

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur Etude La Recherche
Scientifique



Université de Ghardaïa
Faculté des Sciences et Technologie
Département des Sciences et Technologie

N° d'ordre :
N° de série:

Projet de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTAR

Domaine : Science et Technologie

Filière : génie civil

Spécialité : structures.

THEME:

Etude de un comportement mécanique d'un mélange sable de dune –argile de wilaya Ghardaïa renforcé par géotextile

Par : Chenini Mohammed Zouhir .
Bellahcene Tahar.

Jury:

M ^{eme} AZZOUZ F.Z	M.A.A	Université de Ghardaïa.	Encadreur
M ^{eme} Cady .M	M .C.B	Université de Ghardaiï	Examinatrice
M ^r Saiti. I	M.A.A	Université de Ghardaïa	Examineur

Année universitaire 2020/2021

Remerciement :

Au terme de ce projet de fin d'études, nous tenons à exprimer notre parfaite gratitude et remerciement à Allah le plus puissant qui nous a donné la force, le courage et la volonté pour élaborer ce travail.

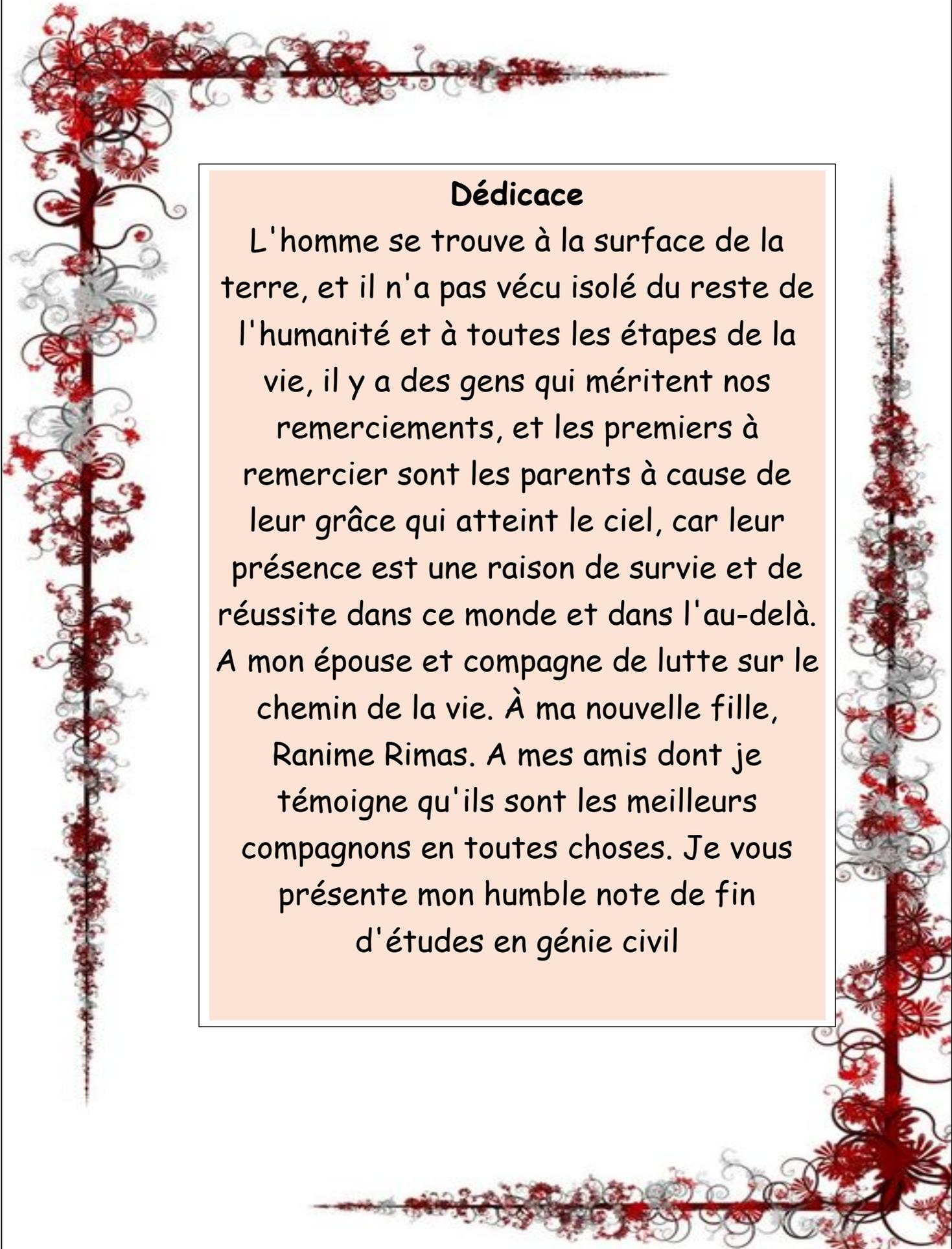
C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions notre promoteur Mme : AZZOUZ F.Z de nous avoir pris en charges, et pour sa disponibilité, son aide et ses précieux conseils.

Nous ne saurons oublier de remercier les honorables Membres du Jury qui nous ont fait l'immense honneur de présider et examiner ce modeste travail.

Nous portons avec gratitude de reconnaissance pour l'ensemble des professeurs du département de Génie Civil.

Je voudrais également remercier l'ensemble de personnel de LTPS pour leur soutien durant l'élaboration.

Enfin, nos pensées à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.



Dédicace

L'homme se trouve à la surface de la terre, et il n'a pas vécu isolé du reste de l'humanité et à toutes les étapes de la vie, il y a des gens qui méritent nos remerciements, et les premiers à remercier sont les parents à cause de leur grâce qui atteint le ciel, car leur présence est une raison de survie et de réussite dans ce monde et dans l'au-delà. A mon épouse et compagne de lutte sur le chemin de la vie. À ma nouvelle fille, Ranime Rimas. A mes amis dont je témoigne qu'ils sont les meilleurs compagnons en toutes choses. Je vous présente mon humble note de fin d'études en génie civil

RÉSUMÉ :

Ce mémoire concerne une étude de comportement de mélange Sable-Argile sont utilisées dans le domaine géotechnique ; Dans la pratique, on cherche à obtenir le mélange le moins coûteux qui satisfait les conditions mécaniques.

Ce travail , présente des résultats mélange Sable-Argile vis-à-vis l' evolution des parametres mecaniques de cisailment et oedometre .sur de mélanges déeffereents de sol de wilaya ghardaia

Par la suite, une étude de renforcement par géotextile est mise en évidence par les différents auteurs insistent sur l'intérêt économique de cette solution vis-à-vis d'autres solutions plus lourdes.

Dans les domaines de la géotechnique et du génie civil. Les géotextiles sont les plus utilisés dans les domaines tels que la construction routière, les travaux hydrauliques, les chemins de fer, les terrains d'aviation, etc. Utilisation de geotexile donne une bonne resultats sur les parametre de cisailment a résistance

afin de transformer le comportement fragile du sable en un comportement plus ductile, mais pour les parametre oedometriques pas des resultats exactes il faut a etudier une autre fois

Les mots clés : L'argile, sable de dune, Géotextile, un comportement mécanique, les essais mécaniques, marne...etc.

المخلص

تتعلق هذه الأطروحة بدراسة سلوك خلط الرمل والطين المستخدم في المجال الجيوتقني. في الممارسة العملية ، الهدف هو الحصول على الخليط الأقل تكلفة والذي يلبي الظروف الميكانيكية.

يعرض هذا العمل نتائج خليط الرمل والطين فيما يتعلق بتطور البارامترات الميكانيكية للقص وجهاز قياس الخطى على خلائط من تربة مختلفة بولاية غرداية.

بعد ذلك ، تم تسليط الضوء على دراسة التعزيز بواسطة التغطية الأرضية من قبل المؤلفين المختلفين مشددًا على المصلحة الاقتصادية لهذا الحل مقابل الحلول الأخرى الأثقل.

في مجالات الجيوتكنيك والهندسة المدنية. تُستخدم مواد التغطية الأرضية بشكل كبير في مجالات مثل إنشاء الطرق ، والأعمال الهيدروليكية ، والسكك الحديدية ، والمطارات ، وما إلى ذلك. يعطي استخدام الجيوتكسيل نتائج جيدة في معاملات القص المقاومة

من أجل تحويل السلوك الهش للرمل إلى سلوك أكثر مرونة

ولكن بالنسبة للنتائج المعلمة غير الدقيقة ، فمن الضروري دراسة وقت آخر الكلمات المفتاحية: الطين ، الكتبان الرملية ، التغطية الأرضية ، السلوك الميكانيكي ، الاختبارات الميكانيكية ، المارل ... إلخ

Abstract: This thesis concerns a study of the behavior of sand-clay mixtures are used in the geotechnical field; In practice, the aim is to obtain the least expensive mixture which satisfies the mechanical conditions.

This work presents Sand-Clay mixture results with respect to the evolution of mechanical parameters of shear and odometer. On mixtures of different soil of Wiley Ghardaia

Subsequently, a study of reinforcement by geotextile is highlighted by the various authors stressing the economic interest of this solution vis-à-vis other heavier solutions.

In the fields of geotechnics and civil engineering. Geotextiles are most used in fields such as road construction, hydraulic works, railways, airfields, etc. Use of geotextile gives good results on resistance shear parameters in order to transform the brittle behavior of sand into a more ductile behavior, but for the oedometric parameters not exact results it is necessary to study another time

The key words: Clay, dune sand, Geotextile, mechanical behavior, mechanical tests, marl...etc.

LISTE DES SYMBOLES

Symbole	Désignations
Cc	Indice de compression
Cg	Coefficient de gonflement
Cv	Contrainte de consolidations
Ic	Indice de consistance
Ip	Indice de plasticité
W	Teneur en eau
Wl	Limite de liquidité
φ	Angle de frottement
γ_d	Poids volumique sec
γ_h	Poids volumique humide
C	Cohésion
n	La porosité
e	Indice des vides
R	Coefficient de corrélation
X	Moyenne
$v(x)$	Variance
$\delta(x)$	Ecart type
<i>Cov</i>	Covariance
LTPS	Laboratoire des travaux publics du sud.
GTR	Guide technique pour la réalisation des remblais et couches de forme
Pc	Pression de consolidation
Ip	Indice de Plasticité
géo	géotextile

SOMMAIRE

Remerciements et Dédicace.....	I
Résumé.....	II
Liste des symboles.....	III
Sommaire.....	VI
Liste des figures.....	V
Liste des tableaux.....	IV
Liste des photos.....	IIIV
Introduction générale.....	IIIV.

CHAPITRE I : GENERALITE DE UTILISATION DE SABLE DE DUNE ET ARGIE

I.1- Introduction.....	1
I.2- Définition d'un sol.....	1
I.3-Les sables de dunes.....	1
a-Définition d'un sable de dunes.....	1
b-Type du sable dans le sahara.....	2
c-Utuilisation du sable de dunes.....	3
1) dans le béton.....	3
2) dans le domane routier.....	4
3) diverses utilisation.....	4
4) Intérêt de sable de dune.....	5
I.4-les argiles.....	5
d'éfinition.....	5
I.5-Origine de argile.....	6
I.5.1-formation des minéraux argileux.....	6
a. Héritage et altération.....	6
b. transformation de minérux	7
argileux par dégrdation et aggradation.....	7
c. néoformation en millieux confines.....	7
I.5.2- Contexte de formation des sols argileux.....	7
I.6- les mineraux argileux.....	8
I.6.1-Les principe groupe d'argile.....	10
I.6.2- Structures de la kaolinite.....	11
I.6.3- Structure d'illite.....	12
I.7-essai de compressibilité.....	14
I.8- Essai de cisaillement direct.....	17

I.8.1 Trois types d'essais	18
pourront être utilisés qui sont.	
a-(C.D).....	18
b-(C.U).....	18
c-(U.U).....	19
I.9-conclusion.....	19

CHAPITER II : GENERALITE DE UTILISATION DE SABLE DE DUNE ET ARGILE

II.1 Itroduction.....	22
II.2-Que sont les géotextiles ?.....	22
II.3-Autre définition.....	23
II.4.1-a-Exigences générales	24
II.4.1.b-Emballage.....	24
II.4.2-Caractéristiques physiques et mécaniques	24
II.5-les différentes utilisations du géotextile.....	24
II.5.2.a-Masse surfacique.....	24
II.5.2.b-Résistance à la traction.....	25
II.5.2.c-Ouverture de filtration « FOS ».....	26
II.5.3-Caractéristiques complémentaires	26
II.5.3.a-Permittivité.....	26
II.6-les différentes utilisations du géotextile.....	26
II.7-les différents types de géotextile.....	27
II.8-La structure des Ge synthétiques.....	29
II.9-Spécifications sur les géotextiles de renforcement.....	31
II.9.1-Objet.....	31
II.9.2-Géotextile de renforcement.....	31
II.9.2.a-Non-tissé	31
II.9.2.a.1-Non-tissé aiguilleté	31
II.9.2.a.2-Ouverture de filtration « FOS ».....	31
II.9.2.a.3-Résistance en traction (kN/m)	31
II.9.2.b-Tissé	31
II.10-Classification de géotextile	32
II.11-Conclusions.....	40

CHAPITER III : LES ESSAIS D'INDENTIFICATION DES MATIRAUX UTILISES

III.1-Introduction.....	43
III.2- Localisation des sites.....	43

III.2.1- Sable de dune.....	44
III.2.2-Argile Metlili el jadida.....	44
III.2.3- Argile Bouhraoua.....	45
III.3-Climatologie de ghardaia.....	46
III.4- Essais d'identification.....	46
III.4.1- Identification et classification de sable de dune.....	47
III.4.1.a- Analyse chimique.....	47
III.4.1.b- Analyse granulométrique (NF P 94 056).	48
III.4.1.c- Equivalent de sable	48
III.4.1.d - Essai au Bleu de Methylene.....	48
III.4.2- Identification et classification argile.....	50
III.4.2.a- Analyse chimique.....	50
III.4.2.b - Analyse granulométrique.	51
III.4.2.c - Limites d'atterberg.....	53
III.4.2.d - Essai au bleu de methylene.....	55
III.4.2.e -Teneur en carbonate de calcium.....	57
III.5-conclusions.....	59

CHAPITER VI :LES ESSAIS DE MELONGE SABLE AVEC ET SANS GETEXTILE .

VI.I – Introduction.....	61
VI.2- Les essai mécanique sans et avec géotextile.....	61
VI.2.1- Préparation des échantillons.....	61
VI.2.2- Essai de cisaillement sans géotextile (NF P 94-071-1).....	62
VI.2.3- Essai de cisaillement avec géotextile (NF P 94-071-1).....	63
VI.2.3 -Essai Oedométrique sans géotextile (NF P 94-090-1).....	70
VI.2.4- Paramètres obtenus à partir de l'essai oedométrique.....	73
VI.2.5- Description de la courbe oedométrique.	74
VI.2.6- Essai Oedométrique avec géotextile (NF P 94-090-1).....	79
VI .7-conclusions.....	84

LISTE DES FIGURES

Figure I.1: Dunes de sable et texture de sol.	1
Figure (I-2) et (I-3) Les deux structures élémentaires des feuillets d'argile.	2
Figure I.4 : structure tridimensionnelle de la montmorillonite.	11
Figure I.5 : structure tridimensionnelle de la kaolinite.	12
Figure I.6: structure tridimensionnelle de l'illite.	13
Figure I.7 : Structure type d'une chaussée rigide.	13
Figure I.8- photographie au microscope électronique à balayage des argiles.	14
Figure I.9- d'effirontte contrante de Essai de cisaillement.	18
Figure I.11 : Essai de cisaillement.	19
Figure II.1 :Les géotextiles.	23
Figure II.2 : quelques types de géotextiles.	28
Figure II.3 : Les geosynthetiquetisses.	29
Figure II.4: Arrangement de géotextiles dans des essais triaxiaux.	30
Figure II.5 : Les geosynthetiquesnon-tisses.	30
Figure II.6 : Arrangement de géotextiles	34
Figure II.7: Influence d'introduction des géotextilles sur les chemins déviatoires d'échantillons de sables renforcés	35
Figure II.8 : Effet de la taille des échantillons sur le comportement déviatoire des sables renforcés et non-renforcés	35
Figure II.9 : Variation de la résistance des sables renforcés avec le type de géotextile utilisé	36
Figure II.10 : Photos d'échantillons cisailés	36
Figure II.11 : Enveloppes de rupture de sables renforcés et non-renforcés (Haeri et al., 2000)	37
Figure II.12 : Dispositions de géocellules utilisées lors d'essais triaxiaux	37
Figure II.13 : Influence du renforcement par géocellules sur les caractéristiques mécaniques du sable	38
Figure II.14 : Courbes (q-ε1) pour des sables renforcés à différentes configuration de géocellules (σ3 = 100 KPa)	39
Figure II.15 : Influence du type de géosynthétiques utilisés	39
Figure II.16 : Influence des géocellules sur le comportement mécanique.	40
Figure III-1: courbe granulométrie de sable de dune.	43
Figure III-2: Courbe granulométrique des deux argiles.	44

Figure VI.1 : Le courbe de cisaillement de melonge(sable/argile) bouhraoua.	.....65
Figure VI.2 : Le courbe de cisaillement de melonge(sable/argile) Metlili.	.....66
Figure VI .3 : Le courbe de cisaillement de melonge(sable/argile) bouhraoua.	.....68
FigureVI 4: Le courbe de cisaillement de melonge(sable/argile)metlili.	.....69
Figure VI .5 : représentation schématique d'une cellule œdométrique.	.....71
FigureVI .6: Le courbe d' essai oedométrique de melonge(sable/argile)metlili.	.....76
FigureVI .7: Le courbe d' essai oedométrique de melonge(sable/argile)bouhraoua.	.....77
FigureVI .8 Le courbe d' essai oedométrique de melonge(sable/argile)metlili.	.....80
FigureVI .9: Le courbe d' essai oedométrique de melonge(sable/argile)bouhraoua.	.....81

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Occurrence des minéraux argileux dans les sols en fonction du climat.	.....8
Tableau I.2 : Dimensions caractéristiques des minéraux argileu.	.....14
Tableau I.3 : Classification selon le rapport $Cc/(1+ e0)$. (Philipponnat et Hubert.1997).	.....16
Tableau I.4 : Coefficients de gonflement (Leonards.1968).	.....17
Tableau II.1 : Caractéristiques physiques et mécaniques des géotextiles de renforcement.	.....25
Tableau II.2 : classes de géotextiles CFG.	.....33
Tableau III.1 : Climatologie de Ghardaïa 2017.	.....46
Tableau III.2 : Essais d'identification.	.....47
Tableau III.3 : Analyse chimique du sable d'une étudié .	.....47
Tableau III.4: identification et classification de sable de dune.	.....48
Tableau III.5 : Résultats récapitulatif de l'analyse granulométrique du sable de dune.	.....50
Tableau III.6: : Analyse chimique des argile étudié.	.....51
Tableau III.7 : Résultats récapitulatif de l'analyse granulométrique d'Argile Bouhraoua et L'Argile de Metlili El Jadida.	.....53
Tableau III.8 : Paramètres tirés des limites d'Atterberg.	.....54
Tableau III.9: Activité de différents minéraux.	.....55
Tableau III.10 : Paramètres tirés de l'essai au bleu à la tâche.	.....56

Tableau III.11 : Valeur de bleu de quelques sols.	.....57
Tableau III.12 : La classification par CaCO ₃ de quelques sols cité .	.....58
Tableau III.13 : Paramètres d'identification des argiles étudiées.	.....58
Tableau VI-1 représentles différentes caractéristiques mécaniques des deux mélanges .	.....61
Tableau VI-2 : Résultats de les deux echantilon	.....64
Tableau VI-3 : Résultats de les deux echantilon.	.....67
Tableau VI-4 : refironce des carastéristique mécaniques des sol.	.....70
Tableau VI-5 : Résultats de les deux echantilon	.....78
.	
Tableau VI-6 : Coefficients de gonflement (Leonards.1968).	.....78
Tableau VI-7 : Classification selon le rapport $Cc/(1+ e_0)$.(Philipponnat et Hubert.1997).	.....78
Tableau VI-8 : Résultats de les deux echantilon.	.....82
Tableau V-9 : Paramètres oedométriques des argiles sans géotextile.	.....82
Tableau V-10 : Classification selon le rapport $Cc/(1+ e_0)$.(Philipponnat et Hubert.1997).	.....83
Tableau V-11 : Coefficients de gonflement (Leonards.1968).	.....84

LISTE DES PHOTOS

Photo III.1 : massif du site Bouhraoua	.....43
Photo III.2 : massif du site Metlili	.....44
Photo III.3 : Google Earth de localisation de la carrière étudiée	.....45
Photo III.4 :sable de dune de site sebseb	.....45
Photo.VI.1 : préparation de mélonge	.....62
Photo.VI.2 :la machine de cisaillement	.....63
Photo.VI.3 :les échantillons de l'essai odemtrique	.....72

Introduction générale

Dans la plupart des pays, le réseau routier représente le patrimoine le plus important. Qui appartient essentiellement à l'état. Chaque jour plusieurs kilomètres de rues, de routes, d'autoroutes, de pistes d'aéroports sont construits pour accroître les échanges et donner un dynamisme aux régions. Les administrations routières doivent entretenir, exploiter, améliorer, remplacer et préserver ce patrimoine tout en gérant avec soin les ressources financières et humaines qui doivent servir à réaliser ces objectifs.

La région de Ghardaïa (600km au sud d'Alger) est dotée d'un gisement important des argiles et de sable de dune, et dans l'optique d'une valorisation des matériaux locaux. S'oriente cette recherche. En effet on va étudier l'intégration d'une argile de la région de Ghardaïa parmi les matériaux routiers, puis l'analyse des effets de l'incorporation de sable de dune avec de pourcentage économique réaliste (70%) dans le but d'élargir les matériaux locaux qui trouve en abondance et couvre une superficie très importante de Sahara algérien.

Le problème posé : est-ce que le mélange optimal (sable de dune et argile) remplace le tuf à la même façon lorsqu'elle est en contact seul et avec l'ajout du géotextile ?

L'objectif de ce travail est de faire une étude expérimentale sur l'utilisation des trois mélanges optimaux (70% sable de dune +30% argiles) avec géotextile. , en vue de fournir aux futurs travaux expérimentaux sur ce sujet une basé sur valorise les matériaux locaux de la région et qui leurs permettent une bonne exploitation de sable de dune et argile dans la construction des routes de manière à avoir de bonne performance mécanique et une bonne durabilité. Pour cet raison, outre l'introduction générale, le présent mémoire est divisé en quatre de Pour atteindre notre but, l'étude est scindée en quatre chapitres aux suivantes :

Dans le premier chapitre, on a essayé de donné plus de détails sur les utilisations de sable de dune et les argiles, alors que le deuxième chapitre est consacré au renforcement de géotextile (définition, classification, intérêt, paramètres d'identification et divers utilisations).et troisième chapitre les essais d'identification. Finalement le quatrième chapitre présent les essais mélange sans géotextile et avec géotextile

Finalement, une conclusion générale est présentée, suivit de quelque recommandation.

CHAPITRE I : GENERALITE DE UTILISATION DE SABLE DE DUNE ET ARGILE

I-1 INTRODUCTION :

Dans ce chapitre nous avons présenté une généralité sur sable de dune et leur utilisation dans différents domaines aussi un aperçu sur les argiles puis les aperçus sur différentes études de l'utilisation mélanges optimaux de sable de dune et argile surtout dans le domaine géotechnique pour savoir les caractéristiques mécaniques et des paramètres de cisaillement et œnométriques.

I.2-Définition d'un sol :

Le sol est un matériau complexe et variable. Il est hétérogène, d'origine minérale et organique et est constitué de grains et de pores. Le sol est donc un matériau à trois phases, phase solide (Squelette minéral), phase liquide et phase gazeuse (Fig. 1.1). Chaque phase joue un rôle bien précis dans le comportement du sol

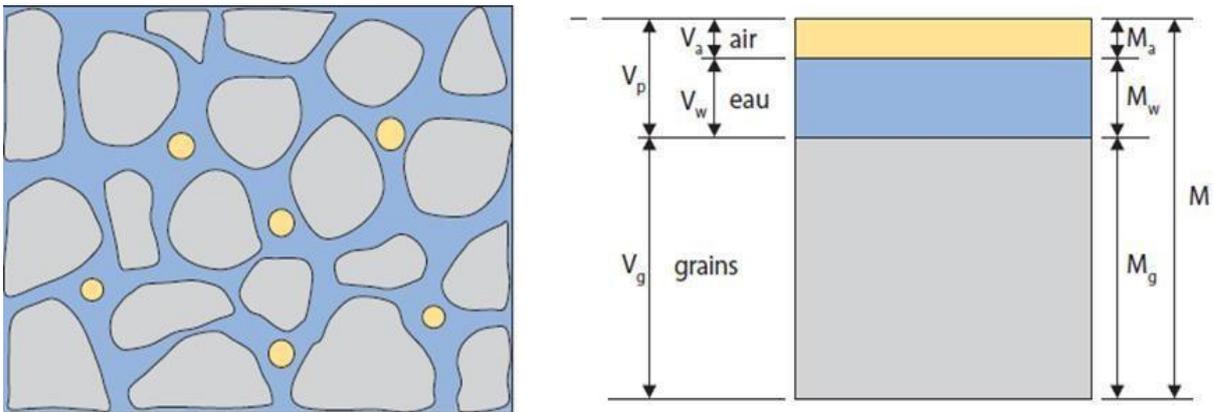


Figure I.1 : sable de dune et Texture de sol.

I.3- sable de dunes :

a).Définition :

Les sables, que l'on trouve dans les dunes mouvantes, sont composés de particules siliceuses pratiquement de même taille et de petites dimensions. Ces sables sont accumulés sous forme de dunes mouvantes de hauteur très variable.

D'après Fookes et Higginbotham (1968) (BEN DHIA, 1998), le Sahara est constitué d'environ 40 % de montagnes désertiques, 15 % de plaines désertiques et 30 % de dunes

de sable, le reste étant constitué de sebkhas, de chotts, etc. Le Sahara, quant à lui, couvre environ le tiers du continent africain. Ces chiffres montrent bien l'intérêt que l'on doit apporter à la construction routière dans le Sahara, qui reste fort démunie en infrastructures, et aussi l'importance que l'on doit accorder au sable dans toute investigation visant la valorisation des matériaux locaux dans ces lieux.



Figure .I.2: Dunes de sable .

b)-Type du sable dans le sahara :

1/ L'ERG : C'est ainsi que l'on nomme les grandes dunes de sable, si spécifiques au Sahara. Elles ont la particularité d'être fixe, même si le vent les balaye fréquemment à la surface.

2/ LE REG : Contrairement à l'Erg, le Reg est un désert de pierres et de cailloux. Il forme de grandes plaines à perte de vue qui donnent un aspect très lunaire avec parfois, par accumulation, des monticules qui se forment, comme les champignons que l'on retrouve dans le Reg de l'Hoggar.

3/ L'HAMADA : C'est un plateau surélevé, qui ressemble beaucoup au reg. Ils sont d'ailleurs souvent assimilés car également formés de cailloux et de pierres.

4/ L'OUED : Ce sont les lits des fleuves et des rivières. Presque tout le temps secs, ils forment souvent des plaines ponctuées de quelques arbres.

5/ L'OASIS : C'est magique quand on se retrouve au milieu d'une Oasis et qu'on profite d'un peu de fraîcheur. Les oasis n'arrivent pas là naturellement : ce sont les

hommes qui profitent d'un point d'eau (nappe phréatique ou lit de rivière) pour y planter quelques arbres, souvent des palmiers pour développer un peu de culture.

6/ LES MONTAGNES : Et oui, vous trouverez également des montagnes dans le désert. Elles sont souvent volcaniques mais peuvent également être le résultat de l'érosion de plateaux, comme les tassilis.

7/ LES TASSILIS : Ces plateaux de gré, sont par érosion, creusés et forment alors des canyons spectaculaires. On en trouve par exemple en Libye avec le Tassili de Maghinet.

c)- Utilisation du sable de dunes:

1)- dans le béton:

Le sable de dunes était utilisé depuis longtemps dans l'exécution des travaux de remblayage des fouilles de fondations et les travaux routiers, mais l'utilisation comme constituant principal du béton n'apparaît qu'après la naissance du béton de sable en 1853 par F.COIGNET (Rapport général et conclusion de 23e congrès mondial de la route.

Cette naissance a donnée le courage de commencer une nouvelle investigation qui a étudié la possibilité d'utiliser le sable de dunes comme un constituant principal dans les structures des ouvrages en génie civil pour cette raison plusieurs actions de recherches, soit en Algérie ou à l'étranger, ont été engagées et hypothéquées.

On trouve comme exemple les recherches menées à l'étranger: les travaux de KOTZIAS (A.BENTATA[27])qui sont fait au golfe d'Arabie pour les deux raisons suivantes:

- Les gros granulats disponibles uniquement dans des endroits très lointains.
- Il y a abondance de sable de dunes qu'on peut obtenir à moindre frais Les recherches menées au Afrique occidentales par UZOMAKA au Nigeria (A.BENTATA)et I. J.CHAUVIN et MIKHAILOV au Russie (J.J.CHAUVIN).

2)- dans le domaine routier:

L'utilisation des sables en techniques routières n'est pas nouvelle. A l'époque déjà, les ingénieurs avaient recours à l'utilisation du sable mélangé à un liant hydrocarboné en particulier pour les couches de roulement (R.NEDJARI).

Beaucoup d'études et des réalisations ont été faites et un guide pratique d'utilisation routière

de sables a été publié par Chauvin (1987) (M.H.BEN DHIA) Cependant, les sables de dunes constituent un cas particulier pour lequel les directives et recommandations ne peuvent pas être appliquées sans études spécifiques. L'utilisation du sable de dune seul ne peut être envisagée malgré la facilité qu'il présente au reprofilage, car sa stabilité de surface est souvent incertaine, ce qui augmente la résistance au roulement et provoque parfois des enlacements (Autret, 1989) (M.H.BEN DHIA). Mais il pourrait être mélangé avec d'autres matériaux.

3)-Diverses utilisation :

Les sables sont un élément essentiel du processus sédimentaire et représentent une ressource très importante du point de vue économique: remblais, granulats pour béton, matériaux de construction, sables siliceux pour l'industrie. Ces derniers (appelés autrefois sables industriels) constituent l'essentiel de la matière première de l'industrie du verre, des moules, des noyaux de fonderie; ils entrent aussi dans la fabrication des céramiques et des mortiers spéciaux.

Les sables jouent également un grand rôle comme réservoirs potentiels pour les nappes d'eau (aquifères) ou les hydrocarbures. Il importe que l'exploitation du sable, souvent anarchique, soit réglementée pour éviter de perturber de fragiles équilibres naturels: érosion des plages dont l'alimentation naturelle en sable a été coupée; destruction à terre de la nappe phréatique, etc. (AZZOUZ , 2009).

4)-Intérêt de sable de dune :

L'intérêt d'utilisation de tels agrégats se situe à deux niveaux : technique et économique. L'utilisation des sables en techniques routières n'est pas nouvelle. Beaucoup d'études et de réalisations ont été faites et un guide pratique d'utilisation routière des sables a été publié (Chauvin, 1987). Cependant, les sables de dunes constituent un cas particulier pour lequel les directives et recommandations ne peuvent pas être appliquées sans études spécifiques. L'utilisation du sable de dune seul ne peut être envisagée malgré la facilité qu'il présente au reprofilage, car sa stabilité de surface est souvent incertaine, ce qui augmente la résistance au roulement et provoque parfois des enlacements (Autret, 1989). Mais il pourrait être mélangé avec d'autres matériaux .

I.4-Les argiles :

I.2.a-DÉFINITION :

Les argiles sont des sols très sensibles à d'eau. Elles sont à l'origine de nombreux désordres dans les constructions.

Elles peuvent être classées en deux grandes catégories :

- argiles plastiques : indurés et très déformables.
- argiles raides : indurées et présentent un comportement plus fragile que de la limite d'élasticité. Ceci à cause de la présence des carbonates et du quart microscopique.

Les argiles sont formées par l'assemblage de particules de taille inférieure à 2 μm chargées négativement comme la Smectites, l'Illite et la Kaolinite. La présence de tels minéraux rend l'argile fortement sensible aux molécules polaires d'eau. Cette sensibilité se traduit par le gonflement et/ou le retrait du sol. C'est la variation de la teneur en eau qui est le facteur déclenchant des variations de volume. Une augmentation de la teneur en eau entraîne le phénomène de gonflement tandis que sa diminution induit le phénomène de retrait. La variation du volume des argiles est fortement influencée par les facteurs microscopiques et macroscopiques. A l'échelle microscopique, ces facteurs sont complexes et dépendent principalement des propriétés minéralogiques des matériaux argileux et des propriétés chimiques du fluide hydratant. A l'échelle macroscopique, ils dépendent des liaisons électriques entre les particules.

I.5-Origine des argiles :

I.5.1- Formation des minéraux argileux :

Les sols argileux se forment par un processus lent d'altération sous l'action du climat, suivi de phénomènes d'érosion, de transport et de sédimentation. 90 % des minéraux argileux sont d'origine détritique. L'altération peut être physique (désagrégation des minéraux primaires) ou chimique (par transformation des minéraux). Certains minéraux argileux précipitent à partir d'une solution (minéraux néoformés).

I.5.1.1-Héritage et altération :

L'altération physique des roches est l'une des origines des minéraux argileux. Ceux qui en résultent sont différents de par la nature des roches mères et du climat.

En climat froid, l'altération est faible, les minéraux argileux sont identiques ou peu différents des minéraux de la roche mère (illite et chlorite), en climat chaud et humide, l'hydrolyse est poussée et donne de la kaolinite en milieu

drainé et des Smectites en milieu confiné. En climat tempéré et humide, l'altération est modérée, il apparaît des inters ratifiés, des illites, des chlorites dégradées et des vermiculites.

I.5.1.2-transformation des minéraux argileux par dégradation et aggradation :

La transformation des minéraux argileux consiste en une modification du minéral argileux tout en conservant son type de structure .

On trouve la transformation par dégradation (soustraction d'ions) et par aggradation (fixation d'ions supplémentaires). Ces transformations ont lieu aussi bien au cours de l'altération que pendant la sédimentation et la diagenèse.

I.5.1.3-néoformation en milieux confinés :

Dans ce cas les minéraux argileux sont formés par précipitation d'ions en solution (silicium, aluminium et potassium) susceptibles de réagir entre eux quand ils sont mis en contact par diffusion ou mélange.

Ainsi, on connaît les types suivants de néoformations :

- Les argiles fibreuses se forment dans des zones à saison sèche marquée, dans des croûtes calcaires, dans des milieux évaporitiques sur salés (Exemple néoformation de sépiolite par concentration d'ions par évaporation).
- Certains minéraux argileux se forment en surface à partir des ions en solution
 - Néoformation de glauconie (illite ferrifère) dans les vases littorales.
 - Néoformation des "argiles rouges des grands fonds" (Smectites ferrifères provenant Des vases calcaires et siliceuses et des cendres volcaniques).

I.5.2-Contexte de formation des sols argileux :

La sédimentation océanique argileuse est directement liée au type d'altération régnant sur les continents voisins et dépend donc de la latitude et de la nature de la roche mère, mais aussi de l'éloignement des sources ainsi que des conditions physico-chimiques régnant dans la zone de sédimentation.

Tableau I-1: Occurrence des minéraux argileux dans les sols en fonction du climat.

	Climat	Origine Des Argiles	Minéraux Fréquents	
La	Glaciaire	Héritage	Illite, chlorite, ...	nature
	Boréal	Héritage,	nter stratifiés,	
	tempéré	transformation	Smectites, ...	
	Méditerranéen	Héritage,	Smectites, ...	
	Subtropical	transformation, néoformation		
	Désertique	Héritage	Illite, chlorite, ...	
	Equatorial	Néoformation	Gibbsite, kaolinite, ...	

minéralogique des argiles dépend aussi de la roche mère :

- **La kaolinite provient de l'altération des roches magmatiques grenues et acides (Feldspaths principalement)**
- **L'illite de l'altération des roches magmatiques et métamorphiques.**
- **Les Smectites de l'altération des roches volcaniques.**
- **Les attapulgites et sépiolites (argiles fibreuses) sont associés à des dépôts lagunaires.**

Ces différentes familles d'argile, associées à d'autres minéraux d'origine détritique (quartz essentiellement) et/ou chimique (calcite, dolomite essentiellement) et à des minéraux accessoires sont les constituants principaux des sols argileux. Leurs caractéristiques mécaniques et géotechniques sont directement liées à la nature des minéraux argileux et aux transformations diagénétiques subies par la suite.

Les marnes sont des matériaux d'origine chimique, biochimique ou détritiques dont la quantité en carbonates est comprise entre 35 et 65 %, le terme d'argile calcaire est utilisé pour un pourcentage en carbonates compris entre 5 et 35 %.

I.6- LES MINERAUX ARGILEUX :

Les argiles sont des entités minéralogiques caractérisées par un comportement particulier avec l'eau, qui se traduit souvent par des phénomènes de gonflement, de dispersion et

d'hydratation. Ce sont des silicates d'alumines hydratés, qui ont des structures phylliteuses particulières et se distinguent par leur nature chimique.

La structure phylliteuses de l'argile est le résultat de la superposition de couches tétraédriques de silice et de couches structurales octaédriques d'hydroxydes d'aluminium ou de magnésium. Dans une couche tétraédrique (SiO_2), l'ion silicium Si^{4+} est placé au centre d'un tétraèdre entouré de quatre atomes d'oxygène. Dans une couche octaédrique d'hydroxyde d'aluminium $\text{Al}_2(\text{OH})_6$ ou de magnésium $\text{Mg}_3(\text{OH})_6$, le cation (Al^{3+} ou Mg^{2+}) est entouré d'un octaèdre d'ions hydroxydes OH^- (figure I-1 et I-2).

Dans le cas où le cation de la couche octaédrique est l'aluminium, deux tiers des sites octaédriques sont occupés par des ions Al^{3+} et la couche octaédrique est dite gibbsite alors que, dans le cas où l'on est en présence de cations Si^{4+} , tous les sites octaédriques

sont occupés et la couche octaédrique est dite brucite.

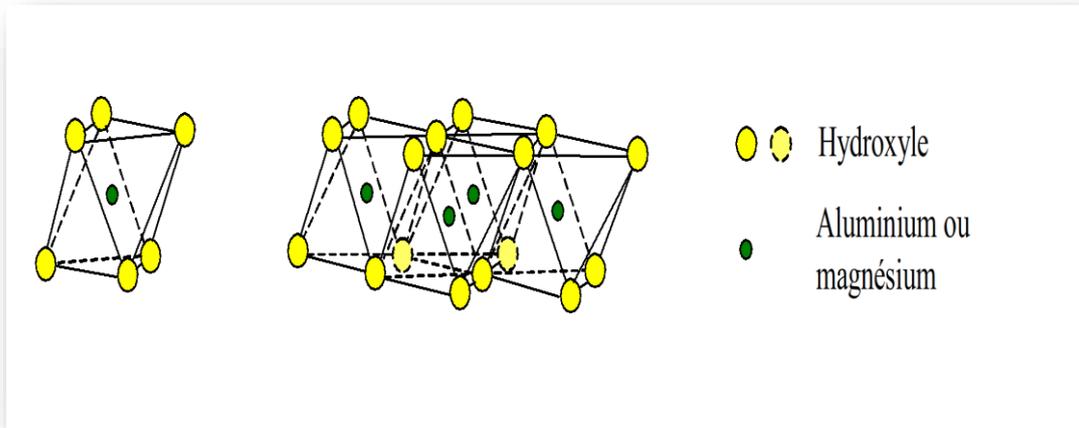


Figure I-3: structures élémentaires des feuillets d'argile

a) Unité tétraédre à cœur de Silicium ;

b) Schéma d'une couche de tétraédre $[Si_4 O_{10}(OH)_2]^{6-}$ avec arrangement

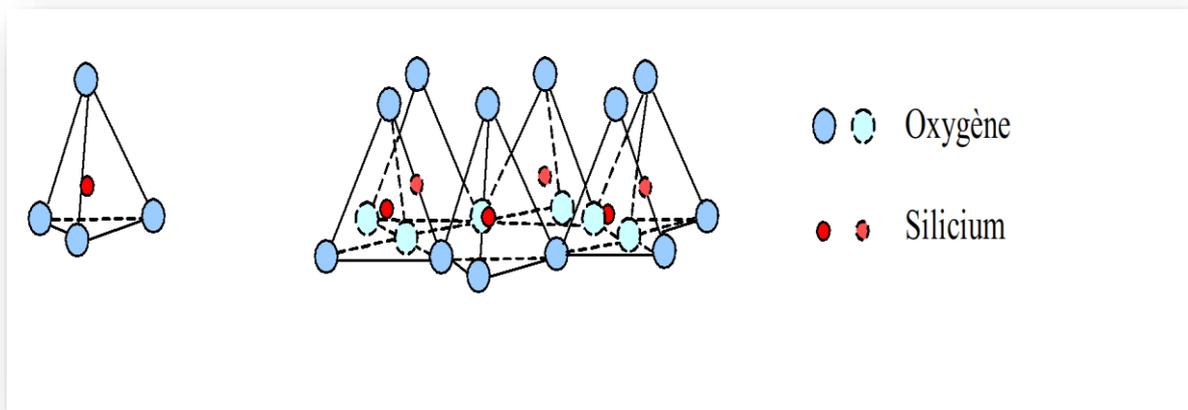


Figure. I-4 : a) Unité Octaédrique b) Structure en couche à base d'octaèdre.

Figure (I-3) et (I-4) Les deux structures élémentaires des feuillets d'argile.

La jonction entre une couche tétraédrique et une couche octaédrique se fait par substitution de certains groupements OH^- par des ions d'oxygène O^{2-} , ce qui donne à la particule d'argile une charge négative. Il s'ensuit des propriétés adsorbantes de l'argile, favorisant la fixation de cations et de molécules polaires afin d'assurer la neutralité électrique du minéral.

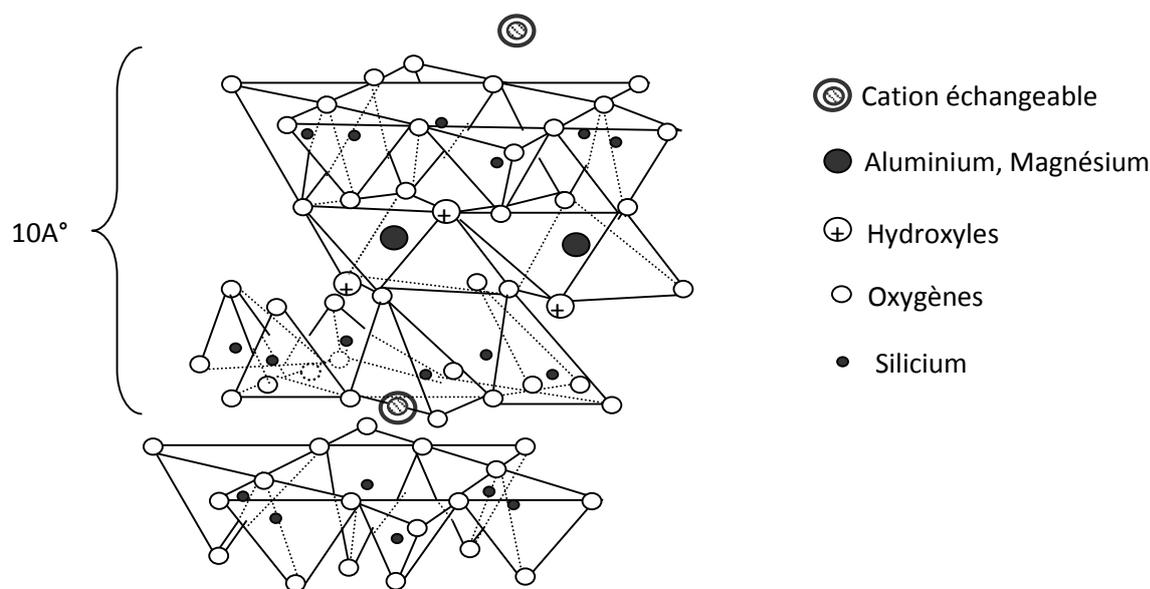
Certaines argiles, pour lesquelles les liaisons inter feuillets sont très faibles, ont la propriété de fixer des molécules d'eau entre deux feuillets voisins. Ces argiles sont dites gonflantes. Le potentiel de gonflement d'une argile dépend de la texture et de la structure de minéraux qui la constituent.

I.6-LES PRINCIPES GÉNÉRAUX D'ARGILE :

A partir des deux structures de base octaédrique et tétraédrique, plusieurs familles d'argiles sont définies : l'illite, la kaolinite, la montmorillonite, le chlorite. Dans ce qui suit, nous allons décrire trois argiles les plus connues.

Le terme de montmorillonite a été proposé par Demailly et Sacrebat en 1874 d'après le nom de Montmorillon (Vienne en France). Ici deux couches de tétraèdres succèdent à une couche octaédrique. La montmorillonite montre une succession de couches d'atomes d'oxygène, de silicium, d'oxygène et d'hydroxyle, de silicium et d'oxygène.

L'épaisseur d'un feuillet est de 10Å les éléments occupant les espaces octaédriques peuvent être l'aluminium, le fer, le magnésium, ou une combinaison de ces éléments. Si l'aluminium est seul, 2/3 des espaces sont occupés, s'ils le sont tous, il s'agit du

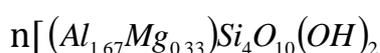


magnésium (figure I-3).

Figure I-5 : structure tridimensionnelle de la montmorillonite.

Des remplacements importants peuvent avoir lieu à l'intérieur des montmorillonites. Or, ces remplacements produisent toujours une diminution des charges positives. L'équilibre électrostatique est rétabli par la fixation de cations à la surface des feuillets, ces actions sont en général échangeables.

Les liaisons entre les feuillets des montmorillonites sont faibles de manière à permettre à l'eau de glisser en quantité variable, et c'est ce qui explique que les montmorillonites sont sujettes au gonflement. La formule générale de la montmorillonite est :



I.6.2- Structures de la kaolinite :

Dans la kaolinite les couches d'octaèdres et les couches de tétraèdres sont parallèles et s'intercalent de manière à ce que les atomes supérieurs et inférieurs de chacune des couches appartiennent à un même plan (figure III-4).

L'unité minéralogique peut être considérée comme une succession de couches d'atomes d'oxygène, de silicium, d'oxygène et d'hydroxyle, d'aluminium et d'hydroxyle. Ces couches de 7Å d'épaisseur chacune, sont reliées entre elles par des liaisons hydrogènes existantes entre O et (OH). Le clivage d'un feuillet se fait facilement parallèlement à ces couches, et la formule générale. D'un feuillet est :

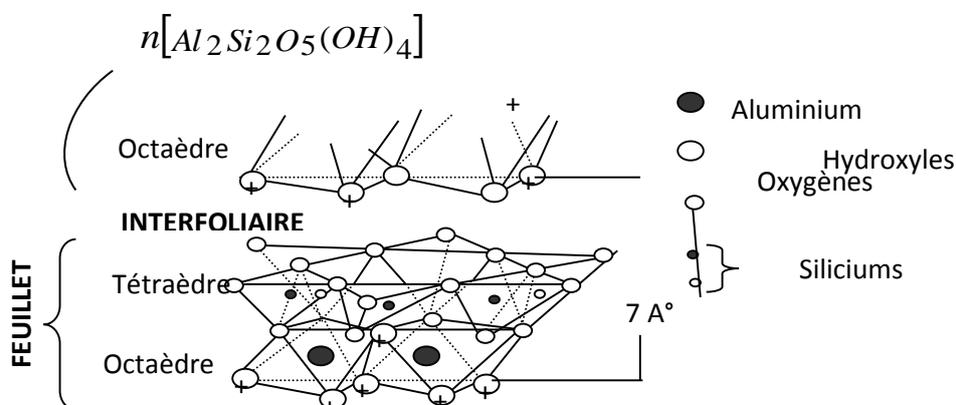


Figure I-6 : structure tridim.

I.6.3- structure d'illite :

Ressemble à celle de la montmorillonite, la différence provient du fait que l'aluminium remplace à 20 % le silicium dans les tétraèdres et que les atomes de potassium, venant rétablir l'équilibre des charges rompues par le remplacement, assurent la liaison des couches tétraédriques et octaédriques. Cette liaison est suffisante pour empêcher l'eau de s'insérer à l'inter couche et l'illite n'est donc pas une argile très gonflante.

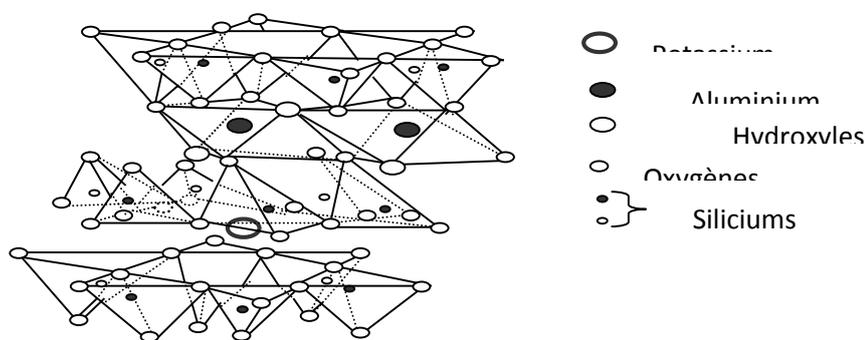


Figure I-7 : structure tridimensionnelle de l'illite.

L'épaisseur de la couche d'eau adsorbée étant à peu près constante, la proportion relative à cette eau est fonction de la surface spécifique du type d'argile considérée (Figure I-6). Les répercussions sur les propriétés du sol sont considérables.

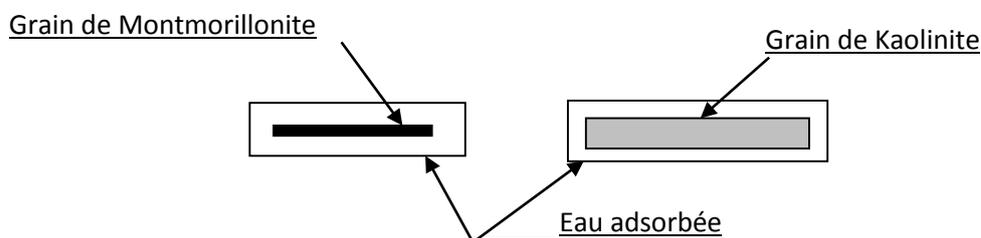


Figure I-8 : Eau adsorbée.

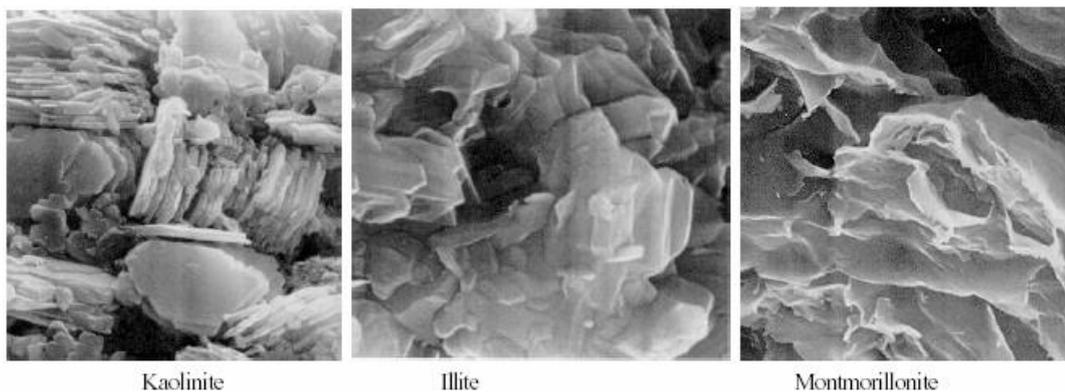


Figure I-9 : photographie au microscope électronique à balayage des argiles.

Tableau I-2 : Dimensions caractéristiques des minéraux argile.

Nom	Type	Nombre de feuillets par particules	Diamètre d'une particule (Å)
Kaolinite	1/1	100-150	1
Montmorillonite	2/1	1	0,1
Illite	2/1	10	0,3
Chlorite	2/1/1	1	0,1

I.7- ESSAI DE COMPRESSIBILITÉ :

L'essai de compressibilité à l'œdomètre, essai fondamental, est une application directe de la théorie de la consolidation. Il permet d'évaluer l'amplitude des tassements des ouvrages ainsi que leur évolution. Bourokba.S. (2001). (Modifier ce numéro selon ta bibliographie).

Il s'agit de l'essai de compressibilité par paliers, cet essai permet d'établir, pour un échantillon donné, deux types de courbes :

La courbe de compressibilité qui indique le tassement de l'échantillon en fonction du logarithme de la contrainte appliquée.

La courbe de consolidation, qui donne le tassement en fonction du temps sous application d'une contrainte constante.

Dans ce qui suit, nous allons nous intéresser aux paramètres œdométriques appropriés aux sols fins à caractère gonflants, et que sont :

le coefficient de gonflement C_g , qui est la pente de la courbe de déchargement.

l'indice de compressibilité C_c qui est la pente de la tangente à la courbe de chargement, ce coefficient permet de préciser la sensibilité du sol au tassement le long de cette courbe.

L'essai de compressibilité à l'œdomètre, essai fondamental, est une application directe de la théorie de la consolidation. Il permet d'évaluer l'amplitude des tassements des ouvrages ainsi que leur évolution. **Bourokba.S. (2001). (Modifier ce numéro selon ta bibliographie).**

Il s'agit de l'essai de compressibilité par paliers, cet essai permet d'établir, pour un échantillon donné, deux types de courbes :

- ❖ La courbe de compressibilité qui indique le tassement de l'échantillon en fonction du logarithme de la contrainte appliquée.
- ❖ La courbe de consolidation, qui donne le tassement en fonction du temps sous application d'une contrainte constante.

Dans ce qui suit, nous allons nous intéresser aux paramètres œdométriques appropriés aux sols fins à caractère gonflants, et que sont :

- le coefficient de gonflement C_g , qui est la pente de la courbe de déchargement.
- l'indice de compressibilité C_c qui est la pente de la tangente à la courbe de chargement, ce coefficient permet de préciser la sensibilité du sol au tassement le long de cette courbe.

Les sols gonflants et rétractables ont une courbe de déchargement de pente marquée sous faible contrainte. Selon leur histoire, deux états différents peuvent être rencontrés (Philipponnat et Hubert.1997) :

s'il a été nécessaire d'empêcher le gonflement en début de chargement, il s'agit d'un sol surconsolidé, éventuellement non saturé, en état de succion élevée. Le sol, dans l'état où il a été prélevé, est susceptible de gonfler s'il est soumis, sous faibles contraintes, au contact de l'eau libre

si le même sol a été soumis en présence d'eau libre et laissé libre de gonfler avant prélèvement, son potentiel de gonflement a été déjà libéré et sa succion avoisine zéro. La courbe oedométrique aura alors l'allure d'un tel sol est susceptible de faire un retrait important en cas de dessiccation et de réapparition d'une succion significative.

Une classification est disponible, et ce en fonction de l'indice de compressibilité et l'indice des vides initial, cette classification permet de connaître le comportement des sols vis-à-vis de la compressibilité. Le tableau 2.9 présente les appréciations suivantes (Philipponnat et Hubert.1997) :

Tableau 1.3 : Classification selon le rapport $Cc / (1 + e_0)$.
(Philippon Nat et Hubert.1997).

$Cc / (1 + e_0) < 0,015$	Sol incompressible
$0,015 < Cc / (1 + e_0) < 0,05$	Sol peu compressible
$0,05 < Cc / (1 + e_0) < 0,2$	Sol moyennement compressible
$Cc / (1 + e_0) > 0,2$	Sol très compressible

Nous pouvons aussi comparer la valeur du coefficient de gonflement C_g de nos argiles avec celui de certains minéraux donnés par Lambe (1959) sur le tableau 2.10. Nous remarquons que les valeurs trouvées sont proches de celle d'Illite.

Tableau 1.4 : Coefficients de gonflement (Leonards.1968).

	Cg
Montmorillonite	0.510
Illite	0.210
Kaolinite	0.060

I.8-Essai de cisaillement direct :

Cet essai est probablement le plus ancien puisque Coulomb a utilisé une boîte de cisaillement, il y'a plus de 200 ans, pour déterminer expérimentalement les paramètres utilisés dans son équation.

L'essai est relativement simple. On confine l'échantillon dans une boîte formée de deux parties divisé par un plan horizontal. Une partie est fixe tandis que l'autre peut se mouvoir horizontalement. On applique une charge normale constante sur l'échantillon à l'aide d'un capuchon de chargement et on mesure, en cours d'essai, la force de cisaillement de même que les déformations horizontales et verticales. On peut ensuite calculer la contrainte de cisaillement et la contrainte normale. On ne doit pas oublier qu'avec cet appareil le plan de rupture est prédéfini. La résistance mobilisée par l'échantillon augmente jusqu'à atteindre une valeur limite ou l'échantillon commence à se rompre. Cette valeur représente la résistance au cisaillement maximal ou de pic.

L'essai de cisaillement direct comporte des avantages et des inconvénients, Essentiellement, l'essai est économique, rapide et simple, en particulier avec les matériaux granulaires. Cependant il est difficile de contrôler les conditions de drainages, en particulier dans le cas des sols à grains fins.

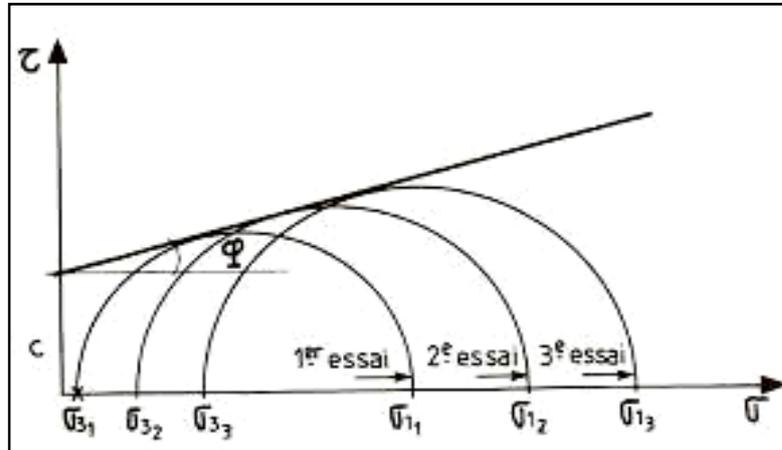


Figure .1-10 : Courbe les d'effironte contrainte d'Essai de cisaillement.

I.8.1 : Trois types d'essais pourront être utilisés qui sont :

a) Essai consolidé - drainé (C.D) :

L'essai C.D est toujours réalisable et permet de mesurer les paramètres ϕ_d et C_d . L'échantillon est consolidé sous un effort N constant, dans des conditions similaires à celle de l'odomètre. La vitesse de cisaillement est de l'ordre de micron par minute, doit être choisie en fonction de la perméabilité du sol testé. L'essai peut, dans les cas les plus défavorables, durer jusqu'à une semaine. La saturation est assurée par immersion de la boîte, dès la phase de consolidation.

b) Essai consolidé-non drainé (C.U) :

Comme l'essai précédent, et pour les mêmes raisons, l'essai C.U ne convient que pour les sols de faibles perméabilités. La phase de consolidation est identique à celle de l'essai C.D.

b) Essai non consolidé-non drainé (U.U) :

Cet essai ne peut convenir que pour étudier les sols peu perméables. Si ce n'est pas le cas, le drainage a le temps de s'effectuer partiellement pendant la phase de cisaillement, et les résultats obtenus ont tendance à se rapprocher de ceux de l'essai drainé. Même pour les matériaux peu perméables, il est important d'opérer très vite, et de choisir une vitesse de cisaillement élevée, de l'ordre de 1 mm/mn.(ref).

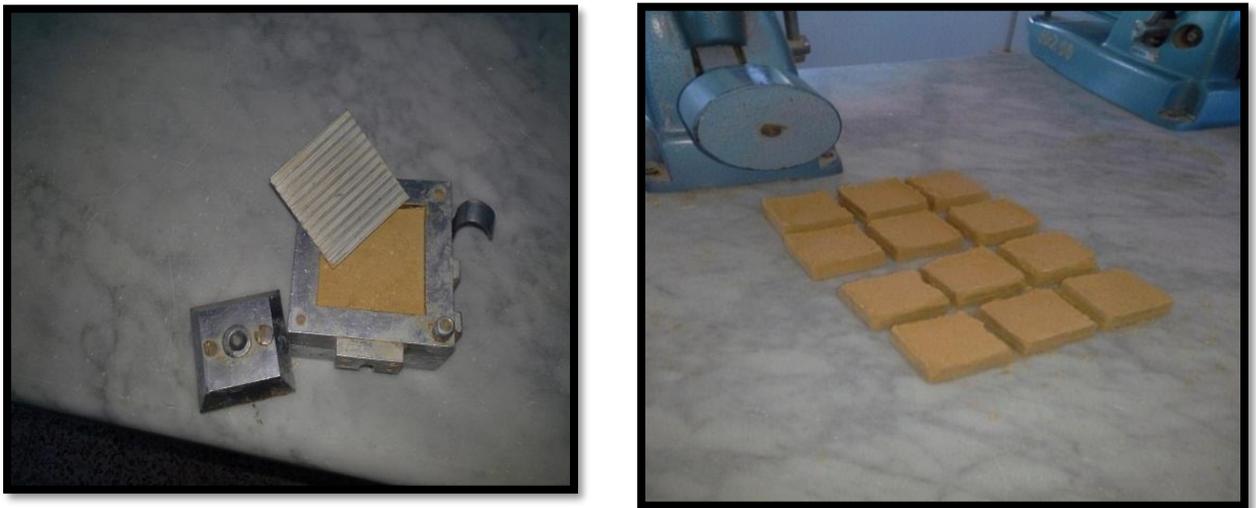


Figure I.11 : Essai de cisaillement.

I-9-CONCLUSION :

Ce chapitre a permis de nous donner une idée sur les principaux éléments constituant notre axe de travail, notamment ce qui concerne les la structures et les différents types des argiles plus une idée sur de sable de dune et son utilisation. En plus les différentes parités du corps de la chaussée et les différents types des structures de chaussées. Ces connaissances sont considérées très importantes pour mieux analyser notre étude de recherche, plus particulièrement en ce qui concerne la partie expérimentale de notre étude.

L'argile avec la composition et les caractéristiques de ses minéraux constitue une science complexe et profonde. La reconnaissance des caractéristiques des sols

expansifs est fondamentale pour résoudre d'énormes problèmes concernant le phénomène de gonflement.

La composition minéralogique des argiles gonflantes a une importante influence sur le potentiel de gonflement, d'où l'idée d'évaluer le potentiel de gonflement de n'importe quelle argile grâce à l'identification de son minéral de constitution à partir des procédés qui nécessitent un appareillage bien spécifique plus sophistiqué .

CHAPITRE II : GENERALITE DE UTILISATION DE SABLE DE DUNE ET ARGILE

II.1-Introduction :

Dans ce chapitre on présenté les caractéristiques du géotextile et son l'utilisation des géotextiles synthétique dans le génie civil remonte aux années 1960, avec une utilisation limitée essentiellement alors à un rôle de filtre anti-contaminant. Parce qu'ils sont faciles à mettre en œuvre et assez peu coûteux, ils ont supplanté des matériaux traditionnels, y compris dans la construction d'ouvrages audacieux. Pour accompagner l'évolution de ces produits « techniques », des essais et méthodes de dimensionnement ont été développés par la profession.

II.2-Que sont les géotextiles ?

Les géotextiles sont définis comme des produits textiles à base de fibres polymères se présentant sous forme de nappes perméables, souples, résistantes et filtrantes, utilisés dans le domaine de la géotechnique et du génie civil. Ce sont en fait des textiles, au sens commun du terme, utilisés au contact du sol.

Actuellement, les géotextiles sont plus utilisés et mieux connus que les géo membranes (Lambert,1997), employées notamment pour l'étanchéité des ouvrages. On recense plusieurs dizaines de domaines d'utilisation des géotextiles, de la géotechnique routière aux ouvrages hydrauliques en passant par la stabilisation des sols. Dans tous ces ouvrages les géotextiles remplissent l'une au moins des six fonctions élémentaires : la séparation, la filtration, le drainage, le renforcement, la protection, la lutte contre l'érosion. Ces fonctions seront précisées par la suite.

Les géotextiles sont classés selon leur structure, c'est-à-dire en fonction du mode de fabrication qui, à partir de fibres de polymères (principalement du polypropylène), a permis d'obtenir un matériau fini.

Ces « familles » portent des noms issus de l'industrie textile. Ainsi, les géotextiles peuvent être des géotextiles tissés produits à partir de fils

Mono filaments, de fils multi filaments, ou de bandelettes ; des géotextiles non-tissés qui peuvent être aiguilletés ou thermo liés, ou bien encore tricotés.

Il existe aussi des produits apparentés aux géotextiles conçus pour assurer l'une au moins des fonctions élémentaires des géotextiles. Parmi ces produits, citons les géo grilles, géo composites, géo cellules, géo naturels (Constitués de fibres naturelles) notamment utilisés en renforcement, drainage, protection des berges, et lutte anti-érosion.

II.3-Autre définition :

Les géotextiles, tissus généralement en matériaux synthétiques sont destinés aux travaux de bâtiment, de génie civil et d'agriculture. Ils sont souvent et improprement appelés Bidim, du nom du leader historique des fabricants de ce produit.



Figure II.1 : Les géotextiles.

II.4-Caractéristiques requise

II.4.1-Exigences générales :

Les géotextiles de renforcement sont fabriqués à 100 % de fibres de polyester, de polypropylène, de polyéthylène ou d'autres polymères résistants à l'action des bases, des acides, des hydrocarbures. Ils sont inaltérables par des micro-organismes et résistent à l'hydrolyse, à l'exception des polyamides (nylon) qui sont hydrolysables.

Les géotextiles doivent conserver la majeure partie de chacune de leurs propriétés malgré les dommages et les contraintes physiques subis au cours de leur mise en place et de la compaction des matériaux granulaires sus-jacents.

Le tableau 1 présente, entre autres, les types de polymères permis, les propriétés de fabrication et les rôles que doivent jouer les géotextiles de renforcement.

II.4.1.a-Emballage :

Les géotextiles doivent être protégés jusqu'au moment de leur utilisation par un film de polyéthylène opaque de 0,15 mm d'épaisseur minimale ou par une membrane imperméable opaque.

II.4.2-Caractéristiques physiques et mécaniques :

Les caractéristiques physiques et mécaniques des géotextiles de renforcement doivent être conformes aux exigences énumérées au (tableau.1).

II.5-les différentes utilisations du géotextile :

Les domaines d'emploi sont nombreux et variés :

- -Création de « massifs filtrants ».
- -Fondation de routes, chaussées, voies de chemin de fer.
- -Séparation de matériaux de remblais. Ils évitent le mélange entre deux sols ou matériaux de nature différente.

II.5.1-Masse surfacique :

La masse surfacique est déterminée conformément à la méthode d'essai CAN/CGSG-148.1 n° 2 « Méthodes d'essais des géo synthétiques. Masse

surfacique ». Le coefficient de variation de la masse surfacique (CVMS) est déterminé selon un minimum de cinq prises d'essais.

II.5.2-Résistance à la traction :

Les résistances minimales à la traction, à 5 % de déformation et à la rupture, doivent respecter les exigences du tableau 1 dans les directions transversale et longitudinale.

Ces caractéristiques sont mesurées selon la norme ASTM D4595 « Standard Test Method for Tensile Properties of Geotextiles by the Wide-Width Strip Method ». Des mâchoires à rouleau et un extensomètre doivent être employés. L'utilisation de mâchoires classiques est tolérée ainsi que la mesure du déplacement sans extensomètre, à condition que la rupture du produit soit uniforme sur la largeur de l'éprouvette et que celle-ci ne soit pas observée à proximité des mâchoires.

La résistance minimale à la rupture est augmentée de 5 % si le CVMS est compris entre 5 et 10 %, de 10 % si le CVMS est compris entre 10 et 15 %, et ainsi de suite. Cependant un géotextile présentant un CVMS supérieur à 30 % est refusé pour toute application spécifique.

Tableau II.1 : Caractéristiques physiques et mécaniques des géotextiles de renforcement de La résistance minimale à la rupture est augmentée

Type	Principales applications	Rôles (1)	Résistance à la traction (kN/m) (Min)		Ouverture de filtration « FOS » (µm) (Max)	Type de polymère (2)
			ASTM D4595		CAN/CGSB148. 1, no. 10	
			À 5 % de déformation	À la rupture		
II	Renforcement et anticontamination de l'infrastructure de chaussées	R, S	5	11	150	PET, PP

II.5.3-Ouverture de filtration « FOS » :

La dimension des ouvertures du géotextile correspond à la valeur donnée au tableau 1. L'ouverture de filtration « FOS » est déterminée conformément à la norme CAN/CGSB 148.1 n° 10 « Géotextiles – Détermination du diamètre d'ouverture de filtration ».

II.5.4-Caractéristiques complémentaires :

Les caractéristiques complémentaires aux caractéristiques physiques et mécaniques doivent être conformes aux exigences suivantes :

II.5.4.a-Permittivité :

La permittivité des géotextiles de renforcement est d'au moins 0,05 sec⁻¹. Cette valeur est déterminée conformément à la norme CAN/CGSB-148.1 n° 4 « Géotextiles – Perméabilité à l'eau dans un sens normal sans charge de compression ».

II.5.4.b-Résistance aux rayons ultraviolets :

La résistance des géotextiles de renforcement aux rayons ultraviolets est d'au moins 50 % après 500 heures d'exposition. Cette valeur est déterminée conformément à la norme ASTM D4355 « Standard Test Method for Deterioration of Geotextiles by Exposure to Light, Moisture and Heat in a Xenon Arc Type Apparatus ».

II.6-les différentes utilisations du géotextile :

- Les domaines d'emploi sont nombreux et variés
- Création de « massifs filtrants ».
- Fondation de routes, chaussées, voies de chemin de fer.
- Séparation de matériaux de remblais. Ils évitent le mélange entre deux sols ou matériaux de nature différente.
- Filtration, ils maintiennent le sol et permettent le passage de l'eau tout en retenant les fines.

- Protection de drains ou d'ouvrages de drainage Le géotextile peut transporter latéralement d'importants débits d'eau, il permet ainsi de drainer les sols.
- Protection, ils empêchent ou limitent les dégradations par poinçonnement.
- Renforcement, ils permettent d'améliorer la tenue des terres.
- La lutte contre l'érosion des surfaces, maintient des talus.
- Isolation dans le paysagisme, pour isoler des plantations. Celui-ci permet de planter des espèces végétales, dans des sols qui, à la base, sont impropres à leur survie.
- Barrière de protection contre la pénétration par des racines végétales (par exemple pour protéger une terrasse végétalisée des racines qui sécrètent des substances capables de dégrader certains matériaux).



Figure.II 2 : protéger une terrasse végétalisée des racines.

II.7-les différents types de géotextile :

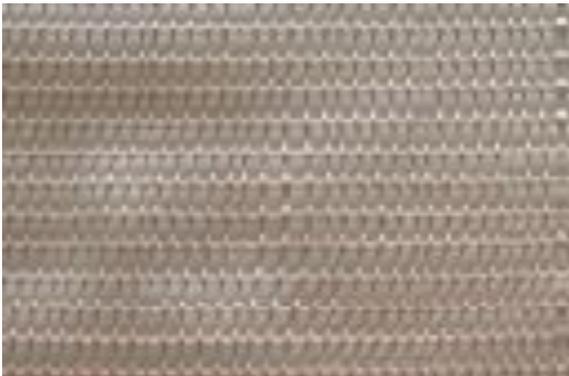
Il y a deux grandes familles : les produits tissés et les produits non-tissés.

Ils ont pour rôle principal de créer une barrière physique entre un terrain naturel et les matériaux sélectionnés pour la réalisation d'ouvrages ou de chaussées. Cette barrière laissera passer l'eau et empêchera les parties les plus fines issues du terrain naturel de venir modifier la structure des matériaux d'apport .

Une autre fonction est de protéger les drains et ouvrages de drainage, afin d'éviter leurs colmatages et donc de participer à leur pérennité.

Ces produits existent dans de nombreuses largeurs, longueurs et épaisseurs ; ils se définissent par leurs caractéristiques techniques :

- Masse surfacique ("poids" ou encore grammage en g/m²) .
- Résistance à la traction.
- Allongement à la rupture .
- Perméabilité.
- Porosité.



Géotextile tissé



Géotextile non tissé

Figure II.3 : quelques types de geotextiles.

II.8-La structure des geosynthetiques :

Parmi les géosynthétiques voués au renforcement des sols, on distingue les géotextiles : tissés, non-tissés.

Le mode d'assemblage des fils entre eux permettra d'obtenir différents types de nappes géosynthétiques (Reiffsteck, 1996).

Les tissés (déformabilité 10 à 25 %, la déformabilité est le pourcentage d'allongement à la rupture).



Figure II.4 : Les geosynthetiquetisses.

Les tisses de geotextiles :

Les tisses sont soit des tisses de fils monofilaments, soit des tisses de fils multifilaments dont chaque fil est constitué de plusieurs brins elementaires, soit des tisses de bandelettes de films extrudes à base de polyethylene, de polypropylene ou de PVC(Figure3). Le tissage permet d'obtenir un module de traction eleve, une faible deformabilite et une regularite des pores interessante sur le plan hydraulique cependant il entraine une anisotropie en plan.

Les non-tisses de filaments continus (deformabilite à la rupture de l'ordre de 60 %).

1. Les fibres ou filaments sont repartis directionnellement ou de facondesordonnee par deux types de nappage (Figure 4). Le nappage mecanique est realise par des outils qui peignent les fils et les orientent de maniere unidirectionnelle. Celui-ci est realise par projection, cardage ou superposition de nappes croisees pour obtenir le textile voulu. Le nappage pneumatique est effectue par un courant d'air,il permet debrouiller la structure. Le principal avantage des non-tisses est leur isotropie en plan.
- 3 . Les non tisses de fibres coupees (deformabilitea la rupture de l'ordre de 100 %). Leur resistancemecanique, directement liee a la longueur des fibres elementaires, est plus faible que celle de la categorieprecedente. Ils sont bien adaptes au role de filtre ou de drain.

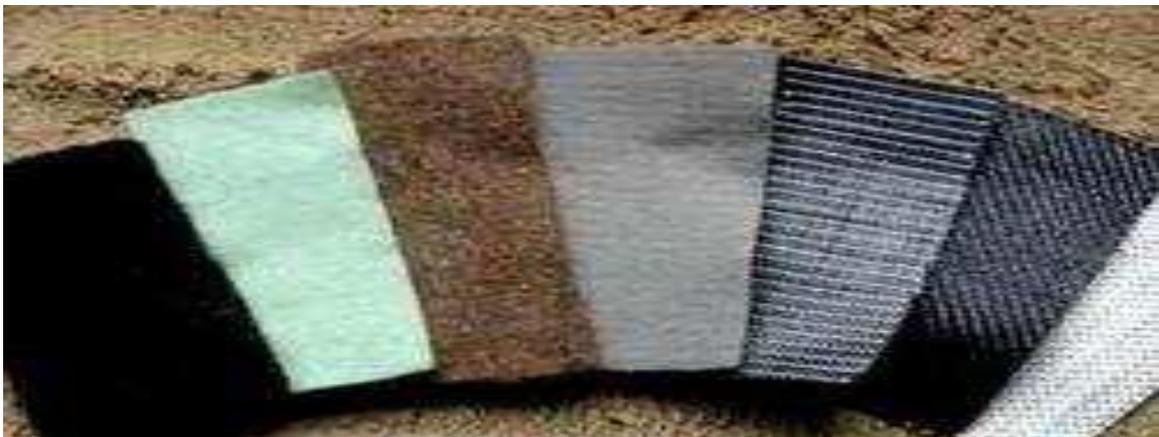


Figure II.4: Les tisses de fils monofilaments, multifilaments et les tisses de bandelettes.

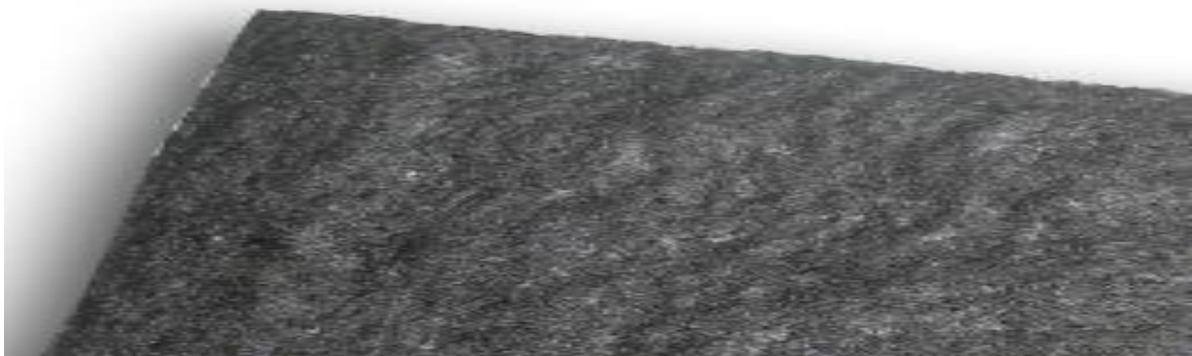


Figure II.5: Les geosyntheticquesnon-tisses.

II.9-Spécifications sur les géotextiles de renforcement :

II.9.1-Objet:

Les présentes spécifications ont pour objet de fixer les exigences du Ministère en ce qui a trait aux caractéristiques et aux critères d'évaluation des géotextiles de renforcement utilisés en construction routière.

II.9.2-Géotextile de renforcement :

Produit textile perméable qui, utilisé en contact avec le sol, joue un rôle de renforcement et de séparation. Dans le rôle de renforcement, le géotextile agit comme une armature dans le sol alors que, dans le rôle de séparation, il sert à séparer deux couches de sol dont la granulométrie est différente. Une combinaison de ces rôles est souvent recherchée dans les applications courantes.

II.9.2.a-Non-tissé :

Nappe obtenue par le liage mécanique, chimique ou thermique des fibres, en excluant le tissage et le tricotage de fils continus.

II.9.2.a.1-Non-tissé aiguilleté :

Non-tissé dont la cohésion est assurée par l'enchevêtrement des fibres à l'aide d'aiguilles à barbe.

II.9.2.a.2-Ouverture de filtration « FOS » : Dimension significative des ouvertures de pores d'un géotextile, équivalente au d₉₅ (diamètre correspondant à 95 % en masse des particules passant un tamis déterminé) du matériau en suspension dans l'eau et passant au travers du géotextile durant un essai de tamisage hydrodynamique.

II.9.2.a.3-Résistance en traction (kN/m) :

Force par unité de largeur observée à un niveau de déformation prédéfini ou au point de rupture de l'éprouvette pendant un essai de traction.

II.9.2.b-Tissé :

Nappe formée par deux ou plusieurs ensembles de fils s'entrecroisant essentiellement à angle droit avec un ensemble de fils parallèles au sens de la chaîne.

II.10-Classification :

Les géotextiles se classent en fonction de leurs propriétés et caractéristiques telles que leur résistance à la traction, leur résistance au déchirement, leur permittivité, leur transivité ou encore leur ouverture de

filtration. Le comité français des géosynthétiques (CFG) a défini la classification décrite dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.2 : classes de géotextiles CFG.

Propriétés caractéristiques		Numéro de la propriété													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Résistance à la traction KN/m	Sens de production	1	4	8	12	16	20	25	30	40	50	75	100		
	Sens travers	2													
Allongement à l'effort maximal %	Sens de production	3	8	11	15	20	25	30	40	50	60	80	100		
	Sens travers	4													
Résistance à la déchirure KN	Sens de production	5	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.2	1.7	2.3	3	4	6		
	Sens travers	6													
perméabilité	Permévitivité s-1	7	E-2	2E-2	5E-2	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	50		
	Transmitivité m2/s	8	E-8	2E-8	5E-8	E-7	2E-7	5E-7	E-6	2E-6	5E-6	E-5	5E-5		
Porométrie of μ m		9	600	400	200	150	125	100	80	60	40	20	10		

Synthèse des travaux d'étude du comportement mécanique de sols renforcés par géosynthétiques Depuis le début des années 1970, plusieurs chercheurs ont étudié le comportement mécanique du sol renforcé par des essais triaxiaux, cisaillement direct et de déformation plane. À partir de 1977, d'importants travaux expérimentaux ont été effectués des sables renforcés par des géotextiles. Parmi ces travaux, on cite : Browns (1977),a illustré la réduction de la contrainte latérale des sables renforcés de géotextiles lors d'essais triaxiaux ou les disques de géotextiles sont placés horizontalement à l'intérieur des échantillons testés.

Une augmentation de la résistance au pic a été observé avec une diminution de la distance entre les disques géotextiles ; Gray et Al-Refeai (1986), ont mené des essais triaxiaux sur des échantillons de sable sec renforcés en utilisant cinq (05) différents types de géotextiles. Les résultats de leurs essais ont montré que :

- a. Le renforcement augmente la résistance de pic et la contrainte axiale à rupture et dans la plupart des cas, la réduction de la résistance résiduelle
- b. Pour les faibles déformations (<1%), le renforcement entraîne une perte de rigidité à la compression

c. L'enveloppe de rupture des échantillons de sable renforcés a montré une nette rupture en rapport avec la contrainte de confinement. Après le point de rupture, les enveloppes de rupture pour les sables renforcés et non-renforcés sont parallèle

Athanasopoulos (1993), a étudié l'effet de la taille des particules sur le comportement mécanique d'un sable renforcé de géotextiles par le biais d'essais de cisaillement direct. Les résultats obtenus ont montré que le comportement dilatant du sable renforcé dépend du rapport d'ouverture (défini comme le rapport de la dimension d'ouverture du géotextile à la dimension moyenne de la particule). Il a été constaté que, pour un sable fin (**valeurs élevées du rapport d'ouverture**), le renforcement augmente la dilatance comparé au sable non renforcé. Le comportement opposé a été vérifié pour le sable grossier (faibles valeurs du rapport d'ouverture) ;

Krishnaswamy et Isaac (1995), ont présenté les résultats d'essais triaxiaux cycliques sur des échantillons de sables petits (38 mm de diamètre) et grands (**100 mm de diamètre**) afin d'évaluer le potentiel de liquéfaction de ces sables renforcés de géotextiles tissés et non-tissés. Il a été montré que la technique de renforcement par géotextiles peut être une solution prometteuse pour diminuer le potentiel de

liquéfaction du sable ou une grande résistance à la liquéfaction a été observée pour les échantillons grands (100mm de diamètre)

Haeri et al. (2000), ont réalisé 160 essais triaxiaux afin d'étudier l'influence des paramètres suivants sur les chemins déviatoirs d'échantillons de sables secs renforcés par des géotextiles

- a) La variation de la contrainte de confinement.
- b) Le type de géotextiles utilisés.
- c) La taille des échantillons d'étude renforcés ($\varphi = 38 \text{ mm}$ et 100 mm).
- d) Le nombre de couches de géosynthétiques.

L'arrangement et la disposition des géotextiles utilisés.

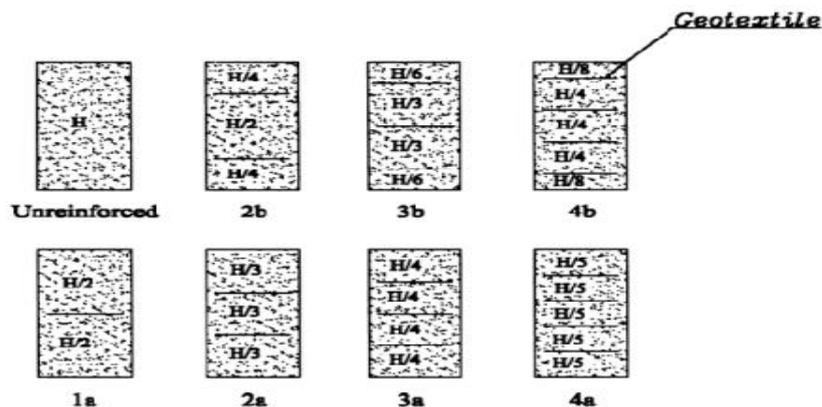


Figure II.6 : Arrangement de géotextiles dans des essais triaxiaux.

L'analyse des résultats obtenus a montré que : L'introduction des géotextiles lors des essais triaxiaux drainés augmente résistance de pic, la déformation axiale à la rupture et réduit la résistance résiduelle

La progression est plus accentuée avec un nombre élevé de couches de géotextiles (Figure II.4).

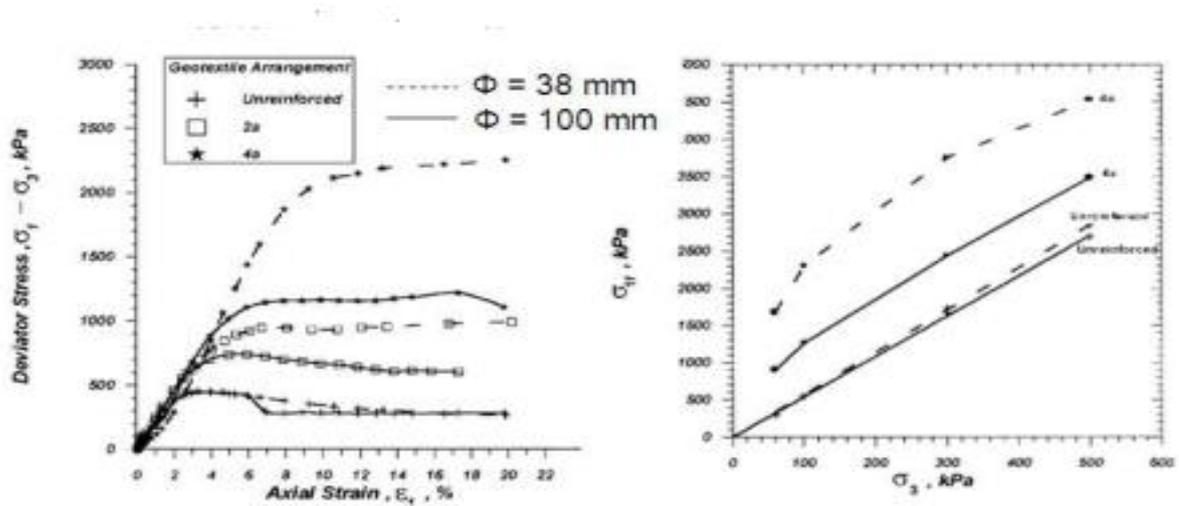


Figure .II.7 Influence d'introduction des géotextiles sur les chemins déviatoirs d'échantillons de sables renforcés (Haeri et al., 2000).

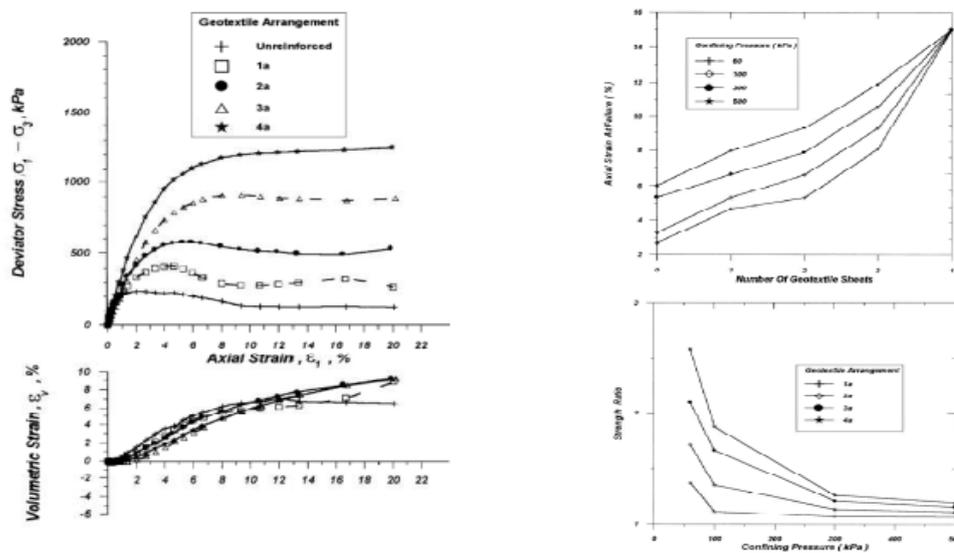


Figure .II.8 : Effet de la taille des échantillons sur le comportement déviatoire des sables renforcés et non-renforcés (Haeri et al., 2000).

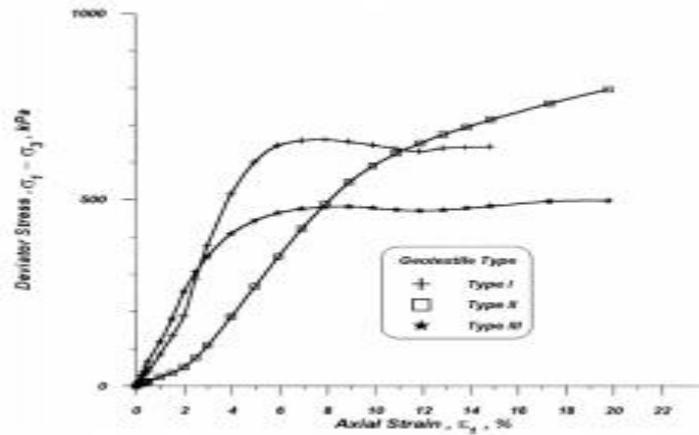


Figure II.9 : Variation de la résistance des sables renforcés avec le type de géotextile utilisé (Haeri et al., 2000) .

L'introduction du géotextile diminue la dilatance des sables renforcés en raison du confinement mis en valeur. Cette dilatance se produit principalement au centre de l'échantillon renforcé (Figure 3.15) et commence à diminuer avec l'augmentation du nombre de géotextiles introduits dans l'échantillon.



Figure II.10 : Photos d'échantillons cisailés (Haeri et al., 2000).

Les enveloppes de rupture du sable renforcé ne sont pas linéaires. Les résultats expérimentaux montrent soit des enveloppes bilinéaires ou courbes qui sont en rapport avec la taille de l'échantillon (Figure 3.16).

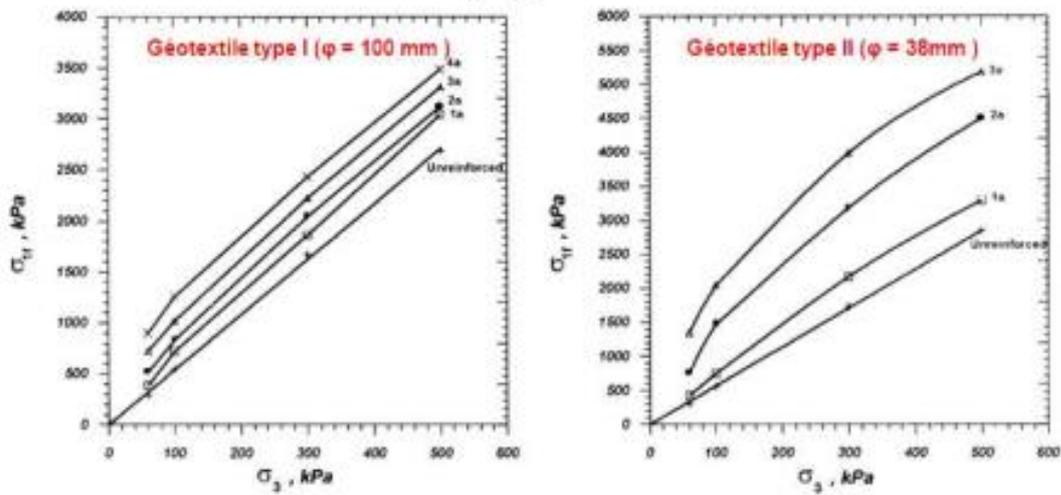


Figure II.11 : Enveloppes de rupture de sables renforcés et non-renforcés (Haeri et al., 2000) Rajagopal et al. (1999).

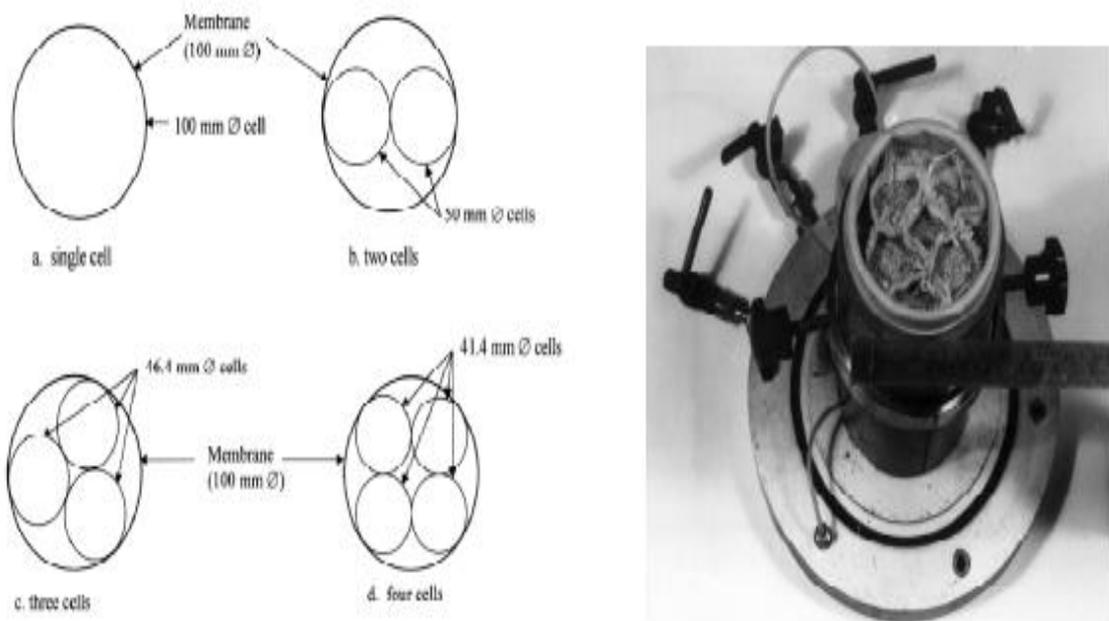


Figure II.12 : Dispositions de géocellules utilisées lors d'essais triaxiaux (Rajagopal et al., 1999).

a-L'analyse des résultats obtenus a montré que :

Le renforcement des sables par géocellules apporte une cohésion apparente qui augmente avec le nombre de cellules interconnectées (Figure 3.18).

Cette augmentation de la cohésion apparente est produite par des contraintes de confinement générées dans le sol, causées par les contraintes de membrane sur les parois verticales des géocellules

Bathurst et al. (1993) ont défini cette cohésion apparente par :

$$C_r = \frac{\Delta\sigma_3}{2} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right) \text{ avec } \Delta\sigma_3 = \frac{2J\sqrt{(1-\epsilon_a)}}{1+\epsilon_a}$$

E_a = la déformation axiale de l'éprouvette.

J = le module sécant du géotextile.

b-La résistance en frottement des sols granulaires : n'est pas affectée par le renforcement ou les enveloppes de rupture des échantillons renforcés et non renforcés restent parallèles entre eux (FigureII.13).

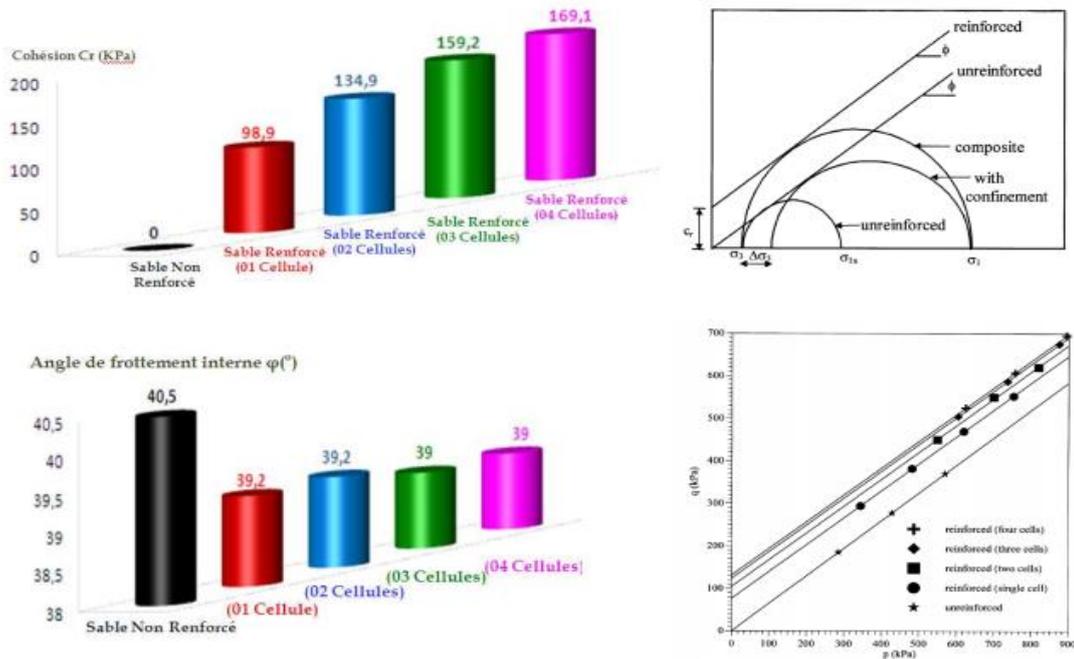


Figure II.13 : Influence du renforcement par géocellules sur les caractéristiques mécaniques du sable (Rajagopal et al., 1999).

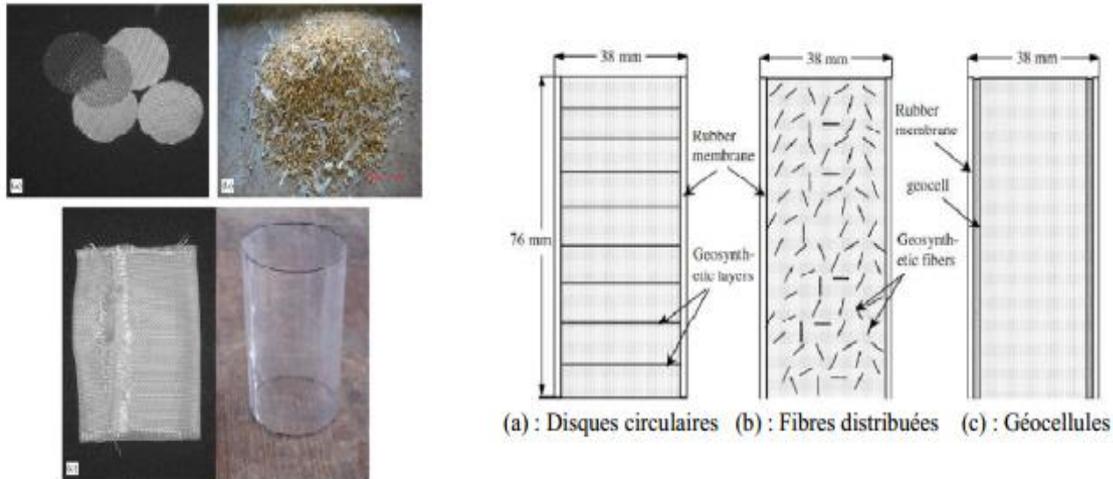


Figure II.14 : Courbes ($q-\epsilon_1$) pour des sables renforcés à différentes configuration de géocellules ($\sigma_3 = 100$ KPa) (Rajagopal et al., 1999).

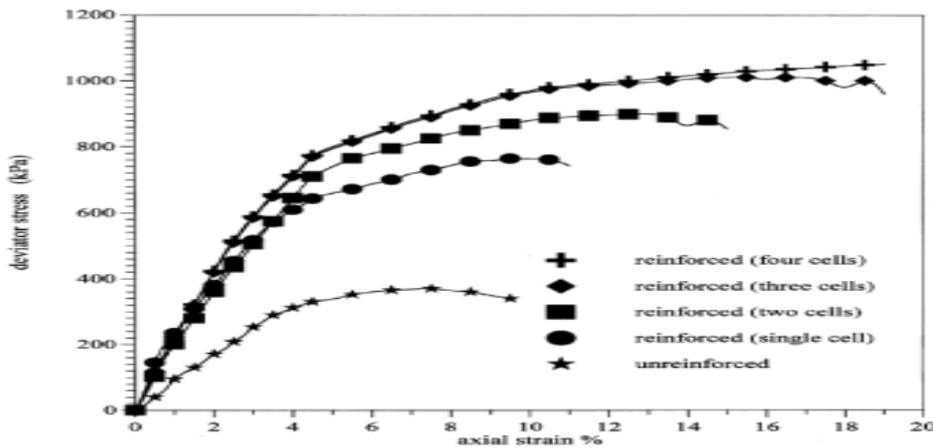


Figure II.15 : Influence du type de géosynthétiques utilisés sur le comportement mécanique d'un sable de rivière (Madhavi et al., 2007).

géotextile une meilleure résistance qui est proportionnelle au nombre et à la rigidité à la traction du géotextile. Ceci indique que la présence des alvéoles périphériques supplémentaires améliore la rigidité du complexe sol-géotextile grâce à un confinement plus important et confère à ce complexe une meilleure résistance à la rupture (Figure 3.21)

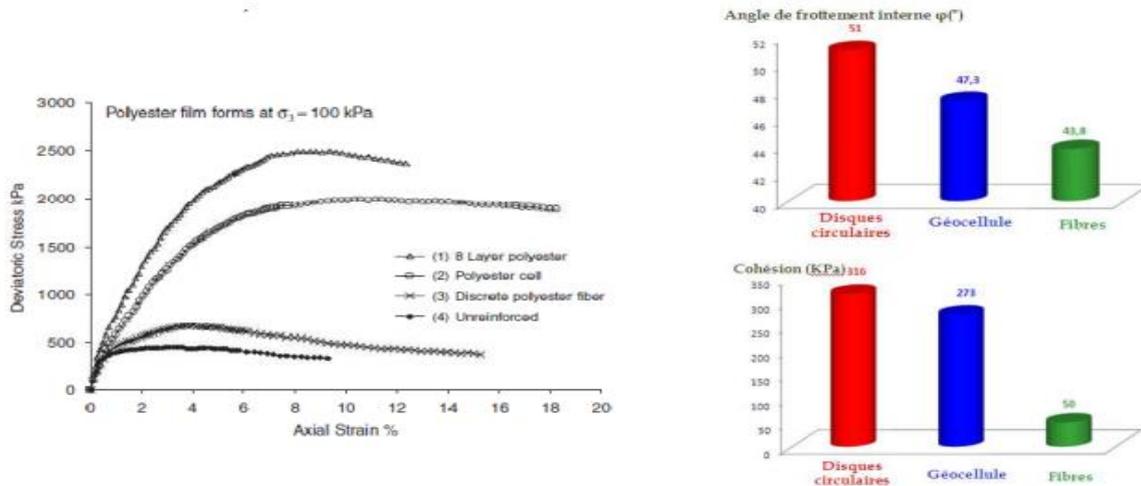


Figure II.16 :Influence des géocellules sur le comportement mécanique renforcés (Madhavi et al., 2007)

II.11-Conclusions :

L'industrie des géosynthétiques est très récente, comparée au savoir-faire accumulé dans le domaine du génie civil depuis des millénaires. Cette industrie connaît une forte croissance depuis 25 ans et commence à parfaire sa structure.

Bien que les techniques de renforcement du sol soient très diverses, elles possèdent un certain nombre de points communs, aussi bien au niveau du comportement local entre le sol et l'élément de renforcement qu'au niveau global du comportement de la structure. Le renforcement de sols par geosynthetiques amélioré leurs resistances mecaniques par une augmentation de leurs cohesions apparentes, mais ne modifie pas leurs resistances en frottement. L'amélioration de cette résistance mécanique est affectée de façon significative par les caractéristiques mécaniques du matériau formant le géotextile ainsi que le nombre de géotextiles interconnectés. Dans ce chapitre on présenté les différentes caractéristiques de géotextiles et les types et les classes de géotextiles qui existe dans l'industrie et l'utilisation de ce derniers dans le domaine génie civil (routes) et renforcements des sols.

CHAPITRE III : ETUDE D'INDONTIFICATION DES MATERIAUX UTILISES

III.1-Introduction :

Nous nous sommes intéressés dans ce chapitre à l'étude les essais d'identifications des matériaux utilisés au niveaux du laboratoire des travaux publics du sud à Ghardaïa(LTPS).

III.2- Localisation des sites :

Le site a subi des travaux de terrassement pour une éventuelle reconstitution de sol (dans le cadre des solutions adoptées pour remédier aux problèmes de gonflement des argiles de la région).

Cette opération de terrassement nous a permis de faire un prélèvement représentatif des échantillons intacts, les échantillons ont été prélevés à une profondeur entre 1,00 et 1,50m.(voir les photos).



Photo III.1 : massif du site Bouhraoua.



Photo III.2 : massif du site Metlili



Photo III.3 : sable de dune du site Sebseb

III.2.1- Sable de dune :

Le sable utilise est un sable de dune provient de Sebseb (65 km au Sud -est de la wilaya de Ghardaïa) (Voir Photo III.1)

III.2.2-Argile Metlili el jadida:

Le matériau choisi a été prélevés d'un site située à 20 km au Sud-ouest de la wilaya de Ghardaïa, ce gisement se trouve à 100 m de la RN°1 (Voir Photo III.2).



Photo III.4 : Google Earth de localisation de la carrière étudiée.

III.2.3- Argile Bouhraoua :

Le matériau choisi a été prélevés d'un site située à 10 km au Nord-ouest de la wilaya de Ghardaïa, ce gisement se trouve à 100 m de la RN°1 (Voir Photo III.3)



Photo III.5 : Google Earth de localisation de la carrière étudiée.

III.3- Climatologie de Ghardaïa :

Tableau III -1 : Climatologie de Ghardaïa 2017.

Mois	T°min (°c)	T°max (°c)	M.M°t (c°)	Qt.rr (mm)	Evap (mm)	Inso (h)	MMU %
Jan	80	197	138	nt	120	271	40
Fév.	90	204	147	0.2	130	238	36
Mars	107	233	170	nt	191	311	27
Avril	158	297	227	7	221	296	30
Mai	203	333	268	2	314	323	22
Juin	244	382	313	nt	317	350	21
Juillet	278	406	442	nt	339	368	20
Aout	271	389	33	1	345	343	25
Sept	234	352	293	13	210	244	35
Oct	191	313	252	traces	201	279	38
Nov	111	220	166	4	115	259	45
Déc	80	172	126	3	66	213	65

Le climat, de type saharien, se caractérise par des étés aux chaleurs torrides et des hivers doux surtout pendant la journée. Il est marqué par une grande amplitude entre les températures de jour et de nuit, à l'été et l'hiver. La période chaude commence au mois de mai et dure Jusqu'au mois de septembre.

Pour avoir une idée sur la climatologie de Ghardaïa, on va présenter quelques éléments climatologiques de l'année 2017 sur le (**Tableau III-1**).

III.4- Essais d'identification :

Selon qu'il s'agit de sable ou d'argile, des essais d'identification appropriés à chaque nature de sol existent, en plus d'une analyse de l'eau car c'est recommandé par plusieurs auteurs tels que .Change selon ton bibliographie .

Le tableau suivant montre la nature des essais effectués sur les matériaux étudiés

- Le tableau suivant illustre la nature des essais effectués :

Tableau III -2 : Essais d'identification.

ARGILE	SABLE
<ul style="list-style-type: none"> • Analyse chimique • Analyse granulométrique. • limites d'atterberg. • teneur en CaCO₃. • essai au bleu de méthylène. • essai de compressibilité /consolidation. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse chimique • Analyse granulométrique. • équivalent de sable • essai au bleu de méthylène.

III.4.1-IDENTIFICATION ET CLASSIFICATION DE SABLE DE DUNE :

III.4.1.a ANALYSE CHIMIQUE :

Les mêmes analyses effectuées sur les argiles, ont été appliquées aux sables, et les résultats sont illustrés dans le tableau III.11

Tableau III-3 : Analyse chimique du sable de dune étudié.

Caractéristique	Symboles	Unité	Sable de dune
Résidu insoluble	SiO ₂ +Silice	%	88.91
Sulfates	SO ₃	%	3.09
Chlorures	Cl ⁻	%	0.023
Carbonate de Calcium	CaCO ₃	%	03
Matières organiques	MO	%	-----

La constatation importante a signalée, est la présence d'un fort pourcentage en silice qui est supérieur à 80%, et par conséquent, le sable de dune de Ghardaïa est un sable siliceux.

III.4.1. b. ANALYSE GRANULOMETRIQUE :

L'analyse est effectuée par voie sèche, et des courbes obtenues, plusieurs paramètres peuvent être tirés. Ces paramètres, considérés comme essentiels pour la classification, seront donnés ,qui englobe tous les résultats des essais effectués sur le sable de dune.

III.4.1.c. EQUIVALENT DE SABLE :

L'équivalent de sable n'est intéressant que pour caractériser les sols sableux contenant très peu de particules fines. Cet équivalent désigné par « ES » varie de 10 à 100%. Le sable de dune étudiée est propre à pur, ce qui est en concordance avec la classification LCPC. Les résultats des essais sur le sable de dune.

III.4.1. d. ESSAI AU BLEU DE METHYLENE :

La même procédure utilisée pour les argiles a été appliquée au sable de dune sauf qu'on utilise des pas plus faibles puisqu'il s'agit de sable. La valeur de bleu est très faible pour le sable de dune ce qui est en concordance avec la nature de ce sol qui est un sable pur (ES = 100 %). **Les résultats obtenus de cet essai sont donnés dans le tableau**

Tableau III-4: identification et classification de sable de dune.

Essais Sable de dune		
Granulométrie	Cu	1.5
	Cc	1.04
	LCPC	SB
Bleu de méthylène	SST (m ² /g)	0.84
	classification	Elément non argileux
Equivalent de sable	ES (%)	76
	Degré de propreté	Propre
Masse volumique solide	$\gamma_s(g/cm^3)$	1.55

Cu : coefficient d'uniformité. $Cu = D_{60}/D_{10}$

Cc : coefficient de courbure. $Cc = (D_{30})^2 / D_{60} \cdot D_{10}$

LCPC : Classification donnée par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

SB: sable propre Bien gradué.

La courbe granulométrique du sable utilisé est représenté sur la figure III.6 Cette granulométrie est uniforme caractérisée par un coefficient d'uniformité, inférieur à 2, un diamètre moyen $D_{50} = 0,6$ mm.

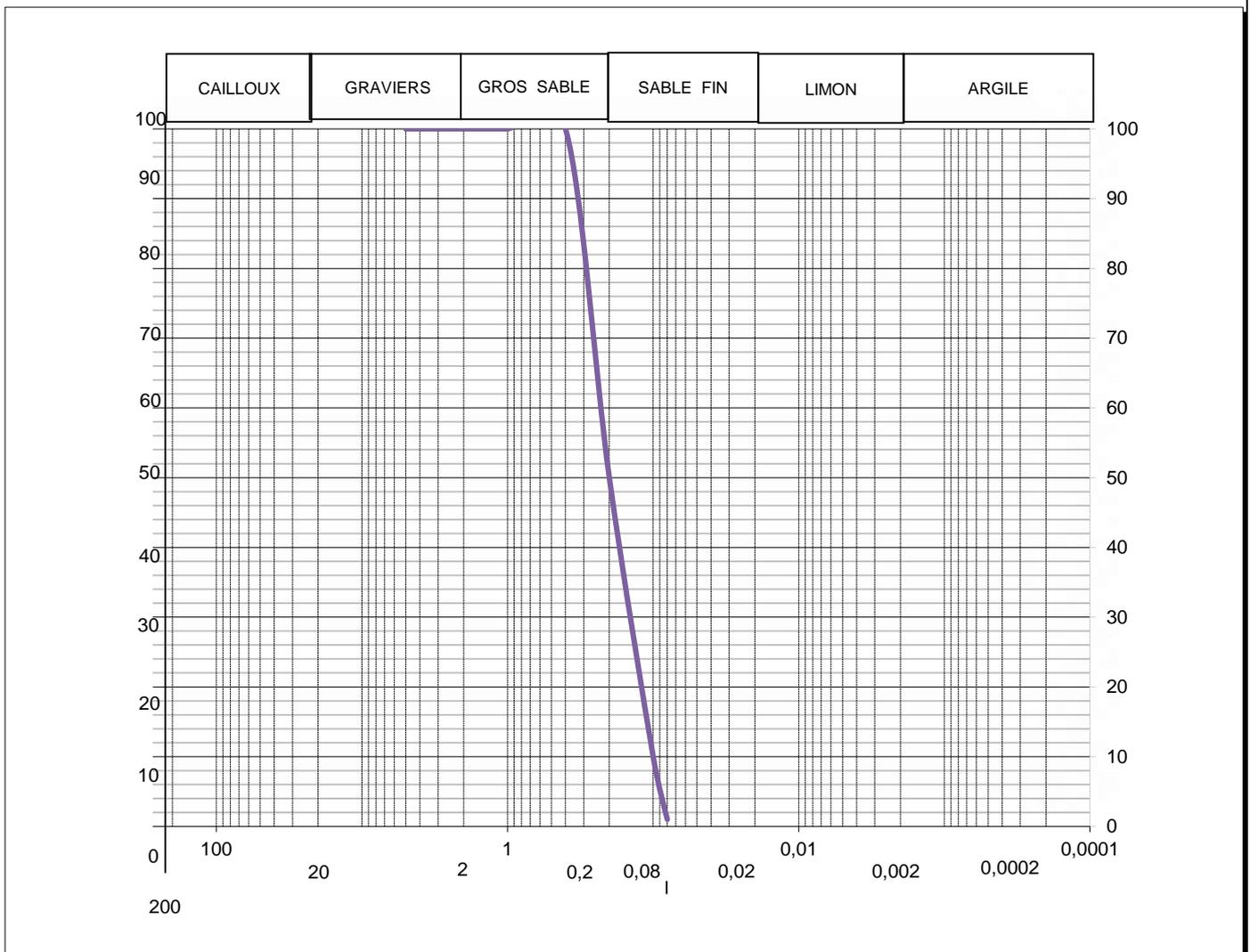


Figure III-1: courbe granulométrie de sable de dune.

Tableau III-5 : Résultats récapitulatif de l'analyse granulométrique du sable de dune.

	Sable de dune
Argile %	-
Limon %	-
Gros Sable %	54.66
Sable fin %	45.34
Tamisé à 0,08 mm %	-
Tamisé à 2 mm %	-
D10 (μ)	0.21
D30 (μ)	0.25
D60 (μ)	0.3
$C_u = D_{60}/D_{10}$	1.43
$C_c = (D_{30})^2 / D_{10}D_{60}$	0.089

D'après ces résultats, on constate que :

- Pour le sable de dune La courbe est très uniforme ($1 < C_u < 3$).

III.4.2. IDENTIFICATION ET CLASSIFICATION DES ARGILES :

III.4.2. 1. ANALYSE CHIMIQUE :

Les résultats de l'analyse chimique sont résumés dans le (tableau III-6).

Tableau III-6 : Analyse chimique des argiles étudiées.

Caractéristique	symboles	unités	Sites	
			Metlili El-Jadida	Bouhraoua
Résidu insoluble	SiO ₂	%	65.5	30.494
Sulfates	SO ₃ ²⁻	%	9.4	5.28
Chlorures	Cl ⁻	%	-	-
Carbonate et Calcium	CaCO ₃	%	7	39
Matières Organiques	MO	%	-	-

D'après les résultats, nous remarquons que la silice est l'élément prépondérant. On constate aussi que le taux du gypse très élevé pour les deux argiles, donc on a des argiles gypseuse.

III.4.2. 2. ANALYSE GRANULOMETRIQUES :

C'est la détermination de la distribution dimensionnelle en poids des éléments d'un sol, et elle s'effectue en deux étapes :

Le tamisage par voie humide ou tamisage sous l'eau pour la distribution dimensionnelle en poids des particules de taille supérieure à 80 microns.

la sédimentometrie, pour la distribution dimensionnelle en poids des particules de taille inférieure à 80 microns.

Les résultats sont présentés graphiquement sur des courbes dites « courbes granulométriques », de ces courbes nous pouvons tirer certains paramètres et par la suite classer les deux sols.

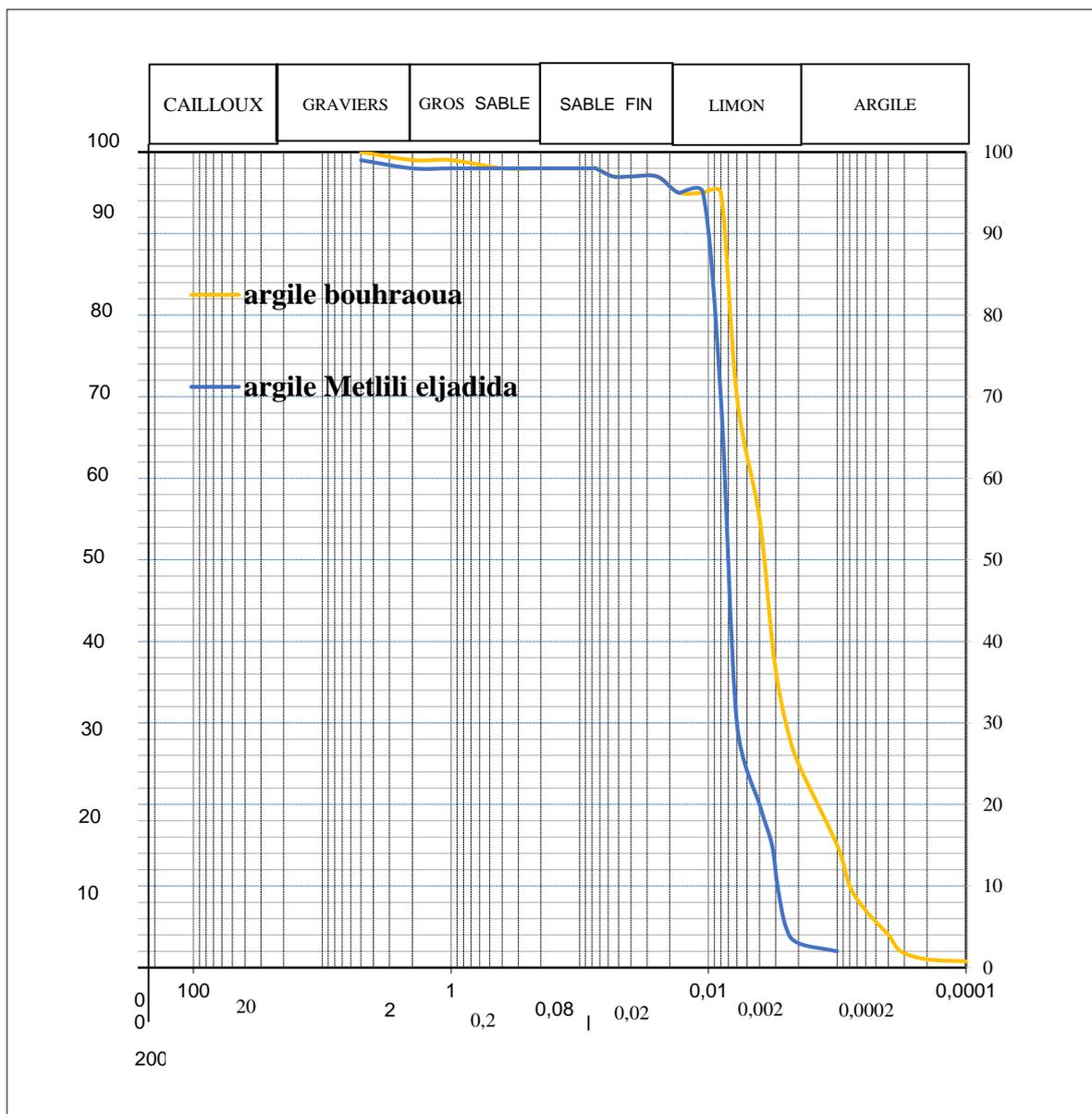


Figure III-2 : Courbe granulométrique des deux argiles.

Tableau III-7 : Résultats récapitulatif de l'analyse granulométrique d'Argile Bouhraoua et L'Argile de Metlili El Jadida.

	Argile Metlili El-Jadida	Argile Bouhraoua
Argile %	16	26
Limon %	77	42
Sable %	5	32
Gravier %	2	0
Tamisat à 0,08 mm %	97	98
Tamisat à 2 mm %	98	100
D10 (μ)	0.003	0,00075
D30 (μ)	0.006	0,0025
D60 (μ)	0.007	0.0045
$C_u = D_{60}/D_{10}$	2.33	4
$C_c = (D_{30})^2 / D_{10}D_{60}$	1.71	1.85

D'après ces résultats, on constate que :

- Pour L'argile de Metlili El-Jadida La courbe est très uniforme $C_u= 2.33$.
- Pour L'argile de Bouhraoua La courbe est peu uniforme $C_u= 4$ est bien Étalée.

III.4.2. 3 LIMITES D'ATTERBERG :

Quel que soit la nature de l'argile, celle-ci malaxée avec des quantités d'eau de plus en plus importantes finit par se transformer en boue « l'argile a un comportement liquide ».

Au contraire, si l'argile est suffisamment desséchée, les grains sont très resserrés et les liaisons deviennent intenses « l'argile a un comportement solide ».

Entre ces deux états, l'argile est malléable « elle a un comportement plastique ».

L'activité d'une argile « AC » se définit comme suit :

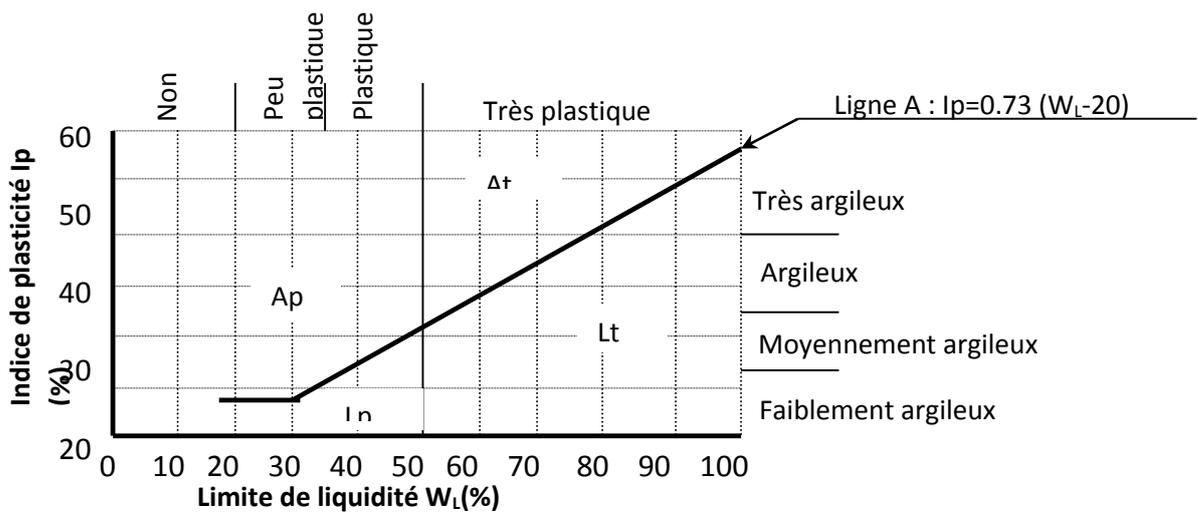
$$Ac = \frac{\text{Indice de plasticité}}{\% \text{éléments} < 2\mu}$$

Les résultats obtenus des essais des limites sont présentés sur le tableau III-8:

Tableau III-8 : Paramètres tirés des limites d'Atterberg.

ARGILES	WL(%)	WP(%)	IP(%)	AC
METLILI EL JADIDA	61.28	34.44	26.79	1.67
BOUHRAOUA	54.07	31.79	22.28	1.59

Pour les sols fins, il est d'usage de reporter les valeurs de « IP » et « WL » sur un diagramme ayant « IP » en ordonnée et « WL » en abscisse. Ce diagramme



▲ argile de Bouhraoua

● argile de Metlili

Figure III-3 : Diagramme de Casagrande.

Avec : At : argiles très plastiques.

Lt : limons très plastiques

Ap : argiles peu plastiques.

Lp : limons peu plastiques.

Selon la classification LCPC, et l'abaque de plasticité de Casagrande le sol de Metlili El Jadida se classe comme **Argileux très plastique**. et le sol de Bouhraoua se classe comme **Moyennement Argileux**.

Aussi, nous pouvons savoir la nature de nos argiles en comparant leur activité à celles de certains minéraux données par le (tableau III-8).

Selon les résultats de l'activité ($A = I_p/C_2$) [26] et [22], qui définit l'activité des argiles, on peut avoir une idée sur le minéral prédominant dans la matrice argileuse. D'où, le minéral prédominant dans les échantillons Bouhraoua et Metlili El Jadia est la Montmorillonite calcique.

Tableau III-9: Activité de différents minéraux.

Minéral	Activité
Montmorillonite Na ⁺	04-07
Montmorillonite Ca ⁺	1,5
Illite	0,5-1,3
Kaolinite	0.3-0.5
Calcite	0.2
Quartz	0

III.4.2. 4.ESSAI AU BLEU DE METHYLENE :

L'essai est fait selon. Le principe de cet essai consiste à contrôler absorption du bleu de méthylène injecté dans un bain aqueux contenant les fines de la prise d'essai, en observant une goutte de suspension déposée sur une feuille de papier filtre.

La tache formée se compose d'un dépôt central du matériau, coloré d'un bleu soutenu, entouré d'une zone humide incolore. La saturation des fines en bleu de méthylène se traduit par la formation d'une auréole bleu clair persistante autour de dépôt central.

➤ On appelle valeur de bleu de méthylène VB, la quantité exprimée en gramme de bleu de méthylène absorbée par 100 g de fines.

De cet essai, nous pouvons tirer :

- La valeur du bleu
- La surface spécifique totale

$$SST = 20,93 \times V_{cc} \times \frac{1}{P_s}$$

Où :

SST : surface spécifique (m²/g)

V_{cc} : volume de solution utilisé (cm³)

P_s : poids de matériaux sec (g)

20,93 : surface correspondant à 1 cm³ de bleu de méthylène.

L'indice de nocivité de la fraction argileuse qui est définie par :

$$N = \frac{100V_B (\text{fraction } O / D)}{C_2}$$

Avec : C₂ : terme en pourcentage des éléments < 2μ de la fraction O/D

Les résultats obtenus sont repris dans le tableau :

Tableau III-10 : Paramètres tirés de l'essai au bleu à la tâche.

Paramètre	Metlili el Jadida	Bouhraoua
Valeur de bleu « VB » (%).	7.73	5.5
Surface spécifique totale (m ² /g).	89.25	115.5

Nous allons maintenant classer les deux argiles à la base des résultats obtenus.

Le premier paramètre tiré de l'essai est la valeur du bleu VB, et le (tableau III.11) représente la valeur de bleu de quelques sols

Tableau III-11: Valeur de bleu de quelques sols .

VB (%)	Sols
0,1	Sols insensibles à l'eau.
0,2	Apparition de la sensibilité à l'eau.
1,5	Seuil distinguant les sols sablo-limoneux des sols argileux.
2,5	Seuil distinguant les sols limoneux peu plastiques des sols limoneux de plasticité moyenne.
6	Seuil distinguant les sols limoneux des sols argileux.
>8	Seuil distinguant les sols argileux des sols très argileux.

D'après la classification des sols basée sur la valeur de bleu (VB) Le argile Metlili el jadida se classe dans le seuil distinguant les sols limoneux des sols argileux ; et l'argile Bouhraoua se classe dans le Seuil distinguant les sols limoneux peu plastiques des sols limoneux de plasticité moyenne.

III.4.2. 5. TENEUR EN CARBONATE DE CALCIUM :

L'essai consiste à déterminer le volume de gaz carbonique dégagé après attaque par l'acide chlorhydrique d'un demi-gramme de matériaux sec :

$$CaCO_3(\%) = \frac{\text{volume du } CO_2 \text{ dégagé par } 0,5g \text{ d'échantillon}}{\text{volume du } CO_2 \text{ dégagé par } 0,5g \text{ de } CaCO_3 \text{ pur}}$$

D'après les résultats obtenus de l'essai, la teneur en carbonate de Calcium est de 7% pour l'argile de Metlili El Jadida, et 39% pour l'argile de Bouhraoua.

Le tableau III-8 donne la valeur de la teneur en CaCO₃ de quelques sols, et en se basant sur cette classification, nos L'argile de Metlili El-Jadida appartiennent à la classe de argile ou limon, et l'argile de Bouhraoua appartiennent à la classe de **Marne**.

Tableau III-12: La classification par CaCO₃ de quelques sols cité .

CaCO ₃ (%)	Dénomination
0-10	Argile ou limon.
10-30	Argile calcaire.
30-70	Marne.
70-90	Calcaire argileuse.
90-100	Calcaire.

Tableau III-13 : paramètres d' identification des argiles étudiées.

Paramètres	Indice	Unité	Metlili El Jadida	Bouhraoua
Limite de liquidité	W _L	%	85.19	54.07
Limite de plasticité	WP	%	38.21	31.79
Indice de plasticité	IP	%	46.98	22.28
Eléments inférieurs à 2 μ	C ₀	%	20	14
Activité	AC	%	2.35	1.59
Valeur du bleu de méthylène	Vb	%	7.73	5.5
Surface spécifique totale.	SST	m ² /g	161.7	115.5
Teneur en carbonate de calcium	CaCO ₃	%	7	39
W nat (%) teneur en eau net	% W nat	(%)% 0 %	3.50 3.00	2.25

III.5- Conclusion :

Sur la base des différents essais d'identification effectués, il en résulte ce qui suit :

- ❖ les analyses effectuées sur le sable de dune (sebseb), montre que nous somme en présence d'un sables grossiers (sables de dune de forme ronde),. Selon la classification de LCPC, il s'agit de sables propres bien gradués.
- ❖ l'analyse physique chimique montre que l'argile contiennent du mélanges d'illite_montmorillonite, chose confirmée par les valeurs de la surface spécifique et de la nocivité (mesurées à travers l'essais au bleu). Ces valeurs confirment,à leur tour, la présence de forts pourcentages de montmorillonite, donc cette argile ont tendance à avoir un potentiel de gonflement élevé .
- ❖ d'après la classification LCPC, l'argile de Metlili est une argile **très plastique**, et l'argile de Bouhraoua est une argile peu plastique c'est une **Marne**.

CHAPITRE VI : LES ESSAIS DE MELONGE SABLE AVEC ET SANS GEOTEXTILE

VI.1- Introduction :

Ce chapitre traite du renforcement du sol composé un mélange optimum de sable et argile à l'aide des géotextiles

L'étude consiste en une caractérisation mécanique des interactions sol-géotextile. Cette caractérisation permettra d'une part de choisir le type de géotextile utilisé notre sols et d'autre comment le disposer dans nos échantillons.

VI.2- Les essai mécanique sans et avec géotextile :

VI.2.1- Préparation des échantillons :

La préparation des échantillons est faite les essai de cisaillement et oedométrique.

L'échantillon de sable et les argiles est desséché , ensuite pulvérisé. L'échantillon de les argiles et éventuellement tamisé à un tamis d'ouverture égale à 5 mm est répandu dans un bac d'homogénéisation, ensuite l'échantillon est parts identique dans chaque part $M = 5500$ g.

Dans notre étude nous avons utilisé la formule optimale choisie d'après les essais de cisaillement et oedométrique modifier réalisés par les Travaux de thèse de doctorat AZZOUZ 2015 du: « 30% argile + 70% SD ».

Le tableaux VI-1 : représentles différentes caractéristiques mécaniques des deux mélanges .

Sable/argile bouhraoua :

ARGILE %	Densité γ_d max	W%	P sec total	P sec sable	P sec argile	P eau	P humide
30%	1.97	12.17	386.61	270.63	115.98	47	433.61

Sable/argile metlili :

ARGILE %	Densité γ_d max	W%	P sec total	P sec sable	P sec argile	P eau	P humide
30%	1.97	12.17	359.14	251.34	107.74	59.25	470.61

Chacune est humidifiée à une teneur en eau telle que : argile Bouhraoua 12,17 % argile Metlili 16,5 % et et d'après les paramètre de Proctor modifier (voir figure VI.1).

VI.2.2 ESSAI DE CISAILLEMENT SANS GEOTEXILE(NF P 94-071-1) :

Presentation de l'essai : Il s'agit de determiner les caracteristiques mecaniques d'un sol en procedant au cisaillement rectiligne d'un echantillon sous charge constante. L'essai De cisaillement permet de tracer la courbe intrinseque du sol etudie, et de determiner son angle de frottement interne ϕ eddt sa cohesion C.



photo.VI.1 : Préparation de mélange d'échantillon.

VI.2.2 ESSAI DE CISAILLEMENT SANS GEOTEXILE(NF P 94-071-1) :

Presentation de l'essai : Il s'agit de determiner les caracteristiques mecaniques d'un sol en procedant au cisaillement rectiligne d'un echantillon sous charge constante. L'essai De cisaillement permet de tracer la courbe intrinseque du sol etudie, et de determiner son angle de frottement interne ϕ et sa cohesion C.

Materiel Utilise : L'echantillon De sol a etudier est place entre deux demi---boites qui peuvent se deplacer horizontalement l'une par rapport a l'autre. Un Piston permet d'exercer sur le sol une contrainte normale σ determinee.



Photo.VI. 2 : La machine De cisaillement.

Principe de l'essai :

Le principe consiste à faire déplacer la boîte inférieure à une vitesse constante égale à 1.2mm/min tout en enregistrant, à l'aide d'un dynamométrique, la force F de traction développée dans le plan de cisaillement et à l'aide d'un comparateur les déplacements horizontaux de la boîte. De même, un autre comparateur est placé verticalement sur le piston permettant de mesurer les déplacements verticaux indiquant soit une diminution ou une augmentation du volume durant le cisaillement.

Mise En place de l'échantillon dans la boîte :

Les Deux demi-boîtes étant verrouillées, on place successivement :
 Nous essayer d'obtenir la l'échantillon suivant un plan imposé.
 L'échantillon à la forme d'une plaquette carrée (10cm * 10cm * 3cm) est placé entre deux demi boîtes indépendantes. On applique un effort N de compression et un effort T de traction suivant le plan de symétrie de la boîte.

Tabl VI-2 : Résultats de les deux échantillon .

ECHANTILON DE BO (30% argile -70% sable)				
C (bars)	Φ (°)	τ pic (bars)		
		σ =1bar	σ= 2bar	σ= 3bar
0.03	33.98	0.73	1.32	2.08

ECHANTILON DE MET (30% argile -70% sable)				
C (bars)	Φ (°)	τ pic (bars)		
		σ =1bar	σ= 2bar	σ= 3bar
0.16	27.63	0.71	1.15	1.76

OD : oued nechou **MET :** metlili **BO :** bouhraoua

C : la Cohésion (bars). **Φ :** l'angle de frottement interne en degré.

Les courbes des cisaillements (figure VI.3)

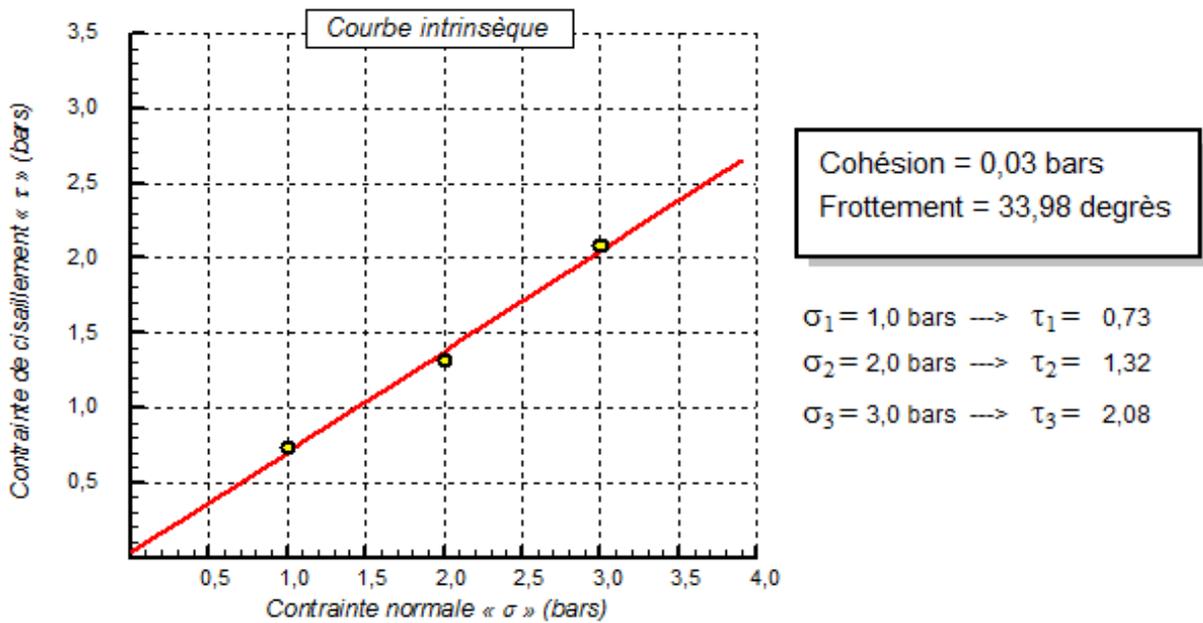
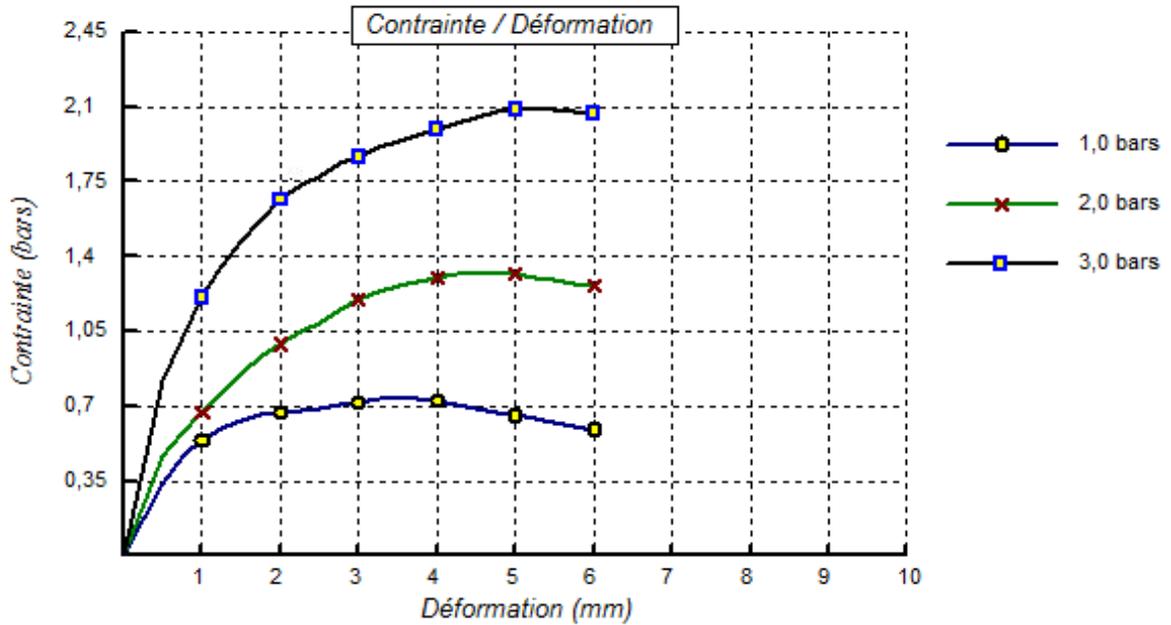


Figure VI.1 : Le courbe de cisaillement de melonge (sable/argile) bouhraoua .

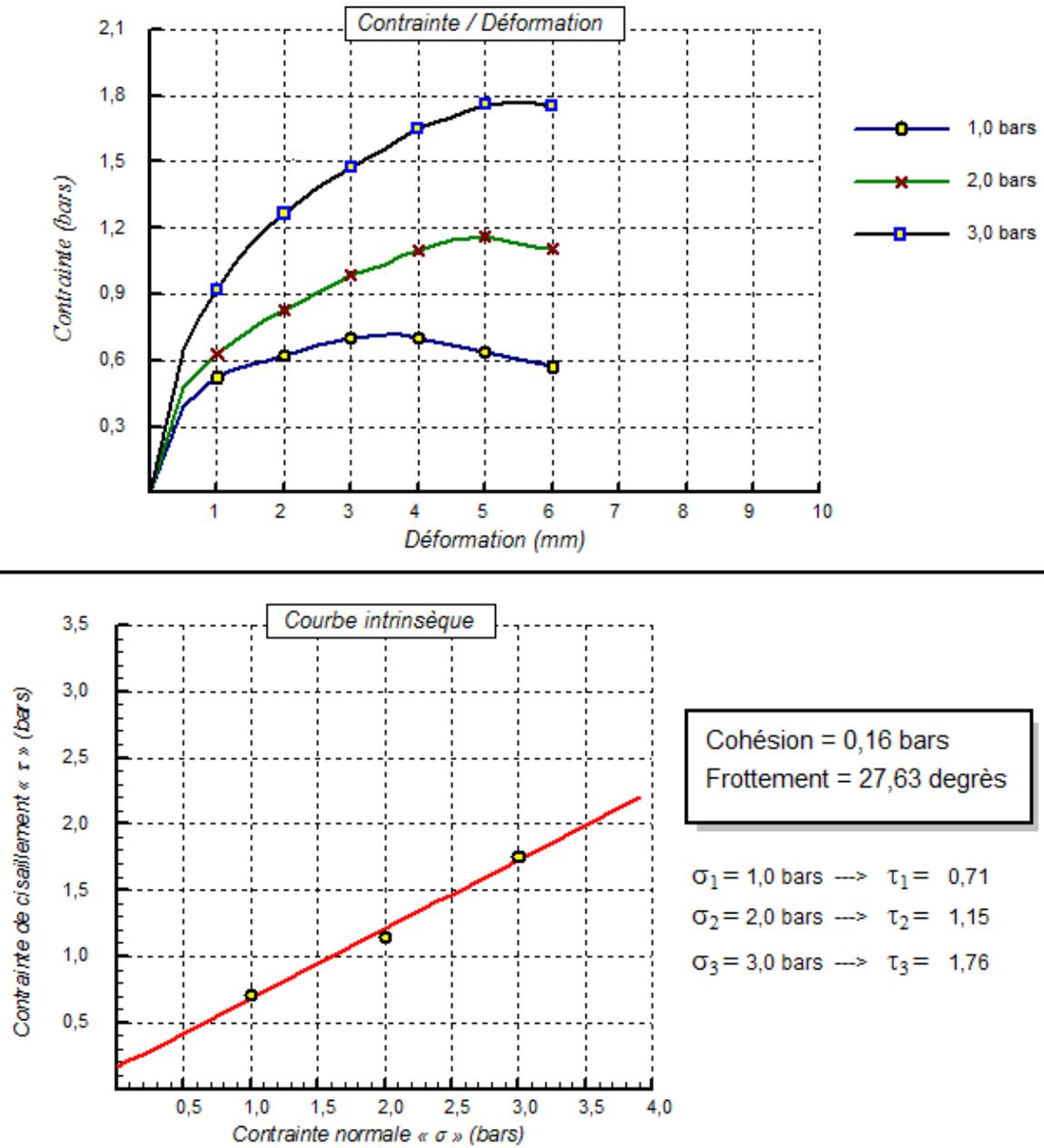


Figure VI.2 : Le courbe de cisaillement de melonge(sable/argile) Metlili.

L'analyse de la figure offre des informations complémentaires à savoir :

D'après les résultats des trois courbes suivantes qu'il y a une différence dans l'angle de frottement Φ et la Cohésion C ce qui conclut qu'il y a une différence dans la composition du sol .

- Le mélange sable de dune/argile Bouhraoua $C = 0.03\text{bar}$ $\Phi = 33.98$
- Le mélange sable de dune/argile Metlili $C = 0.16 \text{ bar}$ $\Phi = 27.63$

Les résultats du mélange sable de dune + argile Bouhraoua est faible cohésion ($C = 0.03\text{bar}$) par rapport les valeurs du mélange de l'argile metlili car l'argile de metlili est une argile très plastiques (chapitre III).

Aussi sur L'angle de frottement interne (φ) plus argile par port du mélange de de metlili.

L'angle de frottement interne φ dépend beaucoup du coefficient de frottement entre les grains ψ cependant φ est toujours plus grand que ψ (angle de frottement grain par grain). $\varphi = 30^\circ$ à 45° $\psi \approx 23^\circ$ Ceci est du à la compacité.

VI.2.3 Essai de cisaillement avec géotextile (NF P 94-071-1) :

Tabl VI-3 : Résultats de les deux echantilon .

ECHANTILON DE BO (30% argile -70% sable)				
C (bars)	Φ (°)	τ pic (bars)		
		$\sigma = 1\text{bar}$	$\sigma = 2\text{bar}$	$\sigma = 3\text{bar}$
0.23	26.01	0.70	1.25	1.68

ECHANTILON DE MET (30% argile -70% sable)				
C (bars)	Φ (°)	τ pic (bars)		
		$\sigma = 1\text{bar}$	$\sigma = 2\text{bar}$	$\sigma = 3\text{bar}$
0.33	25.48	0.78	1.34	1.73

MET : metlili

BO :bouhraoua

C : la Cohésion (bars).

Φ : l'angle de frottement interne en degré.

Les courbes des cisaillements Figure VI.4

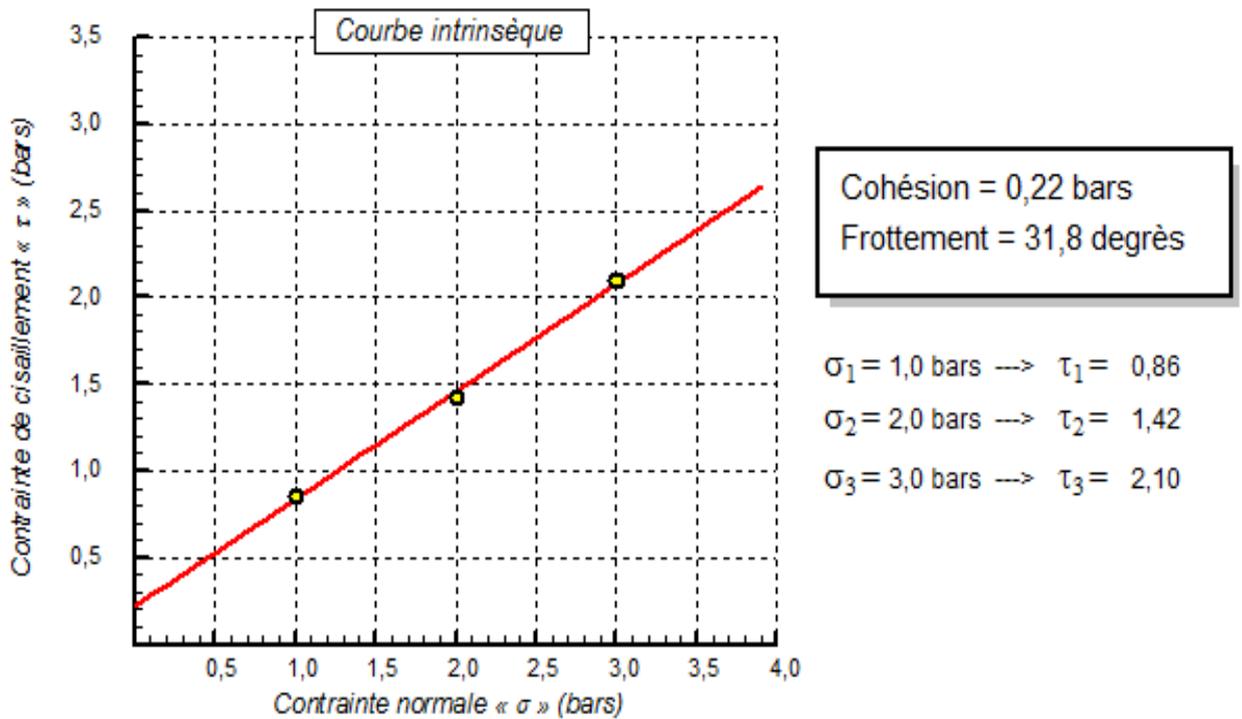
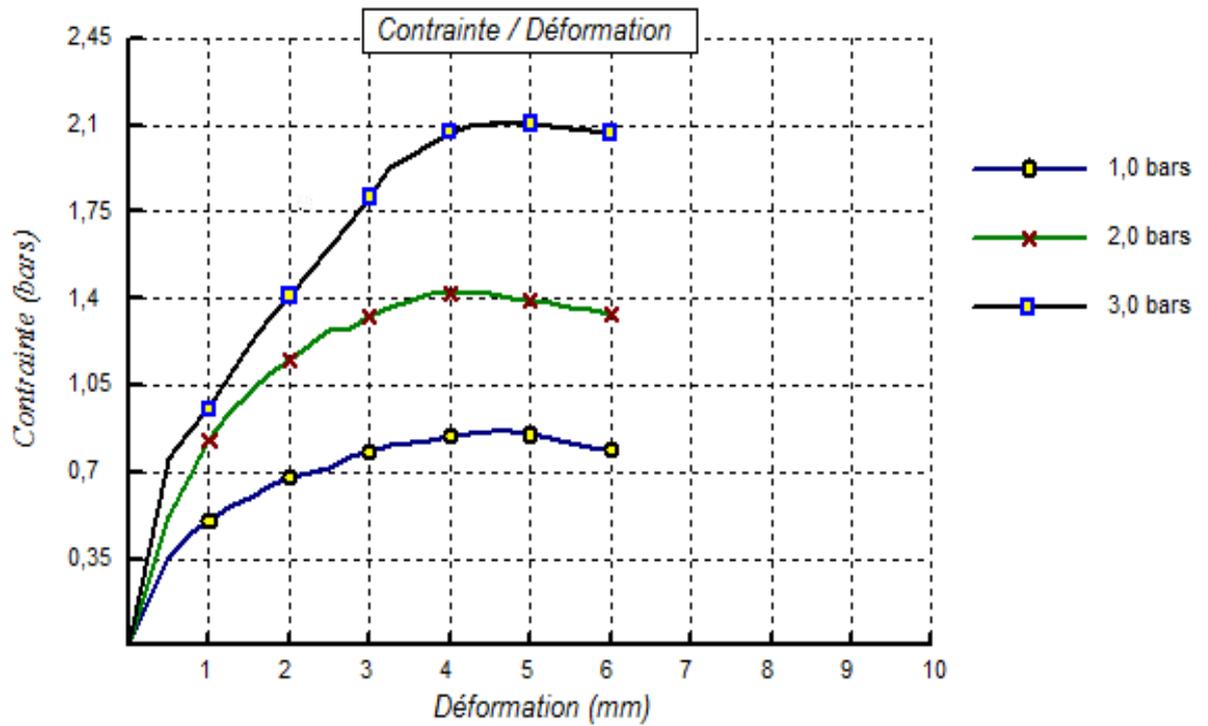
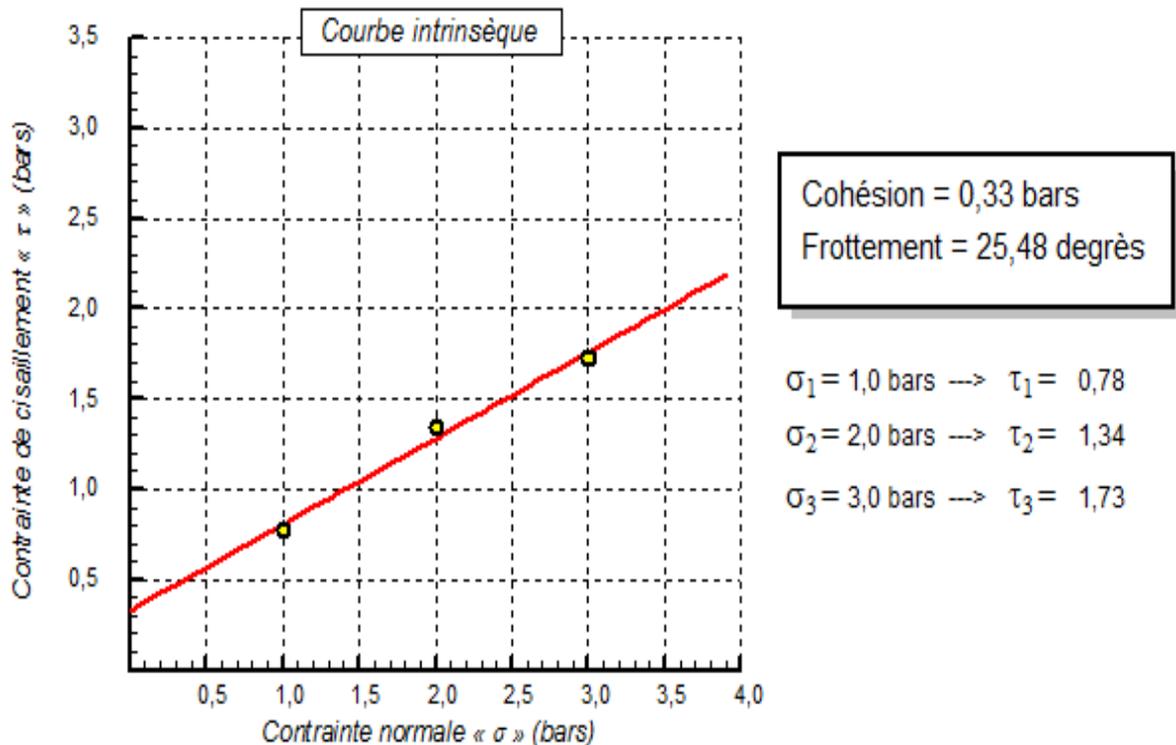
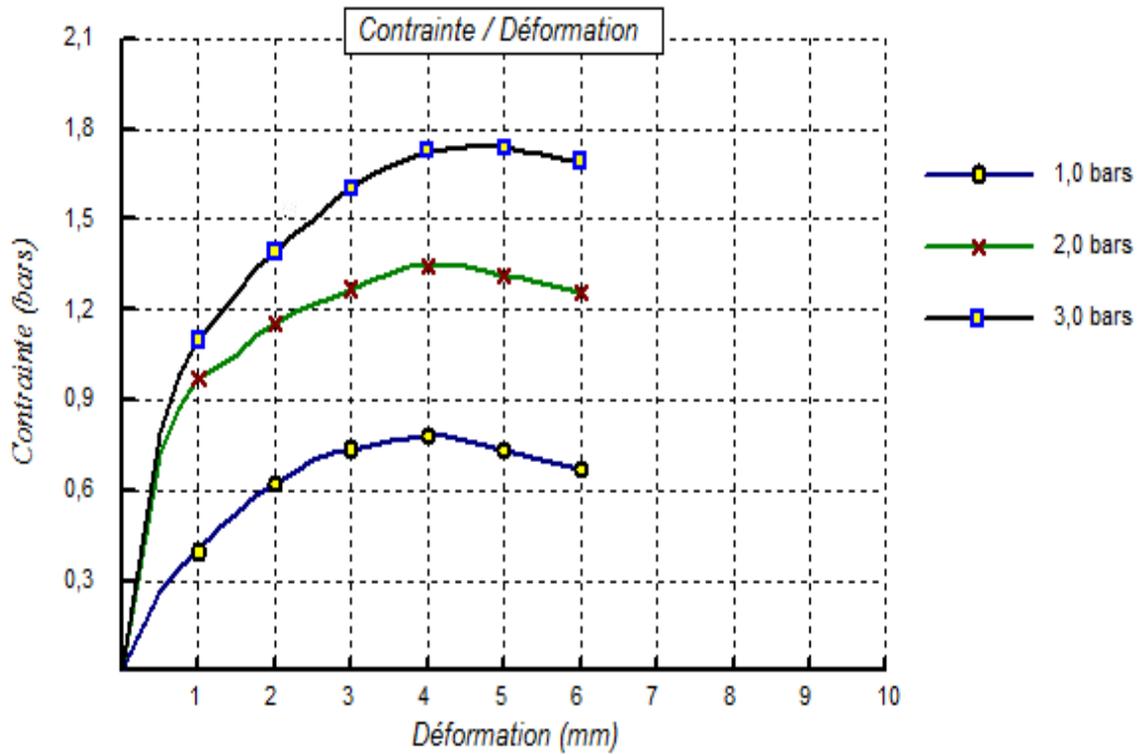


Figure VI .3 : Le courbe de cisaillement de melonge(sable/argile) bouhraoua.



FigureVI.4: Le courbe de cisaillement de melonge(sable/argile)metlili .

Tabl VI-4 : refironce des carastéristique mécaniques des sol.

Essais réalisés	Carastéristique mécaniques	limon argileux	Sable limoneux	Sable
Boite de cisaillement	C (bars)	0.6	0.5	0.2
	Φ (degrés)	19	25	35

L’analyse de la figure offre des informations complémentaires à savoir :

On remarque sur les résultats des courbes suivantes qu’il y a une différence dans l’angle de frottement Φ et la Cohésion C ce qui conclut qu’il y a une différence dans la composition du sol .

- Le mélange sable de dune/argile Bouhraoua C =0.22 bar $\Phi = 31.8$ degrés.
- Le mélange sable de dune/argile Metlili C = 0.33 bar $\Phi = 25.48$ degrés.

Les résultats du mélange sable de dune + argile avec géotextile Metlili (argile très plastique) plus élevé, par rapport les valeurs du mélange de bouhraoua (marne).

Nous concluons de l’expérience suivante qu’en ajoutant géotextile nous avons remarqué une différence dans les caractéristiques de ce mélange l’angle de frottement Φ et la Cohésion C .

Ces essais une investigation en laboratoire présenté l’effet de l’influence du géotextile sur la contrainte-déformation et sur le comportement volumique de mélange optimaux dans la zone de Ghardaïa .

VI.2.3 Essai Oedométrique sans géotextile : (NF P 94-090-1)

Quel est le principe de cet essai ?

Les essais de consolidation et de compressibilité permettent d’apprécier la déformation verticale des sols.

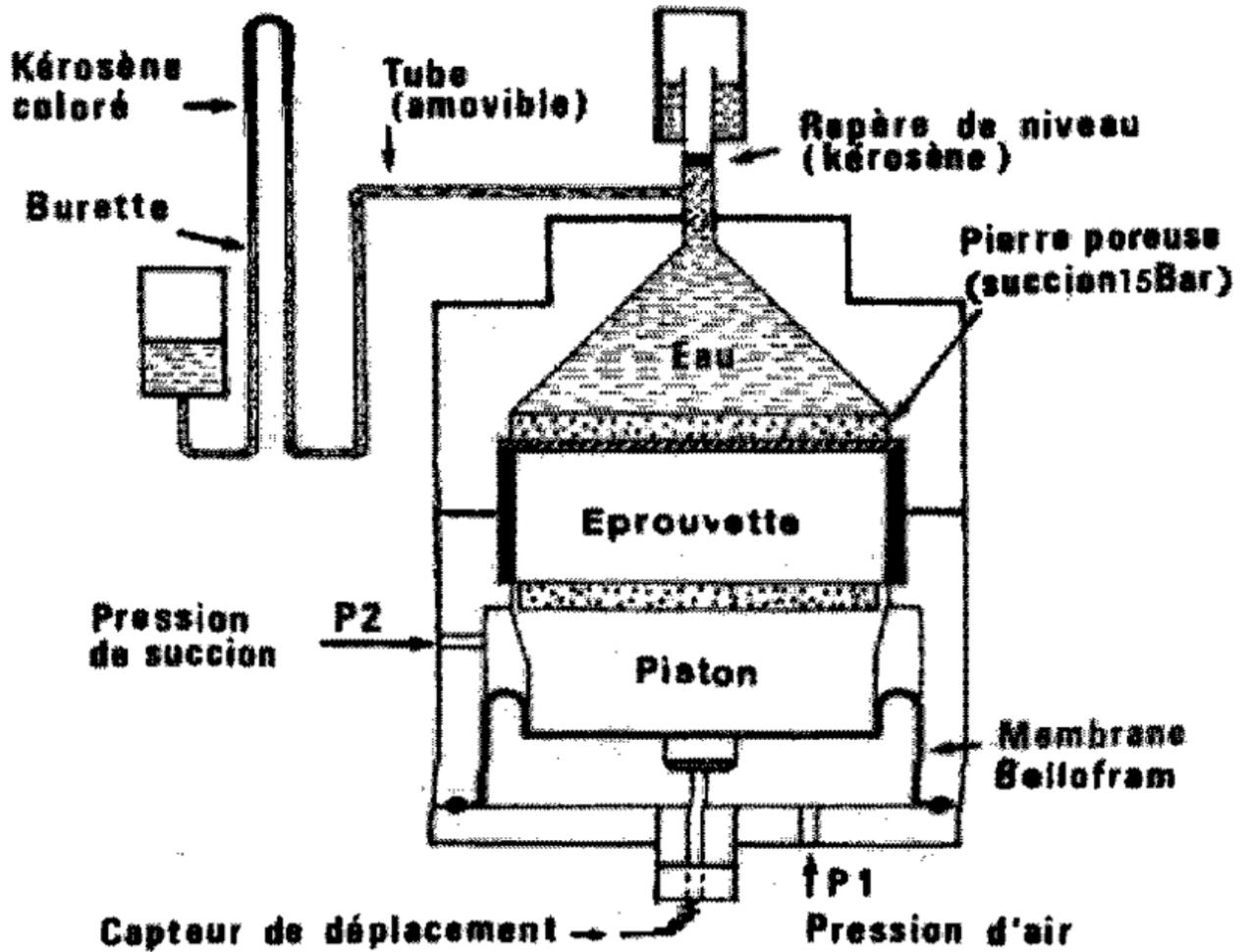


Figure VI.5 : représentation schématique d'une cellule œdométrique.

Des photos pour la Préparation des échantillons en laboratoire (LTPS) :





Photo.VI.3 : les échantillons de l'essai oedométrique .

La préparation des échantillons est comme les essai de cisaillement utilisé la formule optimale choisie d'après l'essai oedométrique « 30% argile + 70% SD ».

BUT de Essai :

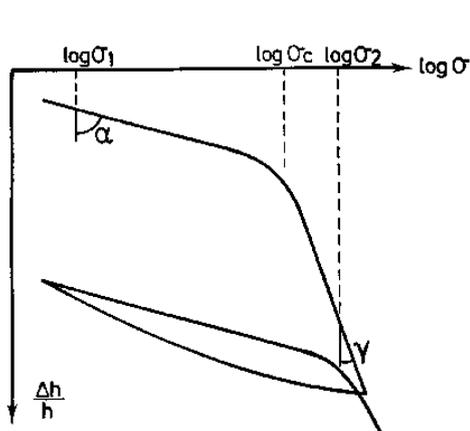
est de mesurer le tassement au cours du temps d'une éprouvette cylindrique (intacte) type galette placée dans une enceinte sans déformation latérale possible au fur et à mesure de l'application de différentes charges verticales constantes.

L'éprouvette est saturée d'eau au préalable au premier chargement et étant drainée en haut et en bas, elle est maintenue saturée pendant l'essai.

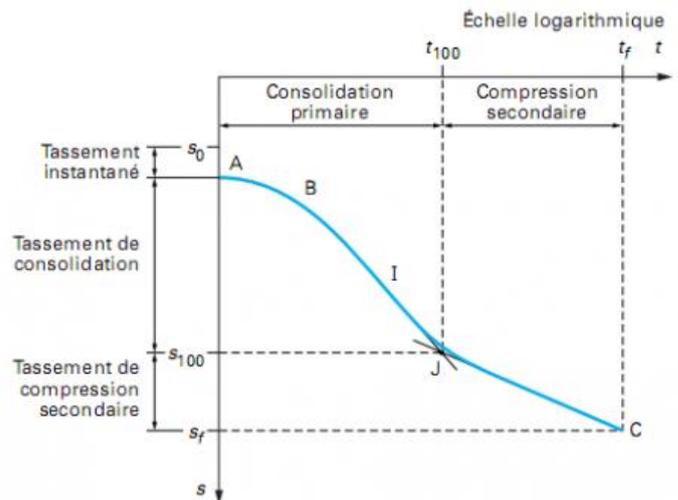
NB : il est possible après un palier de consolidation de procéder à une mesure de perméabilité via un dispositif à burette soumise à la pression atmosphérique.

Cet essai permet d'établir, pour un échantillon donné, deux types de courbes :

- Les courbes de consolidation , qui donnent le tassement de l'échantillon en fonction du temps sous application d'une contrainte constante.
- La courbe de compressibilité , contrainte appliquée qui indique le tassement total en fonction du logarithme de la contrainte appliqué.



courbe de compressibilité



courbes de consolidation

VI.2.4 Paramètres obtenus à partir de l'essai oedométrique :

Contrainte de consolidation σ'_c

Elle correspond au changement de pente sur la branche supérieure du graphique précédant. Les sols dits sous-consolidés sont ceux pour lesquels la contrainte effective verticale est supérieure à σ'_c (exemple : vases récentes). Les sols dits surconsolidés sont ceux pour lesquels la contrainte effective verticale est inférieure à σ'_c (exemple : sols anciens érodés).

Les sols normalement consolidés subissent une contrainte effective verticale de l'ordre de σ'_c

Coefficient de compression :

$$C_c = \Delta e / \Delta \log \sigma'$$

Ce coefficient C_c permet de calculer le tassement total à long terme sous un état de charge donné en considérant que pour des contraintes supérieures à la contrainte de consolidation, la variation $(e, \log s')$ est linéaire. Mais lorsque la courbe oedométrique est fournie.

Le résultat d'un essai oedométrique classique consiste à donner : σ'_c (kPa), C_v (m²/s) déterminé pour un niveau de contrainte, et C_c (sans dimension).

Cet essai permet d'analyser la consolidation d'éprouvettes saturées de sols intacts (échantillons paraffinés), soumises à des charges verticales uniformes, drainées sur les deux faces (inférieure et supérieure) et maintenues latéralement par une paroi rigide.

L'essai permet de tracer une courbe oedométriques : indice des vides « e » en fonction de « log s » d'où on peut déduire :

- Pression de consolidation P_c .
- Coefficient de tassement C_v .
- Coefficient de gonflement C_g .

VI.2.5 Description de la courbe oedométrique :

La courbe comporte trois segments bien distincts. Elle commence par un segment de faible pente pour ensuite s'incliner fortement à l'approche d'une contrainte notée σ'_c . Cette contrainte porte le nom de pression de consolidation : elle représente la contrainte effective maximale que l'échantillon a subie au cours de son histoire géologique.

Pendant le chargement de l'échantillon, quand la pression dépasse la pression de pré consolidation, le tassement s'accroît et l'indice des vides diminue

considérablement. La pente du second segment de la courbe est représentée par le symbole C_c : c'est l'indice de compression.

La forme de la courbe de consolidation démontre que dans un dépôt d'argile, tant que la contrainte effective due au poids du sol et à la surcharge ($\sigma' + \Delta\sigma$) demeure inférieure à la pression de pré consolidation (σ_c'), les tassements restent faibles. Toutefois, si la contrainte effective dépasse la pression de pré consolidation, il risque de survenir dans le dépôt des tassements nuisibles au fonctionnement et à l'intégrité structurale des constructions.

La troisième partie de la courbe met en évidence le gonflement de l'échantillon d'argile qui survient lorsque la pression est relâchée. C'est un léger gonflement élastique du sol qui se traduit par une faible augmentation de l'indice des vides et une légère remontée de la courbe. Même si la charge est totalement retirée, le tassement ne se résorbe jamais complètement. La pente de cette portion de courbe s'appelle indice de gonflement, et elle est représentée par le symbole C_g .

Les courbes d'essai oedométrique sans géotextile(figures VI .6) :

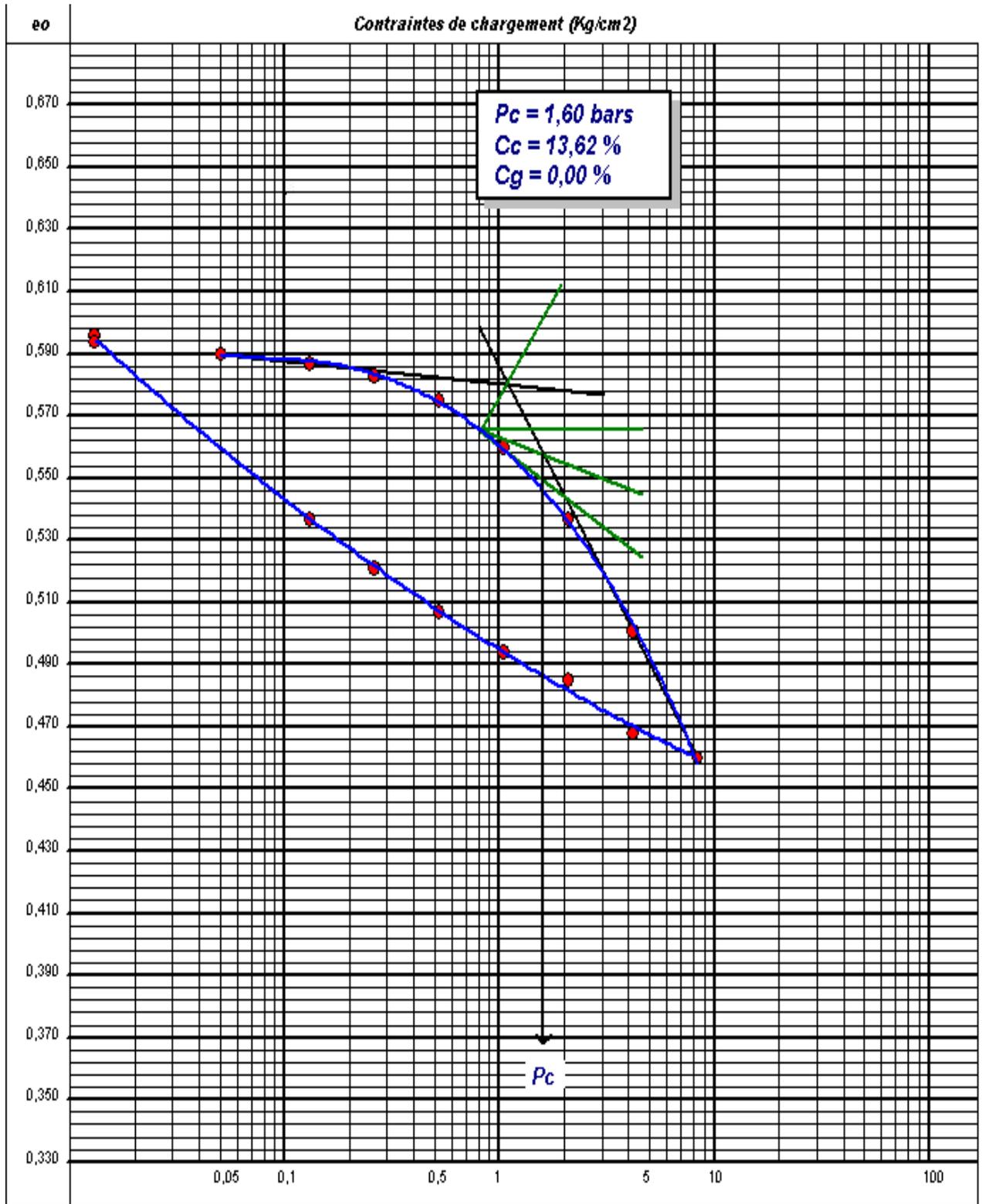


Figure VI.6: Le courbe d'essai oedométrique de melonge(sable/argile)metlili.

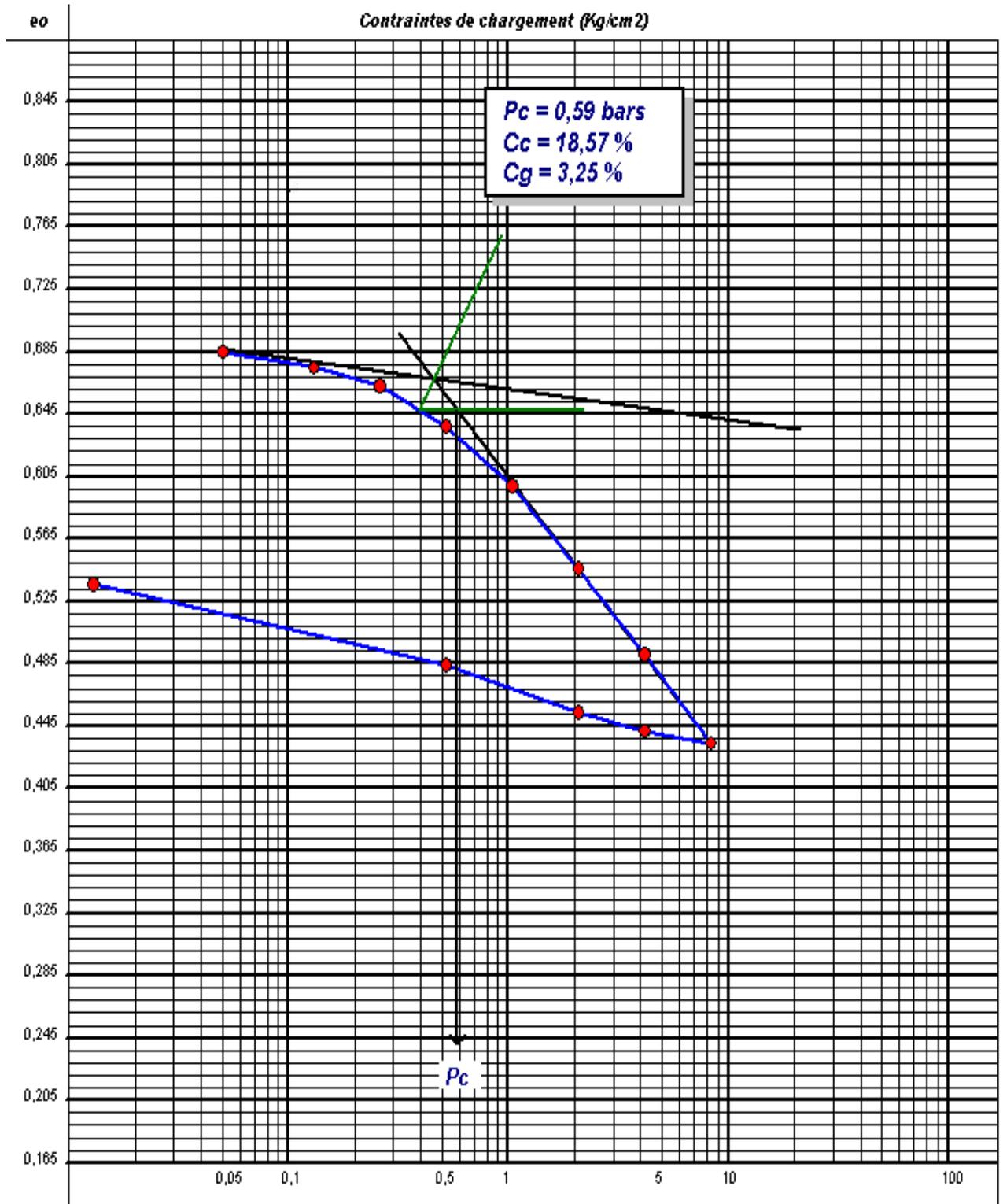


Figure VI.7: Le courbe d'essai oedométrique de melonge(sable/argile)bouhraoua.

On remarque sur les résultats des trois courbes suivantes qu'il y a une différence dans le mélange de sol en termes de propriétés physique et mécanique.

Tabl VI-5 : Résultats de les deux échantillon .

les trois échantillon	Caractéristique mécanique		
	Pc(bar)	Cc (%)	Cg (%)
Mélange de Métlili	1.60	13.62	0.40
Mélange de Bouhraoua	0.59	18.57	3.25

Cc : Coefficient de compression . Pc : Pression de consolidation .

Cg : Coefficient de gonflement.

Selon ce tableau du Coefficients de gonflement (Leonards.1968).

Tableau VI-6 : Coefficients de gonflement (Leonards.1968).

	Cg
Montmorillonite	0.510
Illite	0.210
Kaolinite	0.060

Tableau VI-7 : Classification selon le rapport $Cc/(1+ e_0)$.
(Philipponnat et Hubert.1997)

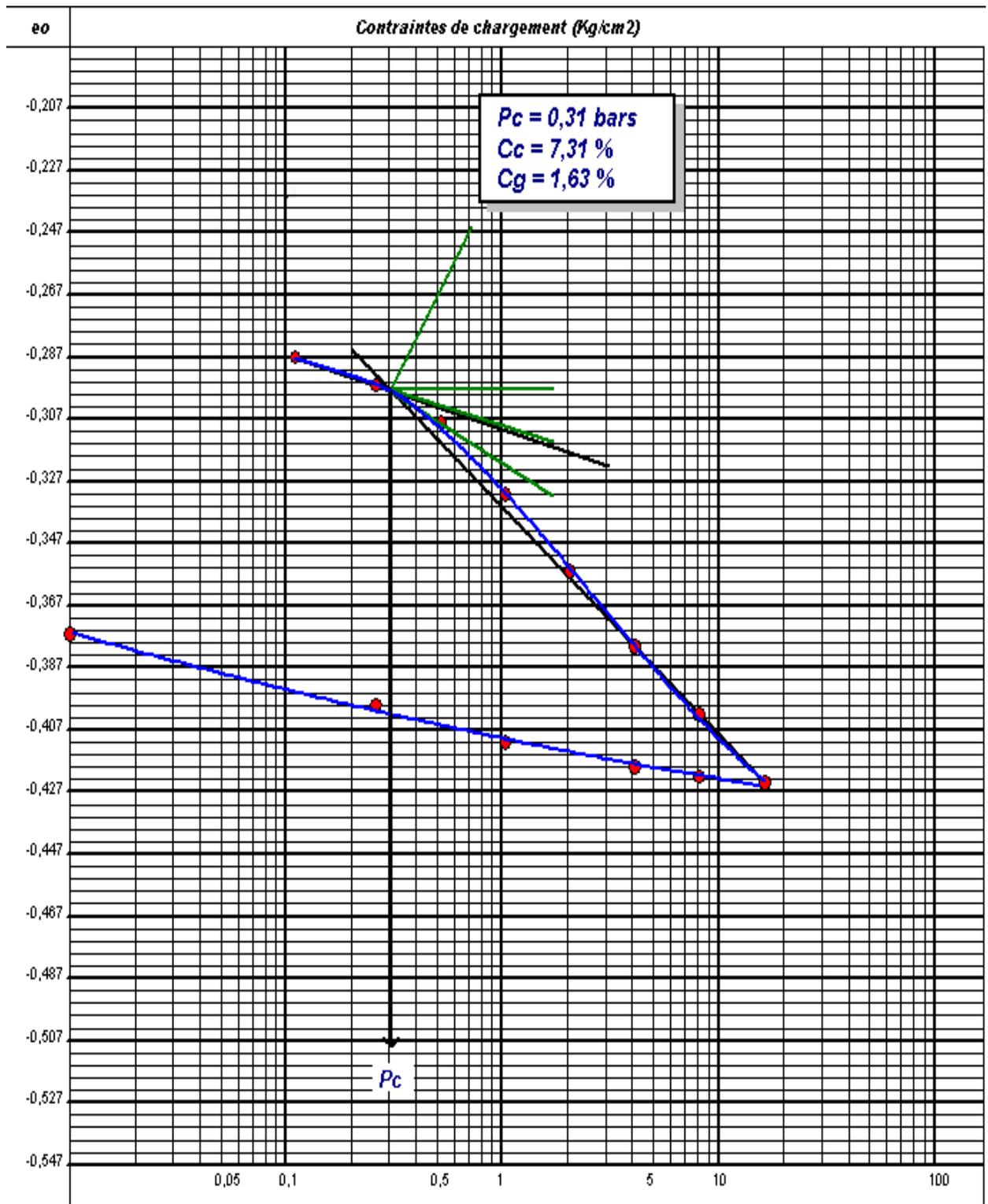
$Cc/(1+ e_0) < 0,015$	Sol incompressible
$0,015 < Cc/(1+ e_0) < 0,05$	Sol peu compressible
$0,05 < Cc/(1+ e_0) < 0,2$	Sol moyennement compressible
$Cc/(1+ e_0) > 0,2$	Sol très compressible

A travers le tableau, nous concluons que le mélange de Métlili .

VI.2.6- Essai Oedométrique avec géotextile : (NF P 94-090-1)

La préparation des échantillons est comme la première essai utilisé la formule optimale choisie d'après l'essai oedométrique « 30% argile + 70% SD » avec géotextile .

Les résultats de l'expérience sont observés dans les courbes suivante :



FigureVI .8: Le courbe d' essai oedométrique de melonge(sable/argile)metlili.

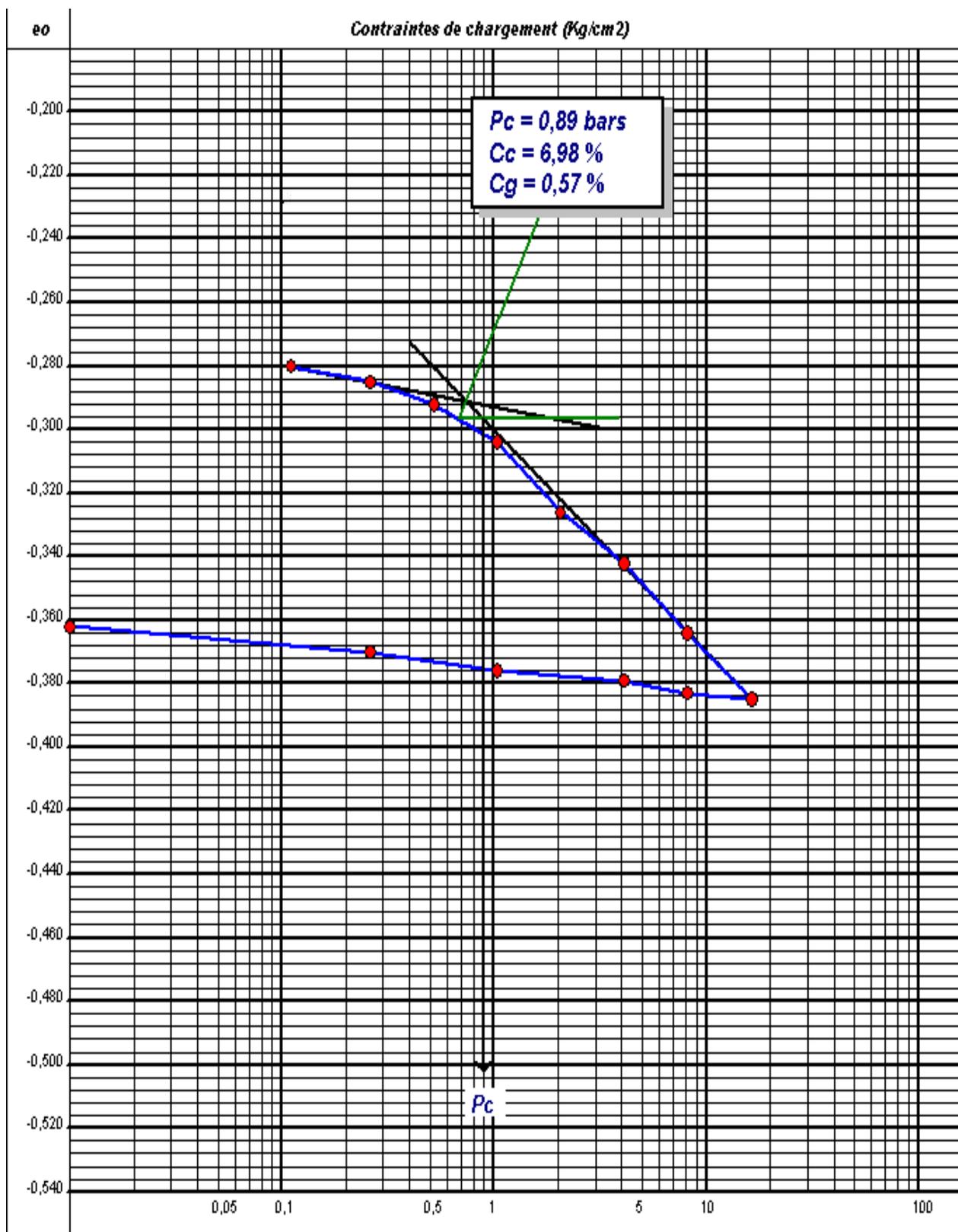


Figure VI.9: Le courbe d'essai oedométrique de melange(sable/argile)bouhraoua.

On remarque sur les résultats des trois courbes suivantes qu'il y a une différence dans les trois melonge :

Tabl VI-8 : Résultats de les deux echantilon .

les trois echantilon	Carastéristique mecanique		
	Pc(bar)	Cc (%)	Cg (%)
Melonge de Metlili	0.31	7.31	1.36
Mélonge de Bouhraoua	0.98	6.98	0.57

Cc : Coefficient de compression . **Pc** : Pression de consolidation .

Cg : Coefficient de gonflement.

A travers le tableau, nous concluons que le mélange de **Bouhraoua (marne)** est moins **Cg** par rapport a Metlili (argile très pastique).

Les résultats obtenus des différents paramètres sont consignés dans le tableau :

Tableau VI-9 : Paramètres oedométriques des argiles sans géotextile.

Paramètres oedométriques	Metlili	Bouhraoua
Cc	13,62	18,57
Cg	0,06	3,25

Une classification est disponible, et ce en fonction de l'indice de compressibilité et l'indice des vides initial, cette classification permet de connaître le comportement des sols vis-à-vis de la compressibilité. Le tableau 2.9 présente les appréciations suivantes (Philipponnat et Hubert.1997) .

Tableau VI-10 : Classification selon le rapport $C_c/(1+ e_0)$.

(Philipponnat et Hubert.1997)

$C_c/(1+ e_0) < 0,015$	Sol incompressible
$0,015 < C_c/(1+ e_0) < 0,05$	Sol peu compressible
$0,05 < C_c/(1+ e_0) < 0,2$	Sol moyennement compressible
$C_c/(1+ e_0) > 0,2$	Sol très compressible

Il faut de calculer du rapport $C_c/(1+ e_0)$ pour les des argiles

$C_c/(1+ e_0) < 0,015$	Sol incompressible
$0,015 < C_c/(1+ e_0) < 0,05$	Sol peu compressible
$0,05 < C_c/(1+ e_0) < 0,2$	Sol moyennement compressible
$C_c/(1+ e_0) > 0,2$	Sol très compressible

D'après les résultats obtenus et le calcul du rapport $C_c/(1+ e_0)$ des deux argiles, nous obtenons les valeurs suivantes : pour l'argile Metlili , et pour l'argile de Bouhraoua

En comparant ces valeurs avec celles du tableau, nous constatons que l'argile de Bouhraoua appartient aux sols moyennement compressibles, tandis que l'argile de Metlili appartient aux sols très compressibles.

Nous pouvons aussi comparer la valeur du coefficient de gonflement C_g de nos argiles avec celui de certains minéraux donnés par Lambe (1959). Nous remarquons que les valeurs trouvées sont proches de celle d'Illite.

Tableau VI-11 :coefficients de gonflement (leonards.1968).

	Cg
Montmorillonite	0.510
Illite	0.210
Kaolinite	0.060

VI.7.CONCLUSION:

On conclut que les résultats du mélange sable de dune + argile Bouhraoua est faible cohésion (**C = 0.03bar**) par rapport les valeurs du mélange de l'argile metlili car l'argile de metlili est une argile très plastiques (**C = 0.03bar**).

Dans le d'utilisation de géotextile on remarque une bonne ameliation de la cohésion par pport ans géotextile sable de dune + argile Bouhraoua est faible cohésion (**C = 0.22bar**) et pour de l'argile metlili car l'argile de metlili est une argile très plastiques (**C =0.33 bar**).

Enfin, l'utilisation des nappes du géotextile permet, d'une part, d'améliorer les caractéristiques mécaniques des sols et, d'autre part, de construire une solution économique et écologique aux problèmes posés par leurs déchets.

les résultats obtenus lors des essais de compressibilité sur les échantillons reconstitués, montrent que l'argile de Bouhraoua appartient aux sols moyennement compressibles, tandis que l'argile de Metlili appartient aux sols très compressibles.

conclusion generale

CONCLUSION GÉNÉRALE

Nous avons présenté dans ce mémoire initiative de recherche théorique du comportement mécanique d'sol , il s'agit d'un problème aux limites de l'interaction sol-structure où l'interface joue un rôle essentiel du comportement de nombreux ouvrages en Géotechnique.

En etude experimetale réalisée au la boratoire des travaux public de sud LTPS.porte sur l'étude de la possibilité d'amélioration des caractéristique géotecnique.

La méthodologie générale de valorisation décrite dans cette étude a pour objectif l'utilisation des trois mélanges optimaux (70% sable de dune +30% argiles) avec géotextile en technique nouvelle, du point de vu technico-économique est pour valorisation des matériaux locaux dans la régian de ghardaia . et d'amélioration des caractéristiques de ces dernières avec de géotextiles disponible à nos. Cet axes de recherche est nouveaux et intéresse beaucoup des chercheurs de Pour atteindre notre but, l'étude est scindée en quatre chapitres aux suivantes :

Dans le premier chapitre, on a essayé de donné plus de détails sur les utilisations de sable de dune et les argiles. le deuxième chapitre est consacré au renforcement de géotextile (définition, classification, intérêt, paramètres d'identification et divers utilisations). et troisième chapitre les essais d'identification et les classiffication GTR et LCPC ,et Finalement le quatrième chapitre présent les essais mélange sans géotextile et avec geotextile.

La formule optimale choisie du point de vu les travaux de AZZOUZ 2015 :(70% sable dedune +30% argile). L'identification des matériaux étudiés, a permis de déterminer leurs caractéristiques physico-chimiques, ce qui a montré que les trois matériaux présentent.

D'après notre étude, nous ne pouvons pas confirmer ou infirmer l'utilisation de la formule optimale (sans et avec) géotextile.

Fair l'ugmentation dans l'essais cisaillement et oedomatre pour evité les problème des sol (la fissuration et gonflementcte)

Recommandation

Au terme de ce travail, on peut conclure qu'un certain nombre de pistes a été prospecté et que beaucoup d'autres restent à explorer. Comme perspectives à court terme, je préconise :

- L'utilisation du mélange optimal (sable de dunes et l'argile) Donneé de meilleurs résultats dans la nature du sol.
- On recommande la poursuite des recherches dans cet axe, de manière à acquérir une meilleure stabilité et durabilité de constrition.
- La modélisation numérique du comportement d'un corps de chaussée.

Constitué des malanges traités selon les différentes formulations, en se basant sur les paramètres de lois de comportement déterminés dans cette étude.

L'objectif étant d'optimiser le traitement (géotextiles) tout en satisfaisant les normes en vigueur en terme de résistance et de déformation (modules).

BIBLIOGRAPHIE

Skempton.A.W. (1953). « The collaidal activity of clays ». Proceedings of the Third International Conférence on Soil Mechanics and Foundations Engineering. Vol.1, pp 57-61.

Jennings J.E., et Evans G.A., (1962), “Practical procedures for building in expansive soil areas”, South Africa Builder.

Mémoire de Magister : Etude du comportement physicochimique et mécanique d’un remblai routier marneux amélioré par la chaux éteinte Cas de l’autoroute Est-Ouest tronçon Oued Fodda /Khemis Miliana ‘Présenté par :Melle. Mellal Fatima’

Memoire Présenté en vue de l’obtention du diplôme de master effet : de traitement des sols arileux par la chaux et le sable sur les proprietes deportance .

Mémoire présenté en vue de l’obtention du diplôme de MASTER : thème Etude expérimentale des mélanges sable de dune/argile avec l’ajout le géotextile dans le domaine géotechnique routière.

AFNOR « Norme française sol: reconnaissance et essais»: **NFP 94- 041**: Analyse granulométrique, méthode de tamisage par voie humide.

Hang.S. (1984). « Identification of expansive soils by specific surface area values ». Fifth International Conference on Expansive soils, Adelaide, Sounth Australia, May 21-25.

Edil.T.B, et Alanazy.A.S.(1992). « Lateral swelling pressure ». 7th Conference on Expansive Soils. Dattas U.S.A, Vol 1.pp 227-323.

Bourokba.S. (2001). «Contribution à la stabilisation chimique de quelques argiles gonflantes de la région d’Oran ». Thèse de Magister (Université des Sciences et de la Technologie d’Oran, Algérie .2001).

Siradj.B et Hamza .S. (2017). « Étude de la stabilisation au gonflement d’un sol argileux par l’ajout de sable de dune » (Université des Sciences et de la Technologie Ghardaïa).

AMIEUR. I. (2016). « Influence de la nature de l’eau sur certaines caractéristiques géotechnique d’un sol de la région de Ghardaïa » (Université des Sciences et de la Technologie Ghardaïa).

Mehmit.A.Sherif, Ishibashi.I, et Medhin.B.W. (1982). «Swell of Wyoming Montmorillonite and sand mixture». ASE .Vol 108. N° GT₁, January 1982.p 33-45.

Cuisinier, O. (2002). Comportement hydrodynamique des sols gonflants compactés. Thèse de doctorat à l'institut national polytechnique de Lorraine France.

Chanley.H. « Bases de sédimentologie ».2^{ème} édition. Publication DUNOD. Paris.1987-2000. page 5.

Khattab.S. (2000). « Etude multi-échelle d'un sol plastique traité à la chaux ». Thèse de Doctorat. Ecole Central de Paris.

Myondo-Ondoa.J. (1979). « Rôle de la granularité sur la compactibilité et la résistance au cisaillement ». Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle en géologie de l'ingénieur. Ecole National Supérieur des Mines de Paris.

Millot G. (1964), Géologie des argiles. Edition Masson Paris.

Gaombalet. J. (2004) ; « Le gonflement des argiles et ses effets sur les ouvrages souterrains de stockage ».thèse de doctorat de l'école polytechnique.

Sridaharan.A, Rao.A.S, et Sivapullaiah.P.V. (1986). « Swelling pressure of clays ». Geotech.test, J.G.T.J.D.J, Vol 9 N° 1, pp 24-33.

Bolt.G.H. (1956). «Physico-chemical analysis of the compressibility of pure clay». Géotechnique, London, Vol 6, N° 1, pp 86-93.

Terzaghi.K. Peck.R.B. (1948). «Soil mecanics in ingeneering practice». Wiley (New York).

Livet M. (1990). Sols Argileux Gonflants – Site Experimental de Waza-Maltman.

Gillot.J.E. (1968-1987). «Clay in engineering geology». 1st and 2nd edition. Elsev, 296p.

Philipponnat.G, Huber.B. (1997). « Fondations et ouvrages en terre ». Edition Eyrolles.

Bourokba.S. (2001). «Contribution à la stabilisation chimique de quelques argiles gonflantes de la région d'Oran ». Thèse de Magister (Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, Algérie .2001).

Alonso.E.E, A.Uoret, A.Gens, F.Bttle. (1989) «A new approach for the prediction of long term heave».Proc.of the 12th Inter. Conf. on Soil .Marchland Found.Eng, Rio de Janeiro. Août 1987.

Chen.F.H.(1988). «Foundations on expansive soils».Developments in Geotechnical Engineering, Vol 54, Elsevier Publishing Co.Amsterdam, 464 page.

Kaoua.F, Derriche.Z, et Laradi.N. (1994). « Contribution à l'étude de la stabilisation des sols gonflants par ajout de sable ». Algérie Equipement. Revue Technique de l'Ecole National des Travaux Publics. N° 15. September 1994.p12-15.

Komornik.A, et Livneh.M. (1965). « Influence of granular constituents on the swelling characteristics of expansive clays». Proceeding of the second International Research and Engineering Conference on Expansive clay soils. Texas.1969.

Didier. G. (1972). « Gonflement cristallin et macroscopique des montmorillonites, sa prévision ». Thèse de Docteur Ingénieur, Université Claude Bernard, Lyon.1972.

Hachichi.A, et Fleureau.J.M. (1999). « Caractérisation et stabilisation de quelques sols gonflants d'Algérie ». Revue Française de Géotechnique. N° 86.

Alonso.E.E, A. Gens.D.W (1987) «Spécial problèmes soils » (Session 5) General Repport, 9th European Conference, Soil. Mech. and Found. Eng. Dublin.

Abouleid.A.F. (1982) « Measurement of swelling and collaosible soil properties » Foudations Engineering, Vol 1, Press de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. pp : 43-45.

Skempton.A.W. (1953). « The collaidal activity of clays ». Proceedings of the Third International Conférence on Soil Mechanics and Foundations Engineering. Vol.1, pp 57-61.

DJEDID A., L'Identification des sols gonflants : Pour une démarche unifiée 24ième Rencontres Universitaires de Génie Civil, Université Aboubekr Belkaid Tlemcen.

Khelifa.T. (1994). « Contribution à l'étude de la stabilisation des sols gonflants par ajout de sable ; cas des régions de Sidi-Aissa et de In-Amenas ». Thèse de Magister, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger .1994.

Seed.A.B, Chan.C.K. (1961). «Compacted clays –a symposium, structure and strength characteristics, un drained strength after soaking». Trams. A.S.C.E, 126, 3242, 1343-1425.

- Madsen.F.T, et Muler-Vonmoons.M.** (1989). « The swelling behaviours of clay ». Appl. Clay. Science, 4, pp143-156, Elsevier Sciences Publishers. BV. Amsterdam. Netherlands.
- Chen.F.H.** (1965). « The use of piers to prevent the uplifting of lightly loaded structures founded on expansive soils».Proc.I.R.E.C.E.C.S.(College Station, Texas)152-171.
- Carothers.H.P.** (1965). «Engineered foundations in expansive clays».Proc.I.R.E.C.E.C.S.(College Station, Texas).
- Serratrice. J.F, Soyez. B,** (1996) ; « Les essais de gentlemen. Bulletin des laboratoires des ponts et chaussées ». N°204. Juillet –Août 1996-réf .4082, pp 65-85.
- Bultel F.,** (2001); «Prise en compte du gonflement des terrains pour le dimensionnement des revêtements des tunnels». Thèse doctorat l'école nationale des ponts et chaussées.
- Freeah F., (2006),** “Prise en compte du gonflement pour le dimensionnement des fondations superficielles”, Thèse présentée pour obtenir le diplôme de magister en Génie Civil, Université de Batna.
- Mitchel.J.K.** (1973). «Influence of mineralogical and pore solution chemistry on the swelling and stability of clays». Proc.3rd I.C.E.S. Technican city, Haifa. Vol 22.
- Hang.S.** (1984). « Identification of expansive soils by specific surface area values ». Fifth International Conference on Expansive soils, Adelaide, South Australia, May 21-25
- Aissa Mamoune S.M., Djedid A. A., Bekkouche A.** Techniques de Stabilisation des Sols Expansifs. Journées d'étude sur les sols gonflants. University AbouBekr Belkaid de Tlemcen – Algeria, les 27 ET 28 October 2002.
- Lautrin.D.** (1987). «Une procédure rapide d'identification des argiles». Bulletin L.C.P.C, N° 152, p.76.
- Bulletin cftr-info.,** 2002. Le traitement des sols.
- Popsen.M.** (1986). « A comparaison between the behaviour of swelling and collapsing soils ». Ing. Geology, 23, pp 145-163. Elsevier Science Publisher. B.V. Amsterdam.

Bouziid.F.(1997). « Etude de l'aspect physico-chimique des caractéristiques mécaniques d'une argile gonflante : Bentonite ». Thèse de Magister (Université des Sciences et de la technologie Houari Boumediene Alger.1997.

Lambe.T.W, et Whitman.R.V. (1959). « The role of effective stress in the behaviour of expansive soils». Quarterly of the Colorado School of Mines, 54,4, (1959)33-60.

Mouroux P., Margron P. et Pint J.C., (1988), "La construction économique sur sols gonflants", Manuels et méthodes n°14. B.R.G.M., Orléans.

Edil.T.B, et Alanazy.A.S.(1992). « Lateral swelling pressure ». 7th Conference on Expansive Soils. Dattas U.S.A, Vol 1.pp 227-323.

A U T R E T P. (1989) : Routes dans les régions en développement,LCPC, 64 pages.

HAFSI, A., 1998 : Théorie de la Double Couche et Gonflement des Argiles Non Saturées. Revue Scientifique, Algérie Equipement.

KHLIFA,T.1994 : Etude de la Stabilisation des Sols Gonflants par Ajout de Sable.Thèse de Magister, Université Houari BOUMEDIENNE, Alger .

FENZY. E. (1966) : « particularité de la technique routière au Sahara », Rapport technique du laboratoire centrale des travaux publics, Alger, sep.1980.

Bourabeh MaghniaAsmahane : 2012-COMPORTEMENT MECANIQUE DES SOLS FINS Application a la valorisation des sediments de barrages en technique routiere UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID – TLEMEN

To cite this version: To cite this version: S. Lambert. Les géotextiles : fonctions, caractéristiques et dimensionnement. Ingénieries – E A T, 2000, p. 17 - p. 25. <hal-00464010>.

Eléments de Géotechnique – Mai 2007 – Véronique MERRIEN SOUKATCHOFF .

Travaux pratiques de géotechnique -2006—2007 ESSAI CBR IUT ST Pierre –département Génie civil.

Bouchra Siradj Samira Hamza 2016/2017 etude de la stabilisation a gonflement d'un sol argileux par l'ajout de sable de dune Université de Ghardaïa.

HIBA Laid 2016 étude de l'incorporation de sable de dune dans le domaine de la géotechnique routière Université de Ghardaïa.

mémoire de master (les essais géotechnique l'interface sol-structure .

Université de Picardie Jules Verne/Jacques Beauchamp.cite en web (<https://www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/argiles.htm>).

NFP 94- 041: Analyse granulométrique, méthode de tamisage par voie humide

NFP 94- 050: «Détermination de la teneur en l'eau pondérale des matériaux Méthode par étuvage».

NFP 94- 051: Détermination des limites d'Atterberg la limite à la coupelle – limite de plasticité au rouleau.

NFP 94- 057: «Analyse granulométrique des sols par sédimentometrie ».

NFP 94- 068: «Détermination de la valeur de bleu de méthylène d'un sol par l'essai à la tache ».

ANNEXE

ANNEXE

Voie humide Echantillon N° 02 : Argile Bouhraoua

Masse sec de l'échantillon à analyser (après étuvage) : M=1000g

Poids de l'échantillon	Tamis (mm)	Poids refus partiels (g)	Poids refus cumulés (g)	Poids refus cumulés (%)	Complément à 100	Tamisats (%)
1000 g	5	4.93	4.93	0.49	99.51	100
	2	3.74	10.67	1.07	98.93	99
	1	2.46	13.13	1.31	98.69	99
	0.4	2.30	15.43	1.54	98.46	98
	0.2	2.10	17.53	1.75	98.25	98
	0.1	1.55	19.08	1.91	98.09	98
	0.08	0.57	19.65	1.97	98.04	98

ANNEXE 02 : analyse sedimentometrique

T (C°)	Temps	Durée de chute	Lecture de densimètre R'	Correction (c)	Lecture corrigée R1=R'+c	Diamètre (D)	% des éléments(D) sur l'ensemble de l'échantillon
32.20	8h00	30	21.50	2.972	24.472	0.075	98
32.20	8h01	01	21.50	2.972	24.472	0.055	98
32.20	8h02	02	21	2.972	23.972	0.038	96
32.20	8h05	05	21	2.972	23.972	0.025	96
32.10	8h10	10	20	2.941	22.941	0.017	92
32.10	8h20	20	19	2.941	21.941	0.012	88
32.10	8h40	40	17.50	2.941	20.441	0.008	82
30.40	9h20	80	16.50	2.152	18.652	0.006	75
30.40	10h40	160	16	2.152	18.152	0.004	73
28	13h20	320	15	1.770	16.770	0.003	67
26	24h	1440	10	1.200	11.200	0.002	45
32	48h	-	5.5	2.710	8.21	0.001	33

ANNAXE 03 : limite d'Atterberg Liquidité -Plasticité

Echantillon N°02 : Argile Bouhraoua

Limite de liquidité

	1 Essai		2 Essai		3 Essai	
Nombre de coups	19		27		29	
N° de la tare	170	262	294	207	253	355
Poids total humide	21.31	18.79	19.80	18.10	20.16	20.17
Poids total sec	17.59	16.26	16.76	15.99	16.91	17.04
Poids de la tare	14.04	13.86	13.81	13.95	13.68	13.93
Poids de l'eau	3.72	2.53	3.04	2.11	3.25	3.13
Poids du sol sec	3.55	2.4	2.95	2.04	3.23	3.11
Teneur en eau (%)	104.79	105.42	103.05	103.43	100.62	100.64
moyenne	105.10		103.24		100.63	
Limite de liquidité	102.72					

Limite de plasticité

	1 Essai	2 Essai	3 Essai
N ° de la tare	R	X10	T3
Poids total humide	36.84	36.4	36.30
Poids total sec	36.52	36.11	36.03
Poids de la tare	35.84	35.50	35.47
Poids de l'eau	0.32	0.29	0.27
Poids de sol sec	0.68	0.61	0.56
Teneur en eau (%)	47.06	47.54	48.21
Limite de plasticité	47.60		

ANNAXE 04 : Essai volume et bleu de méthylène d'argile Argile

Bouhraoua

Poids de l'échantillon	Tamis (mm)	Poids refus partiels (g)	Poids refus cumulés (g)	Poids refus cumulés (%)	Complément à 100	Tamisés (%)
1000 g	5	8.48	8.48	0.85	99.15	99
	2	8.12	16.60	1.66	98.34	98
	1	2.50	19.10	1.91	98.09	98
	0.4	4.22	23.32	2.33	97.67	98
	0.2	5.52	28.84	2.88	97.12	97
	0.1	3.92	32.76	3.28	97.62	97
	0.08	1.98	34.74	3.47	96.53	97

Prise d'essai Mh=50g			Volume de bleu injecté dans la prise d'essai V= 264 m ³ Valeur au bleu de la prise d'essai passant a : $VB = V/Ms = 264/44.03 = 5.50$
Calcul de la teneur en eau			
Tare N°	T	S77	
PT	112.65	117.15	
Ph+T	223.51	224.53	
Ps+T	219.12	220.31	
Ps	106.47	103.16	
W(%)	4.12	4.09	
Wmoy	4.11		
$Ps = Ph * 100 + 100 + W(\%)$ PS= 48.03 g			

ANNAXE 05 : étude de gonflement à l'oedomètre Argile Bouhraoua..

Voie humide Echantillon N° 01 : Argile Metlili Jadida.

Masse sec de l'échantillon à analyser (après étuvage) : M=1000g

T (C°)	Temp s	Durée de chute	Lecture de densimètre R'	Correction (c)	Lecture corrigée R1=R'+c	Diamètre (D)	% des éléments(D) sur l'ensemble de l'échantillon
15.2	9h00	30	26	-0.752	25.248	0.075	97
15.2	9h01	01	26	-0.752	25.248	0.055	97
15.2	9h02	02	25.5	-0.752	24.748	0.038	95
15.2	9h05	05	25	-0.752	24.248	0.025	93
15.2	9h10	10	25	-0.752	24.248	0.017	93
15.2	9h20	20	24.5	-0.752	23.748	0.012	91
15.2	9h40	40	24	-0.752	23.248	0.008	89
15.2	10h20	80	23.5	-0.752	22.748	0.006	87
16.20	11h40	160	23	-0.612	22.388	0.004	86
16.20	14h20	320	20	-0.612	19.388	0.003	54
15.20	24h	1440	05	-0.752	4.248	0.002	16
15.20	48h	-	05	-0.752	4.248	0.001	16

ANNAXE 06 : limite d'Atterberg

Liquidité -Plasticité

Echantillon N°1 : Argile Metlili Jadida

	1 Essai	2 Essai	3 Essai
Nombre de coups			
N° de la tare	114	277	139
Poids total humide	7.48	7.63	7.51
Poids total sec	7.32	7.48	7.35
Poids de la tare	6.91	7.08	6.93
Poids de l'eau	0.6	0.15	0.16
Poids du sol sec	0.14	0.4	0.42
Teneur en eau (%)			
moyenne	39.02	37.50	38.10
Limite de liquidité(IP)	38.21		

Limite de plasticité

	1 Essai	2 Essai	3 Essai
N ° de la tare	114	277	139
Poids total humide	7.48	7.63	7.51
Poids total sec	7.32	7.48	7.35
Poids de la tare	6.91	7.08	6.93
Poids de l'eau	0.16	0.15	0.16
Poids de sol sec	0.41	0.4	0.42
Teneur en eau (%)	39.02	37.50	38.10
Limite de plasticité	38.21		

ANNAXE 07 : Essai volume et bleu de méthylène d'argile

Argile Metlili Jadida.

Prise d'essai		Mh=50g	Volume de bleu injecté dans la prise d'essai V= 370 m ³ Valeur au bleu de la prise d'essai passant a : VB=V/Ms= 370/47.81= 7.73
Calcul de la teneur en eau			
Tare N°	TR	T1	
PT	31.53	30.91	
Ph+T	59.91	62.56	
Ps+T	58.06	61.18	
Ps	27.13	30.27	
W(%)	4.60	4.55	
Wmoy	4.57		
Ps= Ph*100+100+W(%) PS= 47.81 g			