

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل
المكتبة علوم الطبيعة والحياة
المكتبة
رقم الجرد : 2450

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers



Géol.M.G. 05/17

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم علوم الأرض و الكون

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique en Géologie

Option : Ressources Minérales et Géomatériaux

1/1

Thème

Etude géologique, physique, sédimentologique et minéralogique des sables de la plage de Béni Bélaïd (Jijel, Algérie nord orientale)

Membres de Jury

Président : TEBBIB.Houria

Examineur : HAMADI.ALI

Encadrant : BELMEDREK. Sonia

Présenté par :

MERABTI Khadidja

BENAZIZA Abd essettar



Année Universitaire 2016-2017

Numéro d'ordre (bibliothèque) :

Remerciements

Avant tout, Nous remercions Dieu le tout puissant pour nous avoir donné la force et la patience afin de pouvoir mener à terme ce travail.

*Nos vifs remerciement s'adressent à notre encadreur : Mme **Belmedrek Sonia**, pour son aide pratique et pédagogique ses conseils et sa patience.*

*Nous tenons à remercier Melle **Kherrouba . H** pour ses conseils précieux et sa disponibilité. Nous tenons aussi à remercier l'ensemble des enseignants de géologie, et surtout, Mr **Rouíkha. Y** , et Mr **Baghdad. A**, pour leur soutien et aide.*

Les membres du laboratoire de géologie.

Nous remercions les membres du Jury qui ont bien voulu accepter d'examiner notre travail.

Enfin nous tenons à exprimer notre sincère salutation à nos familles : Merabti et Benaziza, à nos amies et à tous les collègues pour leur soutien moral.

Khadidja et Abd esettar

Dédicace

*Au nom d'ALLAH, le tout Miséricordieux le très Miséricordieux
Je remercie Allah Le tout puissant, clément et Miséricordieux de m'avoir motivée à
réaliser cet humble travail,
Je dédie ce modeste travaille en signe de respect et de reconnaissance à
La fleur de ma vie : ma mère pour sa tendresse, sa gentillesse et son sacrifice, à mon
adorable père pour sa sympathie et son sacrifice à fin de nous rendre la vie aisée. Ils
trouvent ici le témoignage de mon amour, mon affection et mon profond respect.*

Mes frères et sœurs et toute Ma famille

*Mes amies :
Habiba, Saida, Sihem*

*Toutes la promotion 2017
A mon binôme : Abd essettar
A tous ceux qui ont, contribué de loin ou de près à
La réalisation de ce mémoire
Finalement toute de la promo de deuxième mastère
« RMG »*

Khadidja



Dédicaces



Je tiens vivement, à dédier ce travail en signe de respect et de reconnaissance :

A mes chers parents ma mère et mon père

A mes frères et mes sœurs et toute ma famille chacun à son nom

A mon Binôme Merabti Khadidja

Et à tous mes proches sans exception et à tous mes amis en particulier :

Mohamed tahar, Issam, Sifo(SK), Housseem , Abd Essamad, Hamdi, Ahmed(Fata), Bidjad, Mohamed , Salah(tété), Nabil, Oussama, Nassim, Tarek, Djemel (djimi), Merouane ,Brahim(paha), Bidjad, Houcine(Bu) ,Mohamed, A, B, K,.....

A Tous ceux qui ont contribué à m'aider à la réalisation de ce mémoire. Enfin, je le dédie à tous ceux que je connais et qui me connaissent de prêt ou de loin.

Benaziza Abd essttar

الملخص:

يقع شاطئ بني بلعيد في الجزء الشرقي من ولاية جيجل، وتحيط بها التكوينات المتحولة للقاعدة القبائلية. رمال الشاطئ هي رمال تتوزع على نطاق حبيبي ضيق، متدرجة جيدا ونظيفة و تمتاز بمعامل نعومة جيد. من وجهة نظر الدراسة الرسوبية، هذه الرمال هي رمال متوسطة، الحبيبات وفقا لمؤشر الترتيب، لديها تماثل في حجم الجسيمات وفقا لنتائج مؤشر التناظر. مؤشر الحدة يبين منحنيات شديدة الى متوسطة الحدة. الكوارتز هو المعدن الأكثر وفرة في الرمال مع مزيج من المعادن الأخرى مثل البيوتيت، موسكوفيت، الأمفيبول، الاليفين، الزركون، الهيماتيت وغيرها من المعادن ذات الأهمية الاقتصادية، الروتيل، إلمينيت الكاسيتريت، هذه المعادن تؤخذ من التكوينات الجيولوجية في المنطقة وتتركز خاصة في الجزء الحبيبي الدقيق. كلمات مفتاحية معامل النعومة: مؤشر لترتيب, مؤشر التناظر, مؤشر الحدة, رمل, جيجل

Résumé :

La plage de Béni-Bélaïd se trouve dans la partie orientale de la wilaya de Jijel, elle est entourée de formations métamorphiques du socle kabyle. Les sables de plage de Béni Bélaïd sont des sables a granulométrie serrée, bien gradué, propre et avec un bon module de finesse.

Du point de vu sédimentologique , ces sables sont des sables moyen , bien classés selon l'indice de classement ,présente une symétrie granulométrique d'après les résultats du skewness et des distribution leptocurtiques à mésocurtiques .

Le quartz est le minérale le plus abondant dans ces sables avec l'association d'autre minéraux accessoire tel que les ; la biotite, muscovite, amphibole, olivine , zircon, hématite, et autre minéraux d'intérêt économique comme le rutile, la cassitérite et l'ilménite, ces minéraux qui sont issues des formations géologique de la région se concentre surtout dans la fraction fine.

Mots clés : module de finesse, indice de classement, skewness, kurtosis, sable, Jijel.

Summary

Béni Belaid Beach is located in the eastern part of Jijel state and is surrounded by the formations of kabylian Basement. The sand of the beach is sand that is spread on a narrow granular scale, is well gradient and clean and has a good smoothnescoefficient. From the sedimentary point of view, these sands are medium, grained according to the order index, having a similarity in particle size according to the results of the index. The sharpness indicator shows high to moderate curves.

Quartz is the most abundant mineral in the sand with a combination of other metals such as biotite, muscovite, amphibole, olivine, zircon, hematite and other economically important minerals, rutile, ilminate and cassiterite. These minerals are taken from the geological formations of the locality and they are located in small fraction.

Key words: Softness coefficient, sorting index skewness , kurtosis, sand, Jijel.

Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Chapitre I : Situation géographique.....	3
I. Situation géographique	3
I.1. Relief	3
I.2. Climat	3
I.3 L'hydrographie	4
I. 4. Hydroclimatologie	4
Chapitre II : Géologie régionale	
II.1 .Le domaine interne	7
II.1.1.Le socle kabyle	7
II.1.2.La dorsale kabyle.....	7
II.2.Le domaine des flyschs.....	8
II.2.1.Le flysch maurrétanien	8
II.2.2.Le flysch massylien	9
II.2.3.Le flysch numidien	9
II.3.Le domaine externe	10
II.3.1.Les séries telliennes	10
II.3.2.Les séries de l'avant pays allochtone.....	11
II.3.3.Les séries de l'avant pays atlasique autochtones	11
II.4. Les séries postérieures à la tectogenèse éocène	12

II.4.1. L'Oligo- Miocène kabyle (O M K) et les Olistostromes.....	12
II.4.2. Le Nummulitique II	12
II.4.3. Le Numidien	12
II.5. Les formations post-nappes	12
II.6. Formations Quaternaires.....	12
II.7. Le magmatisme	13
II.8. Aspect structural.....	13
Chapitre III :Géologie Locale	
III.I.1. Introduction	15
III.I.2. L'unité des Béni Bélaïd	15
III.I.3. L'unité d'El-Hallam- Cap Aourer.....	15
III.I.4. L'unité de Marbouha.....	16
III.2. Description et échantillonnage au niveau du site étudié	18
Chapitre IV :études physique	
IV.1. Introduction.....	21
IV.2. Méthodologie d'étude.....	21
IV .2.1Prélèvement des échantillons.....	21
IV.2. Préparation d'un échantillon pour essai « P18-553 ».....	22
IV.2.1. Séparation par quartage.....	22
IV.3.1. Analyse granulométrique par tamisage « NF-P 18-560 »	22
IV.3.1.1. Résultats et discussion.....	25
IV.3.2. Propreté des sables(Essai d'équivalent de sable ES)(NF P18-598).....	26
IV.3.2.1. Résultats et discussion	28
IV.3.3- Masse volumique absolue (ρ_{abs}).....	29
IV.3.4. Résultats et discussion.....	31

IV.4.Essai au bleu de méthylène dit essai à la tache « NF P 94-068 ».....	31
IV.4.1.Principe de l'essai	31
IV.4.2. Résultats et discussion	32
IV.5. Conclusion.....	33
ChapitreV : études sédimentologique	
V.1.Introduction.....	34
V.2.Définition des paramètres granulométriques.....	34
V.3. Traitement des échantillons	39
V.4 .Traitement des résultats obtenus	39
V.4.1. Analyse des courbes et histogrammes de fréquence	39
V.4.2. Analyse des courbes cumulatives et paramètres granulométriques.....	42
V.5.Synthèse et discussion des résultats	43
VI : études minéralogiques	
VI.1.Introduction	46
VI.2.Minéraux existant dans la fraction (400 -500 μm) :(planche I)	46
VI.3. Minéraux existant dans la fraction (200-315 μm).....	51
IV.4.Conclusion	53
Conclusion générale.....	54
Bibliographie	

Liste des figures :

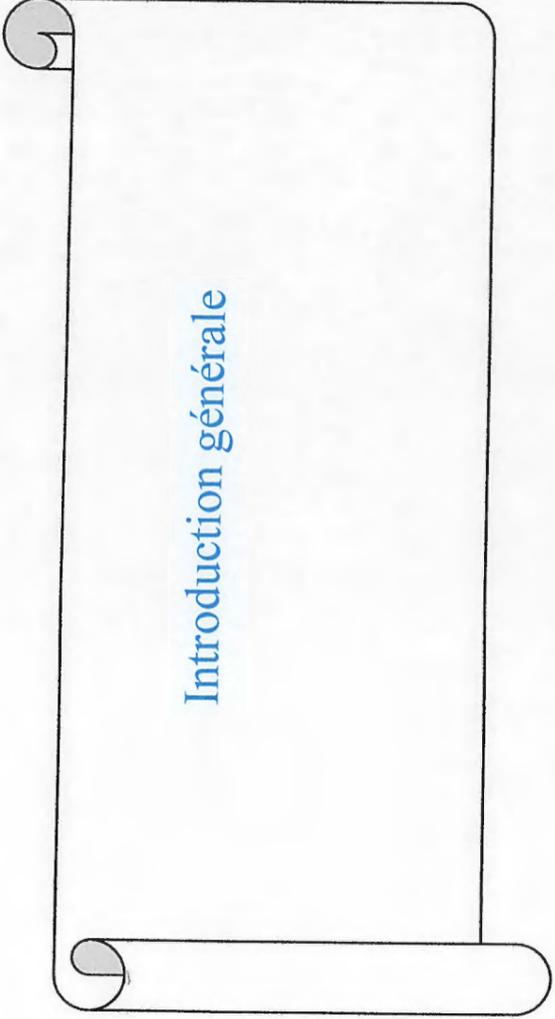
Fig1.1. situation géographique de la zone d'étude.....	3
Fig. I.2 - Précipitations pluviométriques dans la wilaya Jijel durant la période allant de 2006 à 2015. (ANRH. Jijel 2017).....	4
Fig. I.3- Précipitations mensuelles dans la wilaya de Jijel durant l'année 2016. (ANRH. Jijel 2017).....	5
Fig.II.1. Configuration des grands domaines de l'orogène alpin en méditerranée occidentale (M.Durand Delga,1969).....	6
Fig.II.2 : Colonne lithologique du flysch Numidien (D'après H. Djellit, 1987).....	10
Fig. III.1. Esquisse géologique de la région Béni Bélaïd–Béni Férguén (D'après M. Roubault, 1934; Sonarem 1968; K. Amri 1996; A. Kéhal 1997) légèrement modifiée.....	17
Fig. III.2. Plan d'échantillonnage des sables de Béni Bélaïd.....	18
Fig. III.3. Photo de l'échantillonnage la partie orientale où affleure les métapélite.....	19
Fig. III.4. Localisation des 04 échantillons prélevés le long de la plage.....	20
Fig. IV.1 : Réduction de l'échantillon par quartage.....	22
Fig. IV.2 : Essai de l'analyse granulométrique par tamisage.....	23
Fig.IV.3 : Courbes granulométriques du sable de Beni Belaid.....	26
Fig. IV.4 : Schéma représentatif de la mesure de l'équivalent de sable.....	27
Fig.V.1. Illustration des différents classements de sédiment.....	37
Fig.V.2 . 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.....	37
Fig.V.3- Courbes de fréquence illustrant les différentes distributions du Kurtosis.....	38
Fig.V.4.1.a. Courbe et histogramme de fréquence de l'échantillon BB01.....	40
Fig.V.4.1.b. Courbe et histogramme de fréquence de l'échantillon BB02.....	40
Fig.V.4.1.c. Courbe et histogramme de fréquence de l'échantillon BB03.....	41
Fig.V.4.1.d. Courbe et histogramme de fréquence de l'échantillon BB04.....	41
Fig.V.4.2. Courbe cumulative des échantillons.....	45

VZ. PLANCHE I.....48

VZ. PLANCHE II.....52

Liste des tableaux :

Tab IV .1 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des sables utilisés dans la confection des bétons en fonction du module de finesse « Mf » (D'après le Nouveau guide du béton, D. Georges et J. festa, 1995).....	25
Tab IV.2 : Données granulométriques des sables étudiés.....	25
Tab IV .3 : Résultats des essais de propreté des sables étudiés.....	28
Tab IV.4 : Tableau récapitulatif de la nature et de la qualité du sable en fonction de la valeur ESP et ESV (D'après le Nouveau guide du béton, D. Georges et J. festa, 1995).....	28
Tab IV .5 : Tableau récapitulatif des résultats de mesure de la masse volumique des grains solides« γ_s » des échantillons.....	30
Tab IV .6 : Classification des sols en fonction des VBS.....	32
Tab IV .7: Résultats de l'essai au bleu de méthylène	32
Tab.V.1- Terminologie du sorting index (σ_i) définie par Folk et Ward	35
Tab.V.2- Terminologie du Skewness (Ski) définie par folk et Ward	35
Tab.V.3. Classification dimensionnelle des sédiments détritiques en mm et en μm et leurs équivalents dans l'échelle des phi	36
Tab.V.4- Terminologie du Kurtosis(KG) définie par Folk et ward	38
Tab.V.5. résultats des paramètres granulométriques	42



Introduction générale

I.1. Introduction et problématique :

La wilaya de Jijel connaît ces dernières années une dynamique importante dans les domaines des bâtiments et travaux public, ce secteur qui nécessite un potentiel important en matière de granulats, et essentiellement le sable.

Actuellement, la première source qui fournit ce matériau est bien, la sablière de Oued El Zhour située à l'extrême Est de la wilaya de Jijel, à la limite avec la wilaya de Skikda, cette sablière constituée par une importante 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 la sablière (Belmedrk,2006).

Ces derniers temps les sables de plage font également l'objet d'exploitation temporaire comme le cas de la sablière de Bazoul (daira de Taher).

Les sables sont un produit naturel constitués de plusieurs espèces minérales issues essentiellement de roches cristallines bordant le littoral jijilien, ces espèces minérales peuvent être des concentrations minérales types placers.

Notre présent travail consiste en une étude géologique, physique, des sables de la région de Beni-Belaid à fin d'apporter des données permettant de répondre à une conformité de ce sable dans le but de compenser le déficit en matière de sable enregistré dans les domaines de bâtiments et des travaux publics ainsi qu'une analyse granulométrique et minéralogique pour qualifier ce sable. Pour atteindre cet objectif, nous avons proposé le plan de travail suivant :

- Une introduction générale comportant la problématique du sujet.
- Un premier chapitre consacré au cadre géographique du secteur étudié dont lequel on localise la région d'étude et on donne quelque caractéristique hydro climatologique de la région.
- Le deuxième chapitre est consacré à la géologie régionale de la petite Kabylie où se trouve notre région d'étude.
- Dans le troisième chapitre on décrit les différentes formations qui affleurent dans le secteur d'étude. ces formations peuvent être la première source d'alimentation de notre plage en sable.

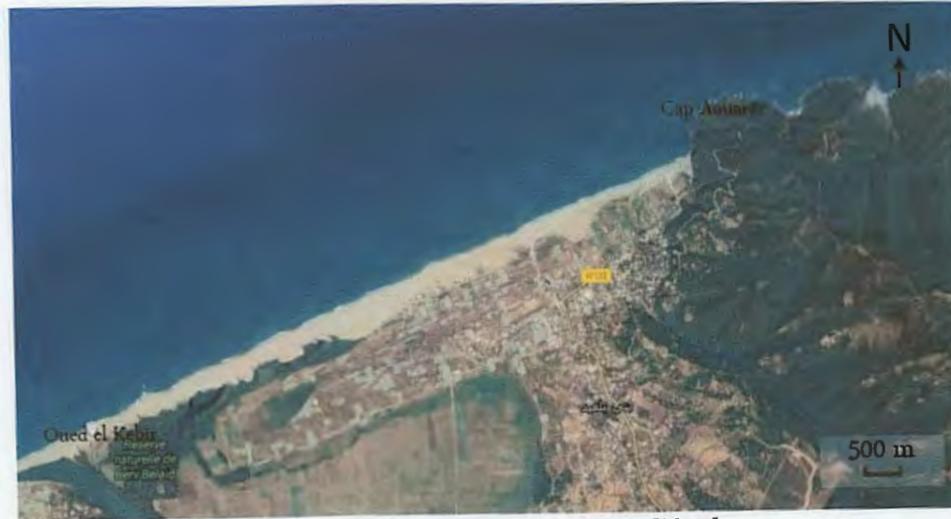
- Le chapitre quatre est consacré à l'étude physique des sables de Béni Bélaid. Les méthodes d'analyses utilisées sont succinctement décrites et les résultats obtenus sont illustrés sous forme de graphes et commenter.
- L'étude sédimentologique des sables par le biais d'une analyse granulométrique est résumée dans le cinquième chapitre.
- Dans le sixième chapitre on a essayé d'identifier les différentes phases minérales présentes dans nos sables. Cette étude a été basée sur nos observations sous loupe binoculaire.
- En fin on termine par une conclusion générale qui permettra de récapituler les principaux résultats obtenus et des recommandations.



Chapitre I : Situation géographique

I. Situation géographique :

La plage de Béni Bélaïd projet de notre étude se trouve à l'extrémité orientale de la wilaya de Jijel, entre la latitude 36,88 N et 6,13E Administrativement elle appartient à la daïra d'El Milia. L'accès au secteur se fait par la route nationale n°43 reliant Jijel El Milia. La plage de Béni Bélaïd est limitée au nord par la mer Méditerranée, au sud par douar Béni Belaid Béni Férguen, à l'Ouest par Oued el kebir et à l'Est par les rochers du cap Aouarar cette plage est d'une longueur d'environ 5 Km et une largeur qui varie entre 250 m à 1Km. (Fig.I.1).



FigI.1. situation géographique de la zone d'étude.

I.1. Relief :

La région d'El-Milia se caractérise par un relief montagneux très accidenté, les montagnes occupent 82% de la superficie totale, elles culminent à 1200 m. caractérisé par un littoral vierge et des petites montagnes couverts par des végétations assez denses et des sources d'eau.

I.2. Climat :

Le climat de la région d'El-Milia est celui de la Méditerranée caractérisé par un été chaud et un hiver doux et parfois agité, le climat est très humide, En été la température atteint les 40°, En hiver parfois 0°.

I.3 L'hydrographie :

Le réseau hydrographique de la wilaya de Jijel est très dense, il est constitué essentiellement de plusieurs oueds principaux tels qu'Oued Nil, Oued Mencha, Oued Djenjen, Oued el Kébir, Oued Zhour et leurs affluents.

I. 4. Hydroclimatologie :

Le littoral de Jijel reçoit des pluies abondantes, Pendant la période allant de 2007 à 2016, la région a reçu annuellement entre 866,4mm et 1265 mm de pluie (Fig. I.2). La répartition mensuelle des pluies durant l'année 2016 montre un déficit estival en mois de juin, juillet et Aout, avec une bonne distribution en hiver, 208.2 mm en Mars (Fig. I.3).

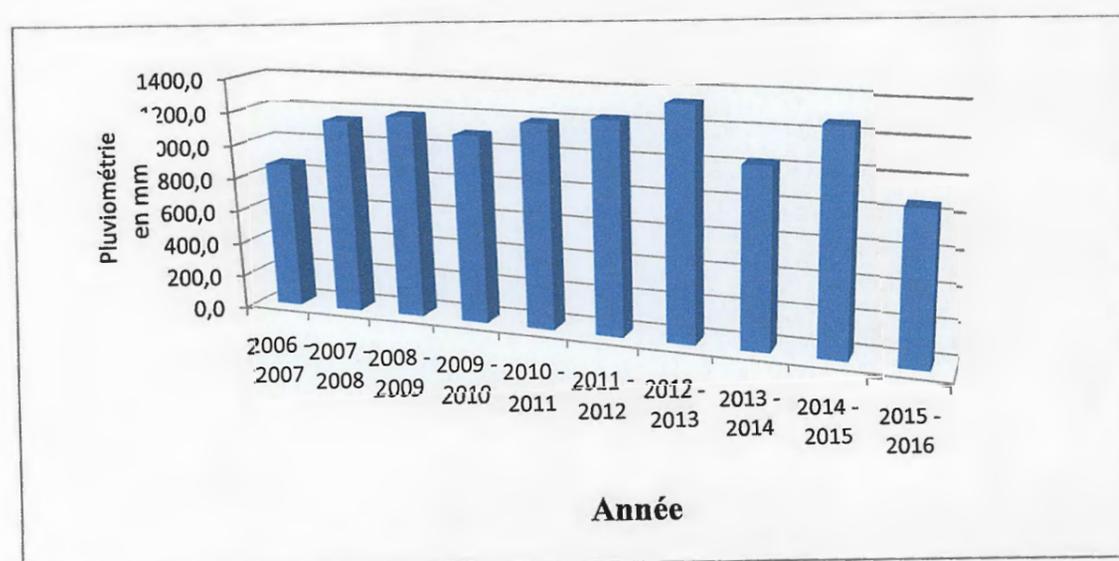


Fig. I.2 - Précipitations pluviométriques dans la wilaya Jijel durant la période allant de 2006 à 2015. (ANRH. Jijel 2017).

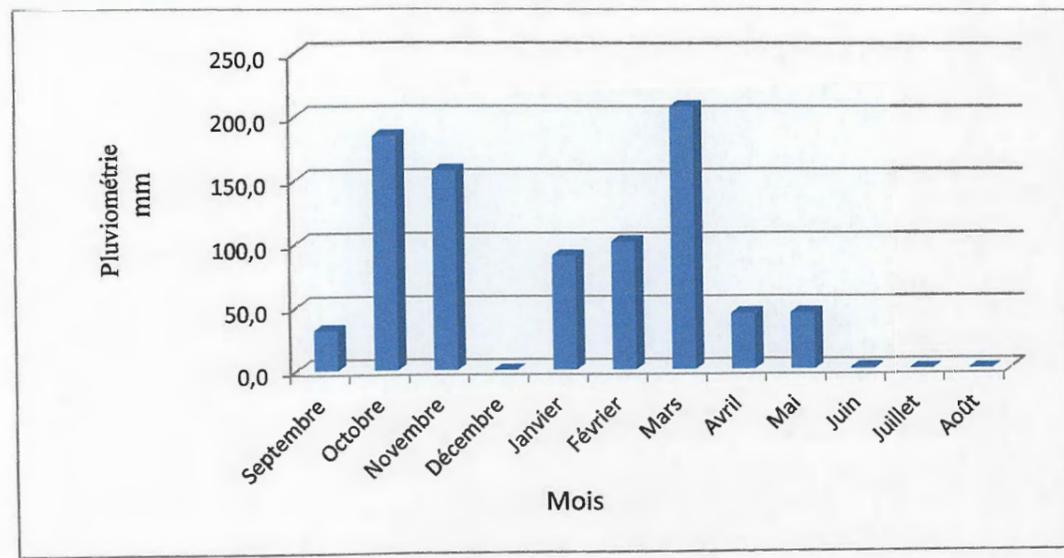


Fig. I.3- Précipitations mensuelles dans la wilaya de Jijel durant l'année 2016. (ANRH. Jijel 2017).



Chapitre II: Géologie régionale

II .Introduction

La région de Jijel fait partie de la petite Kabylie, entité géographique des chaînes côtières de l'Est algérien. Ces chaînes appartiennent à la chaîne alpine d'Afrique du Nord.

La chaîne alpine d'Afrique du Nord ou chaîne des Maghrébides fait partie de l'orogène alpin périméditerranéen (Durand-Delga, 1969) d'âge Tertiaire qui s'étend de l'Ouest l'Est sur 2000 km depuis l'Espagne du Sud, l'arc calabro-sicilien (Fig .II.1).

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.

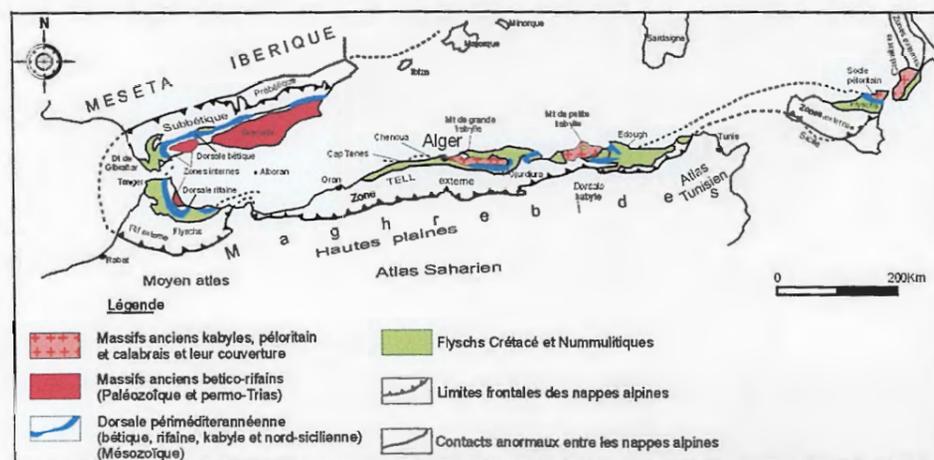


Fig .II.1. Configuration des grands domaines de l'orogène alpin en méditerranée occidentale (Durand Delga M., 1969).

II.1 .Le domaine interne

Le domaine interne est représenté principalement par les massifs cristallins, parfois appelés aussi socles kabyles, composés par de roches métamorphiques (gneiss, marbres et schistes) et sont bordés au sud par formations sédimentaire de couverture en écailles appelées dorsale kabyle (Durand-Delga, 1969).

II.1.1.Le socle kabyle

Constitué trois pointements amygdalaires le long du littoral Algérien. Ces pointements sont représentés par les massifs de Chenoua (Alger) à l'ouest, le massif de grande Kabylie au centre et le massif de petite Kabylie à l'Est. En petite Kabylie, le socle Kabyle affleure dans trois zones bien distinctes :

- au Cap Bougaroun Nord où il est traversé par des venues microgranitiques miocènes (Bouillin, 1979; Durand Delga, 1980).
- entre Skikda et l'Est de 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).

Les formations cristallophylliennes du socle kabyle sont largement représentées en petite Kabylie (figure. II.2), elles comportent deux grands ensembles (Durand Delga, 1955), (Bouillin, 1977) :

- **Un ensemble supérieur** : cet ensemble schisteux est formé de micaschiste, des schistes et de phyllades.
- **Un ensemble inférieur** : gneissique, constitué de paragneiss, d'orthogneiss et gneiss granitique, avec des intercalations de marbre et d'amphibolites.

II.1.2.La dorsale kabyle

La dorsale kabyle se présente sous forme d'écailles d'âge permo-triasiques à Éocène moyen (Lutétien). Du point de vue lithologique, ces formations comprennent des calcaires du Lias et de l'Éocène, des dolomies du Trias au Lias inférieur et des grès du Permo-Trias.

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 finilutienne 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 des flyschs est constitué par des nappes de flyschs crétacés-paléogènes qui affleurent dans les zones littorales sur 800 km de long, entre Mostaganem et Bizerte (Tunisie). 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" d'âge Oligo-Miocène.

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 flyscholite 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 :

Le flysch massylien occupe une position externe dans le domaine des flyschs. 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 flyscholite marno- microbréchiqne du Sénonien qui peut dépasser 200 m d'épaisseur.

II.2.3. Le flysch numidien

Le flysch numidien forme une entité géologique à part. Généralement il occupe la position structurale la plus haute dans l'édifice alpin, ces formations affleurent au niveau de Djebel Mazghitane. Le flysch numidien comporte de bas en haut (Bouillin 1977) (Fig.II.2) :

- des argiles sous numidiennes, vari colores de teinte rouge, verte ou violacée à Tubotomaculum d'âge oligocène supérieur.
- des grés numidiens en bancs épais à quartz bien roulé datés de l'Aquitano-Burdigalien inférieur (Lahondère, 1979).
- des formations supra-numidiennes comportant des argiles et des marnes à intercalation de sélexites du Burdigalien basal.

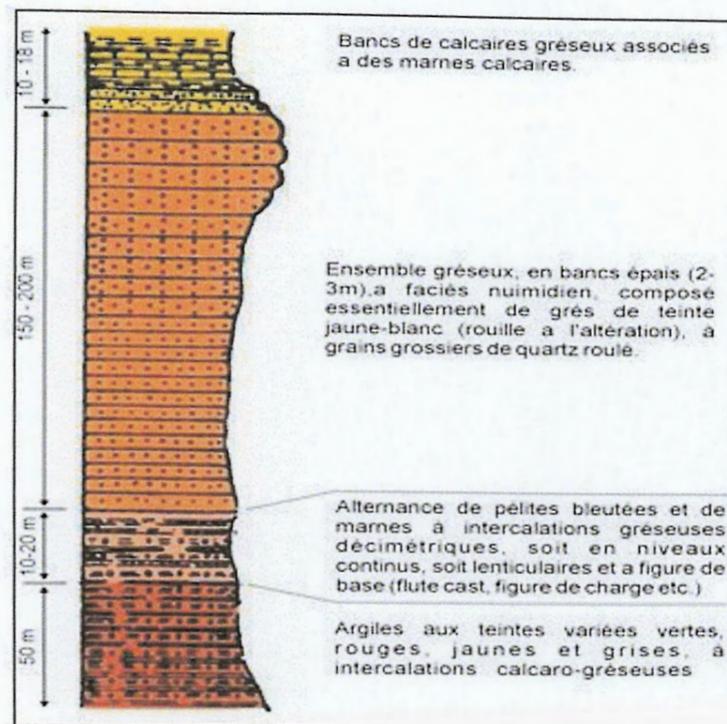


Fig.II.2 : Colonne lithologique du flysch Numidien (D'après H. Djellit, 1987).

II.3. Le domaine externe :

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

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

II.3.1. Les séries telliennes :

Il correspond aux formations telliennes situées sur la paléomarge Africaine. Ce sont des séries épaisses à faciès marno-calcaire d'âge Eocène, issues du sillon tellien (Vila, 1980). Certains auteurs notamment Durand Delga a subdivisé les formations du domaine tellien en trois grandes unités :

➤ Les unités ultratelliennes :

Ces unités déposées sur sa marge septentrionale, sont caractérisées par des faciès micritiques clairs d'âge Crétacé à Eocène (Durand Delga, 1969). Il s'agit de séries épaisses à dominante marneuse et marno-calcaire.

➤ **Les unités telliennes sensu-stricto :**

Formées de Lias de plate-forme surmonté de Jurassique plus marneux, puis par le Crétacé qui, détritique devient marneux à argilo-calcaire et enfin, l'Eocène aux marnes épaisses.

➤ **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 :

Ces séries ont été regroupées en deux grandes familles d'ouest en est (Vila, 1980) :

➤ **Les séries sétifiennes**

Présentant un caractère de plate forme subsidante et ne présentant des variations significatives qu'à leurs parties méridionales.

➤ **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.

➤ **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 :

L'ensemble est représenté par les Monts du Hodna, les Monts de Batna et les Massifs des Aurès. Il se distingue par des séries Mésozoïques épaisses. La sédimentation y est restée homogène à faciès de plate forme subsidante, envahie par une sédimentation gréseuse qui débute au Berriasien et se termine à l'Albien (J.M 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'Oligo- Miocène kabyle (O M K) forme la couverture sédimentaire transgressive du Socle Kabyle (Durand Delga, 1969; Bouillin et al, 1973). A cet OMK succèdent des olistostromes qui sont des formations tectono-sédimentaires a matériels des flyschs et des débris des formations telliennes d'âge Aquitanien a Burdigalien inférieur probable (Bouillin et Raoult, 1971).

II.4.2. Le Nummulitique II :

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

II.4.3. Le Numidien :

Le numidien est une épaisse série détritique terrigène datée de l'Oligocène-Miocène inférieur.

II.5. Les formations post-nappes :

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 (J.P. Bouillin, 1977).

II.6. Formations Quaternaires :

Les dépôts récents datant du Quaternaires sont représentés dans la région de Jijel par plusieurs facies généralement à caractères détritique.

Les recouvrements les plus vastes occupent les zones basses comme le littoral de la ville de Jijel, les berges des cours d'eau important comme Oued Kissir ainsi que le lit d'oued Mencha ou les terrasses récentes qui constituent des vastes plaines alluviales cultivables. On distingue deux types essentiels de dépôts quaternaires :

➤ Les dunes du sable :

Elles s'étendent le long de littoral et comportent :

- Les dunes actuelles à sable fin parfois consolidés ;
- Les dunes anciennes du sable fin limoneux parfois consolidés, affleurent dans la région de Tassoust.

➤ **Les alluvions :**

Elles sont représentées par :

- Dépôts alluvionnaires actuels formant des éboulis et des brèches consolidées dont la taille des éléments peut aller jusqu'à 50 mm de diamètre.
- Dépôts alluvionnaires anciens, constituent les terrasses alluviales anciennes des vallées, bien visibles dans la région de Kaous.

II.7. 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). Ces roches sont localisées dans les régions de l'Edough, Cap de fer, Fifila, El Aouana, Collo, Bejaia- Amizour, Thenia et Cherchell.

II.8. Aspect structural :

La structuration géologique du massif de la Petite Kabylie est le résultat de plusieurs phases tectoniques :

➤ **Tectonique anté-Oligocène**

La tectonique anté-Oligocène est particulièrement caractérisée par de grands accidents cassants d'ampleur régionale et de direction variée, par des failles normales. Cette tectonique semble être à l'origine de la structuration du massif de Petite Kabylie en horst et grabens.

Par ailleurs, ces grands accidents tectoniques cassants (accidents du socle) semblent avoir guidé la mise en place des roches magmatiques (Bouillin. J.P ; 1977).

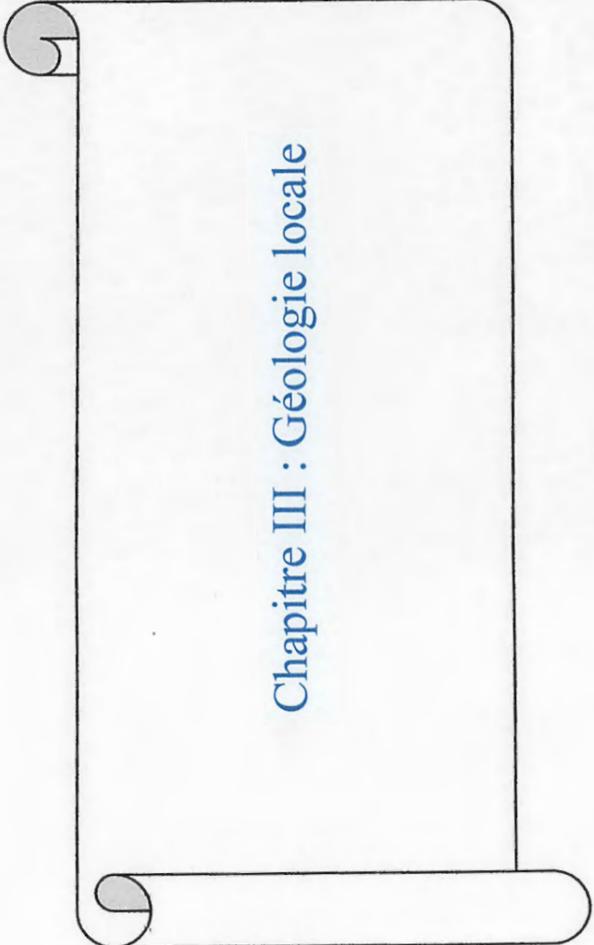
➤ **Tectonique Miocène :**

La tectonique Miocène semble être responsable de la structuration géologique actuelle du massif de la petite Kabylie. Cette tectonique s'est manifestée par des plissements, des charriages et une reprise des jeux des failles qui ont surtout rejoué en failles décrochantes (NW-SE dextre et NE-SW senestre).

Par ailleurs, ces jeux de faille semblent avoir eu un rôle important dans la mise en place des roches magmatiques Miocène et des remontées diapiriques du Trias.

Au néogène, la tectonique est marquée par le retrait de la mer de la plus grande partie des terres émergées. Les invasions marines ne vont atteindre que des aires limitées, notamment les dépressions côtières (bassin de Jijel) ou vont se déposer les marnes bleues du miocène terminal. Les zones montagneuses émergées ont subi une intense érosion et modelage qui leur ont donné l'aspect actuel.

Les formations du Mio-pliocène, sont reprises tardivement par des failles de direction ENE-WSW dans la région de Rekkada Metletine (Djellit, 1987).



Chapitre III : Géologie locale

III. Géologie locale de la région de Béni Bélaïd :

III.1. Introduction :

La région Beni Belaid, fait partie intégrante du socle métamorphique de petite Kabylie, et constitue le secteur occidental de l'édifice de Béni-Ferguène défini par (J. P. Bouillin, 1984) et (Y. Mahdjoub, 1991).

Cet édifice est subdivisé en trois unités structurales (Amri, 1996). On distingue de bas en haut (Fig. III.1).

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

III. 2. L'unité des Béni Bélaïd :

C'est l'unité la plus basse de l'édifice. Ses faciès sont développés au niveau de la plage des Béni Bélaïd. Elle est caractérisée par des métapelites à andalousite pseudomorphosée en disthène. Dans ces métapelites sont intercalés des pegmatites orthogneissifiées. L'autre caractéristique de cette unité, c'est l'alternance des métapelites claires et sombres.

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).

Dans cette unité, les pendages de la schistosité sont orientés depuis l'Ouest jusqu'au Nord. Les linéations montrent une direction Est-Ouest à NW-SE (Y. Mahdjoub, 1991; K. Amri, 1996).

III. 3. L'unité d'El-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.

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 del'actinote, ainsi que du quartz et plagioclase (in Belmadrek, 2006).

La schistosité pend vers le sud et les linéations sont orientées vers le NW et le Nord (K. Amri, 1996).

III. 4. L'unité de Marbouha :

L'unité de Marbouha, la plus haute de l'édifice des Béni-Ferguène, est représentée par des micaschistes, des orthogneiss kaolinisés et des pegmatites greisenisées. 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, 1998).

Parmis les minéraux utiles qui se trouvent dans ces pegmatites, A. Kehal, (1998) a signalé la présence de la cassitérite qui est associée aux pegmatites greisenisées et aux veinules affectant les micaschistes. Dans les pegmatites et les pegmatites greisenisées 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(1998) a également signalé la présence de la columbo-tantalite. La scheelite, le chrysobéryl et les phosphates ont été signalés dans la littérature des archives des mines de Constantine (Z.Oueld Taleb Bent Kaci, 1989 ; in Kehal, 1998).

Correspondant probablement à l'unité supérieure de Petit Kabyle (K. AMRI, 1996), cette unité chevauche l'unité d'El-Hallam et cap Aourer à l'Est et l'unité des Béni-Bélaïd à l'Ouest. Le chevauchement, est orienté Est-Ouest. La majorité des mesures montrent des directions générales de la schistosité variant du NE à ENE avec des pendages moyens compris entre 35° et 40° vers le NW et le NNW. Les linéations

(minérales ou d'étirement) ont des directions de plongement prédominantes vers le NW (K.Amri, 1996).

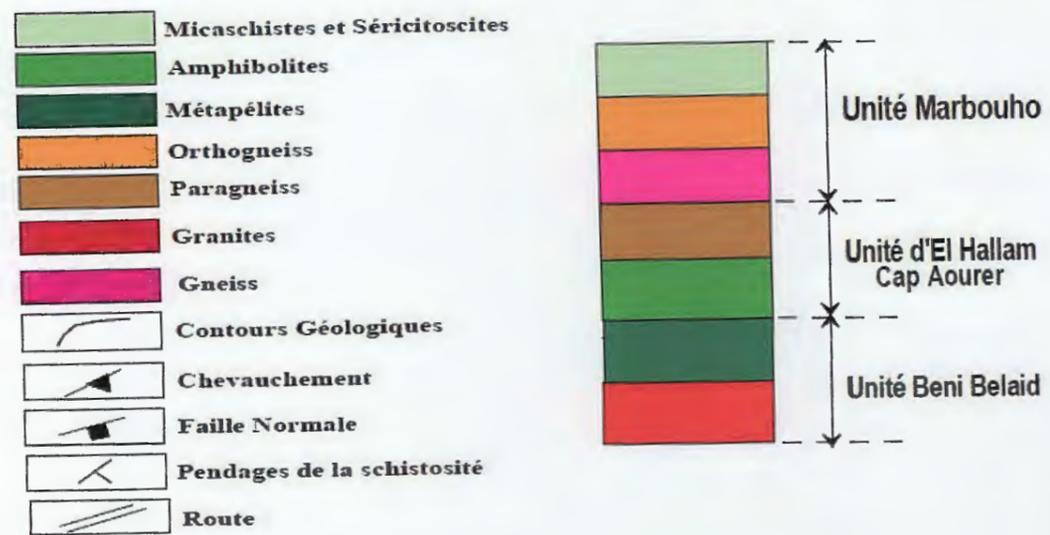


Fig. III.1. Esquisse géologique de la région Béni Bélaid–Béni Ferguén (D'après M. Roubault, 1934; Sonarem 1968; K. Amri 1996; A. Kehal, 1998 In Belmadrk.S 2006) légèrement modifiée.

III.2. Description et échantillonnage au niveau du site étudié :

La plage de Beni Bélaïd se trouve à l'extrémité orientale de la wilaya de jijel elle est d'une longueur d'environ 5 Km et une largeur qui varie de 250 m à 1 Km.

C'est une plage qui contient des accumulations sableuse très importante surtout dans sa partie centrale, ces sables ont été étudié en 2006 par S. Belmedrek comme des concentrations minérales type placer. Notre présent travail consiste à étudier les caractéristiques physico mécaniques, granulométriques et minéralogiques de ces sables pour leurs utilisation en domaine des travaux publiques, pour atteindre ce but 04 échantillons ont fait l'objet de notre étude. (Fig. III.2).

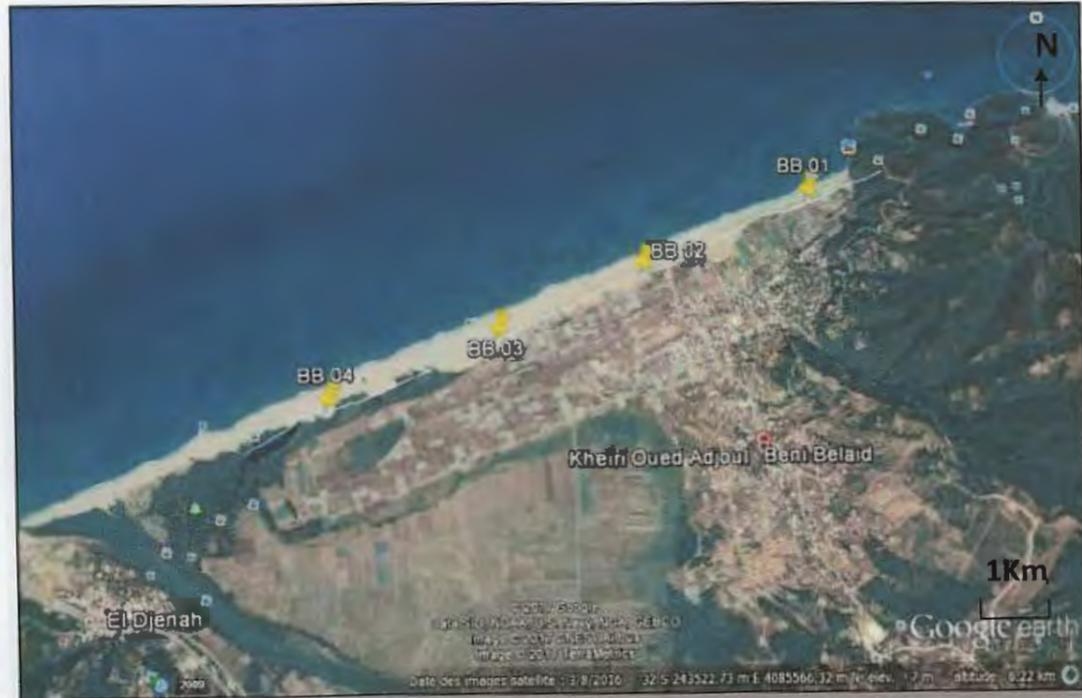


Fig. III.2. Plan d'échantillonnage des sables de Béni Bélaïd.

a. Echantillon (BB01) :

Prélever de la partie orientale de la plage à environ 500 m des affleurements métapeltiques, environ 10 Kg ont été prélevés et ces 10 Kg ont subit un premier quartage sur place pour une meilleur présentation de l'échantillon (Fig. III.3).



Fig. III.3. Photo de l'échantillonnage la partie orientale où affleure les métapélite.

b. Echantillon (BB02) :

Cet échantillon est prélevé à une distance d'environ 1 Km, cette partie contient des accumulations importante en sable, 10 Kg de sable ont été prélevés et quartés sur place (Fig. III.4).

c. Echantillon (BB03) :

Il est à environ 1,5 Km, cette partie contient aussi des accumulations plus importante en sables (Fig. III.4).

d. Echantillon (BB04) :

L'accès pour récolter le quatrième échantillon été très difficile à cause des broussailles du lac de la réserve naturelle de Béni Bélaid. Dans cette partie la largeur de la plage ne dépasse pas 500 m (Fig. III.4).

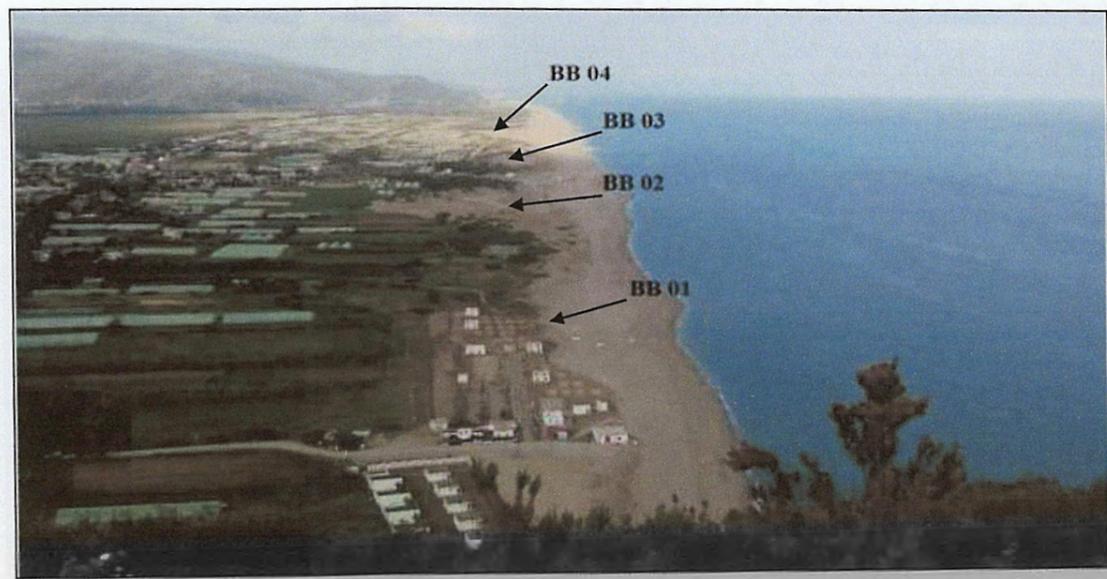
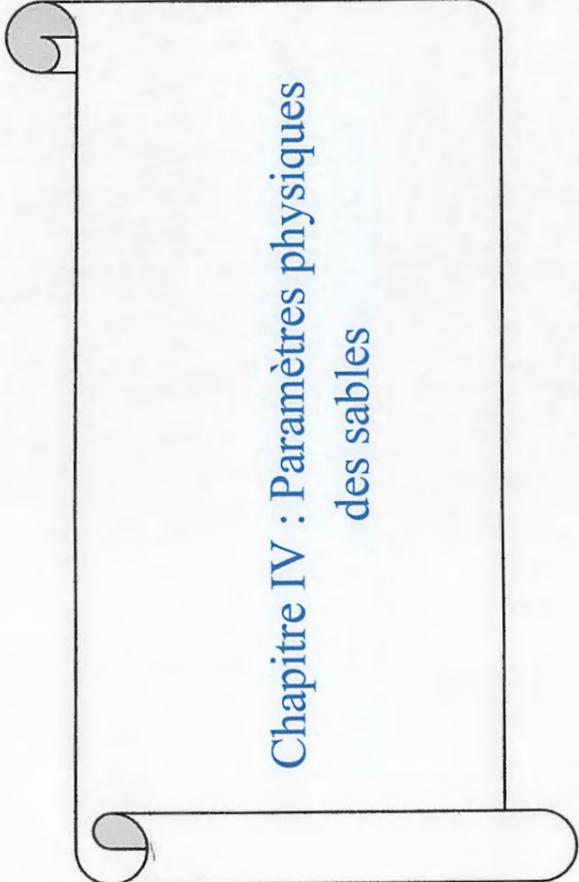


Fig. III.4. Localisation des 04 échantillons prélevés le long de la plage.

Si tu n'as pas de photos pour chaque zone met une photo qui montre toute les zones et sur cette photo tu mentionne chaque échantillon.



Chapitre IV : Paramètres physiques
des sables

IV.1. Introduction :

Identifier un sol, c'est déterminer un ensemble de propriétés physiques, mécaniques ou chimiques qui permettent de le caractériser. Ces propriétés sont déterminées par des essais simples et rapides, appelés « essais d'identification » (Holtz, & Gibbs, 1991). On distingue classiquement deux grandes catégories d'essais d'identification :

- Les essais qui répondent de l'arrangement et de la répartition des phases (squelette solide, eau, air). Ces essais caractérisent l'état du sol et ne peuvent être réalisés que sur des échantillons intacts.
- Les essais qui traduisent les propriétés des particules du sol et l'intensité de leurs liaisons avec l'eau. Ces essais caractérisent la nature du sol et sont réalisés sur des échantillons intacts ou remaniés (dont l'état a été perturbé lors du prélèvement ou du transport).

IV.2. Méthodologie d'étude :

Dans le présent chapitre nous aborderons à la détermination des caractéristiques physiques des échantillons prélevés (la masse volumique des particules solides, l'équivalent de sable, valeur du bleu de méthylène et analyse granulométrique). Cette détermination sera basée sur les essais de laboratoire conformément aux modes opératoires (normes) en vigueur.

IV .2.1 Prélèvement des échantillons :

Quatre prélèvements d'échantillons au total ont été effectués, le long de la de la plage de Beni-Belaid. Les prélèvements ont été effectués directement sur tas, en utilisant une pioche et en respectant la procédure, 25 % à la base et au sommet du tas et 50 % au milieu du tas, cette technique nous permet d'avoir un échantillon représentatif. Les échantillons ont été emballés dans des sachets en plastique hermétique permettant une sauvegarde totale, et sur lesquels une batterie d'essais d'identification a été programmée.

IV.2. Préparation d'un échantillon pour essai « P18-553 » :

Tous les résultats des essais dépendent du soin apporté à la réalisation de cette opération de préparation, tous les échantillons prélevés ont été préparés conformément à la norme P18-553 suivant la nature de l'échantillon.

IV.2.1. Séparation par quartage :

- Brasser le matériau.
- Constituer un tas homogène, étalé sur une surface lisse.
- Séparer le tas étalé en quatre parties à peu près égales, suivant deux axes - perpendiculaires et prélever deux parties opposées (Fig. IV.1).
- Mettre en tas étalé ces deux parties opposées et refaire l'opération si cette quantité est trop importante pour l'essai que l'on veut effectuer.

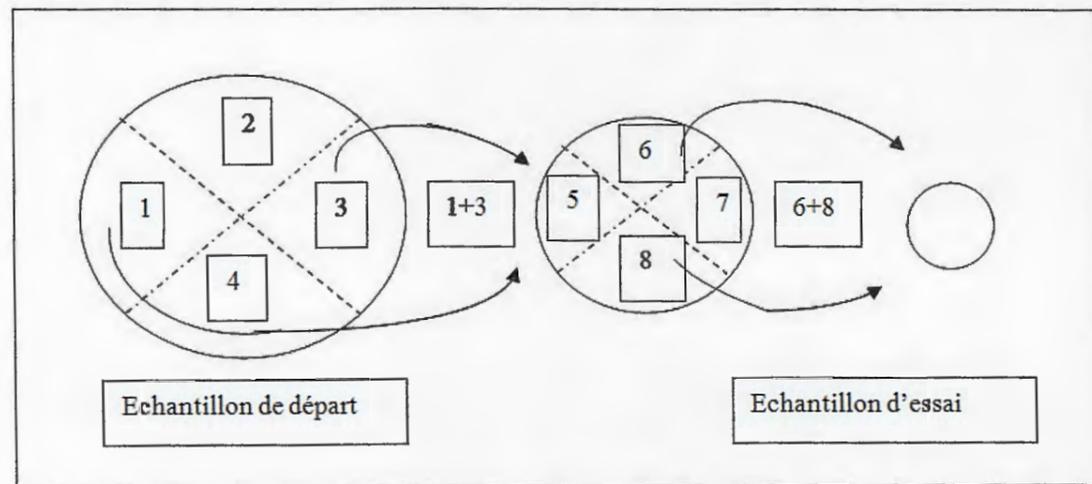


Fig. IV.1 : Réduction de l'échantillon par quartage

IV.3.1. Analyse granulométrique par tamisage « NF-P 18-560 » :

L'analyse granulométrique consiste à fractionner le matériau en différentes coupures au moyen d'une série de tamis (fig. IV.2). Les masses des différents refus sont rapportées à la masse initiale sèche du matériau. Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique (courbe granulométrique).

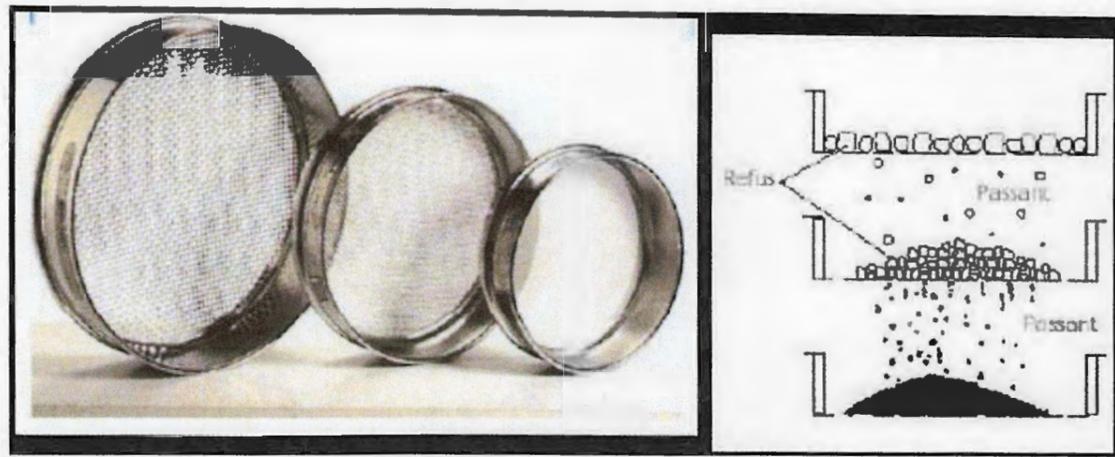


Fig. IV.2 : Essai de l'analyse granulométrique par tamisage.

L'ensemble des essais granulométriques réalisés ont été effectués au niveau du laboratoire des matériaux du département des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'université de Jijel. On tient aussi à signaler que ces essais granulométriques ont été effectués par voie sèche conformément à la norme NF P.18-560.

A partir des courbes granulométriques, on détermine certains paramètres qui décrivent la distribution granulométrique de chaque échantillon, dont les principaux paramètres à déterminer sont :

- **Coefficient de Hazen (ou coefficient d'uniformité) :**

$$Cu = D_{60}/D_{10}$$

Ce coefficient permet de savoir si la granulométrie est **étalée** ou **serrée**, notamment en ce qui concerne les sables.

Pour :

$Cu < 2$: la granulométrie est serrée, $Cu > 2$: la granulométrie est étalée.

- **Coefficient de courbure Cc :**

$$Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Ce coefficient vient en complément de Cu, afin de déterminer si la granulométrie est bien graduée ou mal graduée.

$1 < Cc < 3$: bien graduée (continuité bien répartie)

$Cc < 1$ ou $Cc > 3$: mal graduée (continuité mal répartie)

➤ **Module de finesse :**

Le module de finesse M_f est une caractéristique importante surtout en ce qui concerne les sables.

a) Norme Française [NFP 18-540] :

Le module de finesse est un coefficient permettant de caractériser l'importance des éléments fins dans un granulat. Le module de finesse est égal au 1/100 la somme des refus cumulés exprimée en pourcentages sur les tamis de la série suivante : **0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 - 5 mm.**

$$MF = \frac{1}{100} \sum \text{Refus cumulés en \% des tamis } \{0,16 - 0,315 - 0,63 - 1,25 - 2,5 - 5\}$$

b) Norme Européenne [EN 12620] :

Le module de finesse est un coefficient permettant de caractériser l'importance des éléments fins dans un granulat. Le module de finesse est égal au 1/100 de la somme des refus cumulés exprimée en pourcentages sur les tamis de la série suivante : **0.125 - 0.25 - 0.5 - 1 - 2 - 4 mm.**

$$MF = \frac{1}{100} \sum \text{Refus cumulés en \% des tamis } \{0,125 - 0,25 - 0,5 - 1 - 2 - 4\}$$

Un bon sable à béton doit avoir un module de finesse M_f compris entre 2,2 et 2,8 (tableau IV.1) ; au-dessous, le sable a une majorité d'éléments fins et très fins, ce qui nécessite une augmentation du dosage en eau; au-dessus, le sable manque des fines et le béton y perd en ouvrabilité.

Valeur du module de finesse « M_f »	Caractéristiques du sable
$1,8 < M_f < 2,2$	le sable est à utiliser si l'on recherche particulièrement la facilité de mise en œuvre au détriment probable de la résistance
$2,2 < M_f < 2,8$	le sable est à utiliser si l'on recherche une ouvrabilité satisfaisante et une bonne résistance avec des risques de ségrégation limités
$2,8 < M_f < 3,2$	le sable est à utiliser si l'on recherche des résistances élevées au détriment de l'ouvrabilité et avec des risques de ségrégation.
$M_f > 3,2$	le sable est à rejeter

Tab IV.1 : Tableau récapitulatif des caractéristiques des sables utilisés dans la confection des bétons en fonction du module de finesse « M_f » (D'après le Nouveau guide du béton, D. Georges et J. festa, 1995).

NB : la détermination du module de finesse pour notre cas a été effectué conformément à la norme française NF-P 18-540

IV.3.1.1. Résultats et discussion :

Les résultats d'analyse granulométrique nous ont permis de tracer les courbes granulométriques de chaque fraction, à partir desquelles on a pu tirer l'ensemble des paramètres permettant la caractérisation de la fraction à savoir : le coefficient de courbure et d'uniformité, le module de finesse et teneur en fines du sable (Tableau IV.2).

Fraction	D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	Coefficient de courbure C_c	Coefficient d'uniformité C_u	Module de finesse MF
ECH 01	0,4	0,63	0,8	1,24	2	2,696
ECH 02	0,3	0,45	0,55	1,227	1,447	2,205
ECH 03	0,47	0,63	0,7	1,206	1,489	2,663
ECH 04	0,4	0,6	0,65	1,384	1,625	2,512

Tab IV.2 : Données granulométriques des sables étudiés

Les courbes granulométriques du sable (Fig. IV.3) reflète une distribution dimensionnelle bien serrée caractérisant un sable uniforme, et bien gradué. La valeur moyenne du module de finesse comprise entre $2,2 < M_f < 2,8$ préconisés pour le sable est à utiliser si l'on recherche une ouvrabilité satisfaisante et une bonne résistance avec des risques de ségrégation limités (tableau IV.1).

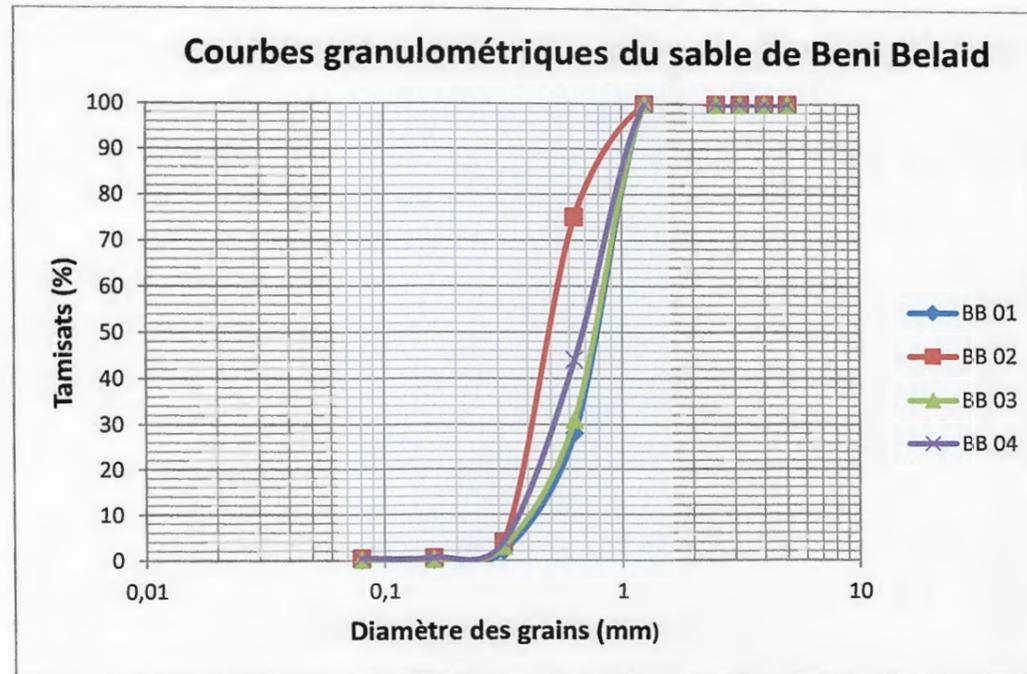


Fig. IV.3 : Courbes granulométriques du sable de Beni Belaid

IV.3.2. Propreté des sables « Essai d'équivalent de sable ES » « NF P18-598 » :

Pour quantifier la fraction fine dans les sables et déterminer son degré de propreté, on a recours à l'essai d'équivalent de sable. L'identification de la propreté est nécessaire, la quantité de ses éléments fins (produits argileux) constituent le risque le plus fréquent indésirable pour des raisons diverses telle que la chute de la résistance des matériaux composites (béton).

Cet essai permet donc de mettre en évidence la proportion relative de poussière fine ou d'éléments argileux.

Par définition, l'essai consiste à faire flocculer, dans une éprouvette normalisée, les éléments fins du sable mis en suspension dans une solution lavante, après une agitation

suivie par une décantation pendant 20 minutes, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui flocculent (Fig. IV.4).

L'équivalent de sable est donné par la relation :

$$ESp = (h2 / h1) \cdot 100 \text{ piston} \quad ESv = (h2' / h1) \cdot 100 \text{ mesuré}$$

h1 : hauteur total (sable propre + éléments fins) ;

h2 : hauteur du sable propre piston ;

h2' : hauteur du sable propre mesuré ;

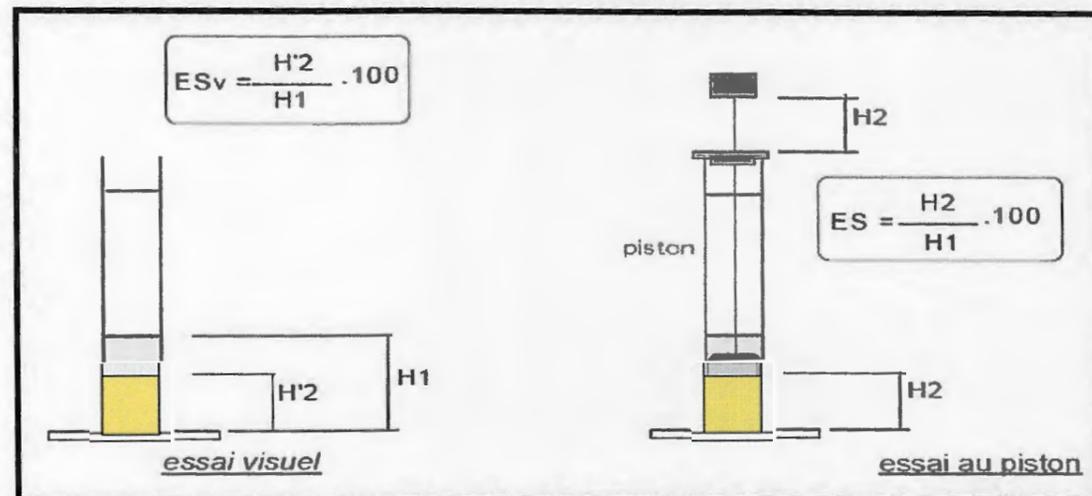


Fig. IV.4 : Schéma représentatif de la mesure de l'équivalent de sable.

Equivalent de sable « ES » en %						
Echantillons	ESv		Valeur moyenne	Esp		Valeur moyenne
	ECH 01	98,97		99	98,985 %	
ECH 02	96	97,03	96,515 %	94	95,05	94,525 %
ECH 03	98,91	98,89	98,90 %	97,83	97,78	97,805 %
ECH 04	98,99	99,01	99 %	97,98	97,03	97,505 %

Tab IV.3 : Résultats des essais de propreté des sables étudiés.

IV.3.2.1. Résultats et discussion :

Au tableau des résultats trouvés (Tableau IV.3), on constate que les sables de Beni-Belaid présentent en tous des valeurs de ES supérieures au minimum fixés par les normes ($ESP > 80\%$ et $ESV > 85\%$), caractérisant un sable très propre (pauvre en fines pouvant entraîner un défaut de plasticité du béton).

ESV	ESP	Nature et qualité
$ESV < 65\%$	$ES < 60\%$	Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement à rejeter pour les bétons de qualité
$65 \leq ESV < 75\%$	$60 \leq ES < 70\%$	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour les bétons de qualité courante quand on ne craint pas particulièrement le retrait
$75 \leq ESV < 85\%$	$70 \leq ES < 80\%$	Sable propre à faible pourcentage de fines argileuses convenant parfaitement pour des bétons de qualité.
$ESV \geq 85\%$	$ES \geq 80\%$	Sable très propre : l'absence de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton

Tab IV.4 : Tableau récapitulatif de la nature et de la qualité du sable en fonction de la valeur ESP et ESV (D'après le Nouveau guide du béton, D. Georges et J. festa, 1995).

IV.3.3- Masse volumique absolue (ρ_{abs}) :

La masse volumique absolue ou réelle (ρ_r) est une caractéristique des granulats dont la détermination est nécessaire pour identifier et mesurer les caractéristiques contrôlant les aspects liés au comportement des mélanges. En effet, la masse volumique des sables est un paramètre qui entre dans les formations des bétons hydraulique et des enrobés. D'autre part, le béton est un matériau composite dont la densité dépend de celles de ses constituants (sable entre autre). Ainsi les bétons sont dits légers lorsque leur masse volumique est inférieure à 2 t/m^3 . cornant si ρ_{abs} est comprise entre 2 et 3 t/m^3 et lourds si ρ_{abs} est supérieure à 3 t/m^3 .

Cet essai a pour but de permettre de connaître la masse d'une fraction granulaire lorsque par exemple on élabore une composition de béton. Ce paramètre permet, en particulier, de déterminer la masse ou le volume des différentes classes granulaires malaxées pour l'obtention d'un béton dont les caractéristiques sont imposées.

Le mode opératoire d'exécution de l'essai permettant la mesure de la masse volumique est défini par la norme NFP 18-555 et la norme européenne EN 1097-6.

En fonction de la précision recherchée et de la nature du granulat, trois méthodes sont généralement employées pour déterminer la masse volumique absolue :

- Méthode de l'éprouvette graduée.
- Méthode du pycnomètre.
- Méthode par pesée hydrostatique.

La méthode de mesure de la masse volumique au pycnomètre est beaucoup plus précisée. L'équipement de base nécessaire pour l'exécution de cet essai est le pycnomètre qui est un petit flacon approprié dans lequel l'échantillon de sable peut être introduit facilement et dont le volume contenu peut être mesuré à $0,1 \text{ cm}$ près. La capacité du pycnomètre est fixée par la dimension maximale D_{max} des particules composant l'échantillon. On utilise aussi un pycnomètre de 500ml si D_{max} est comprise entre 1mm et $6,3\text{mm}$, un pycnomètre de 2000ml si D_{max} est supérieur à $6,3\text{mm}$.

Cette méthode consiste à :

La masse volumique des particules solides du sol (ρ_s) est le quotient de la masse de ces particules solides (m_s) par leur volume (V_s),

$$\rho_s = m_s / V_s$$

La masse des particules solides est obtenue par pesage. Le volume est mesuré au pycnomètre.

L'échantillon de sol est séché à l'étuve puis pesé. Le volume des particules est déduit par pesée à l'aide d'un pycnomètre (Photo. IV.6) en substituant de l'eau de masse volumique connue aux particules solides. La masse volumique des particules solides est déterminée à partir de la formule suivante :

$$\rho_s = \rho_w (m_2 - m_1) / (m_4 + m_2 - m_1 - m_3)$$

Avec :

m_1 : masse du pycnomètre vide ;

m_2 : masse du pycnomètre contenant la prise d'essai ;

m_3 : masse du pycnomètre, du sol et de l'eau ;

m_4 : masse du pycnomètre plein d'eau ;

ρ_w : masse volumique de l'eau conventionnellement prise égale à 1 000 kg/m³ ;

La masse volumique des particules solides est la moyenne arithmétique de deux mesures effectuées sur deux prises d'essai provenant du même échantillon de sol.

Les masses volumiques s'expriment en t/m³, en kg/dm³ ou en gr/cm³.

L'ensemble des résultats de mesure de la masse volumique des grains solides des cinq échantillons prélevés sont récapitulés dans le tableau. IV.5, ci-dessous :

Echantillons	M2 en (g)	M3 en (g)	M en (g)	ρ_{abs} en (g/cm ³)
ECH 01	662,2	756,7	150	2,702
	662,2	725,3	100	2,710
ECH 02	662,2	757,8	150	2,757
	662,2	726,5	100	2,801
ECH 03	662,2	757,7	150	2,752
	662,2	725,8	100	2,747
ECH 04	662,2	757	150	2,717
	662,2	725,4	100	2,717

Tab IV.5 : Tableau récapitulatif des résultats de mesure de la masse volumique des grains solides « ρ_s » des échantillons

IV.3.4. Résultats et discussion :

D'après les résultats de mesure de la masse volumique absolue des échantillons des différents sables (tableau IV.5), on constate qu'ils présentent des valeurs comprises entre 2,71 et 2,80 ; donc on peut dire que les sables étudiés sont des sables courants d'après la norme française NF P 18-540.

IV.4. Essai au bleu de méthylène dit essai à la tache « NF P 94-068 » :

L'essai au bleu de méthylène (VBS) permet d'apprécier globalement l'activité de la fraction argileuse d'un sol en mesurant la surface interne et externe des grains argileux. Pour ce faire, on fixe, sur les grains d'argiles, des molécules de bleu de méthylène et par un test simple, on évalue la quantité de bleu fixé

Cet essai est effectué sur la fraction granulométrique 0/5 mm du matériau a étudié.

IV.4.1. Principe de l'essai :

Le principe consiste à contrôler l'adsorption du bleu de méthylène injecté dans un bain aqueux contenant la prise d'essai, en observant une goutte de suspension déposée sur une feuille de papier filtre.

Le dosage s'effectue en ajoutant successivement différentes quantités de bleu de méthylène et en contrôlant l'adsorption après chaque ajout. Pour ce faire, on prélève une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier filtre, ce qui provoque la création d'une tache. L'adsorption maximale est atteinte lorsqu'une auréole bleu clair persistante apparaît à la périphérie de la tache.

On appelle valeur de bleu de méthylène du sol VBS, la quantité exprimée en gramme de bleu de méthylène adsorbée par 100 g de fines. Le VBS est un indicateur essentiel dans la classification des sols concernés par les travaux de terrassements.

Une subdivision des différentes catégories de sol est faite en fonction de la valeur du bleu de méthylène.

Valeur de bleu de méthylène (VBS)	Catégorie de sol
VBS < 0,1	sol insensible à l'eau
0,2 ≤ VBS < 1,5	sol sablo limoneux, sensible à l'eau
1,5 ≤ VBS < 2,5	sol sablo argileux, peu plastiques
2,5 ≤ VBS < 6	sol limoneux de plasticité moyenne
6 ≤ VBS < 8	sol argileux
VBS > 8	sol très argileux

Tab IV. 6 : Classification des sols en fonction des VBS

Quatre échantillons ont faits l'objet de l'essai au bleu de méthylène, conformément à la norme française « NF P 94-068 ». Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Classe granulaire en (mm)	Masse sèche de la prise d'essai (en grs)	Volume de bleu introduite (en cm ³)	Masse de bleu introduite B = V x 0,01	Valeur VBS
ECH 01	0,30	17	0,17	0,57
ECH 02	0,30	17	0,17	0,57
ECH 03	0,30	17	0,17	0,57
ECH 04	0,30	17	0,17	0,57

Tab IV. 7: Résultats de l'essai au bleu de méthylène.

IV.4.2. Résultats et discussion :

Selon la Classification des sols par rapport aux valeurs VBS (Tab. 08), les échantillons des sables présentent un VBS varie entre 0,2-1,5 caractérisant des sols sablo-limoneux.

IV.5. Conclusion :

La synthèse des résultats obtenus des essais d'identification au laboratoire, nous a permis de conclure que :

- L'analyse granulométrique a mis en évidence une granulométrie serrée et bien graduée, l'appellation réelle du matériau à partir des fractions trouvées, indique qu'on est en présence d'un sable limoneux.
- La masse volumique réelle des particules solides présentent des valeurs comprises entre 2 et 3 t/m³ avec une moyenne de 2,73 t/m³.
- Les résultats obtenus par l'essai au bleu de méthylène ont permis d'obtenir une valeur moyenne $VB = 0,57$ caractérisant un sol sablo-limoneux.
- Propreté des sables ce sont des sables très propres présentant des valeurs d'équivalent de sable qui dépassent largement les valeurs limites ($ES_v \geq 80\%$, $ES_p \geq 85\%$).

Chapitre V : Sédimentologie des sables

V.1.Introduction :

Le sable est une roche sédimentaire meuble constitué de petit fragment prévenant de la désagrégation de roche de nature diverse . L'analyse granulométrique permet de déterminer la taille des grains des sable, cette opération est réalisée à l'aide d'une série de tamis.

Les résultats obtenus sont représentés sous forme de courbes de fréquences et des courbes cumulatives, à partir de ces courbes on calcule les différents paramètres granulométriques. L'échelle utilisée est l'échelle des phi (ϕ), définie par Krumbein et Pettijohn (1938) par la relation: $\phi = -\log_2 (d)$, (d : étant le diamètre des grains en mm)(tableau V.1).

La courbe cumulative permet de calculer graphiquement divers paramètres de distribution, ces paramètres sont graphie mean (la moyenne), inclusive standard deviation (l'indice de classement), le skewness et le kurtosis , les formules choisis sont celles définis par Folk et Ward (1957). Le mode ou la classe modale est tirée de l'histogramme de fréquence ; elle correspond à la classe la plus représentée, une répartition naturelle peut admettre une ou plusieurs classes modales plus au moins bien marquée, on parle de distribution bimodale (2 modes) ou plurimodale(3modes ou plus).

V.2.Définition des paramètres granulométriques :

Toutes les formules utilisées sont celles proposées par Folk et ward (1957)

a.Graphic Mean :

Moyenne et médiane reflètent la distribution granulométrique du sédiment et l'énergie cinétique moyenne lors du dépôt du sédiment.

La formule proposer par Folk et Ward est la suivante :

$$Mz = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}}{3}$$

b. Inclusive Standard Deviation :

Cet indice de classement indique la qualité du classement. Plus est élevé, plus le classement est mauvais. (Fig. V.1).

$$\sigma_i = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6.6}$$

$0 < \sigma_i < 0,35$	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

Tab.V.1-Terminologie du sorting index (σ_i) définie par Folk et Ward.

c. Inclusive Graphic Skewness :

Appeler aussi indice d'asymétrie Ce paramètre est souvent présenté comme un indicateur de l'environnement de dépôts sédimentaires. Il nous 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.2).

$$S_{ki} = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)}$$

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

Tab.V.2-Terminologie du Skewness (S_{ki}) définie par folk et Ward

Phi	Grade		mm	μm
-8	Bloc	G		
		R	256	256,000
	Galet	A		
-6		V	64	64,000
	Caillou	I		
-2		E	4	4,000
	Granule	R		
-1			2	2,000
	Très Grossier			
0		S	1	1,000
	Grossier	A		
1		B	0.50	500
	Moyen	L		
2		E	0.25	250
	Fin			
3			0.125	125
	Très Fin			
4			0.0625	62.5
	Grossier			
5		V	0.0313	31.3
	Moyen	A		
6		S	0.0156	15.6
	Fin	E		
7			0.0078	7.8
	Très Fin			
8			0.0039	3.9
	Argile			

Tab.V.3. Classification dimensionnelle des sédiments détritiques en mm et en μm et leurs équivalents dans l'échelle des phi (Belmadrk S, 2006).

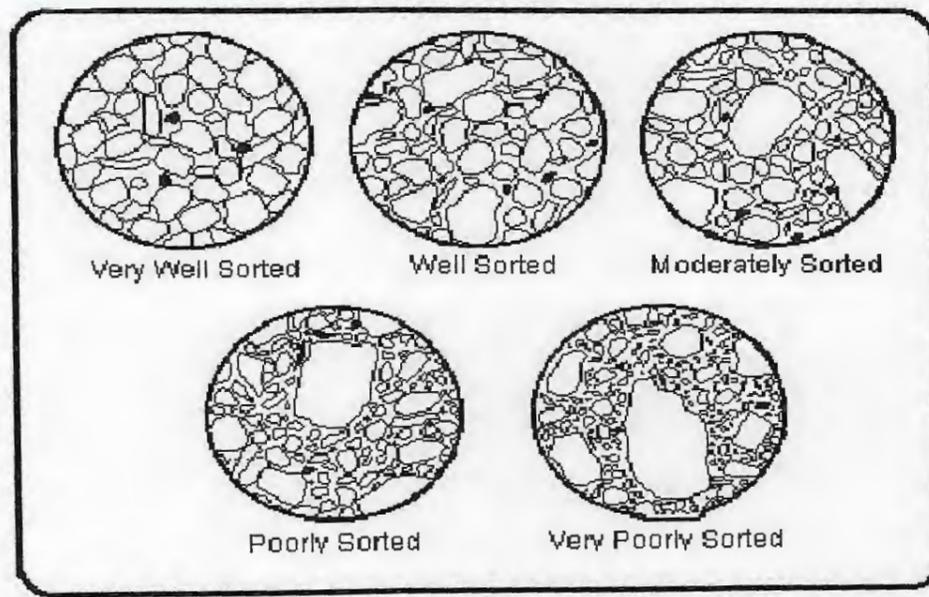


Fig.V.1. Illustration des différents classements de sédiment

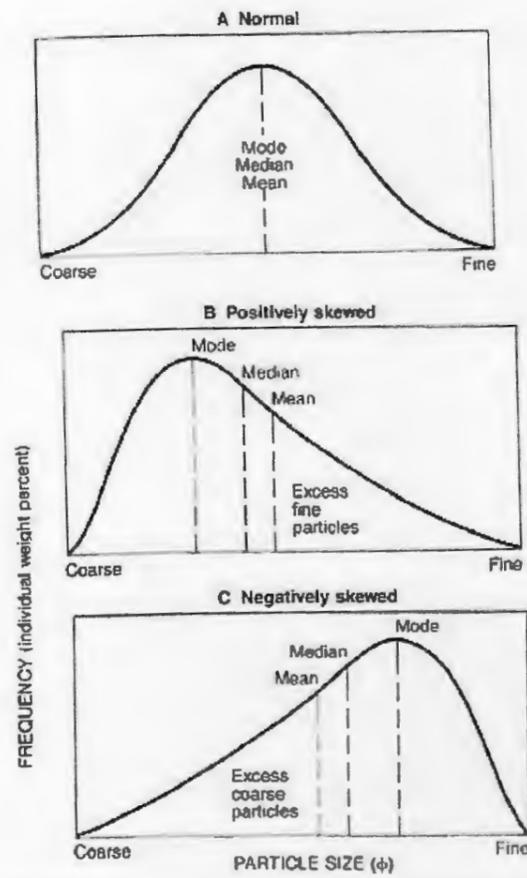


Fig.V.2. Courbes de fréquence illustrant la relation entre le mode, la médiane et la moyenne et la différence entre une courbe normale symétrique et une courbe de fréquence asymétrique.

d - Le kurtosis :

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.4).

$$K_G = \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2.44(\Phi_{75} - \Phi_{25})}$$

$K_G < 0,67$	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

Tab.V.4-Terminologie du Kurtosis(KG) définie par Folk et ward.

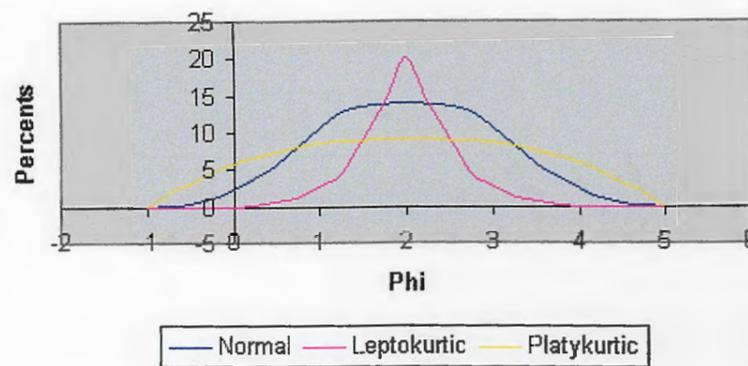


Fig.V.3- Courbes de fréquence illustrant les différentes distributions du Kurtosis.

V.3. Traitement des échantillons :

Les 04 échantillons qui ont été prélevés lors de la campagne d'échantillonnage ont subi un traitement au niveau du laboratoire de génie géologique de l'université de Jijel, les échantillons destinés à une analyse granulométrique, ont subi aussi un traitement préparatoire qui comporte un quartage déjà expliqué dans le chapitre précédent, un séchage dans une étuve à une température de 80°C, pendant 30 minutes et un tamisage, dans ce dernier 200 g de sable sec ont été tamisés pendant 20 minutes, une colonne de 16 tamis de la série A.F.N.O.R dont les mailles en microns mètres sont :2000,1600,1250,1000,800,630,500,400,315,250,200,160,125,100,80,63.

V.4. Traitement des résultats obtenus :**V.4.1. Analyse des courbes et histogrammes de fréquence :****a- l'échantillon BB 01 :**

L'échantillon 01 présente une courbe de fréquence unimodale, ces courbes ou histogramme de fréquence se concentre dans les classes granulométriques 500µm, 400µm, 315µm. la classe modale est de 400µm avec 28.38% de la population de celui-ci. Fig. (V.4.1.a).

b- l'échantillon BB 02

Selon la courbe et l'histogramme de fréquence, cet échantillon présente une distribution unimodale avec un mode de 31.37% pour la classe granulométrique 400µm Fig. (V.4.1.b).

c- échantillon BB 03

Cet échantillon présente aussi une distribution unimodale, mais la fraction granulométrique qui domine est celle de la classe 500µm avec 26.81% Fig. (V.4.1.c).

d- l'échantillon BB 04

Pour l'échantillon BB04 les deux classes granulométriques 400µm et 500µm dominent avec 24.21% pour la fraction 500µm et 24.96% pour la fraction 400µm, et selon la courbe et l'histogramme de fréquence cet échantillon présente une distribution unimodale Fig. (V.4.1.d).

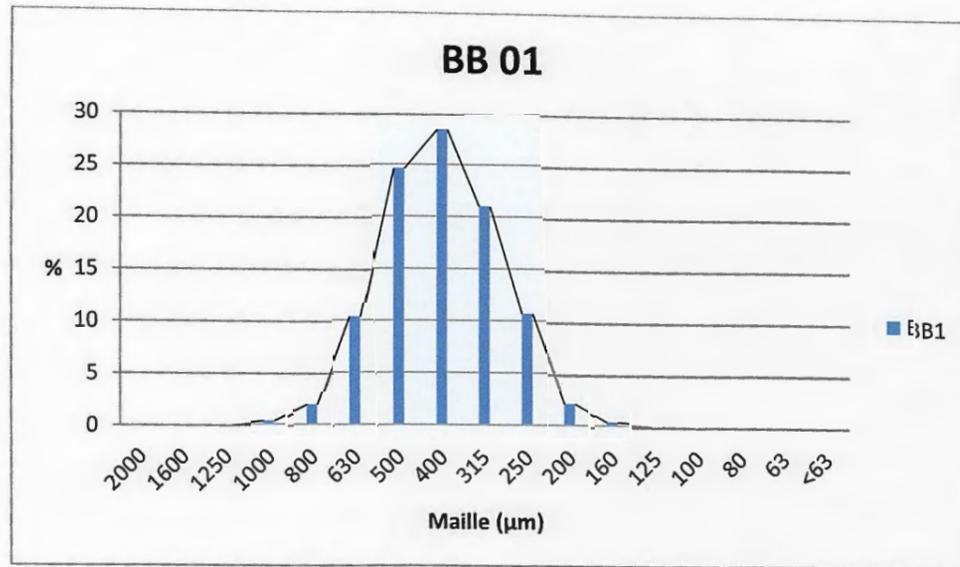


Fig.V.4.1.a. Courbe et histogramme de fréquence de l'échantillon BB01

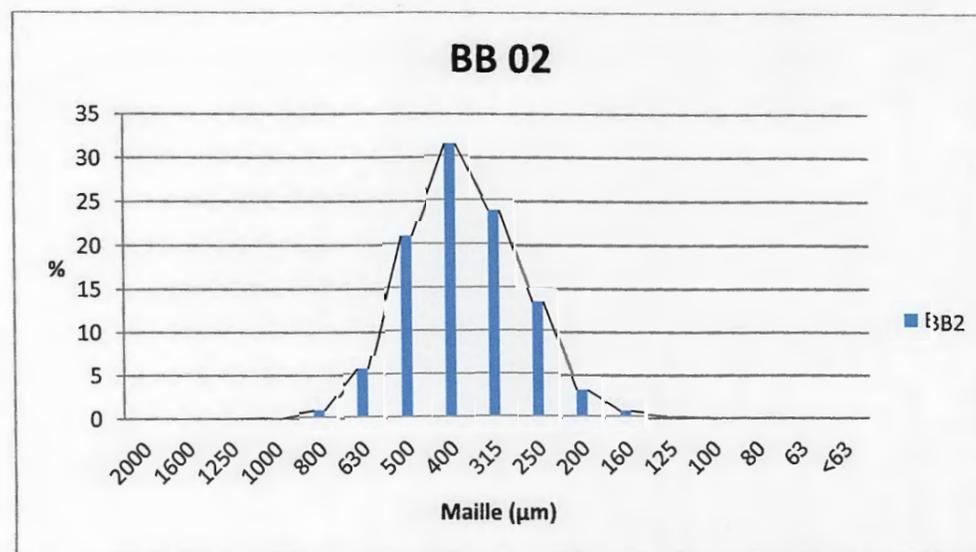


Fig.V.4.1.b. Courbe et histogramme de fréquence de l'échantillon BB02

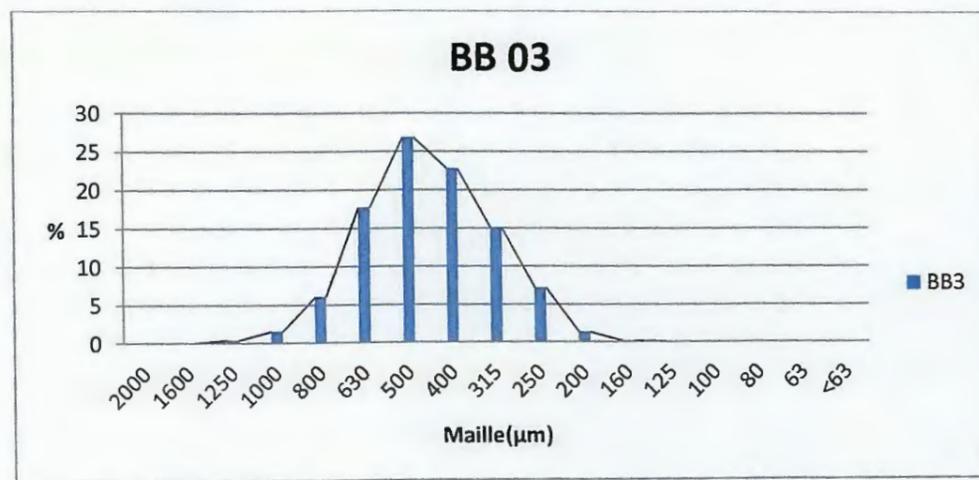


Fig.V.4.1.c. Courbe et histogramme de fréquence de l'échantillon BB03

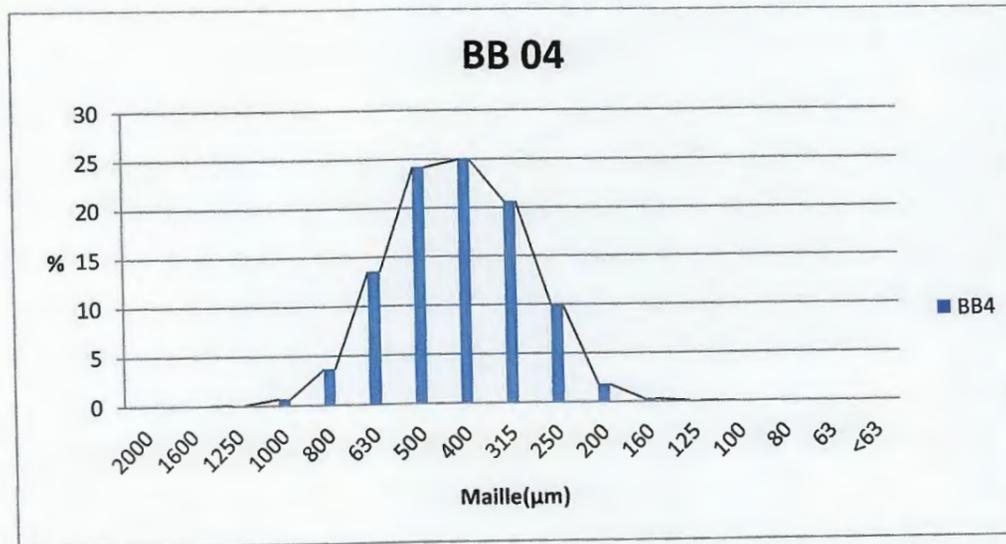


Fig.V.4.1.d. Courbe et histogramme de fréquence de l'échantillon BB04

V.4.2. Analyse des courbes cumulatives et paramètres granulométriques :

Les courbes cumulatives des différents échantillons ont été présentées sur des papiers millimétriques pour faciliter la projection et la lecture des différents quartiles

$$\Phi_5, \Phi_{16}, \Phi_{25}, \Phi_{50}, \Phi_{75}, \Phi_{84}, \Phi_{95}.$$

Les courbes cumulatives de chaque échantillon sont représentées dans la figure(V.4.2).

Les résultats obtenus après calcul des différents paramètres granulométriques sont représentés dans le tableau suivant :

Paramètres échantillons	Grain moyen (Mz)	Sorting index (σ_i)	Skewness (Sk_i)	Kurtosis (KG)
BB01	1.16	0.44	0.08	1.17
BB02	1.25	0.45	0.05	1.12
BB03	0.97	0.52	0.04	1.04
BB04	1.11	0.49	0.02	1.91

Tab.V.5.résultats des paramètres granulométriques

D'après le tableau :

L'échantillon BB01 : présente un grain moyen de valeur (1.16Φ , $450\mu\text{m}$), cette valeur indique que ces sables ont une granulométrie moyenne.

La valeur de l'indice de classement est 0.45Φ . Cette valeur révèle un bon classement de ces sables.

Le skewness ou indice d'asymétrie à une valeur de 0.08Φ indiquant ainsi que ce sable présente une symétrie granulométrique.

Pour le kurtosis indice d'acuité (KG) sa valeur 1.17Φ indique que cet indice se présente par une courbe leptocurtique.

L'échantillon BB02 : le grain moyen (Mz) est 1.25 équivalent de $420\mu\text{m}$, indiquant ainsi un sable à granulométrie moyenne.

Le sorting index ou indice de classement présente une valeur de 0.44 révélant ainsi que ces sables sont bien classés.

D'après la valeur 0.08 de l'indice d'asymétrie, on peut dire que ce sable présente une symétrie granulométrique.

La valeur 1.12 Φ traduit une distribution leptocurtique du sable.

L'échantillon BB03 : les sables de cet échantillon ont un grain moyen grossier Mz est égal à 0.97 Φ soit 510 μ m.

Selon la valeur 0.04 Φ du skewness, ces sables présentent une symétrie granulométrique.

Cet échantillon présente une distribution mésocurtique d'après la valeur 1.04 Φ du kurtosis.

L'échantillon BB04 : cet échantillon a un grain moyen de 1.10 Φ , soit 470 μ m indiquant que ces sables ont une granulométrie moyenne.

Le sorting index indice de classement avec sa valeur 0.49 Φ on peut dire que se sont des sables bien classé.

La valeur 0.02 Φ du skewness indique que ce sable présente une symétrie granulométrique.

Le kurtosis avec sa valeur 1.91 Φ traduit une distribution platicurtique de ce sable.

V.5.Synthèse et discussion des résultats :

Les échantillons récoltés le long de la plage de Béni Bélaïd présentent une granulométrie moyenne, seule les sable de l'échantillon 03 sont grossier. se sont des sables bien classés et présente une symétrie granulométrique, les valeurs de kurtosis traduit des distribution leptocurtiques pour l'échantillon 01 et 02 qui veut dire que ces sables se localisent dans des classes granulométriques restreintes, alors que pour l'échantillon 03 et 04 qui présentent des distribution mésocurtiques à platicurtiques, la distribution est étalée sur plusieurs classes granulométrique.

On peut dire que l'étude sédimentologique des sables de plage de Béni Bélaid par le biais de l'analyse granulométrique et les différents paramètres indique que la plage est exposée à des courants réguliers vu qu'elle est directement ouverte aux actions de la houle incidente.

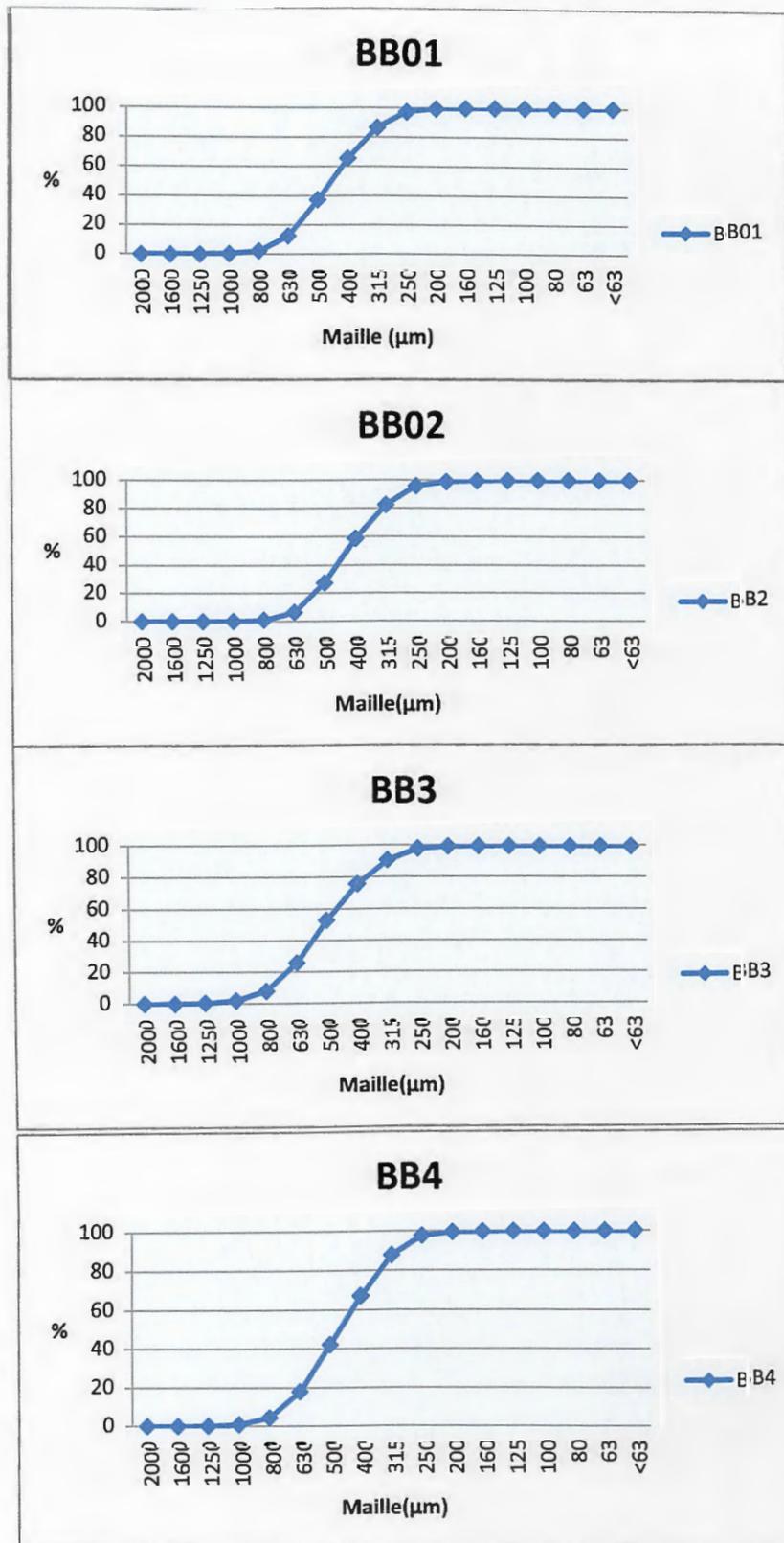


Fig.V.4.2.Courbe cumulative des échantillons.



Chapitre VI : Minéralogie des sables

VI.1.Introduction :

Les sables de plage sont le produit d'altération de roche, ils sont constitués par des mélanges de plusieurs minéraux résistants à l'altération.

Dans ce présent chapitre nous allons essayer d'identifier les différentes phases minérales présentes dans les sables de Béni Bélaid, les échantillons destinés à cette étude ont été lavés dans le tamis 0.63mm ensuite séché dans l'étuve à 100°C.

Dans l'identification minéralogique des principaux constituants des sables étudiés on s'est essentiellement basé sur l'analyse des grains sous loupe binoculaire, et pour chaque échantillon nous avons choisi l'analyse de la fraction granulométrique dominante. Une autre fraction a été aussi étudiée est celle de la classe granulométrique 200 µm afin de faire une comparaison entre les minéraux existant dans les deux fractions.

VI.2.Minéraux existant dans la fraction (400 -500 µm) :(planche I) :

Pour les quatre échantillons les minéraux sont identiques les différentes phases minérales présentes et identifiées dans cette fraction sont : le quartz, feldspath, amphibole, olivine, hématite, cassitérite, zircon, calcite, ilménite, rutile, goethite, mica (biotite et muscovite).

Quartz : SiO₂

C'est le minéral le plus abondant dans nos sables. De forme arrondie à sub-arrondie et de taille variable, ils se présentent en grains souvent incolores et de couleur jaunâtre, sa cassure conchoïdale est très caractéristique. Les oxydes de fer adhèrent à sa surface soit ils sont disséminés dans le grain (pl.I.phot.1).

Feldspaths:

Les feldspaths sont de forme variée et de couleur blanchâtre et parfois ils présentent des plans de macles (pl.I.phot.2).

Amphibole: A₂₋₃ B₅ C₅ [Si₄ O₁₁]₂(OH)₂

Elles se présentent en grains allongés de couleur vert, elle est facilement reconnaissable grâce à ses plans de clivages qui font environ 124° (pl.I.phot.3).

Olivine: (Mg, Fe)₂[SiO₄]

De couleur vert et de forme variées translucide et ne présente pas des plans de clivages (pl.I.phot.4).

Goethite : $\text{Fe}^{3+} \text{O}(\text{OH})$

Ce minéral présente des formes variées facilement reconnaissable grâce à la surface (mamelonnée ou botryoïdale), la goethite est de couleur brun marron (pl.I.phot.5).

Cassitérite : SnO_2

La cassitérite se présentent sous forme allongés à face striées elle est de couleur noir son éclat métallique est très caractéristique (pl.I.phot.6).

Zircon : ZrSiO_4

Ils se présentent en grains émoussés souvent incolores de forme arrondie ou allongée (pl.I.phot.7).

Calcite : CaCO_3

De couleur blanchâtre et qui se présentent sous forme de rhomboèdres (pl.I.phot.8).

Ilménite : FeOTiO_2

Se présente sous forme arrondie de couleur noire à brun noire avec éclat métallique et une surface rouillée dû à l'oxydation du fer (pl.I.phot.9).

Rutile : TiO_2

Il se présente en grains arrondie ou sub arrondie de couleur brun rouge (pl.I.phot.10).

Hématite : Fe_2O_3

Elle est présentée par des formes différentes, sa couleur rouge sang est très caractéristique (pl.I.phot.11).

Biotite : $\text{K}_2 (\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_{6-4} (\text{Fe}^{3+}, \text{Al}, \text{Ti})_{0-2} [\text{Si}_{6-5} \text{Al}_{2-3} \text{O}_{20}] \text{O}_{0-2} (\text{OH}, \text{F})_{4-2}$:

De couleur marron ou brun noir elle est de formes très particulières pseudo hexagonale, avec un éclat gras, elle se présente aussi en paillettes (pl.I.phot.12).

Muscovite : $\text{K}_2 \text{Al}_4 [\text{Si}_6 \text{Al}_2 \text{O}_{20}] (\text{OH}, \text{F})_4$

La muscovite ressemble beaucoup à la biotite mais elle est incolore (pl.I.phot.13).

Chlorites : $(\text{Mg, Al, Fe})_{12} [(\text{Si, Al})_8\text{O}_{20}](\text{OH})_{16}$

Les chlorites se présentent en paillettes verte à éclat gras (pl.I.phot.14).

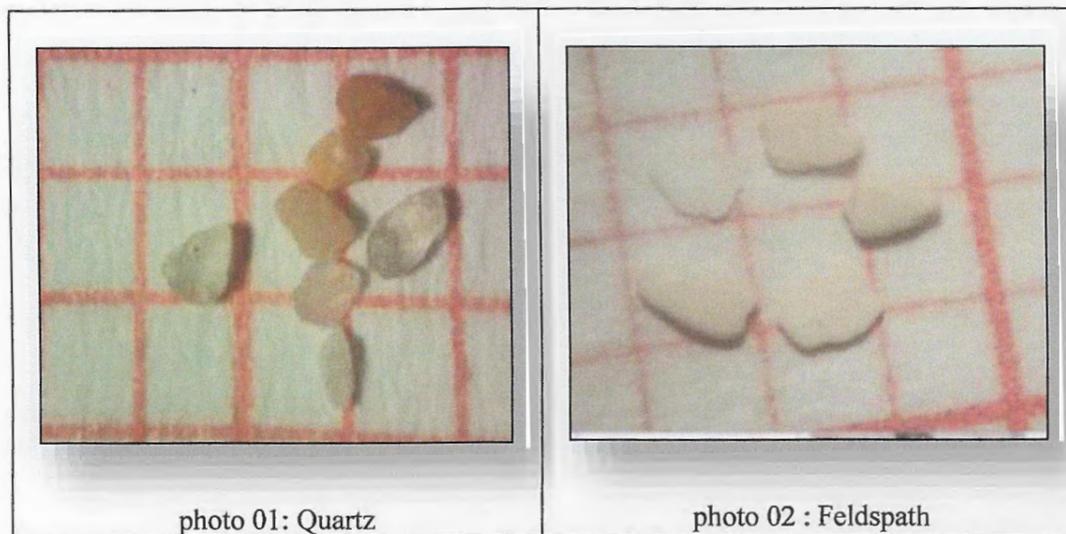
Grenat : $\text{M}^{2+}_3\text{M}^{3+}_2[\text{SiO}_4]_3$

Elles se présentent sous forme différentes de couleur rose, transparentes (pl.I.phot.15).

Les fragments de roches :

Ils se présentent sous forme de fragments plus ou moins schistosés, de couleur, de forme et de taille différente (pl.I.phot.16).

PLANCHE I



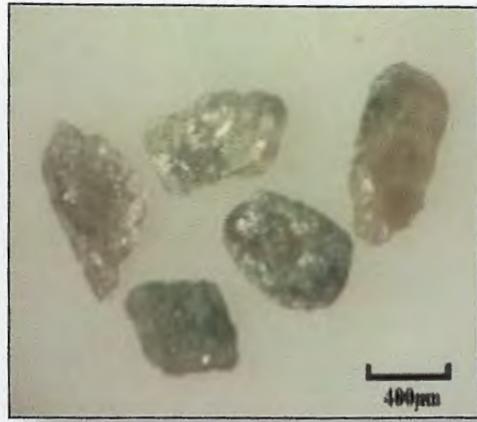


photo 03 : Amphibole

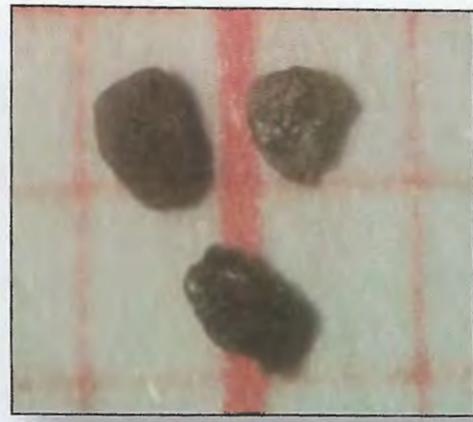


photo 04 : Olivine



photo 05 : goethite



photo 06 : Cassitérite



photo 07 : Zircon



Photo 08 Calcite



photo 09 : Ilménite



photo 10 : Rutile



photo 11 : Hématite



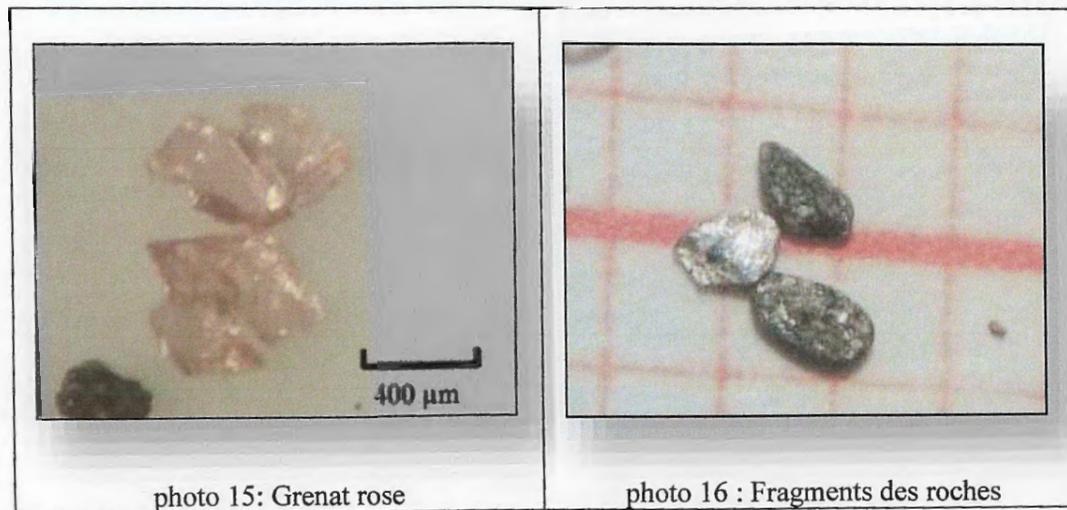
photo 12 : Miscovite + Biotite



Photo 13 : Miscovite



photo 14 : Chlorites



VI.3. Minéraux existant dans la fraction (200-315 µm) :

Dans cette fraction, les minéraux identifiés sont les mêmes minéraux existant dans la fraction 400 µm avec la même allure alors on a suffi de mettre que des photos pour cette fraction. les photos des minéraux de cette fraction sont illustrées dans la planche II

PLANCHE II



Photo 01 : Cassitérite



Photo 02 : Hématite

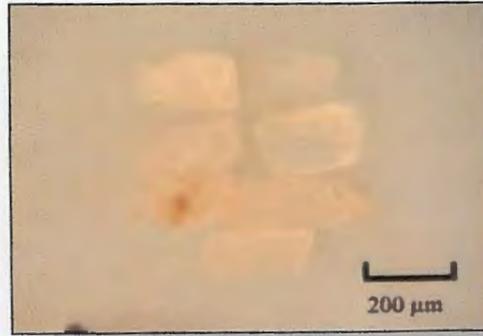


Photo 03 : Calcite



Photo 04 : Amphibole



Photo 05 : Chlorite



Photo 06 : Ilménite

IV.4. Conclusion :

L'étude minéralogique du sable étudiés avec la loupe binoculaire a mis en évidence, en plus des minéraux dominants, la présence d'autres minéraux secondaires : parmi ces minéraux secondaires des minéraux qui peuvent être nocive dans la fabrication du béton, tels que la biotite et la muscovite et Selon l'échelle de dureté de Mohs, la biotite et la muscovite ont une dureté de $\sim 2,5$ qui leur permet une rupture facile. Ces minéraux, faisant partie des phyllosilicates, se présentent généralement en prismes aplatis à clivage (001) parfait. Ce clivage leur confère un débit en minces lamelles flexibles et élastiques. La densité de ces micas est de $\sim 2,7$.

Tenant compte de ces facteurs, l'utilisation des matériaux micacés doit être faite avec prudence. Le clivage (001) parfait crée une direction préférentielle de faiblesse dans le matériau micacé qui est d'autant plus ennuyeux lorsque les lamelles de micas sont alignées en lits parallèles dans la roche ou le matériau. En géotechnique, la construction sur ou avec ces tels matériaux est très déconseillée.

D'autre part cette étude a révélé la présence de minéraux utile tel que la cassitérite (source d'étain), ilménite et le rutile (source de titane), le zircon (minéral utilisé pour les datations), ces minéraux qui d'après nos observation se concentre dans la fraction fine mérite une étude plus détailler pour leur intérêt scientifique et t économique.

Conclusion générale

Conclusion

La plage de Beni-Belaid projet du présent mémoire se trouve à l'extrême est de la wilaya de Jijel, cette plage présente une longueur d'environ 5Km et une largeur qui varie entre 250m et 1Km, elle contient des accumulations sableuse importante dans sa partie centrale.

Le présent travail à permis de déterminer les propriétés physique, granulométrique et minéralogique du sable de plage de Beni-Belaid.

L'étude géologique à montré la diversité des formations géologiques dont les sables peuvent avoir comme source d'origine, tel que les formations métapelitiques, les gneiss, les micaschistes, des roches magmatique et des roches sédimentaires.

Les résultats des caractéristiques physiques de ces sables montrent que le module de finesse présente des valeurs qui varient de 2,20 à 2,69, ces valeurs indiquent qu'on est en présence d'un sable préférentiel.

Les valeurs de coefficient d'uniformité sont inférieur à 2 ($C_u < 2$) prouvant une granulométrie serrée et bien gradué.

Nos sables sont des sables propre et pauvre en fine d'après les résultats de l'équivalent de sable ($ES > 80$)

L'étude sédimentologique de ces sables à révélée que ces sables présentent une granulométrie moyenne, un bon classement, une symétrie granulométrique

($-0.1 < S_{ki} < +0.1$), ainsi qu'une distribution leptocurtique pour les sables de la partie orientale, mésocurtique à platicurtique pour la partie occidentale.

L'étude minéralogique à montrés que le quartz est le minéral le plus abondant dans nos sables ainsi que d'autre minéraux accessoires tel que la cassitérite, les feldspaths l'ilménites, grenat, rutil, biotite, muscovite, hématite, goethite.

Ces minéraux se trouvent beaucoup plus dans la fraction 200 μ m, la présence des minéraux tel que la biotite et la muscovite peut être nocive pour le béton à cause de leurs clivage et leurs sensibilité à l'eau.

Conclusion

La présence du zircon et d'autres minéraux comme l'ilménite, la cassitérite et le rutile présente un intérêt scientifique et économique, une étude détaillée de ces minéraux est recommandée.

Bibliographie

- 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.
- 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.
- Belmedrek, S. (2006) :** Granulométrie et minéraux lourds des sables dunaires et de plage des secteurs d'Oued Zhour et de Béni Bélaïd (Jijel, Algérie nord orientale), Mém. Magister, Université Mentouri Constantine 103.
- 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, et al., (1973) :** les olistostromes d'âge miocène inférieur liés aux flyschs allochtones kabyles de l'orogène alpin d'Algérie. Bull. Soc. Géol. Fr, vol 7, XV. pp 340-344.
- 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., (1977) :** Géologie alpine de la petite Kabylie dans les régions de Collo et d'El-milia (Algérie). Thèse Doctorat. Univ. P. et M. Curie, 511 p.
- 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 Berbérie. Bull. Serv. Carte Géol. Algérie, Vol 39, pp 89-131.

Bibliographie

- 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.
- 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.
- 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., (1991):** Cinématique des déformations et évolution P-T anté-alpines en Petite Kabylie (Algérie Nord Orientale). Thèse Doctorat d'Etat, USTHB, Alger, 190 p.
- Parfenoff, A, Pomerol, C, Tourenq, J., (1970) :** Les minéraux en grains, méthode d'étude et de détermination. Edition Masson, 578 P.
- 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 de la chaîne numidique (Nord du Constantinois, Algérie). Mém. Soc.Géol.France,53, pp 121-163.
- 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.

Bibliographie

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

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