement.  $S_o$  », (Trask, 1930), et « Graphic Standard Deviation  $\sigma_G$  », (Otto, 1938).

Les expressions mathématiques utilisées pour définir ce paramètre diffèrent d'un auteur à autre. Les expressions données par Trask (1930) et par Otto (1938) sont :

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

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

On remarque que seuls deux quartiles, représentant 68% de la partie centrale de la distribution, sont utilisés pour calculer ce paramètre.

Inclusive Graphic Standard Deviation est le terme utilisé par Folk et Ward (1957), cet indice est donné par la formule suivante

$$\sigma_i = \frac{F_{84} - F_{16}}{4} + \frac{F_{95} - F_5}{6.6}$$

Avec ces quatre quartiles 90 % de la distribution est utilisé dans le calcul de ce paramètre. Le sorting index ou indice de tri ou de classement présente une estimation de la dispersion des tailles des particules par rapport à la moyenne de l'échantillon (Fig.V.2).

Tab.V.2- Terminologie du sorting index ( $\sigma_i$ ) définie par Folk et ward

$0 < \sigma_i < 0,35$	Très bien classé
$0,35 < \sigma_i < 0,50$	Bien classé
$0,50 < \sigma_i < 0,71$	Assez bien classé
$0,71 < \sigma_i < 1$	Moyennement classé
$1 < \sigma_i < 2$	Médiocrement classé
$2 < \sigma_i < 4$	Très mal classé

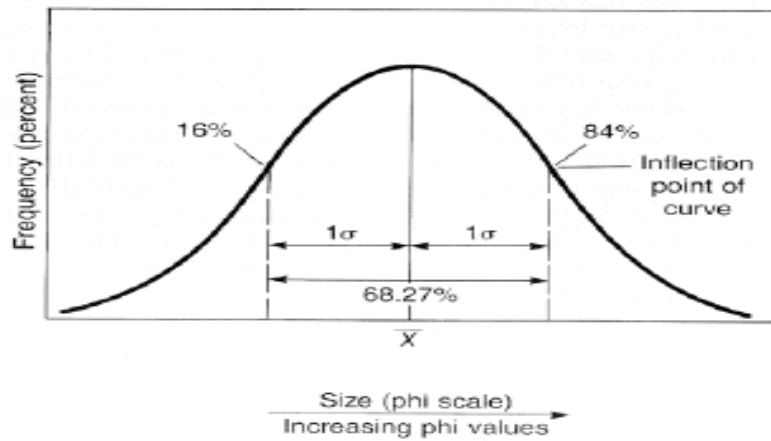
### c - Inclusive Graphic Skewness

Le terme utilisé par Inman pour cet indice est « Graphic Skewness », selon cet auteur ce paramètre est donné par la formule suivante :

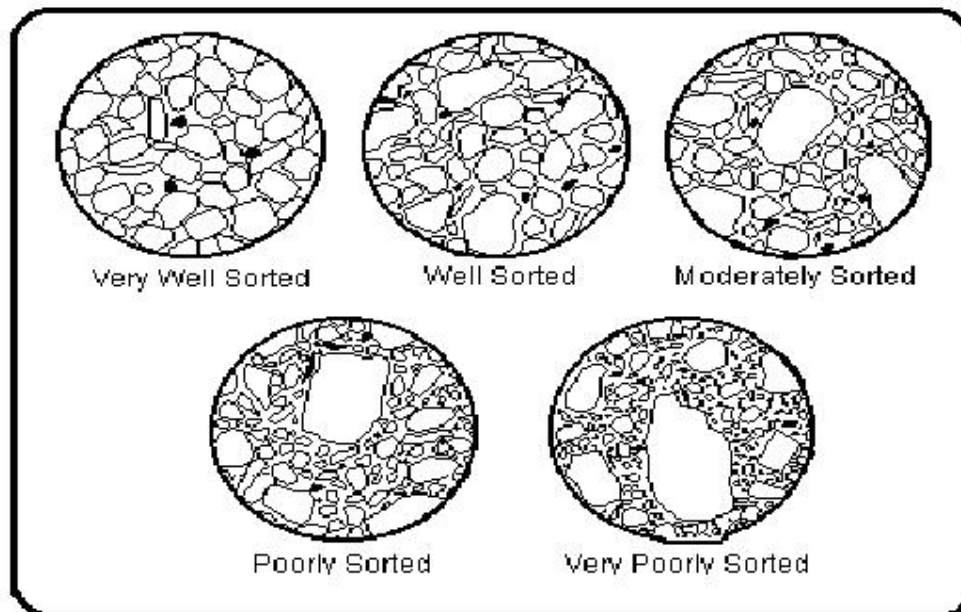
$$SK_G = \frac{(\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50})}{(\Phi_{84} - \Phi_{16})}$$

Cette formule n'inclut que 68 % de la partie centrale de la distribution.





**Fig.V.1-** Courbe de fréquence avec une distribution normale montrant la relation entre la déviation standard et la moyenne. Une déviation standard ( $1\sigma$ ) de chaque coté de la moyenne exprime 68 %



**Fig.V.2-** Illustration des différents classements de sédiment

Le meilleur calcul de cet indice est donné selon la formule proposé par Folk est ward (1957) :

$$SK_i = \frac{F_{16} + F_{84} - 2F_{50}}{2(F_{84} - F_{16})} + \frac{F_5 + F_{95} - 2F_{50}}{2(F_{95} - F_5)}$$

Avec cette formule 90% de la distribution est pris en considération.

Dans une distribution normale avec une courbe de fréquence en forme de cloche où la médiane et la moyenne coïncident. Chaque déviation de la distribution de la normale qui mène une différence entre la médiane et la moyenne représente une asymétrie ou skewness de la courbe des fréquences.

Ce paramètre informe sur l'enrichissement en particules grossières (asymétrie négative), l'enrichissement en particules fines mal triées (asymétrie positive), ou s'il y'a symétrie (skewness compris entre -0.10 et 0.10) (Fig V.3).

**Tab V.3-** Terminologie du skewness ( $SK_i$ ) définie par Folk et Ward

+ 1,00 > $SK_i$ > + 0,30	Forte asymétrie vers les petites tailles
+ 0,30 > $SK_i$ > + 0,10	Asymétrie vers les petites tailles
+ 0,10 > $SK_i$ > - 0,10	Symétrie granulométrique de l'échantillon
- 0,10 > $SK_i$ > - 0,30	Asymétrie vers les grandes tailles
- 0,30 > $SK_i$ > - 1,00	Asymétrie vers les grandes tailles

#### d - Le kurtosis

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

$$K_G = \frac{F_{95} - F_5}{2,44(F_{75} - F_{25})}$$

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

Le kurtosis est l'indice d'acuité du mode, il mesure l'angulosité de la courbe des fréquences. Si le mode est concentré dans des classes granulométriques restreinte, on a une distribution leptocurtique, s'il est dispersé on a une distribution platycurtique (Fig. V.2).

Tab.V.4- Terminologie du kurtosis ( $K_G$ ) définie par Folk et Ward.

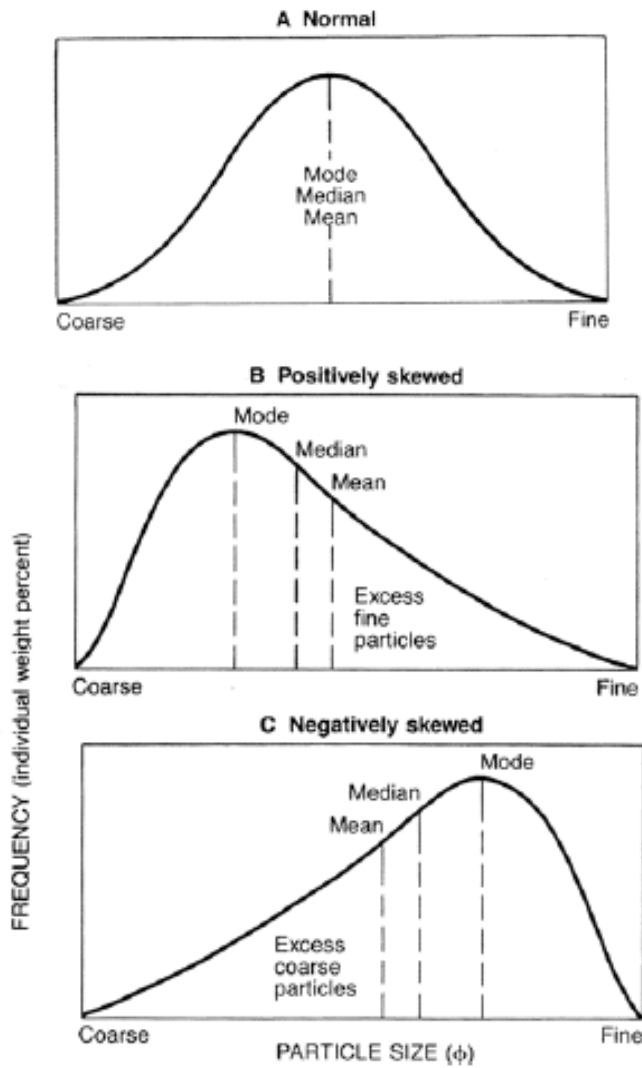
$K_G < 0,67$	Courbe très platycurtique
0,67 - 0,90	Courbe platycurtique
0,90 - 1,11	Courbe mesocurtique
1,11 - 1,50	Courbe leptocurtique
1,50 - 3,00	Courbe très leptocurtique
$3,00 < K_G$ :	Courbe extrêmement leptocurtique

Remarque : dans tout ce qui suivra, les quatre indices granulométriques définis par Folk et Ward (1957) seront dénommés et indexés comme suit :

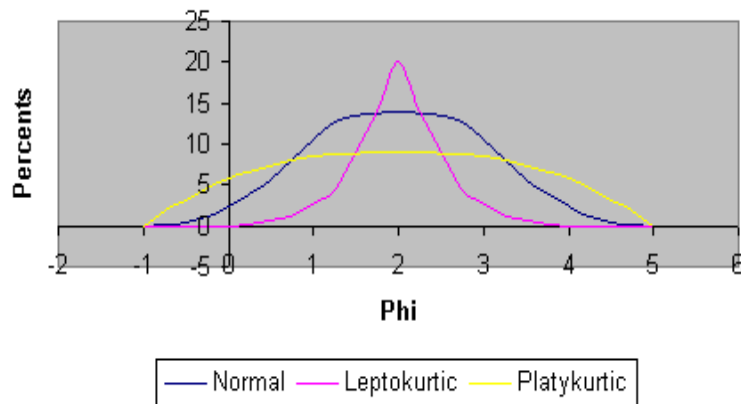
$M_Z$  : grain moyen

$\sigma_i$  : sorting index

$Sk_i$  : skewness et  $K_G$  : kurtosis.



**Fig.V.3-** Courbes de fréquence illustrant la relation entre le mode, la médiane et la moyenne et la différence entre une courbe normale symétrique et une courbe de fréquence asymétrique (skewed)



**Fig.V.4-** Courbes de fréquence illustrant les différentes distributions du Kurtosis

### V.3- Localisation et description des profils

Dans le présent travail, la détermination des différents indices a été faite à partir des échantillons de sables provenant des dunes et plages de deux secteurs choisis dans la wilaya de Jijel. Le calcul des différents paramètres et indices granulométriques a été fait selon les expressions définies par Folk et Ward (1957). Cette procédure nous permettra d'avoir une idée sur les caractéristiques granulométriques des sables de plages et de dunes et de connaître les fractions granulométriques dominantes qui vont faire l'objet d'une étude minéralogique dans le prochain chapitre.

Pour l'analyse granulométrique des sables des deux plages nous avons effectué des prélèvements au mois d'octobre et novembre 2003. Le sédiment est récolté à l'aide d'une pelle enfoncée d'une vingtaine de centimètres dans les sables et son contenu est placé dans un sac en plastique.

Pour apprécier les caractéristiques granulométriques des deux plages, nous nous sommes appuyés sur l'analyse des sables prélevés suivant des profils correspondant à des secteurs différents le long du littoral. Nous avons prélevé des échantillons de sable le long de 08 profils susceptibles de caractériser les deux plages étudiées.

#### V.3.1- Secteur de Oued Zhour

Par mesure de sécurité nous n'avons pas pu échantillonner la partie centrale et la partie occidentale de ce secteur, les échantillons étudiés provenant de la partie orientale. Au niveau de ce secteur, quatre (04) profils ont été échantillonnés (Fig.V.5) :

##### a- Le profil POZ 01

Situé dans la partie NE de la dune de Oued Zhour, ce profil a été levé sur un front de taille découvert par les travaux d'exploitation des sables de la dune. De ce fait ce profil est considéré comme représentatif d'une coupe verticale à travers la dune. Le long de cette coupe seize (16) échantillons ont été récoltés avec une équidistance de 1.5 m en moyenne. La sablière de Oued Zhour, d'où est extrait le sable destiné à la construction, est installée le long de cette coupe (Photo. V.1).

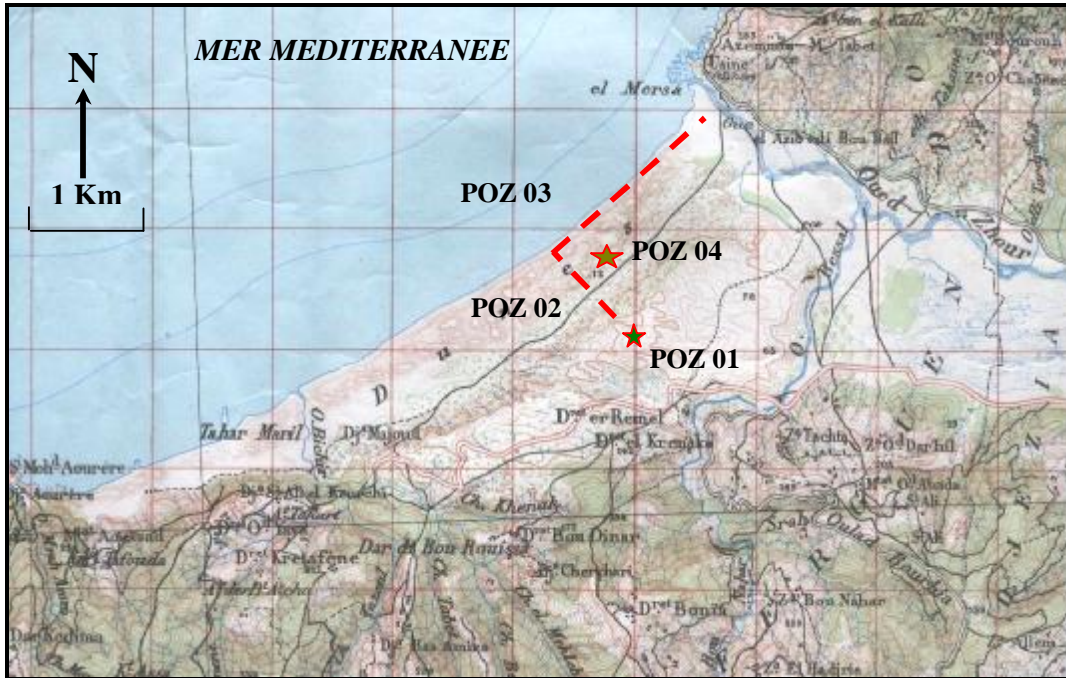
##### b- Le profil POZ 02

Ce profil est placé transversalement à la plage, il marque le passage de la dune à la plage, quinze (15) échantillons ont été récoltés le long de cette coupe. Ce profil est de direction NW SE et sa longueur est d'environ 1 Km.

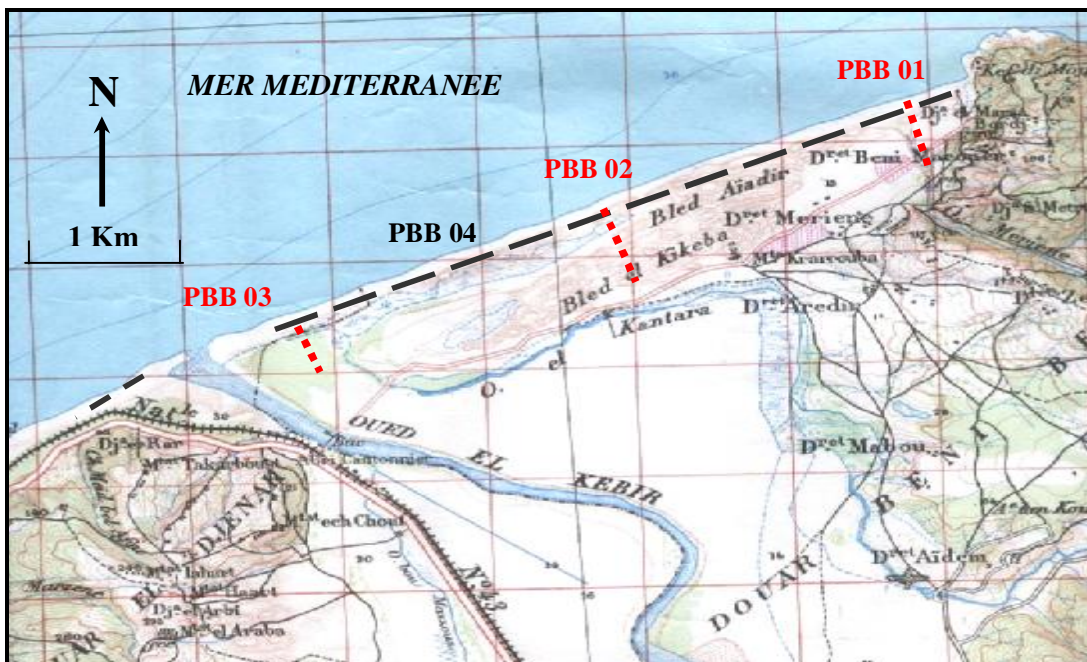
Pendant notre campagne d'échantillonnage on a remarqué que le secteur de Oued Zhour est composé de deux types de sables, des sables rouges occupant la partie SE de la dune qui correspondent aux sables dunaires et des sables gris occupant la partie NW, le long du rivage qui correspondent au sable de mer.

##### c- Le profil POZ 03

La direction de ce profil est NE- SW, il est placé longitudinalement au rivage jusqu'à l'embouchure d'Oued Zhour. Le long de ce profil qui mesure 1,5 Km environ, sept (07) échantillons ont été récoltés (Photo.V.2).



**Fig.V.5-** Localisation des profils au niveau du secteur Oued Zhour (Carte topographique de Oued Zhour, feuille N° 12 au 1/50.000 °).



**Fig.V.6-** Localisation des profils au niveau du secteur Béni Bélaid. (Carte topographique de Oued Zhour, feuille N° 12 au 1/50.000 °).

**d- Le profil POZ 04**

Ce profil correspond à une coupe verticale d'environ 08 m de hauteur dégagée par l'exploitation (pillage) des sables de plage (photo.V.3). Quatre (04) échantillons ont été prélevés au niveau de ce front de taille.

**V.2.2- Secteur de Béni Belaid**

Au niveau de la plage de Béni Belaid nous avons sélectionné 4 profils (Fig.V.6):

**a- Le profil PBB 01**

Ce profil est situé dans l'extrémité orientale de ce secteur, à 500 m des affleurements métapélitiques de Béni Belaid (Photo V.4). Il est placé transversalement à la plage d'une longueur d'environ 500 m. A cause des agglomérations et des terrains agricoles qui se trouvent au sud de la plage. Quatre (04) échantillons seulement ont été récoltés.

**b- Le profil PBB 02:**

Ce profil se trouve dans la partie centrale de la plage, il est placé transversalement au rivage. Suivant ce profil sept (07) échantillons ont été récoltés. C'est dans cette partie que se trouvent des accumulations sableuses importantes (Photo V.5).

**c- Le profil PBB 03:**

C'est le troisième profil placé transversalement à la plage de direction NW SE, il occupe la partie occidentale de ce secteur, la distance mesurée entre ce profil et l'embouchure de Oued el Kebir est environ 1500 m, le long de celui-ci quatre 04 échantillons ont été récoltés.

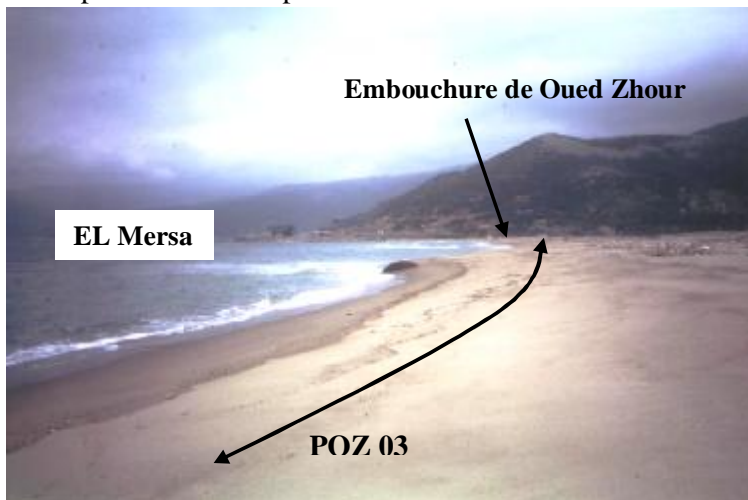
**d- Le profil PBB04:**

Ce profil de direction NE SW est placé longitudinalement au rivage, 14 échantillons ont été prélevés le long de ce profil (Photo V.6).

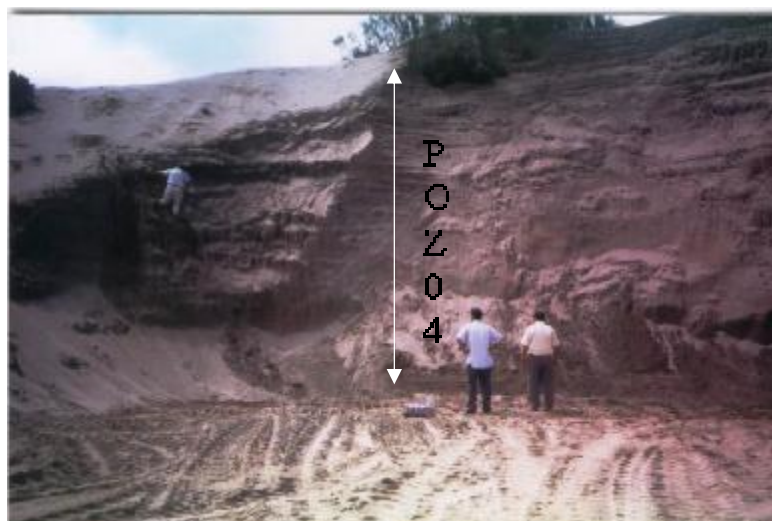
Au total quarante-deux (42) échantillons ont été récoltés du secteur de Oued Zhour et vingt-neuf (29) du secteur de Béni Bélaid.



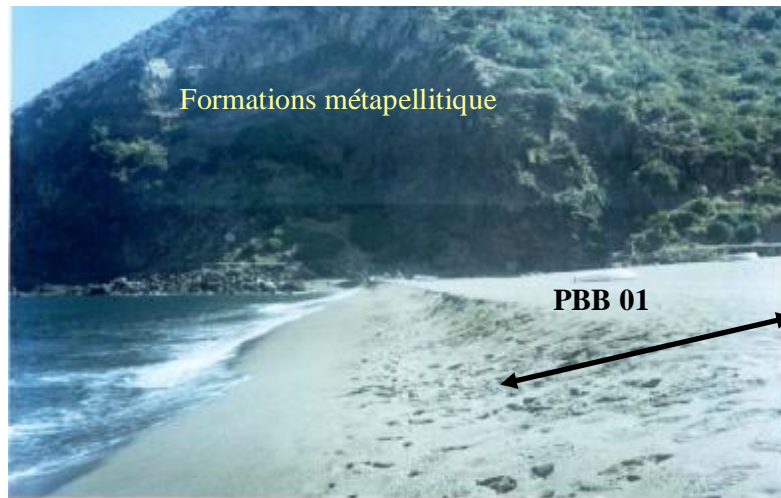
**Photo V.1-** Front de taille découvert par les travaux d'exploitation des sables dans la partie orientale de la dune de Oued Zhour. Le profil POZ 01 représente une coupe verticale à travers ce front de taille.



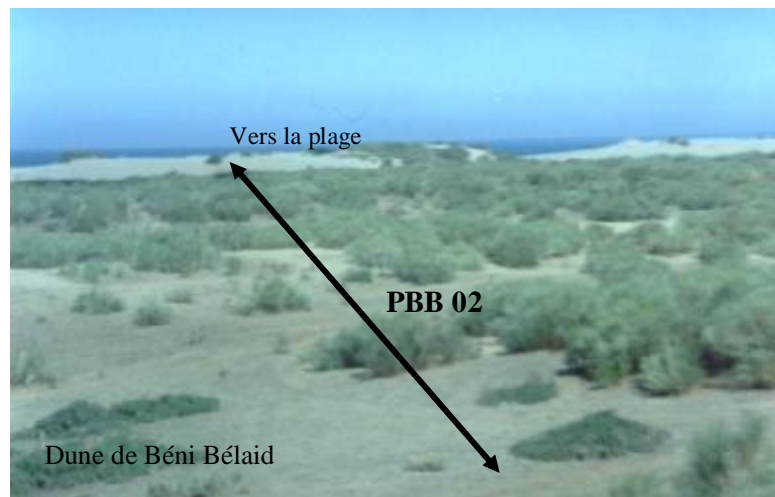
**Photo V.2-** Localisation du profil POZ 03



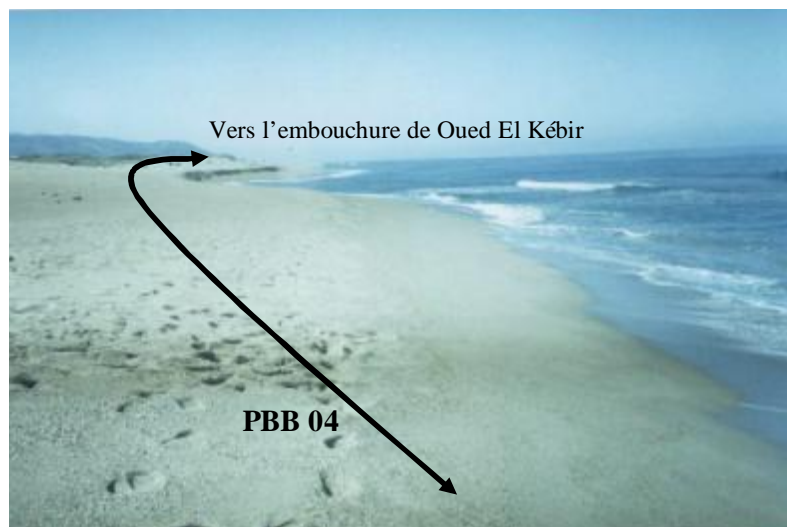
**Photo V.3-** Front de taille lié à une exploitation de sable de mer. Le profil POZ 04 représente une coupe verticale le long de ce front de taille.



**Photo V.4-** Localisation du profil PBB 01



**Photo V.5-** Localisation du profil PBB 02



**Photo V.6-** Localisation du profil PBB 04



#### **V.4-Traitement des échantillons.**

Au laboratoire de recherche en génie géologique de l'université de Jijel, les échantillons de sable récoltés ont fait l'objet d'une étude granulométrique et une étude minéralogique. Ces études ont été précédées par une phase préparatoire des échantillons qui comporte les étapes suivantes

##### *Le quartage*

Cette opération a pour but, d'avoir à partir de 1 Kg de l'échantillon initial 200 g de sable destiné à subir les opérations de tamisage

##### *Le séchage*

S'effectue dans une étuve à une température de 80°C, pendant 35 minutes, l'échantillon est considéré comme sec, lorsque la différence de poids après deux essais est constante.

##### *Le tamisage*

Le tamisage a été fait à partir de 200 g de sable sec, pour chaque échantillon nous avons utilisé une colonne de 16 tamis de la série A.F.N.O.R dont les mailles en micron-mètre sont: 2000- 1600- 1250- 1000- 800- 630- 500- 400- 315- 250- 200- 160- 125-100- 80 – 63.

Chaque échantillon a fait l'objet d'un tamisage pendant 15 minutes avec une tamiseuse électrique à vibration horizontale et verticale. Les refus récoltés sur chaque tamis sont pesés sur une balance dont la précision est de 0.01 g.

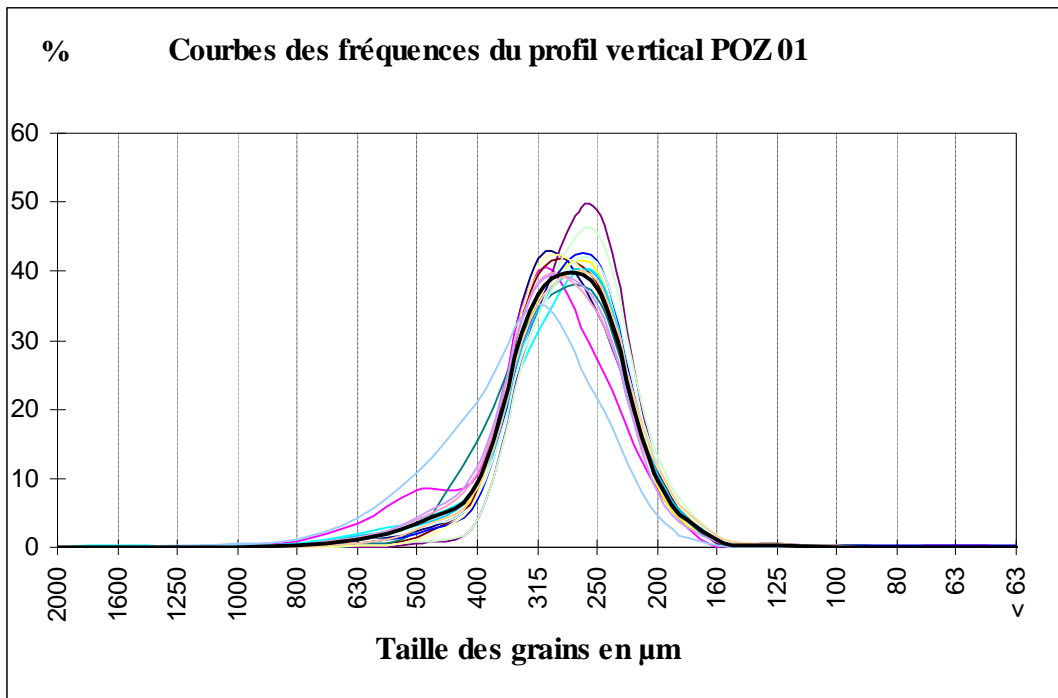
#### **V.5- Traitement des données**

##### **V.5.1- Analyse des courbes des fréquences dans le secteur de Oued Zhour**

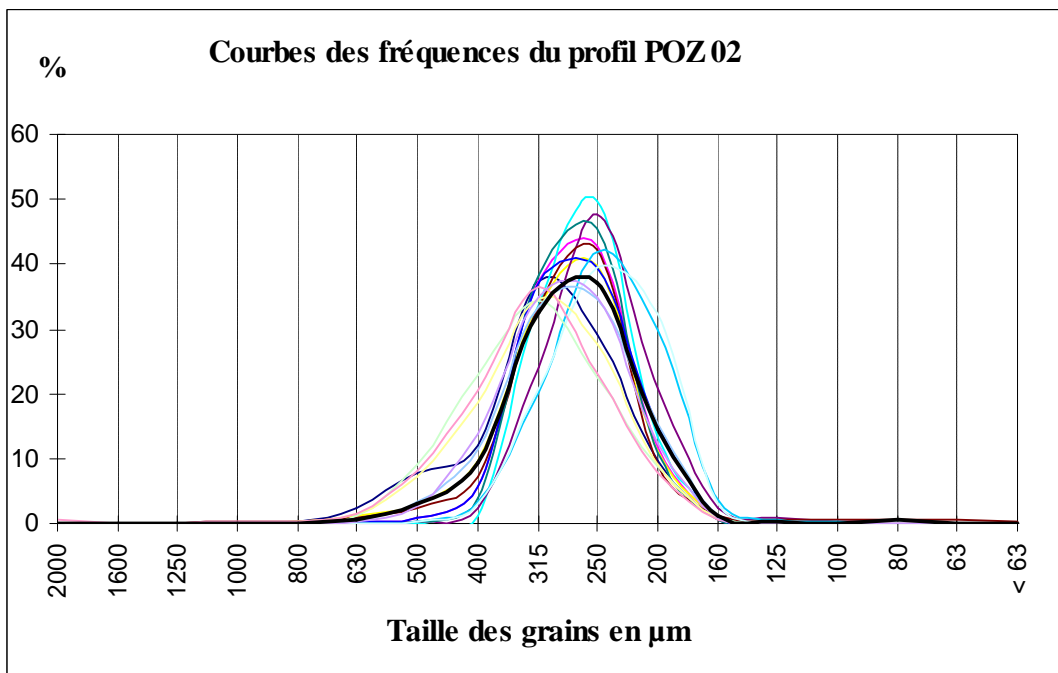
Les échantillons prélevés le long du profil POZ 01, (coupe verticale de la dune de Oued Zhour) et le profil POZ 02, (coupe transversale qui marque le passage des sables dunaires au sable de plages) présentent des courbes de fréquences unimodales qui s'étalent sur des classes granulométrique très réduite. Les courbes des fréquences sont centrées entre 250µm et 315µm. La courbe de fréquence moyenne montre qu'au niveau des sables dunaires la granulométrie de la fraction la plus dominante est de 250 µm , cette fraction représente 37,6 % de sable de l'ensemble des échantillons (Fig.V.7). On remarque aussi qu'au niveau du profil POZ02, la même fraction granulométrique domine avec 37,16 % (Fig.V.8).

Les courbes de fréquences du profil POZ03 (coupe longitudinale au niveau de la plage) présentent des allures parfois différentes, avec des courbes bimodales. Les courbes de fréquences sont plus étalés et se répartissent sur plusieurs classes granulométriques allant de 315µm jusqu'à 2000µm. La courbe de fréquences moyenne indique la dominance de la fraction 400µm avec un pourcentage de 20,5% (Fig. V.9).

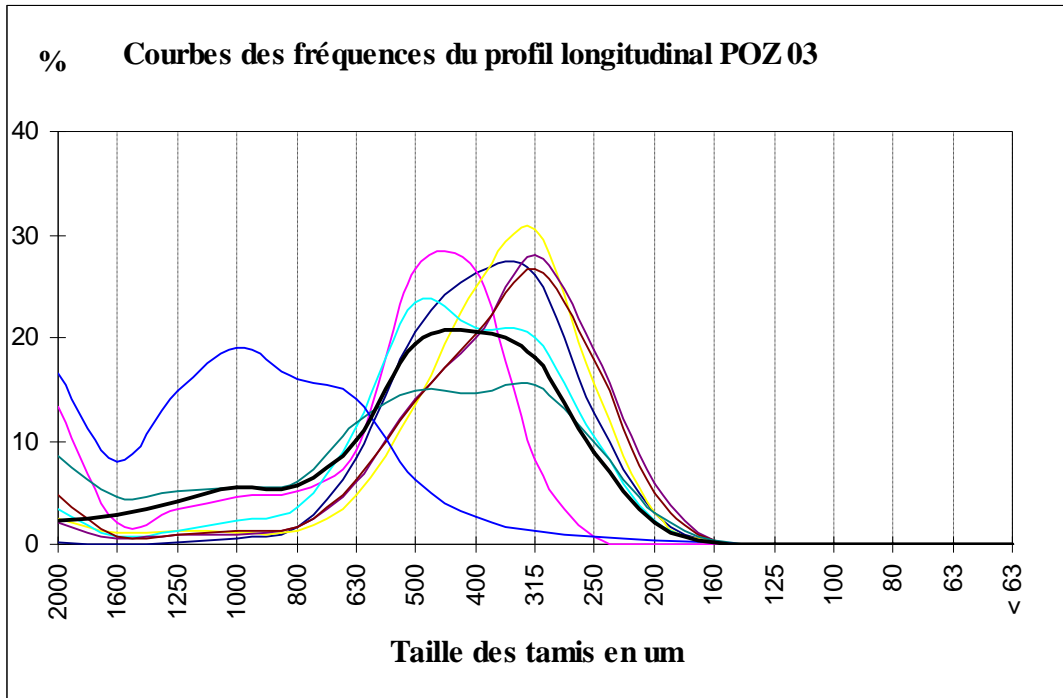
Le long du profil POZ 04 (coupe verticale au niveau des sables de plages) les courbes de fréquences présentent la même allure, elles se localisent dans la classe granulométrique 250-400 µm (Fig.V.10). La courbe moyenne indique la dominance de la fraction sableuse à granulométrie (315µm) avec un pourcentage de 35,3 %.



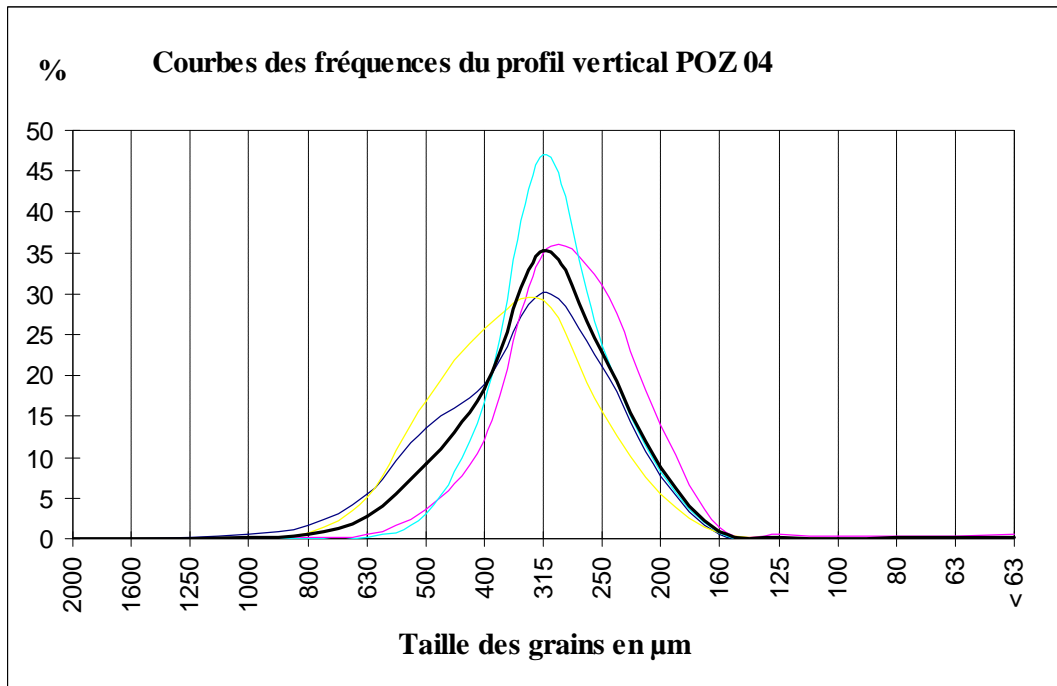
**Fig. V.7-** Courbes de fréquences des échantillons prélevés le long du profil POZ 01 (sable dunaire). La courbe en gras représente la moyenne de l'ensemble des échantillons.



**Fig. V.8-** Courbes de fréquences des échantillons prélevés le long du profil POZ 02 (en trait gras, courbe moyenne)



**Fig.V.9-** Courbes de fréquences des échantillons prélevés le long du profil POZ 03 (en trait gras, courbe moyenne)



**Fig.V.10-** Courbes de fréquences des échantillons prélevés le long du profil POZ 04 (Front de taille dans les sables de plage), (en trait gras, courbe moyenne)

## V.5.2- Evolution des paramètres granulométriques selon les différents profils du secteur de Oued Zhour

### 1- Evolution des paramètres le long du profil vertical POZ 01

Selon le profil POZ 01, qui représente une coupe verticale de la dune de Oued Zhour, le grain moyen montre une grande homogénéité des sables (Tabl.V.5). La taille des grains varie de 1,96 à 1,41 en unité  $\Phi$  (257  $\mu\text{m}$  à 376  $\mu\text{m}$ ) avec une moyenne de 1,66  $\Phi$  (316  $\mu\text{m}$ ), ces valeurs traduisent une dominance des sables moyens (Fig.V.11a)

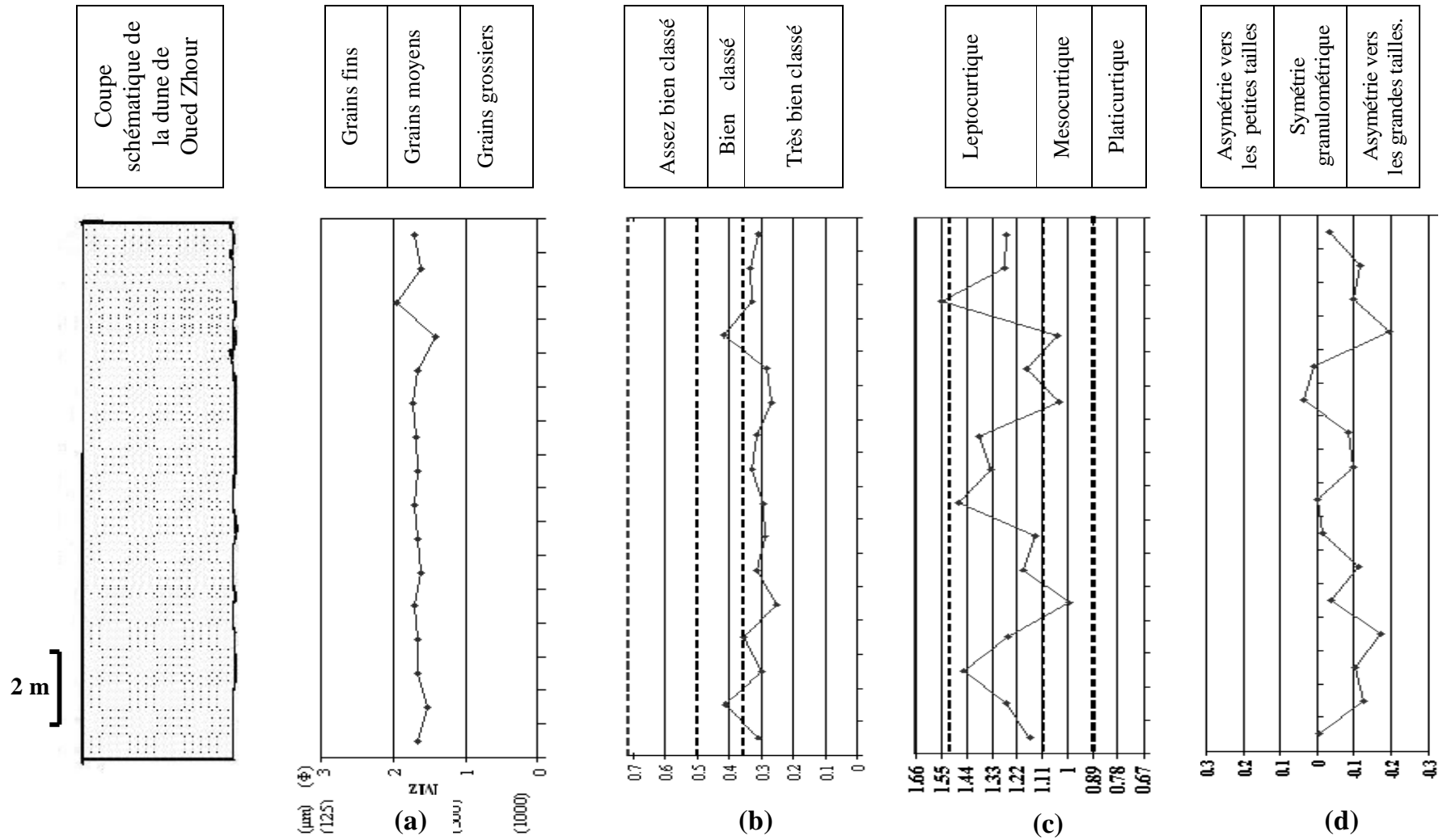
La valeur moyenne de l'indice de tri selon 16 échantillons récoltés de la dune est de  $\sigma = 0,31\Phi$ , montrant un très bon classement des sables dunaires (Fig. V.11b).

Les valeurs du kurtosis  $K_G$  sont généralement supérieures à 1.11 et inférieure à 1.50, elles sont comprises entre 1.15 et 1.48 seuls trois échantillons ont des valeurs inférieures à 1,11, mais supérieures à 0,9. Les échantillons qui ont des valeurs  $K_G > 1,11$  donnent une distribution leptocurtique, les trois autres échantillons entraînent une distribution mésocurtique (Fig. V.11c).

d) La valeur moyenne calculée du skewness montre que les sables du profil POZ 01 présentent une symétrie granulométrique, sauf pour 03 échantillons seulement qui présentent une certaine asymétrie vers les grandes tailles (Fig.V.11d).

Tab. V.5- Résultats des indices granulométriques des échantillons de sables prélevés le long du profil POZ 01

	Grain moyen $M_z$	Sorting index $\sigma$	Kurtosis $K_G$	Skewness $SK_i$
Valeur moyenne	1,66 ( $\Phi$ ) (316 $\mu\text{m}$ )	0,31 $\Phi$	1,25	-0,07
Valeur minimale	1,41 ( $\Phi$ ) (376 $\mu\text{m}$ )	0,25 $\Phi$	0,99	-0,19
Valeur maximale	1,96 ( $\Phi$ ) (257 $\mu\text{m}$ )	0,41 $\Phi$	1,55	0,03
Ecart type	0,11	0,04	0,16	0,06
Nombre d'échantillon	16	16	16	16



**Fig.V. 11-** Evolution des différents paramètres granulométriques suivant le profil POZ 01. (a) Evolution du grain moyen (Mz). (b) Evolution du Sorting Index . (c) Evolution du Kurtosis ( $K_G$ ) . (d) Evolution du Skewness ( $S_{ki}$ ).

## 2- Evolution des paramètres le long du profil transversal POZ 02

Selon la coupe transversale qui marque le passage des sables dunaires aux sables de plages, on ne remarque pas un changement de la taille des grains, les valeurs du grain moyen oscillent entre 1,88 et 1,49  $\Phi$  soit 271 et 356  $\mu\text{m}$  (Tab.V.6), indiquant la dominance des sables moyens (Fig.V.12a)

Les valeurs de l'indice de classement ne présentent pas un grand changement, (Fig.V.12b), on remarque la dominance des sables très bien classés.

Les valeurs du kurtosis  $K_G$  présentent deux populations. Parmi les quinze (15) échantillons récoltés le long du profil POZ 02, six (06) échantillons ont des valeurs qui se trouvent dans l'intervalle (1,11- 1,50), elles témoignent d'une distribution leptocurtique, et neuf (09) échantillons présentent des valeurs qui oscillent entre 1,11 et 0,90, indiquant une évolution mésocurtique (Fig. V.12c).

Les valeurs de l'indice d'asymétrie montrent la dominance d'une symétrie granulométrique, 03 échantillons présentent une asymétrie vers les petites tailles, et un seul échantillon présente une asymétrie vers les grandes tailles (Fig.V.12d).

Tab. V.6- Résultats des indices granulométriques des échantillons de sables prélevés le long du profil POZ.02

	Grain moyen	Sorting index	Kurtosis	Skewness
Valeur moyenne	1,68 ( $\Phi$ ) (312 $\mu\text{m}$ )	0,31 $\Phi$	1,09	0,05
Valeur minimale	1,88 ( $\Phi$ ) (271 $\mu\text{m}$ )	0,39 $\Phi$	1,35	0,19
Valeur maximale	1,49 ( $\Phi$ ) (356 $\mu\text{m}$ )	0,23 $\Phi$	0,88	-0,28
Ecart type	0,11	0,05	0,16	0,12
Nombre d'échantillon	15	15	15	15

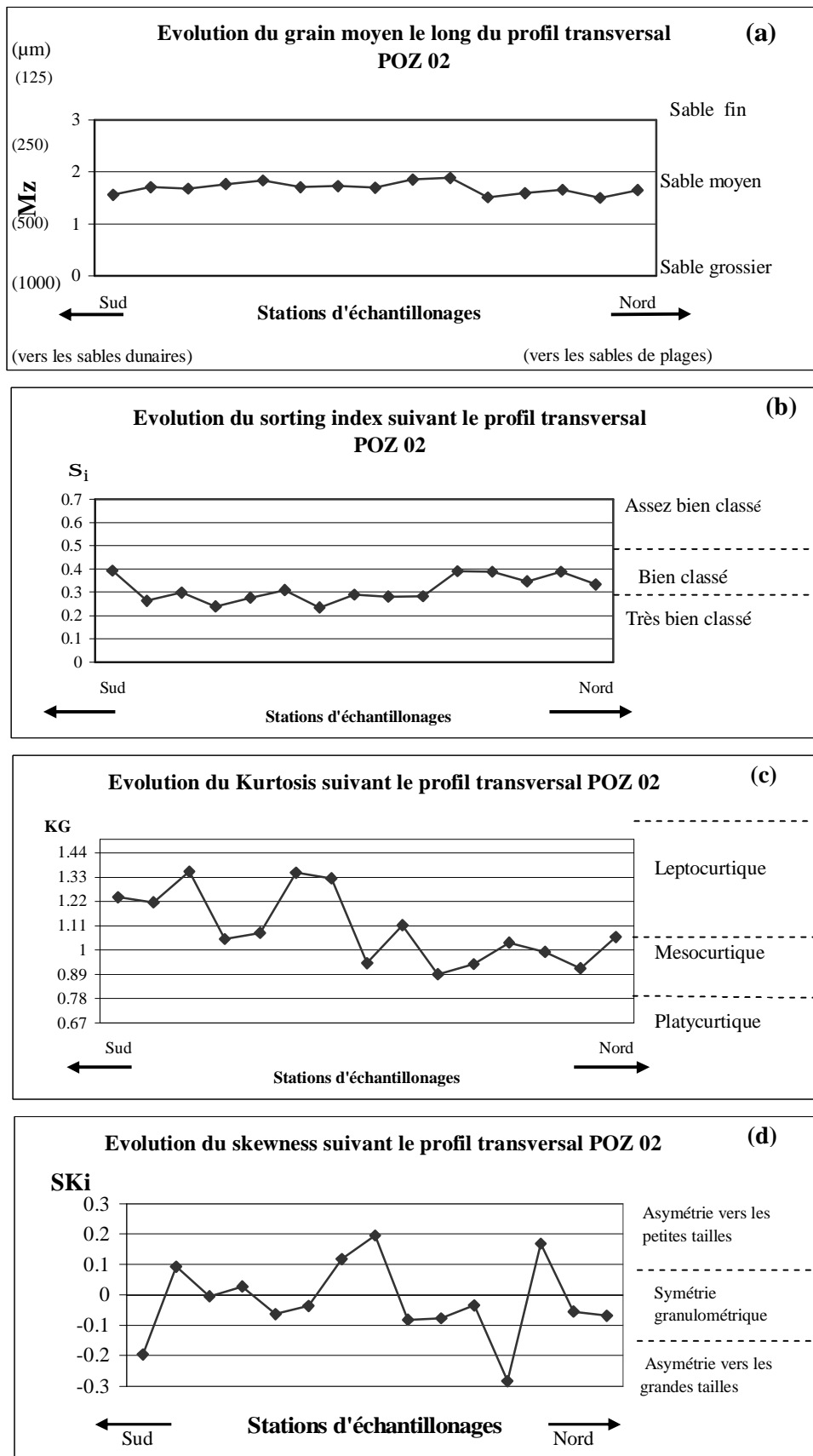


Fig.V.12- Evolution des différents paramètres granulométriques suivant le profil transversal POZ 02.

### 3- Evolution des paramètres le long du profil longitudinal POZ 03

Suivant le profil longitudinal POZ 03, les sables présentent un grain moyen grossier (Tab. V.7), ces sables deviennent de plus en plus grossiers lorsqu'on s'approche de l'embouchure de Oued Zhour avec une valeur de  $0,02 \Phi$  ( $986 \mu\text{m}$ ), (Fig.V.13a).

Les valeurs du Sorting index ou indice de classement varient entre 0,48 et 0,80  $\Phi$ . Ces valeurs, supérieures à la limite entre les sables bien classés ( $\sigma_i > 0,35$ ) et les sables très bien classés ( $\sigma_i < 0,35$ ), confirment donc le bon classement des sables le long de la plage de Oued Zhour (Fig.V.13b).

Pour l'indice d'acuité, ou le kurtosis, et d'après la figure (V.13c) on remarque que le long du rivage de Oued Zhour cet indice présente deux distributions, cinq échantillons présentent une distribution mésocurtique et trois échantillons présentent une distribution leptocurtique.

L'indice d'asymétrie, présente des valeurs qui montrent clairement que les échantillons de ce profil présentent une asymétrie vers les grandes tailles et l'existence d'un échantillon qui présente une forte asymétrie vers les petites tailles (Fig. V.13d).

Tab. V.7- Résultats des indices granulométriques des échantillons de sables prélevés le long du profil POZ.03

	Grain moyen	Sorting index	Kurtosis	Skewness
Valeur moyenne	0,95 ( $\Phi$ ) (517 $\mu\text{m}$ )	0,57 $\Phi$	1,08	0,14
Valeur minimale	1,31 ( $\Phi$ ) (403 $\mu\text{m}$ )	0,8 $\Phi$	1,35	0,09
Valeur maximale	0,02 ( $\Phi$ ) (986 $\mu\text{m}$ )	0,47 $\Phi$	0,94	-0,23
Ecart type	0,43	0,11	0,13	0,13
Nombre d'échantillon	08	08	08	08



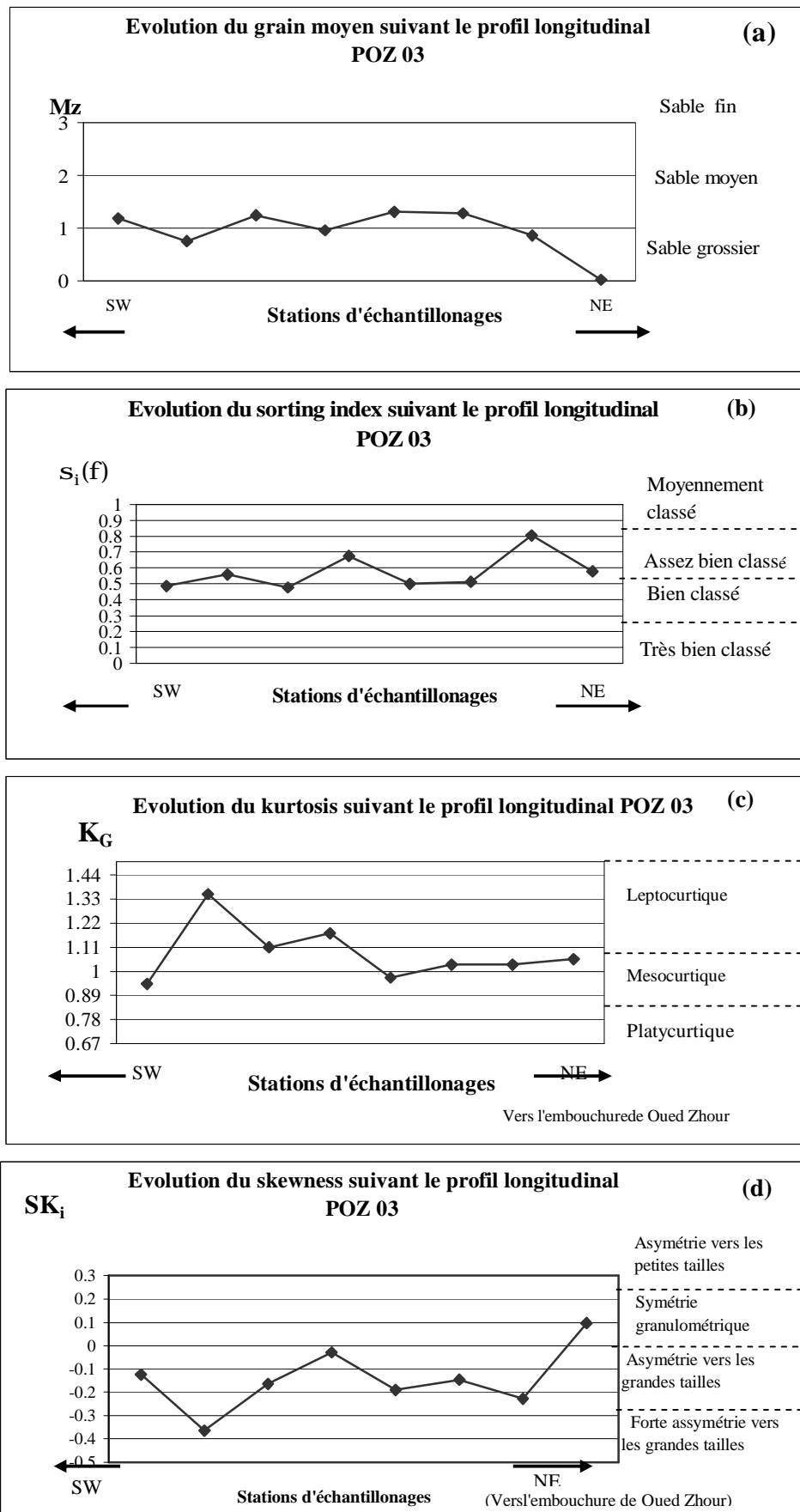


Fig.V.13- Evolution des différents paramètres granulométriques suivant le profil POZ 03

#### 4- Evolution des paramètres Le long de la coupe verticale OZ 04.

Suivant le profil vertical (POZ04) des sables de plage de Oued Zhour, les valeurs du grain moyen sont comprises entre 1,67 et 1,33  $\Phi$  avec une valeur moyenne de 1,50  $\Phi$  soit 353 $\mu\text{m}$ , (Tab.V.5). Ces valeurs indiquent que ces sables ont une granulométrie moyenne (FigV.14a)

L'indice de classement ne présente pas de grandes variations, les valeurs de cet indice restent toujours dans l'intervalle des sables bien à très bien classés (Fig V.14b)

Les valeurs de l'indice d'acuité le long du profil vertical POZ 04 sont comprises entre 1,35 et 0,98, et avec ces valeurs les distributions granulométriques présentent des courbes mésocurtiques à leptocurtiques(Fig V.14c).

Les valeurs du skewness, montrent, une symétrie granulométrique de trois échantillons de sable de plage et un seul échantillon avec la valeur -0.2 présente une asymétrie vers les grandes tailles (Fig. V.14d).

Tab.V.8- Résultats des indices granulométriques des échantillons de sables prélevés le long du profil POZ.04

	Grain moyen	Sorting index	Kurtosis	Skewness
Valeur moyenne	1,50 ( $\Phi$ ) (353 $\mu\text{m}$ )	0,4 ( $\Phi$ )	1,3	-0,06
Valeur minimale	1,67 ( $\Phi$ ) (314 $\mu\text{m}$ )	0,47 ( $\Phi$ )	0,98	0,05
Valeur maximale	1,33 ( $\Phi$ ) (397 $\mu\text{m}$ )	0,31 ( $\Phi$ )	1,35	-0,2
Ecart type	0,16	0,08	0,16	0,11
Nombre d'échantillon	04	04	04	04

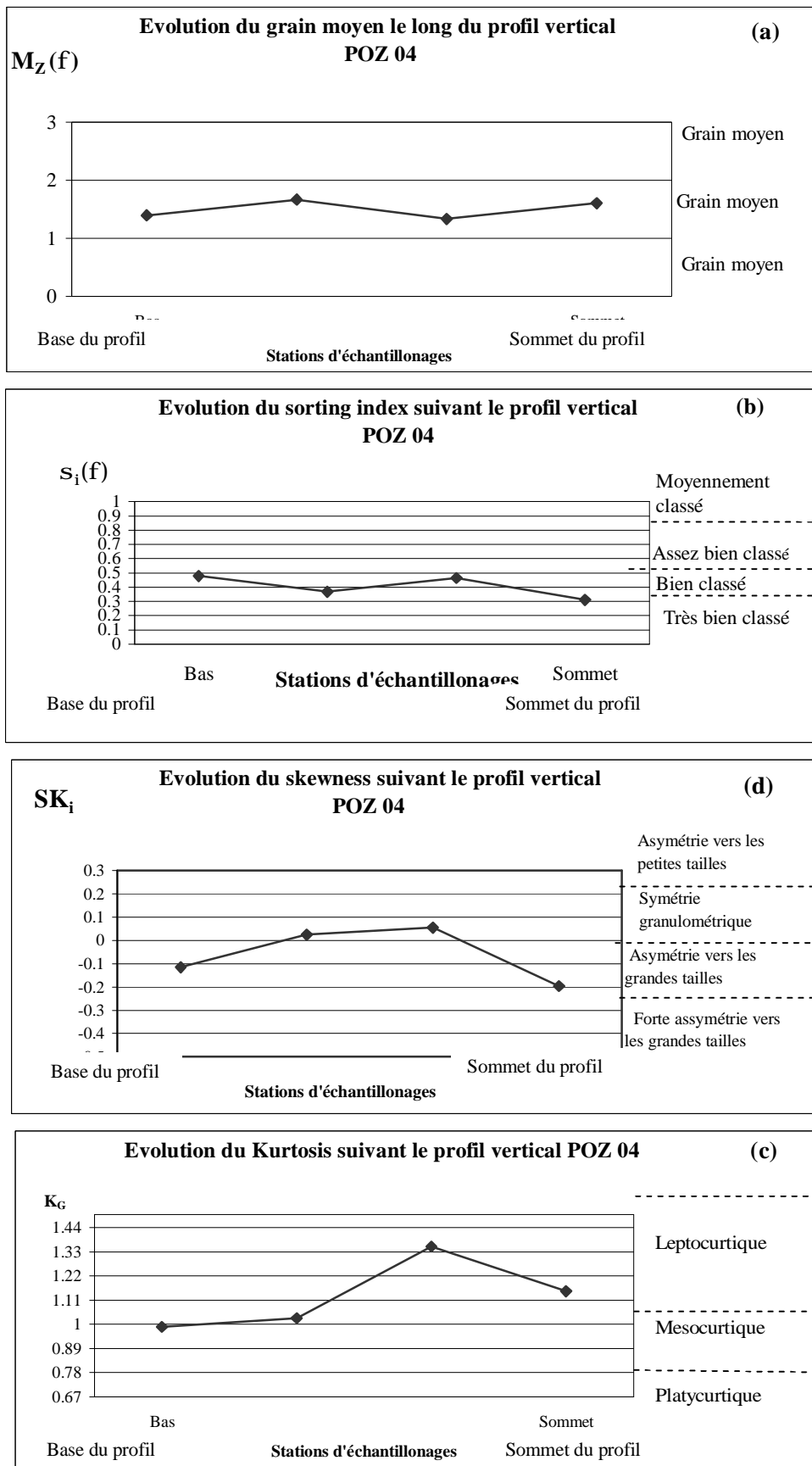


Fig.V.14- Evolution des différents paramètres granulométriques suivant le profil POZ 04

**Conclusion :**

Les résultats obtenus à partir des différents paramètres granulométriques montrent que : les sables dunaires de Oued Zhour sont des sables moyens ( $M_z=1,66 \Phi$ ,  $316 \mu\text{m}$ ) alors que les sables le long du rivage sont grossiers ( $M_z= 0,02\Phi$ ,  $968 \mu\text{m}$ ) et deviennent de plus en plus grossiers lorsqu'on s'approche de l'embouchure de Oued Zhour.

Ces deux types de sable sont des sables bien classés, les sables dunaires sont caractérisés par une symétrie granulométrique ( $-0,1 < SKI < +0,1$ ) alors que ceux de plage présentent une certaine asymétrie vers les grandes tailles ( $-0,3 < SKI < -0,1$ ).

Les valeurs du kurtosis qui caractérise les sables dunaires de oued Zhour traduisent des distributions leptocurtiques, c'est-à-dire que le mode des courbes de fréquence se localise dans des classes granulométriques très restreintes ( $250-315\mu\text{m}$ ), alors que celui qui caractérise les sable de plage s'étale sur plusieurs classes granulométriques ( $315-2000\mu\text{m}$ ) et traduit une distribution mésocurtique à platicurtique.

**V.5.3- Analyse des courbes des fréquences dans le secteur de Béni Bélaid :**

Les trois profils transversaux ainsi que le profil longitudinal présentent le même aspect, ils sont tous unimodaux, mais différent dans la répartition des échantillons sur les différentes classes granulométriques.

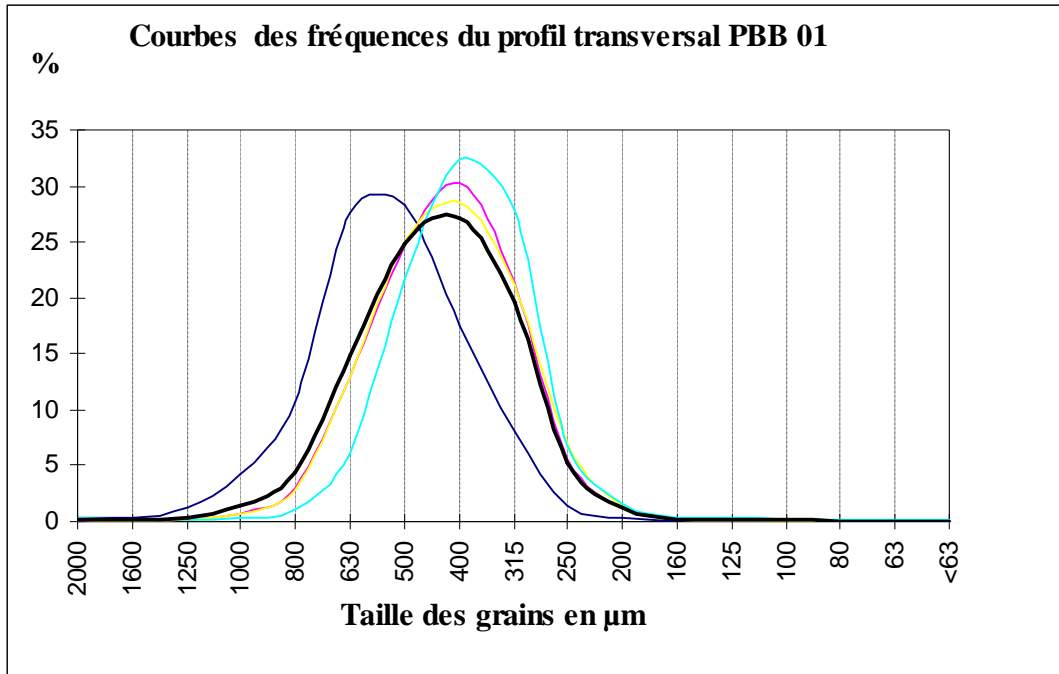
Pour le profil PBB 01, les courbes de fréquence se trouvent limitées dans la classe granulométrique (315 - 500 $\mu$ m), seul l'échantillon BB01, prélevé de l'estran, s'étale jusqu'à 630 $\mu$ m. La courbe de fréquence moyenne présente un mode qui a une valeur de 27,1 % pour la classe granulométrique 400  $\mu$ m (Fig. V.15)

Les échantillons du profil PBB 02, s'étalent sur des classes granulométriques réduites (315, 500 $\mu$ m), seuls deux échantillons présentent des courbes qui s'allongent de 315 jusqu'à 630 $\mu$ m (Fig.V.16).

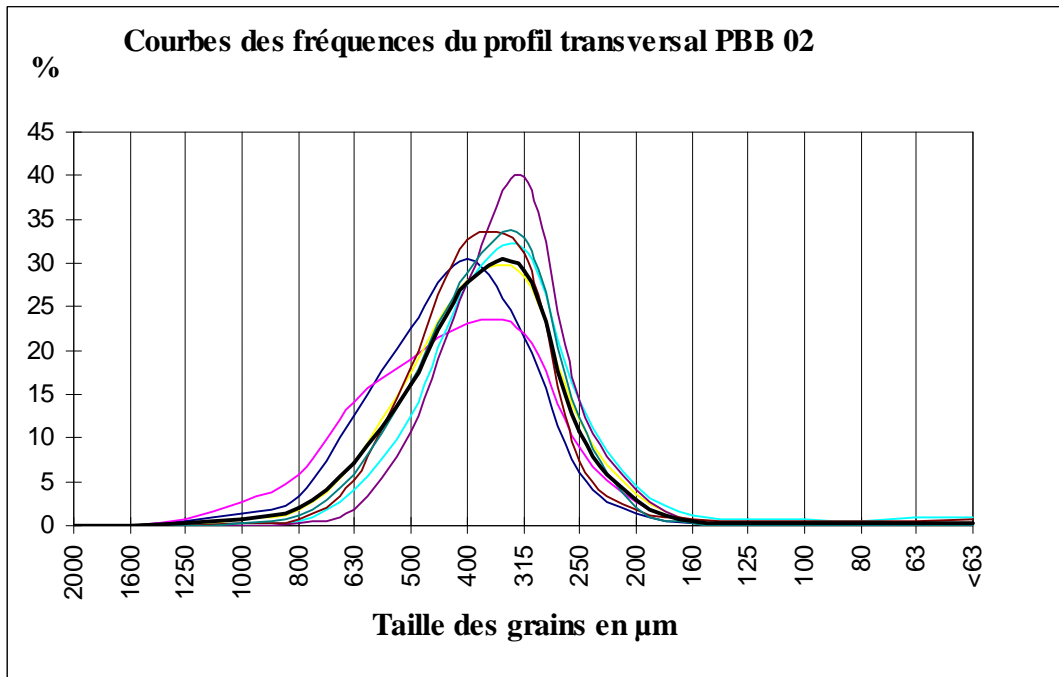
Le long du profil PBB 03 les courbes de fréquence se localisent dans la classe granulométrique (315 - 500  $\mu$ m), et la courbe de fréquence moyenne présente une valeur du mode égale à 20.5% pour la classe granulométrique 400  $\mu$ m (Fig. V.17).

Le long du rivage, les échantillons de la partie orientale du secteur présentent une granulométrie un peu grossière, les modes des courbes des fréquence de ces échantillons se trouvent dans la classe granulométrique (500- 800 $\mu$ m) (Fig.V18) . Deux présentent une granulométrie moins grossière, les modes des courbes de fréquence de ces deux échantillons se localisent entre 315 et 500  $\mu$ m et un seul échantillon s'étale de 315 $\mu$ m jusqu'à 630 $\mu$ m. Cette répartition traduit une hétérogénéité granulométrique des sables qui se trouve le long du rivage de la plage de Béni Bélaid. La valeur du mode extraite à partir de la courbe de fréquence moyenne est de 22% pour la granulométrie 500 $\mu$ m (Fig.V18).

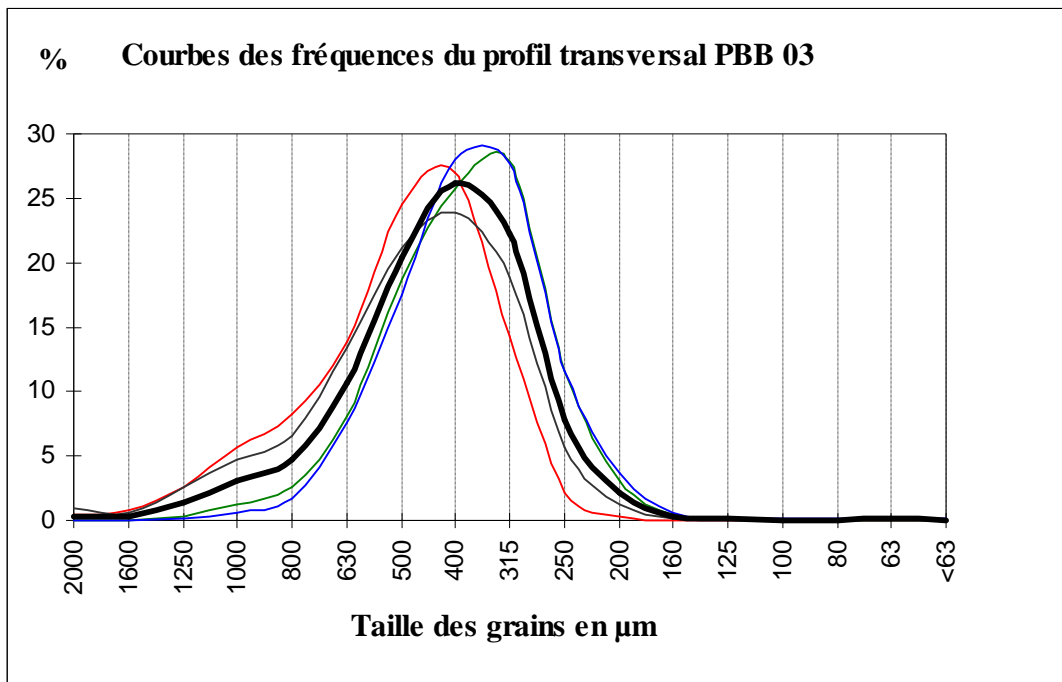
Le long des profils transversaux les sables du secteur de Béni Bélaid sont caractérisés par une granulométrie homogène, et le long du profil longitudinal les sables présentent une granulométrie hétérogène



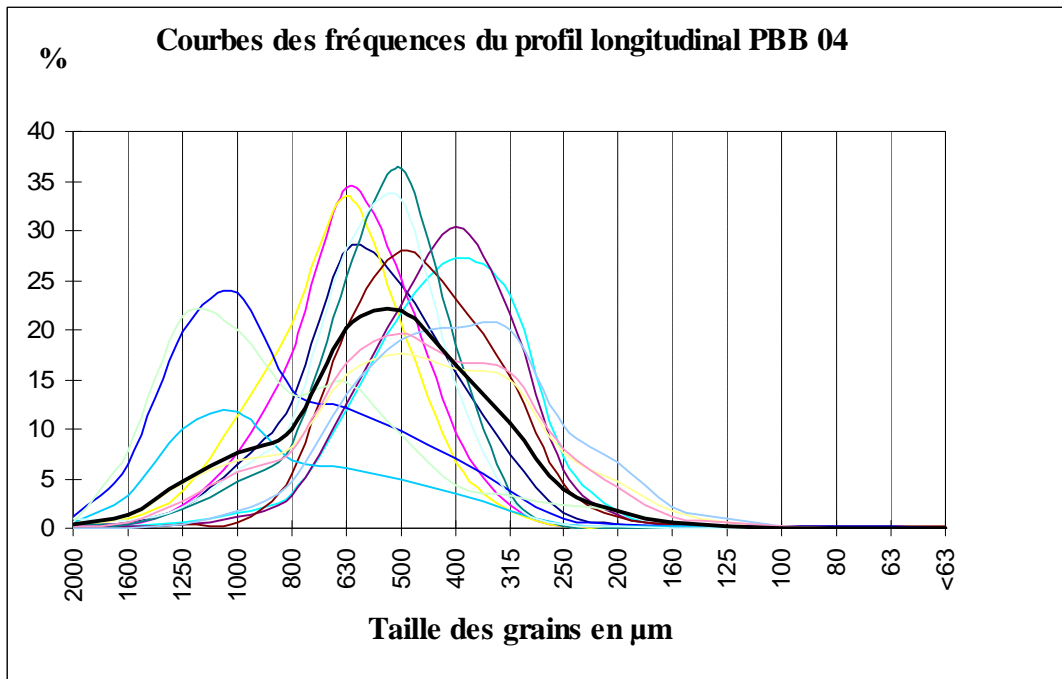
**Fig. V.15-** Courbes de fréquence des échantillons prélevés du profil transversal PBB 01  
(En trait noir et gras, courbe moyenne)



**Fig. V.16-** Courbes de fréquence des échantillons prélevés du profil transversal PBB02  
(En trait noir et gras, courbe moyenne)



**Fig. V.17-** Courbes de fréquence des échantillons prélevés du profil transversal PBB 03 (En trait noir et gras, courbe moyenne)



**Fig. V.18-** Courbes de fréquence des échantillons prélevés du profil longitudinal PBB 04 (En trait noir et gras, courbe moyenne)

### V.5.4-Evolution des paramètres granulométriques le long des profils du secteur de Beni-Belaïd :

#### 1- Evolution des paramètres le long du profil transversal PBB 01

Suivant le profil PBB 01 placé transversalement à la ligne du rivage, les valeurs du grain moyen varient de  $Mz = 0,73 \Phi$  (échantillons pris de l'estran) à  $1,19 \Phi$  (entre 602  $\mu\text{m}$  et 438  $\mu\text{m}$ ) (Tab. V.9). Ces valeurs indiquent que ces sables sont grossiers sur l'estran et deviennent moyens lorsqu'on s'éloigne de la plage (Fig.V.19a).

Suivant le profil PBB 01, le tri s'améliore progressivement du Nord vers le Sud. Lorsqu'on s'éloigne de la ligne de côte, les sables deviennent de plus en plus mieux triés (Fig. V19b)

Les échantillons récoltés suivant le profil PBB 01, ont des valeurs de  $K_G$  comprises entre 1,01 et 1,10 traduisant d'une distribution mésocurtique (Fig.V.15c).

Les valeurs du  $SK_i$  indiquent une certaine symétrie granulométrique, les valeurs varient entre  $-0,07$  et  $+ 0,03$  (Fig.V.19d).

Tab. V.9- Résultats des indices granulométriques des échantillons de sables prélevés le long du profil PBB 01

	Grain moyen	Sorting index	Kurtosis	Skewness
Valeur moyenne	1,02 ( $\Phi$ ) (493 mm)	0,42 $\Phi$	1,05	-0,009
Valeur minimale	1,19 ( $\Phi$ ) (438 mm)	0,45 $\Phi$	1,09	0,01
Valeur maximale	0,73 ( $\Phi$ ) (602 mm)	0,39 $\Phi$	0,01	-0,12
Ecart type	0,2	0,02	0,04	0,04
Nombre d'échantillon	04	04	04	04



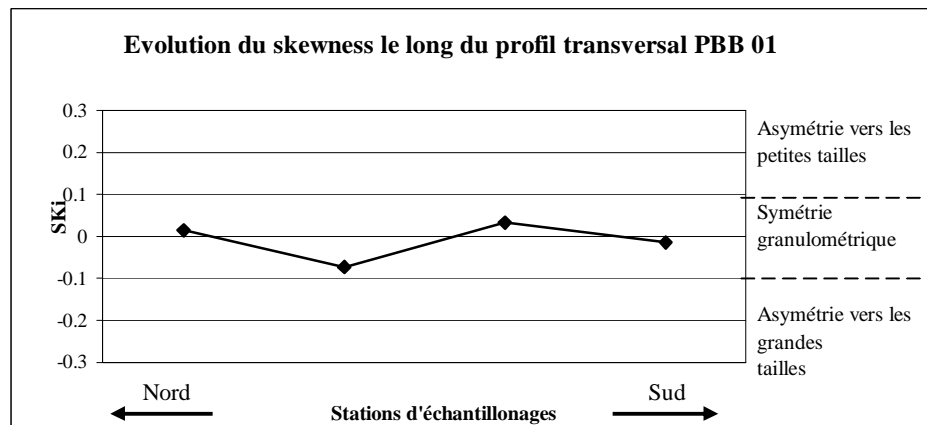
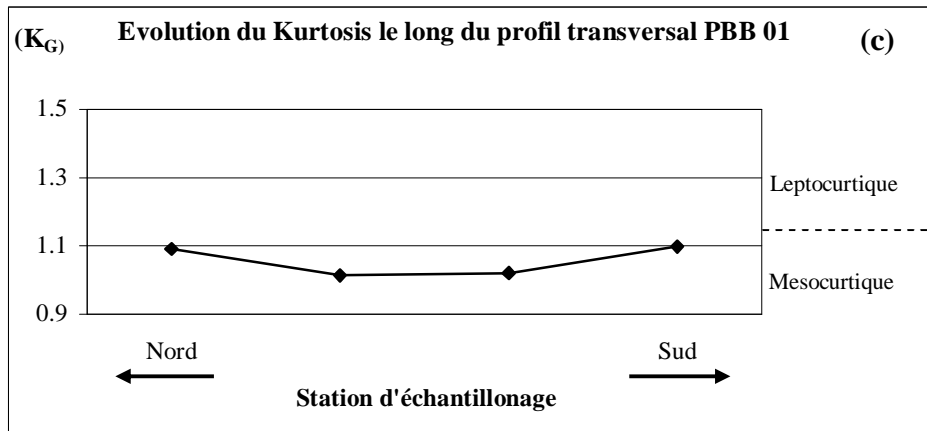
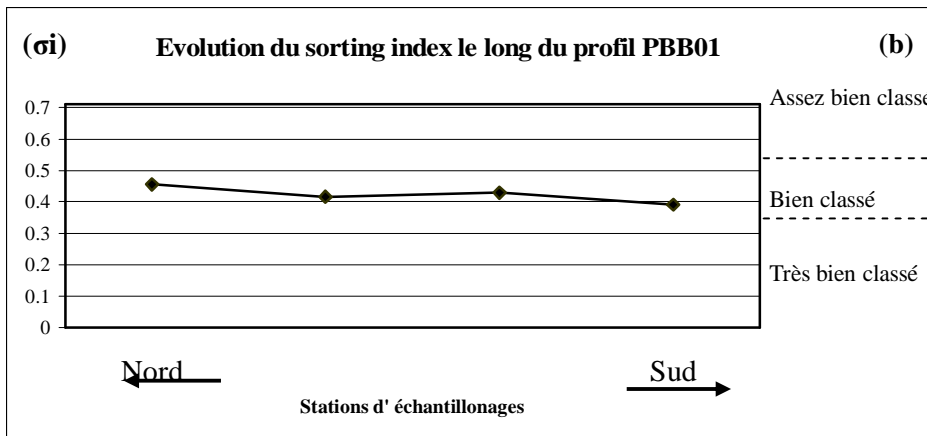
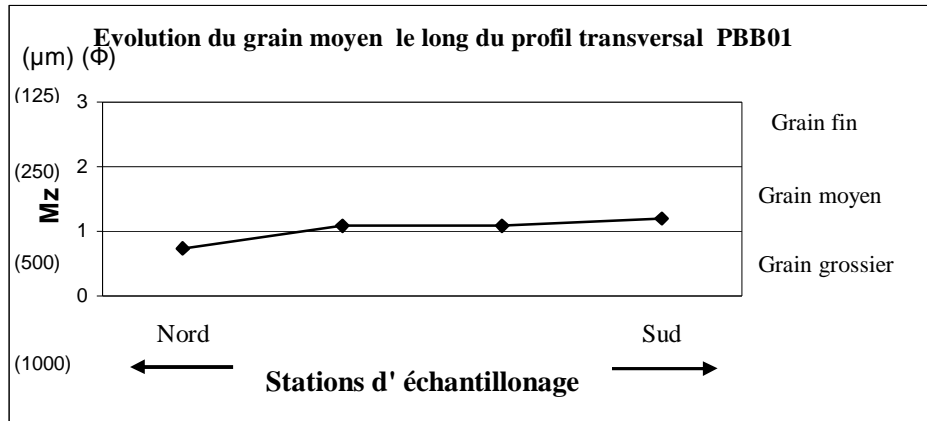


Fig.V.19- Evolution des différents paramètres granulométriques suivant le profil PBB 01

## 2- Evolution des paramètres le long du profil transversal PBB 02

Les échantillons récoltés suivant le profil PBB 02 sont caractérisés par une granulométrie moyenne avec des valeurs allant de 1,08  $\Phi$  jusqu'à 1,40  $\Phi$  (soit 473  $\mu\text{m}$  et 378  $\mu\text{m}$ ) (Tab.V.10). En s'éloignant de l'estran les valeurs du grain moyen augmentent de 1,08 à 1,40, ces sables deviennent de plus en plus fins (Fig. V.20a).

Les valeurs de indice de classement ou sorting index suivant le profil PBB 02 sont comprises entre 0,39 et 0,49  $\Phi$ , montrant un bon classement des sables (Fig.V.20b).

Le long du profil PBB 02, le Kurtosis présente des valeurs qui varient de 0,89 jusqu'à 1,16. les valeurs entre 0,89 et 1,11 donnent une distribution mésocurtique, et celle supérieures à 1,11  $\Phi$  donnent une distribution leptocurtique (Fig.V.20c)

Le long du profil PBB 02, le SKi présente toujours une symétrie granulométrique, un seul échantillon entraîne une symétrie vers les grandes tailles (Fig.V.20d).

Tab.V.10- Résultats des indices granulométriques des échantillons de sables prélevés le long du profil PBB 02

	Grain moyen	Sorting index	Kurtosis	Skewness
Valeur moyenne	1,25 ( $\Phi$ ) (420 $\mu\text{m}$ )	0,42 $\Phi$	1,06	-0,01
Valeur minimale	1,4 ( $\Phi$ ) (378 $\mu\text{m}$ )	0,49 $\Phi$	1,16	0,12
Valeur maximale	1,08 ( $\Phi$ ) (473 $\mu\text{m}$ )	0,39 $\Phi$	0,89	-0,12
Ecart type	0,12	0,05	0,09	0,07
Nombre d'échantillon	07	07	07	07

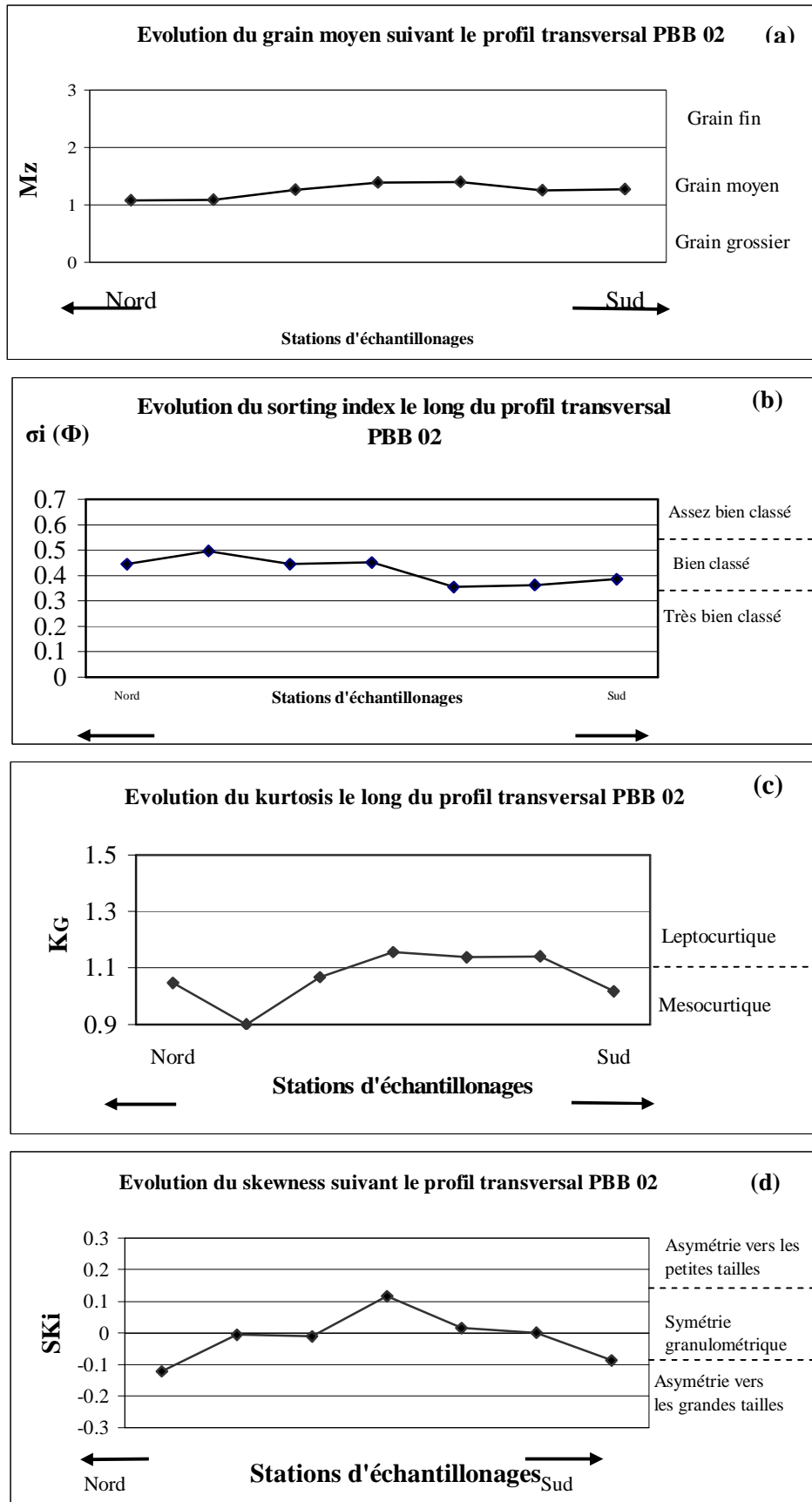


Fig.V.20- Evolution des différents paramètres granulométriques suivant le profil 1 PBB 02.

### 3- Evolution des paramètres le long du profil transversal PBB 03

Le long du profil PBB 03, les valeurs du grain moyen sont inférieures à  $1\Phi$  ( $M_z < 1$ ), indiquant un sable à granulométrie grossière. En s'éloignant de la plage, on remarque une légère évolution du grain moyen, le sable devient moins grossier et même moyen avec la valeur de  $M_z = 1,25 \Phi$ , soit  $420\mu\text{m}$  (Fig.V.21a).

L'indice du tri présente des valeurs qui oscillent entre  $0,45 \Phi$  et  $0,61 \Phi$  (Tab. V.9). On peut dire que ces sables sont bien classés (Fig.V.21b).

Les valeurs du Kurtosis, selon le profil PBB 03 sont comprises entre 0.96 et 1.11 indiquant une distribution mésocurtique (Fig.V.21c).

Les échantillons récoltés le long du profil PBB 03 ont des valeurs de skewness ( $SK_I$ ) négatives qui oscillent entre  $(-0,27$  et  $-0,11)$  traduisant une asymétrie vers les grandes tailles. L'échantillon qui se trouve loin de l'estran a une valeur de  $SK_I$  égale à  $0,04$ ) cette valeur indique une symétrie granulométrique (Fig.V.21d).

Tab.V.11- Résultats des indices granulométriques des échantillons de sables prélevés le long du profil PBB 03

	Grain moyen	Sorting index	Kurtosis	Skewness
Valeur moyenne	0,98 ( $\Phi$ ) (506 $\mu\text{m}$ )	0,51 $\Phi$	1,06	-0,14
Valeur maximale	1,25 ( $\Phi$ ) (420 $\mu\text{m}$ )	0,61 $\Phi$	1,11	-0,04
Valeur minimale	0,84 ( $\Phi$ ) (558 $\mu\text{m}$ )	0,45 $\Phi$	0,96	-0,28
Ecart type	0,18	0,07	0,06	0,1
Nombre d'échantillon	04	04	04	04

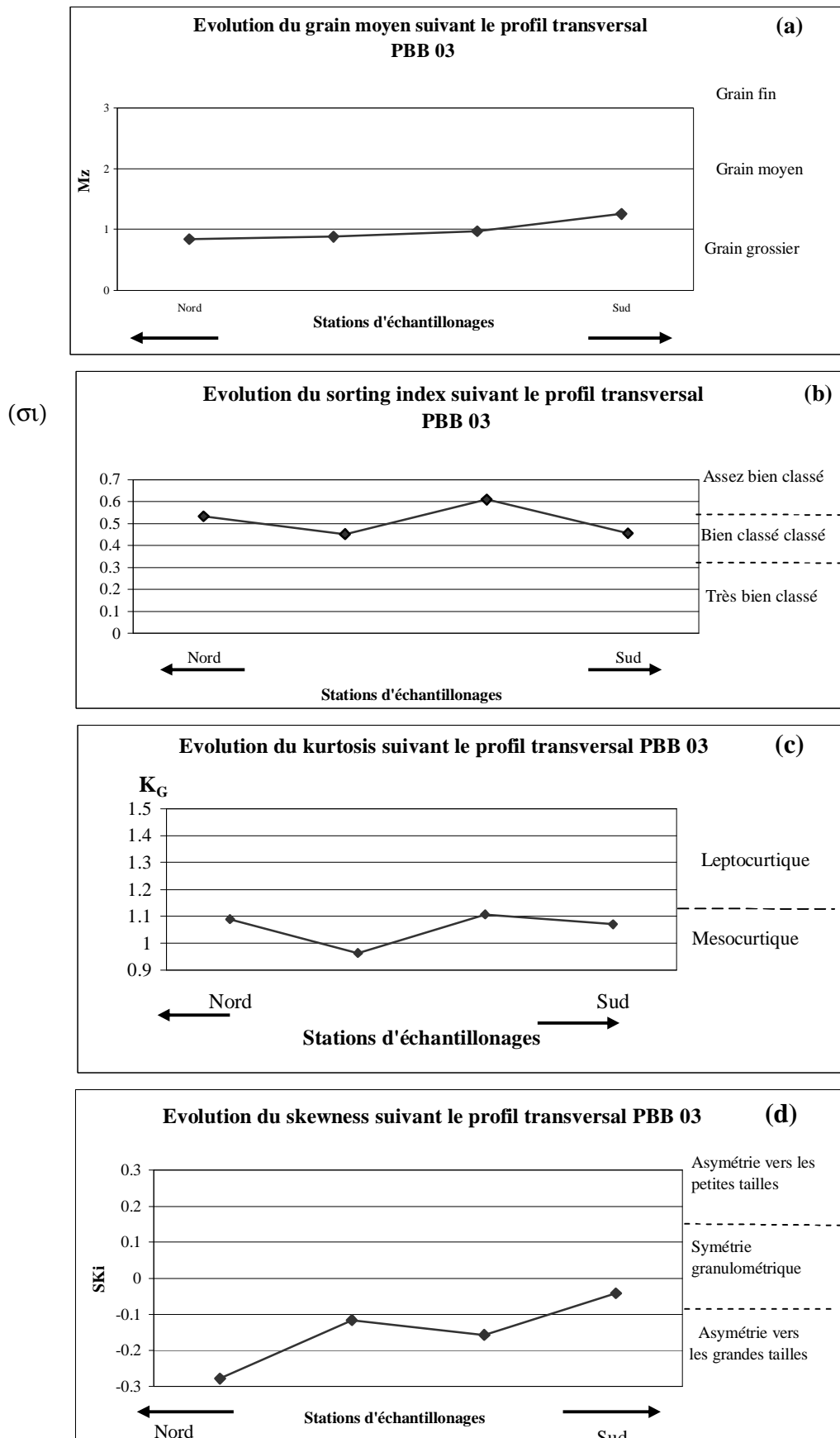


Fig .V.21- Evolution des différents paramètres granulométriques suivant le profil PBB 03

#### 4- Evolution des paramètres le long du profil longitudinal PBB 04

Le long du profil longitudinal les valeurs du grain moyen varient entre 1,17  $\Phi$  et 0,14  $\Phi$  (444 $\mu\text{m}$  et 907 $\mu\text{m}$ ), (Tab.V.12). Le long du rivage, d'Est en Ouest, on remarque plusieurs variation du grain moyen, la partie orientale de la plage, près des affleurements métapelitiques de Béni Bélaid, le sable de plage présente une granulométrie grossière avec des  $M_Z$  comprises entre 0,67  $\Phi$  et 0,57  $\Phi$  soit (628 $\mu\text{m}$  et 687). Les sables de la partie centrale de la plage présentent une granulométrie moyenne (1,1  $\Phi$  et 1,08  $\Phi$ ) soit (466 $\mu\text{m}$ -473 $\mu\text{m}$ ). La granulométrie de ces sables deviennent grossière lorsque on s'approche de l'embouchure de Oued El Kébir (Fig.V.22a). On remarque ainsi l'influence de l'embouchure de Oued El kébir dans la partie orientale, sur la distribution du grain moyen.

L'indice de classement présente des valeurs qui oscillent entre 0,41 et 0,92 (Tab. V.12).

Dans la partie orientale et centrale de la plage, les valeurs de cet indice (0,49 et 0,43) indiquent la dominance des sables bien classés. Près l'embouchure de Oued El Kébir on remarque une augmentation des valeurs de cet indice où il va atteindre sa valeur maximale (0,92), les sables de cette partie sont assez bien à moyennement bien classés (Fig. V.22b)

Le long de ce profil, le kurtosis ( $K_G$ ) présente des valeurs variant de 1,9 à 0,45, et d'après les valeurs calculées de cet indice on remarque l'existence de plusieurs distributions. Dix échantillons sont marqués par une distribution mésocurtique; un échantillon est marqué par une distribution leptocurtique un autre par une distribution très platicurtique. Deux échantillons entraînent une distribution leptocurtique. (Fig.V.22c)

Les valeurs de l'indice d'asymétrie se localisent dans l'intervalle (-0,22 – 0,5) et dans cet intervalle les échantillons prélevés le long de ce profil présentent soit une symétrie granulométrique pour les valeurs comprises entre +0,1 >  $S_{ki}$  > -0,1, soit une forte asymétrie granulométrique vers les petites tailles pour les valeurs comprises entre +1 >  $S_{ki}$  > +0,3 ou bien une asymétrie granulométrique vers les grandes tailles pour les échantillons qui ont des valeurs comprises entre 0,1 >  $S_{ki}$  > +0,1 (Fig.V.22d)

Tab V.12. Résultats des indices granulométriques des échantillons de sables prélevés le long du profil longitudinal PBB 04

	Grain moyen	Sorting index	Kurtosis	Skewness
Valeur moyenne	0,76 ( $\Phi$ ) (590 $\mu\text{m}$ )	0,56 $\Phi$	1,00	-0,02
Valeur minimale	1,17 ( $\Phi$ ) (444 $\mu\text{m}$ )	0,92 $\Phi$	1,19	0,5
Valeur maximale	0,14 ( $\Phi$ ) (907 $\mu\text{m}$ )	0,41 $\Phi$	0,45	-0,23
Ecart type	0,29	0,16	0,17	0,18
Nombre d'échantillon	14	14	14	14

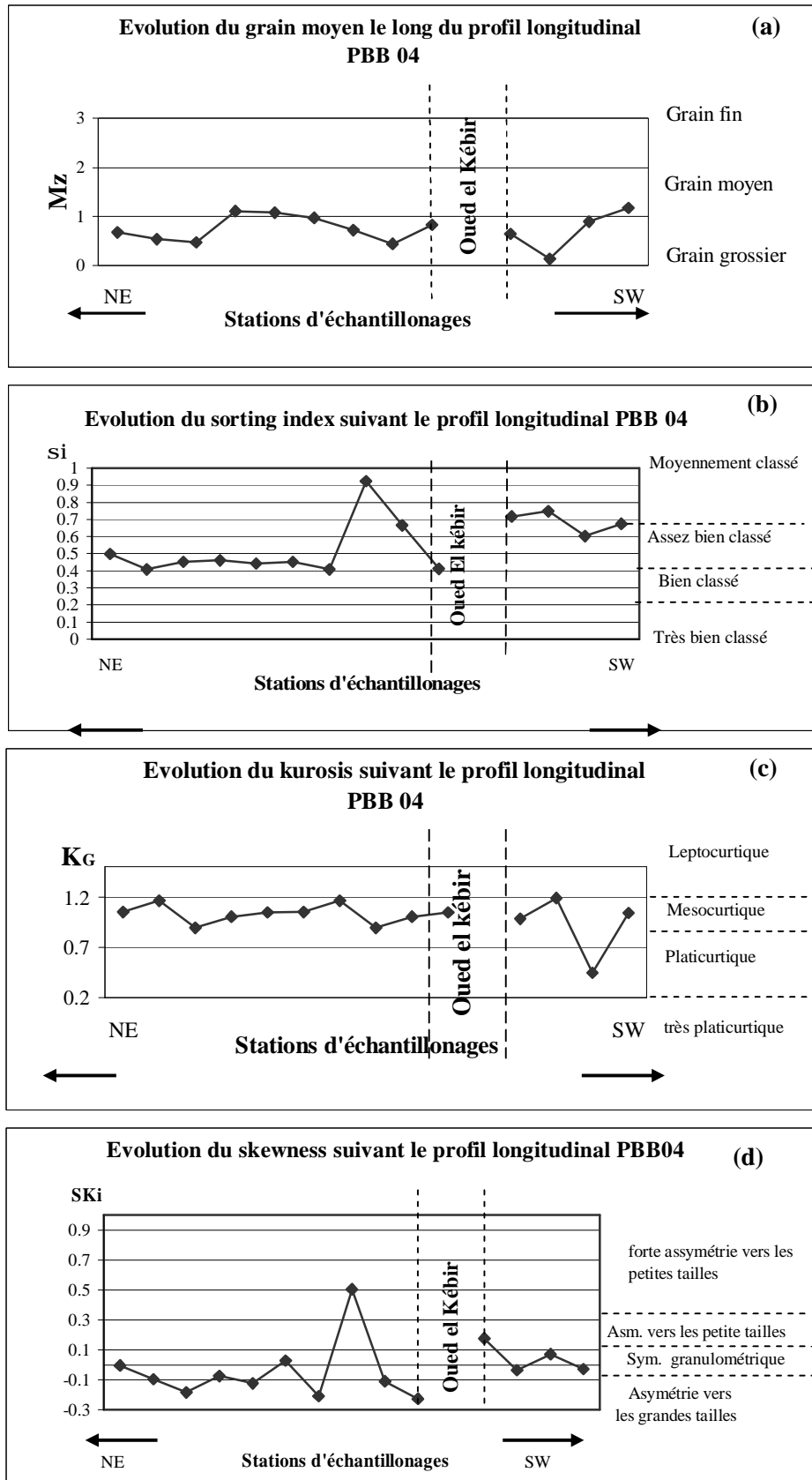


Fig.V.22-. Evolution des différents paramètres granulométriques suivant le profil PBB 03

### V.6- Synthèse et discussion des résultats :

On rappelle que l'étude sédimentologique des sables des secteurs de Oued Zhour et de Béni Bélaïd par le biais de l'analyse granulométrique a pour objectif principal la caractérisation de ces sables par des indices granulométriques susceptibles de faire sortir des différences ou des particularités dans les masses sableuses étudiées. Ces particularités pourraient être corrélées avec les résultats de l'étude minéralogique.

#### 1- Les sables du secteur de Oued Zhour

Deux types de sables peuvent être distingués dans le secteur de Oued Zhour. Des sables dunaires de couleur brun-rougâtre et des sables de plages de couleur grisâtre. La zone de transition entre les deux types de sable est souvent recouverte par des terrains silteux plus ou moins riche en argiles et matière organique.

La synthèse des résultats relatifs aux différents paramètres granulométriques des sables du secteur de Oued Zhour montre (Tab.V.13) :

- Les sables dunaires ont un grain moyen ( $MZ=1,66 \phi$ ,  $316 \mu m$ ) plus fin que celui des sables de plage ( $Mz= 0,95\phi$ ,  $517\mu m$ )
- Bien que les deux types de sables soient bien classés, les sables dunaires présentent un meilleur classement ( $\sigma_t= 0,31 \phi$ ) que celui des sables de plages ( $\sigma_t= 0,51 \phi$ )
- Cette légère distinction se traduit également par le skewness ( $S_{ki}$ ), les sables dunaires présentent une symétrie granulométrique ( $S_{ki}= -0,07$ ) alors que les sables de plage montrent une légère asymétrie vers les grandes tailles.
- L'ensemble de ces caractéristiques sont corroborées par les valeurs du quatrième indice granulométrique (le kurtosis). Les sables dunaires présentent une distribution leptocurtique ( $K_G=1,25$ ) et les sables de plages montrent une distribution mésocurtique ( $K_G= 1,08$ ). Ces deux distributions sont d'ailleurs clairement illustrées par les courbes de fréquences relatives au deux types de sables (Fig.V.7.8 et 9).

	Grain moyen (Mz)	Sorting index ( $\sigma_t$ )	Kurtosis( $K_G$ )	Skewness( $S_{ki}$ )
Sables dunaires	Sables moyens ( $1,66 \Phi$ , $316\mu m$ )	Sables très bien classés ( $0,31 \Phi$ )	Distribution leptocurtique (1.25)	Symétrie granulométrique (-0.07)
Sables de plages	Sables grossiers ( $0,95 \Phi$ , $517 \mu m$ )	Sables bien classés ( $0,57 \Phi$ )	Distribution mesocurtique (1.08)	Légère asymétrie vers les grandes tailles -0.11).

Tab. V.13. Synthèse des résultats des différents paramètres granulométriques dans deux types morphologiques du secteur de Oued Zhour.

En somme, on peut dire que si les sables dunaires présentent des caractéristiques uniformes et, plus au moins homogène, les sables de plage montrent des caractéristiques



qui semblent être influencées par une fraction grossière qui devient plus marquée lorsqu'on se rapproche de l'estran (Fig.V.12 et 13).

Cette fraction grossière résulte du tri sélectif sur la base de la densité et de la taille des grains effectués par le jet de rive et les petites marées qui affectent l'estran de la plage de Oued Zhour. Ce tri a été accentué par la déflation et le transport par les vents des grains de petite taille qui vont constituer le stock dunaire.

Les différents paramètres granulométriques relatifs aux sables du secteur de Oued Zhour militent donc pour un lien génétique entre les sables dunaires et les sables de plages. Les sables qui constituent les champs de dunes de Oued Zhour proviendraient de la déflation des surfaces, dépourvues de végétation, offertes par l'estran sableux de la plage de Oued Zhour. Les quantités considérables de sables dunaires témoignent du passage de la plage de Oued Zhour par des conditions optimales favorables pour le transport du sable de l'estran vers les dunes.

Cette partie de la côte était ventée et que la résultante des vents venant de la mer se plaçait perpendiculairement au rivage comme semblent l'indiquer les données anémométriques couvrant la période 1993- 2002 (Fig.I.6). L'estran était probablement plus large offrant à la déflation des surfaces plus grandes permettant ainsi la mise en mouvement par les vents d'un volume de grains relativement important. La géométrie et la superficie des étendues planes ayant servi de receptacle pour les sables issus de la côte ont probablement été guidées par la géomorphologie résultant de l'interaction entre l'érosion littorale, l'érosion fluviale et les formations métamorphiques du socle cristallophyllien (Fig. III.1 et Fig. V.5).

2- les sables du secteur de Béni Bélaid :

la synthèse des résultats obtenus à partir des différents paramètres granulométriques des sables du secteur de Béni Bélaid montre que (Tab. V14)

- Les sables dunaires sont des sables moyens avec ( $M_z = 1,32, 400\mu\text{m}$ ), bien classés ( $\sigma = 0,40 \Phi$ ), caractérisés par une distribution leptocurtique ( $K_G = 1,11$ ) et présentent une symétrie granulométrique ( $SK_I = -0,01$ ).

- Les sables de plage sont des sables grossiers ( $M_z = 0,76 590 \mu\text{m}$ ), assez bien classés ( $\sigma = 0,56$ ), caractérisés par une distribution mésocurtique ( $K_G = 1,00$ ) et une symétrie granulométrique ( $SK_I = 0,02$ ).

Tab.V.14 - Synthèse des résultats des différents paramètres granulométriques dans deux types de sables du secteur de Béni Bélaid.

	Grain moyen ( $M_z$ )	Sorting index ( $\sigma$ )	Kurtosis ( $K_G$ )	Skewness ( $SK_I$ )
Sables dunaires	Sables moyens (1,32 $\Phi$ ) (400 $\mu\text{m}$ )	Sables Bien classés (0,40 $\Phi$ )	Distribution leptocurtique (1,11)	Symétrie granulométrique (-0,05)
Sables de plages	Sables grossiers (0,76 $\Phi$ ) (590 $\mu\text{m}$ )	Sables assez bien classés (0,56 $\Phi$ )	Distribution mésocurtique (1,00)	Symétrie granulométrique (0,02)

Selon ces résultats, on peut dire que les sables dunaires présentent un caractère homogène alors que ceux de plage semblent être dominés par une fraction grossière

L'influence de la fraction grossière et la distribution du matériel sédimentaire le long du rivage est le résultat de plusieurs facteurs tel que la dérive littorale qui joue le rôle principal dans le transport longitudinal, le déferlement sur la côte entraîne les sables sur l'estran par le jet de rive, et le courant de retour les remobilise vers le fond. L'obliquité de la houle contribue elle aussi à déplacer progressivement les particules parallèlement au rivage.

Le long des profils transversaux, on remarque que lorsqu'on s'éloigne de l'estran il y a une amélioration des différents paramètres granulométriques, les sables deviennent moins grossiers et mieux triés (Fig.V.19, 20 et 21). Ce tri est le résultat d'un transport sélectif basé sur la granulométrie et la densité des grains. Lorsque le vent souffle les particules transportées, selon la vitesse et l'énergie du vent seront déposées plus loin pour former ce qu'on appelle dunes littorales. Ces dunes sont principalement développées dans la partie centrale du secteur de Béni Bélaïd caractérisée par sa superficie et sa géométrie plane. La partie orientale ne présente pas cette géomorphologie, et cette différence est probablement due à l'influence de la pente d'équilibre du profil transversal de la plage qui est un peu plus forte et qui génère une houle réfléchive.

Le tableau (V.15) représente des résultats obtenus d'une étude qui a été réalisée au Kenya sur les sables de plage et dunaires (Abuodha, 2003)

**Tab .V.15.**

	Grain moyen (Mz)	Sorting index ( $\sigma$ )	Kurtosis( $K_G$ )	Skewness(Ski)
Sables dunaires	Sables fins (2,11 $\Phi$ )(231 $\mu$ m)	Sables: bien classé (0,45 $\Phi$ )	Leptocurtique (1,12)	Asymétrie vers les petites tailles(0.13)
Sables de plages	Sables fins (2,13 $\Phi$ ) (228 $\mu$ m)	Sables bien clasés(0,35 $\Phi$ )	Mesocurtique (0.96)	Asymétrie vers les petites tailles (0.15)

Les résultats obtenus selon cette étude montrent que les sables dunaires sont des sables à granulométrie fine, bien classés et présentent un skewness qui indique une symétrie vers les petites tailles.

Les sables de plage sont des sables fins, bien classés et présentent une certaine asymétrie vers les petites tailles.

Cependant, certains auteurs parmi lesquels K. Pye (1991) qui a observé au Nord Ouest d'Angleterre, que la distribution granulométrique dans les plages et les dunes est similaire, il a conclu alors que ce n'est pas le sable éolien qui sélectionne la granulométrie quand les sédiments de plage sont eux même fins, bien classés et de même origine.

D'autre part nos résultats révèlent que les sables de la plage de Oued Zhour deviennent de plus en plus grossiers, moins homogènes et moins bien triés lorsqu'on s'éloigne de la dune. Ces résultats restent valables pour les sables du secteur de Beni-Belaid.

Ce type d'observation a d'ailleurs été déjà signalé par divers auteurs ( Friedman, 1961; Goldsmith, 1985; Hartmann, 1991 ;Arens, 1994). Elle a été expliquée par le fait que les déplacements éoliens des particules pourraient contribuer à une sélection naturelle des particules et que cette sélection est principalement basée sur la densité et la granulométrie des gains de sable.

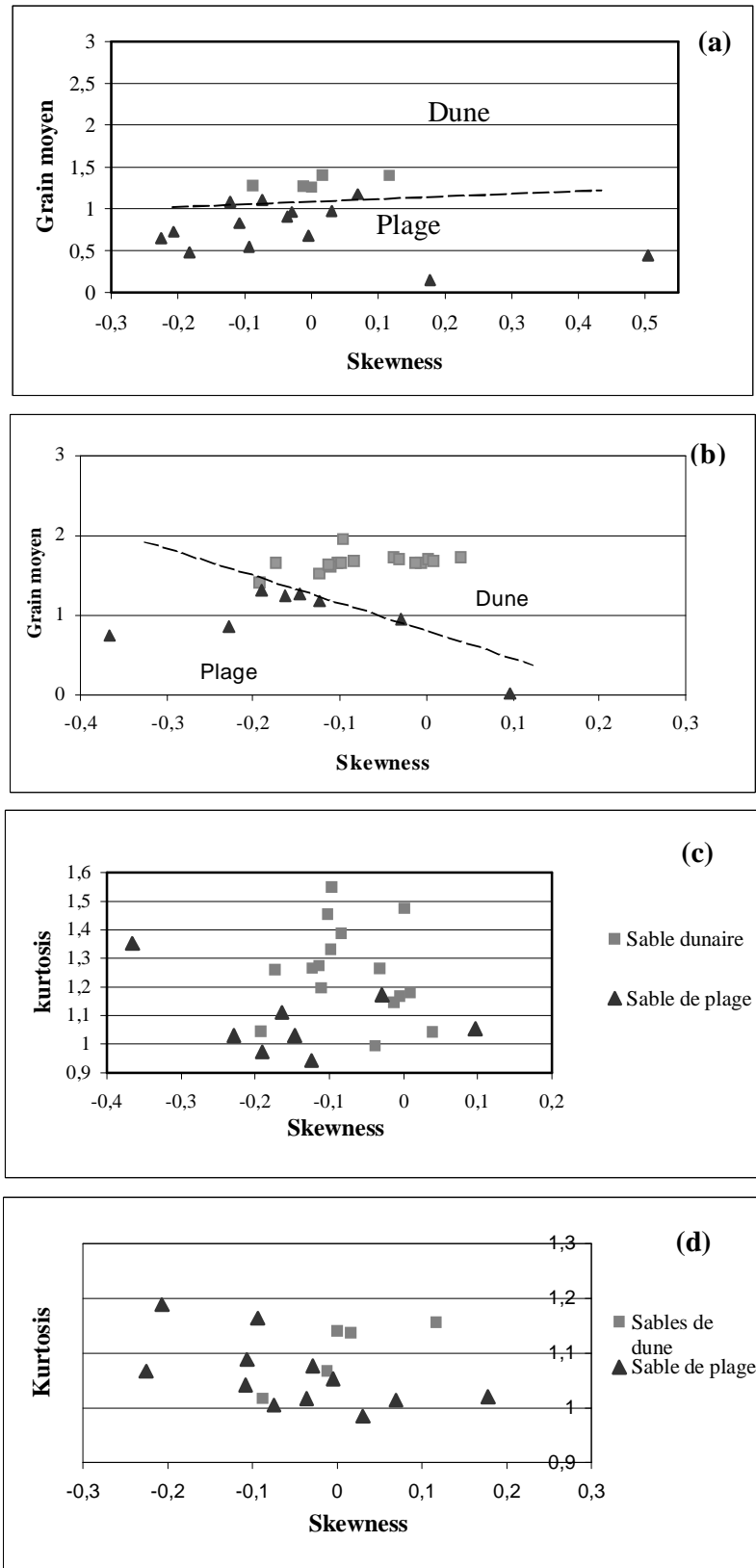
Les indices granulométriques obtenus par l'analyse granulométrique des sédiments détritiques ont souvent été utilisés comme critères de caractérisation des environnements de dépôt ( Friedman, 1961; Goldsmith, 1985; Hartmann 1991, Arens 1994 in J.O.Z. Abuodha, 2003). Ils sont aussi utilisés pour distinguer les sables de différentes origines, sables dunaires, sables de plages, sables fluviaux. Les sables dunaires sont généralement mieux classés et plus fins que les sables de plages. Il en est ainsi les sables des secteurs de Oued Zhour et Béni Bélaid

Ainsi Mason et Folk (1958) ont montré qu'à partir d'un diagramme binaire qui comprend le skewness et le kurtosis, on peut différencier entre le sable dunaire et le sable de plage. De même Friedman (1961) a révélé que le diagramme Grain moyen vs Skewness permet aussi de différencier entre le sable de plage et le sable dunaire.

Les résultats de nos corrélations entre le skewness et le kurtosis dans le secteur de Oued Zhour et le secteur de Béni Bélaid d'après la méthode de Mason et Folk (1958) sont représentés respectivement dans les diagrammes des figures (V.23 a et b).

Nos corrélations entre le grain moyen et le skewness d'après la méthode de Friedman (1961) sont représentés respectivement dans les diagrammes de la figure (V 23 c et d).

D'après ces résultats on remarque que le diagramme binaire entre le grain moyen et le skewness est le plus utile pour différencier les sables de plages des sables dunaires pour les deux secteurs d'études.



**Fig.V.23-** Corrélation entre les différents paramètres granulométriques  
 - Grain moyen vs Skewness dans les sables de Oued Zhour (a) et Béni Bélaid (b)  
 Skewness vs Kurtosis dans les sables de Oued Zhour (c) et de Béni Bélaid (d)

### Introduction

Les minéraux lourds des sédiments détritiques ou des placers sont des minéraux dont la densité  $d > 2,9$ . Ils proviennent généralement de l'altération des roches magmatiques, métamorphiques ou sédimentaires.

Les principaux minéraux lourds qu'on trouve dans les placers sont généralement classés selon leur densité. On distingue:

- les minéraux lourds "lourds" dont la densité est supérieure à 6.8
- les minéraux lourds "légers" dont la densité est comprise entre 4.2 et 6.8
- les minéraux lourds "très légers" ou pierres précieuses dont la densité est comprise entre 2,9 et 4,2

Le tableau VI.1 représente les densités et les formules chimiques de quelques minéraux lourds communs dans les placers.

**Tabl.VI.1**

Minéral	Densité	Formule chimique
Tourmaline	3,00 - 3,25	$\text{Na (Mg, Fe}^{+2}, \text{Mn, Li, Al)}_3 \text{Al (Si}_6\text{O}_{18}) (\text{BO}_3)_3 (\text{OH, F})_4$
Apatite	3,1- 3,35	$\text{Ca}_5 (\text{PO}_4)_3 (\text{OH, F, Cl})$
Hornblende (amphibole)	3,02- 3,45	$(\text{Na, K})_{0-1} \text{Ca}_2 (\text{Mg, Fe}^{+2}, \text{Fe}^{+3}, \text{Al})_5 (\text{Si}_{6-7} \text{Al}_{2-1} \text{O}_{22}) (\text{OH, F})_2$
Andalousite	3,13- 3,16	$\text{Al}_2\text{O (Si O}_4)$
Enstatite (pyroxène)	3,21	$(\text{Mg, Fe}^{+2}) (\text{Si O}_3)$
Diamant	3,5- 3,52	C
Anatase	3,82- 3,97	$\text{Ti O}_2$
Almandin (grenat)	4,1- 4,3	$\text{Fe}_3^{+2} \text{Al (Si}_3 \text{O}_{12})$
Hématite	4,2- 5	$\text{Fe}_2 \text{O}_3$
Rutile	4,23- 5,5	$\text{Ti O}_2$
Zircon	4,6- 4,7	$\text{Zr (SiO}_4)$
Cassitérite	6,98- 7,02	$\text{SnO}_2$
Or	15,6- 19,3	Au

### I- Objectifs et méthodologie

L'étude minéralogique des sables des deux secteurs, Beni-Belaid et Oued-Zhour a pour but de déterminer les différentes phases minérales présentes dans les échantillons prélevés ainsi que leur taux respectifs.

La méthode de l'étude minéralogique est effectuée selon le protocole expérimental proposé par Parffennoff et al., (1970). Cette technique comporte plusieurs étapes et qui sont respectivement:

- La préparation des échantillons,
- La séparation des minéraux,
- Le montage des minéraux,
- Comptage et l'identification des minéraux.

## **I.1- La préparation des échantillons**

Afin de rendre l'identification des minéraux possibles, les échantillons prélevés ont subi des traitements physiques et des traitements chimiques.

### **I.1.1- Traitements Physiques**

#### **1.1.1- Le quartage**

Il consiste à dresser l'échantillon en cône sur une grande feuille de papier, puis diviser le cône en quatre, les quarts opposés sont homogénéisés et divisés à leur tour en quatre parts.

Cette opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un échantillon d'environ 20 g.

#### **1.1.2- Le tamisage**

Le but de cette séparation est de faciliter l'observation des grains aussi bien sous la loupe que sous le microscope, et de savoir aussi dans quelle fraction se localise le pourcentage le plus élevé des minéraux lourds.

La séparation des grains en différents lots de diamètre homogène est effectuée par un tamisage.

Les coupures granulométriques sont décrites par un grand nombre de chercheurs, pour la réalisation de notre travail nous avons adopté celle qui est décrite par Berthois (1975) et qui préconise la séparation des gains en 3 fractions distinctes :

- Fraction N°1 de diamètre variant entre 60µm à 250µm,
- Fraction N°2 de diamètre variant entre 250 µm à 315 µm,
- Fraction N°3 de diamètre variant entre 315 µm à 500 µm.

### **I.1.2- Traitements chimiques**

#### **1.2.1- Traitements des échantillons par le HCl**

Le traitement par l'acide chlorhydrique a pour but l'élimination, des ciments et des tests calcaires.

Les échantillons qui ont subits les traitements physiques ont séjourné dans un bain de HCl à 10% pendant 15mn. Puis un lavage par des bains dans l'eau distillée.

#### **1.2.2- Traitement par l'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

Le traitement par l'eau oxygénée a pour but l'élimination des débris organiques.

Les échantillons qui ont subi la déminéralisation par l'HCl, sont plongés dans un bain de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> pendants 10 mn.

## **I.2- La séparation des minéraux**

Selon Parffenoff et al., (1970), Il existe plusieurs méthodes de séparation :

- La séparation par densité en utilisant une liqueur dense,
- Séparation magnétique,
- Séparation électrostatique,
- Séparation diélectrique,

- séparation électrochimique,
- séparation par table à secousses,
- séparation par un tri ou par loupe binoculaire.

Pour effectuer la séparation des grains de sables des échantillons lors de notre expérimentation, nous avons utilisé deux méthodes seulement et qui sont:

- La séparation densimétrique,
- La séparation par tri sous une loupe binoculaire

La séparation a été effectuée au laboratoire de génie géologique de l'université de Jijel.

### I.2.1- La séparation densimétrique

La séparation densimétrique se fait par immersion des minéraux dans un liquide de densité connue, les minéraux ayant une densité plus faible que celle de la liqueur flottent à la surface et ceux ayant une densité plus haute que celle de la liqueur se déposent au fond de l'ampoule à décantation (Photo VI.1).

La liqueur dense utilisée est le bromoforme ( $\text{CH Br}_3$ ) de densité ( $d: 2,89$ ). Lors de notre expérimentation les fractions obtenues par séparation granulométrique ont fait l'objet d'une séparation densimétrique.

Cette séparation nous a permis d'obtenir deux fractions distinctes, une fraction légère et une fraction lourde pour chaque classe granulométrique.

- Fraction légère et lourde de la classe ayant un diamètre compris entre 60 à 250  $\mu\text{m}$ ,
- Fraction légère et lourde de la classe ayant un diamètre compris entre 250 à 315  $\mu\text{m}$ ,
- Fraction légère et lourde de la classe ayant un diamètre compris entre 315 à 500  $\mu\text{m}$ .



**Photo VI.1-** Appareillages utilisés pour la séparation densimétrique. (Laboratoire de Génie Géologique de Jijel)

### I.2.2- La séparation par tri sous loupe binoculaire

Elle est considérée comme la plus élémentaire mais la plus précise. C'est une méthode longue et fastidieuse.

En effet cette séparation est effectuée sur une plaque de verre et elle consiste à séparer les minéraux opaques des minéraux transparents à l'aide d'une aiguille.

### **I.3- Le montage des minéraux**

Après le tri des minéraux selon le diamètre, la densité et l'opacité, une étude d'identification sous le microscope optique et une étape complémentaire mais nécessaire.

Pour la rendre possible les lots de grains obtenus doivent subir:

- Un montage sur une lame par un collage adéquat pour une étude tridimensionnelle des cristaux par la lumière transmise ce type de montage est appelé Frottis.
- Un montage dans une résine suivi d'un polissage afin de rendre la surface des grains visible, sous la lumière réfléchie du microscope optique, ce type de montage est appelé : la section polie.

3.1. Le frottis: Le montage des minéraux transparents se fait dans le baume de Canada ou dans la résine chauffée à 140°C pendant 45mn.

3.2. La section polie: Le montage des minéraux opaques se fait dans une résine synthétique suivie d'un polissage. La section polie obtenue permet l'examen au microscope polarisant à réflexion.

Les opérations du montage de polissage ont été effectuées dans l'atelier des lames minces et section polies du département des sciences de la terre de l'université de Constantine.

### **I.4- L'identification des minéraux**

L'identification des minéraux s'est basée principalement sur :

- Un examen à la loupe binoculaire,
- Un examen au microscope optique,
- Des analyses diffractométriques,
- Une analyse au microscope électronique à balayage.

#### **I.4.1- Examen à la loupe binoculaire**

L'observation à la loupe binoculaire des grains non montés fournit dans la plus part des cas des indications très intéressantes que ne peuvent procurer les minéraux inclus dans le baume de Canada. Les critères observés par la loupe binoculaire sont la couleur, la forme, l'éclat, la dureté et la morphoscopie.

#### **I.4.2- Examen au microscope optique**

1- Détermination en lumière transmise:

La lumière transmise est obtenue par un microscope polarisant. Ce type d'analyse est préconisé dans le cas des minéraux denses transparents comme zircon, rutile, tourmaline, disthène. Elle permet aussi de connaître la couleur, la forme, le pléochroïsme, le relief, le clivage et l'extinction du minéral.

2- Détermination en lumière réfléchie: Ce type d'éclairage est fourni par un microscope polarisant. Cette pratique est particulièrement indiquée pour les minéraux opaques comme la Magnétite l'Ilménite, la Chromite.. Elle permet de mettre en évidence la couleur, le pouvoir réflecteur, la biréfringence, l'extinction et les réflexions internes.

#### **I.4.3- L'analyse par diffraction au rayon X**

Quelques échantillons prélevés ont été broyés dans un mortier en agate jusqu'à l'obtention d'une poudre et cela au niveau du laboratoire de génie géologique et ont fait l'objet d'analyses par diffractométrie au niveau de l'université de Jijel.



Les rayons X sont émis par l'anticathode du cuivre dont:  $K\alpha = 1,54056$ .

Les diagrammes obtenus sous forme d'enregistrements graphiques ont été traités par le logiciel WINPLOTTER.

#### **I.4.4- Analyse par microscopie électronique à balayage**

Le microscope électronique permet d'observer les grains à très fort grossissement, il permet également de déterminer la nature des éléments chimiques constitutifs de l'échantillon observé.

Des grains de la fraction lourde des sables de Oued Zhou ont été montés dans des pastilles spéciales pour l'analyse au MEB, cette opération a été effectuée au laboratoire de génie géologique de l'université de Jijel et l'analyse des grains à l'université de Jijel par un microscope électronique de model PHILIPS XL 30.

## **II- Etude minéralogique des sables**

### **II.1- Secteur de Oued Zhou**

#### **1- Sable dunaire**

L'analyse à la loupe binoculaire de la fraction légère de chaque classe granulométrique des sables dunaires de Oued Zhou a montré que ces sables sont essentiellement constitués de grain de quartz, feldspath, micas, et fragments de roches (Planche I. photo 1) La fraction lourde de ces sables est composée d'un assemblage de minéraux, essentiellement de grains de tourmaline, pyroxène, zircon, disthène, rutile, amphibole, andalousite, ilménite, et grenat.

**Les tourmalines :** les tourmalines se présentent en grains arrondis à contours émoussés ou en grains sub arrondis de couleur noire. Au microscope le très fort pléochroïsme inverse, la surface luisante, la biréfringence moyenne dans les tons verts, bleus, orange sont très caractéristiques (Planche I. photo 2, Planche II. photo 1 et 2).

**Les pyroxènes :** les pyroxènes se présentent sous forme de prismes de couleur verte. Au microscope, ils présentent un clivage près de  $90^\circ$  et une extinction oblique (Planche I, photo 3, Planche II. photo 3et 4).

**Les zircons :** les zircons sont de forme arrondis et transparents, (Planche I, photo 4)

**Les amphiboles :** sont allongées de couleur verte. Au microscope, l'extinction oblique, le clivage supérieur à  $90^\circ$  sont nos éléments de distinction (Planche I, photo 3, , Planche II. photo 5).

**Le rutile :** les grains de rutile sont de couleur brun rouge, ces minéraux se présentent sous forme de grains arrondis (Planche I, photo 4).

**Le disthène :** Il est incolore, présente deux directions de clivages très nets qui forment un angle de  $90^\circ$  et une extinction oblique. , Planche II, photo 6).

**L'andalousite :** Elle se présente en prismes grossiers à section carrée légèrement pléochroïque et à extinction droite, (Planche II, photo7)

Le disthène et l'andalousite sont deux minéraux qui ont été identifiées par microscope.

Les minéraux opaques ont été identifiés seulement par loupe binoculaire, le montage de ces minéraux en section polie na pas été effectué à cause de l'absence de la résine de montage.

**PLANCHE I**

Principaux constituants minéralogiques des sables dunaires de Oued Zhour . Observation sous loupe binoculaire



Photo 01 : Fraction légère de OZ (dune)

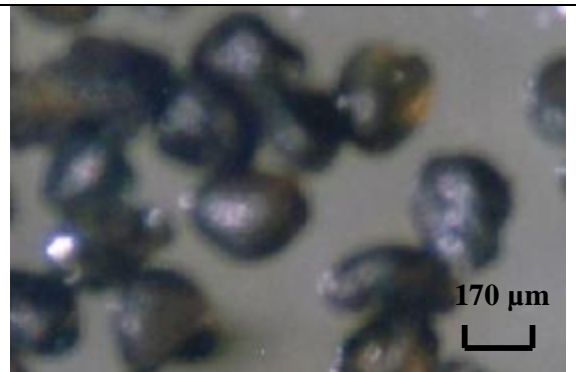


Photo 02 : Tourmaline des sables dunaires de OZ

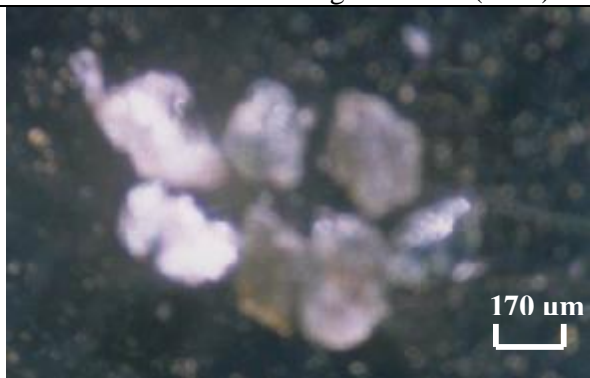


Photo 03 : Pyroxènes et amphiboles de OZ (dune)



Photo 04 : Zircons et rutiles de OZ (dune)



Photo 05 : Ilménites de OZ (dune)

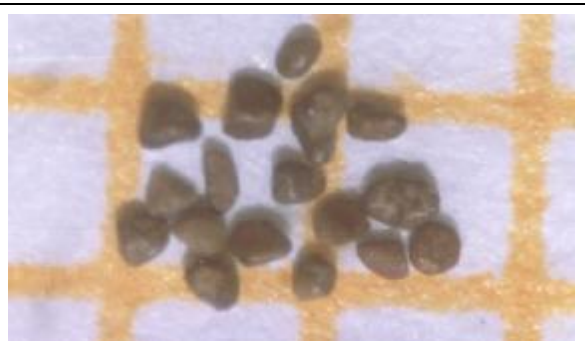


Photo 06 : Grenats de OZ (dune)

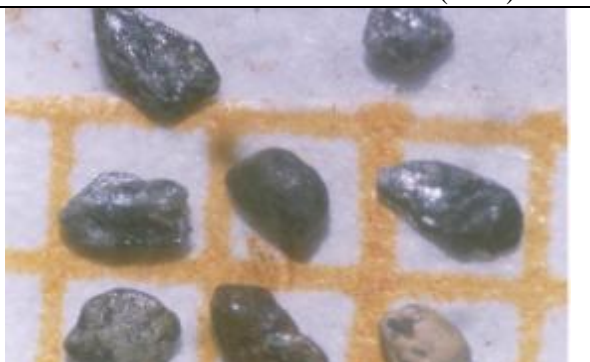


Photo 07 : Fragments de roche OZ (dune)

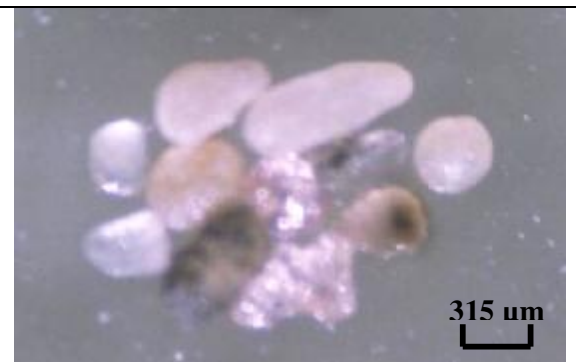
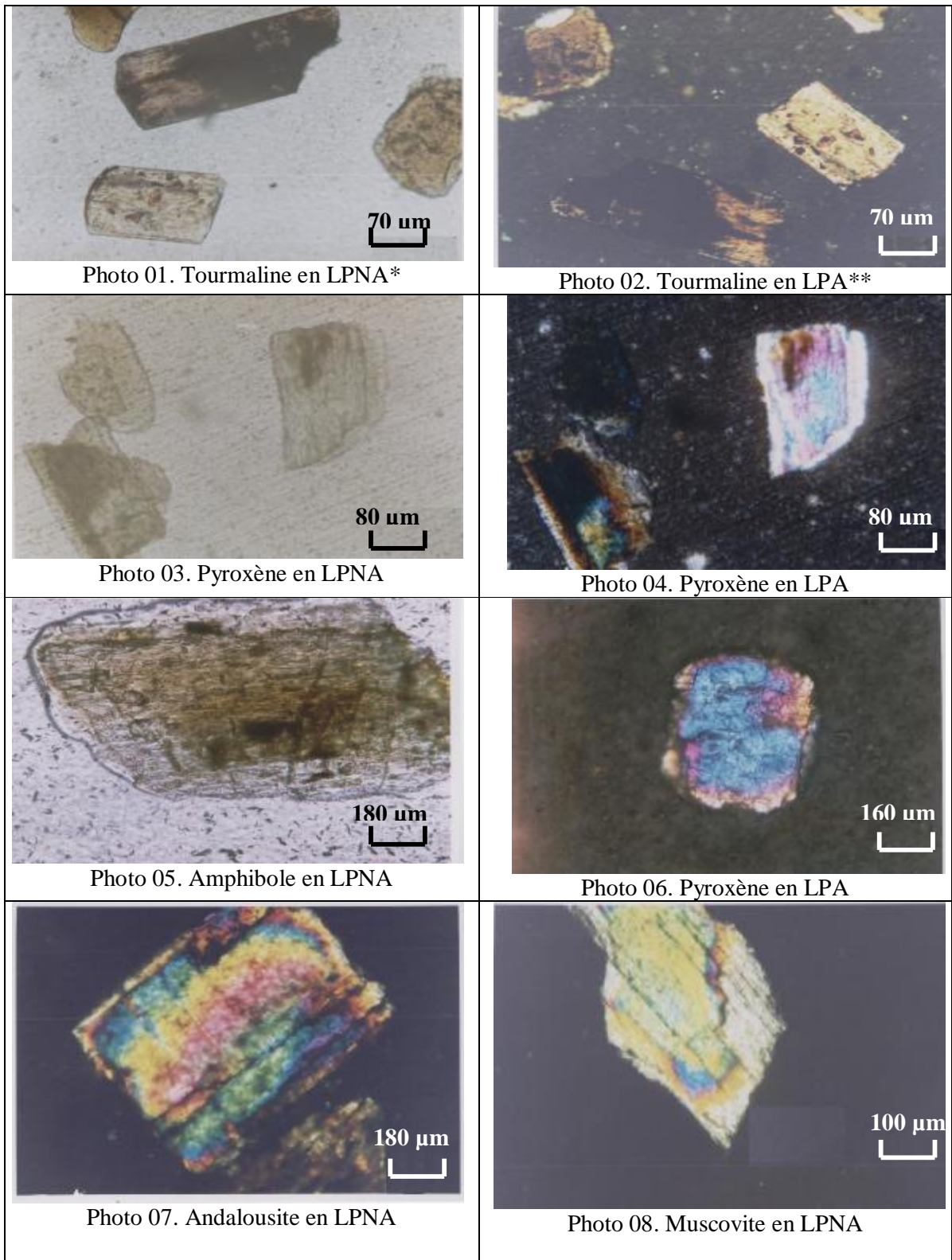


Photo 08 : Minéraux indéterminés de OZ (dune)

**Planche II**

Quelques minéraux lourds des sables dunaires de Oued Zhour (OZ). Observations au microscope polarisant en lumière transmise



LPNA\* : Lumière Polarisée Non Analysée, LPA\*\* : Lumière Polarisée Analysée.

**L'ilménite** : ce minéral présente des formes très variées, il est de couleur noire à brun noir, avec un éclat submétallique (Planche I, photo 5)

**Les grenats** : de forme arrondie, parfois en grains aplatis de couleur marron foncé (Planche I, photo 6).

**Fragments de roches** : ils se présentent sous forme de fragments plus au moins schistosés qui marquent une origine métamorphique et de fragments de roches gréseuses qui marque une origine sédimentaire (Planche I, photo 7)

Les minéraux indéterminés : Ce sont des minéraux à couleur blanchâtre ou jaunâtre et qui se présentent sous des formes très variées (Planche I, photo 8)

## 2- Sable de plage

L'analyse à la loupe binoculaire des sables de plage du secteur de Oued Zhour a révélé que la fraction légère est constituée essentiellement de quartz comme minéral principal et de micas feldspaths et fragments de roches. La fraction lourde est composée de tourmaline, pyroxènes, zircon, rutile, amphiboles, ilménites, grenats et d'autres minéraux indéterminés.

**Les tourmalines** : elles se présentent en grains allongés ou arrondis émoussés, de couleur noire à surface luisante (Planche III, photo 1). Au microscope les tourmalines sont caractérisées par le relief faible et le pléochroïsme inverse.

**Les pyroxènes** : les pyroxènes se présentent sous forme de prismes de couleur verte (Planche III, photo 2). Au microscope ils présentent deux directions de clivages ( $90^\circ$ )

**Les amphiboles** : ils sont des prismes allongés de couleur verte présentent deux directions de clivages avec un angle de  $120^\circ$  (Planche III, photo 2),.

**Les zircons** : ils sont incolores de forme arrondie ou allongée (Planche III, photo 3).

**Les rutiles** : de couleur brun rouge et de forme arrondis (Planche II, photo 3).

**L'ilménite** : Ce minéral présente des formes très variées, il est de couleur noir à brun noir, avec un éclat submétallique (Planche III, photo 4).

**Les Grenats** : de couleur marron foncé, les grenats se présentent sous forme arrondie ou sub arrondie (Planche III, photo 5).

**Fragments de roches** : Ils sont essentiellement des fragments de schistes et de grés (Planche III, photo 6).

**Minéraux indéterminés** : Ces minéraux se ressemblent à ceux trouvés dans les sables dunaires se sont des minéraux de couleur et de formes variées.

## II.2- Secteur de Béni Bélaïd :

### 1.-Sables dunaire :

L'analyse à la loupe binoculaire de la fraction légère de chaque classe granulométrique a indiqué que les sables dunaires de Béni Bélaïd sont essentiellement constitués de grain de quartz, feldspaths, micas et fragments de roches (Planche IV, photo1), la fraction lourde est constituée d'un assemblage de minéraux constitués de :

**Les tourmalines** : se présentent en grains arrondis ou allongés avec des stries et de couleur noire (Planche IV, photo2). Au microscope les tourmalines présentent un relief faible et un pleochroïsme inverse.

**Les silicates ferromagnésiens** : principalement des pyroxènes et des amphiboles, ces minéraux se présentent sous forme de grains de couleur verte, allongés (Planche IV, photo3) et présentent parfois les deux directions de clivages.

**PLANCHE III**

Quelques minéraux lourds des sables de plage de Oued Zhour (OZ). Observation sous loupe binoculaire

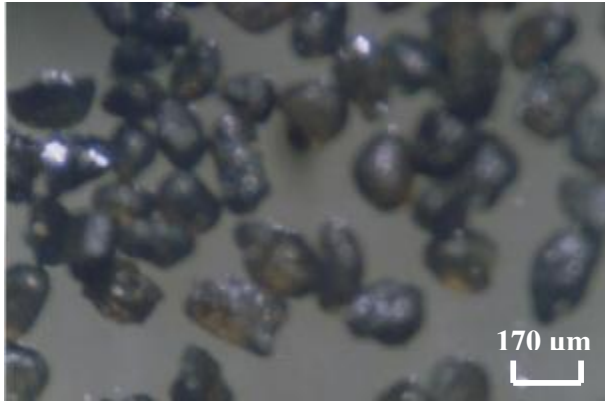


Photo 01 Tourmaline de OZ (plage)

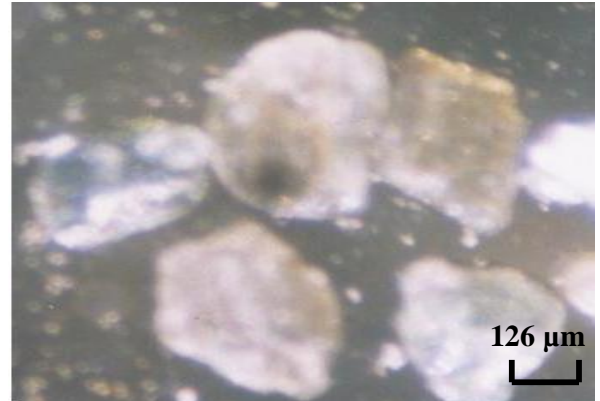


Photo 02: Pyroxènes et amphiboles de OZ (plage)

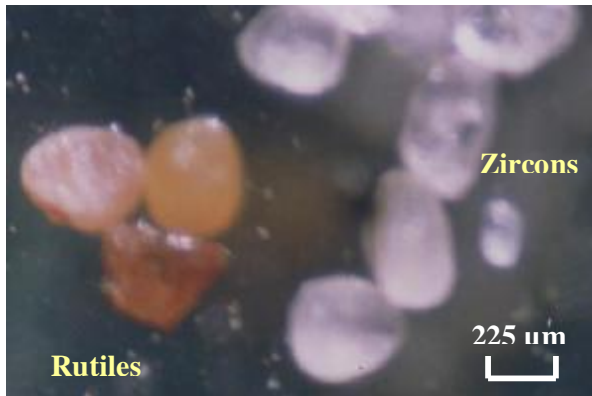


Photo 03 : Zircons et rutiles de (plage)

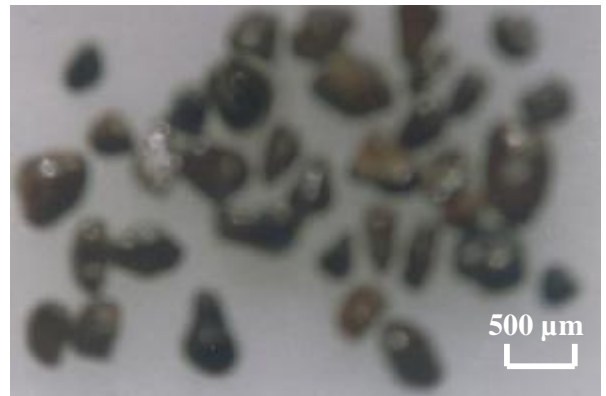


Photo 04: Ilménites de (plage).

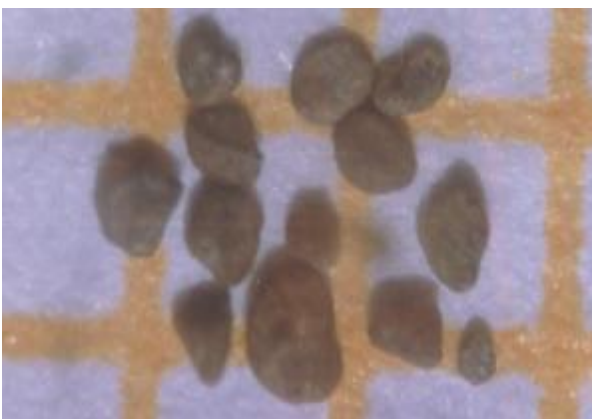


Photo 05 : Grenats de (plage)

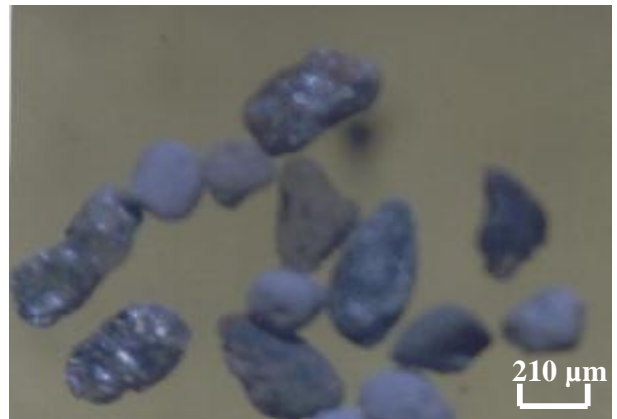
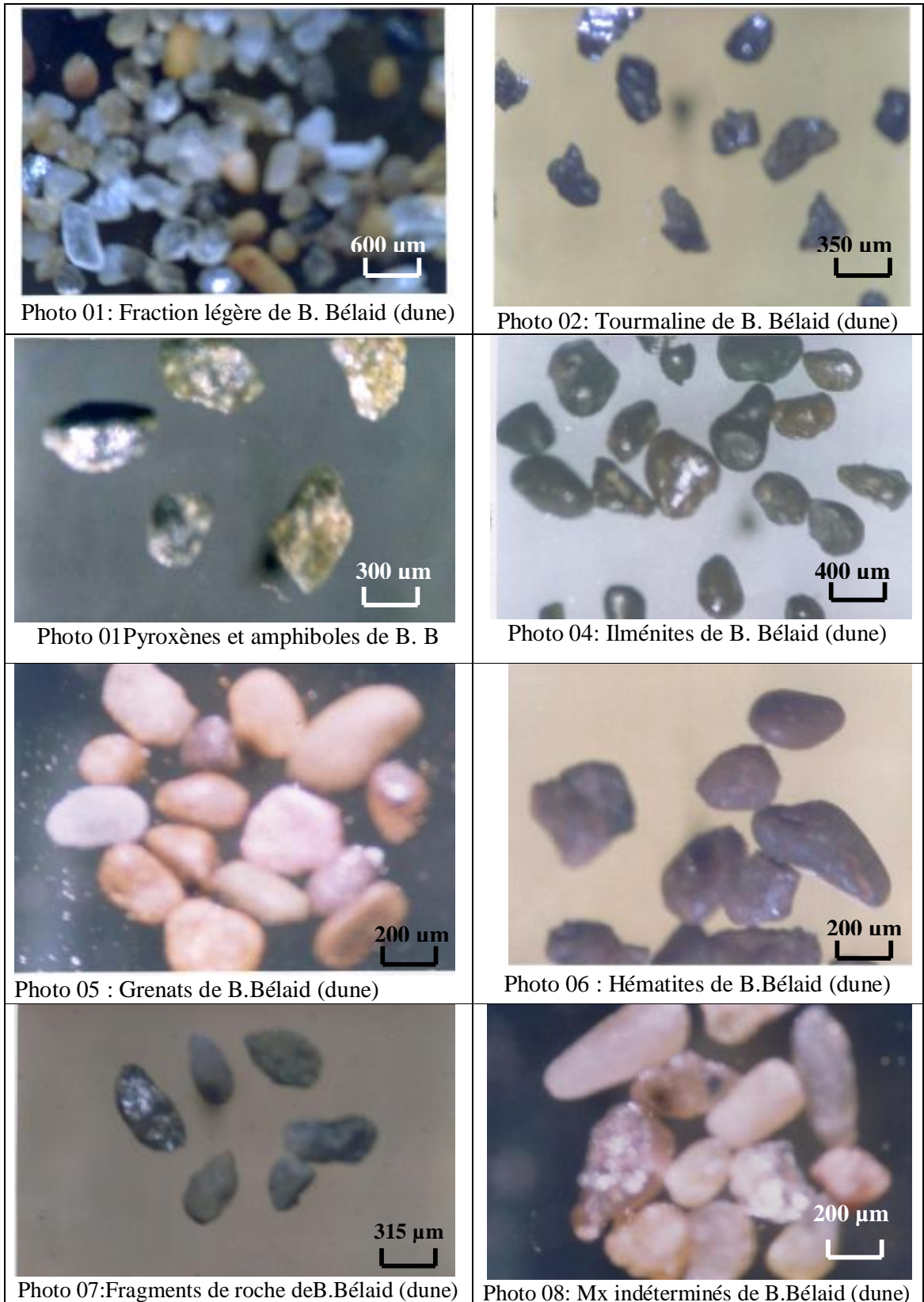


Photo 06: Fragments de roche (plage)

PLANCHE IV

Principaux constituants minéralogiques des sables dunaires de Béni Bélaid. Observation sous loupe binoculaire



**L'ilménite** : de forme arrondie, de couleur noire à brun noire et à éclat métallique (Planche IV, photo4).

**Les Grenats** : les grenats se présentent sous forme arrondie à sub arrondie et de couleur marron, parfois ces minéraux sont aplatis (Planche IV, photo5).

**L'hématite** : de couleur rouge et de forme irrégulière (Planche IV, photo6).

**Fragments de roches** : essentiellement des fragments qui présentent une certaine schistosité (Planche III, photo7)

**Les minéraux indéterminés** : ce sont des minéraux parfois incolores ou de couleur verte, jaune, ou blanchâtre. (Planche IV, photo8)

## **2- Sable de plage :**

L'analyse à la loupe binoculaire des sables de plage du secteur de Béni Bélaïd a révélé que la fraction légère est constituée essentiellement de quartz comme minéral principal et de micas feldspaths et fragments de roches. La fraction lourde est composée de tourmaline, disthène, silicates essentiellement du pyroxène et de l'amphibole, ilménite, hématite et grenat et d'autres minéraux indéterminés.

**Les tourmalines** : de couleur noire et de forme allongée ou en grains anguleux luisants (Planche V, photo1), ce minéral présente parfois des stries. Au microscope elle est pléocroïque et de faible relief.

**Les pyroxènes et les amphiboles** : se présentent en prisme plus ou moins allongés de couleur verte. Au microscope l'amphibole présente des clivages supérieurs à 90° et le pyroxène est caractérisé par un clivage de 90°.

**Les muscovites** : Elles se présentent en paillettes brillantes à éclat vitreux généralement associé à des oxydes de fer (Planche V, photo2). Au microscope la muscovite présente des clivages.

**L'ilménite** : de forme irrégulière de couleur noire à brun noir et présente un éclat métallique (Planche V, photo3).

**Les Grenats** : Se présentent en grains arrondis à sub arrondis de couleur marron (Planche V, photo 4).

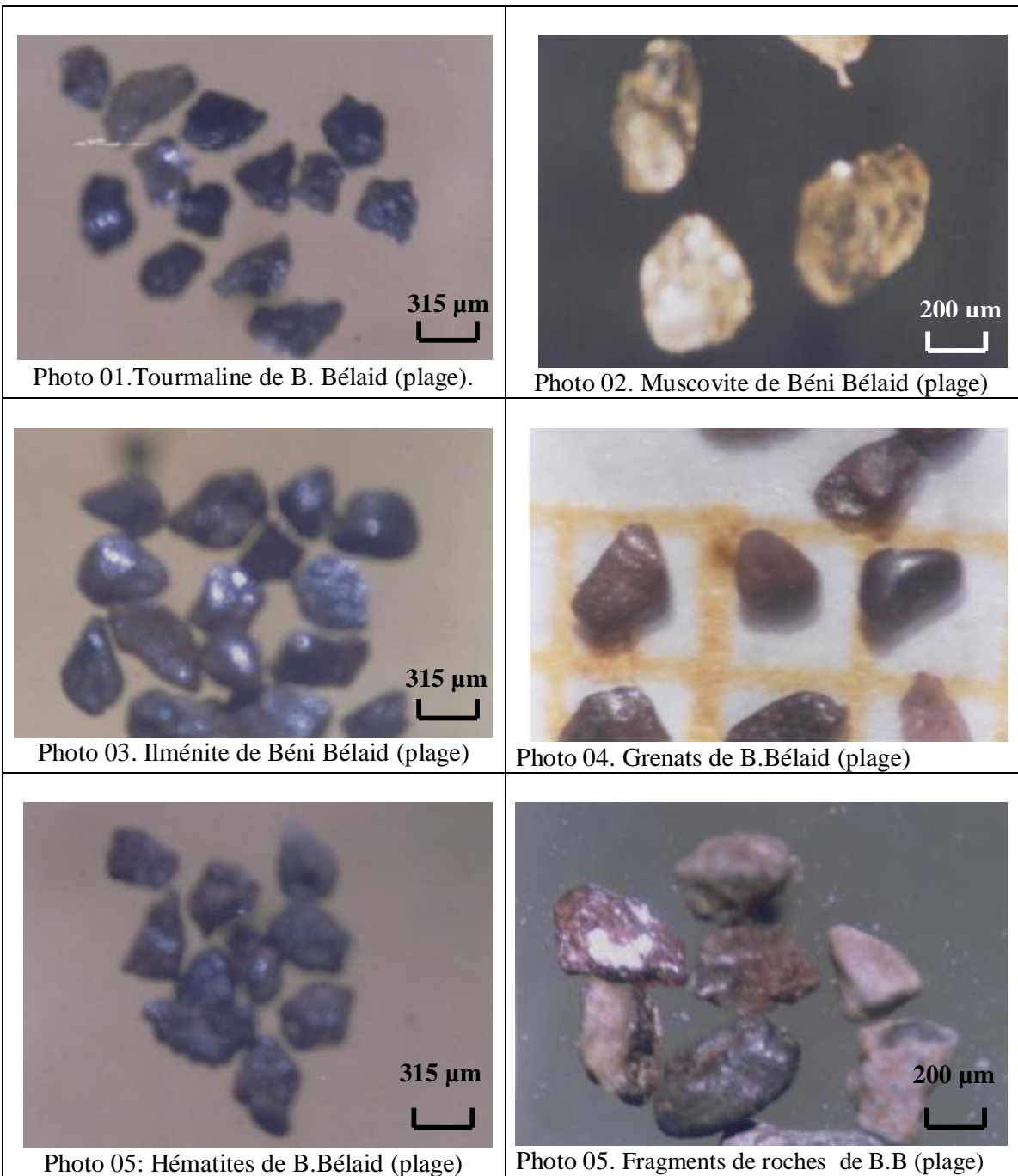
**L'Hématite** : de forme irrégulière, elle est de couleur rouge (Planche V, photo5).

**Fragments de roches** : se sont généralement des fragments de schistes (Planche V, photo6).

**Les minéraux indéterminés** : Ces minéraux de couleur et de formes variées ressemblent à ceux trouvés dans les sables dunaires.

**PLANCHE V**

Quelques minéraux lourds des sables de plage de Béni Bélaïd (B.B). Observation sous loupe binoculaire





**Conclusion:**

Le tableau (VI. 2) représente les différents minéraux identifiés dans le secteur de Oued Zhou et Béni Bélaïd

**Tab. VI.2.**

	Oued Zhou		Béni Bélaïd	
	Dune	Plage	Dune	Plage
Minéraux	Tourmaline Pyroxène Zircon Amphibole Rutile Cassitérite Disthène Andalousite Ilménite Grenats Minéraux indéterminés	Tourmaline Pyroxène Zircon Amphibole Rutile Disthène Andalousite Ilménite Grenats Minéraux indéterminés	Tourmaline Pyroxène Amphibole Ilménite Hématite Grenat Minéraux indéterminés	Tourmaline Pyroxène Amphibole Muscovite Ilménite Hématite Grenat Minéraux indéterminés

Selon ce tableau on remarque que les sables dunaires et de plage de Oued Zhou ainsi que ceux du secteur de Béni Bélaïd présente le même assemblage minéral pour chaque secteur. Il apparaît que ce sont des minéraux issus principalement des roches cristallines. L'identité du contenu minéralogique entre sable de plage et sable dunaire milite pour une relation génétique entre les deux (relation déjà évoquée dans le chapitre relatif à la granulométrie)

**III- Analyse diffractométrique des sables**

Dans le but de confirmer nos observations macroscopiques microscopiques relatives à la minéralogie ainsi que de connaître d'autres phases minérales non identifiables des sables des deux secteurs, des échantillons ont été préparés (broyage jusqu'à l'obtention d'une poudre) au laboratoire de génie géologique de l'université de Jijel et ont fait l'objet d'analyses au rayon X.

**III.1- Sable du secteur de Oued Zhou**

Les résultats obtenus à partir d'un échantillon global (fraction lourde et légère) prélevé de la dune ont montré la présence du quartz comme minéral dominant

L'analyse par RX d'un échantillon (globale) prélevé de la plage du même secteur a montré la présence du quartz également comme minéral dominant.

Dans les deux cas (sables dunaires et sables de plage), les diagrammes montrent des pics beaucoup moins importants que ceux du quartz. Ces pics mineurs correspondent à d'autres phases minérales non identifiables sur le diagramme RX obtenu à partir de l'échantillon globale.

Les analyses diffractométriques effectuées sur la fraction lourde obtenue par séparation densimétrique, ont permis d'identifier ces phases minérales. Il s'agit principalement de tourmaline, pyroxène, hématite, andalousite et d'autres minéraux non identifiés pour les sables dunaires (Fig.VI.1, Tab. VI.3) et de l'épidote, anatase e hématite pour les sables de plages (Fig.VI.2, Tab.VI.4)

**III.1- Sable du secteur de Béni Bélaïd**

Les résultats obtenus à partir d'un échantillon global (fraction lourde et légère) prélevé des sables dunaires et de plage ont montré l'existence du quartz comme minéral dominant Les diffractogrammes correspondant à la fraction lourde des deux types de sables ont permis d'identifier les minéraux suivants :

- Ilménite, apatite ? goéthite et grenats pour les sables dunaires (Fig.VI.3, Tab.VI.5).
- Rutile, anatase, spinelle, pyrite, ilménite pour les sables de plages (Fig.VI.4, Tab.6)

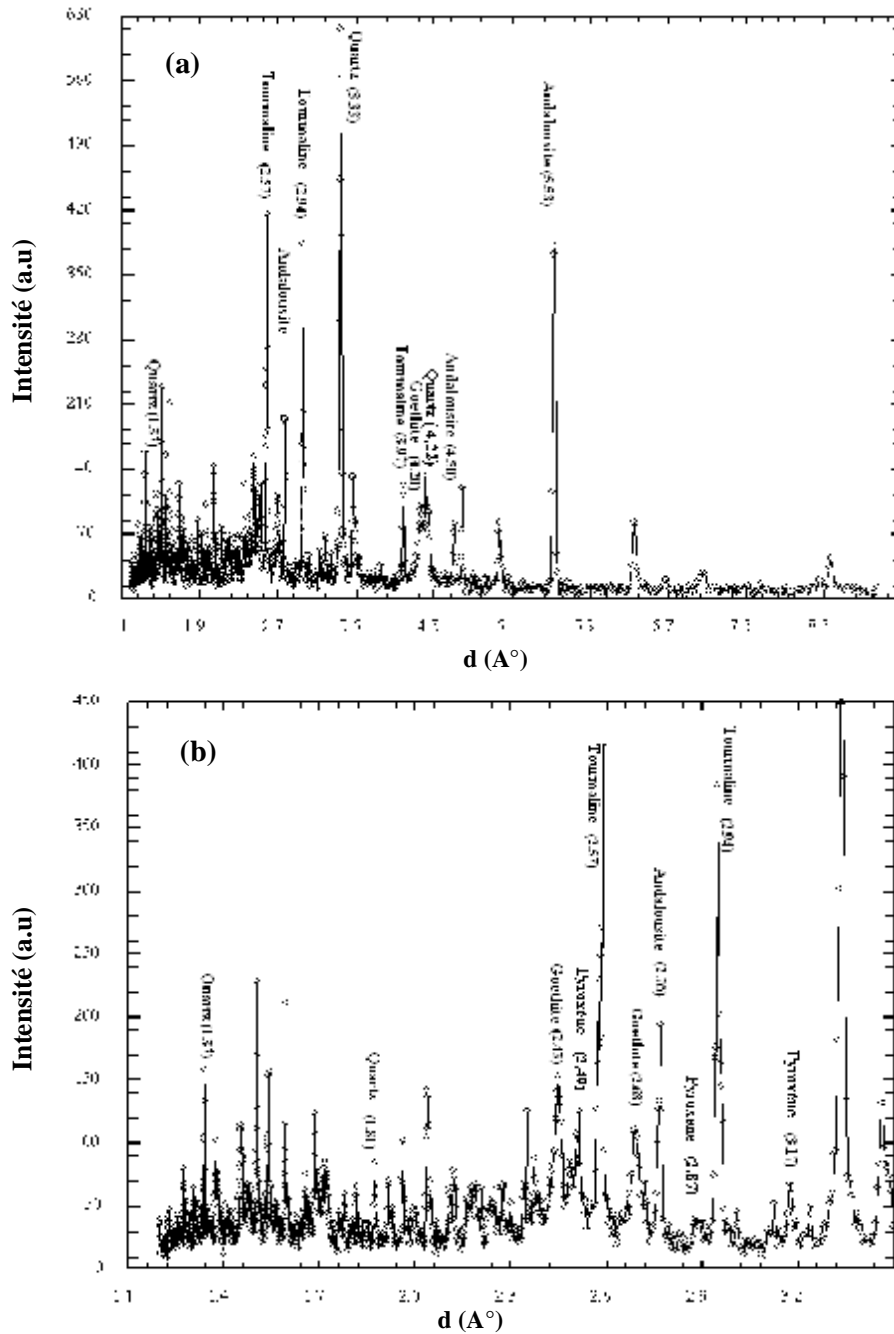


Fig.VI.1- Résultat de l'analyse par RX d'un échantillon de la fraction lourde des sables dunaires de Oued Zhour (a) diffractogramme complet, (b) ; partie agrandie de la figure (a) de 1,1 à 3,6 A°).

Tab.VI.3. Minéraux identifiés par diffractométrie dans les sables dunaires de Oued Zhour et valeurs de (d) de chaque minéral comparées aux valeurs données par les fiches ASTM.

	Première raie		Deuxième raie		Troisième raie	
	Valeur de d trouvée (A°)	Valeur de d d'après fiche A.S.T.M (A°)	Valeur de d trouvée (A°)	Valeur de d d'après fiche A.S.T.M (A°)	Valeur de d trouvée (A°)	Valeur de d d'après fiche A.S.T.M (A°)
<b>Quartz</b>	3,33	3,34	4,22	4,25	1,37	1,38
<b>Tourmaline</b>	2,57	2,58	3,97	3,99	2,94	2,96
<b>Andalousite</b>	5,53	5,54	4,50	4,53	2,76	2,77
<b>Pyroxène</b>	3,17	3,17	2,87	2,87	2,49	2,49
<b>Goéthite</b>	4,20	4,21	2,68	2,69	2,34	2,44

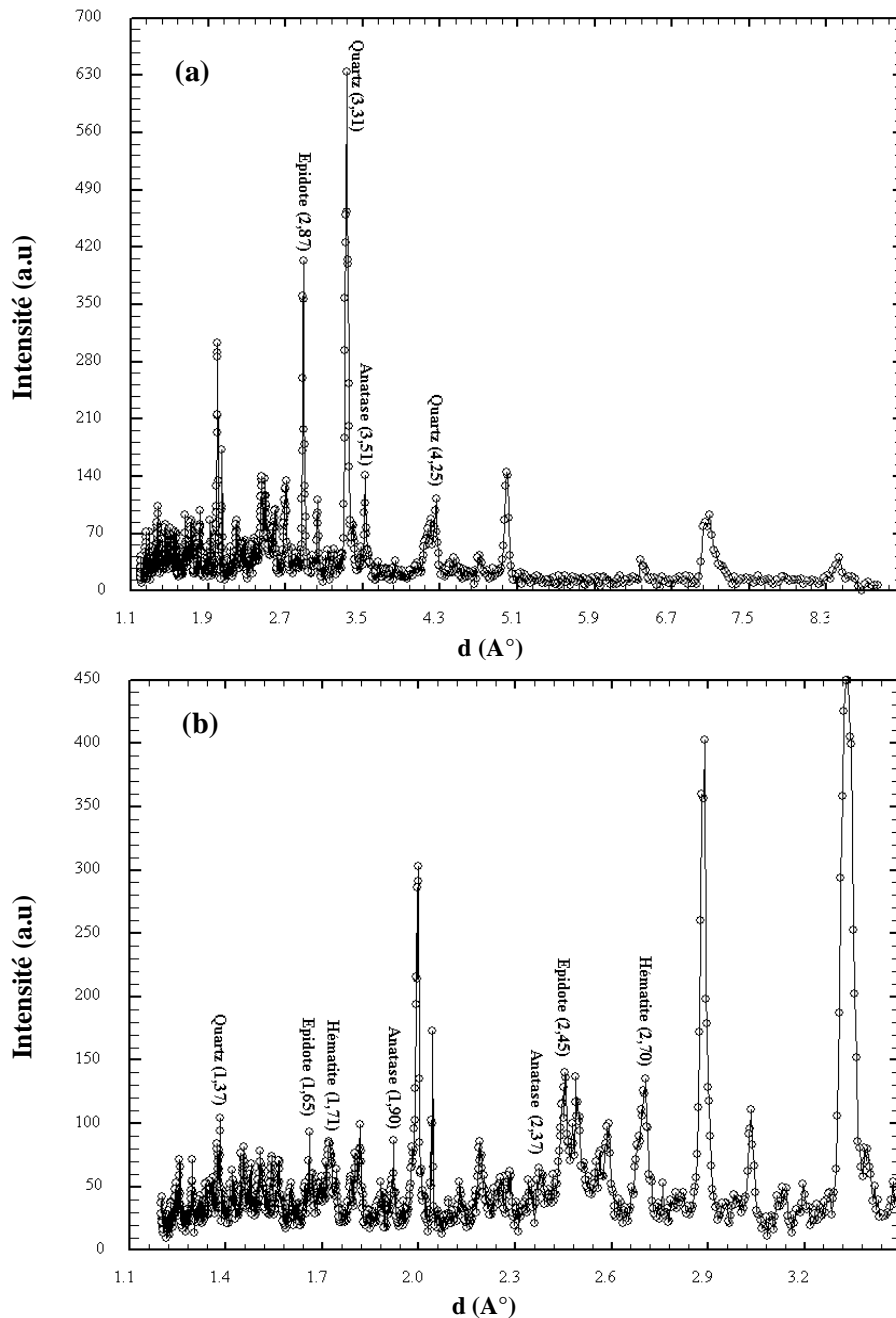


Fig.VI.2- Résultat de l'analyse par RX d'un échantillon de la fraction lourde des sables de plage de Oued Zhour (a) diffractogramme complet, (b) ; partie agrandie de la figure (a) de 1,1 à 3,6 A°).

Tab.VI.4. Minéraux identifiés par diffractométrie dans les sables de plage de Oued Zhour et valeurs de (d) de chaque minéral

	Première raie		Deuxième raie		Troisième raie	
	Valeur de d trouvée (A°)	Valeur de d d'après fiche A.S.T.M (A°)	Valeur de d trouvée (A°)	Valeur de d d'après fiche A.S.T.M (A°)	Valeur de d trouvée (A°)	Valeur de d d'après fiche A.S.T.M (A°)
<b>Quartz</b>	3,31	3,34	4,25	4,25	1,37	1,38
<b>Epidote</b>	2,87	2,90	2,45	2,40	1,65	1,64
<b>Anatase</b>	3,51	3,51	1,90	1,89	2,37	2,38
<b>hématite</b>	2,70	2,69	1,71	1,69	2,48	2,51

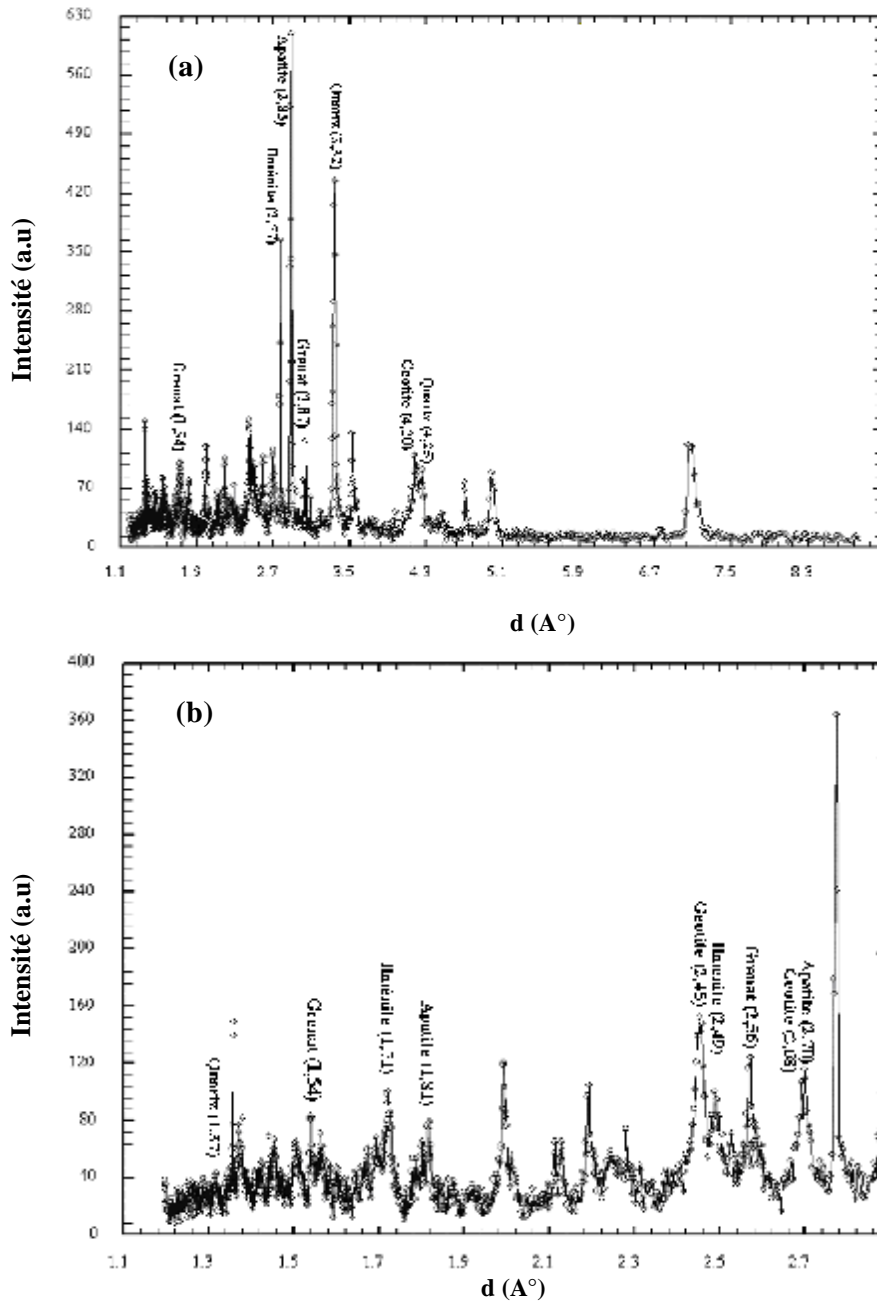


Fig.VI.3- Résultat de l'analyse par RX d'un échantillon de la fraction lourde des sables dunaires de Béni Bélaïd (a) diffractogramme (b) ; partie agrandie de la figure (a) de 1,1 à 3,2 Å°).

Tab.VI.5. Minéraux identifiés par diffractométrie dans les sables dunaires de Béni Bélaïd et valeur de  $d$  (Å) de chaque minéral

	Première raie		Deuxième raie		Troisième raie	
	Valeur de $d$ trouvée (Å°)	Valeur de $d$ d'après fiche A.S.T.M (Å°)	Valeur de $d$ trouvée (Å°)	Valeur de $d$ d'après fiche A.S.T.M (Å°)	Valeur de $d$ trouvée (Å°)	Valeur de $d$ d'après fiche A.S.T.M (Å°)
<b>Apatite</b>	2,85	2,81	2,70	2,71	1,81	1,84
<b>Quartz</b>	3,32	3,34	4,24	4,25	1,37	1,38
<b>Ilménite</b>	2,77	2,74	1,71	1,72	2,49	2,54
<b>Geothite</b>	4,20	4,21	2,68	2,69	2,45	2,44
<b>Grenat</b>	2,56	2,57	1,54	1,54	2,87	2,87

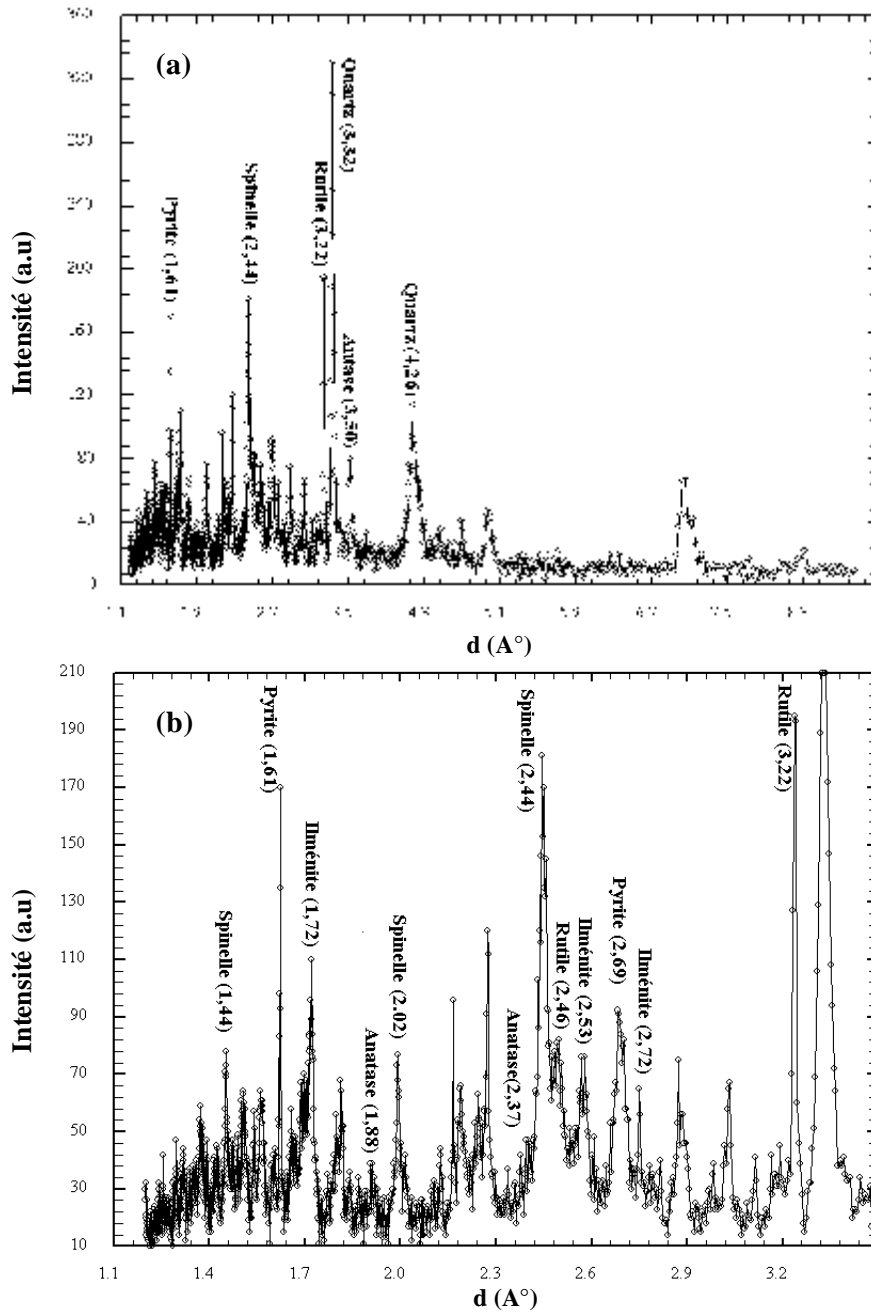


Fig.VI.4- Résultat de l'analyse par RX d'un échantillon de la fraction lourde des sables de plage de Béni Bélaïd. (a) diffractogramme complet (b) ; Partie agrandie de la figure (a) de 1,1 à 3,6 Å<sup>-1</sup>).

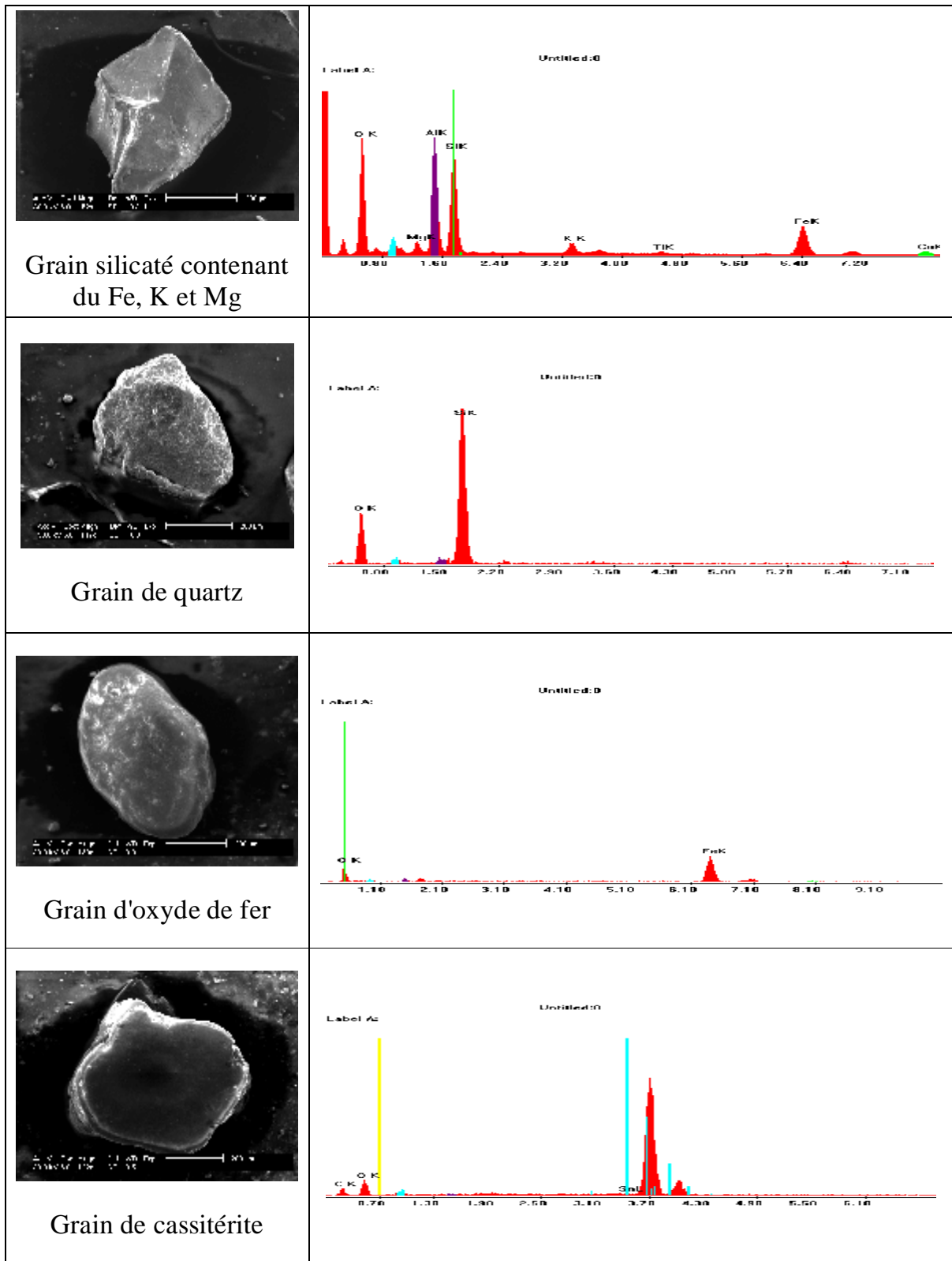
Tab.VI.6. Minéraux identifiés par diffractométrie dans sables de plage de Béni Bélaïd), et valeurs de (d )

	Première raie		Deuxième raie		Troisième raie	
	Valeur de d trouvée (Å <sup>-1</sup> )	Valeur de d d'après fiche A.S.T.M (Å <sup>-1</sup> )	Valeur de d trouvée (Å <sup>-1</sup> )	Valeur de d d'après fiche A.S.T.M (Å <sup>-1</sup> )	Valeur de d trouvée (Å <sup>-1</sup> )	Valeur de d d'après fiche A.S.T.M (Å <sup>-1</sup> )
<b>Quartz</b>	3,32	3,34	4,26	4,24	1,37	1,38
<b>Rutile</b>	3,22	3,25	1,68	1,69	2,46	2,49
<b>Spinelite</b>	2,44	2,44	2,02	2,02	1,45	1,43
<b>Pyrite</b>	1,61	1,63	2,69	2,71	2,41	2,42
<b>ilménite</b>	2,72	2,74	1,72	1,72	2 ;53	2,54
<b>Anatase</b>	3,50	3,51	1,88	1,89	2,37	2,38

**III- Analyse des sables par microscope électronique à balayage (MEB)**

Quelques échantillons des sables de Oued Zhour ont également fait l'objet d'un examen au MEB. La fraction lourde obtenue après séparation densimétrique a été d'abord examinée sous loupe binoculaire. Sur la base de leurs caractères optiques, morphologiques et de couleurs, les grains minéraux constitutifs de cette fraction lourde ont été regroupés en plusieurs catégories. Un ou deux grains minéraux de chaque catégorie ont fait l'objet d'un examen au MEB. Les résultats obtenus sont illustrés sur la figure (VI.5).

On constate que l'analyse chimique semi-quantitative obtenue grâce à cette méthode a confirmé les résultats obtenus par les méthodes précédentes et a également permis de mettre en évidence de nouveaux minéraux tels que la cassitérite.



**Fig.VI.5-** Analyse au MEB (E DAX) de quelques grains minéraux de la fraction lourde obtenue par séparation densimétrique des sables dunaires de Oued Zhou.

**V- Comptage des grains et calcul des pourcentage****V.1- Méthodologie**

Le comptage des grains minéraux a été effectué sous loupe binoculaire cette méthode a été adoptée et décrite par plusieurs auteurs ( Alimen et al, 1967 ; Parfénoff et al, 1970 ; Kaoula, 2000)

**V.2- Résultats****V.2.1. secteur de Oued Zhour**

Les deux fractions lourde et légère obtenues par séparation densimétrique de 05 g de sable dunaire et 05g de sable de plage ont été pesées et leurs pourcentages ont été calculés (Tab.VI.7 et Fig.VI.6 et 7)

**Tab.VI.7.** Poids et pourcentages de la fraction lourde et légère des sables du secteur de Oued Zhour

	Fraction lourde	Fraction légère	Pertes
Sable dunaire	0,125 (g)	4,83 (g)	0,05 (g)
Pourcentage	2,60 %	97,29 %	0,9 %
Sable de plage	0,105 (g)	4,85 (g)	0,05 (g)
Pourcentage	2,12 %	97,97 %	0,9 %

D'après ces résultats, on peut dire que les sables dunaires et de plage de Oued Zhour présentent un pourcentage assez faible en minéraux lourds et que les sables dunaires sont relativement les plus riches en ces minéraux. Ces résultats restent évidemment approximatifs et ne sont donnés qu'à titre indicatif étant donnée que la séparation par liqueur dense n'est jamais complète et totale.

**V.2.2- Secteur de Béni Bélaid :**

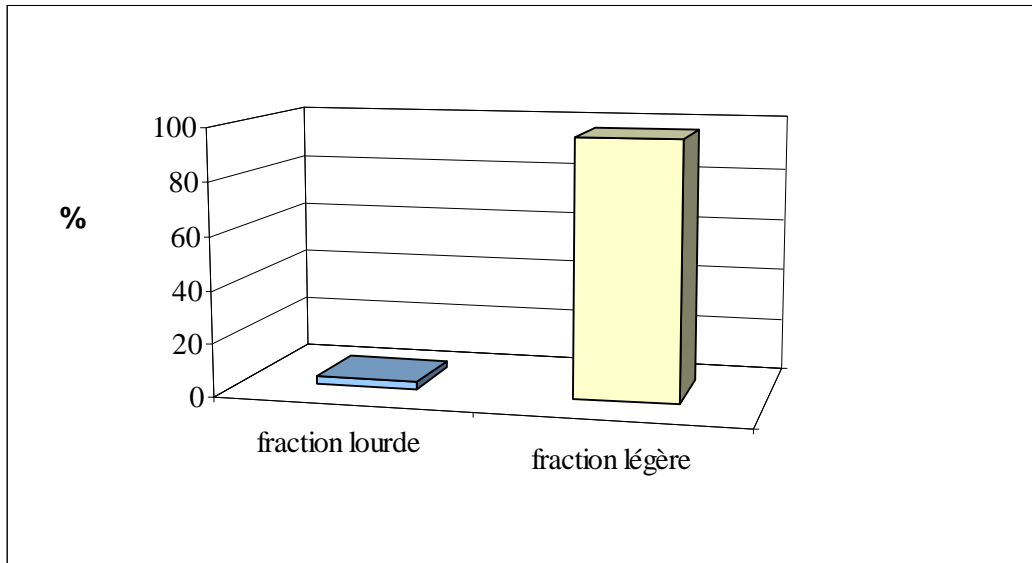
Les deux fractions lourde et légère obtenues par séparation densimétrique de 05 g de sable dunaire et 05g de sable de plage ont été pesées et leur pourcentage ont été calculés (Tab.VI. 8 et Fig.VI.8 et 9 )

**Tab.VI. 8.** Poids et pourcentages de la fraction lourde et légère des sables du secteur de Béni Bélaid

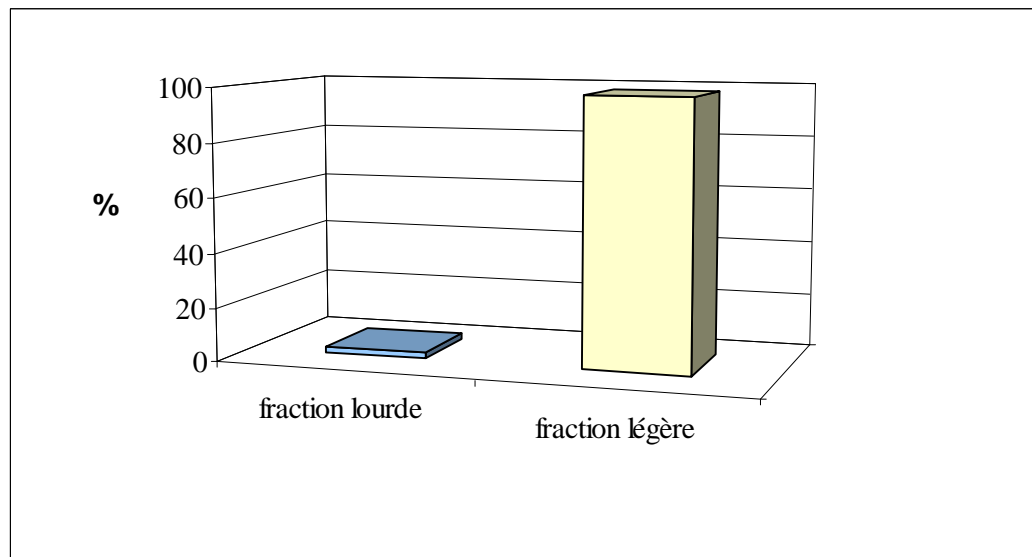
	Fraction lourde	Fraction légère	Pertes
Sable dunaire	0.14 (g)	4.80 (g)	0,06
Pourcentage	2.8%	96 %	1,2 %
Sable de plage	0,38 (g)	4.56 (g)	0.06
Pourcentage	7,85 %	91,2 %	1,2

Selon ces deux tableaux on remarque que le pourcentage le plus élevé des minéraux lourds se localise dans les sables de plage

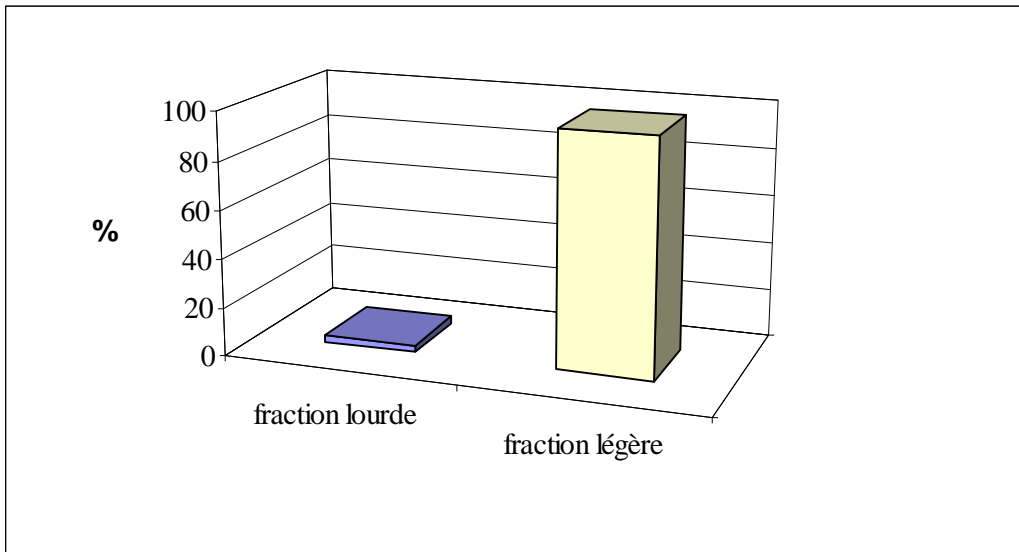




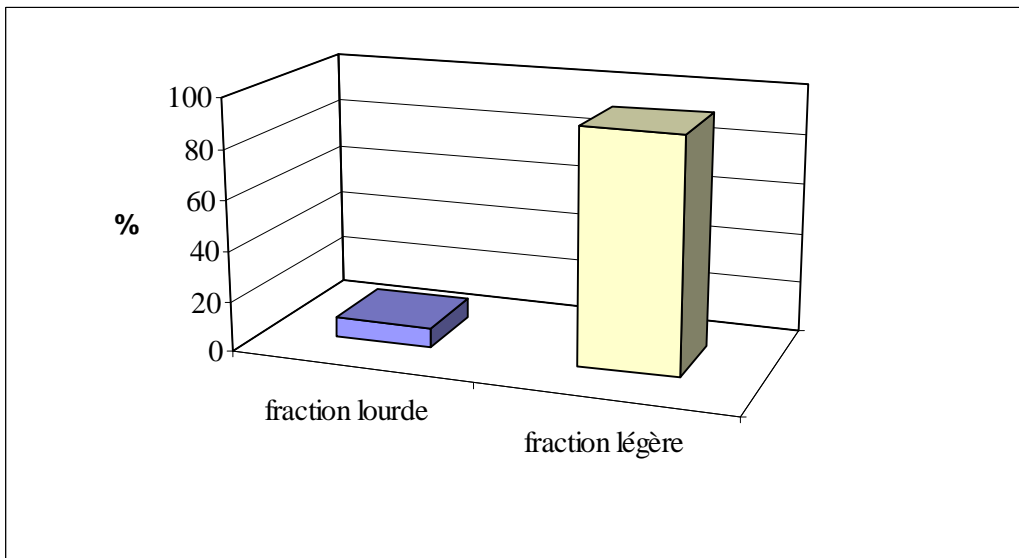
**Fig.VI.6-** Pourcentage des fractions lourde et légère dans les sables dunaires de Oued Zhour.



**Fig.VI.7-** Pourcentage des fractions lourde et légère dans les sables de plage de Oued Zhour



**Fig.VI.8-** Pourcentage des fractions lourde et légère dans les sables dunaire de Béni Bélaid



**Fig.VI.9-** Pourcentage des fractions lourde et légère dans les sables de plage de Béni Bélaid

**V.2.3- Résultats du comptage sur les sables dunaires de Oued Zhou**

Le comptage des grains de minéraux lourds identifiés a été effectué sous loupe binoculaire les résultats obtenus sont représenté dans le tableau (VI.9)

**Tab.VI.9.** résultats du comptage des minéraux lourds dans les sables dunaires de oued Zhou

	Fraction (500-315µm)	Fraction (315-250µm)	Fraction (250-63µm)	Total	Pourcentages relatifs
<b>Tourmalines</b>	52	66	172	290	37,47 %
<b>Rutiles</b>	2	4	28	34	4,40 %
<b>Zircons</b>	-	6	18	24	3,10 %
<b>Pyroxènes et Amphiboles</b>	-	-	8	8	1,03 %
<b>Ilménites</b>	35	58	62	155	20,02 %
<b>Grenats</b>	22	42	40	104	13,44 %
<b>Fragments de roches</b>	6	13	28	47	6,07 %
<b>Autres</b>	25	35	52	112	14,47 %
<b>Somme</b>	124	224	408	756	100 %
<b>Pourcentage</b>	18,34 %	28,94 %	52,71 %		

**V.2.4- Résultats du comptage sur les sables de plage de Oued Zhou**

Le tableau (VI.10.) représente les résultats obtenus sur les sables de plage de Oued Zhou

**Tab.VI.10** résultats du comptage des minéraux lourds dans les sables de page de oued Zhou

	Fraction (500-315µm)	Fraction (315-250µm)	Fraction (250-63µm)	Total	Pourcentages relatifs
<b>Tourmalines</b>	82	150	280	512	43,42 %
<b>Rutiles</b>	3	4	4	11	0,93 %
<b>Zircons</b>	3	6	50	59	5 %
<b>Pyroxènes et Amphiboles</b>	3	5	22	30	5 %
<b>Ilménites</b>	65	66	41	172	14,58 %
<b>Grenats</b>	40	68	75	183	15,52 %
<b>Fragments de roches</b>	42	25	30	97	8,22 %
<b>Autres</b>	22	42	51	115	9,75 %
<b>Somme</b>	260	366	553	1179	100 %
<b>Pourcentage</b>	22,10 %	31,15 %	47,06 %		

La représentation graphique des résultats est illustrée dans la figure (VI.10).

### V.2.4- Résultats du comptage sur les sables dunaires de Béni Bélaïd

Le tableau (VI.11) représente les résultats obtenus sur les sables de plage de Béni Bélaïd

**Tabl.VI.11.** Résultats du Comptage des minéraux lourds dans les sables dunaires de Béni Bélaïd

	Fraction (500-315µm)	Fraction (315-250µm)	Fraction (250- 63µm)	Total	Pourcentages relatifs
<b>Tourmalines</b>	9	2	5	16	2,87 %
<b>Muscovites</b>	-	-	-	-	
<b>Pyroxènes et Amphiboles</b>	3	2	1	6	1,07 %
<b>Ilménites</b>	62	45	28	129	24,28 %
<b>Grenats</b>	103	76	42	221	39,74 %
<b>Hématites</b>	22	13	23	58	10,43 %
<b>Fragments de roches</b>	42	28	15	85	15,28 %
<b>Autres</b>	15	8	12	35	6,29 %
<b>Somme</b>	256	174	126	556	100 %
<b>Pourcentage</b>	46,04 %	31,29 %	22,66 %		

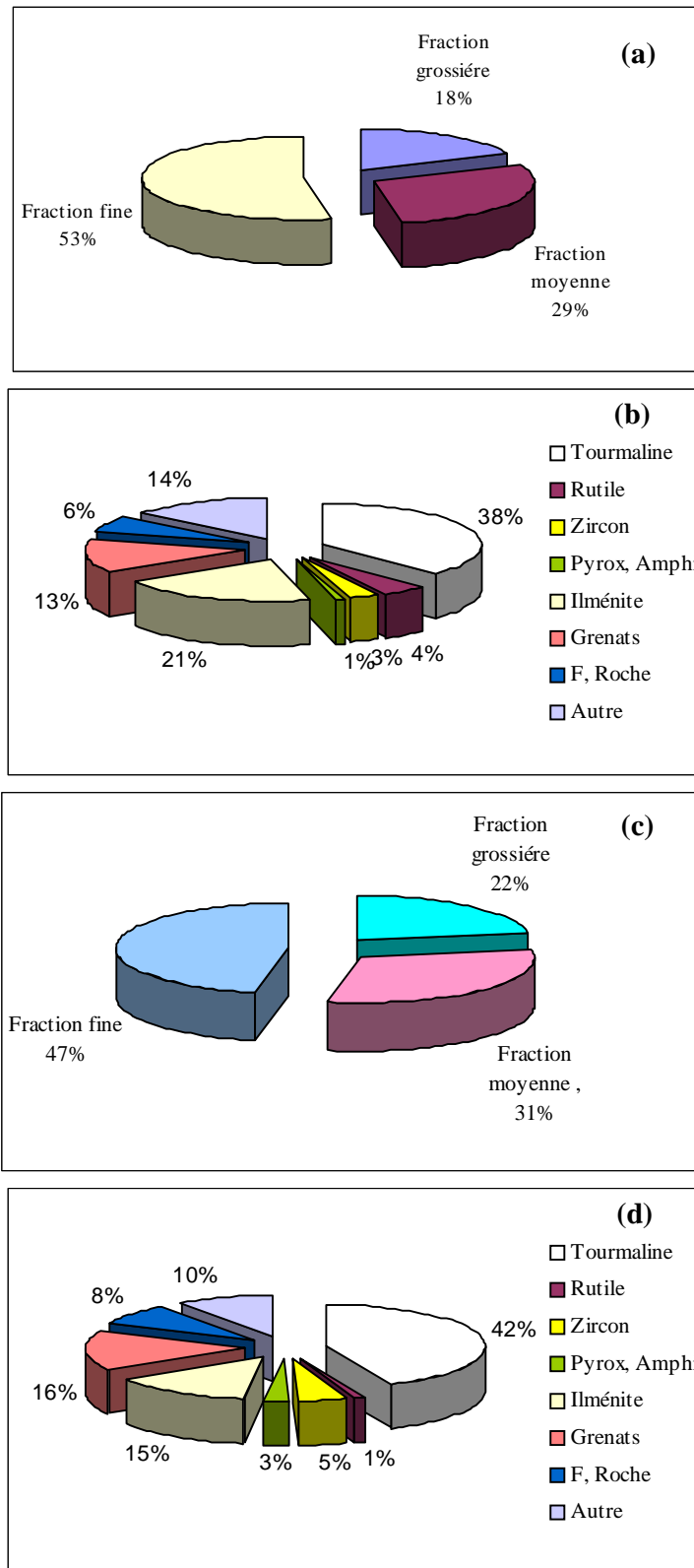
### V.2.5- Résultats du comptage sur les sables de plage de Béni Bélaïd :

Le nombre de minéraux identifiés dans les sables de plage de Béni Bélaïd sont représentés dans le tableau (VI.12)

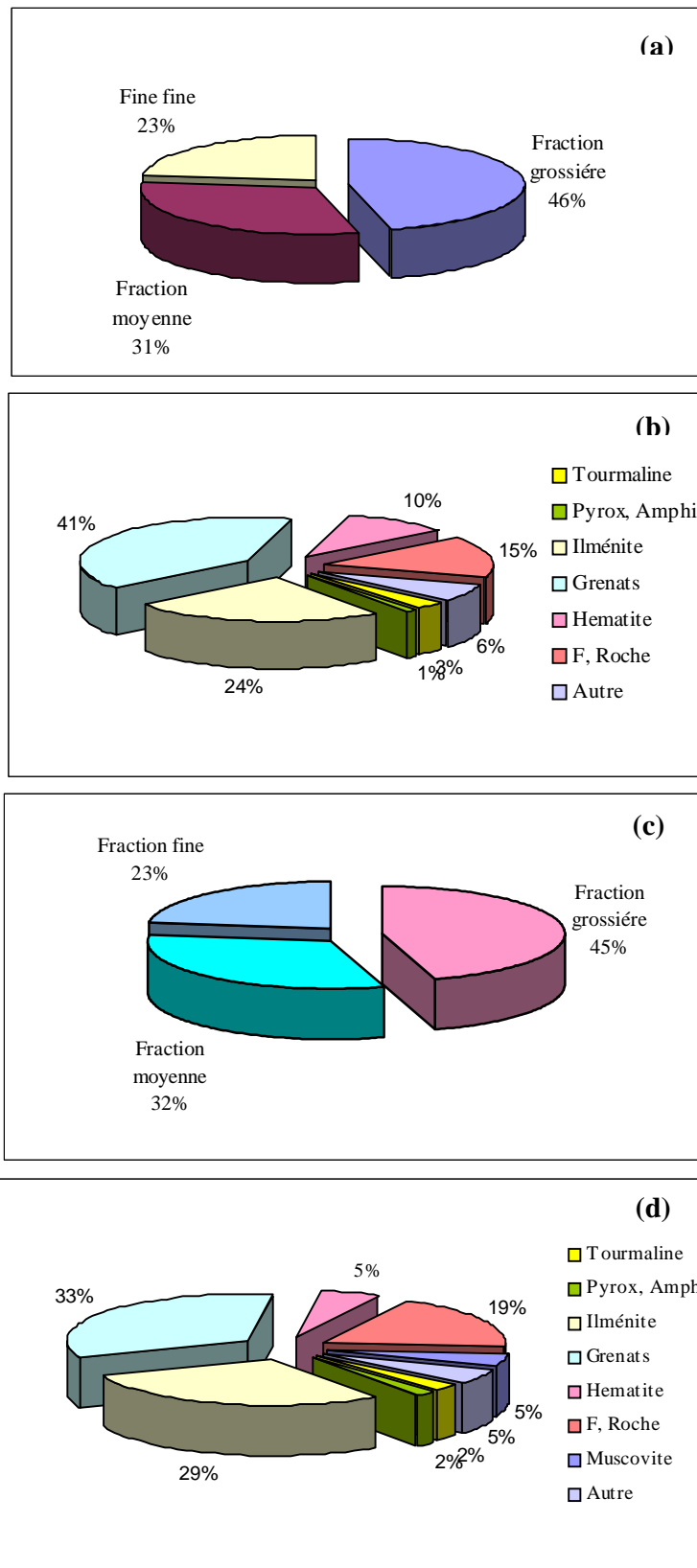
**Tab.VI.12** résultats du comptage des minéraux lourds dans les sables de plage de Béni Bélaïd

	Fraction(500- 315µm)	Fraction(315- 250µm)	Fraction(250- 63µm)	Total	Pourcentages relatifs
<b>Tourmalines</b>	9	3	5	17	2,33 %
<b>Muscovites</b>	15	10	8	33	4,53 %
<b>Pyroxènes et Amphiboles</b>	5	5	3	13	1,78 %
<b>Ilménites</b>	69	66	48	183	28,70 %
<b>Grenats</b>	115	85	42	242	33,24 %
<b>Hématites</b>	19	11	8	38	5,21 %
<b>Fragments de roches</b>	59	44	35	138	18,81 %
<b>Autres</b>	13	10	16	39	5,35 %
<b>Somme</b>	304	234	165	703	100 %
<b>Pourcentage</b>	45,33	32 %	22,66 %		

La représentation graphique des résultats est illustrée dans la figure (VI.11)



**Fig.VI.10-** Répartition des minéraux lourds dans les sables de Oued Zhour : (a)-Pourcentage des minéraux lourds des sables dunaires dans les trois fractions, (b)-répartition des différents minéraux identifiés des sables dunaires dans la fraction lourde, (c)- pourcentage des minéraux lourds des sables de plage dans les trois fractions (d)- répartition des différents minéraux identifiés des sables de plage dans la fraction lourde.



**Fig.VI.11-** Répartition des minéraux lourds dans les sables de Béni Bélaïd: (a)- Pourcentage des minéraux lourds des sables dunaires dans les trois fractions, (b)- répartition des différents minéraux identifiés des sables dunaires dans la fraction lourde, (c)- pourcentage des minéraux lourds des sables de plage dans les trois fractions, (d)- répartition des différents minéraux identifiés des sables de plage dans la fraction lourde

### **V.3- Synthèse et discussion des résultats:**

On rappelle que l'étude minéralogique des sables des deux secteurs a pour but non seulement l'identification des différentes phases minérales présentes dans ces sables mais aussi de faire sortir des particularités qui caractérisent les deux secteurs ainsi que les deux types de sables et d'établir d'éventuelles corrélations entre la granulométrie de ces sables et leur minéralogie.

#### **1- Les sables du secteur de Oued Zhou**

##### **Les sables dunaires :**

L'analyse minéralogique des sables dunaires de Oued Zhou indique que ces sables renferment plusieurs phases minérales. D'après le tableau (VI.8), la tourmaline est le minéral le plus répandu dans ces sables. L'ilménite et les grenats existent avec des quantités notables, le rutile et le zircon sont présents avec des quantités non négligeables, les pyroxènes et les amphiboles présentent le pourcentage le plus faible dans ces sables.

On remarque cependant une différence dans la répartition des minéraux dans les différentes classes granulométriques, le pourcentage le plus élevé des minéraux se localise dans la fraction fine, il est moins intéressant dans la fraction moyenne et moyen dans la fraction grossière. La tendance des minéraux lourds à se concentrer dans les fractions fines a d'ailleurs été signalée par de nombreuses études (Prfénoff et al, 1970 ; Bertoit, 1975).

##### **Les sables de plage :**

Les phases minérales qui existent dans les sables dunaires se retrouvent aussi dans les sables de plage de Oued Zhou. La tourmaline reste toujours le minéral le plus abondant avec 43,42 %, les grenats et les ilménites sont présents avec presque le même pourcentage (15,52 et 14,58 %), le pourcentage des zircons est notable, les rutilites existent avec des quantités faibles.

Pour l'ensemble de l'échantillon la fraction fine (250-63 $\mu$ m) est la fraction la plus riche en minéraux lourds, on remarque que les pourcentages les plus élevés de tourmaline, rutile, zircon, pyroxène amphibole et grenats se localisent dans cette fraction

D'après l'analyse minéralogique des sables dunaires et de plage du secteur de Oued Zhou on remarque que ces sables contiennent les mêmes phases minérales. Ce sont des sables qui se ressemblent du point de vue qualitatif, mais présentent de légères différences dans les proportions des différents minéraux.

En somme, on peut dire que les sables dunaires et de plage de Oued Zhou présentent des caractéristiques plus au moins homogènes, la fraction fine (250-63 $\mu$ m) est la fraction la plus riche en minéraux pour les deux types de sables (Tab.VI.8 et 9).

Les sables de plage montrent des particularités concernant quelques minéraux tel que les tourmalines, les zircons et les pyroxènes qui se trouvent en pourcentage un peu plus élevé que celui des sables dunaires, contrairement au rutile et ilménites qui présentent le pourcentage le plus élevé dans les sables dunaires.

Le cortège minéral qui caractérise les sables dunaires de Oued Zhour milite pour une filiation génétique avec celui de plage du même secteur. La plage de Oued Zhour est caractérisée par un estran large, dépourvu de végétation, exposée généralement aux tempêtes de vent qui favorise un transport sélectif basé sur la taille et la densité des grains. L'ensemble de ces caractères font de la plage de Oued Zhour un lieu favorable pour l'accumulation des sédiments sableux et leur déplacement conjoncturel pour constituer les dunes avoisinantes.

L'ensemble de ces sédiments détritiques accumulés sur les plages ou les dunes de Oued Zhour proviennent des principales roches constituants les formations géologiques de la région (chap. III). Ces dernières résumées dans le tableau (VI.12) montrent un cortège minéral fort similaire à celui des accumulations détritiques. On note cependant une prédominance des minéraux provenant des roches cristallines probablement à cause de leur dureté et de leurs résistance à l'altération lors des processus d'érosion et de transport.

**Tab.VI.12.** Les formations géologiques de la région et leurs compositions minéralogiques.

<b>Formation</b>	<b>Composition minéralogique</b>
Métopélite et granite de Béni Bélaïd	Quartz, muscovite, grenat, disthène et tourmaline
Paragneiss de Hallam Cap Aourer Pegmatite et amphibolite.	Quartz, muscovite, biotite, plagioclase, grenat, andalousite et staurotide Quartz, muscovite, plagioclase, tourmaline, hornblende, quartz et plagioclase.
Micaschiste de l'unité Marbouha orthogneiss	Quartz, muscovite, biotite, plagioclase et grenat. Quartz, muscovite, feldspath K, cassitérite, colomboantalite, chrysobéryl et le phosphate
Unité de Bougaroun (serpentine et gneiss)	Plagioclase, bronzite, diallage, olivine, chromite, et magnétite Quartz, feldspath K, plagioclase, cordiérite, sillimanite biotite, muscovite chlorite
Granite du Cap Bougaroun	Quartz, feldspath potassique, biotite, cordiérite, zircon, apatite, ilménite.
Granite de Béni Touffout	Cordiérite, biotite, quartz, plagioclase, zircon ; apatite, ilménite, tourmaline
Granite d'El Milia	Plagioclase, quartz, biotite, cordiérite, ilménite, grenats.
Oligo-Miocène-Kabyle	Quartz, muscovite, chlorite, monazite, rutile et oxyde de fer
Numidien	Quartz, tourmaline, zircon, rutile, staurotide, muscovite et biotite.

Ces différents minéraux qui se trouvaient disséminés dans ces formations géologiques et sans intérêt économique ont été mis en mouvement sous l'action de l'érosion et ont été



transportés par les différents agents (réseaux fluviatiles, vents, dérive littorale...) avant d'être déposés le long des rivages.

## 2- Les sables du secteur de Béni Bélaïd :

### Les sables dunaires

La fraction lourde des sables dunaires de Béni Bélaïd est de l'ordre de 2.92 %, la répartition de ces minéraux sur les différentes fractions indique que la fraction grossière est la plus riche en minéraux avec 46 %, la fraction moyenne présente 31 % et la fraction fine 23 %.

L'analyse sous loupe binoculaire de cette fraction a montré qu'elle contient plus de minéraux opaques, essentiellement de grenats (41 %), ilménite (24 %) et hématite (10 %) et d'autres minéraux non déterminés. Les minéraux transparents identifiés sont essentiellement de tourmaline (6%) et pyroxène amphibole avec 1 %.

### Les sables de plage

La fraction lourde des sables de plage de Béni Bélaïd est représentée par 7.85 %, et comme nous avons remarqués pour les sables dunaires du secteur la fraction grossière (500 315 µm) est la fraction qui présente le pourcentage le plus élevé en minéraux lourds (45 %), la fraction moyenne comporte (32 %) et la fraction fine est exprimée par (23 %). Les grenats sont les minéraux les plus abondants avec 33 %, l'ilménite est exprimée par 29%, l'hématite et les autres minéraux présentent un pourcentage qui oscille entre 5 et 2%.

En somme, on peut dire que les sables du secteur de Béni Bélaïd présentent un pourcentage notable en minéraux lourds. Ces sables présentent une certaine ressemblance du point de vue qualitatif (seulement pour l'apparition de la muscovite dans les sables de plage), mais différent du point de vue quantitatif.

Les sables dunaires sont des sables issus des sables de plage du secteur de Béni Bélaïd, ces grains de sables ont été transportés par les vents soufflant et ils ont été déposés pour formés les accumulations dunaires de la région.

### Comparaison des résultats

Le tableau suivant montre une comparaison entre les résultats trouvés dans les secteurs de Oued Zhou et Béni Bélaïd et dans certaines régions au monde

Type de sable	T H M ( Total Heavy Minerals)
Sable Dunaire de Oued Zhou	2,6%
Sable de Plage de Oued Zhou	2,12%
Sable Dunaire de Béni Belaïd	2,8%
Sable de Plage de Béni Belaïd	7,85%
Sable de plage Bujuru (Brésil) (Dillenburg et al. 2004)	30%
Sable dunaire de Malindi (Kenya) (Aboudha, JO.Z., 2003)	32%
Sable de plage de Malindi (Kenya) (Aboudha, JO.Z., 2003)	7,5%

Ce tableau montre que la concentration en minéraux retrouvées dans nos deux secteurs d'études restent faible par rapport aux teneurs en THM dans les sables de plage de Baruju au Brésil et la plage de Malindi au Kenya.

## **Conclusion générale**

La partie orientale de la wilaya de Jijel où se localise nos deux secteurs d'études contient un potentiel sableux considérable. Ces sables font l'objet d'une exploitation intensive parfois anarchique destinée pour les domaines de la construction et des travaux publics. Dans l'objectif d'une éventuelle valorisation de cette ressource, nous nous sommes donc intéressés à caractériser ces matériaux.

Ce travail a permis de déterminer les propriétés granulométriques et minéralogiques des sables dunaires et de plages des secteurs de Oued Zhour et Béni Bélaïd.

L'étude géologique de la partie orientale de la wilaya a montré la diversité des formations géologiques. Les sables peuvent avoir comme origine, des roches métamorphiques telles que les gneiss et les micaschistes, des roches magmatiques telle que les granitoïdes de la région d'El Milia et cap Bougaroun, des roches sédimentaires telles que les calcaires, les marnes et les grès.

L'étude granulométrique des sables dunaires a montré que les sables dunaires sont mieux classés et plus fins que ceux de plage. Les sables de plage semblent être influencés par une fraction grossière, résultat du tri sélectif sur la base de la densité et la taille des grains effectué par le jet de rive et les petites marées qui affectent l'estran des plages.

L'analyse minéralogique des sables dunaires et de plage de Oued Zhour a montré que les minéraux légers sont essentiellement du quartz, micas, feldspath et fragments de roches.

Les minéraux lourds identifiés dans les sables dunaires et de plage de Oued Zhour sont essentiellement constitués de grains de tourmalines, zircons, silicates ferromagnésiens, ilménite, grenats, fragments de roches. Ces minéraux se localisent essentiellement dans la fraction fine (250-63  $\mu\text{m}$ ).

Bien que les sables dunaires et de plage présentent un faible pourcentage en minéraux lourds, les sables de plage sont relativement plus riches en ces minéraux.

L'analyse minéralogique des sables du secteur de Béni Bélaïd a montré que la fraction légère est constituée de quartz, feldspath, mica, fragments de roches, et la fraction lourde est constituée essentiellement de grenats ilménite, muscovite, tourmaline, hématite et silicates ferromagnésiens, ces minéraux se concentrent principalement dans la fraction grossière (500-315  $\mu\text{m}$ ).

La minéralogie de ces sables ainsi déterminée ressemble beaucoup aux paragenèses minérales des roches qui constituent les formations géologiques des deux secteurs. Une relation étroite entre la minéralogie des sédiments détritiques (sables) et celle des formations géologiques environnantes est par conséquent évidente.

Ces formations géologiques ont subi une érosion littorale et fluviale, sous l'influence du climat qui a favorisé la désagrégation des roches. Le matériel ainsi produit a été transporté par voie fluviale vers la mer, et sous l'influence de la dérive littorale et la houle, ces sédiments se sont déposés le long des rivages.

La concentration en minéraux retrouvés dans nos deux secteurs d'études restent faible par rapport aux résultats retrouvés dans certaines régions du monde

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

**BIBLIOGRAPHIE**

**Abuodha J.O.Z (2003)** : Grain size distribution and composition of modern dune and beach sediments, Malindi Bay coast, Kenya. *Journal of earth science* 36, pp 41-54.

**Alimen, H. Chavaillon, J. Duplaix, S (1964)** : Minéraux lourds des sédiments quaternaires du Sahara Nord-Occidentale (centre national de la recherche scientifique), 71 p.

**Amri, K. (1996)** : Cinématique des déformations ductiles et fragiles de la région de Béni Bélaïd- Oued Zhour (Petite Kabylie). Mém. Magister, USTHB, Alger, 144 p.

**Andrieux, J., Djellit, H., (1989)** : Structure de la Petite Kabylie occidentale (Algérie) : flyschs ultra et flyschs externes. *C.R. Acad. Sc. Paris*, pp 1191-1196.

**Belmederk, S., Remmache, I., (2001)** : Etude géologique et minéralogique des grés de la carrière de Kissir. Mém. Ing. Univ Constantine, 65 p.

**Belmederk, S., Remmache, I., Bouftouha, Y., Kaoula, S., (2004)** : Les grés numidiens : Leurs utilisations dans l'industrie du verre. Séminaire national sur les sciences de la terre pour le développement durable. Univ Tébessa, p 61

**Belmederk, S., Bouzenoune, A., (2005)** : Les sables de plage de Béni Bélaïd : distribution granulométrique et composition minéralogique. Séminaire international sur la géologie du grand constantinois et des confins algéro-tunisien. Univ Constantine 18 p.

**Bertois, L., (1975)** : Etude sédimentologique de roches meubles (techniques et méthodes). Edition doin, 254 p.

**Bouillin, J.P. et Raoult, J.F., (1971)** : Présence sur le socle kabyle du constantinois d'un olistostrome lié au charriage des flyschs; le Numidien peut être un néo-autochtone? *Bull. Soc. géol. France*,7, pp 338-362.

**Bouillin, J.P., (1979)** : La transversale de Collo et d'El-Milia (Petite Kabylie) : Une région clef pour l'interprétation de la tectonique Alpine de la chaîne littorale d'Algérie. *Mém. Soc. géol., France*, 135, pp 1-84

**Bouillin, J.P, Kornprobst, A., (1974)** : Association ultrabasique de la petite Kabylie : Péridotite de type Alpine et complexes stratifiés; Comparaison avec les zones internes bético rifaines. *Bull. Soc. géol. France*, 167, pp 183-194.

**Bouillin, J.P., (1977)** : Géologie alpine de la petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El-milia (Algérie). Thèse Doctorat. Univ. P. et M. Curie, 511p

**Bouillin, J.P., Baudelot, S., Coiffait, P., (1981) :** Découverte d'Ordovicien inférieur daté par Acritarches dans l'Ouest de la Petite Kabylie (Algérie) ; Conséquences structurales. C.R. Acad. Sc. Paris. t 293, pp 611- 614.

**Bouillin, J.P., (1982) :** Mise en évidence d'un important accident blastomylonitique dans le nord de la Petite Kabylie (Algérie). C.R Acad Sc.Paris. t 294, pp 1271- 1274.

**Bounessah, M., (1993) :** A stream sediment investigation of Collo area (NE Algérie).PhD, Univ Nottingham, 156 p

**Buller . A. T, McManus, J., (1971):** Simple metric sedimentary statistics used to recognize different environements. Journal of Sédimentology,18, pp 1-21.

**Chadi, M., (2004) :** Cadre géologique et structurel des séries crétacées néritiques du Constantinois (Algérie NE). Thèse Doctorat. Univ. Constantine

**Clemens. K.E, Komar.P.D., (1988) :** Oregon beach sands compositions produced by the mixing of sediments under transgressing sea. Journal of Sedimentary Petrology.Vol 58, N° 3, pp 520-529.

**Djellit, H., (1987) :** Evolution tectono-métamorphique du socle kabyle et polarité de mise en place des nappes flysch en petite Kabylie occidentale (Algérie). Thèse Doct.Univ. Paris, 206 p.

**Durand-Delga, M., (1955) :** Etude géologique de l'Ouest de la chaîne numidique. Thèse d'Etat. Paris, 533 p.

**Durand-Delga, M.,(1969) :** Mise au point sur la structure du Nord- Est de la Bérberie. Bull. Serv. Carte Géol. Algérie, Vol 39, pp 89-131.

**Durand Delga, M., (1980) :** La Méditerranée occidentale, étape de sa genèse et problèmes structuraux. Mem.H. Ser.Soc.Geol. France. N° 10, pp 204-224 .

**Folk. R.L, Ward, W.C., (1957) :** Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters Journal of sedimentary petrology. 27, pp 3-26.

**Folk. R.L (1959):** Petrology of Sedimentary Rocks, Hemphills, Austin, Texas, 154 p

**Friedman, G.M., (1961):** Distinction between dune beach and river sands from their textural characteristics. Journal of Sedimentary Petrology 31. pp 514-529.

**Glangeaud, L., (1933) :** Unités paléogéographique et unités structurales de l'Atlas méditerranéen de l'Afrique du Nord. Actes Soc. Linnéenne de Bordeaux, t XXXV

**Gélard, J.P., (1969) :** Le flysch à base schisto-gréseuse de la bordure méridionale et orientale du massif Chellata : Le flysch maurétanien (Grande Kabylie). Bull. Soc. géol. France.7.pp 676-686.

- Goldsmith, V (1985):** Coastal dune. In Davis.R.A (Ed). Coastal Sedimentary Environments. Springer-Verlag. New York . pp 171-236.
- Hartmann, D., (1991):** Cross-Shore selective sorting processes and grain size distributional shape. Acta Mechanica. Vol.2. pp 49-63.
- Henrot, E., (1996) :** Caractérisation sédimentaire de quelques plages du delta du Rhône. Mém. DEA. Univ. Provence- Aix-en-Provence .69 P
- Inman, D.I, (1952) :** Mesure for describing the size distribution of sédiment. Journal of Sedimentary Petrology. Vol 22pp 125- 145.
- Juvigné, E., (2004):** Quelques méthodes d'étude des formations détritiques continentales. Cours de géomorphologie. Univ de Liège (Belgique), 350 p.
- Kaoula, S (2000):** Influence des étapes de purification d'un sable siliceux sur sa composition minéralogique. DESS. Univ Liège (Belgique).47p.
- Kehal, A. (1998) :** Géologie, pétrographie et géochimie des formations du socle de petite Kabylie dans la région des Béni Bélaïd (Algérie Nord-Orientale). Altérations hydrothermales et minéralisations à Sn, Ta, Nb liées aux pegmatites. . Mém. Magistère. Univ Constantine. 73 p
- Lahondère, J.C., Feiberg, H., Hac, B.U., (1979):** Datation des grès numidiens d'Algérie orientale: Conséquences structurales, C R. Acad. Sc. Paris t 289, N°4, pp 383-386
- Mahdjoub, Y., (1990) :** Cinématique des déformations tertiaires dans le massif de la Petite Kabylie (Algérie orientale). Bull. Sol. géol. France. Vol 8. VI, pp 629-634
- Mahdjoub, Y., (1991):** Cinématique des déformations et évolution P-T anté-alpines en Petite Kabylie (Algérie Nord Orientale). Thèse Doctorat d'Etat, USTHB, Alger, 190 p
- Mason C. C et Folk m R. L (1958):** Differentiation of beach, dune, and eolian flat environment by size analysies. Mustang Island, Texas: Journal of sédimentary petrology, Vol.28, No.4, pp 211-226.
- McLaren, P. Boweles D (1985):** The effects of sediment transport on grain-size distributions. Journal of sédimentary petrology, Vol.55, No.4, pp 457-470.
- Otto G.H (1938):** The sedimentation unit and its use in field sampling. Journal of géology. Vol 46, pp 569-582
- Ouabadi, A., (1987) :** Etude pétrologique du complexe magmatique du Nord de la Kabylie de Collo, Thèse de Magister USTHB., 169 P.

**Ouabadi, A., (1995) :** Pétrologie, géochimie et origine des granitoïdes peralumineux à cordiérite (Cap Bougaroun, Beni Touffout, Filfila), Algérie Nord Orientale, Thèse Doctorat d'Etat. Univ. Rennes I, 231 p.

**Parfenoff. A, Pomerol. C, Tourenq. J., (1970) :** Les minéraux en grains, méthode d'étude et de détermination. Edition Masson, 578 P

**Passega, R., (1964) :** Grain size representation by cm patterns as a geological tool. Journal of sedimentary petrology. Vol 34.N°4, pp 830- 847.

**Paskoff, R. (1998) :** Les littoraux, impacts des aménagements sur leur évolution, Paris. Edition Armand Colin. Paris, 264 p

**Paskoff, R. (1998) :** La crise des plages : Pénurie des sédiments. Journal mappemonde 52, pp 11-15.

**Pye, K. (1991) :** Beach deflation and backshore dune formation following erosion under surge condition: an exemple from Norhwest of England. Acta mechanica 2, pp 171-181.

**Raoult, J.F, (1974) :** Géologie du centre de la chaîne numidique (Nord du constantinois, (Algérie). Mém. Soc. géol. France, 53, pp 121-163.

**Raoult, J.F., (1969) :** Relation entre la dorsale kabyle et les flyschs sur la transversale du Djebel Rheidir; Phase tangentielle éocène, Paléogéographie (Nord du Constantinois, Algérie). Bull.. Sol. géol. France, pp 523-543.

**Raoult, J.F., (1974) :** Géologie du centre numidique (Nord du Constantinois. Algérie), Mém. Soc. géol. France, 53, pp 121-163 .

**Roubault, M., (1934) :** La Kabylie de Collo: Etude géologique. Thèse d'Etat, Paris, 272 p.

**Semroud, B., Ouabadi, A., Belantour, O., (1992) :** Les granitoïdes associés à la chaîne alpine en Algérie du Nord. Bull. Ser. géol. Vol.9.N°1. pp 3-8.

**Trask.P.D, (1930) :** Economic geology. Vol. 25,pp 581-599.

**Tucker, M., (1988) :** Techniques in Sedimentology. Blackwell sientific publications, 354 p

**Vila, J. M., (1980) :** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisien. Thèse Doctorat. Paris VI, 663 p.

**Wildi, W., (1983) :** La chaîne tellorifaire (Algérie, Maroc, Tunisie) : Structure, Stratigraphie, évolution du Trias au miocène. Rev. géol. Dyn, Geogra.Phys. Vol 24, pp 201-297.

**Zhenlin. M, Komar. P.D., (1992) :** Longshore grain sorting and beach placer formation adjacent to the Columbia river *Journal of Sedimentary Petrology* Vol .62 No.3, pp. 429-441.



## Résumé

La partie orientale de la wilaya de Jijel est connue par sa richesse en sable naturel utilisé essentiellement dans le domaine des bâtiments et travaux publics (BTP). Plusieurs sablières se sont implantées dans cette partie dans des sables dunaires ou des sables de plages. Dans le but d'une utilisation rationnelle des ces ressources, notre étude c'est focalisée sur la détermination des caractéristiques granulométriques et le calcul des pourcentages des minéraux lourds présents dans ces sables. Ces minéraux peuvent constituer des gisements détritiques exploitables de type placers.

L'étude granulométrique des sables dunaires et des plages du secteur de Oued-Zhour et Beni-Belaïd a montré que les sables dunaires présentent un aspect homogène, ce sont des sables moyens, bien à très bien classés et ayant une symétrie granulométrique alors que les sables de plage sont grossiers, bien classés et présentent une légère asymétrie vers les grandes tailles.

L'étude minéralogique a révélé que la fraction légère ( $d < 2,89$ ) des sables des deux secteurs est principalement constituée de quartz, micas, feldspath et fragments de roches. La fraction lourde ( $d > 2,89$ ) des sables de Oued Zhour est essentiellement constituée de tourmaline, zircon, rutile, ilménite pyroxène, amphibole et grenat alors que la fraction lourde du secteur de Béni Bélaïd est principalement constituée de tourmaline, pyroxène, amphibole, muscovite, ilménite et grenat.

Les pourcentages des minéraux lourds calculés indiquent que les sables dunaires de Oued-Zhour sont légèrement plus riches (2,6%) que les sables de plage du même secteur (2,12%), ces minéraux se localisent surtout dans la fraction fine (250 – 63 $\mu$ m). Pour le secteur de Beni-Belaïd, les sables de plage présentent le pourcentage le plus élevé en minéraux lourds (7,85%) alors que leur teneur dans les sables dunaires n'est que 2,92 %. Ces minéraux se concentrent principalement dans la fraction grossière.

## Summary

The Eastern part of the wilaya of Jijel is known for its high content in natural sand used primarily in the public works and building trade. Several sand pits were established in Oued Zhour dune and beach sands. With an aim of a rational use of these resources, our study is focused on the determination of the granulometric characteristics and heavy mineral contents of these sands. The heavy minerals are known to constitute detritical ore deposits known as placers deposits.

The granulometric study of dunes and beaches sands of the of Oued Zhour and Beni-Belaïd localities showed that dunes sands present a homogeneous granulometry and have a graphic mean which indicates a mean sand. The inclusive graphic standard deviation values indicate a well to very well sorted sand. They have a well skewed curve; whereas beach sands are coarse, well sorted and have a negative skewness.

The mineralogical study revealed that the light fraction ( $d < 2,89$ ) of sands of the two sectors is mainly made up of quartz micas, feldspar and fragments of rocks. The heavy fraction ( $d > 2,89$ ) of sands of Oued Zhour primarily consists of tourmaline, zircon, rutile, ilmenite, cassiterite, pyroxene, amphibole and garnet whereas the heavy fraction of the sector of Béni Bélaïd is mainly made up of tourmaline, pyroxene, amphibole, muscovite, ilmenite, and garnet.

The percentages of heavy minerals indicate that dune sands of Oued-Zhour are slightly richer in heavy minerals (2,6%) than beach sands (2,12%), these minerals are located especially in the fine fraction (250 - 63 $\mu$ m). For the sector of Beni-Belaïd, beach sands present the highest percentage (7,85%) whereas 2,92 % of heavy minerals in dune sands, these minerals concentrate mainly in the coarse fraction (500- 315 $\mu$ m).

## ملخص

إن الجهة الشرقية لولاية جيجل معروفة بغناها بالرمل الطبيعي المستعمل خاصة في ميدان البناء و الأشغال العمومية, عدة مرامل قد وضعت على مستوى الرمال البحرية الموجودة على الشاطئ أو الرمال المكونة للكثبان الرملية. بهدف استعمال جيد لهذه الموارد تطرقنا في هذا العمل لتسليط الضوء على الميزات الحبيبية لهذا الرمل و كذلك محتوياتها بالمعادن الثقيلة, هاته المعادن التي تستطيع أن تتركز على شكل حطام و تستغل على أساس بلاسير.

الدراسة الحبيبية للرمال البحرية أو رمال الكثبان الرملية لمنطقة واد الزهور و بني بلعيد بينت أن رمال الكثبان الرملية هي رمال متجانسة, متوسطة الحجم, جيدة الترتيب و متناظرة. أما رمال البحر فهي كبيرة الحجم, ذات ترتيب حسن و تمتاز بعدم تناظر طفيف و هذا ناحية الرمال الكبيرة الحجم.

الدراسة المعدنية بينت أن المعادن الخفيفة (ك > 2,89) للرمال الخاصة بمنطقة واد الزهور و بني بلعيد مكونة خاصة من الكوارتز, ميكا, فلدسبات و حطام الصخور. المعادن الثقيلة (ك < 2.89) الخاصة بمنطقة واد الزهور تتكون من التورمالين, زيركون, روتيل, المنيت, الكاسيتيريت, البيروكسان, أمفيبول و الغرونة. رمال الكثبان تحتوي على نسبة معتبرة من المعادن الثقيلة ( 2,6 % ) أكثر منها في رمال البحر, هاته المعادن تتركز خاصة في الجزء الحبيبي الدقيق للرمال (250- 63 ميكرون) في منطقة بني بلعيد النسبة الكبيرة للمعادن الثقيلة تتواجد في رمال البحر (7,85%) أما في رمال الكثبان الرملية فهي بمعدل (2,92%) هاته المعادن تتركز خاصة في الجزيئات الرملية كبيرة الحجم ( 500 - 315 ميكرون).