

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Sciences de la Terre et de
l'Univers



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم: علوم الارض والكون

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique**
en Sciences de la Terre et de l'Univers

Filière : Géologie

Option : Géologie de l'Ingénieur et Géotechnique

Thème

**Caractérisation géologique et classification géotechnique des sables
de la région de Kissir, Wilaya de Jijel (Nord-Est Algérien)**

Membres de Jury

Président : Pr. Riad Benzaid
Examinatrice : M^{me} Sonia Belmdrek
Encadrant : M^{me} Hassiba Kherrouba

Présenté par

- Bouab Aymen
- Khaldi Mohammed Amine

Année Universitaire 2021-2022

Numéro d'ordre (bibliothèque) :

Remerciements

Quelques mots en préambule de cette étude, qui met un point d'orgue à une année riche et intense.

Nos premiers remerciements vont à **ALLAH** « الله » le tout-puissant, de nous avoir donné la force et le courage pour accomplir ce modeste travail.

Nous remercions surtout nos parents qui nous ont donné tant de courage de volonté et tous ce qu'ils peuvent donner et plus, aussi tous les membres de nos familles.

Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aura pas pu avoir le jour sans l'aide de notre encadrante Mme **Hassiba Kherrouba**, enseignante au département des Science de la Terre et de l'Univers à l'université de Jijel. On la remercie pour la qualité de l'encadrement, pour sa disponibilité, ses efforts, sa patience aux corrections ultimes et ses conseils précieux tous au long de ce travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, en acceptant de l'examiner et de l'enrichir par leurs propositions.

Nos remerciements s'adressent aussi à toute l'équipe de laboratoire des Travaux Publics de l'Est(LTPEst) qui nous a permettent de réaliser nos essais au niveau du laboratoire.

Nous remercions vont également à nos enseignants du département des Sciences de la Terre et de l'Univers chacun à son nom, pour tous les efforts consentis.

Nos meilleurs remerciements vont également aux personnes qui nous ont aidé et encouragé à la réalisation de ce travail, et nous ont soutenu quand le moral était au plus bas.

Merci enfin à tous ceux qui ont lu et liront ce mémoire...

Aymen et Mohammed

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

- À ma chère mère et mon cher père qui n'ont jamais cessé de me supporter, me soutenir et m'encourager.
- À mes frères et toute ma famille.
- À la mémoire de mes grands-parents Allah yarhamhom.
- À tous ce qui m'ont aidé, de près ou de loin, et qui ont partagé avec moi des bons moments lors de la réalisation de ce travail.
- À tous mes amis qui ont toujours m'encouragé et qui je souhaite plus de succès.
- À tous mes collègues géologues surtout « Les géotechniciens » pour les bons moments qu'on a passés ensemble. " À tous ceux que j'aime et qui m'aiment. À tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à rendre ce Projet possible.

Aymen

Résumé

Le présent mémoire a pour objectif la caractérisation géologique et la classification géotechnique de quelques sables locaux de la région de Kissir (Nord-est Algérien) et de voir la variation des paramètres granulométriques sur des mélanges de ces sables. Quatre échantillons de sable ont été utilisés.

Le présent travail a permis de déterminer les propriétés physiques et granulométriques des sables et des mélanges de sables choisis dans cette étude. L'étude des caractéristiques physiques de ces sables montre qu'ils sont des sables à Granulométrie serrée, mal graduée, aussi très propre et avec un faible module de finesse.

Sur le plan minéralogique, Le quartz est le minéral le plus abondant dans ces sables avec l'association d'autres minéraux accessoires. Ces minéraux issus des formations géologiques environnantes de la région.

Mots clés : Région de Kissir, sables, mélange de sables, caractérisation géologique, classification géotechnique.

Abstract

The purpose of this memo aims at the geological characterization and the geotechnical classification of some local sands of the region of Kissir (north-eastern Algeria) and to see the variation of the granulometric parameters on mixtures of these sands. Four sand samples were used.

This work has made it possible to determine the physical and granulometric properties of the sands and mixtures of sands chosen in this study.

The study of the physical characteristics of these sands shows that they are sands with tight grain size, poorly graduated, also very clean and with a low fineness modulus.

Mineralogically, quartz is the most abundant mineral in these sands with the association of other accessory minerals. These minerals come from the surrounding geological formations of the region.

Keywords: Kissir region, sands, mixture of sands, geological characterization, geotechnical classification.

ملخص

تهدف هذه المذكرة إلى التوصيف الجيولوجي والتصنيف الجيوتقني لبعض الرمال المحلية في منطقة كيسير (شمال شرق الجزائر) ومعرفة تباين المقاييس الحبيبية لمخاليط هذه الرمال. تم استخدام أربع عينات من الرمل. أتاح هذا العمل تحديد الخصائص الفيزيائية وقياسية حبيبات الرمال ومخاليط الرمال المختارة في هذه الدراسة. تظهر دراسة الخصائص الفيزيائية لهذه الرمال أنها رمال ذات حجم حبيبات ضيق، متدرجة بشكل سيئ، ونظيفة للغاية ومعامل نعومة منخفض. من الناحية المعدنية، يعتبر الكوارتز هو أكثر المعادن وفرة في هذه الرمال مع ارتباطه بالمعادن الإضافية الأخرى. تأتي هذه المعادن من التكوينات الجيولوجية المحيطة بالمنطقة.

الكلمات المفتاحية: منطقة كيسير، رمال، مزيج من الرمال، توصيف جيولوجي، تصنيف جيوتقني.

Table des matières

Remerciements.....	i
Dédicaces.....	ii
Résumé.....	iii
Abstract.....	iv
ملخص.....	v
Liste des figures	vi
Liste des tableaux.....	viii

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

Chapitre I : Généralité sur les sables

I.1. Introduction	2
I.2. Définition.....	2
I.3. Les constituants des sables.....	2
I.4. Classification des sables.....	3
I.5. Classification L.C.P.C.....	3
I.6. Classification GTR : (NF P 11 300)	4
I.7. Les caractéristiques et les utilisations des sables.....	5
I.7.1. Caractéristiques.....	5
I.7.2. Utilisations des sables.....	6
I.8. Les ressources de sable en Algérie.....	6
I.9. Conclusion.....	7

Chapitre II : Milieu physique et contexte géologique

II.1. Situation géographique.....	8
II.2. Climat.....	9
II.3. Réseau hydrographique.....	10
II.4. Végétation.....	10
II.5. Lithostratigraphie.....	11
II.6. Les dépôts de l'OMK.....	13
II.6.1. Description des faciès de l'OMK	13
II.6.1.1. Les conglomérats de base.....	13
II.6.1.2. La mollasse de l'OMK	14
a/ La matrice marneuse à discontinuité gréseuses.....	14
b/ Faciès flysch gréso-micacé.....	14
II.7. L'assis gréseuse	14
II.8. Les dépôts marneux dits post-nappes.....	15

II.9. Conglomérat du Pliocène.....	15
II.10. Les dépôts du quaternaire.....	15
II.10.1. Les dépôts du terrasses alluviales.....	16
II.10.1.1. Terrasses alluviales anciennes.....	16
II.10.1.2. Terrasses alluviales récentes.....	16
II.10.1.3. Les colluvions (éboulis de pente)	16

Chapitre III : Étude expérimentale

III.1. Introduction.....	17
III.2. Méthodologie d'études.....	17
III.2.1. Echantillonnage ou prélèvement de l'échantillon.....	17
III.2.2. Préparation de l'échantillon.....	18
III.2.3. Séparation par quartage.....	18
III.3. Teneur en eau.....	18
III.3.1. Matériaux nécessaire.....	19
III.3.2. Mode Opérateur.....	19
III.3.3. Résultats et discussion.....	20
III.4. Détermination de la masse volumique.....	20
III.4.1. Méthode de l'éprouvette gradué.....	21
III.4.2. Mode Opérateur	21
III.4.3. Résultats et discussion.....	21
III.5. Analyse granulométrique.....	22
III.5.1. Module de Finesse.....	24
III.5.1.1. Norme Française (NF P 18-540)	24
III.5.1.2. Norme Européenne (EN 12620)	24
III.5.2. Résultats et discussion.....	25
III.6. Equivalent de sable (NF P 18-598)	31
III.6.1. Principe de l'essai.....	31
III.6.2. Résultats et discussion.....	33
III.7. Essai de bleu de méthylène (NF P 94-068)	33
III.7.1. Principe de l'essai.....	34
III.7.2. Résultats et discussion.....	35
III.9. Conclusion.....	35
Conclusion générale.....	37
Bibliographie.....	

Liste des figures

Fig.I.1. Classification des sols fins : Diagramme de Plasticité selon LCPC.....	4
Fig.II.1. Situation géographique de la zone d'étude.....	8
Fig.II.2. Carte des prélèvements des échantillons.....	9
Fig.II.3. Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel A.R.N.H (1996)	10
Fig.II.4. Réseau hydrographique de la wilaya de Jijel Baghdad (2017)	10
Fig.II.5. Carte géologique de la région d'étude (Extrait de la carte structurale au 1/500000ème de la chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiers, Vila, 1980)	11
Fig.II.6. Dispositif structural des nappes gravitaires du compartiment supra-kabyle : olisostrome de Jijel Nord-Est Algérien (Rouikha 2020).	12
Fig.II.7. Colonnes lithologiques du flysch grès-micasé de la région de Jijel.....	13
Fig.III.1 Opération de quartage.....	18
Fig.III.2 Matériel nécessaire pour l'essai teneur en eau.....	19
Fig.III.3 Analyse granulométrique.....	22
Fig.III.4 les mélanges sable.....	23
Fig.III.5. Courbe granulométrique des 4 sables.....	26
Fig.III.6. Courbe granulométrique du sable mélange 1.....	27
Fig.III.7. Courbe granulométrique du sable mélange 2.....	27
Fig.III.8. Courbe granulométrique du sable mélange 3.....	28
Fig.III.9. Courbe granulométrique du sable mélange 4	28
Fig.III.10. Courbe granulométrique du sable mélange 5	29
Fig.III.11. Courbe granulométrique des variations de Cc et Cu.....	29
Fig.III.12. Courbe granulométrique des variations de MF selon les normes FR et EUR.....	30
Fig.III.13. Histogramme des variations du module de Finesse.....	30
Fig.III.14. Schéma explicatif de la mesure d'équivalent de sable.....	32
Fig.III.15. Explication de l'essai bleu de méthylène.....	34

Liste des tableaux

Tab.I.1. Classification des sols grenus LCPC.....	4
Tab.I.2. La classification GTR pour les sols.....	5
Tab.II.1. Tableau des coordonnées des points de prélèvements.....	9
Tab.III.1. Résultats des teneurs en eau.....	20
Tab.III.2. Résultats de l'essai de la masse volumique.....	21
Tab.III.3. Table récapitulative des caractéristiques des sables utilisée dans le coefficient de béton en fonction de module de finesse (MF) (Georges et J. Festa, 1998)	24
Tab.III.4. Données granulométriques des sables.....	25
Tab.III.5. Tableau récapitulatif de la nature et de qualité du sable en fonction de la valeur ESP et ESV...	33
Tab.III.6. Résultats des essais d'équivalent de sable	33
Tab.III.7. Classification des sols en fonction de VBs.....	35
Tab.III.8. Résultats de l'essai de bleu de méthylène.....	35



Introduction générale

Introduction Générale

Le développement urbanisme et aussi le domaine de construction dans le monde en général et spécifiquement en Algérie demande une utilisation très importante des matériaux de construction, parmi ces derniers, un plus utilisé dans ce domaine, on peut dire que c'est le plus important nous oblige de le connaître et de l'étudier assez bien, on parle ici du *sable*.

Le Sable est la 3^{ème} source la plus utilisée au monde après l'air et l'eau, il représente un volume d'échanges internationaux de 70 milliards de dollars par an et plus de 15 milliards de tonnes sont extraits dans le monde chaque année (Dennis, 2013), mais malheureusement c'est une source non renouvelable, cela nous donne l'information à l'importance de cette source.

Comme tout le pays du monde l'Algérie contient des sources sableuses, on a des sources dunaires et d'autres se sont des carrières. À Jijel on trouve des sources dunaires telles que le gisement d'Oued Zhour, et des carrières comme Djebel Merrada. Ainsi que les sables de plages bien-sûr mais malheureusement l'utilisation du sable de ces plages est strictement interdite puisque sa surexploitation peut conduire à des répercussions directes sur les ressources naturelles, l'érosion des berges d'oued et l'avancée de mer. Par conséquent deux décrets ministériels ont été approuvés en 1991 et 1999 par le ministère interdisant l'exploitation abusive de sable de mer et de sable d'alluvions.

L'objectif de notre travail, est la caractérisation géologique et la classification géotechnique de quelques sables locaux et de voir la variation des paramètres granulométriques sur des mélanges de sables. Trois types de sable ont été utilisés dans cette étude, un sable grossier de la plage de Phare El-Affia, un sable fin de la plage Bordj Blida, et un sable très fin de l'Oued Kissir.

Ce travail sera présenté en trois chapitres. Le premier sera réservé à des généralités sur les sables ; le second porte sur la présentation de la zone d'étude et son contexte géologique local, et le troisième consacré à l'étude expérimentale, porte aussi la partie résultats et discussions. Enfin une conclusion de cette étude regroupant les différents résultats avec proposition de recommandations.

Chapitre I

Généralité sur les sables

I.1. Introduction

Dans le cadre des travaux publics ou des travaux de construction une utilisation des sables est nécessaire, basé sur l'importance de cette matière : les scientifiques géologues ou de génie civil ont convenu que l'étude de ces matériaux est inévitable et obligatoire. Donc il est nécessaire d'avoir des sables de bonne qualité. Et suite à la croissance des activités de construction, ceci provoque une augmentation de la demande du sable et pour cela les autorités ont obligé de faire des exploitations et trouver plus des ressources sablières.

I.2. Définition

Un sable est constitué par des grains provenant de la désagrégation des roches ; la grosseur de ces grains est généralement inférieure à 5 mm (Belmdrek, 2006). Le poids du mètre cube de sable est d'environ 1600kg. Le sable utilisé doit être propre ; en particulier, il ne doit comporter ni terre, ni matières organiques, ni éléments fins (silts et argiles).

On classe les sables en trois catégories :

- Les fins, dont la grosseur des éléments est comprise entre 0 et 0,5 mm ;
- Les moyens, dont les éléments sont compris entre 0,5 mm et 2mm ;
- Les grossiers, dont les éléments sont compris entre 2 mm et 5 mm

La composition du sable au point de vue de la grosseur des grains a une importance considérable sur la qualité du béton obtenu.

On distingue 2 types de sables :

- Sables naturels : vient des débris des roches mères sous l'effet de l'érosion.
- Sables artificiels : résultent du concassage des blocs rocheux.

I.3. Les constituants des sables

Avant de parler des constituants de sable il faut savoir d'où il vient donc leur origine. Le sable est souvent le produit de la décomposition ou des débris des roches, donc logiquement il est constitué des différents minéraux (quartz, micas, feldspath, olivine...etc.) aussi de calcaire dont le dominant est le *quartz*. On peut trouver environ 180 minéraux dans les sables donc une extrême diversité de ces derniers (4900 espèces selon les minéralogistes), (Patrick et Duranthon, 2015). Les grains de sable aussi peuvent être des débris d'origine organique, et même synthétique comme le verre et la porcelaine pour les sables récents qui sont présents que dans les plages et de delta marins actuels, aussi des fragments de coquilles (Pierre, 2014).

I.4. Classification des sables

Pour éviter tous problèmes de mécanique de sols, caractériser et classer un sol sont nécessaires, pour les mettre en groupe les sols de même comportement.

Il existe de nombreuses classifications dans différents pays :

- Classification U.S.C.S, (Unified Soil Classifications System) établie par **Casagrande**.
- Classification L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).
- Classification A.A.S.H.O (American Association State Highways Officials).
- Classification G.T.R (Guide de terrassement routier).

Dans notre travail. En se basant sur la classification L.C.P.C.

I.5. Classification L.C.P.C

Classer un sol consiste à l'identifier grâce à des mesures quantitatives et à lui donner un nom afin de le rattacher à un groupe de sols de caractéristiques semblables. La classification LCPC des sols se fait à partir des résultats fournis par :

- la granulométrie ;
- les caractéristiques de plasticité de la fraction fine (limites d'Atterberg).

Les sols sont désignés par le nom de la portion granulométrique prédominante qualifiée par un adjectif relatif aux portions secondaires.

On distingue trois grands types de sols : Il existe trois types :

- Sols grenus : plus de 50 % des éléments plus de 80 μ m.
- Sol fin : plus de 50 % des éléments moins de 80 μ m.
- Sol organique : teneur en matière organique plus que 10 %.

* Sols grenus

La classification des sols grenus se fait par la granulométrie et les limites d'Atterberg. Elle est présentée par le tableau I.1 suivant :

Tab.I.1. Classification LCPC des sols grenus.

Définitions			Symboles	Conditions	Désignation géotechnique
GRAVES	Plus de 50 % des éléments > 0,08 mm ont un diamètre > 2 mm	moins de 5 % d'éléments < 0,08 mm	Gb	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ (*) et $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ compris entre 1 et 3	grave propre bien graduée
			Gm	Une des conditions de Gb non satisfaite	grave propre mal graduée
		plus de 12 % d'éléments < 0,08 mm	GL	Limite d'Atterberg au-dessous de la ligne A (fig. 2)	grave limoneuse
			GA	Limite d'Atterberg au-dessus de la ligne A	grave argileuse
SABLES	Plus de 50 % des éléments > 0,08 mm ont un diamètre < 2 mm	moins de 5 % d'éléments < 0,08 mm	Sb	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ et $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ compris entre 1 et 3	sable propre bien gradué
			Sm	Une des conditions de Sb non satisfaite	sable propre mal gradué
		plus de 12 % d'éléments < 0,08 mm	SL	Limite d'Atterberg au-dessous de la ligne A	sable limoneux
			SA	Limite d'Atterberg au-dessus de la ligne A	sable argileux

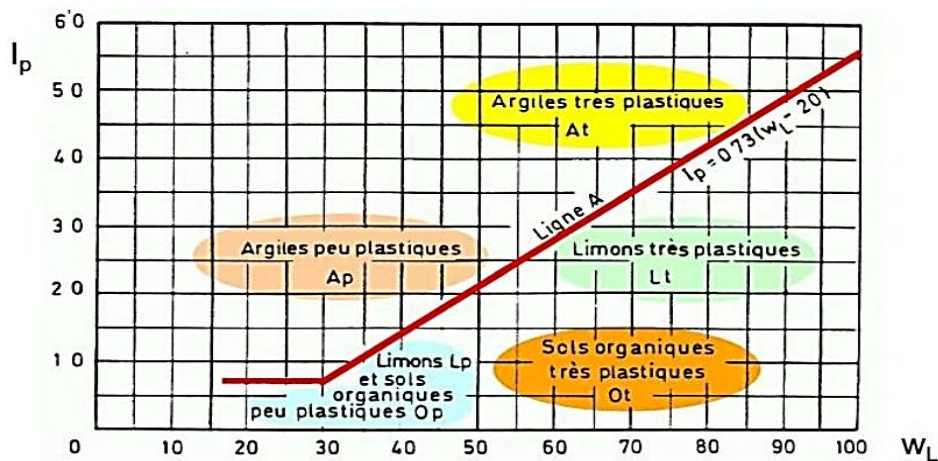


Fig.I.1. Classification des sols fins : diagramme de plasticité de Casagrande.

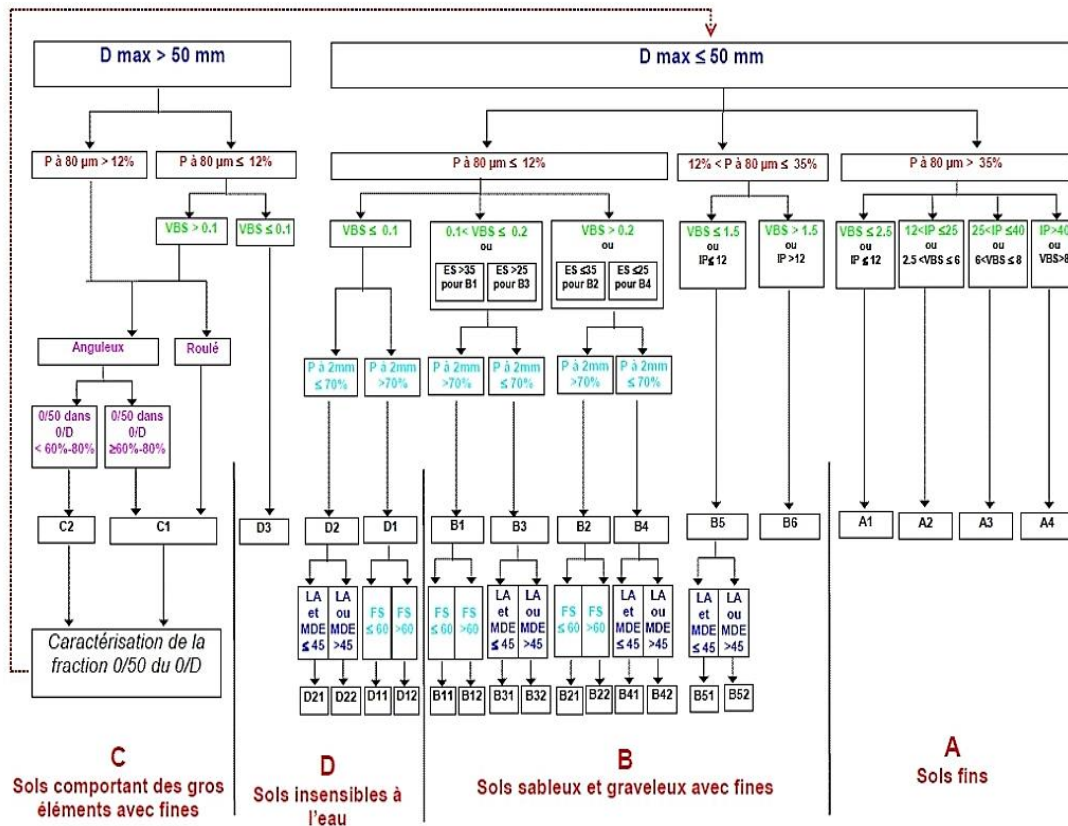
I.6. Classification GTR : (NF P 11 300)

On trouve trois groupes :

- Sol de classe A, B, C et D.
- Les matériaux rocheux de classe R.

- Sol organique de Classe F.

Tab.I.2. Classification GTR pour les sols.



I.7. Caractéristiques et utilisations des sables

I.7.1. Caractéristiques

Les sables naturels sont connus par ses capacités d'écoulement, ses grains sont assez légers et ronds. Plus la forme est ronde plus la vitesse d'écoulement s'augmente.

Au contraire des sables naturels, les grains des sables artificiels ont une aspérité bien observée. Donc à partir d'ici on peut différencier les sables.

La forme ronde donne l'information que le transport des sables est sous l'effet du vent, et d'autre part la forme ovoïde dit que le transport est fait par l'eau.

On peut trouver le sable dans la nature à différent couleurs bien sûr en fonction de sa nature : noir, blanc, rose...etc.

Sa densité sèche se varie selon la granulométrie et sa composition minéralogique.

La granulométrie se diffère selon la nature de sable, la manière et milieu de dépôts. Aussi leurs compositions.

Les sables sont des matériaux de différents comportements, chacun leur caractéristique mécanique ou physique.

I.7.2. Utilisations des sables

Et parce que le sable est l'un des matériaux les plus utilisés dans le monde, il joue un rôle économique très important. On les trouve dans de plusieurs domaines : travaux de construction, industriels, agriculture, même cosmétique et touristique

Parmi ses utilisations on compte :

- La fabrication du béton, aussi utilisé comme des agrégats.
- Fabrication de verre (matière première).
- Utilisé comme abrasif dans les usines pour le nettoyage des pièces métalliques.
- Amélioration de traction et sécurité routière.
- Aménagement paysager et touristique (former des dunes)
- Augmentation du ph d'un sol peu acide et améliorer la texture des terres, bénéficie également de son excellence perméabilité.
- Défense côtière pour la conservation des plages.

I.8. Les ressources de sable en Algérie

Ces dernières années l'Algérie a connu une croissance très importante des travaux de construction : bâtiments, routes, pont, barrages...etc.

Cette évolution marquante a pour conséquence une demande aussi très importante de sable. Au-delà les ressources sabliers doit être disponible et obligatoire que ce soit naturels ou artificiels (exploitation).

L'Algérie contient des ressources sableuses naturels représentées par les accumulations sableuses dunaires, et d'autres artificiels comme les carrières, environs 12 sabliers, réparties sur 08 wilayas et n'oubliant pas les sables de plages sur les zones côtières, mais ces dernier sont interdit de les utiliser d'après les lois de pays. En 2008 la production atteint 498035 tonnes (Source : DGM/MEM, rapport 2008).

I.9. Conclusion

Tous ce qu'on a déjà cités se déroule dans un seul sens, c'est à savoir l'importance du sable dans les divers domaines.

Sa disponibilité est nécessaire pour tous travaux, mais il est non renouvelable, ici nous entrons dans une contradiction, c'est ce qui nécessite que nous le savoir, l'étudions et y accordions plus attention.

Parmi les méthodes d'étude des sables, on a les essais de laboratoire qui sont les plus essentiels dans le domaine géotechnique.

Chapitre II

**Milieu physique et
contexte géologique**

II.1. Situation géographique

La région de Kissir appartient administrativement à la commune de Jijel. Elle se situe à environ 10 km Ouest de la ville de Jijel. Les plages de phare El-Afia (800m de longueur et 90m de largeur), Kissir (500m de longueur et 70m de largeur) et Bordj Blida (500m de longueur et 60m de largeur), (lieux de prélèvement des échantillons) se situent approximativement et successivement à 8, 14 et 15 kilomètres à l'Ouest de la ville de Jijel.

Ces lieux de prélèvements sont limités par :

- au Nord par la mer méditerranée,
- au Sud par la route nationale N°43,
- À l'Est par la commune de Jijel,
- À l'Ouest par la commune d'El-Aouana.

Ces plages sont sous forme de crique (Fig.I.1).

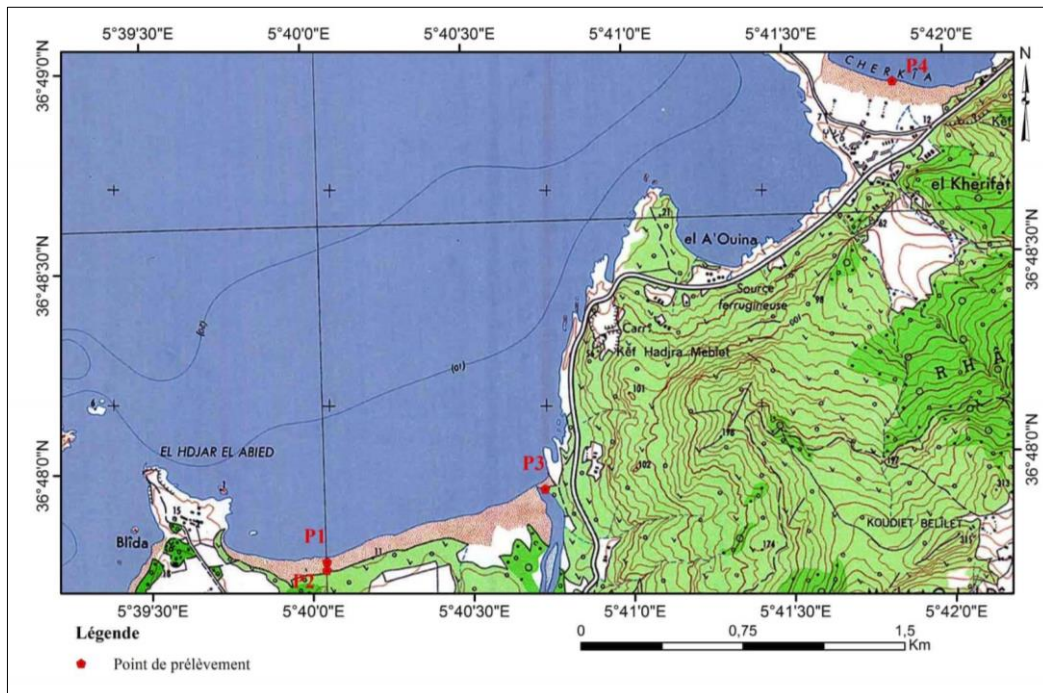


FigII.1. Situation géographique de la zone d'étude.

Les coordonnées géographiques de ces sites de prélèvement sont présentées dans le *tableau.II.1* et la *figure II.2* ci-après :

Tab.II.1. Coordonnées géographiques des points de prélèvements.

Point de prélèvement	Latitude	Longitude
P1	36°47'45.06''N	5°39'54.74''E
P2	36°47'44.26''N	5°39'54.90''E
P3	36°47'55.94''N	5°40'40.18''E
P4	36°48'55.73''N	5°41'43.16''E

**Fig.II.2.** Situation géographique des sites de prélèvement (extrait de la carte topographique de Djidjelli N°28 feuilles 1-2 à l'échelle 1/25000).

II.2. Climat

Le climat est un facteur qui a une influence directe sur le phénomène d'altération des roches physiquement et chimiquement pour produire des sédiments détritiques terrigènes ou non qui vont alimenter les plages en matériaux sableux.

La région de Jijel est caractérisée par un climat méditerranéen subissant l'influence de la mer Méditerranée au Nord, et des reliefs au Sud. Ces deux raisons font que le climat de la région est tempéré, avec des températures élevées en été et basses en hiver. Les précipitations d'eau annuelles varient entre 1000 et 1200 mm/an (Fig.II.3). Cette pluviométrie classe cette région parmi les zones les plus arrosées de l'Algérie. Cette dernière révèle un potentiel hydrique très important.

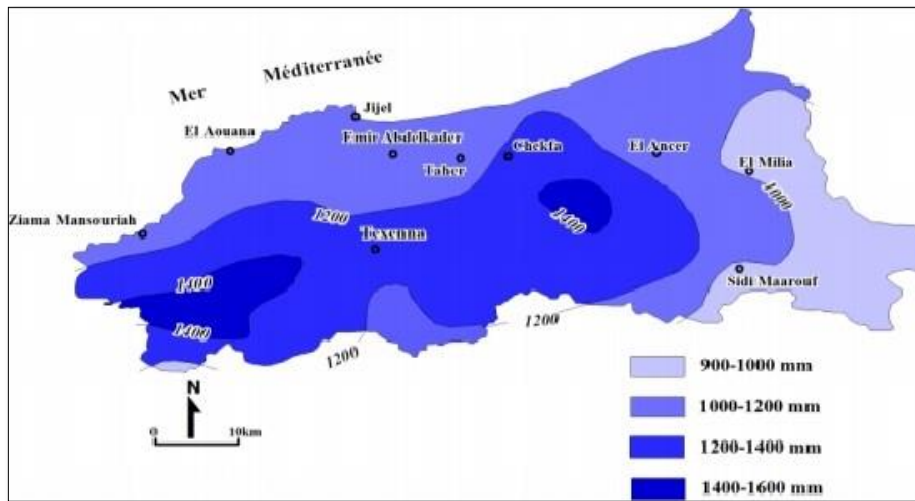


Fig.II.3. Carte pluviométrique de la wilaya de Jijel A.N.R.H (1996).

II.3. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la wilaya de Jijel est très dense (Fig.II.4) et se compose principalement et essentiellement de plusieurs grands oueds (Oued Djen Djen, Oued Mencha, Oued Kissir... Etc.).

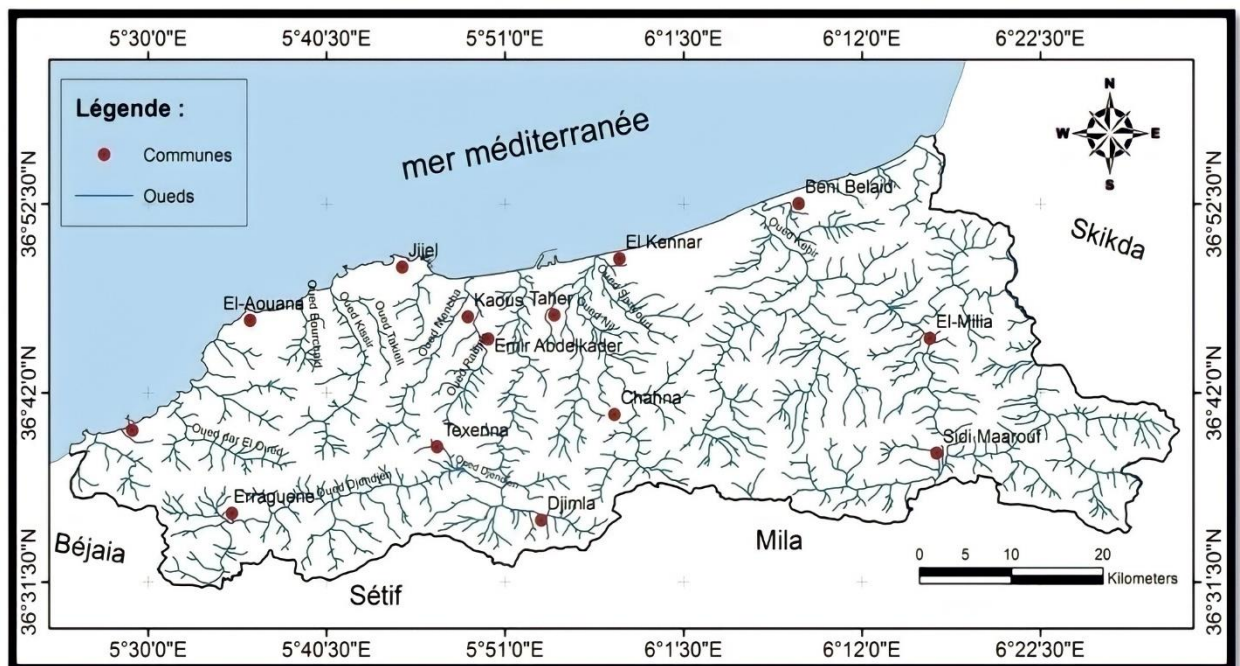


Fig.II.4. Réseau hydrographique de la wilaya de Jijel (Baghdad, 2017).

II.4. Végétation

La zone d'étude est caractérisée par un couvert végétal assez dense couvre une grande partie du territoire de la wilaya. Ce dernier est favorisé par l'importance des précipitations. Les conditions

climatiques et la nature des terrains de la région ont permis le développement de forêts très denses (Kherrouba,2008).

II.5. Litho-stratigraphie

La couverture sédimentaire du territoire de la commune de Jijel limitée du côté Est par Oued Mencha jusqu'à Oued Kissir à l'Ouest est constituée de plusieurs unités lithostratigraphiques dont les principales sont de bas en haut :

- Les dépôts de l'OMK (flysch grès-micasé et molasse olistostromique).
- L'assise gréseuse Numidienne.
- Les marnes (post-nappes) du Tortono-messinien.
- Les conglomérats du pliocène (sable et gravier).
- Les dépôts du quaternaire (Alluvions de plaine et colluvions de pentes).

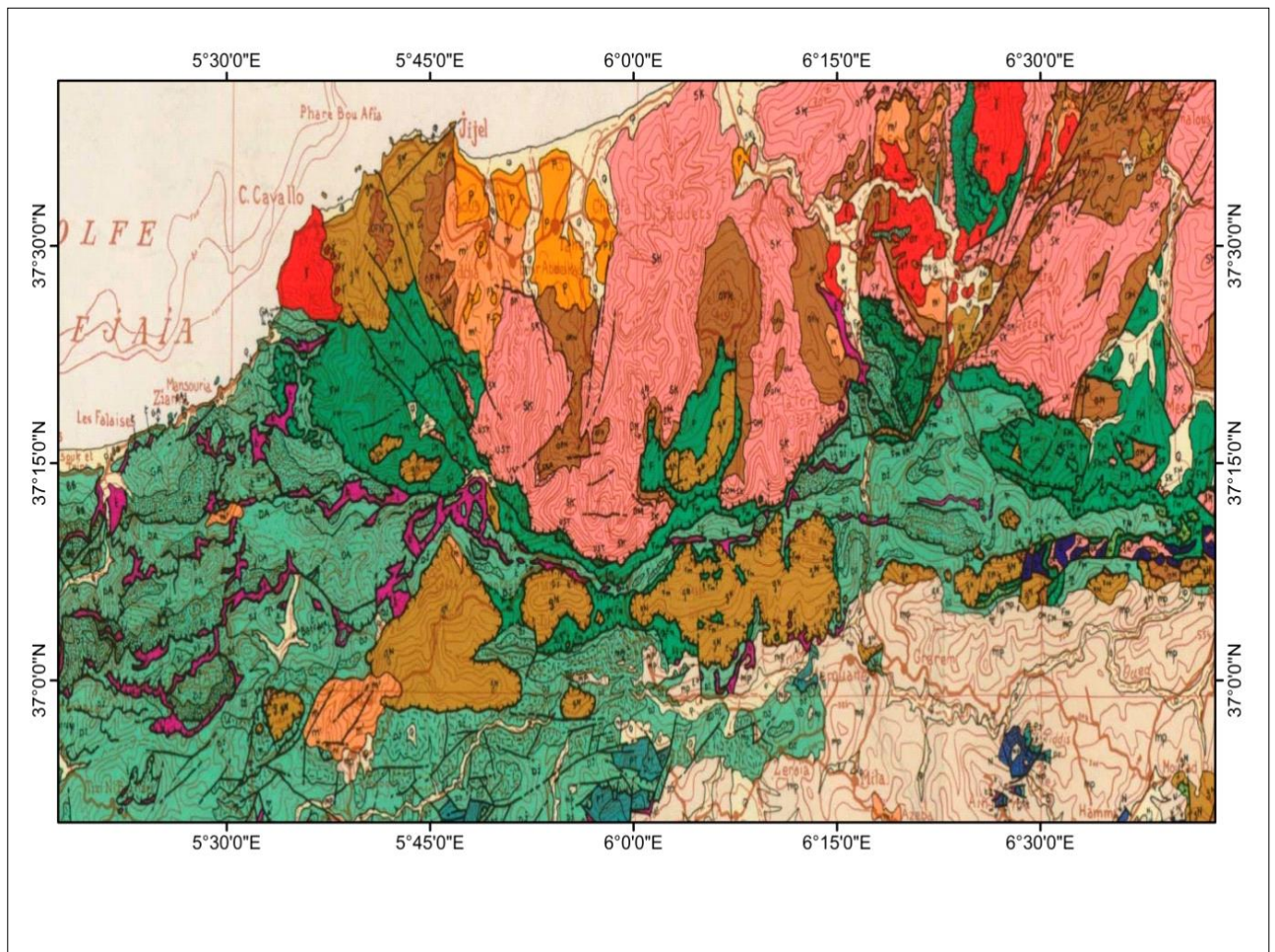


Fig.II.5. Carte géologique de la région d'étude (Extrait de la carte structurale au 1/500000^{ème} de la chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens, Vila, 1980).

Nappe numidienne

- Formation de Babouche (Aquitano-Burdigalien)
- Grès numidien et séries mixtes.
- Principaux affleurements d'argiles de base à Tubotomaculum

Nappes de flysch Kabyles

Flysch Mauritaniens

- Séries internes d'Ain Naceur, de Sidi Rhiat, de Sidi Ahmed, de Settiter, de Bou Taieb, de la Marsa.
Séries médianes de Grouche, d'El Kar n
Série externe (ex-Medjanien) et séries atypiques de Tamalous, du Kef Mezzouch et de Ziane

Flysch Massyliens

- Séries typiques à phlitanites ou à brèches vertes et rouges.
- Cas de la série du Djebel Flifila (1-Crétacé, 2-Jurassique)
- Unités de type Adissa et Sénonien marneux à micro brèches ou à blocs. (A-Eocène, F-Sénonien marneux à micro brèches ou à blocs.

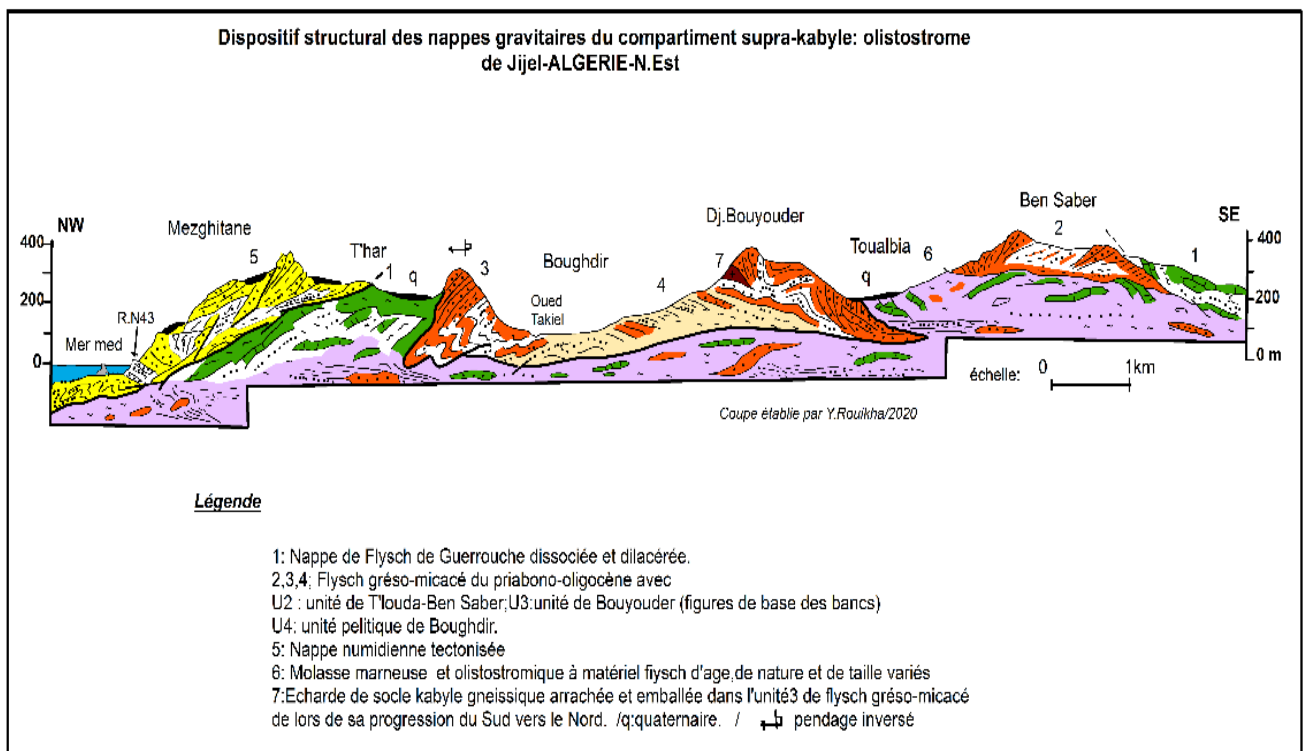


Fig.II.6. Dispositif structural des nappes gravitaires du compartiment supra-kabyle : olistostrome de Jijel Nord-Est Algérien (Rouikha 2020).

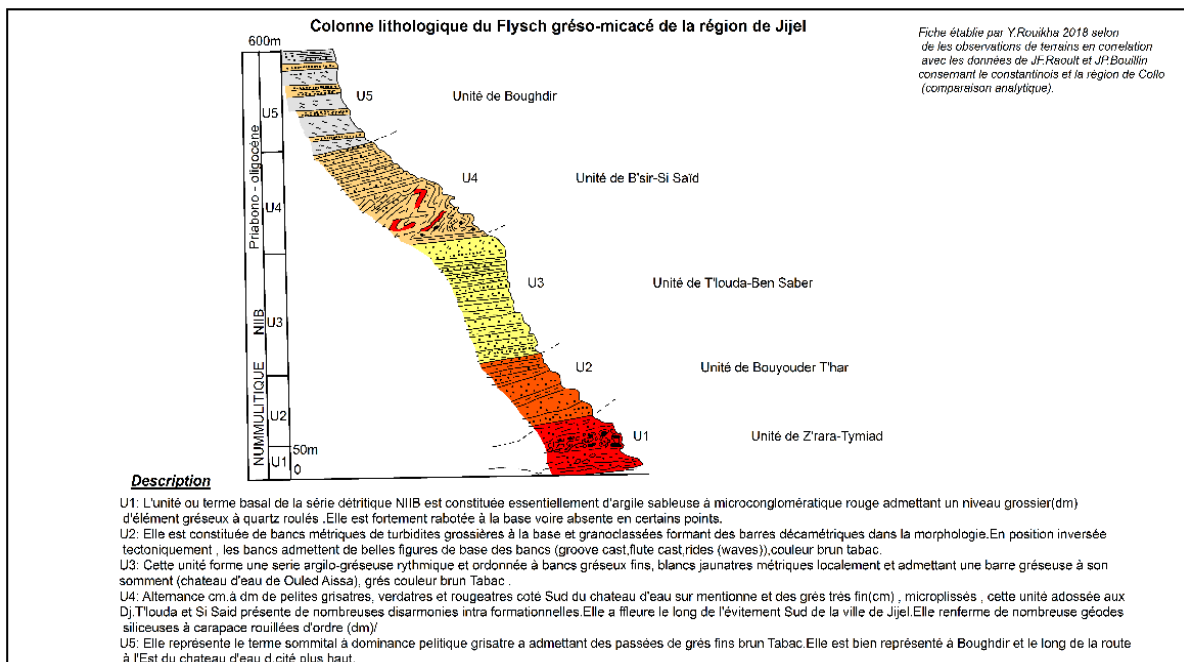


Fig.II.7. Colonnes lithologiques du flysch grès-micacé de la région de Jijel (Rouikha 2019).

II.6. Les dépôts de l'OMK

Dans la région de la Petite Kabylie occidentale, les premiers sédiments transgressifs et discordants sur le socle kabyle paléozoïque sont les conglomérats polygéniques de l'OMK (Djellit, 1987) auxquels se superposent des dépôts molassiques, à matrice marneuse comportant les corps ou unités olistostromiques qui y sont associées. Les formations de cet ensemble sont datées du début de l'Oligocène supérieur (Raoult, 1974 ; Bouillin, 1979) jusqu'à l'Aquitano-Serravallien (Djellit, 1987). C'est-à-dire du miocène inférieur et moyen.

L'OMK est représenté en général par des formations tectono-sédimentaires de nature, d'âge et de taille variés, glissés dans le bassin de sédimentation à cause des mouvements tectoniques méridionaux.

La taille des olistostromes de l'OMK peut être métriques comme aussi elle peut atteindre une taille kilométrique jusqu'à la formation d'une nappe gravitaire à base microplissée et tranché, on les trouve dans plusieurs endroits tels que Djebel Talouda, dans le flysch grès-micacé du Priabono-oligocène (Fig.II.7).

II.6.1. Description des faciès de l'OMK

II.6.1.1. Les conglomérats de base

Affleurent uniquement au niveau de la région appelé 3^{ème} Km à l'Est de la ville de Jijel formant le littoral rocheux. Constitués par des bancs métriques de conglomérats polygéniques

moyens à grossiers, avec des débris de marno-calcaire métamorphisé, des schistes et des galets phylladiques dans une matrice quartzo-pélétique. Dans ces bancs on trouve des passés bien clair (décimétriques) de marne jaune ocre, et / ou gris et induré avec une épaisseur qui peut dépasser les 100 mètres.

II.6.1.2. La molasse OMK

Constitué d'une matrice marneuse avec des discontinuités gréseuses décimétriques à métriques de couleur brun-tabac. Cette matrice molassique peut évoluer vers d'autres faciès à tendance flyschoides (Fig.II.8). La molasse de l'OMK présente plusieurs faciès à l'affleurement représentant des Olistolites kilométriques (Djellit, 1987).

a / La matrice marneuse à discontinuité gréseuses

Représentée par des marnes grises à jaunes avec des passées argileuses varicolores plastiques comme on peut les trouver aussi rouges ocres, englobant des nodules ferrugineux mais souvent couvertes de dépôts quaternaires et d'espaces urbanisés.

b/ Faciès flysch grès-micacé

Constitué d'une alternance de bancs centimétriques ou décimétriques de gris fins légèrement quartzitiques à ciment quartzo-pélétique micacés brun tabac, aussi des argiles jaunes indurées parfois légèrement marneuses (Fig.II.8). Cet ensemble lithologique est partout microplissé (Djebel Talouda), et peut avoir des surfaces de discordances tectoniques intra formationnelles. Ce faciès débute par des bancs gréseux épais de 2 à 3m sur une épaisseur de 50m au total. Ces bancs affleurent à Ouled Aïssa forment les reliefs haut du Djebel sidi Saïd et Talouda (Fig.II.7).

La lisière méridionale de l'OMK avec les formations marneuses du Tortono-Messinien (post-nappe) est marquée par le faciès flysch grès-micacé (Djellit,1987).

***Des autres faciès :** On peut trouver aussi des faciès à caractère flyschoides de l'Albo-Aptien (flysch Massylien).

II.7. L'assise gréseuse

Le faciès numidien sensu stricto n'est représenté dans la région de Jijel que par les bancs gréseux qui forment les reliefs du Djebel Mezghitane sur plus 380 m d'épaisseur (Fig.II.7). C'est un ensemble gréseux représenté par des bancs de grés d'épaisseur de 2 à 4m à faciès numidien, composé principalement de grés blancs à jaunâtre, fins contient à leur surface des dragées de quartz. Ces bancs gréseux ont été soumis à une activité tectonique importante, et séparés par des passées décimétriques d'argiles noires schistosités.

II.8. Les dépôts marneux dits Post-nappes

Représenté par des séries marneuses bleues à grises, aussi jaunâtre à des passés de calcaire discontinus renferment des miches calcaires jaune ocre de couleur et décimétriques à métriques d'épaisseur.

Le Djebel de Talouda est la limite occidentale de ces affleurements, couvrir par la suite le territoire de Béni Caïd, aussi recouvre les collines de Harraten et Boukhartoum.

À l'Est, sur le site de Harraten ces dépôts présentent plutôt un aspect jaunâtre à passées calcareuses parfois blanchâtres. La présence d'horizons plus ou moins oxydés donne l'aspect rubané à ces marnes, (Khalifa et Chouial, 2008).

D'un autre côté, dans le Sud-Ouest, cette série est assez grise à bleu très épais et fortement ravinée.

La puissance de la série marneuse peut atteindre quelques 300m d'épaisseur (Djellit, 1987), et repose en discordance sur les formations de l'OMK.

II.9. Conglomérat du Pliocène

Elles sont représentées par des conglomérats polygéniques et hétérométriques avec des blocs arrondis pouvant atteindre 1m de diamètre, reposent sur des marnes bleues post-nappe d'âge Tortono-messinien (Djellit,1987) ; formant des chapelets circonscrits dans la région de Thourat à l'Est de la ville de Jijel (Khalifa et Chouial,2008).

II.10. Les dépôts du quaternaire

Les dépôts récents âgés du quaternaire à Jijel sont représentés, par plusieurs faciès à caractère généralement détritiques.

Les recouvrements les plus vastes occupent les zones basses, comme le littoral de la ville de Jijel, les berges des cours d'eau importants comme l'Oued Kissir ainsi que le lit de l'oued Mencha où les terrasses récentes constituent de vastes plaines alluviales cultivables. On distingue trois types essentiels de dépôts quaternaires (Khalifa et Chouial, 2008) :

- Sables côtiers : dunaires et consolidés.
- Les terrasses récentes.
- Les argiles de recouvrements : limons rouges.

Dans la région de Kissir les dépôts quaternaires sont surtout représentés par les dépôts des terrasses alluviales et colluvions (éboulis de pente)

II.10.1. Les dépôts des terrasses alluviales

II.10.1.1. Terrasse alluviale anciennes

Les dépôts des hautes terrasses qui occupent le lit de l'oued Kissir sont très répandus au niveau du site. Constitué principalement d'un mélange d'argile, des sables fins à grossier et des limons, aussi des graviers à faible quantité et des blocs dominés par des grès Numidien. L'épaisseur de ces dépôts est variable et peut parfois atteindre 30 m, mais il diminue dans l'étendue à laquelle on se rapproche des pentes.

II.10.1.2. Les terrasses alluviales récentes

Les dépôts alluviaux récents font partie du lit actuel et de la terrasse basse de l'oued Kissir. Ils se composent d'alternances de gravier et de cailloux avec une matrice sableuse ; sable fin à moyen avec présence de graviers et de sables argileux fins à argileux sableux parfois d'apparence boueuse.

On constate que les alluvions récentes, formant un aquifère de la couche de surface (nappe superficielle) de l'oued Kissir.

II.10.1.3. Les colluvions (éboulis de pente)

Les dépôts colluvionnaires sont très étendus sur la zone, couvrent la totalité des versants aussi les reliefs réseaux.

Constitués par des fragments gréseux angulaires de taille centimétrique à décimétrique, enrobé dans une matrice argilo-sableuse, vient de l'altération des grès et des marnes. Leurs épaisseurs varient entre 0.5m sur les reliefs et 4m aux pieds du talus.

Aussi n'oubliant pas de cité la présence des blocs rocheux de grès Numidien détachées et glissés aux pieds du versant, vers le lit de l'oued et aussi enrobées dans les alluvions.

Chapitre III

Etude Expérimentale

III.1. Introduction

Dans les études géotechniques, il existe généralement deux grandes catégories de tests d'identification :

- Essais basés sur l'agencement et la distribution de phases (squelette solide, eau, air). Ces essais caractérisent l'état du sol et ne peuvent être effectués qu'avec des échantillons intacts ;
- Tests qui rendent compte des propriétés des particules de sol et de l'intensité de leurs liaisons avec l'eau. Ces essais, qui caractérisent la nature du sol, sont effectués sur des échantillons intacts ou remaniés (dont l'état a été perturbé pendant l'échantillonnage ou le transport).
- L'identification d'un sol ou un sable signifie la détermination d'un ensemble de propriétés physiques, mécaniques ou chimiques que l'on peut utiliser pour le caractériser. Ces propriétés sont déterminées par des essais au laboratoire ou un situ. (Magnan, 2001).

Notre étude consiste à la caractérisation et la classification de quelques sables locaux et de voir la variation des paramètres granulométriques sur des mélanges de sables. Dans le cadre de cette étude des essais ont été exécutés au laboratoire des matériaux (Département STU) de l'Université de Jijel et autres essais ont été réalisés dans le laboratoire des travaux publics de l'Est (LTPEst Jijel).

III.2. Méthodologie d'étude

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

III.2.1 Échantillonnage ou prélèvement des échantillons

Le long de notre zone d'étude, quatre échantillons ont été prélevés (01 échantillon de la plage phare El-Afia, 01 échantillon de plage de Kissir près de l'oued, et 2 autres échantillons ont été prélevés de plage de Bordj Blida).

Les échantillons ont été prélevés directement sur le tas, à l'aide d'une louche de laboratoire sur une profondeur d'environ 20cm, en respectant bien-sûr les procédures (25 % au bas et sommet, 50 % au corps du tas).

L'échantillonnage a été effectué par 10 kilogrammes. Les échantillons ont été emballés dans des sachets en plastique et sur lesquels un ensemble d'essais d'identification a été programmé.

III.2.2. Préparation des échantillons

Tous les résultats des essais dépendant du soin apporté à la réalisation de cette opération de préparation, tous les échantillons prélevés ont été préparés conformément à la norme (NP18-553) suivant la nature de l'échantillon (sable).

III.2.3. Séparation par quartage

Le quartage est une méthode manuelle utilisée pour les solides en vrac. Le quartage est la réduction de la taille d'un échantillon en formant un tas conique qui est étalé en une galette plate circulaire. La galette est divisée en quatre quartiers (d'où son nom). Deux quartiers opposés sont mis au rebut. Les deux autres quartiers sont combinés pour former le sous-échantillon. Le processus est répété autant de fois que nécessaire pour obtenir la quantité désirée pour une utilisation finale (IUPAC, 2019).

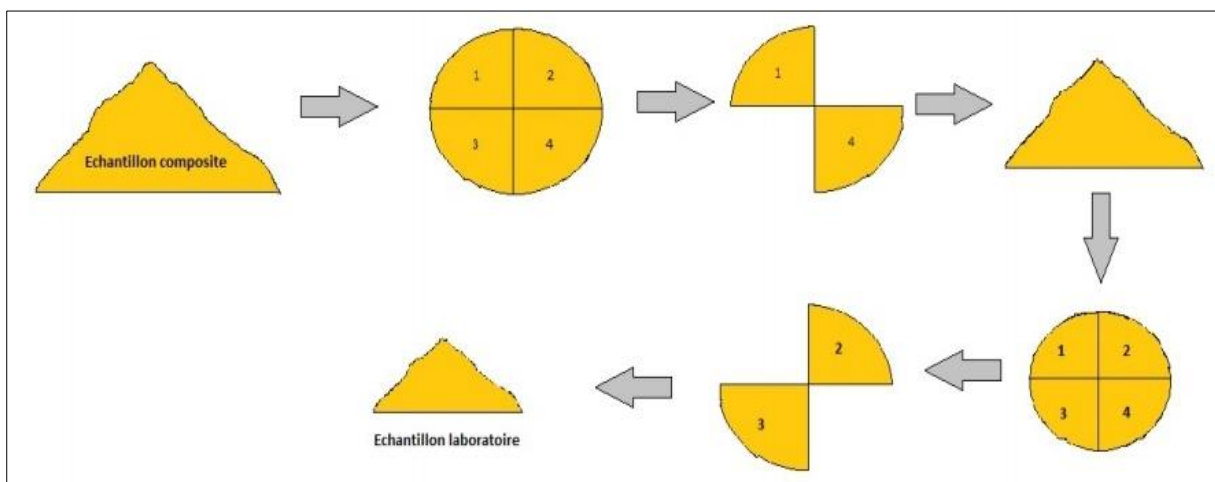


Fig.III.1. Opération de quartage.

III.3. Teneur en eau (NF P94-050)

Notée W , est défini par le rapport du poids de l'eau au poids des particules solides d'un volume donné de sol. Elle s'exprime en pour-cent. Elle est facilement mesurable en laboratoire (Jaques, 2006)

La présence d'eau dans un sol en général peut provoquer des problèmes : parce qu'un sol se déforme selon sa teneur en eau. Contrôler la quantité d'eau signifie contrôler l'élévation du sol et sa capacité portante et ainsi protéger les structures qui y sont construites.

L'essai de teneur en eau a pour objectif de déterminer le pourcentage (%) de l'eau dans l'échantillon étudié. L'opération se fait par la formule suivante :

$$W\% = \frac{Peau}{Psec} \cdot 100$$

Ph : poids humide.

Ps : poids sec.

Peau : $Ph - Ps$ poids d'eau dans l'échantillon.

III.3.1. Matériel nécessaire

Les matériels nécessaires pour l'essai de teneur en eau au laboratoire sont :

- Étuve : pour le séchage de l'échantillon,
- Balance très précise : pour mesurer,
- Moyen de calcul (calculatrice) : pour calculer la teneur en eau.



Fig.III.2. Matériel nécessaire pour l'essai de la teneur en eau.

III.3.2. Mode opératoire

L'essai se fait sous la norme (NF P94-050). On peut le résumer dans les étapes suivantes :

- Mettre la balance dans milieu bien plat et la vérifier pour confirmer qu'elle est bien réglée.
- Avoir un récipient pour faire contenir l'échantillon de sable.
- Mettre le récipient sur la balance et le taré, confirmer que la balance a marqué 00.
- Mettre un poids définit et notez-le. C'est le poids humide *Ph*.
- Placer l'échantillon à l'intérieur de l'étuve à température de 105 ° et attend 24 heures (si l'échantillon ne contient pas des matières organiques)
- Après séchage, Laisse-le refroidit.

- Peser l'échantillon et marquer le poids affiché, c'est le poids sec Ps

Après avoir effectué ces étapes on peut calculer la teneur en eau à l'aide de la calculatrice.

III.3.3 Résultats et discussion

Le Tableau III.1 regroupe les valeurs obtenues de la teneur en eau naturelle pour les quatre sables étudiés :

Tab.III.1 Résultats obtenus de la teneur en eau mesurée.

Échantillons	Teneur en eau
Sable de plage (Bordj Blida)	3.98 %
Sable de plage marron (Bordj Blida)	5.03 %
Sable d'oued Kissir.	20.70 %
Sable de plage phare El-Affia.	3.98 %

D'après les résultats du tableau III.1, on trouve que les sables de la plage Bordj Blida et phare El-Afia ont de faibles teneurs en eau, donc ils ont une bonne portance et peuvent résister au poinçonnement, au contraire le sable de l'oued Kissir qui est dans un état humide donc leur portance aussi sa résistance diminue.

N.B : plus le sable est de faible teneur en eau sa portance et sa résistance s'augmentent. Plus la teneur en eau est forte la portance et la résistance se diminuent.

III.4. Détermination de la masse volumique : (NFP 18-555)

La masse volumique d'une substance, aussi appelée densité volumique de masse, est une grandeur physique qui caractérise la masse de cette substance par unité de volume (Jacques, 1999).

Le but de cet essai est la détermination de la masse volumique du matériau étudié.

- Déterminer la masse volumique apparente des grains.
- Déterminer la masse volumique absolue des grains.

La masse volumique absolue est la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir en compte des vides pouvant exister dans ou entre des grains. C'est une propriété du granulat qui doit être déterminée afin d'identifier et de mesurer les propriétés qui contrôlent les aspects liés au comportement du mélange. En fait, la densité du sable est un paramètre utilisé pour former le béton hydraulique. Le béton, quant à lui, est un matériau composite dont la masse volumique dépend de la masse volumique de ses constituants.

L'essai se fait sous la norme (NFP 18-555), il existe trois méthodes de réalisation d'essais dépendent de l'objectif de recherche et la nature des granulats.

III.4.1 Méthode de l'éprouvette graduée

La masse volumique d'un sol est le quotient de la masse (m) du sol par le volume (V) qu'il occupe (y compris les fluides qu'il contient), (NF P 94-053).

III.4.1. Mode opératoire

Cette méthode est facile, simple et très rapide, Elle se fait par les étapes suivantes :

- Remplir l'éprouvette graduée avec un volume V1 d'eau.
- Peser un échantillon sec M (300 g) et le mettre dans l'éprouvette.
- On observe une augmentation d'eau, lire et marquer le V2.

On calcule par la formule suivante :

$$\rho_s = \frac{M}{V_2 - V_1}$$

III.4.2 Résultats et discussion

Les résultats obtenus de l'essai d'identification de la masse volumique sont présentés au tableau ci-après :

Tab.III.2. Résultats de l'essai de la masse volumique.

Échantillons	M(g)	V1	V2	Masse volumique (g/cm ³)
Sable 1	300	200	320	2.50
Sable 2	300	200	310	2.72
Sable 3	300	200	315	2.60
Sable 4	300	200	315	2.60

D'après les résultats du tableau précédent : on constate que les sables étudiés sont des sables courants selon la norme (NF P 18-540).

III.5. Analyse granulométrique : (NF P 18-560)

L'analyse granulométrique est une étape fondamentale pour la classification d'un sol. Cela consiste à mesurer la dispersion des grains d'un sol suivant leurs dimensions, c'est-à-dire leurs diamètres respectifs. Puis, reporter sur une courbe granulométrique les résultats ainsi obtenus.

L'analyse granulométrique permet, à l'aide de différents tamis, de déterminer précisément la composition d'un matériau afin d'en déduire ses caractéristiques mécaniques. Elle comprend deux opérations : Le tamisage et la sédimentométrie.

Cet essai consiste à classer les différents grains constituant un échantillon par une série de tamis, l'un sur l'autre dont les dimensions sont décroissantes du bas vers le haut. Après se mettre l'échantillon en haut de la série en passant les tamis en vibration à l'aide de tamiseuse électrique. On dit que le tamisage est terminé lorsque les refus ne varient pas de plus de 1 % entre deux séquences de vibration.

L'essai a été réalisé au niveau du laboratoire des matériaux du département de la terre et de l'univers de l'université de Jijel sous la norme (NF P 18-560).



Fig.III.3. Analyse granulométrique.



Fig.III.4. Différents types de sable testés.

Une fois la courbe granulométrique tracé, on peut calculer et déterminer certains paramètres qui décrivent la distribution granulométrique de chaque échantillon, et permet de prévoir certains de ces propriétés, qui nécessitent le calcul de deux coefficients de forme :

- **Coefficient d'Uniformité (coefficient de HAZEN)**

Il caractérise la répartition en taille des éléments d'un sol, ce coefficient permet de savoir si la granulométrie est étalée ou serrée :

$$Cu = \frac{D60}{D10}$$

D'ou :

- **D60** : Diamètre en (mm) correspond au tamisât cumulé de 60 % ,
- **D10** : Diamètre en (mm) correspond au tamisât cumulé de 10 % ,

Si : **Cu < 2** : la granulométrie est serrée

Cu > 2 : la granulométrie est étalée.

- **Coefficient de courbure**

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

$$Cc = \frac{D30^2}{D10 \times D60}$$

Avec :

- **D30** : Diamètre en (mm) correspond au tamisât cumulé de 30 %

Si : $1 < C_c < 3$ bien graduée (continuité bien répartie),

$C_c < 1$ ou $C_c > 3$ mal graduée (continuité mal répartie).

III.5.1. Module de Finesse

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

III.5.1.1. MF selon la Norme Française (NF P 18-540).

C'est un coefficient qui permet de caractériser l'importance des éléments fins dans un granulat.

Le module de Finesse est égal au 1/100 la somme des refus cumulés en pourcentage sur les tamis suivants : 0,16 – 0,315 – 0,63 – 1,25 – 2,5 – 5 mm

$$MF = \frac{1}{100} \sum \text{refus cumulés en \% des tamis (0,16 – 0,315 – 0,63 – 1,25 – 2,5 – 5)}.$$

III.5.1.2. MF selon la Norme Européenne (EN 12620)

Égal au 1/100 des refus cumulés en pourcentage sur les tamis suivants : 0,125 – 0,25 – 0,5 – 1 – 2 – 4 mm

$$MF = \frac{1}{100} \sum \text{refus cumulés en \% des tamis (0,125 – 0,25 – 0,50 – 1 – 2 – 4)}.$$

Tab.III.3. Table récapitulative des caractéristiques des sables utilisés dans le coefficient de béton en fonction du module de finesse (Mf), (Georges et Festa, 1998).

Valeur de module de finesse <<MF>>	Caractéristiques des sables
$1.8 < MF < 2.2$	Le sable est à utiliser si l'on recherche particulièrement la facilité de mise en œuvre au détriment probable de la résistance.
$2.2 < MF < 2.8$	Le sable est à utiliser si l'on recherche une ouvrabilité satisfaisante et une bonne résistance avec des risques de ségrégation limités.
$2.8 < MF < 3.2$	Le sable est à utiliser si l'on recherche des résistances élevées ou des détriments de l'ouvrabilité et avec des risques de ségrégation.
$3.2 < MF$	Sable à rejeter.

III.5.2. Résultats et discussion

Les résultats obtenus de l'analyse granulométrique nous ont permis de tracer les différentes courbes granulométriques, et on a déterminé les paramètres et les propriétés de chaque échantillon à savoir : le coefficient d'uniformité Cu, le coefficient de courbure, module de finesse et la teneur en fine < 80 μm du sable (Tab III.4).

- **Les mélanges de sable :**

Dans notre travail, on a utilisé 4 échantillons de sable et effectuer des mélanges de ces 4 sables avec des proportions différentes.

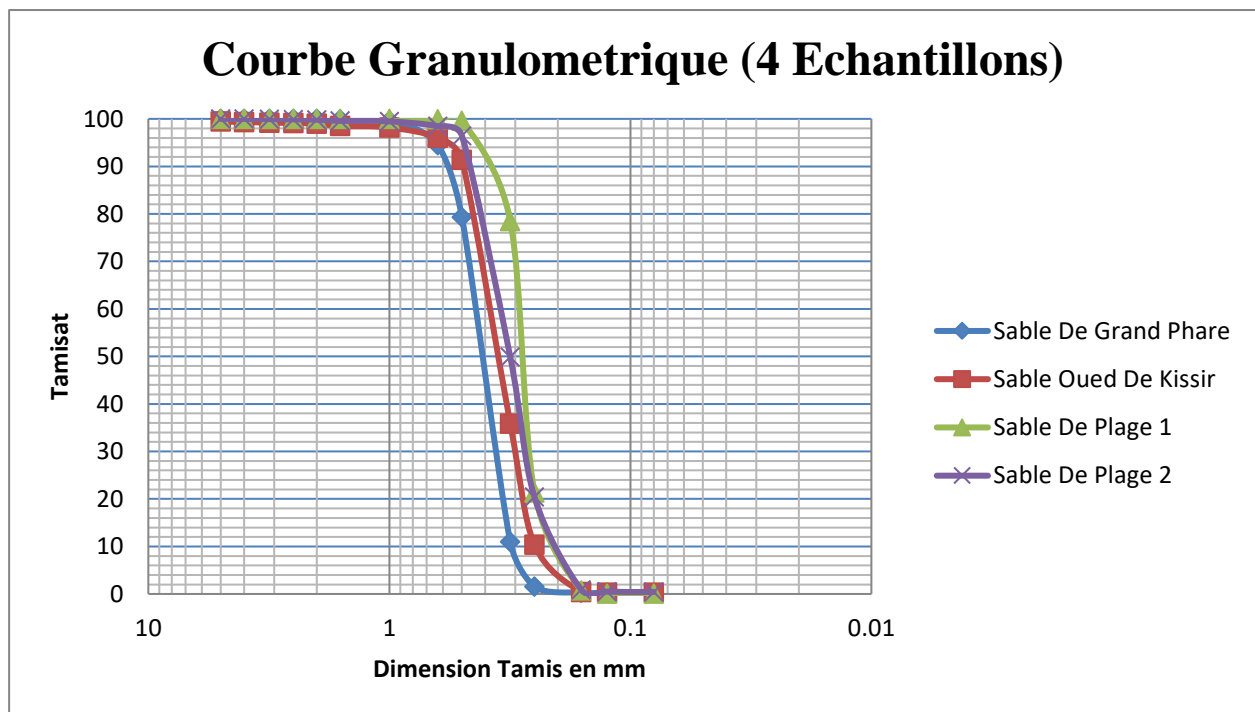
- Sable 1 : échantillon 1 de la plage Bordj Blida
- Sable 2 : échantillon 2 de la plage Bordj Blida
- Sable 3 : sable de la plage phare El-Affia.
- Sable 4 : sable de l'Oued Kissir.
- Sable mélange 1 : (50 % Sable de sable 1, 50 % sable 2),
- Sable mélange 2 : (25% sable 1, 25 % sable2, 25 % sable3, 25 % sable 4).
- Sable mélange 3 : (50 % sable 1, 25 % sable 2, 25 % sable de plage),
- Sable mélange 4 : (50 % sable 2, 25 % sable 1, 25 % sable 3),
- Sable mélange 5 : (50 % sable3, 25 % sable1, 25 % sable2),
- Sable mélange 6 : (60 % sable1, 40 % sable 2),
- Sable mélange 7 : (60 % sable 2, 40 %),
- Sable mélange 8 : (40 % sable 1, 20 % sable 2, 20 % sable 3, 20 % sable 4),
- Sable mélange 9 : (40 % sable 4, 20 % sable 1, 20 % sable2, 20 % sable 3),
- Sable mélange 10 : (50 % sable1, 50 % sable 2),
- Sable mélange 11 : (40 % sable 2, 20 % sable 1, 20 % sable1, 20 % sable 3).

Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau ci-dessous :

TabIII.4. Les propriétés granulométriques des sables

Fraction	D10 mm	D30mm	D60 mm	Cc	Cu	MF (NF P 18-540)	MF (EN 12620)
Sable 1	0.3	0.35	0.39	1.04	1.3	1.20	1.78
Sable	0.3	0.36	0.44	0.98	1.46	1.51	1.83
Sable 3	0.4	0.45	0.47	1.07	1.17	1.94	2.19
Sable 4	0.26	0.31	0.35	1.05	1.34	1.70	2.01
Mélange 1	0.3	0.315	0.38	0.87	1.26	1.13	1.58

Mélange 2	0.24	0.3	0.32	1.17	1.33	1.60	1.91
Mélange 3	0.2	0.27	0.3	1.21	1.5	1.30	1.78
Mélange 4	0.27	0.33	0.4	1.003	1.48	1.35	1.75
Mélange 5	0.3	0.40	0.45	1.18	1.5	1.74	1.99
Mélange 6	0.29	0.32	0.37	0.95	1.27	1.22	1.65
Mélange 7	0.29	0.32	0.39	0.90	1.34	1.21	1.70
Mélange 8	0.3	0.4	0.42	1.25	1.41	1.65	1.89
Mélange 9	0.29	0.39	0.49	1.07	1.68	1.68	1.92
Mélange 10	0.3	0.315	0.38	0.87	1.26	1.13	1.58
Mélange 11	0.3	0.39	0.43	1.17	1.43	1.55	1.91



FigIII.5. Courbes granulométriques des 4 sables.

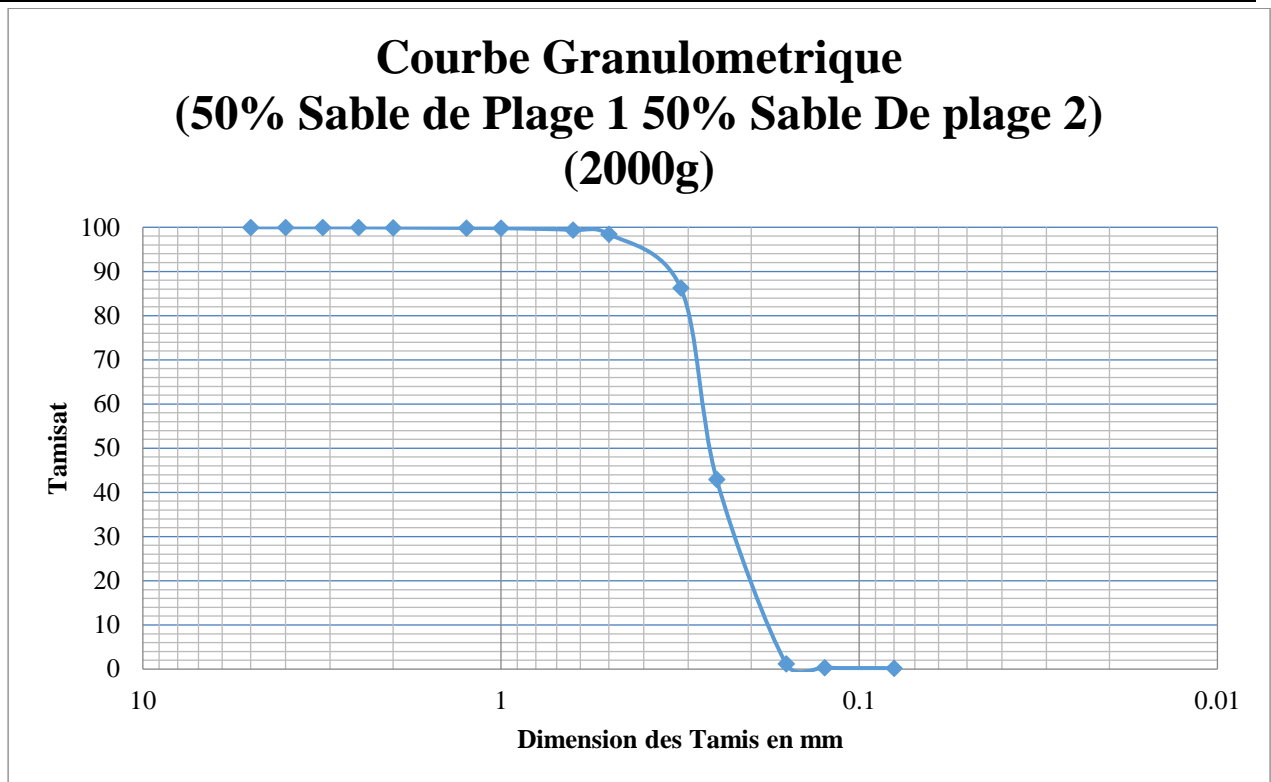


Fig.III.6. Courbe granulométrique du sable mélange 1.

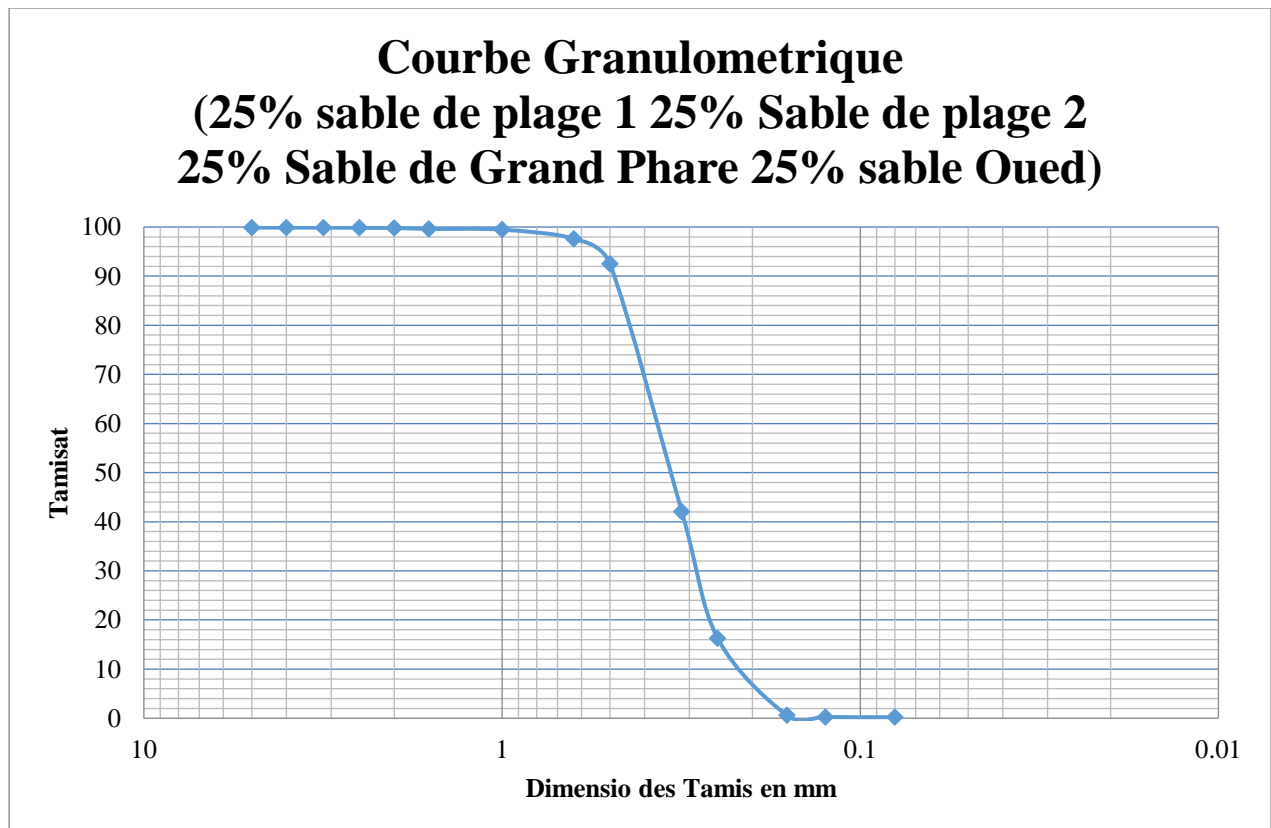


Fig.III.7. Courbe granulométrique du sable mélange 2.

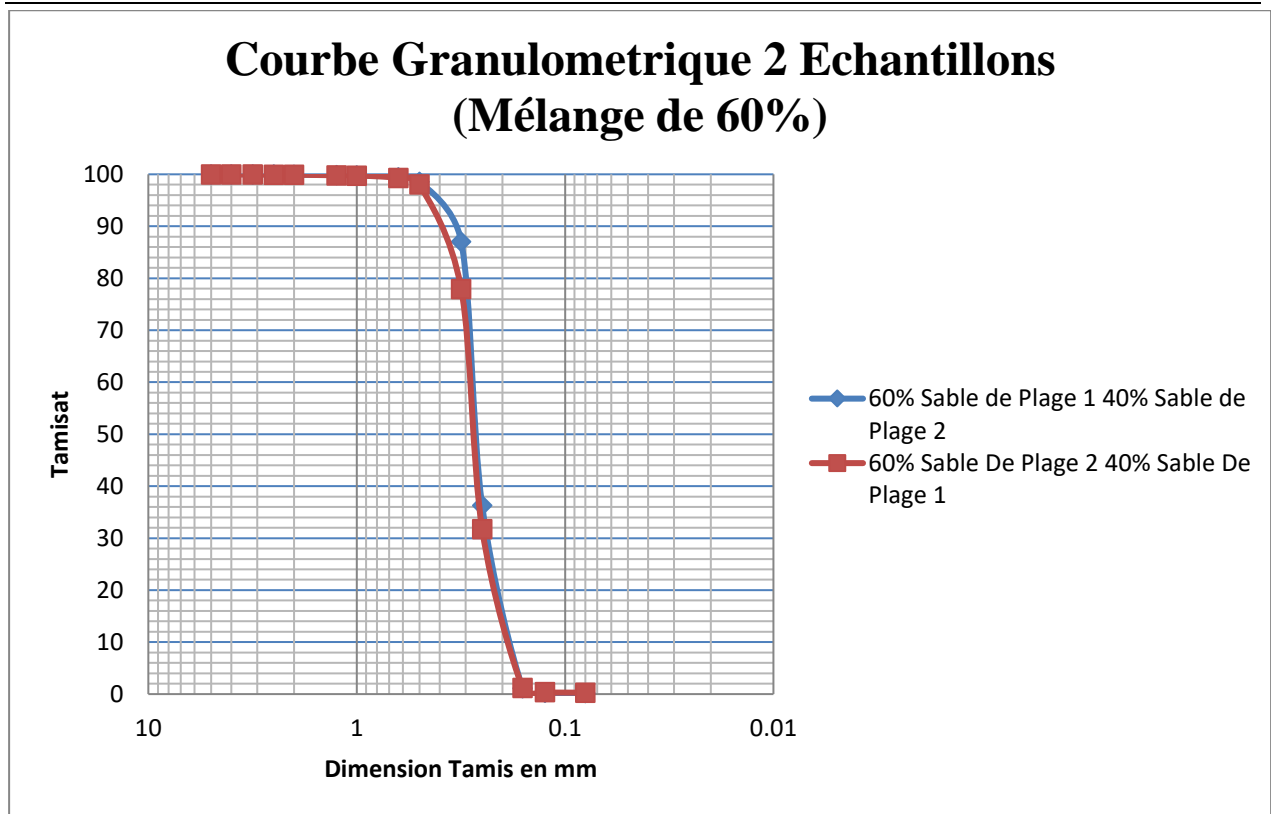


Fig.III.8. Courbes granulométriques du sable mélange 3.

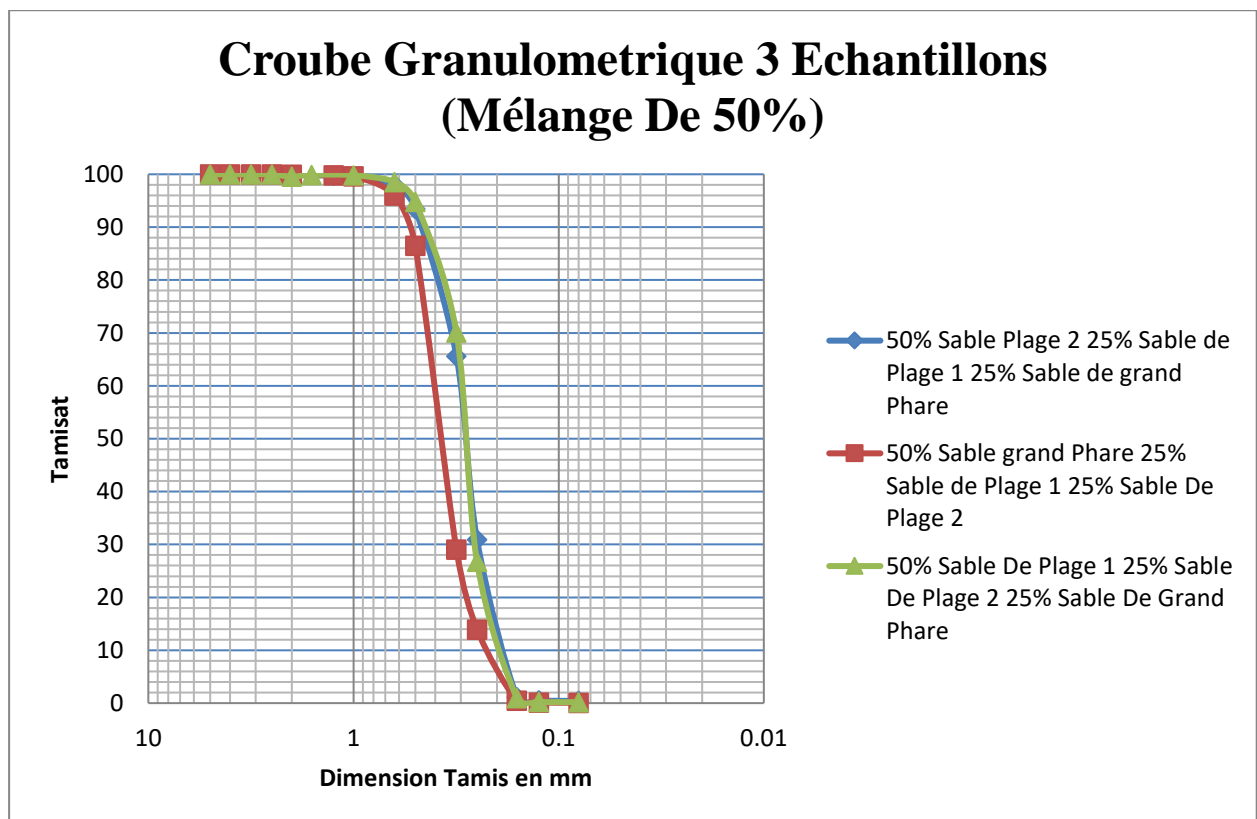


Fig.III.9. Courbes granulométriques du sable mélange 4.

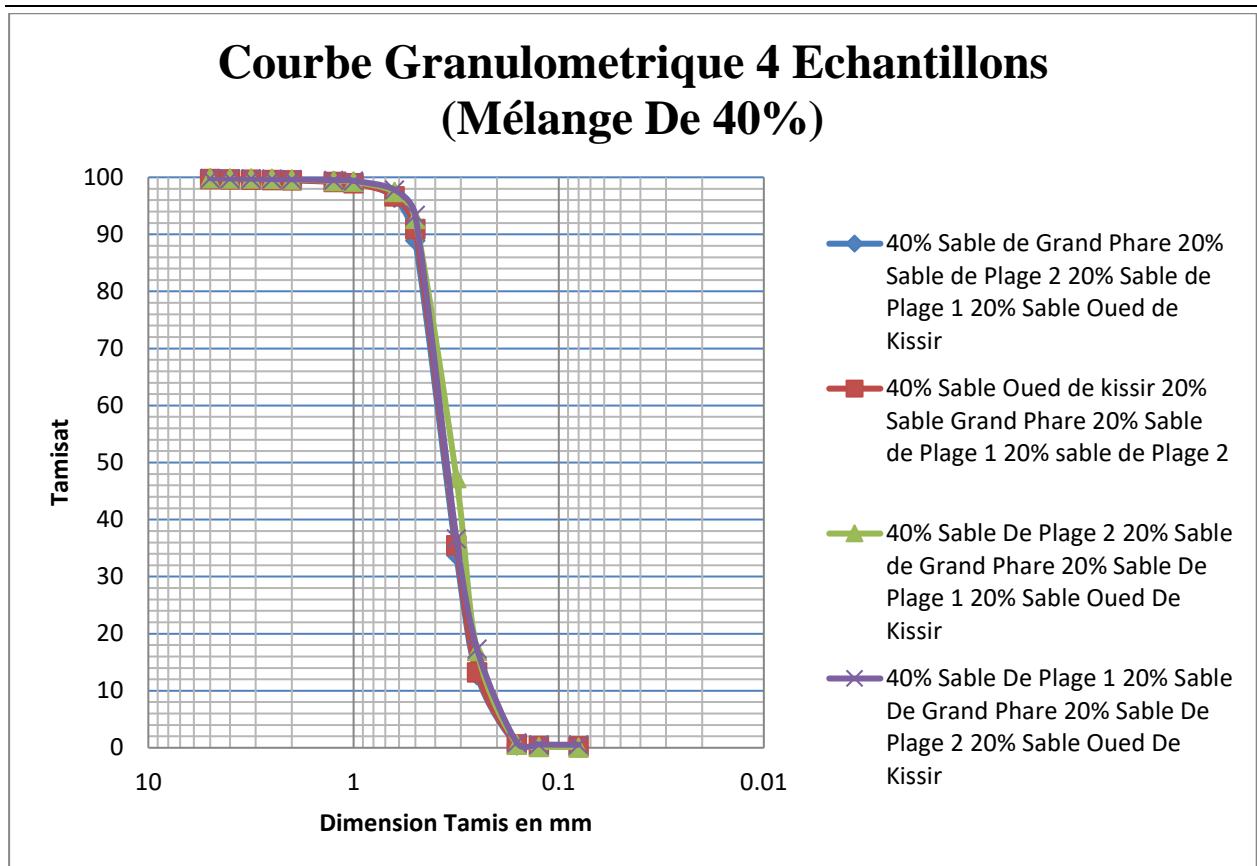


Fig.III.10. Courbes granulométriques du sable mélange 5.

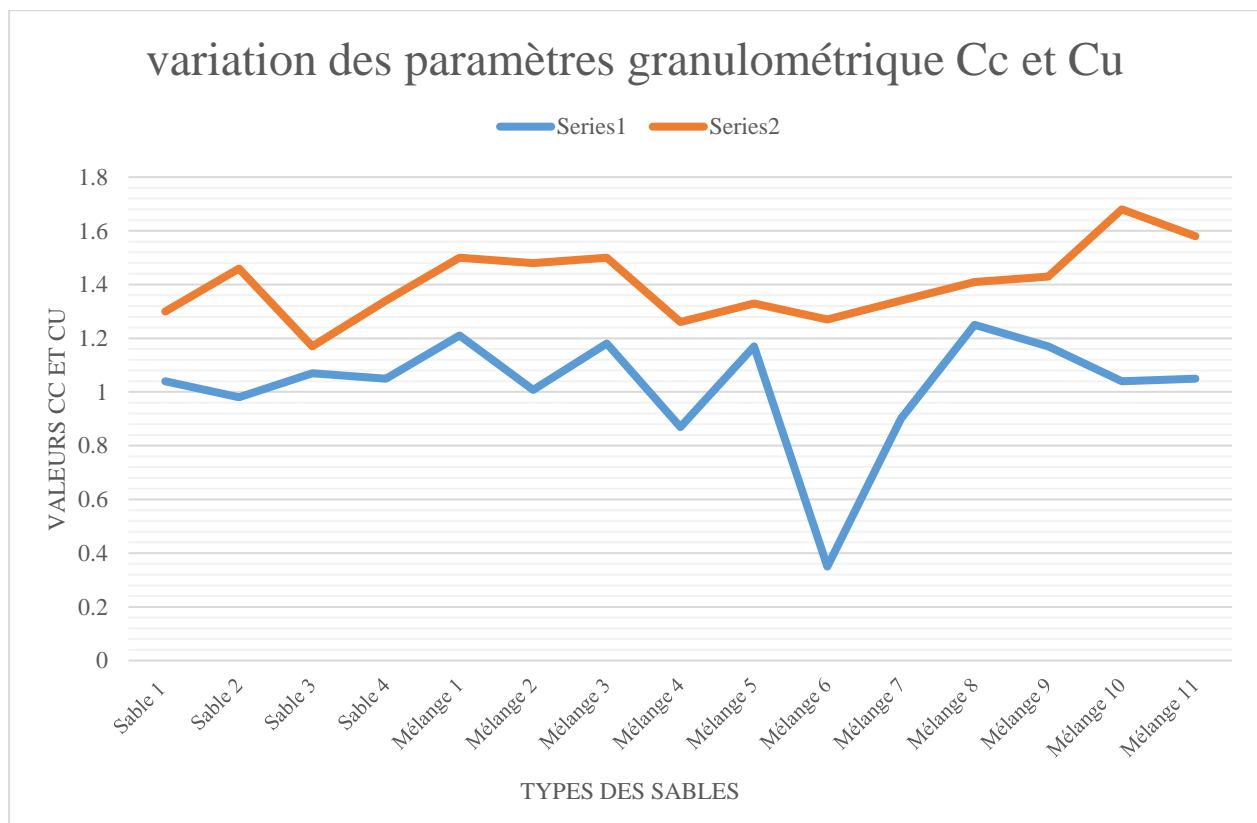


Fig.III.11. Courbe de variation des coefficients Cc et Cu.

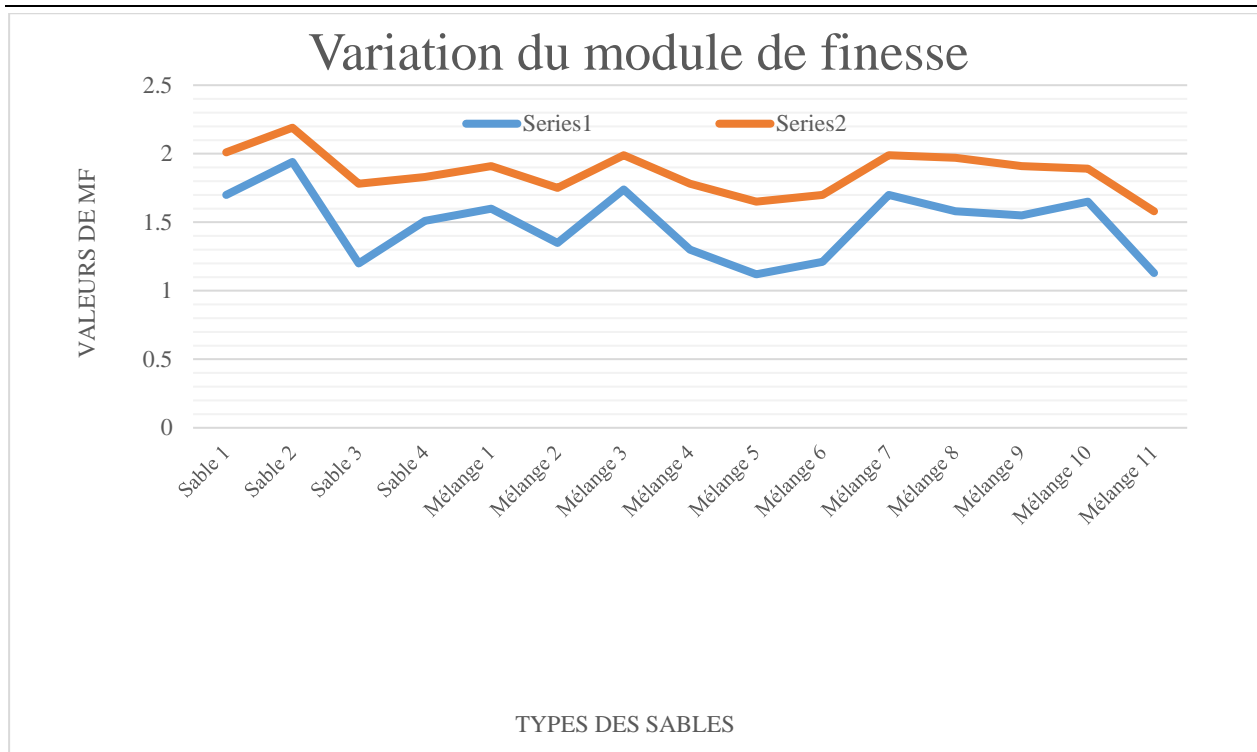


Fig.III.12. Courbes de variation du MF selon les normes FR et EUR.

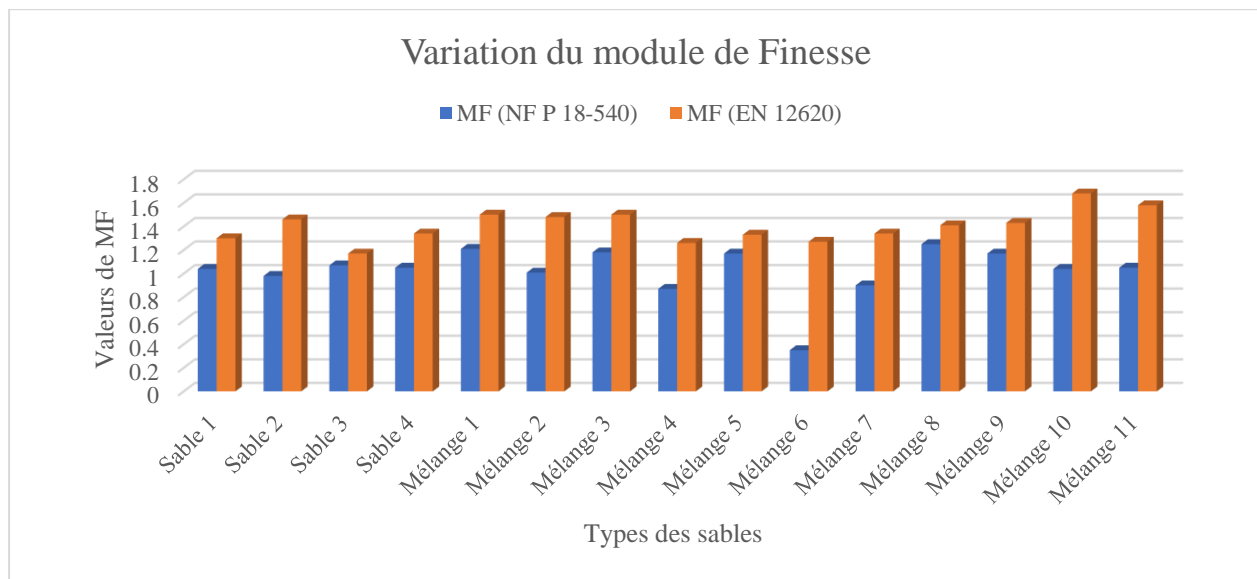


Fig.III.13. Variation du module de Finesse des sables utilisés.

Les courbes granulométriques des sables nous donnent l’information que ces sables ont une distribution granulométrique serrée uniformes et mal graduée dans quelques échantillons et bien graduée aux autres. Les valeurs de modules de finesse avant de mélanger les sables se varient entre 1.20 et 1.94 selon la norme française, et 1.58 à 2.19 selon la norme Européenne.

Après avoir fait mélanger les sables, on observe une augmentation ou une diminution des valeurs

du module de finesse dans quelques mélanges, donc on peut dire qu'on traite le sable, corriger sa granulométrie et le donne une classification après qu'il est non classé et de faible module de finesse à cause de la présence des éléments fins (selon les normes de classification). On remarque que : plus que le module de finesse est faible et plus le sable est riche en éléments fins.

III.6. Équivalent de sable : (NF P 18-598)

L'équivalent de sable est un indicateur, utilisé en géotechnique, caractérisant la propreté d'un sable ou d'un grave. Il indique la teneur en fines, éléments de diamètre inférieur à 0,5 mm, d'origine essentiellement argileuse, végétale ou organique à la surface des grains. Ce terme désigne également l'essai qui permet de déterminer cet indicateur.

C'est un essai qui donne une indication sur la proportion relative de particules fines (argiles) par rapport aux particules grenues (sable).

III.6.1. Principe de l'essai

L'essai a pour but d'attacher les revêtements argileux des particules de sable de l'échantillon par agitation.

Cette opération est faite par mettre un échantillon de sable avec une quantité de solutions flocculant dans une éprouvette graduée.

Cet essai permet de mettre en évidence des traces d'argile, de limon ou de matières très fines, contenues dans un sol, surtout lorsque l'indice de plasticité n'est pas mesurable. C'est un essai pratique très utile à effectuer dans le cas des sols peu plastiques (sol sableux).

L'essai est effectué sur la fraction 0/5 mm du sable à étudier. On lave l'échantillon, selon un processus normalisé, et on laisse reposer le tout. Au bout de 20 minutes, on mesure les éléments suivants:

- Hauteur h1 : sable propre + éléments fins,
- Hauteur h2 : sable propre seulement.

On en déduit l'équivalent de sable par la relation ci-dessous.

$$ES = \frac{H2}{H1} \cdot 100 \text{ piston et : } ESV = \frac{H2}{H1} \cdot 100 \text{ mesuré.}$$

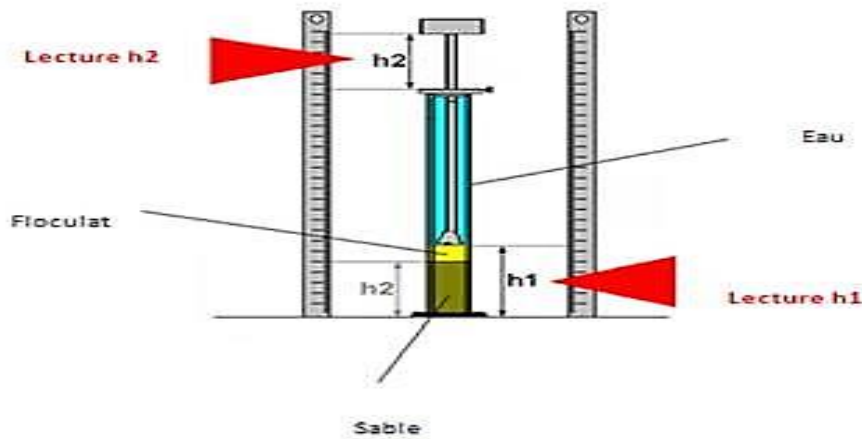


Fig.III.14. Schéma explicatif de la mesure d'équivalent de sable.

L'essai a été réalisé au niveau du laboratoire LTPEst sous la norme (NF P 18-598), selon les étapes suivantes :

- Remplir l'éprouvette avec la solution lavante jusqu'au premier trait.
- Peser 120 grammes de sable sec cette quantité de sable dans l'éprouvette contenant la solution lavante.
- Laisser reposer 10 min pour éliminer les bulles d'air.
- Boucher l'éprouvette et faire l'agiter par la machine (90 cycles en 30s) pour laver le sable.
- On lave les parois intérieures de l'éprouvette en utilisant le tube laveur qui est tourné entre les doigts.
- Sortir le tube laveur puis laisser reposer 20 min en évitant toute vibration jusqu'à la fin de la décantation.
- Mesure de la hauteur de sable h_2 et de la hauteur h_1 de l'ensemble sable plus flocculat après 20 min.
- Mesure de la hauteur h_2 dans le cas de l'utilisation du piston.
- Calcul du E.S.V et E.S.P.

Note

E.S.V : mesurer visuellement la hauteur du sable propre avec une règle.

E.S.P : mesurer avec piston.

Tab.III.5. Tableau récapitulatif de la nature et de qualité du sable en fonction de la valeur ESP et ESV (Georges et Festa, 1998).

ESV	ESP	Nature et qualité de sable
ESV < 65 %	ESP < 60 %	Argileux : risque de retrait ou de gonflement. Sable a rejeté pour des bétons de qualité.
65 % < ESV < 75 %	60 % < ESP < 70 %	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour les bétons de qualité courante quand le retrait n'a pas de conséquence notable sur la qualité du béton.
75 % < ESV < 85 %	70 % ESP < 80 %	Propre à faible proportion de fines argileuses convenant parfaitement pour les bétons de haute qualité.
ESV > 85 %	ESP > 80 %	Très propre. L'absence presque totale de fines argileuses risque d'entraîner un défaut de plasticité du béton.

III.6.2. Résultats et discussion

Après avoir effectué l'essai, les résultats obtenus sont reportés dans le tableau III.6 ci-après :

Tab.III.6 Résultats des essais de l'équivalent de sable

Résultats	ESV	ESP
Sable 1	99.58	97.84
Sable 2	98.78	95.43
Sable 3	99.62	98.55
Sable 4	98.50	95.60

D'après les résultats du tableau et selon de la norme (NF P 18-598), on peut dire que les sables sont très propres, l'absence complète des particules fines qui peuvent entraîner des défauts de plasticité de béton.

III.7. Essai de bleu de méthylène (Essai à la tâche) (NF P 94-068)

L'essai au bleu de méthylène (VBS), également appelé (essai à la tâche), est un essai utilisé en géotechnique pour déterminer la propreté d'un sable, d'un granulat et plus généralement d'un sol, et les différents types d'argile qu'il contient. Cet essai permet de mesurer la capacité des éléments fins à adsorber du bleu de méthylène, cette capacité d'adsorption rend compte de l'activité de surface des argiles, ainsi celle de matières organiques et des hydroxydes de fer.

La valeur de bleu de méthylène d'un sol mesure la capacité d'adsorption d'un sol ou d'un matériau rocheux. C'est un paramètre d'identification de sol d'écrite dans la norme (NF P 11-300).

III.7.1. Principe de l'essai

L'essai consiste à mesurer par dosage la quantité de bleu de méthylène pouvant être adsorbée par le matériau mis en suspension dans l'eau. Cette quantité est rapportée par proportionnalité directe à la fraction 0/50 mm du sol. La valeur de bleu du sol est directement liée à la surface spécifique des particules constituant le sol ou le matériau rocheux.

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.



FigIII.15. Explication de l'essai au bleu de méthylène

Tab.III.7. Classification des sols en fonction de VBS

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, peut plastiques
2.5 < VBS < 6	Sol limoneux de plasticité moyenne
6 < VBS < 8	Sol argileux
VBS > 8	Sol très argileux

III.7.2. Résultats et discussion

L'essai a été effectué conformément à la norme (NF P 18-598), et les résultats obtenus sont reportés dans le tableau ci-après :

Tab.III.8. Résultats de l'essai au bleu de méthylène

Échantillons	Masse sèche de la prise d'essai	Masse de bleu de méthylène introduit	Valeurs VBS
Sable 1	30	07	0.23
Sable 2	30	07	0.23
Sable 3	30	07	0.23
Sable 4	30	07	0.23

Selon la classification des sols par rapport aux VBS (Tab.III.7) et les résultats obtenus d'essais (Tab.III.8) on constate que les valeurs partent de la classe (0,2 – 1,5). Donc les sables de la catégorie : sol sablo-limoneux, sensible à l'eau.

III.9. Conclusion

La synthèse des résultats obtenus à partir des tests d'identification en laboratoire, nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- Sable de faible teneur en eau (peu humide), donc de bonne portance et peuvent résister au poinçonnement.
- Masse volumique absolue présente des valeurs entre 2.5 g/cm^3 et 2.72 g/cm^3 , donc des sables courants.

- L'analyse granulométrique a mis en évidence une granulométrie serrée et mal graduée, avec des modules de finesse différents.
- Les sables sont très propres d'après l'essai d'équivalent de sable, les résultats dépassent les valeurs-limites de la norme (NF P 18-598), (ESV > 80 %, ESP > 85 %).
- Les résultats obtenus de l'essai au bleu de méthylène nous donnent une valeur de VBS = 0.23. Le sol est donc parmi la catégorie des sables propres sensibles à l'eau.



**Conclusion
générale et
recommandations**

Conclusion générale et recommandations

La région de Kissir appartient administrativement à la commune de Jijel. Elle se situe à environ 10 km Ouest de la ville de Jijel.

L'étude géologique de la région a montré la diversité des formations géologiques, qui peuvent être responsables de l'alimentation des plages par les éléments détritiques, ces formations sont en général, les formations de l'O.M.K, les formations du flysch Numédien et les formations quaternaires.

Le présent travail a permis de déterminer les propriétés physiques et granulométriques des sables et des mélanges de sables choisis dans cette étude.

D'après les résultats obtenus dans ce travail. On peut conclure ce qui suit :

- Le Quartz est le plus minéral dominant dans des différents sables, ils sont dans la catégorie des sables siliceux.
- La teneur en eau nous informe que les sables sont de bonnes portances et résistent au poinçonnement.
- Les valeurs de la masse volumique des échantillons varient entre 2.50 et 2.72 g/cm³, montrent qu'on est dans le cas des sables courants.
- Le module de finesse des sables varie entre 1,20 et 1.94 selon la norme Française, et entre 1.58 et 2.19 selon l'Européenne, indique des sables caractérisant une ouvrabilité non satisfaisante.
- Selon les résultats de l'essai de l'analyse granulométrique, Les valeurs du coefficient d'uniformité (Cu) indiquent que la granulométrie est généralement serrée et mal graduée pour tous les cas.
- L'essai de l'équivalent de sable nous a permis l'identification des sables, On est dans le cas des sables très propre (ES>80) pauvre de fines argileuses, cette pauvreté peut entraîner des défauts de plasticité de béton.
- Les valeurs VBS indiquent sont de l'ordre de 0.23 donc des sables propres sensible à l'eau.

En conclusion ces sables sont défavorables et non recommandés pour utilisation dans les divers travaux de construction.

Bibliographie

Bibliographie

- Baghdad A. (2017). Caractérisation géologique, géotechnique et technologique des argiles de la wilaya de Jijel (Algérie Nord Orientale). Thèse doctorat. Univ Jijel.184P.
- Belmadrek S. (2006). Granulométrie des minéraux lourds des sables dunaires et de plage de secteur d'oued Zhour et Beni Belaid (Jijel, Algérie nord orientale), mémoire de magister, Univ Mentouri de Constantine. Algérie.103P.
- Boubeghour M, Laouet S. (2019). Caractéristiques physiques, granulométriques et minéralogiques des sables côtiers de la région de Tassoust (Jijel, Nord-Est Algérien). Mém de master. Univ.Jijel. 51 P.
- Bouillin, J. P. (1977) : Géologie alpine de la petite Kabylie dans la région du Collo et d'El-Milia (Algérie), Thèse Doct. Université P Curie ,511P.
- Cf. Caquot et al (1969). Soil Mechanics, PP27.
- Chester K. Wentworth, (2013). A scale of grade and class terms for clastic sediments. The journal of geology 1992, PP377-392.
- Dennis D. (2013). Le sable, enquête sur disparition sur *ARTE* 25 mai 2013.
- Djellit, H. (1987). Evolution tectono-métamorphique du socle Kabyle et polarité de mise en place des nappes de flyschs en Petite Kabylie occidentale (Algérie). Thèse Doct. Univ d'Orsay Paris, 206P.
- ISO/TS 17892-2 :2004Reconnaissance et essais géotechniques — Essais de laboratoire sur les sols — Partie 2 : Détermination de la masse volumique d'un sol fin.
- IUPAC. (2019). Chemical terminology.2nd Edition (the Gold book), scientific publication, Oxford (1997), online version (2019).
- Jacques J., (1999). Guide des unités de mesure : un memento pour l'étudiant, Bruxelles / Paris, De Beock Université, P150.
- Magnan, J.P. (2001) : Description, identification, et classification des sols. Ed. Techniques de L'ingénieur (TI). Paris, 75P.
- John W& Sons. Inc. (1969). Description of an Assemblage of Particles. ISBN 0-471-51192-7, P553.
- Kherrouba, H. (2008) : Etude géologique et géotechnique des zones instables de la région de Texenna-Djimla, wilaya de Jijel (Algérie)), Mém. magister, Univ.de Jijel, 162P.

- Khalifa. I et Chouial. W. (2008). Contribution à l'élaboration de la carte géotechnique de la commune de Jijel. Mém de master. Univ.Jijel, 80P.
- Patrick D. W et F. Duranthon, EDP Science. (2015). Voyage d'un grain de sable, EDP Science.
- Pierre. B (2014). Identification visuelle des grains de sable.
- Raoult, J.F. (1974) : Géologie du centre de la chaîne Numidique (Nord du Constantinois, Algérie). Mem. Soc. Géol. France, 53, 121, 163P.
- Vila, J. M. (1980) : La chaîne Alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisiens. Thèse Doct. UNIV.Pierre et Marie Curie (Paris VI) ,3 vols, Paris. 663P.

Liste des Normes

- Norme Européenne EN 12620** : granulats pour béton, AFNOR, 2003.
- Norme Française NF P 94-068** : mesure de la capacité d'adsorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériau rocheux : Détermination de la valeur de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériau rocheux par l'essai à la tâche, AFNOR, Oct., 1998.
- Norme Française NF P 18-540** : granulats, définition, conformité spécification, AFNOR, Oct, 1997.
- Norme Française NF P 18-553** : granulats, préparation d'un échantillon pour essai, AFNOR, Sep, 1991.
- Norme Française NF P 18-555** : granulats, mesure de masse volumique, coefficient d'absorption et teneur en eau des sables, AFNOR, Déc, 1990.
- Norme Française NF P 18-560** : granulats, analyse granulométrique par tamisage, AFNOR, Sép, 1990.
- Norme Française NF P 18-598** : granulats, équivalent de sable, AFNOR, Oct, 1991.

Sites Web

- www.technique-ingenieur.fr
- www.Techno-science.com
- www.umc.edu.dz
- <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Sable>
- <https://www.materiauxetbricolage.com/le-sable-dans-la-construction/#:~:text=La%20principale%20utilisation%20du%20sable,principales%20mati%C3%A8res%20premi%C3%A8res%20du%20verre.>
- <https://construction-maison.ooreka.fr/astuce/voir/617185/les-differents-types-de-sable.>

Résumé

Le présent mémoire a pour objectif la caractérisation géologique et la classification géotechnique de quelques sables locaux de la région de Kissir (Nord-est Algérien) et de voir la variation des paramètres granulométriques sur des mélanges de ces sables. Quatre échantillons de sable ont été utilisés.

Le présent travail a permis de déterminer les propriétés physiques et granulométriques des sables et des mélanges de sables choisis dans cette étude. L'étude des caractéristiques physiques de ces sables montre qu'ils sont des sables à Granulométrie serrée, mal graduée, aussi très propre et avec un faible module de finesse.

Sur le plan minéralogique, Le quartz est le minéral le plus abondant dans ces sables avec l'association d'autres minéraux accessoires. Ces minéraux issus des formations géologiques environnantes de la région.

Mots clés : Région de Kissir, sables, mélange de sables, caractérisation géologique, classification géotechnique.

Abstract

The purpose of this memo aims at the geological characterization and the geotechnical classification of some local sands of the region of Kissir (north-eastern Algeria) and to see the variation of the granulometric parameters on mixtures of these sands. Four sand samples were used.

This work has made it possible to determine the physical and granulometric properties of the sands and mixtures of sands chosen in this study.

The study of the physical characteristics of these sands shows that they are sands with tight grain size, poorly graduated, also very clean and with a low fineness modulus.

Mineralogically, quartz is the most abundant mineral in these sands with the association of other accessory minerals. These minerals come from the surrounding geological formations of the region.

Keywords: Kissir region, sands, mixture of sands, geological characterization, geotechnical classification.

ملخص

تهدف هذه المذكرة إلى التوصيف الجيولوجي والتصنيف الجيوتقني لبعض الرمال المحلية في منطقة كيسيير (شمال شرق الجزائر) ومعرفة تباين المقاييس الحبيبية لمخاليط هذه الرمال. تم استخدام أربع عينات من الرمل.

أتاح هذا العمل تحديد الخصائص الفيزيائية وقياسية حبيبات الرمال ومخاليط الرمال المختارة في هذه الدراسة.

تظهر دراسة الخصائص الفيزيائية لهذه الرمال أنها رمال ذات حجم حبيبات ضيق، متدرجة بشكل سيئ، ونظيفة للغاية ومعامل نعومة منخفض.

من الناحية المعدنية، يعتبر الكوارتز هو أكثر المعادن وفرة في هذه الرمال مع ارتباطه بالمعادن الإضافية الأخرى. تأتي هذه المعادن من التكوينات الجيولوجية المحيطة بالمنطقة.

الكلمات المفتاحية: منطقة كيسيير، رمال، مزيج من الرمال، توصيف جيولوجي، تصنيف جيوتقني.