

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة غرداية
Université de Ghardaïa



كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
قسم الهندسة المدنية والري
Département de Génie civil et Hydraulique

Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie civil

Spécialité : Structure

Par : Houache Abdelmadjid

Thème

**Influence de trois types de géotextiles sur l'indice CBR et
compression simple d'un mélange optimal de sable de dune et
l'argile de Oued Nechou de la wilaya de Ghardaïa dans le domaine
routier**

Soutenu publiquement le : 22/06/2023

Devant le jury :

Prénom et nom	Grade	Université	Président
Mme Azzouz Fatima .Zohra	MAA	Université de Ghardaïa	Encadrant
Mr Daheur Elhadj Gesmia	MAA	Université de Ghardaïa	Examineur
Mr Nessil Hamid	MCA	Université de Ghardaïa	Examineur

Année anniversaire : 2022/2023

Remerciement

Tout d'abord, je tiens à remercier mon encadrer Madame AZZOUZ Fatima Zohra qui m'a témoigné son soutien et sa confiance durant la période de

Préparation de cet mémoire ; qu'elle trouve ici l'expression de ma sincère Gratitude.

Je tiens également à remercier les membres du jury qui me feront l'hon
présider et d'examiner ce modeste travail.

Je remercie mes enseignants de l'université de Ghardaïa

Je voudrais sincères remerciements l'ensemble de Laboratoire des travaux publics du sud, wilaya de GHARDAIA, pour leur aide de ce travail.

Je tiens aussi à remercier tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation.

Enfin à tous ceux qui m'aider de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail :

A Ma tendre Mère : Tu représente pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.

A Mon très cher Père : Aucun dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour toi. Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis le long de ces années d'étude.

Que mon dieu vous protège et je vous souhaite une longue vie mes chers parents.

À mes chers frères et sœurs : Omar, Yahia, Aziza

, je vous souhaite un bon chemin dans vos vie.

À ma chère grande mère et mon cher grand-père

À mes Tantes et à mes Oncles et leurs familles et tout la famille

HOUACHE et BAALI OUMER.

A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études jusqu'à maintenant.

Toutes Mes Amies en particulier Mes Collègues de la promotion

Génie civil à l'université de Ghardaïa.

HOUACHE Abdelmadjid

Résumé

L'étude se concentre sur l'influence de trois types de géotextiles sur un mélange optimal composé de 70% de sable de dune et 30% d'argile de Oued Nechou provenant de la wilaya de Ghardaïa, afin d'évaluer leur impact sur la portance du sol (CBR immédiat) et la compression simple (RC). L'objectif est de déterminer quel type de géotextile offre le meilleur indice de CBR et de RC.

Dans un premier temps, les propriétés physico-chimiques des matériaux utilisés sont présentées à travers des essais d'identification et des essais sur les matériaux prélevés dans la région de Ghardaïa (sable de dune de Sebseb et argile de Oued Nechou).

Dans un second temps, des essais hydromécaniques sont réalisés, comprenant des essais Proctor ainsi que des essais de CBR immédiat et compression simple à 03/07/28 jours, sur le mélange optimal (70% de sable de dune + 30% d'argile de Oued Nechou). Les mêmes essais sont ensuite effectués en utilisant les trois types de géotextiles.

Les résultats obtenus démontrent que les trois types de géotextiles ont amélioré la portance et la résistance du mélange optimal.

Le géotextile 3 (AS 50) s'avère être le type de géotextile offrant les indices de CBR et RC les plus élevés que les autres types.

Mots-Clés : domaine routier, argile, sable de dune, Géotextile, essais routier, CBR

Abstract

The study focuses on the influence of three types of geotextiles on an optimal mixture consisting of 70% dune sand and 30% Oued Nechou clay from the province of Ghardaïa, in order to assess their impact on soil bearing capacity (immediate CBR) and simple compression (RC). The objective is to determine which type of geotextile offers the highest CBR and RC index.

In the first stage, the physicochemical properties of the materials used are presented through identification tests and tests on materials collected from the Ghardaïa region (Sebseb dune sand and Oued Nechou clay).

In the second stage, hydro mechanical tests are conducted, including Proctor tests as well as immediate CBR and simple compression RC at 3/7/28 days , on the optimal mixture (70% dune sand + 30% Oued Nechou clay). The same tests are then performed using the three types of géotextiles.

The results obtained demonstrate that all three types of géotextiles have improved the bearing capacity of the optimal mixture, both for immediate CBR and simple compression RC. However,

geotextile 3 (AS 50) proves to be the type of geotextile offering the highest CBR indices and RC .

ملخص

الدراسة تركز على تأثير ثلاثة أنواع من الجيوتكستايل على مزيج مثالي يتألف من 70% من رمل الكثبان و 30% من طين واد نشو من ولاية غرداية، بهدف تقييم تأثيرها على تحمل التربة (مؤشر CBR الفوري و مؤشر الضغط العادي RC). الهدف هو تحديد أي نوع من الجيوتكستايل يوفر أعلى مؤشر CBR و RC

في المرحلة الأولى، يتم تقديم الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمواد المستخدمة من خلال اختبارات التعرف واختبارات على المواد المأخوذة من منطقة غرداية (رمل كثبان سببب وطين واد نشو).

في المرحلة الثانية، يتم إجراء اختبارات هيدروميكانيكية تشمل اختبارات بروكتور بالإضافة إلى اختبارات CBR الفوري و الضغط العادي RC لمدة (3 و 7 و 28 يوم) على المزيج المثالي (70% رمل كثبان + 30% طين واد نشو). يتم إجراء نفس الاختبارات باستخدام الجيوتكستايل الثلاثة.

توضح النتائج المستخلصة أن الجيوتكستايل الثلاثة قد حسنت تحمل المزيج المثالي، سواء بالنسبة لمؤشر CBR الفوري أو مؤشر RC.

يتبين أن الجيوتكستايل رقم 2 باسم (AS 30) هو النوع الذي يقدم أعلى قيم مؤشر RC و CBR.

الكلمات المفتاحية: طريق . طين ,رمل الكثبان ,الجيوتكستايل , معامل التحمل , قوة الضغط

SOMMAIRE

Remerciements.....	I
Dédicace.....	II
Résumé.....	III
Liste des symboles.....	IX
Liste des figures.....	XI
Liste des tableaux.....	XIV
Liste des photos.....	XVI
Introduction générale.....	2
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES MATERIAUX GRANULAIRES SABLE DE DUNE ET DES ARGILES ET LES MELANGES OPTIMAUX	
I.1-Introduction	5
I.2-Les sables de dunes	5
I.2.1- Intérêt de sable de dune	7
I.2.1.a - Les aspects économiques.....	7
I.2.1.b - Les aspects techniques.....	7
I.2.2- Mécanismes de formation des dune.....	7
I.2.3-Utilisation du sable de dunes	8
I.2.3.a-Pour le béton.....	8
I.2.3.b-Pour le domaine routier.....	9
I.2.3.c-Diverses Utilisation.....	9

I.3- Les argiles	9
I.3.1- Formation des argiles	10
I.3.2- Les principe groupe d'argile.....	10
I.3.2.a- structures de la montmorillonite.....	10
I.3.2.b- Structures de la kaolinite.....	11
I.3.2.c- Structure d'illite	12
I.4- Généralités sur les chaussées	12
I.4.1- Les composants routiers.....	13
I.4.1.1- la Couche de forme.....	13
I.4.1.2- Le corps de chaussée et la sous-couche.....	13
I.4.1.3- la Couche de surface.....	14
I.5- Classification des sols	17
I.5.1- Classification du sol selon le GTR (NF- P 11-300).....	17
I.6- Utilisation du mélange sable et argiles dans le domaine géotechniques.	19
I.7- Conclusion.....	23
 CHAPITRE 2 : UTILISATION DES GEOTEXTILES DANS LE DOMAINE GENIE CIVIL	
II.1- Introduction	20
II.2- origine des geosynthetic	20
II.3- Classification des géosynthétiques	21
II.4- les géotextiles	23
II.5- Fonctions élémentaire des géotextiles.....	23
II.5.1- Filtration.....	23
II.5.2- Séparation.....	24
II.5.3- Renforcement.....	24
II.5.4- Drainage.....	25
II.5.5- Lutte contre l'érosion.....	25

II.5.6- Protection.....	25
II.6- Caractéristiques requises.....	25
II.6.1- Exigences générales.....	26
II.6.1.a-Emballage.....	27
II.6.2- Caractéristiques physiques et mécaniques.....	27
II.6.2.a- Masse surfacique	28
II.6.2.b- Résistance à la traction.....	28
II.6.2.c- Ouverture de filtration « FOS ».....	28
II.6.2.d- Permittivité	28
II.6.2.e- Résistance aux rayons ultraviolets	28
II.7- Les différentes utilisations du géotextile.....	28
II.8- Les différents types de géotextile.....	29
II.9- Classification des géotextiles	30
II.10-Synthèse des travaux d'étude du comportement mécanique de sols renforcés par géotextile	31
Conclusions.....	34

CHAPITRE III:LES ESSAIS D'IDENTIFICATION

III.1-Introduction	41
III.2-Localisation des sites.....	41
III.2.1-Sable de dune.....	42
III.2.2-Argile Oued Nechou.....	42
III.3- Essais d'identification.....	43
III.4- Identification d'argile de Oued Nechou.....	43
III.4.1- Analyse chimique.....	43
III.4.2- Analyse granulométrique.....	44
III.4.2.a- Analyse granulométrique par tamisage (NFP 94-056)	44

III.4.2.b- Analyse granulométrique par sédimentométrie (NFP 94-057).....	45
III.4.3-Essai au Bleu de Méthylène.....	46
III.4.4- Teneur en carbonate de calcium de l'argile étudiée.....	47
III.4.5-Limite d'Atterberg (NFP 94-051).....	48
III.5-Identification de sable de dune	50
III.5.1 -Analyse chimique.....	50
III.5.2-Analyse granulométrique.....	50
III.5.3-Essai d'équivalent de sable (NFP 18-598).....	51
III.5.4-Essai au Bleu de Méthylène.....	51
III.6-Récapitulatif des essais d'identification sur le sable de dune et Argile de oued nechou.....	52
III.7-Classification du sol selon le GTR (NF- P 11-300).....	53
III.8-CONCLUSION	54
CHAPITER IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable- argile avec trois géotextiles	
IV.1-Introduction	56
IV.2-Préparation des échantillons de mélange optimal	56
IV.3- Essai Proctor Modifié PM NF P 94-093.....	59
IV.3.1- Préparation des échantillons.....	60
IV.3.2-les résultat d'essais de PM	61
IV.4-Les essais CBR (California Bearing Ratio test) Norme NF P 94- 078 ...	64
IV.4.1- But de l'essai.....	64
IV.4.2- Principe de l'essai.....	64
IV.4.3- les Géotextiles utilisés	65
IV.4.4- Résultat d'essai de CBR immédiat.....	66
IV.4.4.a- Résultats de CBR immédiat un mélange optimal	67
IV.4.4.b- Résultats de CBR immédiat un mélange optimal avec Geo1.....	68

IV.4.4.c- Résultats de CBR immédiat un mélange optimal avec Geo2.....	69
IV.4.4.d- Résultats de CBR immédiat un mélange optimal avec Geo 3.....	70
IV.5- Comparaison entre les trois Résultats de CBR immédiat un mélange optimal avec Geo1, Geo2 et Geo3.....	71
IV.6-Essai de compression simple: (Norme NF P94-74).....	72
IV.6.1- Résultats sur la résistance à la compression.....	74
IV.6.1.a- Résultats de la résistance à la compression un mélange optimal	74
IV.6.1.b- Résultats de la résistance à la compression un mélange optimal avec Geo1	75
IV.6.1.c- Résultats de la résistance à la compression un mélange optimal avec Geo 2.....	77
IV.6.1.d- Résultats de la résistance à la compression un mélange optimal avec Geo 3.....	78
IV.7-Récapitulatif des essais mécanique sur le mélange optimal 70% sable de dune et 30% Argile de Oued Nechou	80
IV.8-Conclusion	80
Conclusion générale.....	82
BIBLIOGRAPHIE.....	84
ANNEXE.....	87

LISTE DES SYMBOLES

ω:	Teneur en eau initiale.
ω_{opt}:	teneur en eau qui correspond à l'optimum Proctor.
γ_d:	densité volumique sèche.
Cc :	coefficient de compressibilité.
PM:	Essai Proctor modifié.
WL:	limite de liquidité
Wn:	Teneur en eau naturelle
WP :	limite de plasticité
LTPS :	Laboratoire des travaux publics du sud.
CBR :	Californian Bearing Ratio: Indice Portant Californien.
ICBRimed:	Indice CBR immédiat.
GTR :	Guide technique pour la réalisation des remblais et couches de forme
Cu :	coefficient d'uniformité
Cc :	coefficient de courbure
LCPC :	classification donnée par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.
SB:	sable propre Bien gradué.
Ip:	Indice de Plasticité.
IPI :	Indice Portant Immédiat, mesure à la teneur en eau de confection de l'éprouvette sans application des surcharges, en pourcentage
R :	renforcement;
S :	séparation.
PET :	polyester;

PP :	polypropylène.
T :	tissé (y inclus les tissés à bandelettes dont la permittivité est d'aumoins 0,05 sec-1);
NTA:	non-tissé aiguilleté;
NTR :	composite non-tissé renforcé;
Geo:	geotextile
Geo 1 :	geotextile LTPP600
Geo 2 :	geotextile AS30
Geo 3 :	geotextile AS50
AO:	argile Oued Nechou
SD:	sable de dune
TRS:	technique routière saharienne

LISTE DES FIGURES

Figure I.1: Sable de Dune.....	5
Figure I.2: structures de la montmorillonite.....	8
Figure I.3: structures de la kaolinite.....	8
Figure I.4: structures d'illite.....	9
Figure I.5: les différentes couches qui constituent la structure de la chaussée.....	9
Figure I.6: Classification des sols fins selon GTR.....	14
Figure I.7: Relation Résistance en compression simple et température de séchage (Tuf d'Ain Oussera pendant 5 jours.....	17
Figure I.8: Evolution de la Résistance en compression simple en fonction du temps de séchage (Tuf d'Ain Oussera séchage prolongé à 105 °C).....	17
Figure I.9: Evolution de la résistance en compression en fonction du temps pour deux tufs conservés dans modes de conservation différents.....	18
Figure I.10: Influence de la teneur en eau du tuf sur R durcissement Rcompactage ...	19
Figure II.1 : Les géotextiles.....	23
Figure II.2 : Fonctions élémentaire des géotextiles.....	26
Figure II.3 : Géotextile tissé.....	30
Figure II.3 : Géotextile non tissé.....	30
Figure II.4 : classes de géotextiles CFG.....	31
Figure II.5 : Arrangement de géotextiles dans des essais triaxiaux d'échantillons de sables renforcés et non renforcés	33
Figure II.6 : Influence d'introduction des géotextiles sur les chemins déviatoires d'échantillons de sables renforcés	33
Figure II.7 : Effet de la taille des échantillons sur le comportement déviatoire des sables renforcés et non-renforcés	34
Figure II.8 : Variation de la résistance des sables renforcés avec le type de géotextile utilisé.....	34

Figure II.9: Photos d'échantillons cisailés.....	35
Figure II.10: Enveloppes de rupture de sables renforcés et non-renforcés.....	35
Figure II.11: Dispositions de géocellules utilisées lors d'essais triaxiaux	36
Figure II.12 : Influence du renforcement par géocellules sur les caractéristiques mécaniques du sable.....	37
Figure II.13 : Courbes (q-ε1) pour des sables renforcés à différentes configuration de géocellules (σ3 = 100 KPa)	37
Figure II.14 : Influence du type de géosynthétiques utilisés sur le comportement mécanique d'un sable de rivière.....	38
Figure II.15 : Influence des géocellules sur le comportement mécanique des sols renforcés.....	38
Figure III.1: Loi de CaCO3.....	44
Figure III.2: les étapes de essia Analyse granulométrique par tamisage.....	44
Figure IV.1 : Compactage du matériau dans le moule de Proctor modifié.....	61
Figure IV.2: Eléments pour la confection d'éprouvette cylindriques.....	72
FigureIV.3: Mélange d'échantillon.....	73
FigureIV.4: Remplissage du moule.....	73

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Classification GTR (SETRA-LCPC 1980).....	15
Tableau I.2 : Influence de l'immersion sur différents tufs calcaires.....	18
Tableau II.1: Caractéristiques physiques et mécaniques des géotextiles de Renforcement.....	27

Tableau II.2: classes de géotextiles CFG	30
Tableau III.1 : Essais d'identification.....	43
Tableau III.2 : Analyse chimique d'argile de Oued Nechou	43
Tableau III.3: la valeur de la teneur en CaCO ₃ de sol.....	44
Tableau III.4 : Résultats récapitulatif de l'analyse granulométrique D'Argile oued nechou.....	46
Tableau III.5: Les volumes du bleu.....	47
Tableau III.6: Tableau de surface.....	47
Tableau III.7: Valeur de bleu de quelques sols.....	48
Tableau III.8 : Valeur de limites d'Atterberg.....	48
Tableau III.9: Classification des sols en fonction de l'indice de plasticité.....	49
Tableau III.10: Analyse chimique de sable de dune	50
Tableau III.11: la valeur de d'équivalent de sable (ES) de sable de dune.....	51
Tableau III.12: Récapitulatif des essais d'identification sur le sable de dune	52
Tableau III.13: Récapitulatif des essais d'identification sur argile d' Oued Nechou.....	53
Tableau III-14: Classification GTR (SETRA-LCPC 1980).....	60
Tableau IV.1 : résultats de la densité de l'essai de Proctor modifier pour un mélange optimal de 70% Sable de dune Sabseb et 30% argile Oued Nechou.....	62
Tableau IV.2 : résultats de la teneur eau de l'essai de Proctor modifier pour un mélange optimal de 70% Sable de dune Sabseb et 30% argile Oued Nechou.....	62
Tableau IV.3 : les caractéristiques physiques et mécaniques du géotextile utilisé.....	66
Tableau IV.4: Résultats de CBR immédiat un mélange optimal.....	67
Tableau IV.5: Résultats de CBR immédiat un mélange optimal avec Geo..	68
Tableau IV.6: Résultats de CBR immédiat un mélange optimal avec Geo2.....	69

Tableau IV.7: Résultats de CBR immédiat un mélange optimal avec Geo3.....	70
Tableau IV.8: Résultats de CBR immédiat un mélange optimal avec trois types de géotextile.....	72
Tableau IV.9: Résultats de la résistance à la compression un mélange optimal.....	74
Tableau IV.10: résistance de compression avec géotextile 1 en 01 fibre et 02 fibres à différents âges.....	75
Tableau IV.11: résistance de compression avec Geo 2 en 01 fibre et 02 fibres à différents âges.....	77
Tableau IV.12: Résistance de compression avec Geo 3 en 01 fibre et 02 fibres.....	78
Tableau IV.13: résistance de compression de mélange optimal avec trois types des géotextiles en 01 fibre ET 02 fibres à différents âges.....	79
Tableau IV.14: Récapitulatif des essais mécanique sur le mélange optimal 70% sable de dune et 30% Argile de Oued Nechou	80

LISTE DES PHOTOS

Photo III .1 : Sable de dune de Sebseb.....	38
Photo III .2: Photo Google Earth de localisation de sable de dune.....	38
Photo III .3: Photo Google Earth de localisation de argile de oued nechou	38
Photo III.4: Essai bleu de méthylène.....	47
Photo III.5: résulta de bleu	47

Photo III.6 : Essai bleu de méthylène.....	47
Photo IV.1 : L'échantillon d'argile nous avons pris de la montagne.....	56
Photo IV.2 : on a fait l'échantillon les sachées.....	57
Photo IV.3 : Appareille broyage des roches des argiles.....	57
Photo IV.4 : Résultat broyage 1.....	57
Photo IV.5 : Un tamis d'ouverture égale à 2 mm est 5mm.....	59
Photo IV.6: résultat final.....	59
Photo IV.7: place le mélange dans un bag.....	60
Photo IV.8: mixe le mélange.....	60
Photo IV.9: le mélange est pré.....	61
Photo IV.10: géotextile 1.....	65
Photo IV.11: géotextile 2	65
Photo IV.12: géotextile 3	65
Photo IV.13: Appareille de presse CBR.....	66
Photo IV.14: Logiciel de courbe CBR	67
Photo IV.15: Eléments pour la confection d'éprouvette cylindrique.....	74
Photo IV.16: Mélange d'échantillon.....	74
photo IV.17: Remplissage du moule.....	74
PhotoIV.18: Eprouvette des échantillons soumise à l'essai de Compression.....	74
Photo IV.19: résistance de compression avec Geo 1 en 01 fibre.....	75
Photo IV.20: résistance de compression avec Geo 1 en 02fibres.....	75
Photo IV.21: Résistance de compression avec Geo 2 en 01 fibre et 02 fibres.....	77
Photo IV.22: Résistance de compression avec Geo 3 en 01 fibre et 02 fibre.....	78

LISTE DES Graphes

Graphe III.1: Courbe granulométrique d'argile d'Oued Nechou

Graphe III.2: Classification de l'argile étudiée selon l'abaque de Casagrande

Graphe III.3 : courbe granulométrie de sable de dune

Graphe III.4 : Classification des sols fins selon GTR.

Graphe III-5: Graphe Classification des sols fins selon GTR pour l'argile d'oued Nechou

Graphe IV.1: Courbe Proctor d'échantillon mélange optimal (de 70% Sable de dune Sabseb et 30% argile Oued Nechou)

Graphe IV.2: CBR Immédiat un mélange optimal69

Graphe IV.3: CBR Immédiat un mélange optimal avec Geo 170

Graphe IV.4: CBR Immédiat un mélange optimal avec Geo 271

Graphe IV.5: CBR Immédiat un mélange optimal avec Geo 3.....72

Graphe IV.6: Comparaison entre Résultats CBR Immédiat du mélange optimal utilise avec trois types de géotextiles

Graphe IV.7: la résistance de compression avec Geo 1 en 01 fibre ET 02 fibres à différents âges.

Graphe IV.8: la résistance de compression avec Geo 2 en 01 fibre et 02 fibres à différents âges

Graphe IV.9: la résistance de compression avec Geo3 en 01 fibre et 02 fibres à différents âges.

Introduction générale

Introduction générale :

L'expertise acquise en matière de génie routier dans la région saharienne a permis d'identifier une gamme de matériaux locaux adaptés à la géotechnique routière, parmi lesquels figurent les sables de dune et les argiles, ainsi que leurs combinaisons. Cette valorisation continue joue un rôle crucial dans la construction des routes en favorisant une utilisation rationnelle et durable de ces ressources régionales.

Dans le cadre de notre étude, nous entreprenons une caractérisation géotechnique de deux matériaux issus de la région de Ghardaïa, à savoir le sable de dune et les argiles. La valorisation de ces matériaux locaux en géotechnique revêt une importance capitale pour mieux appréhender leur comportement dans différentes situations et faciliter leur intégration par les professionnels du génie routier.

Nous mettons également en avant l'importance de la recherche de procédés de traitement visant à améliorer les propriétés physicomécaniques de ces matériaux. En répondant aux exigences techniques des chaussées routières, il est envisageable de trouver des solutions appropriées pour relever ces défis.

La région de Ghardaïa, située à environ 600 km au sud d'Alger, dispose d'un important gisement de sable de dune et d'argiles. Notre étude vise à valoriser ces matériaux locaux en explorant leur potentiel pour une utilisation dans la géotechnique routière. Dans cette optique, des échantillons sont préparés à partir d'un mélange de base composé de 70% de sable de dune et 30% d'argile de l'Oued Nechou, considéré comme le mélange optimal. Trois types de géotextiles sont ensuite ajoutés à ce mélange :

Géotextile 1 : type non tissé GÉO AS 300 de l'entreprise espagnole.

Géotextile 2 : type non tissé GÉO AS 30 de l'entreprise AFITEX.

Géotextile 3 : type tissé GÉO AS 50 (tricoté) de l'entreprise AFITEX.

La problématique qui se pose dans notre étude est la suivante : Quelle est l'efficacité de l'utilisation de trois types de géotextiles différents dans l'amélioration des propriétés mécaniques d'un mélange optimal composé de 70% de sable de dune et de 30% d'argile de l'Oued Nechou, notamment en ce qui concerne l'indice de compression simple (RC) et l'indice CBR immédiat, par rapport au mélange sans géotextiles ?

Les objectifs principaux de notre travail sont les suivants :

Valorisation : Mettre en valeur les tufs d'encroûtements initialement inadaptés à une utilisation routière pour des chaussées à trafic relativement élevé. Cela implique de proposer des mélanges optimaux sables de dune - argiles ou marne, économiquement compétitifs et faciles à mettre en œuvre in situ, notamment grâce à l'utilisation de géotextiles.

Economique : Préserver les ressources en matériaux routiers de bonne qualité, éviter le recours à des transports coûteux et perturbateurs pour le réseau routier local, réduire les épaisseurs des couches de chaussée et diminuer le coût global des projets routiers.

notre travail est structuré en quatre chapitres, chacun jouant un rôle clé dans l'exploration et l'analyse des matériaux locaux de la région de Ghardaïa et de leurs applications dans le domaine de la géotechnique routière :

Le Chapitre 1 : offre une révision approfondie des matériaux locaux de la région de Ghardaïa, en mettant particulièrement l'accent sur le sable de dune et ses utilisations diverses. Il examine également les caractéristiques des argiles, y compris leur texture, et présente une revue de la littérature couvrant les diverses propriétés hydromécaniques des mélanges optimaux de sable de dune et d'argile dans le contexte géotechnique routier.

Le Chapitre 2 : se concentre sur les concepts fondamentaux du renforcement, en passant en revue les définitions, les classifications et les intérêts associés. Il examine également les paramètres d'identification et les différentes utilisations du renforcement, ainsi qu'une revue de la littérature portant sur les caractéristiques hydromécaniques et géotechniques des mélanges optimaux de sable de dune et d'argile, cette fois-ci avec l'utilisation de géotextiles.

Le Chapitre 3 : présente les résultats des essais de caractérisation chimique et physique du sable de dune et de l'argile, ainsi que du Proctor modifié du mélange composé de 70% de sable de dune et de 30% d'argile de l'Oued Nechou.

Le Chapitre 4 : est dédié à l'étude de l'impact de l'ajout des trois types de géotextiles sur le comportement hydromécanique (CBR et RC) du mélange optimal composé de 70% de sable de dune et de 30% d'argile de l'Oued Nechou. L'objectif est de déterminer le type de géotextile offrant les meilleures valeurs d'indice de CBR immédiat et de résistance à la compression, selon les critères de sélection des matériaux routiers.

En conclusion, cette étude offre une synthèse des principaux résultats obtenus et formule des recommandations pour les travaux futurs, soulignant l'importance continue de la recherche et de l'innovation dans le domaine de la géotechnique routière.

CHAPITRE I :
**Généralités sur les matériaux
granulaires sable de dune et des argiles
et les mélanges optimaux**

Chapitre 1 : généralités sur les matériaux granulaires sable de dune et des argiles et les mélanges optimaux

I.1-Introduction :

Ce premier chapitre nous a offert une vue d'ensemble des concepts essentiels de notre domaine d'étude, en explorant les structures, les divers types d'argiles et les applications du sable de dune. Nous avons également étudié les différentes couches composant une chaussée ainsi que les différentes structures utilisées dans la construction de routes. En outre, une synthèse bibliographique approfondie sur l'utilisation des sables et des argiles en géotechnique a été présentée, enrichissant notre compréhension des matériaux et de leurs diverses applications dans ce domaine.

I.2-Les sables de dunes :

Le terme sable est généralement utilisé pour désigner un mélange de grains meuble n'ayant aucune cohésion et dont la dimension des grains est généralement comprise entre 0,062 et 5 mm. Du point de vue géologique, le terme sable recouvre deux aspects : un aspect granulométrique (taille des grains) et un aspect minéralogique (nature minéralogique des grains). Une particule individuelle est appelée grain de sable. Le sable peut avoir une origine naturelle ou artificielle ; d'origine naturelle, il provient de la désagrégation naturelle de roches au cours de leur processus d'érosion, artificiel, il est obtenu par broyage de roches massives après des opérations de concassage et de criblage, il est appelé aussi sable de carrière, il est caractérisé par des grains aux aspérités marquées. La composition du sable varie d'un endroit à l'autre selon la nature des roches. [43]

Les sables de dunes, 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. [1]

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. [31]

Chapitre 1 : généralités sur les matériaux granulaires sable de dune et des argiles et les mélanges optimaux



shutterstock.com · 2159450975

Figure I.1: Sable de Dune [31].

I.2.1- Intérêt de sable de dune :

L'utilisation de tels agrégats présente un intérêt à la fois technique et économique.

I. 2.1.a-Les aspects économiques

Les aspects sont évidents dans la mesure où l'utilisation du sable de dune permet une économie certaine dans le transport des matériaux, puisqu'il est partout disponible en quantité inépuisable. Par ailleurs, son extraction n'engendre pratiquement pas de frais supplémentaires et son mélange avec les autres matériaux sur chantier peut se faire facilement. [44]

I.2.1.b-Les aspects techniques

Le sable peut contribuer à la densification des matériaux. Ceci permet, par la même occasion, l'amélioration de leurs caractéristiques géotechniques en augmentant le frottement interne et en améliorant la portance. Il peut être utilisé pour diminuer la plasticité des matériaux de base [44].

I.2.2 - Mécanismes de formation des dunes

Les dunes se forment dans des zones où le sable est abondant et non fixé par la végétation (désert, plage, lit fluvial à l'étiage). Le sable est érodé et pris en charge par le vent (déflation). Il est transporté aux ras du sol par saltation, puis s'accumule quand la compétence du vent chute (versant sous le vent). Une dune peut se déplacer par érosion du versant au vent et accumulation sur le versant opposé. Une dune est une accumulation de sable formée par le vent, et l'action des vagues qui est recouverte de végétation. Les dunes sont des structures dynamiques qui changent de formes constamment.

Chapitre 1 : généralités sur les matériaux granulaires sable de dune et des argiles et les mélanges optimaux

Pour la formation d'une dune es il faut y avoir d'obstacles, tels que les rochers ou les arbres, qui réduisent la vitesse du vent et permet le dépôt du sable transporté selon les étapes suivantes :

- chute des particules de sable devant l'obstacle après le choc, ou on assiste en deuxième étape à l'accumulation de ces particules.
- courant d'air se divise en deux bras passant prochain obstacle où Athrip sable autour de cet obstacle.
- augmente la taille des bras jusqu'à ce qu'ils rencontrent deux composantes de teinte de sable.

Et continuer à croître dans les dunes adsorption de plus de granules de sable que la taille jusqu'à la dune Pour arrêter la scène, puis de plus en plus et quand il décrit la dune qu'il était arrivé au stade de la maturité, ni Peut attirer plus de grains.

Aussi il ya 5 formes des dune : barkhane / parabolique / en étoile / transversales / longitudinales [45] .

I. 2.3-Utilisation du sable de dunes:

I.2.3.a -Pour 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 [4].

I.2.3.b-Pour le domaine routier:

L'utilisation des sables dans les techniques routières remonte à une époque ancienne. Les ingénieurs de l'époque utilisaient déjà du sable mélangé à un liant hydrocarboné, en particulier pour les couches de roulement [3].

I.2.3.c-Diverses Utilisation:

Chapitre 1 : généralités sur les matériaux granulaires sable de dune et des argiles et les mélanges optimaux

Les sables revêtent une importance capitale à la fois dans les processus sédimentaires et en tant que ressource économique essentielle dans divers domaines. Leur utilisation est multiple, que ce soit dans la construction de remblais, la fabrication de granulats pour le béton, les matériaux de construction, ou encore dans l'industrie des sables siliceux. Ces derniers, anciennement connus sous le nom de sables industriels, sont la matière première principale pour l'industrie du verre, les moules et les noyaux de fonderie. Ils sont également employés dans la production de céramiques et de mortiers spéciaux.

Par ailleurs, les sables jouent un rôle crucial en tant que réservoirs potentiels pour les nappes d'eau (aquifères) et les hydrocarbures. Il est donc primordial de réglementer leur exploitation, souvent caractérisée par une absence de contrôle, afin de prévenir les perturbations des équilibres naturels fragiles. Ces perturbations peuvent se manifester par l'érosion des plages privées de leur apport naturel en sable, ainsi que par la dégradation des nappes phréatiques à terre [4].

I.3- Les argiles :

Les argiles sont des roches sédimentaires composées de grains fins, d'une taille inférieure à 0,005 mm, contenant au moins 50 % de silicate d'alumine. Elles ont la capacité d'absorber l'eau et de former une pâte imperméable, communément appelée terre glaise, qui peut être colorée par des oxydes de fer, donnant des teintes d'ocre, de rouge ou de vert.

Certaines argiles, notamment celles de la famille des Montmorillonites, ont la particularité de gonfler lorsqu'elles absorbent de l'eau, puis de se rétracter et de se fissurer en surface en cas de sécheresse, parfois jusqu'à une profondeur de 2 à 4 mètres. De plus, sous l'effet d'une charge, telle que celle exercée par une construction, une partie de l'eau absorbée entre les grains d'argile est expulsée, entraînant un tassement notable du sol. En général, les argiles constituent une base acceptable à médiocre lorsqu'elles sont recouvertes par d'autres couches de terrain. Cependant, elles peuvent présenter des risques lorsqu'elles affleurent à la surface, en raison de leur instabilité, qui se traduit par des variations de volume et un mouvement lent dans les terrains en pente [5].

I.3.1- Formation des argiles :

Les argiles sont formées par l'altération et la dégradation des roches. Cette transformation résulte de deux processus principaux : l'altération physique causée par les variations de température et l'altération chimique qui se produit au contact de l'eau, entraînant

Chapitre 1 : généralités sur les matériaux granulaires sable de dune et des argiles et les mélanges optimaux

la fragmentation en particules très fines. Les conditions dans lesquelles cette dégradation s'est produite, ainsi que le stade de progression de cette altération, contribuent à la grande diversité des argiles que l'on observe [3].

I.3.2- Les principe groupent d'argile:

Parmi les différentes structures de base octaédrique et tétraédrique, plusieurs familles d'argiles sont définies, telles que l'illite, la kaolinite, la montmorillonite et le chlorite. Dans la suite, nous allons décrire les trois argiles les plus connues [2].

I.3.2.a-structures de la montmorillonite:

Le terme "montmorillonite" a été proposé en 1874 par Dameur et Sacvebat, en référence à la ville de Montmorillon en France. La structure de la montmorillonite se compose de deux couches de tétraèdres suivies d'une couche octaédrique. Cette argile présente une alternance de couches d'atomes d'oxygène, de silicium, d'oxygène et d'hydroxyle, de silicium, et d'oxygène [5].

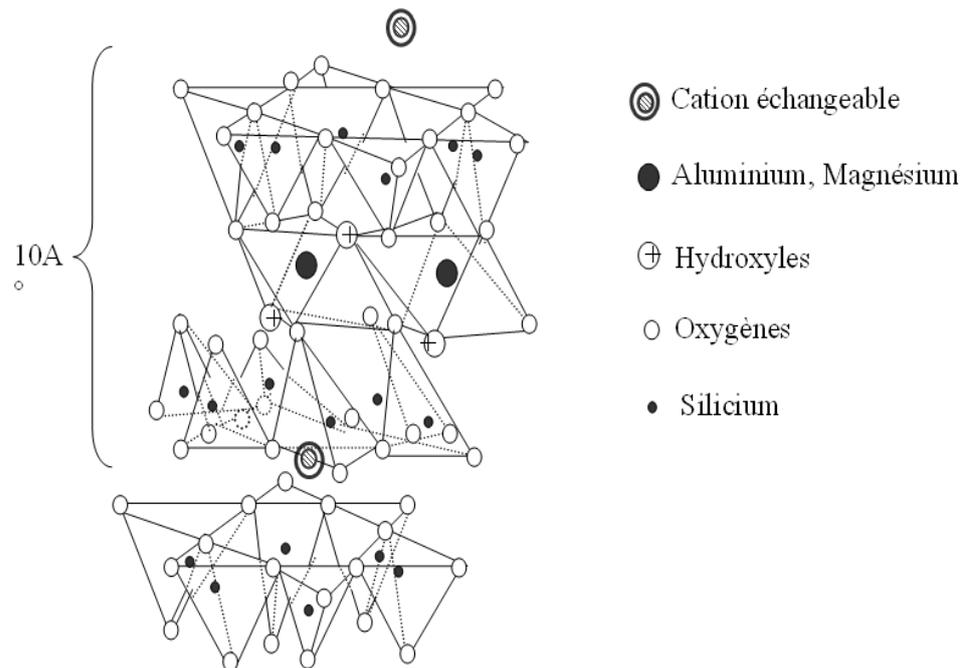


Figure I.2: structures de la montmorillonite [5]

I.3.2.b-Structures de la kaolinite :

Chapitre 1 : généralités sur les matériaux granulaires sable de dune et des argiles et les mélanges optimaux

Dans la kaolinite, les couches d'octaèdres et les couches de tétraèdres sont disposées de manière parallèle et s'intercalent de telle sorte que les atomes supérieurs et inférieurs de chaque couche appartiennent à un même plan [5].

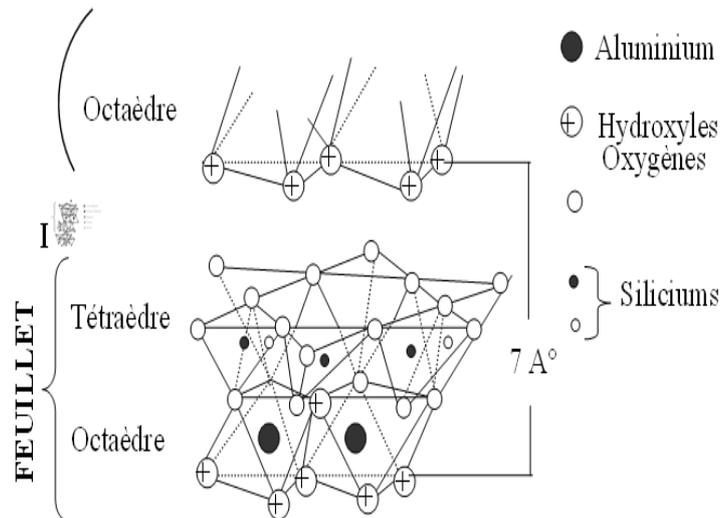


Figure I.3: structures de la kaolinite [5]

I.3.2.c- Structure d'illite :

La structure de l'illite est similaire à celle de la montmorillonite, mais avec une différence notable : environ 20 % du silicium dans les tétraèdres est remplacé par de l'aluminium. De plus, les atomes de potassium sont présents pour rétablir l'équilibre des charges causées par ce remplacement, assurant ainsi la liaison entre les couches tétraédriques et octaédriques. Cette liaison est suffisante pour empêcher l'eau de s'intercaler entre les couches, ce qui fait de l'illite une argile ayant une capacité de gonflement moins prononcée [2].

Chapitre 1 : généralités sur les matériaux granulaires sable de dune et des argiles et les mélanges optimaux

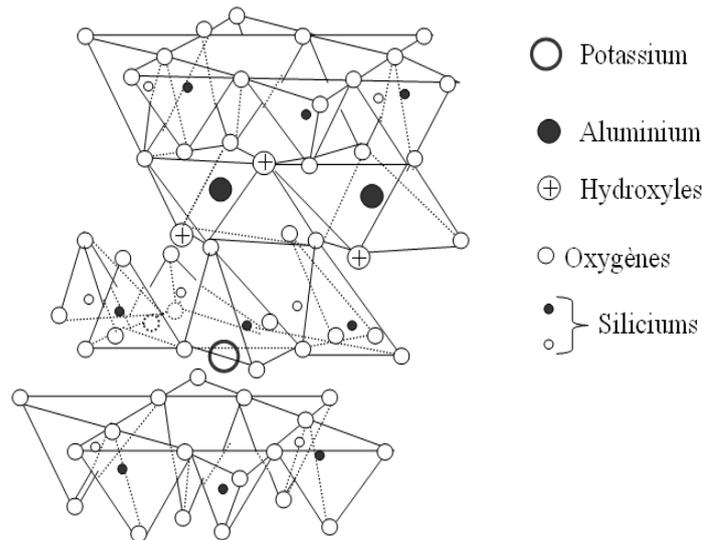


Figure I.4: structures d'illite [2]

I.4- Généralités sur Les chaussées :

Les chaussées sont des structures constituées de plusieurs couches surmontant un ensemble appelé plateforme ou support de la chaussée, constitué du sol support le plus souvent protégé par une couche de forme.

Sur le plan structural, les chaussées se présentent comme des structures multicouches disposées horizontalement et mises en œuvre sur un ensemble géologique appelé plate-forme. Celle-ci est constituée du sol du terrain naturel terrassé (sol support), surmonté au besoin d'une couche de forme.

De bas en haut, le corps de chaussée comporte généralement les éléments suivants :

- couche de fondation
- la couche de base
- la couche de surface.

et la couche de roulement

Il s'agit d'une succession de couches de matériaux dont la résistance géotechnique décroît généralement de la surface vers la profondeur.

Chapitre 1 : généralités sur les matériaux granulaires sable de dune et des argiles et les mélanges optimaux

On distingue deux types de chaussées : les chaussées revêtues (qui sont soit du type rigide, soit du type semi-rigide, soit du type chaussé souple) qui feront l'objet de notre étude et les chaussées en terre ou non – revêtues.

Mais, sur le plan structural, les chaussées sont dans la majeure partie des cas constituées de deux ou plusieurs couches. Elles peuvent comprendre [46].

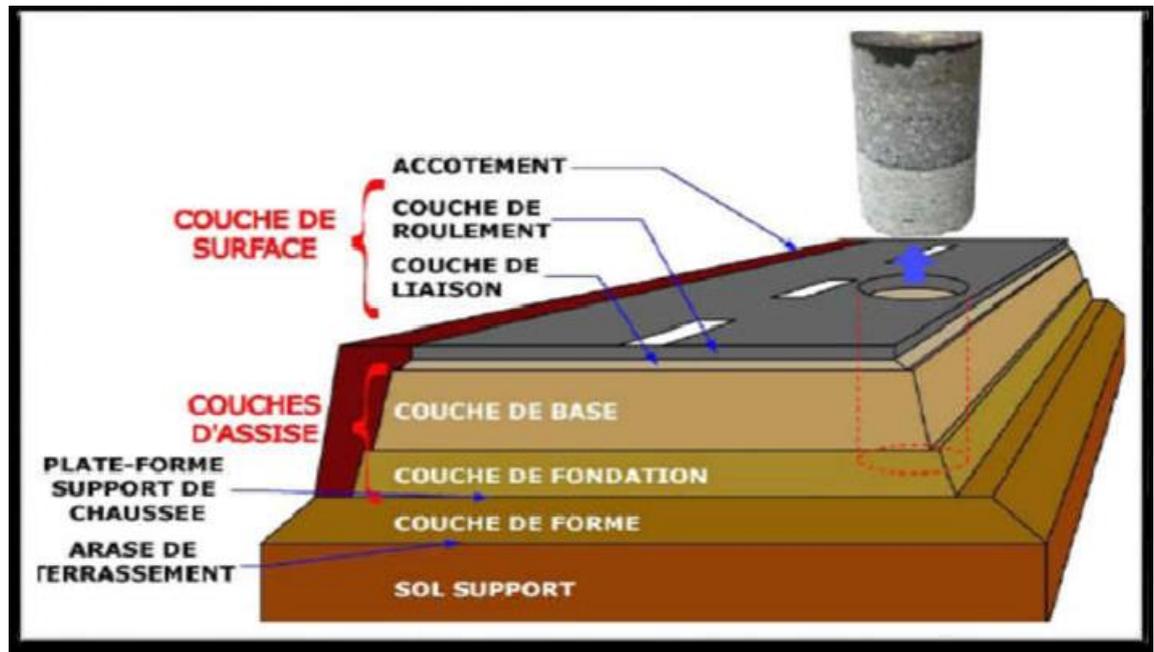


Figure I.5: les différentes couches qui constituent la structure de la chaussée [2]

I.4.1- Les composants de la chaussée :

I.4.1.1- La couche de forme :

Elle est rattachée aux terrassements, c'est une couche de transition entre le sol-support et le corps de chaussée. Elle est constituée de matériaux naturels sélectionnés (sable, grave).

Elle se charge de protéger le sol-support et d'établir une qualité de nivellement ainsi que de rendre plus homogène et d'améliorer les caractéristiques dispersées des matériaux de remblai ou du terrain en place vis-à-vis du fonctionnement mécanique de la chaussée [46].

I.4.1.2- Le corps de chaussée et la sous-couche :

Chapitre 1 : généralités sur les matériaux granulaires sable de dune et des argiles et les mélanges optimaux

Le corps de chaussée est constitué par les couches d'assise et éventuellement d'une sous couche. L'assise de chaussée est généralement constituée de deux couches : la couche de fondation surmontée de la couche de base.

Ces couches en matériaux élaborés apportent à la chaussée la résistance mécanique aux charges verticales induites par le trafic. Elles répartissent les pressions sur la plate-forme afin de maintenir les déformations à ce niveau, dans des limites admissibles.

De nombreux matériaux conviennent aux couches d'assise. Ce sont les matériaux naturels sélectionnés rocheux ou graveleux, des matériaux concassés ou semi-concassés, des matériaux traités à l'aide de liants. Des sables naturels sont également employés [46].

I.4.1.3- La couche de surface :

Elle est constituée de :

- Soit uniquement de la couche de roulement, qui est la couche supérieure de la structure chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat,
- Soit éventuellement, de la couche de roulement et d'une couche de liaison entre les couches d'assise et la couche de roulement. La couche de surface contribue à la pérennité de la structure de chaussée de par la fonction d'étanchéité qu'elle assure vis- à-vis de l'assise et par une stabilité élevée [46].

I.5. Classification du sol selon le GTR (NF- P 11-300) :

Chapitre 1 : généralités sur les matériaux granulaires sable de dune et des argiles et les mélanges optimaux

La classification des sols selon leur granulométrie est le premier critère d'identification utilisé pour l'utilisation des terres en remblai. Le Guide des Terrassements Routiers (GTR 92) et la norme NF-P 11-300 proposent une classification des matériaux pouvant être utilisés dans la construction des remblais et des couches de forme pour les infrastructures routières.

Selon cette classification, les sols peuvent être regroupés en différentes catégories en fonction de leur granulométrie. Un seuil de 50 mm a été établi pour des raisons techniques telles que le malaxage.

Les sols constitués de particules de diamètre inférieur ou égal à 50 mm sont regroupés dans les catégories A, B et D. Ces sols sont considérés comme des sols fins.

Les sols constitués de particules de diamètre supérieur à 50 mm sont regroupés dans les catégories C et D.

Ainsi, la classification des sols en fonction de leur granulométrie permet de déterminer quels types de sols peuvent être utilisés dans la construction des remblais et des couches de forme pour les infrastructures routières [10].

Chapitre 1 : généralités sur les matériaux granulaires sable de dune et des argiles et les mélanges optimaux

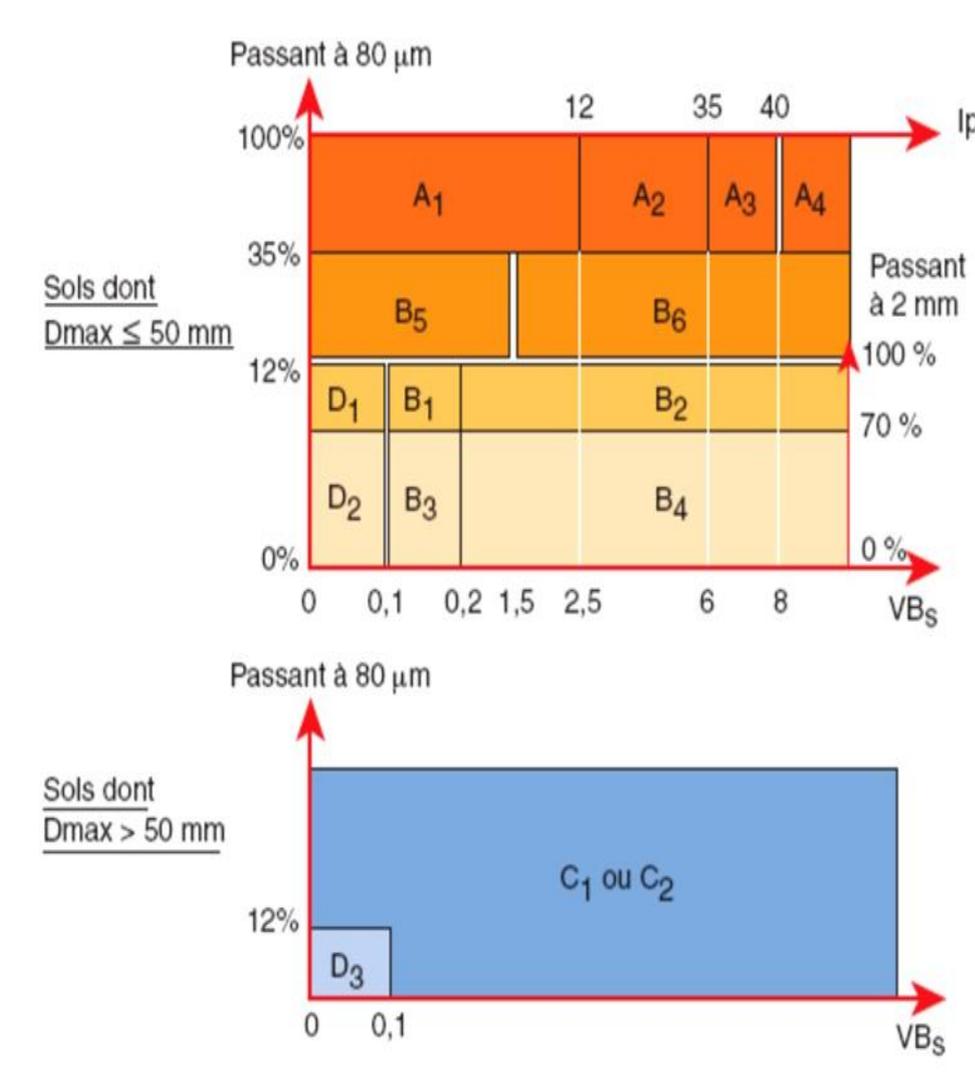


Figure I.6: Classification des sols fins selon GTR [10]

Tableau I-1 : Classification GTR (SETRA-LCPC 1980) [10].

Classe	Définition
A	Sols fin (limons, argile, ...)
B	Sols sableux ou graveleux avec fines (sables et graves argileuses,...)
C	Sols comportant des fines et des gros élément (alluvions, grossières,...)
D	Sols insensibles à l'eau avec fines (sables et graves propres,...)

I.6- utilisation des mélanges de sable et d'argile en géotechnique:

Les mélanges de sable et d'argile, largement utilisés pour l'enfouissement des déchets, requièrent une sélection minutieuse de la bentonite et une conception réfléchie. **Kouloughli (2007)** a synthétisé les critères de sélection de la bentonite et les approches de conception pour ces barrières, en tenant compte de la granulométrie du sol de base, de la quantité et de la minéralogie de la bentonite.

Selon Alberta Environnement (1985), l'utilisation de bentonites riches en montmorillonite, principalement composées de sodium comme cations échangeables, est recommandée. Les bentonites à teneur en calcium présentent un potentiel de gonflement moindre et exigent des pourcentages de bentonite plus élevés pour atteindre les mêmes objectifs de conductivité hydraulique. Le sable doit également posséder des caractéristiques granulométriques spécifiques pour garantir la stabilité hydraulique du mélange et le confinement de la bentonite à l'intérieur de la structure formée par le sable.

Les résultats **de Marcotte et al. (1993)** ont montré que le risque de fissuration augmente lorsque les pourcentages de particules fines et de bentonite sont faibles.

Aïd Nouri (2009) a démontré qu'un mélange sable-bentonite avec 10% de bentonite assure une imperméabilisation adéquate des centres d'enfouissement technique.

Concernant les sables calcaires, les ingénieurs routiers ont observé que ces couches durcissent après compactage et séchage, en particulier dans la partie supérieure. Ce durcissement peut s'améliorer avec le temps, à condition que la couche soit protégée de l'eau et que des mesures

Chapitre 1 : généralités sur les matériaux granulaires sable de dune et des argiles et les mélanges optimaux

constructives adéquates soient prises pour éviter une augmentation significative de la teneur en eau.

Kandli, Ramdane (2014) a étudié le phénomène de gonflement des argiles et les techniques de stabilisation les plus couramment utilisées, notamment l'ajout de sable pour réduire le potentiel et la pression de gonflement.

En outre, **Zerkane Chaima (2022)** a étudié le phénomène de gonflement des argiles dans la ville de Tébessa, en les mélangeant avec des stériles de minerai de fer pour réduire leur plasticité et leur taux de gonflement.

Bouab (2022) a caractérisé géologiquement et classifié géo techniquement certains sables locaux de la région de Kissir, mettant en évidence leurs propriétés physiques et granulométriques.

I.7- Conclusion :

En conclusion de ce chapitre, nous avons acquis une compréhension approfondie des éléments fondamentaux de notre domaine de recherche, comprenant les structures, les différents types d'argiles, et l'utilisation du sable de dune. De plus, nous avons examiné en détail les différentes couches et structures constituant les chaussées. Cette connaissance est cruciale pour notre étude, notamment pour la partie expérimentale à venir.

Il est également important de souligner l'importance des mélanges optimaux, tels que celui de sable de dune et d'argile, dans divers domaines comme le béton, la géotechnique, et les infrastructures routières. Ces mélanges offrent une gamme variée d'avantages et d'applications dans de nombreux secteurs, soulignant ainsi leur rôle crucial dans l'ingénierie civile et la construction.

CHAPITRE 2 :

Utilisation des géotextiles dans le domaine génie civil

II.1-Introduction :

Les géosynthétiques sont des produits dont au moins un des constituants est à base de polymère synthétique ou naturel. Ils se présentent sous forme de nappe, de bande ou de structure tridimensionnelle. Ils sont utilisés, en contact avec le sol ou avec d'autres matériaux, dans les domaines de la géotechnique et du génie civil

Dans ce chapitre ont présenté les caractéristiques du géotextile et leur utilisations dans le génie civil en général , Aussi on a explique les différent type et fonction de géotextile .

II.2-Origine des géo synthétiques :

Les géo synthétiques sont employés dans le domaine du génie civil, pour la première fois, en 1926, en Caroline du Sud, aux états unis d'Amérique, où les premières parcelles de route ont été réalisées avec des tissus de coton. Le résultat est probant, puisque la route reste en bon état jusqu'à ce que le matériel se dégrade. Ainsi fut la naissance d'un grand marché pour des matériaux synthétiques.

La deuxième innovation dans ce domaine fut l'utilisation de textile comme drain et filtre. Le fait que le liquide puisse traverser un matériel poreux, tout en retenant le sol (ou une partie sélectionnée du sol) adjacent, a permis le développement d'un matériau synthétique plus performant. Ainsi, le géotextile permet de remplacer la couche de sable, drainante et filtrante, jusqu'alors incontournable. L'intérêt que celui-ci présente alors est la possibilité d'en contrôler la qualité à l'usine, et de se substituer à un matériau naturel parfois non disponible, et donc pouvant être très cher. De cette manière, la fonction de filtration, autant au niveau de l'eau que des sols, est née et a permis aux géosynthétiques de prendre de l'essor dès 1930. C'est à cette date-là que les manufacturiers de textiles européens transforment leurs machines traditionnelles et développent de nouvelles gammes de produits, spécifiquement orientés vers une utilisation en géotechnique.

Chapitre II: utilisation des géotextiles dans le domaine génie civil

Enfin, une troisième application importante des géosynthétiques fut la réalisation de barrières imperméables permettant d'empêcher le mouvement des liquides. Historiquement, l'argile a toujours été largement utilisée, et l'est encore dans de nombreux cas, malgré que son installation et le contrôle de sa qualité soient relativement compliqués. Fabriquées d'abord de caoutchouc synthétique vers 1940, les premières géomembranes polymériques telles que le Polyéthylène de Haute Densité (PEHD) ne voient le jour qu'au début des années 80 et, de plus, n'ont cessé de se développer. Plus récemment, à la fin des années 80, le mélange d'un support synthétique avec un matériau naturel comme l'argile est utilisé sous le nom de géocomposite bentonitique (GCB)[50].

II.3-Classification des géosynthétiques :

Les géosynthétiques peuvent être généralement classés en catégories selon leur mode de fabrication. Ils sont essentiellement fabriqués pour une utilisation dans les domaines du génie civil et de la protection de l'environnement ainsi que dans les ouvrages hydrauliques et de transport. On distingue communément quelques types principaux de géosynthétiques, chacun ayant sa propre fonction. La dénomination courante et une brève description de certains d'entre eux sont présentées ci-dessous.

- **Les géofiles** : Les géofiles sont des matériaux analogues aux grilles, constitués de deux ensembles de brins grossiers parallèles de polymères, s'entrecroisant selon un angle constant. Le maillage forme une nappe ayant une porosité dans le plan qui est utilisée pour véhiculer des débits relativement importants de fluides.

-**Les géomembranes** : Les géomembranes sont des nappes souples, continues, fabriquées à partir d'un ou plusieurs matériaux synthétiques. Elles sont relativement imperméables et sont utilisées comme nappe d'étanchéité pour le confinement des fluides ou des gaz et comme barrière à la vapeur.

-**Les géocomposites** : Les géocomposites sont des géosynthétiques fabriqués par association de deux ou plusieurs types de géosynthétiques. Ils incluent par exemple : géotextile-géofilet, géotextile-géogrille, géofilet-géomembrane ou un géosynthétique bentonitique (GSB). Les drains géocomposites préfabriqués ou les drains verticaux

Chapitre II: utilisation des géotextiles dans le domaine génie civil

préfabriqués sont constitués d'une âme drainante en plastique entourée d'un filtre géotextile.

-Les géosynthétiques alvéolaires : Les géosynthétiques alvéolaires sont relativement épais, étant constitués de réseaux tridimensionnels réalisés à partir de feuilles de polymères découpées en bandes. Les bandes sont jointes entre elles pour former des cellules interconnectées qui sont remplies de sol et parfois de béton. Dans certains cas, des bandes de grilles polyoléfiniques larges de 0,5 m à 1 m ont été attachées ensemble avec des barres en polymères verticales et utilisées pour former des couches épaisses de géosynthétiques alvéolaires appelées géomatelas.

-Les blocs ou plaques de géomousses : Les blocs ou plaques de géomousses sont obtenus par expansion de mousse polystyrène pour former un réseau de faible densité de cellules closes remplies de gaz. Les géomousses sont utilisées pour l'isolation thermique, comme remblai léger ou comme couche verticale compressible pour réduire la pression des sols contre les murs rigides.

-Les géosynthétiques bentonitiques : Les géosynthétiques bentonitiques sont des géocomposites préfabriqués avec une couche de bentonite incorporée de façon typique entre deux géotextiles ou collée à une nappe unique de géotextile. Lorsqu'ils sont hydratés, ils sont efficaces comme barrière aux liquides et gaz et sont communément utilisés dans les étanchéités de décharges.

-Les géotuyaux : Les géotuyaux sont des tuyaux perforés ou des tuyaux pleins en polymères utilisés pour le drainage des liquides ou gaz (y compris la collecte des lixiviats ou gaz dans les cas d'utilisation en installation de stockage de déchets). Dans certains cas les tuyaux perforés sont entourés d'un filtre géotextile.

-Les géocellules : Qui ont la troisième dimension (hauteur) dans la fourchette comprise entre environ 0,1 et 0,25 m; très souvent ils sont fabriqués à partir de bandes qui sont localement connectés et, une fois étirés, les cellules 3D sont créées, par exemple, sous la forme de nid d'abeilles[50].

II.4-les géotextiles :

Les géotextiles sont des produits tissés, non tissés, ou tricotés, perméables, fabriqués à base de polymère. La fonction du géotextile dans le sol peut être la séparation, la filtration, et aussi le renforcement.

Les géotextiles tissés sont produits par entrelacement, habituellement à angle droit, de deux ou plusieurs faisceaux de fils, de filaments, de bandelettes ou d'autres éléments.

Ils sont largement utilisés avec une grande variété de sols, cohérents et non cohérents, pour contribuer à la formation d'un filtre naturel. Cela permet la diffusion des surpressions interstitielles. De plus, grâce à leurs caractéristiques de résistance et à un allongement contrôlé, ils facilitent les constructions utilisant des sols. [12]



Figure II.1 :Les géotextiles



Figure II.2 :Les géotextiles

II.5- Fonctions élémentaire des géotextiles:

II.5.1- Filtration :

le système géotextile-sol en équilibre qui permet un écoulement adéquat des liquides avec une perte limitée de sol à travers le plan du géotextile pendant une durée de service compatible avec l'application en question ». Dans le processus de filtration, les tissus peuvent être tissés ou non tissés, afin de permettre le passage de l'eau tout en retenant les particules de sol. La porosité et la perméabilité sont les principales propriétés des géotextiles qui interviennent dans l'action de filtration. L'application permet le remplacement des filtres à granulats gradués par un enrobage de géotextiles. Ces applications conviennent également aux drains horizontaux et verticaux. Une application courante illustrant la fonction de filtration est l'utilisation d'un géotextile dans un drain de bordure de chaussée[13].

II.5.2- Séparation :

La séparation est définie comme "l'introduction d'un textile souple et poreux placé entre des matériaux différents de manière à préserver l'intégrité et le bon fonctionnement des deux matériaux, voire à les améliorer". Dans les applications de transport, la séparation fait référence au rôle du géotextile dans la prévention du mélange de deux sols adjacents. Par exemple, en séparant le sol fin de la sous-couche des agrégats de la couche de base, le géotextile préserve le drainage et les caractéristiques de résistance du matériau granulaire.

Ils sont utilisés dans toutes les classes de routes et de fondations civiles similaires en tant que base de construction, car la présence d'une couche contaminée est la principale cause de défaillance prématurée. L'utilisation d'un séparateur prévient l'effet de pompage créé par la charge dynamique et facilite également le passage de l'eau tout en retenant les particules de sol. Dans ce type de géotextiles, l'épaisseur et la perméabilité sont les caractéristiques les plus importantes. Voici quelques domaines d'application [13] :

- Entre la sous-couche et la couche de base en gravier dans les routes non revêtues et revêtues, ainsi que dans les aérodromes.
- Entre la sous-couche dans les voies ferrées.
- Entre les sites d'enfouissement et les couches de base en gravier.
- Entre les géomembranes et les couches de drainage de sable.
- Sous les dalles de trottoir.
- Sous les zones de bordure.
- Sous les parkings.
- Sous les terrains de sport et les terrains de jeux.

II.5.3- Renforcement :

Il s'agit de l'amélioration synergique de la résistance totale du système créée par l'introduction d'un géotextile dans un sol et réalisée principalement par les trois mécanismes suivants :

- un soutien latéral par frottement interfacial entre le géotextile et le sol/agrégat,
- le développement d'un plan de défaillance de la surface de portance potentielle à une surface d'une plus grande résistance au cisaillement,
- un soutien de type membrane aux charges de roue.

Chapitre II: utilisation des géotextiles dans le domaine génie civil

Dans cette méthode, la stabilité structurelle du sol est grandement améliorée grâce à la résistance à la traction du matériau géosynthétique. Ce concept est similaire à celui du renforcement du béton avec de l'acier. Étant donné que le béton est faible en tension, l'acier d'armature est utilisé pour le renforcer. Les matériaux géosynthétiques fonctionnent de manière similaire à l'acier d'armature en fournissant une résistance qui contribue à maintenir le sol en place. Le renforcement assuré par les géotextiles ou les géogrilles permet de construire des remblais et des routes sur des sols très faibles et permet la construction de talus plus raides [13].

II.5.4- Drainage :

Le géotextile permet le passage de l'eau tout en retenant les particules de sol. Il est utilisé dans les applications de drainage pour éliminer l'excès d'eau et réduire les problèmes de saturation des sols [12].

II.5.5- Lutte contre l'érosion :

Le géotextile est utilisé pour stabiliser les sols et prévenir l'érosion. Il est utilisé dans les applications de protection des berges, des pentes, des rives de cours d'eau, des plages, etc [13]

II.5.6- Protection :

Le géotextile peut être utilisé pour protéger les matériaux sensibles ou les géomembranes en agissant comme une barrière contre les dommages mécaniques [12].

II.6- Caractéristiques requises :

II.6.1- 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 [3] .

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 [2].

Chapitre II: utilisation des géotextiles dans le domaine génie civil

II.6.1.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 [3].

II.6.2- Caractéristiques physiques et mécaniques :

Les caractéristiques physiques et mécaniques des géotextiles de renforcement doivent être conformes aux exigences énumérées au tableau II. 3.2.

Tableau II.1: Caractéristiques physiques et mécaniques des géotextiles de Renforcement [2]

Type	Principles	Roles	Résistance à latraction (k N/m) (Min)	Ouverture de filtration « FOS » (µm) (Max)	Type de
			ASTM D4595		

Chapitre II: utilisation des géotextiles dans le domaine génie civil

	applications	(1)	À 5 % de déformation	À la rupture	CAN/CGSB 1 48 .1, no. 10	poly mer e (2)
II	Renforcement et anticontamination de l'infrastructure de chaussées	R, S	5	11	150	PET, PP

II.6.2.a- Masse surfacique :

La masse surfacique est déterminée conformément à la méthode d'essai CAN/CGSB-148. 1 n° 2 « Méthodes d'essais des géotextiles synthétiques. Masse surfacique ». Le coefficient de variation de la masse surfacique (CVMS) est déterminé selon un minimum de cinq prises d'essais [2].

II.6.2.b- 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 Méthode for Tensile Properties of Geotextiles by the Wide - Width Stripped Méthode ». 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 [5].

II.6.2.c- Ouverture de filtration « FOS »:

Chapitre II: utilisation des géotextiles dans le domaine génie civil

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 » [5].

II.6.2.d- 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 » [2].

II.6.2.e- 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 détermine conformément à la norm ASTM D4355 « Standard Test Method for Deterioration of Geotextiles by Exposure to Light, Moisture and Heat in a Xenon Arc Type Apparatus » [3].

II.7- 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.
- **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.

Chapitre II: utilisation des géotextiles dans le domaine génie civil

-**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, maintien 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) [5].

II.8- 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 [5].

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



Figure II.3 : Géotextile tissé [2]



Figure II.4 : Géotextile non tissé [2]

II.9- Classification des géotextiles :

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 géo synthétiques (CFG) a défini la classification décrite dans le tableau ci –dessous [3] :

Tableau II.2: classes de géotextiles CFG[3]

Propriétés caractéristiques		Numéro de la propriété	Classes																					
			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	Perméabilité 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 \varnothing m		9	600	400	200	150	125	100	80	60	40	20	10											

II.10- Synthèse des travaux d'étude du comportement mécanique de sols renforcés par géotextile :

Cette synthèse présente les travaux d'étude sur le comportement mécanique des sols renforcés par des géotextiles. Depuis les années 1970, de nombreuses recherches ont été menées, notamment des essais triaxiaux, de cisaillement direct et de déformation plane sur des sols renforcés. Voici un aperçu des principales conclusions des études citées :

Brows (1977) a montré que l'ajout de géotextiles réduisait la contrainte latérale des sables renforcés lors d'essais triaxiaux, et la résistance au pic augmentait avec la proximité des disques de géotextiles.

Gray et Al-Refeai (1986) ont réalisé des essais triaxiaux sur des sables renforcés par cinq types de géotextiles différents. Ils ont constaté que le renforcement augmentait la résistance au pic, la contrainte axiale à la rupture, mais réduisait la résistance résiduelle. Pour de faibles déformations, le renforcement entraînait une perte de rigidité à la compression.

Athanasopoulos (1993) a étudié l'effet de la taille des particules sur le comportement mécanique des sables renforcés par des géotextiles. Il a constaté que le comportement dilatant dépendait du rapport d'ouverture du géotextile par rapport à la taille des particules. Les sables fins montraient une augmentation de la dilatance, tandis que les sables grossiers montraient l'effet inverse.

Krishna Swamy et Isaac (1995) ont mené des essais triaxiaux cycliques sur des sables de différentes tailles renforcés par des géotextiles tissés et non-tissés. Ils ont observé une grande résistance à la liquéfaction pour les échantillons de plus grande taille.

Haeri et al. (2000) ont réalisé 160 essais triaxiaux pour étudier l'influence de plusieurs paramètres, y compris la contrainte de confinement, le type de géotextiles, la taille des échantillons, le nombre de couches de géotextiles et l'arrangement des géotextiles. L'ajout de géotextiles a augmenté la résistance au pic et la déformation axiale à la

Chapitre II: utilisation des géotextiles dans le domaine génie civil

rupture, réduisant la résistance résiduelle. La rigidité des sables renforcés a été affectée par les caractéristiques des géotextiles.

Rajagopal et al. (1999) ont étudié l'influence du confinement des géo cellules sur le comportement mécanique des sables. Le renforcement des sables par les géocellules a augmenté la cohésion apparente, principalement au centre des échantillons renforcés.

Madhavi et al. (2007) ont analysé l'impact des types de géosynthétiques sur le comportement mécanique des sols granulaires. Le confinement par des parois **rigides** a amélioré la résistance du complexe sol-géotextile, en fonction du nombre et de la rigidité à la traction des géotextiles.

En résumé, ces études montrent que l'ajout de géotextiles améliore la résistance des sols, mais son impact peut varier en fonction de nombreux facteurs, notamment la taille des particules, le type de géotextiles et les conditions de confinement. (BOURABAH Maghnia Asmahane, 2012)

Étude menée par BOURABAH Maghnia Asmahane en 2012 a examiné l'impact de l'utilisation de géotextiles comme alternative au recours aux liants pour renforcer le sédiment dragué. En préalablement améliorant la granulométrie du sédiment par l'ajout de matériaux granulaires, cette méthode a démontré une amélioration notable des caractéristiques mécaniques, en particulier en ce qui concerne l'angle de frottement.

En 2018, Zahi a examiné trois mélanges optimaux constitués de sable de dune, de sable et d'argile pour la région de Ghardaïa. L'étude incluait l'ajout de géotextile spécifiquement destiné aux essais routiers, tels que le CBR (California Bearing Ratio) et les essais de compression simple, sur les trois mélanges optimaux composés de 30% d'argile et de 70% de sable de dunes.

Les essais mécaniques routiers ont été effectués initialement sur les trois mélanges optimaux, puis avec l'introduction de deux types de géotextiles. Le Géotextile 1 de type non tissé GÉO A 300 provenant d'une entreprise espagnole, et le Géotextile 2 de type non tissé GÉO AS30 provenant de l'entreprise AFITEX ont été utilisés.

Chapitre II: utilisation des géotextiles dans le domaine génie civil

Deux types d'essais CBR ont été réalisés, à savoir le CBR immédiat et le CBR imbibé (à 4 heures et à 4 jours). Les résultats obtenus ont montré une similitude avec ceux découverts dans l'étude d'Azzouz en 2017..

Guiraa . A et Ziane y (2022) ont employé trois types de matériaux, à savoir le ciment (type CPJ 42,5), le géotextile, et le géotextile-ciment (02, 04, 06%). Ces matériaux ont été examinés pour évaluer leur impact sur les caractéristiques de deux mélanges optimaux constitués de 70% de sable de dune et 30% d'argile provenant de différentes sources telles que Bouhraoua, d'Oued Nechou, et le sable de dune de Sebseb dans la région de Ghardaïa.

Les deux types de géotextiles comprennent le Géotextile 1 de type non tissé GÉO A 300 de l'entreprise espagnole et le Géotextile 2 de type non tissé GÉO AS30 de l'entreprise AFITEX. Deux essais de CBR ont été réalisés : le CBR immédiat et le CBR imbibé (à 4 heures et à 4 jours).

Les résultats obtenus concordent avec ceux découverts dans les études antérieures d'Azzouz en 2016 et de Zahi en 2018 pour les trois mélanges optimaux, en introduisant le géotextile pour des essais routiers tels que le CBR (California Bearing Ratio) et les essais de compression simple.

Conclusions :

En conclusion de ce chapitre sur l'utilisation des géotextiles dans les mélanges optimaux, il est clair que ces matériaux jouent un rôle significatif dans l'amélioration des propriétés mécaniques des sols. Les études examinées ont démontré de manière cohérente que l'ajout de géotextiles entraîne une augmentation de la résistance des sols, notamment en augmentant la résistance au pic et en réduisant la résistance résiduelle.

Ces effets positifs ont été observés dans diverses conditions, allant de différents types de sols à diverses méthodes de renforcement. Les géotextiles se révèlent ainsi être des solutions efficaces pour renforcer les mélanges optimaux, tels que ceux composés de

Chapitre II: utilisation des géotextiles dans le domaine génie civil

sable de dune et d'argile, offrant des avantages significatifs en termes de stabilité et de durabilité des infrastructures routières.

En outre, les études ont également souligné l'importance de prendre en compte différents facteurs, tels que la taille des particules, le type de géotextile et les conditions de confinement, pour obtenir les meilleurs résultats en termes de performance mécanique des sols renforcés.

En résumé, l'utilisation des géotextiles dans les mélanges optimaux représente une stratégie prometteuse pour répondre aux exigences de construction des infrastructures routières, en améliorant leur résistance et leur durabilité tout en offrant des solutions économiques et durables.

CHAPITER III:
Programme expérimentale des essais
physico- chimique des matériaux
Utilisés

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés

III.1-Introduction :

Ce chapitre expose les résultats des essais menés au Laboratoire des Travaux Publics du Sud à Ghardaïa (LTPS) pour l'identification des matériaux.

Dans un premier temps, la zone d'étude est définie pour expliquer la localisation des matériaux utilisés dans notre étude.

Ensuite, un programme d'essais est élaboré pour identifier le sable de Sabseb, suivi des trois argiles des régions d'Oued Nechou Les essais incluent la granulométrie, les limites d'Atterberg et le bleu de méthylène, à l'exception de l'équivalent du sable pour le sable, qui est également présenté. De plus, une classification de ces matériaux est effectuée selon les normes LCPC et la classification GTR pour les matériaux routiers fins.

III.2-présentation de la zone d'étude :

Avant d'entamer les essais routiers sur les matériaux choisis, il a été procédé à l'identité La wilaya de Ghardaïa issue du dernier découpage administratif, du territoire selon la loi n°19 - 12 du 12/11/2019. Elle est située au centre de la partie nord du Sahara, à 600 km au sud de la capitale Alger, avec une superficie de 26 165,43 km² et une population de plus de 409 660 habitants, répartis dans la figure 1, 08 daïras et 10 communes (D.S.A, 2021).

Elle se situe à 32° 23' de latitude nord, 4° 13' de latitude est et à 355 m au-dessus du niveau de la mer. Il couvre une superficie de 2220 km².

-Latitude 30° 37' Nord.

-Longitude 3° 45' Est

-Altitude 480 m

La wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200Km)
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300Km)
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla (200 Km)
- Au Sud par la Wilaya de Ménea (270Km)
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayadh (350Km) (Chikhi, 2023).

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés

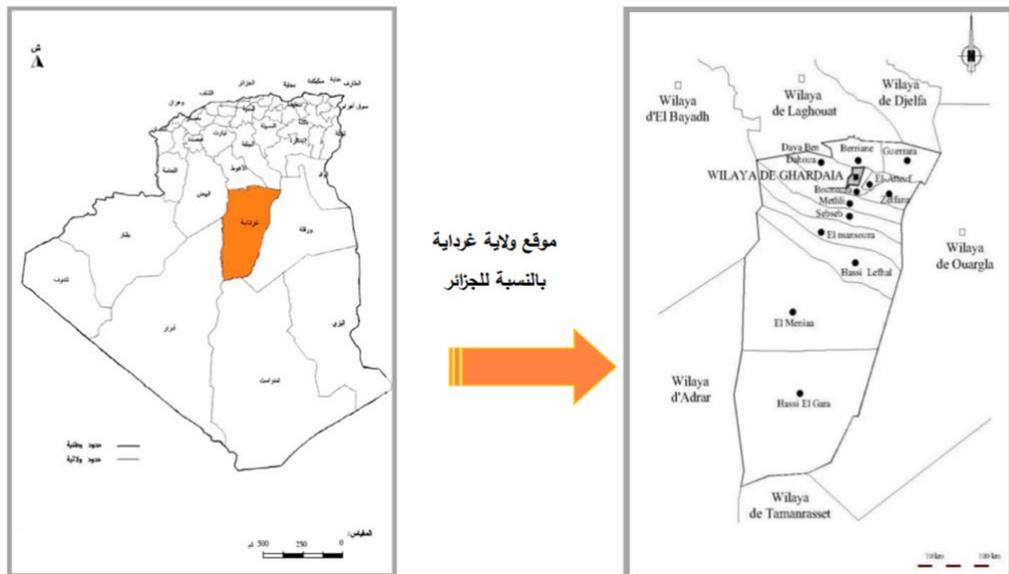


Figure III .1 : Situation géographique de la wilaya de Ghardaïa

III.2.1-Sable de dune :

Le sable utilisé est un sable de dune provenant de Sebseb, situé à 65 kilomètres au sud-est de la wilaya de Ghardaïa.



Photo III .1: Sable de dune de Sebseb.

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés

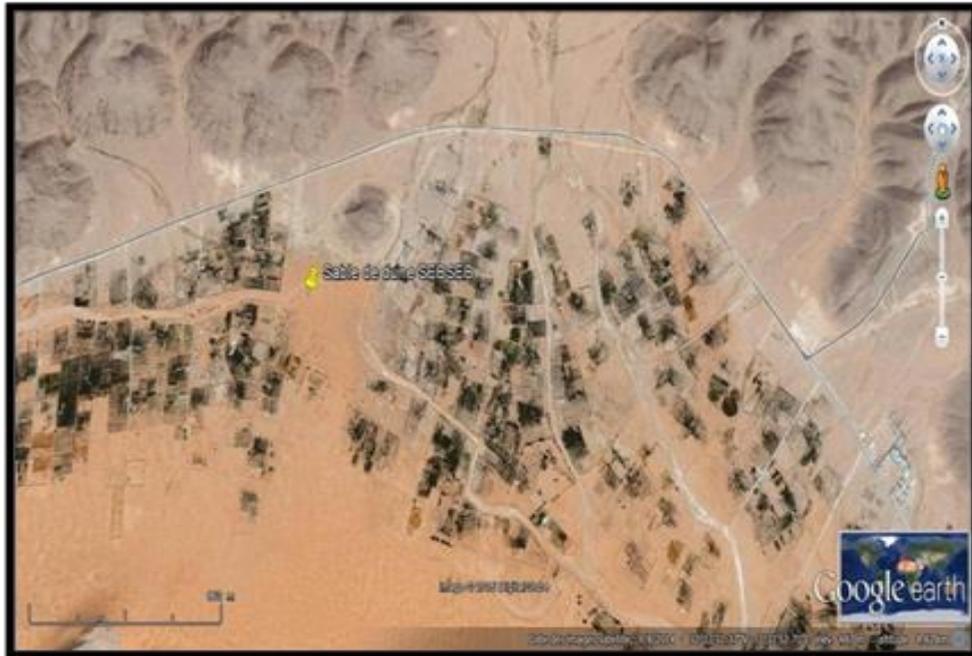


Photo III .2: Photo Google Earth de localisation de sable de dune .

III.2.2- Argile Oued Nechou :

Le matériau sélectionné a été extrait d'un site situé à 20 kilomètres au nord-ouest de la wilaya de Ghardaïa. Ce gisement se trouve à seulement 100 mètres de la RN°1.



Photo III .3: Photo Google Earth de localisation de argile de oued nechou .

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés

III.3- Essais d'identification des matériaux d'étudier :

En fonction qu'il s'agisse de sable ou d'argile, différents essais d'identification adaptés à chaque type de sol sont disponibles, ainsi qu'une analyse de l'eau, car cela est recommandé par plusieurs auteurs.

Tableau III.1 : 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.	<ul style="list-style-type: none">• Analyse chimique• Analyse granulométrique.• équivalent de sable• essai au bleu de méthylène.

III.4- Identification d'argile d'Oued Nechou :

III.4.1- Analyse chimique :

Les résultats de l'analyse chimique de l'argile étudié est résumé dans le tableau suivant :

Tableau III.2 : Analyse chimique d'argile d'Oued Nechou [14].

Caractéristique	Symboles	Unité	Argile oued nechou
Résidu insoluble	SiO ₂ +Silice	%	31,251
Sulfates	SO ₃	%	0,31
Chlorures	Cl -	%	--
Carbonate de Calcium	CaCO ₃	%	23
Matières organiques	MO	%	--

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés

D'après les résultats, nous remarquons que la silice est l'élément prépondérant. On constate aussi que le taux du gypse pour argile de Oued Nechou est 23% , donc on a d'argile calcaire .

III.4.2- Analyse granulométrique :

III.4.2.a- Analyse granulométrique par tamisage (NFP 94-056) :

L'essai se fait selon la norme NFP 94-056. Nous avons effectué cette analyse par voie humide pour l'argile . Etant donné la sensibilité du argile à l'eau, nous avons imbibé notre échantillon pendant 24h avant l'essai, cette opération permet aux mottes de se désagréger afin d'arriver aux conditions les plus défavorables de friabilité



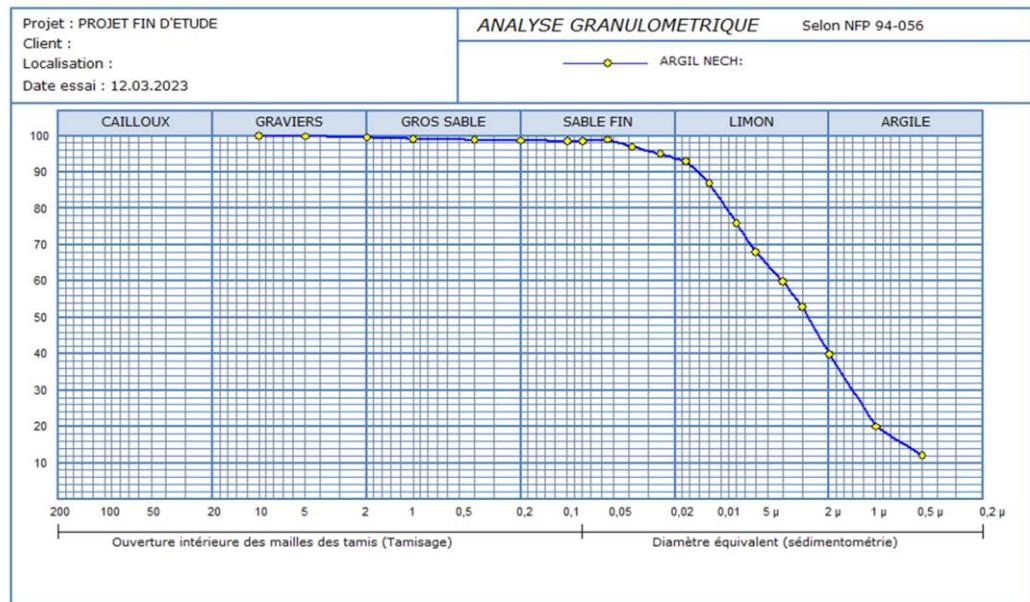
Figure III.2: les étapes d'essai Analyse granulométrique par tamisage

III.4.2. b- Analyse granulométrique par sédimentométrie (NFP 94-057) :

L'analyse granulométrique des éléments inférieurs à 63 μm est effectuée par sédimentation selon la norme NFP 94-057, où il n'est pas possible d'utiliser des tamis, et complète, donc l'analyse granulométrique par tamisage.

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

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés



Programme: Silttests 2007 ©

Grphe III.1: Courbe granulométrique d'argile d'Oued Nechou

La distribution granulométrique pour l'argile obtenue nous montre que : pour Oued Nechou

Tableau III.3 : Résultats récapitulatif de l'analyse granulométrique D'Argile oued nechou

	Argile Oued Nechou
Dmax (mm)	5
Argile (%)	40
Limon (%)	54
Sable fin (%)	5
Sable gros (%)	1
Gravier (%)	0
Cailloux (%)	0

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés

% < 2 mm	99
% < 0,08 mm	98
D10	0,5
D30	1,5
D60	4
Cu	8
Cc	1,125

Selon la distribution granulométrique, on peut dire que la courbe présente d'un sol à prédominance limono- argileux.

Également, nous obtenons des résultats identiques à ceux que vous avez découverts dans l'étude d'Azzouz en 2016.

III.4.3- Essai au Bleu de Méthylène :

Cet essai permet de mesurer la capacité des éléments fins du sol à adsorber du bleu de méthylène, cette capacité d'adsorption rend compte globalement de l'activité de surface des argiles (c à d de leur surfaces spécifiques) qu'il contient d'avantage d'argile, celle –ci traduit le début d'excès de bleu dans la suspension et donc la saturation des particules argileuses du sol.

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 :

$$VB \text{ (valeur du bleu)} = V / f$$

V : étant le volume final de solution injectée en cm³

f : poids sec des fines en grammes de la prise d'essai pour les quantités de sol Pour les quantités de sol

La surface spécifique totale :

$$SST = 20,93 \times V_{cc} \times (1/ P_s)$$

Où SST : surface spécifique (m²/g)

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

P_s : poids de matériaux sec (g)

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés

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

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

$$N = \frac{100 \text{ VS (FRACTION } \frac{O}{D})}{C2}$$

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



Photo III.4 : Essai bleu de méthylène

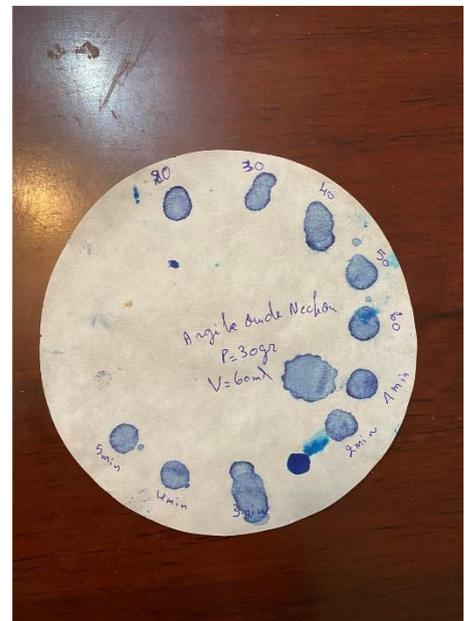


Photo III.5: résultat de bleu

Les résultats obtenus sont repris dans le tableau :

Tableau III.4: Les volumes du bleu

paramètre	Argile oued Nechou
Valeur de bleu VB (%)	2,07
Surface spécifique totale (m ² /g)	43,37

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés

Tableau III.5: Tableau de surface [23]

Argile	Sst (m ² /g)
Montmorillonite	700 – 840
Illite	65 – 100
Kaolinite	10 – 20

Tableau III.6: Valeur de bleu de quelques sols [3]

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 ce tableau au-dessus, notre l'argile classe comme un sol limoneux et sol argileux. Également, nous obtenons des résultats identiques à ceux que vous avez découverts dans l'étude d'Azzouz en 2016.

III.4.4- Teneur en carbonate de calcium de l'argile étudié :

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

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés

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

Figure III.7 : Loi de CaCO3

D'après les résultats obtenus de l'essai, la teneur en carbonate de Calcium est 23% pour l'argile d' Oued Nechou [14] .

Tableau III.7: la valeur de la teneur en CaCO3 de sol [2].

CaCO3 (%)	Dénomination
0-10	Argile ou limon
10-30	Argile calcaire
30-70	Marne
70-90	Calcaire argileuse
90-100	Calcaire

III.4.4- Limite d'Atterberg (NFP 94-051) :

L'essai est réalisé selon la norme NFP 94-051, sur la fraction inférieure à 0,4 mm. Pour la limite de liquidité nous avons utilisé la coupelle rugueuse.

Le (tableau III .8) présente les résultats de l'essai de limites d'Atterberg. A partir de ces résultats et selon la classification des sols en fonction de l'indice de plasticité (SETRA-LCPC 1992) (tableau III-8), argile d'oued Nechou est classé comme matériaux argileux.

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés

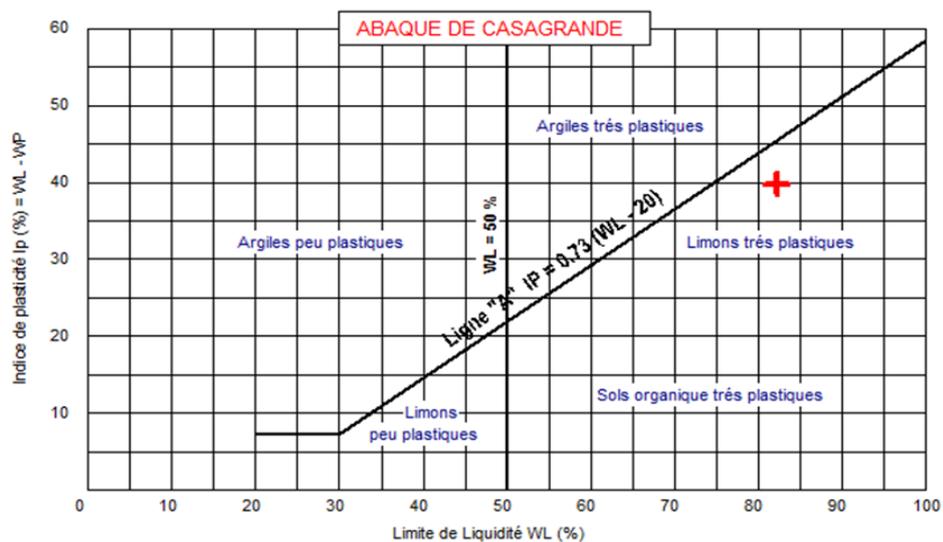
Tableau III.8: Valeur de limites d’Atterberg

Les Limite d’Atterberg	Résultat (%)
Limite de liquidité: wl (%)	82 ,19
Limite de plasticité: wp (%)	42 ,41
Indice de plasticité: IP (%)	39,78

Tableau III.9: Classification des sols en fonction de l’indice de plasticité (SETRA-LCPC 1992).

Indice de plasticité	Caractéristique
$IP \leq 12$	Faiblement argileux
$12 < IP \leq 25$	Moyennement argileux
$25 < IP \leq 40$	Argileux
$IP > 40$	Très argileux

La positionnement du mélange par rapport au diagramme de Casagrande (figure III.8) montre que notre matériau est positionné au-dessus de la ligne A ,se classe comme limons très plastiques .



Graphe III.2: Classification de l’argile étudiée selon l’abaque de Casagrande

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés

III.5-Identification de sable de dune :

III. 5.1-Analyse chimique :

Les mêmes analyses effectuées sur les argiles, ont été appliquées aux sables, et les résultats sont résumés dans le tableau :

Tableau III.10 : Analyse chimique de sable de dune [14].

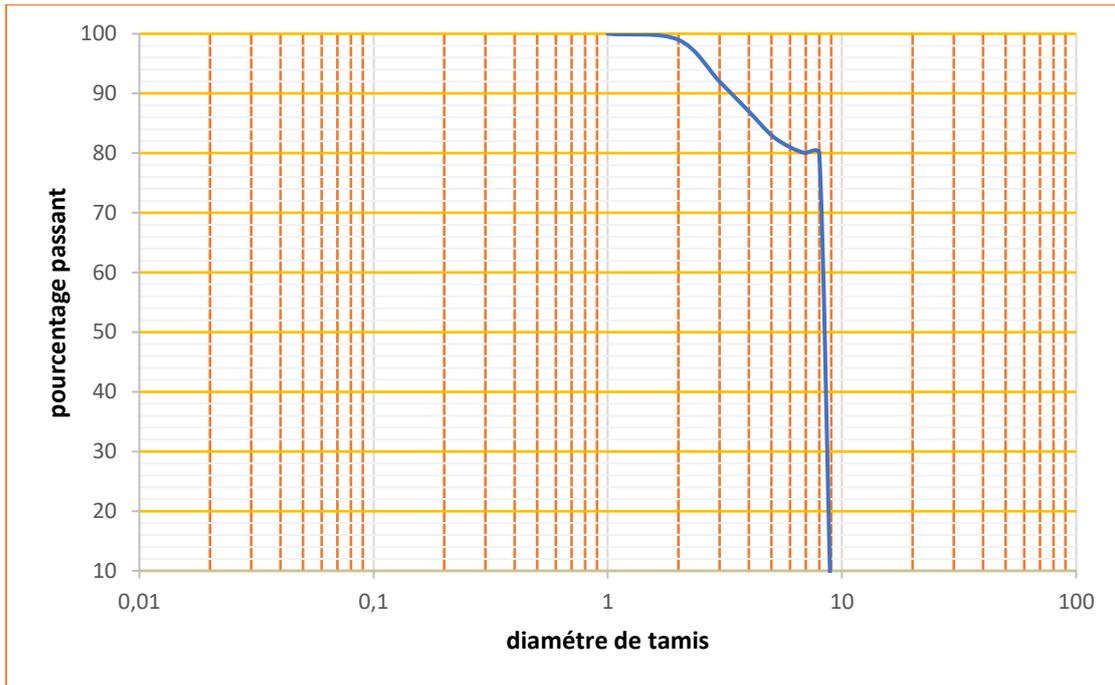
	Symboles	Unité	Sable de dune
Résidu insoluble	SiO ₂ +Silice	%	88.91
Sulfates	SO ₃	%	3.09
Chlorures	Cl -	%	0.023
Carbonate de Calcium	CaCO ₃	%	03
Matières organiques	MO	%	-----

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. 5.2-Analyse granulométrique (NF P94-056 et NF P94-057):

les grosses particules qui sédimentent et les éléments fins qui restent en suspension. 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 les sable de dune.

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés



Graphe III.3 : courbe granulométrie de sable de dune

III. 5.3-Essai d'équivalent de sable (NFP 18-598) :

L'essai est réalisé selon la norme NFP 18-598. Il consiste à séparer, dans une éprouvette, au moyen d'une solution lavant,



Photo III.6 : Essai d'équivalent de sable

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés

Tableau III.11: la valeur de d'équivalent de sable (ES) de sable de dune [14]

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
poids volumique solide	γ_s (g/cm ³)	1.55

III.5.4- Essai au Bleu de Méthylène :

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 %) [14].

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés

III.6-Récapitulatif des essais d'identification sur le sable de dune et Argile

D'oued Nechou :

Tableau III.12: Récapitulatif des essais d'identification sur le sable de dune [14].

Essais		Sable de dune
Granulométrie	Cu	1.5
	Cc	1,04
	LCPC	SB
Bleu de méthylène	SST (m ² /g)	0.84
	classification	ment non argileux
Equivalent de sable	ES (%)	76
	Degré de propreté	Propre
Masse volumique solide	γ_s (g/cm ³)	1.55

Tableau III.13: Récapitulatif des essais d'identification sur argile d' Oued Nechou

	Argile Oued Nechou
Analyse granulométrique	
Dmax (mm)	5
% < 2 mm	99
% < 0,08 μ	98
Cu	8
Cc	1,125
Les limites d'Atterberg	
wL (%)	82,19
wp (%)	42,41
IP (%)	39,78
CaCO3 (%)	23
Bleu méthylène VB	2,07

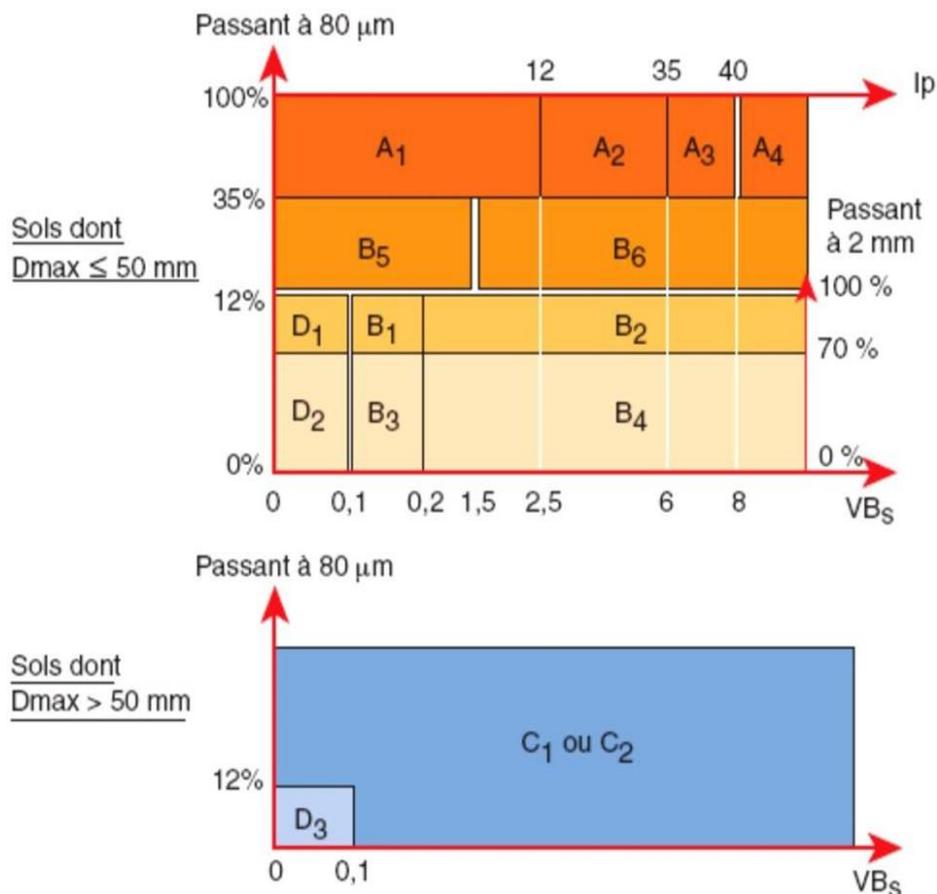
Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés

III.7-Classification du sol selon le GTR (NF- P 11-300) :

L'utilisation des terres en remblai est d'abord directement liée à leur classification et à leur comportement lors de leur mise en place.

Le **GTR 92** (Guide des Terrassements Routiers, Réalisation des remblais et des couches de forme, **LCPC, SETRA**, 1992) et la norme quine découle **NF- P 11-300**(septembre 1992) proposent une classification des matériaux utilisables dans la construction des remblais et des couches de forme d'infrastructures routières.

Le premier critère d'identification des sols est la granulométrie. En effet, pour des raisons techniques telles que le malaxage, un seuil à 50 mm a été établi. Il permet de distinguer : les sols constitués de particules de diamètre inférieur ou égal à 50 mm ; il s'agit des sols de type A, B, D. Ces sols correspondent aux sols fins ; les sols constitués de particules de diamètre supérieur à 50 mm qui correspondent aux sols C, D.



Graphe III.4: Classification des sols fins selon GTR.

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés

Tableau III-14: Classification GTR (SETRA-LCPC 1980)

Classe	Définition
A	Sols fins (limons, argile, ...)
B	Sols sableux ou graveleux avec fines (sables et graves argileuses,...)
C	Sols comportant des fines et des gros éléments (alluvions, grossières,...)
D	Sols insensibles à l'eau avec fines (sables et graves propres,...)

La classification des sols fins est basée sur la teneur en argile et la granulométrie du sol :

- ✓ VBS : Capacité d'adsorption par le bleu de méthylène ;
- ✓ IP : Indice de plasticité par la méthode des limites d'Atterberg ;
- ✓ Passant à 80 μm et à 2 mm : pourcentage de particules fines passant aux tamis de 80 μm et 2mm.

Classification du sol étudiés de Ghardaïa selon classification GTR (cas des sols fins) :

- **Argile Oued Nechou**

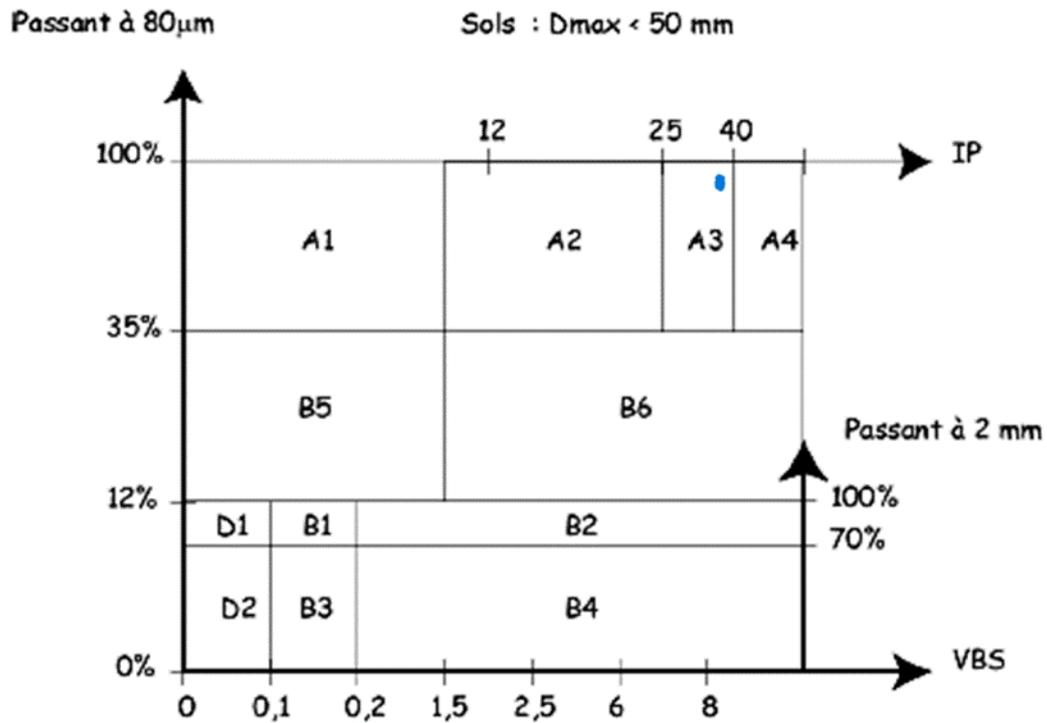
$D_{\text{max}} < 50 \text{ mm}$;

Passant à 80 μm = 35% ;

$I_p > 12\%$;

Donc selon ces valeurs des caractéristiques géotechniques la classification de notre matériau est **A3** sachant que la classe **A3** est « Sols fins) » .

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés



Graphe III-5: Graphe Classification des sols fins selon GTR pour l'argile d'oued Nechou

Après avoir analysé les essais d'identification des argiles, on a conclu que le sol d'Oued Nechou est catégorisé selon le GTR dans la classe A3, tel que présenté dans le Graphe III-4 de la Classification des sols fins selon le GTR pour l'argile d'Oued Nechou.

Chapitre III : Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés

tableau récapitulatif des essais d'identification et comparaison de la classification des sols fins selon GTR

Tableau III-12: Caractéristique du sable de dune et de l'argile oued nechou

	Matériaux		GTR	Remarques *
	Argile Oued Nechou	Sable de dune Sebseb		
<i>Analyse granulométrique</i>				
Dmax (mm)			< 50	
% < 0,425 mm				
% < 80 µm			<35	
Cu		1.5		
Cc		1.04		
<i>Les limites d'Atterberg</i>				
Wl (%)	82.19			
Wp (%)	42.91		<12	
IP (%)	39.78			
<i>Equivalent de sable</i>				
Es (%)		76		
<i>Valeur de bleu</i>	2.07	0.84	< 1,5	
VB				
<i>Analyse Chimique</i>				
Insolubles (%)	31.25	88.91		
CaCO3(%)	23	3		

Chapitre III : *Programme expérimentale des essais physico- chimique des matériaux Utilisés*

III.8-CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons étudié les caractéristiques des sols composés de sable et d'argile en effectuant des expériences physico-chimiques utilisées dans la classification des sols. Parmi ces essais, nous avons réalisé l'essai équivalent de sable, l'analyse granulométrique, la limite d'atterberg, l'essai au bleu de méthylène, etc.

En se basant sur les valeurs obtenues pour ces caractéristiques géotechniques, Enfin, nous avons classé notre matériau selon la classification du Guide Technique des Routes (GTR).

CHAPITER IV :
Renforcement de la portance et
résistance simple d'un mélange
sable-argile avec trois géotextiles

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles

IV.1-Introduction :

Dans ce chapitre, nous avons étudié le mélange optimal composé de 70% de sable de dune et 30% d'argile de l'Oued Nechou de la wilaya de Ghardaïa, en nous basant sur les travaux de doctorat d'Azzouz F.Z.Z. (2017). Notre objectif était d'évaluer l'influence de trois types de géotextiles sur ce mélange optimal en termes de portance du sol (CBR immédiat) et de résistance à la compression à différents intervalles de temps (3 jours / 7 jours / 28 jours), afin de déterminer quel type de géotextile offre les meilleures performances en termes d'indice de CBR et de résistance à la compression.

Les trois types de géotextiles utilisés étaient les suivants :

Géotextile 1 : type non tissé GEOAS 300, fabriqué en Espagne.

Géotextile 2 : type non tissé GEO AS30, fabriqué par AFITEX.

Géotextile 3 : type tissé GEO AS50, également fabriqué par AFITEX.

nous étudie l'influence des trois types de géotextile pour un mélange optimal de (70% Sable de dune et 30% argile de l'Oued Nechou) sur la portance du mélange de la chaussée CBR immédiat et sur la résistance de compression pour l'application dans le domaine routier.

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 sol et influence du nombre du fibre géotextile sur nos échantillons.

IV.2-Préparation des échantillons de mélange optimal :

L'échantillon de sable et les argiles sont desséchés, 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.

La préparation des échantillons est faite pour la détermination concomitante des caractéristiques de compactage et l'indice CBR immédiat.

L'échantillon de sable et argiles est desséché, ensuite pulvérisé . L'échantillon de argiles et éventuellement tamisé à un tamis d'ouverture égale

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles

à 5 mm est répandu dans un bac d'homogénéisation, ensuite l'échantillon est parts identique dans chaque part $M = 5500$ g.



PhotoIV.1 : observation de l'argile sous forme rocheuse.



Photo IV.2 : relèvement de l'échantillon et mise en sachets.



Photo IV.3 : Utilisation de l'appareil de broyage pour réduire les roches d'argile en particules.

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles



Photo IV.4 : Résultat du premier processus de broyage.



Photo IV.5 : Tamisage des particules avec un tamis d'ouverture de 2 mm..



Photo IV.6: Visualisation du résultat final de l'échantillon d'argile d'Oued Nechou.

IV.3- Essai Proctor Modifié PM NF P 94-093 :

Il est fait suivant la norme NF P 94-093. Il consiste à compacter dans un volume donné (moule CBR) un certain nombre d'échantillons (la fraction de 0/20 mm) à différentes teneurs en eau ω_i et à un même niveau d'énergie de compactage de 2472 kJ/m³.

IV.3.1- Préparation des échantillons :

Dans notre étude, nous nous sommes appuyés sur les conclusions issues de la formule optimale établie à partir des essais de proctor modifiés menés dans le cadre des travaux de doctorat d'Azzouz Fatima Zohra (2017), qui consiste en un mélange de "70% de sable de dune + 30% d'argile".

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles



Photo IV.7: Insérer le mélange dans un bag .



Photo IV.8: Agiter le mélange.



Photo IV.9: Le mélange optimal est prêt.

IV.3.2- les résultats d'essais de Proctor modifié :

Les courbes Proctor (figure IV.1) et la représentation graphique de la variation de la densité sèche en fonction de la teneur en eau. Elle permet de déterminer la teneur en eau optimale ω_{opt} donnant la densité sèche maximale γ_{dmax}



Photo IV.1 : Compactage du matériau dans le moule de Proctor modifié

Dans la pratique la densité maximale obtenue correspond à celle que permettant d'obtenir Les compacteurs modernes pour le compactage des matériaux à leur humidité optimale utilisés dans des routes.

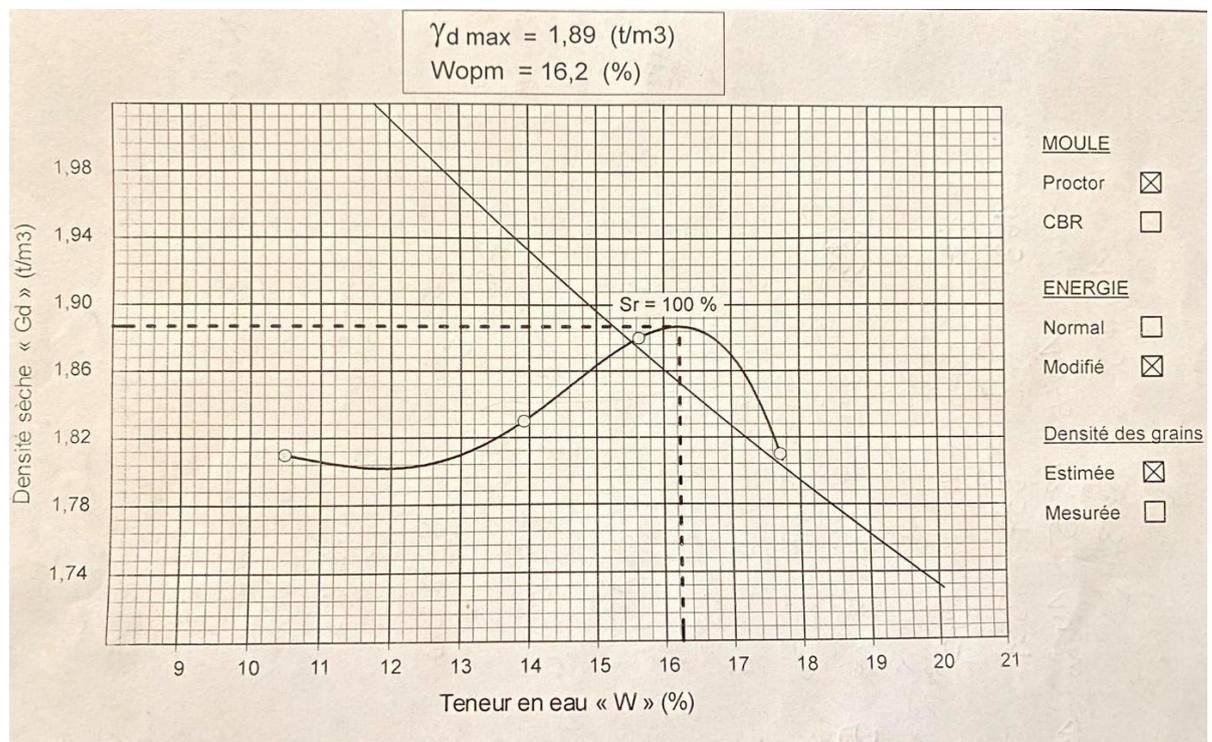
Tableau IV.1 : Résultats de la densité de l'essai de Proctor modifier pour un mélange optimal de (70% Sable de dune Sabseb et 30% argile Oued Nechou)

P d'eau (%)	12	14	16
PT humide (g)	7999	8543	8658
P moule (g)	3678	4030	4220
P sol humide(g)	4321	4513	4438
P sol sec (g)	3994,26	4171,75	4102,42
V moule (m3)	2104	2104	2104
Densité sèche	1.83	1.88	1.81

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles

Tableau IV.2 : Résultats de la teneur eau de l'essai de Proctor modifié pour un mélange optimal (de 70% Sable de dune Sabseb et 30% argile Oued Nechou)

W eau (%)	12		14		16	
N tare	X2	Sb	T2	T1	S2	X9
PT humide (g)	530	603	648	983	714	674
PT sec (g)	484	556	590	879	628	595
P tare (g)	147	225	225	203	146	146
P eau (g)	46	47	58	104	86	79
P sol sec (g)	337	331	365	676	482	449
Teneur en eau	13,65	14,2	15,89	15,38	17,84	17,59
Moyenne	13,92		15,63		17,71	



Graphé IV.1: Courbe Proctor d'échantillon mélange optimal (de 70% Sable de dune Sabseb et 30% argile Oued Nechou)

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles

Le mélange sable de dune/argile Oued Nechou présente une densité sèche maximale de l'ordre de **1,89 t/m³** correspondant à une teneur en eau optimale de l'ordre de **16,2 %**.

Les différents auteurs ayant réalisé des essais de ce type s'accordent sur les constatations suivantes (COLOMBIER. G. 1988) :

- Les densités sèches maximales sont en général comprises entre 1,7 et 2 t/m³, les valeurs inférieures à 1,6 t/m³ dénotent d'une altération de l'encroûtement, et d'un matériau calcaire trop fin;
- Les teneurs en eau optimales sont très variables, mais en général élevées, et comprises entre 8 et 15% elles peuvent atteindre ou dépasser parfois 20%;
- Les densités les plus faibles correspondent aux teneurs en eau les plus élevées;
- Les courbes OPM sont relativement plates pour les tufs non plastiques ($I_p < 5$); la densité optimale est peu influencée par la variation de la teneur en eau;
- La présence d'argile ($I_p > 10$) conduit à des courbes pointues, la densité chute fortement lorsque l'on s'écarte de la teneur en eau optimale

Donc d'après l'étude de COLOMBIER. G. 1988 nous résultat est valable

IV.4- Les essais CBR Norme NF P 94- 078:

IV.4.1- But de l'essai :

L'essai CBR (California Bearing Ratio test) est un essai de portance (aptitude des matériaux à supporter les charges) des remblais et des couches de formes compactées des ouvrages routiers.

Il s'agit de déterminer expérimentalement des indices portants (IPI, CBR) qui permettent

- d'établir une classification des sols (GTR)
- d'évaluer la traficabilité des engins de terrassement (IPI)

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles

- déterminer l'épaisseur des chaussées (CBR augmente \Rightarrow épaisseur diminue)

IV.4.2- Principe de l'essai :

La charge apportée par le pneu sur la chaussée poinçonne le sol de fondation. Ce poinçonnement est d'autant plus petit que l'épaisseur de la chaussée est grande.

P: pression appliquée par le pneumatique sur le sol de fondation.

S: surcharge simulant l'action de la chaussée qui s'oppose au déplacement vertical du sol de fondation lors de l'action du pneu.

On peut reproduire ce phénomène en compactant le matériau dans les conditions de l'essai Proctor dans un moule CBR puis en mesurant les forces à appliquer sur un poinçon cylindrique pour le faire pénétrer à vitesse constante dans une éprouvette de ce matériau.

Afin de pouvoir définir les caractéristiques mécaniques apportées par la présence du géotextile comme un autre mode de renforcement pour notre sol d'étude, nous avons cherché à tester d'un côté l'introduction du géotextile à différents états de compacité dans le sol étudié et d'un autre côté le type d'appareillage d'essai le plus adapté.

IV.4.3- les Géotextiles utilisés :

Les applications du géotextile tissé et non tissé dans le renforcement des chaussées routières sont multiples, on a utilisé trois types de géotextiles selon la disponibilité commerciale petit quantité (Photo IV.12.13.14) :



Photo IV.10: Geo 1



Photo IV.11: Geo 2

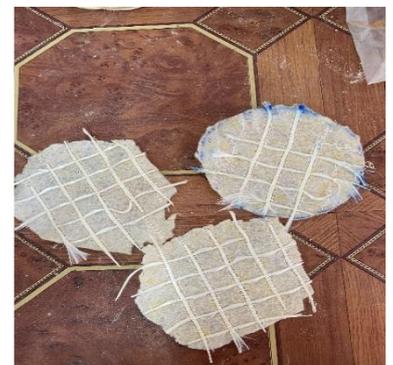


Photo IV.12: Geo 3

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles

Le premier géotextile PP TC 300 non tissé produit avec fibres en polypropylène résistant aux UV aiguilleté et thermo calandré pour les applications routière et autre circulation exporte d'Espagne par l'entreprise de hasnaoui à(Sidi belabes) [2] .

Le second est constitué géotextile AS30 non tissé produit avec fibres courtes haute ténacité 100% en polypropylène AS33 tissé produit avec une grille assurer par l'entreprise AFITEX Algérie. Pour application routière [3].

Le troisième géotextile AS tissé tricote produit avec fibres courtes haute ténacité 100% en polypropylène AS tissé tricote produit avec une grille assurer par l'entreprise AFITEX Algérie. Pour application routière.

Le tableau présente les caractéristiques physiques et mécaniques du géotextile utilisé selon les fiches techniques.

Tableau IV-4 : les caractéristiques physiques et mécaniques du géotextile utilisé [2]

Caractéristiques physiques	Normes	Unités	GEO PP TC 300	GEO AS30	GEO AS50
Masse spécifique	EN-ISO 9864	g/m ²	600	300	300
Épaisseur sous 2 kpa	EN-ISO 9865-1	Mm	2,6	1,7	1,7
Caractéristiques Mécaniques					
Resistance à la traction	EN-ISO 103-19	KN/m	42- 48	23-30	23-30
Resistance a la poinçonnement CBR	EN-ISO 122-36	KN	7,5	3,4	3,4
Caractéristiques Hydrauliques					
Perméabilité Normale au plan	EN-ISO 110-58	m/sec	0,007	0,04	0,04
Ouverture de Filtration	EN-ISO 129-56	µm	60	65	65

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles

IV.4.4- Résultat d'essai de CBR immédiat:



Photo IV.13: Appareille de presse CBR

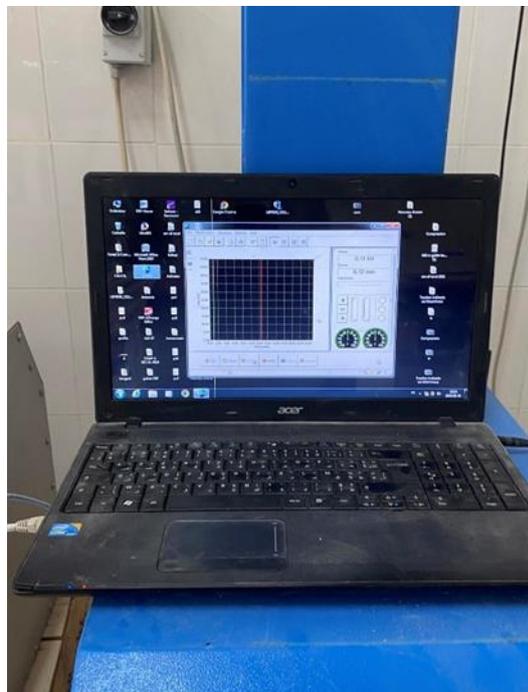


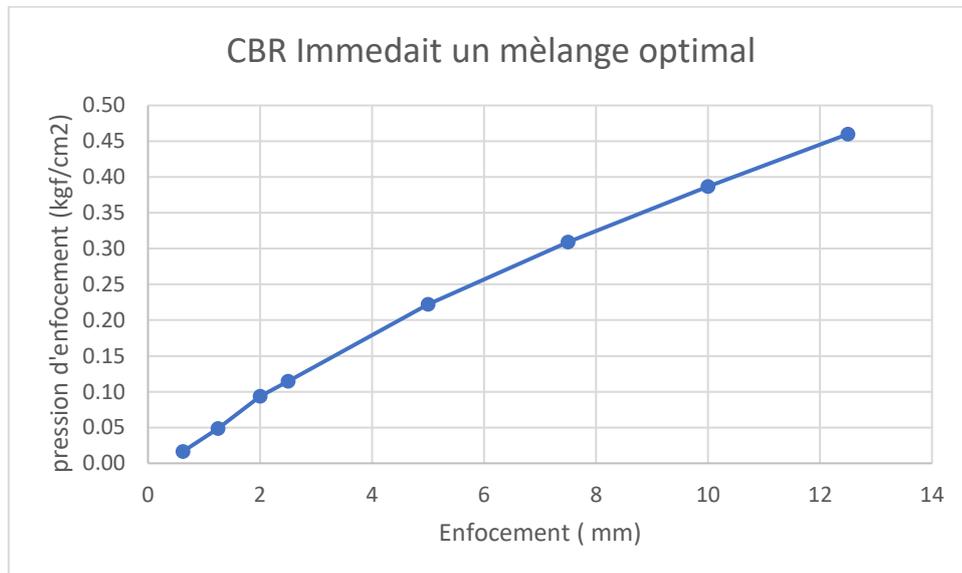
Photo IV.14: Logiciel de courbe CBR

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles

IV.4.4.a- Résultats de CBR immédiat un mélange optimal :

Tableau IV.3: Résultats de enfoncement de l'essai CBR immédiat un mélange optimal

Temps	Enfoncement			Pression
	mm	lecture	Valeur	Kgf/Cm2
0' 30"	0,625	0,32	32,64	1,66
1' 40"	1,25	0,932	95,06	4,84
2' 00"	2	1,8	183,60	9,36
4' 00"	2,5	2,2	224,40	11,43
6' 00"	5	4,275	436,05	22,22
8' 00"	7,5	5,942	606,08	30,88
10' 00"	10	7,443	759,19	38,68
12' 00"	12,5	8,85	902,70	46,00



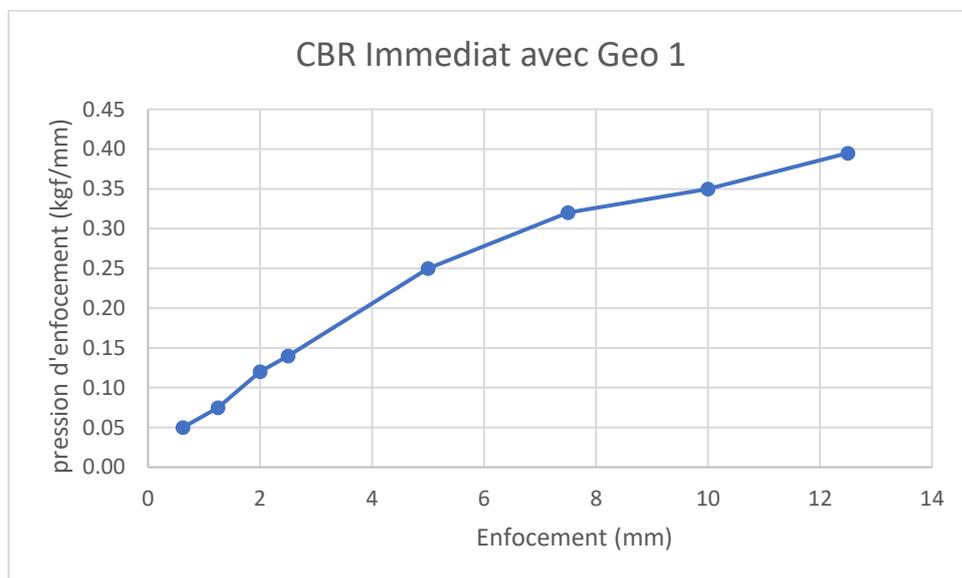
Graphe IV.2: CBR Immédiat un mélange optimal

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles

IV.4.4.b- Résultats de CBR immédiat un mélange optimal avec ajout Geo1:

Tableau IV.4: Résultats de CBR immédiat un mélange optimal avec ajout Geo1

Temps	Enfocement			Pression
	mm	lecture	Valeur	Kgf/Cm2
0' 30"	0,625	0,202	20,60	5,00
1' 40"	1,25	0,244	24,89	8,30
2' 00"	2	0,295	30,09	12,00
4' 00"	2,5	0,314	32,03	14,20
6' 00"	5	0,462	47,12	25,00
8' 00"	7,5	0,576	58,75	32
10' 00"	10	0,706	72,01	36,00
12' 00"	12,5	0,827	84,35	39,50



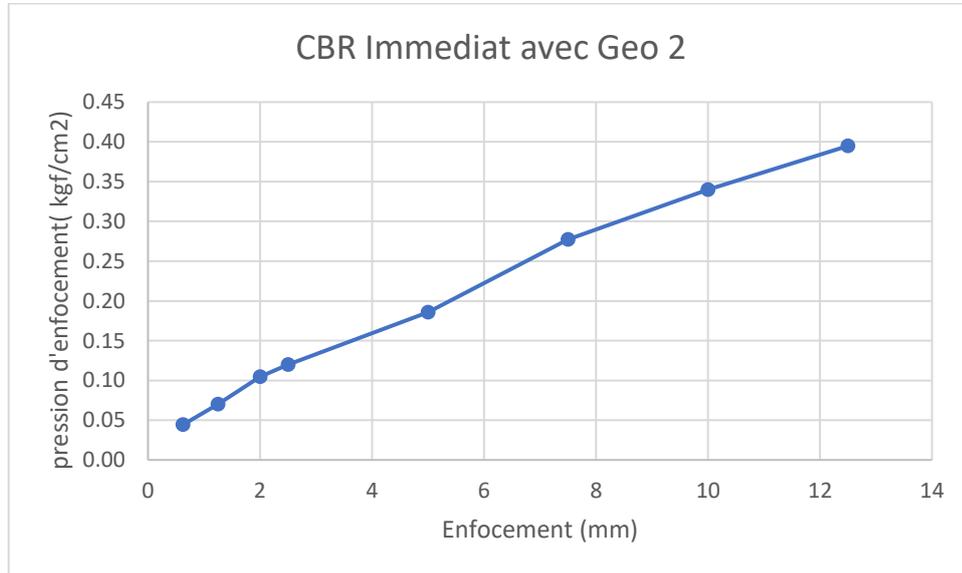
Graphe IV.3: CBR Immédiat un mélange optimal avec Geo 1

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles

IV.4.4.c- Résultats de CBR immédiat un mélange optimal avec ajout de Geo2:

Tableau IV.5: Résultats de CBR immédiat un mélange optimal avec ajout de Geo2

Temps	Enfocement		Valeur	Pression Kgf/Cm2
	mm	Lecture		
0' 30"	0,625	0,853	87,01	4,43
1' 40"	1,25	1,352	137,90	7,03
2' 00"	2	2,012	205,22	10,46
4' 00"	2,5	2,305	235,11	11,98
6' 00"	5	3,573	364,45	18,57
8' 00"	7,5	5,334	544,07	27,72
10' 00"	10	6,538	666,88	33,98
12' 00"	12,5	7,598	775,00	39,49



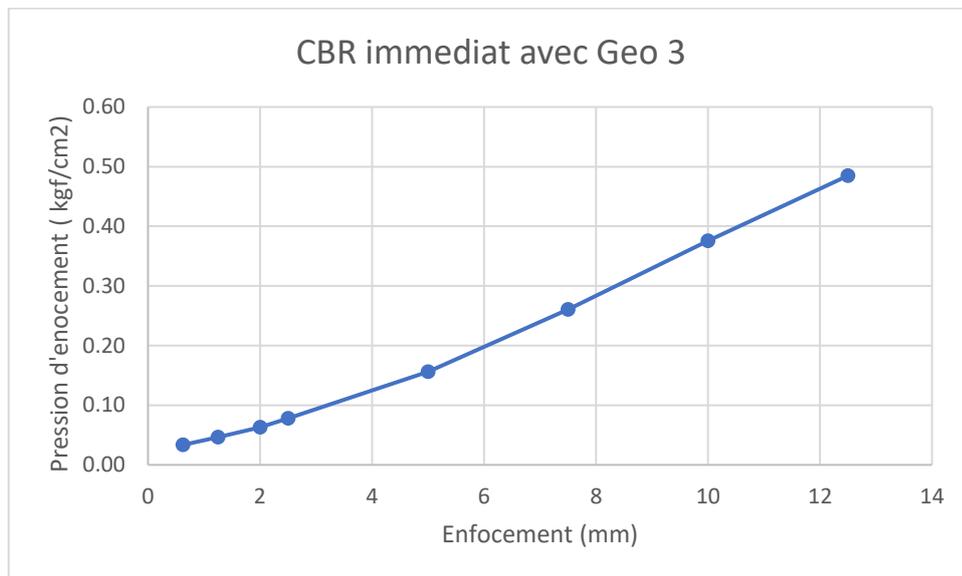
Graphe IV.4: CBR Immédiat un mélange optimal avec Geo 2

IV.4.4.d- Résultats de CBR immédiat un mélange optimal avec ajout de Geo 3:

Tableau IV.6: Résultats de CBR immédiat un mélange optimal avec ajout de Geo3

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles

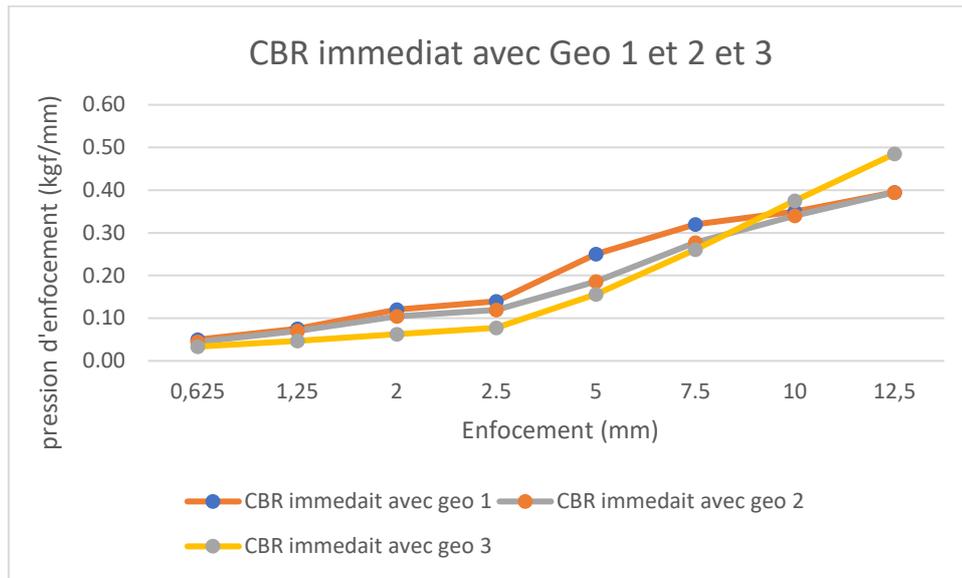
Temps	Enfocement			Pression
	mm	lecture	Valeur	Kgf/Cm2
0' 30"	0,625	0,644	65,69	3,35
1' 40"	1,25	0,897	91,49	4,66
2' 00"	2	1,209	123,32	6,28
4' 00"	2,5	1,499	152,90	7,79
6' 00"	5	3,003	306,31	15,61
8' 00"	7,5	5,013	511,33	26,05
10' 00"	10	7,227	737,15	37,56
12' 00"	12,5	9,329	951,56	48,49



Graphique IV.5: CBR Immédiat un mélange optimal avec Geo 3

IV.5- Comparaison entre les trois Résultats de CBR immédiat un mélange optimal avec ajout des Geo1, Geo2 et Geo3:

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles



Graphé IV.6: Comparaison entre Résultats CBR Immédiat du mélange optimal utilise avec trois types de géotextiles

Tableau IV.7: Résultats de CBR immédiat un mélange optimal avec trois types de géotextiles

% argile	W %	Sans geo	Geo 1	Geo 2	Geo 3
30% argile + 70% sable	16,2	22,22	24,27	18,57	26,18

D'après les résultats de tableaux On a trouvé que les résultats CBR Immédiat du mélange utilisent avec trois types de géotextiles. Le géo3 donne une meilleure valeur de indice est de 26,18 %, puis le géo1 est de 24,27 % et a valeur moins de géo3 est de 18.577 %.

IV.6-Essai de compression simple: (Norme NF P94-74) :

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles

C'est un essai empirique, introduit pour les matériaux locaux pour la première fois par

FENZY (1957), il est réalisé sur tous les matériaux sahariens sur la fraction 5 mm. Le compactage à l'OPM est effectué à la presse et les éprouvettes démoulées (5 cm de diamètre et de 10 cm de hauteur) sont séchées, soit à l'étuve à 60°C pendant 48h, ou bien conservées à l'air libre. Le matériel est constitué essentiellement d'une presse hydraulique et d'éléments pour confectionner les éprouvettes (moule, contre moule, piston inférieur, pièce d'espacement, piston supérieur, et cylindre de démoulage) [15].



Photo IV.15: Eléments pour la confection d'éprouvette cylindrique

Le matériau est malaxé manuellement, les éprouvettes de forme cylindrique ($\varnothing = 5\text{cm}$; $h = 10\text{cm}$) sont confectionnées statiquement à la teneur en eau W_{opt} et la densité $\gamma_d \text{ max}$

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles



Photo IV.16: Mélange d'échantillon moule

photo IV.17: Remplissage du moule

IV.6.1- Résultats sur la résistance à la compression:

On mesure la résistance des éprouvettes des argiles et sable de dune de la région de Ghardaïa compactées à la compression après la sec, les éprouvettes ont été soumises à un effort de compression appliqué parallèlement à l'axe du cylindre.



Photo IV.18: Éprouvette des échantillons soumise à l'essai de compression.

IV.6.1. a- Résultats de la résistance à la compression un mélange optimal :

Tableau IV.8: Résultats de la résistance à la compression un mélange optimal

Site	Argile %	Sans geo
Oued Nechou	30	8,15

IV.6.1.b- Résultats de la résistance à la compression un mélange optimal avec Geo1 :



Photo IV.19: résistance de compression avec Geo 1 en 01 fibre

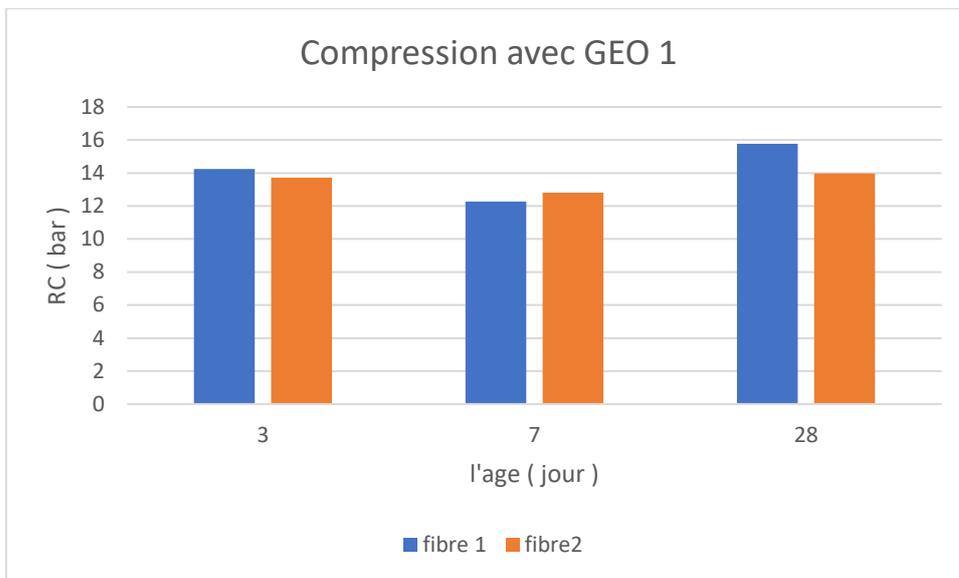


Photo IV.20: résistance de compression avec Geo 1 en 02 fibres

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles

Tableau IV.9: résistance de compression avec géotextile 1 en 01 fibre et 02 fibres à différents âges

	03js	07js	28js
Fibre 1	14,25	12,27	15,77
Fibre 2	13,73	12,81	13,98



Graphes IV.7: la résistance de compression avec Geo 1 en 01 fibre ET 02 fibres à différents âges.

- On trouve que les résultats de résistance à 3 jours fibre 01 plus grande que fibre 02 (fibre 1 = 14,25 bar / fibre 2 = 13,73 bar).
- On trouve que les résultats de résistance à 7 jours fibre 01 plus petits que fibre 02 (fibre 01 = 12,27 bar / fibre 02 = 12,81 bar).
- Mais pour 28 jours la résistance fibre 01 plus grande que fibre 02 (fibre 01 = 15,77 bar / fibre 02 = 13,98 bar).

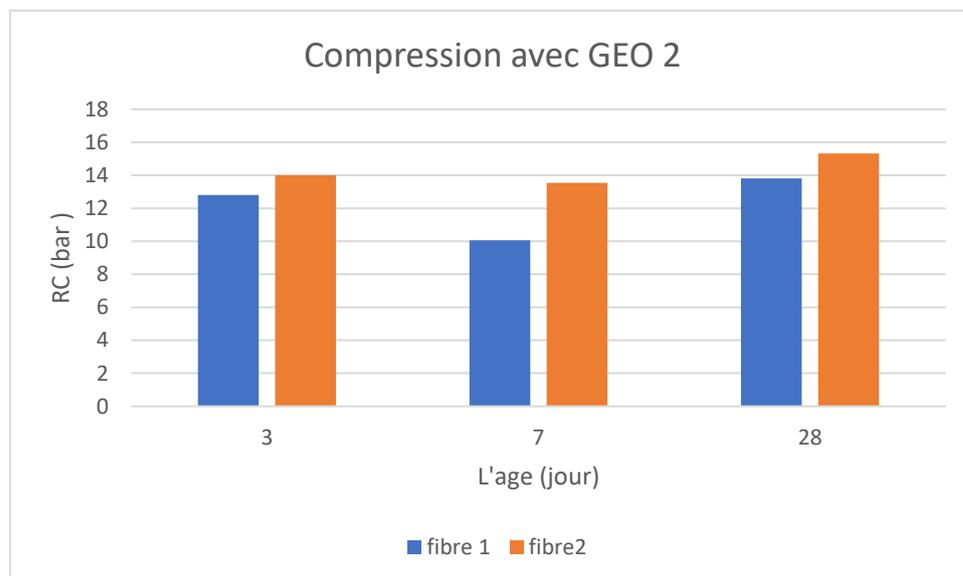
IV.6.1.c- Résultats de la résistance à la compression un mélange optimal avec Geo 2:



Photo IV.21: Résistance de compression avec Geo 2 en 01 fibre et 02 fibres

Tableau IV.10: Résistance de compression avec Geo 2 en 01 fibre et 02 fibres à différents âges.

	3js	7js	28js
Fibre 1	12,81	10,05	13,81
Fibre 2	14,01	13,54	15,32



Graphe IV.8: la résistance de compression avec Geo 2 en 01 fibre et 02 fibres à différents âges

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles

- On trouvé que les résultats résistance à 3 jours fibre 01 plus moins à fibre 02 (fibre 1= 12,81 bar / fibre 2 = 14,01 bar).
- On trouvé que les résultats résistance à 7 jours fibre 01 plus moins à de fibre 02 (fibre 01 = 10,05 bar / fibre 02 = 13,54 bar).
- Mais pour 28 jours la résistance fibre 01 plus moins à fibre 02
(Fibre 01 = 13,81 bar / fibre 02= 15,32 bar).

IV.6.1.d- Résultats de la résistance à la compression un mélange optimal avec Geo 3:

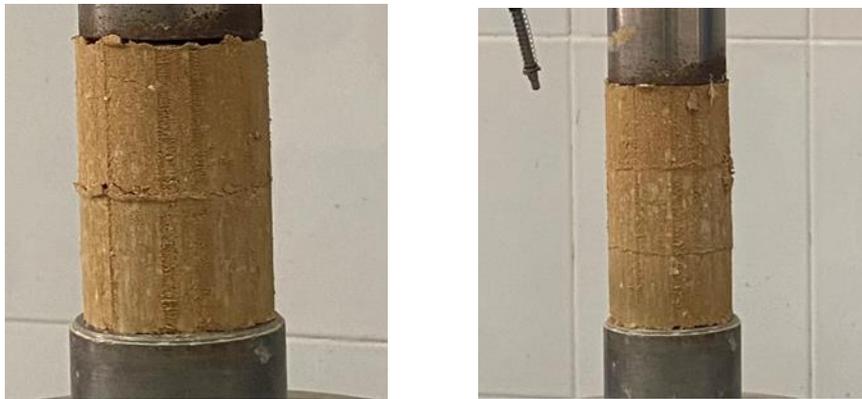
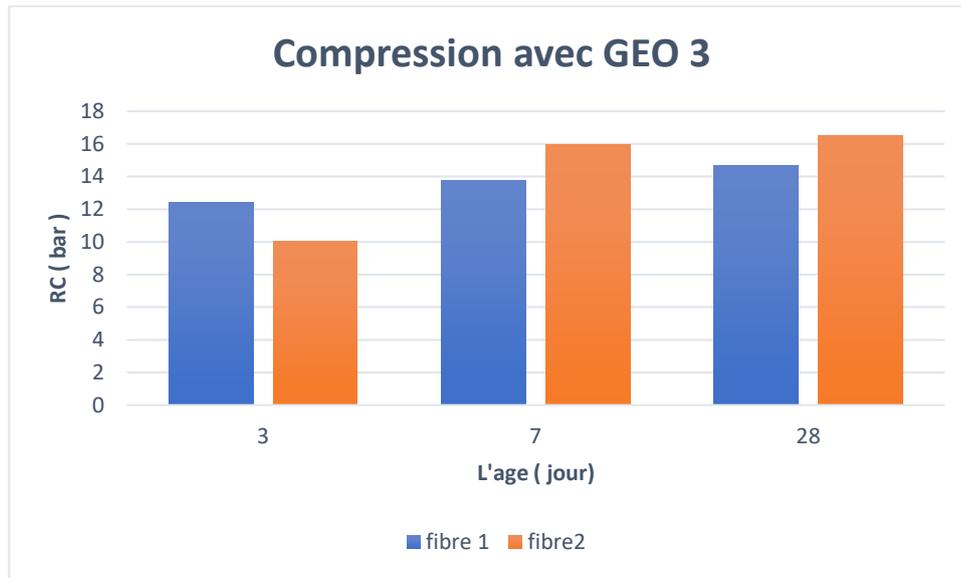


Photo IV.22: Résistance de compression avec Geo 3 en 01 fibre et 02 fibres

Tableau IV.11: Résistance de compression avec Geo 3 en 01 fibre et 02 fibres

	03 js	07js	28js
Fibre 1	12,41	13,74	14,66
Fibre 2	10,04	15,94	16,5



Graphe IV.9: la résistance de compression avec Geo3 en 01 fibre et 02 fibres à différents âges.

- On trouvé que les résultats résistance à 3 jours fibre 01 plus grand à fibre 02 (fibre 1= 12,41 bar / fibre 2 = 10,04 bar).
- On trouvé que les résultats résistance à 7 jours fibre 01 plus moins à de fibre 02 (fibre 01 = 13,74 bar / fibre 02 = 15,94 bar).
- Mais pour 28 jours la résistance fibre 01 plus moins à fibre 02 (fibre 01 = 14,66 bar / fibre 02= 16 ,5 bar).

Tableau IV.12: résistance de compression de mélange optimal avec trois types des géotextiles en 01 fibre ET 02 fibres à différents âges

	Geo 1		Geo 2		Geo 3	
	1 fiber	2 fiber	1 fiber	2 fiber	1 fiber	2 fiber
03 jours	14,25	13,73	12,81	14,01	12,41	10,04
07 jours	12,27	12,81	10,05	13,54	13,74	15,94
28 jours	15,77	13,98	13,81	15,32	14,66	16,50

- À 03 jours : la plus grand résistance de fibre 1 est pour Geo 1 et la plus grande résistance de fibre 2 est pour Geo 2

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles

- A 07 jours : la plus grande résistance de fibre 1 et fibre 2 est pour Geo 3
- A 28 jours : la plus grande résistance de fibre 1 est pour Geo 1 et la plus grande résistance de fibre 2 est pour Geo 3

IV.8-Conclusion :

Après avoir réalisé les essais, nous avons analysé l'indice de CBR immédiat ainsi que la résistance à la compression à différents moments pour les trois types de géotextiles. Nous avons examiné l'influence de ces géotextiles sur la portance (CBR immédiat) et la résistance à la compression du mélange optimal. Voici les résultats significatifs obtenus :

Pour le mélange sans l'ajout de géotextiles :

La densité sèche maximale était d'environ 1,89 t/m³, avec une teneur en eau optimale de 16,2%.

L'indice de CBR immédiat était de 22,22%.

La résistance à la compression était de 8,15 bar.

Pour les mélanges avec l'incorporation des géotextiles :

L'indice de CBR immédiat a varié en fonction du type de géotextile, avec les valeurs les plus élevées observées pour le mélange avec Geo 3.

La résistance à la compression a également varié en fonction du type de géotextile, démontrant des performances différentes à divers moments.

En conclusion, l'utilisation des géotextiles a entraîné une amélioration de la densité sèche maximale, de l'indice de CBR et de la résistance à la compression du mélange optimal. Cela souligne leur efficacité dans l'amélioration des propriétés mécaniques du mélange.

Chapitre IV : Renforcement de la portance et résistance simple d'un mélange sable-argile avec trois géotextiles

Conclusion générale

Conclusion générale :

Une étude sur le comportement mécanique du mélange optimal de (70% de sable de dune et 30 % de l'argile Oued Nechou) dans le cadre de valorisation des matériaux locaux afin de généraliser leurs utilisation en techniques routières à différents trafics (moyen et fort), dans le but de réduire l'épaisseur des structures de chaussées proprement dites et éviter le recours à des transports onéreux et gênants, les deux contribuant de manière sensible à l'économie des projets routiers.

Les conclusions tirées des essais de CBR immédiat et compression simple (après 3et 7 et 28 jours), de perméabilité et de résistance à la compression, ainsi que du renforcement par trois types de géotextiles, sont les suivantes :

- L'utilisation des géotextiles a entraîné une augmentation de l'indice CBR. Cela signifie que la capacité portante des matériaux renforcés par les géotextiles est améliorée, ce qui les rend plus résistants à la déformation sous des charges de trafic.
- Une amélioration considérable de la cohésion a été observée. La présence des géotextiles renforce la cohésion entre les particules du matériau, ce qui contribue à une meilleure stabilité et résistance globale.
- L'utilisation des géotextiles a entraîné une augmentation de compression simple. Cela signifie que la capacité portante des matériaux renforcés par les géotextiles est améliorée, ce qui les rend plus résistants à la déformation sous des charges de trafic.

Selon les résultats obtenus, il a été constaté que le géotextile 3(AS50) a montré la plus grande amélioration de l'indice CBR et compression simple , avec un pourcentage de 26.18 % en CBR immédiat et une résistance de 1.6 MPA. par rapport aux géotextiles 1 et 3, lorsque les proportions de géotextile sont ajoutées. Cela indique que le géotextile 3 est le plus efficace parmi les trois types de géotextiles testés dans cette étude.

À la fin de cette étude, il est possible de conclure qu'un certain nombre de pistes ont été explorées, mais de nombreuses autres restent à explorer. En ce qui concerne les perspectives à court terme, les recommandations suivantes sont proposées :

Continuer les recherches dans cette direction afin d'améliorer la stabilité et la durabilité de la route. Il est important de poursuivre les investigations pour affiner les résultats et explorer de nouvelles possibilités d'amélioration des performances des matériaux routiers.

Effectuer une modélisation numérique du comportement d'un corps de chaussée constitué des mélanges traités selon les différentes formulations. Cela permettra d'obtenir des informations supplémentaires sur les performances attendues et d'affiner les recommandations de conception.

Évaluer l'effet de l'ajout d'un certain pourcentage de ciment ou de chaux dans les mélanges. L'utilisation de liants tels que le ciment ou la chaux peut améliorer les propriétés des matériaux, notamment en termes de résistance et de durabilité. Il est recommandé d'étudier l'impact de l'ajout de ces liants sur les performances globales des mélanges et d'évaluer leur pertinence dans le contexte des techniques routières.

Référence
BIBLIOGRAPHIE

Référence bibliographie

- [1] : BEN DHIA. M.H. (1983) : les tufs et encroutements calcaires dans la construction routière , Thèse de docteur de 3ème cycle de l'université de paris VI, oct.
- [2] :Djihad ZAHI.(2018) : Mémoire Master hydraulique Urbain ,Étude expérimentale des mélanges sable de dune/argile avec l'ajout le géotextile dans le domaine géotechnique routière» Université de Ghardaïa.
- [3] :Guirraa .abd elkarim.(2022) : Comportement mécanique et traitement des mélanges optimaux des argile-sable de dune traite au ciment et renforce de géotextile . université de Ghardaïa.
- [4] : Azzouz, Hocine (2009) :Etude des bétons à base des sables de dune. Masters thesis, Université Mohamed Khider Biskra.
- [5] : Rachedi hadja ,Badoui sadia (2022) : Etude expérimentale sur comportement des mélanges . université de Ghardaia.
- [6] : HAFSI Abdellatif, 2010 ; « Les Tufs Gypseux et Calcaires en Zones Arides Essais et Critères de Sélection » Séminaire national de la route et la sûreté de la circulation, Université KASDI MERBAH Ouargla .
- [7] :LARABI. (1998) :Comportement des assises en matériaux granulaires en zones désertiques– Séminaire International « La route transaharienne », Tamanrasset.
- [8] :Morsli Meriem (2007) : Contribution à la valorisation des tufs d'encroutements en techniques routière saharienne , Thèse de doctorat d'état, ENP Alger.
- [9] : MORSLI meriem, AMRAOUI zoubida,BALI abderahim.2002 : CONCEPTION ET REALISATION DES CHAUSSEES EN MILIEU DESERTIQUE , ECOL NATIONELE POLYTEC. ELHARACH .ALGER
- [10] :HIBA Laid .(2016) : étude de l'incorporation de sable de dune dans le domaine de la géotechnique routière Université de Ghardaïa.
- [11] :ALLOUL. B. (1981) :Etude géologique des tufs calcaires et gypseux d'Algérie en vue de leur valorisation routière, Thèse de docteur 3ème cycle de l'Université de paris, juillet 1981.

Référence bibliographie

- [12] : Lambert.Stéphane. (2000) : Les géotextiles : fonctions, caractéristiques et dimensionnement.
- [13] : Agrawal, MAY. (2011) : Géotextile et son application au civil. National Conference on Recent Trends in Engineering & Technology. India.
- [14] : Azzouz Fatima Zohra, Gueddouda M Kamel, Lamara Mohammed. 2017 : Caractérisation physique et mécanique de mélanges argile-sable de dunes destinés à la réalisation des couches compactées en région arides de l'Algérie. Laboratoire de recherche de Génie Civil . Université de Laghouat.
- [15] : FENZY. E. (1966) : « particularité de la technique routière au Sahara », Rapport technique du laboratoire centrale des travaux publics, Alger.
- [16] : AMIEUR. I. (2016) : Influence de la nature de l'eau sur certaines caractéristiques géotechniques d'un sol de la région de Ghardaïa . (Université des Sciences et de la Technologie Ghardaïa).
- [17] : ABDELGHANI INAL. (1980) : Route en milieu désertique , IV conférence routière africaine.
- [18] : ACHI ABDELWAHHAB : Etude de la capacité portante d'une fondation filante sur une couche de sable renforcé par géogrilles surmontant une argile molle Université Hadj Lakhdar-Batna .
- [19] : AISSIOU.FatmaZohra.(2010) : étude du Phénomène de gonflement
- [20] : A.kacem et al.(2018) : valuation des sables de dunes en mélange avec le tuf dans le corps de chaussée. application à la région d'Adrar.
- [21] : Azzouz Fatima zohra (2007) : Étude de la stabilisation chimique de quelques argiles gonflantes de la région de Tlemcen» université Aboubekr bel kaid Tlemcen .
- [22] : BENDHIA. M. (JANVIER 1998) : Quelques particularités de l'utilisation du sable de dunes en construction routière en milieu désertique » L.C.P.C nc213. Paris. France. P.P 33-42
- [23] : Ben ouakhir Abdel Hakim. (2015) : Utilisation du sable de dunes en technique routière Etude bibliographique Université Mohamed Khider-Biskra

Référence bibliographie

- [24] :Bouchra Siradj Samira Hamza .(2016/2017) : étude de la stabilisation a gonflement d'un sol argileux par l'ajout de sable de dune Université de Ghardaïa
- [25] :BOURABAH Maghnia Asmahane. (2012) : COMPORTEMENT MECANIQUE DES SOLS FINS Application a la valorisation des sediments de barrages en technique routiere UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID – TLEMCEM
- [26] :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
- [27] :CHAMKHA Abdelhakim . MOSBAH Siham (2021) : Comportement hydromécanique d'un mélange tuf/bentonite traité au ciment . université de Ghardaïa
- [28] :GOUAL IDRIS. (2002) : Contribution à l'étude traitement aux liants hydrauliques des tufs de la région de Laghouat , Thèse de magistère, Université de Amar Telidji Laghouat.
- [29] :Houssam BELKHIRI & Ahmed DERRAGUI.(2016) : Contribution à l'étude des comportements mécaniques de mortier à base de sable de dune et fines siliceuses. Université Ziane Achour de Djelfa
- [30] :Jean-Marc TACNET – Philippe GOTTELAND : Ouvrages de protection contre les risques naturels et ouvrages en sites instables Utilisation de matériaux contres
- [31] :KHangaoui .S. (2013) : Valorisation du sable de dunes en couche de Matériaux.
- [32] :Melle. Choufa Nassima. (2013) : Epuration des eaux usées: l' élimination des micropolluants dans les eaux usées par un matériau argileux Université Mohammed Cherif Messaadia Souk Ahras.
- [33] : Gray. D.H.Al-Refeai.1986: Comportement du sable renforcé de fibres par rapport au tissu. Journal de Géotechnique Ingénierie, ASCE 112 (8), 804–820.

Référence bibliographie

- [34] : Athanasopoulos . (1993) : Géotextiles et géomembranes Prend en charge le libre accès.
- [35] :Krishnaswamy, N.R. et Isaac, N.T. (1995) : Analyse de liquéfaction de sols granulaires renforcés saturés. Journal de Géotechnique Ingénierie, ASCE, 121, n° 9, 645–651.
- [36] : Haeri, S.M, R. Nourzad, A.M. Oskrouch. (2000) : Effet du renforcement géotextile sur la comportement mécanique des sables. Géotextiles et géomembranes 18 (6), 385–402.
- [37] : Rajagopal, K., Krishanaswamy, N.R., Latha, G.M., (1999): Comportement du sable confiné avec des plusieurs géocellules. Géotextiles et géomembranes 17, 171–184.
- [38] : Madhavi Latha G, Murthy VS. (2007) :Effets du renforcement forme sur le comportement du sable armé géosynthétique. Géotexte Géomembre 25:23–32
- [39] : F. Coignet .1953 : (Rapport général et conclusion du 23e congrès mondial de la route)
- [40] : Kouloughli, S., et BenCheikh Lehocine, M. (2007) :Étude des mélanges Sable-Bentonite utilisés dans la construction de barrières de confinement de déchets solides. Sciences and Technologie, 25:34–42.
- [41] :Daheur Elhadj Gesmia (2011) :Contribution à l'étude de traitements des tufs. d'encroûtements dans le domaine de la géotechnique routière. Thèse de magistère, Université de Amar Telidji Laghouat.
- [42] :Daheur Elhadj Gesmia (2019) : Comportement d'un mélange Tuf-Sable de dune sous sollicitations monotones et cycliques Thèse de doctorat Ecole Nationale Polytechnique.
- [43] :BENYOUB. A. (2011): Le sable siliceux en Algérie, Extrait du Portail Algérien des ENERGIES RENOUVELABLES, 12 P .
- [44] :GUERMITI. L(2013) : Contribution a l'amélioration de certaines caractéristiques du béton de structure à base de Sable de dune corrigé et renforcé par des fibres Métalliques, Mémoire de MAGISTER, Université Kasdi Merbah Ouargla.

Référence bibliographie

[45] : Ben ouakhir Abdel Hakim (2015) : Utilisation du sable de dunes en technique routière Etude bibliographique, Mémoire de MAGISTER, Université de mohamed khider biskra

[46] :Dr. BEN-NACER Lyacine .(2019) : Etude géotechnique d'une structure routière à base des matériaux locaux entre TSABIT et BOUDA, Mémoire de MAGISTER, Université Ahmed DRAIA Adrar

[47] : ZERKANE Chaima . (2022) : Etude de comportement géotechnique d'une argile stabilisée par des stériles miniers , Mémoire de MAGISTER , Université Larbi Tebessi – Tébessa .

[48] : Bouab Aymen . (2022) :Caractérisation géologique et classification géotechnique des sables de la région de Kissir, Wilaya de Jijel (Nord-Est Algérien) , Mémoire de MAGISTER , Université Mohamed Sedik ben Yahia Jijel .

[49] : KANDLI Ramdane . (2014) : Etude Théorique de Phénomène de Gonflement et Leur Stabilisation Application à la Région d'In Amenas, Mémoire de MAGISTER , UNIVERSITE d'ADRAR

[50] : ACHI ABDELWAHHAB. (2011) : Etude de la capacité portante d'une fondation filante sur une couche de sable renforcé par géogrilles surmontant une argile molle, Mémoire de MAGISTER , Université Hadj Lakhdar-Batna .

[51] : Ralf Roletschek . (2009) : Géotextile comme protection de remblai , Allée vers le campus forestier, article , Wikimedia Commons.

AFNOR NF EN 933-8+A1. (2015) : Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats - Partie 8 : évaluation des fines - Équivalent de sable.

AFNOR NF P 94-051. (1993a) :Détermination des limites d'Atterberg—Limite de liquidité à la coupelle—Limite de plasticité au rouleau. AFNOR, 15 p.

AFNOR NF P 94-056. (1996b) : Sols : reconnaissance et essais—Analyse granulométrique— Méthode par tamisage à sec après lavage. AFNOR, 16 p.

AFNOR NF P 94-057. (1992) : Sols : reconnaissance et essais - Analyse granulométrique des sols - Méthode par sédimentation. AFNOR, 16 p.

Référence bibliographie

AFNOR NF P 94-068. (1998) :Sols : reconnaissance et essais—mesure de la capacité d'adsorption de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériau rocheux—Détermination de la

valeur de bleu de méthylène d'un sol ou d'un matériau rocheux par l'essai à la tâche. AFNOR7p.

AFNOR NF P 94-071-1. (1994b) :Sols : reconnaissance et essais - Essai de cisaillement rectiligne à la boîte - Partie 1 : cisaillement direct.

AFNOR NF P94-420. (2000) :Roches - Détermination de la résistance à la compression uniaxiale.

AFNOR NF P94-093. (1997a) :Sols : reconnaissance et essais - Détermination des références de compactage d'un matériau - Essai Proctor normal. Essai Proctor modifié.

ANNEXE

LIMITES D'ATTERBERG

	1 ^{er} Essai		2 ^{ème} Essai		3 ^{ème} Essai	
N° de la tare	X1		X9		X10	
Poids total humide	35,1		38,18		31,51	
Poids total sec	34,73		37,91		31,17	
Poids de la tare	33,86		37,27		30,37	
Poids de l'eau	0,37		0,27		0,34	
Poids du sol sec	0,87		0,64		0,8	
Teneur en eau (%)						
Moyenne	42.53		42.19		42.50	

LP = 42.41

ESSAI AU BLEU DE METHYLENE

GRANULOMETRIE (PASSANTS A)				LIMITES D'ATTERBERG		ES	VB	VB _t
05 mm	02 mm	0.4 mm	0.08 mm	WL	IP			
PRISE D'ESSAI M _h = 30grs				VOLUME DE BLEU INJECTE DANS LA PRISE				
CALCUL DE LA TENEUR EN EAU				D'ESSAI V = 60 cm ³				
TARE N°	L1		3	VALEUR AU BLEU DE LA PRISE D'ESSAI PASSANT A : VB = $\frac{V}{Ms} = \frac{60}{28.95} = 2.07$				
PH+T	119,72		116,85					
PS+T	204,25		218,47					
PT	201,46		214,7					
Ps	81,74		97,85					
W (%)	3.41		3.85					
W _{moy} (%)	3.63							
CALCUL DE LA MASSE SECHE DE LA PRISE D'ESSAI Ms :				VB _t = $\frac{VB \times \% t}{100}$				
W % = $\frac{Ph - Ps}{Ps} \cdot 100 = 3.63\%$								
Ps = $\frac{Ph \times 100}{100 + W\%} = 28.95 \text{ grs}$								

ANALYSE SEDIMENTOMETRIQUE

Température ° C	Temps	Durée de chute	R'=R -1000 R : lecture au densimètre	Correction (C)	Lecture corrigée R1=R'+C Ou R1=R'-C	Diamètre (D)	% des éléments (D) sur l'ensemble de l'échantillon
22C°	8h25	30 "	25	+0.380	25.380	0.075	99
22C°	8h26	01'	25	+0.380	25.380	0.055	99
22C°	8h27	02'	24.5	+0.380	24.880	0.038	97
22C°	8h30	05'	24	+0.380	24.380	0.025	95
22C°	8h35	10'	23.5	+0.380	23.880	0.017	93
22C°	8h45	20'	22	+0.380	22.380	0.012	87
22C°	9h05	40'	19	+0.380	19.380	0.008	76
22.6C°	9h45	80'	17	+0.500	17.500	0.006	68
22.6C°	11h05	160'	15	+0.500	15.500	0.004	60
22.6C°	13h45	320'	13	+0.500	13.500	0.003	53
21.80C°	24 h	1440'	10	+0.342	10.342	0.002	40
20C°	48h	-	05	0.000	5.000	0.001	20
20C°	72 h	-	03	0.000	3.000	0.0005	12

Remarque :

y

$p' = \frac{y}{100} \times p$ avec y = % du passant à 0.080 mm = **99%**

100

$R_1 = R' + C$ Si $T^\circ > \pm 20^\circ \text{C}$

$R_1 = R' - C$ Si $T^\circ < \pm 20^\circ \text{C}$

ANALYSE GRANULOMETRIQUE DES SOLS

Poids De	Tamis	Poids Refus	Poids refus	Poids refus	Complément	Tamisât
<i>L'Echantillon</i>	(mm)	Partiels	Cumulés	cumulés	à 100	(%)
(g)		(g)	(g)	(%)		
	200					
	100					
	80					
	50					
	31.5					
	20					
	10	0,00	0,00	0,00	100,00	100
500	5	0,73	0,73	0,15	99,85	100
	2	1,49	2,22	0,44	99,56	100
	1	2,10	4,32	0,86	99,14	99
	0,4	1,45	5,77	1,15	98,85	99
	0,2	0,83	6,60	1,32	98,68	99
	0,1	0,68	7,28	1,46	98,54	99
	0,063	0,00	7,28	1,46	98,54	99

CBR Immédiate sans géotextile (70% sable et 30% argile)

Temps	Enfocement			Pression
	mm	lecture	Valeur	Kgf/Cm2
0' 30"	0,625	0,32	32,64	1,66
1' 40"	1,25	0,932	95,06	4,84
2' 00"	2	1,8	183,60	9,36
4' 00"	2,5	2,2	224,40	11,43
6' 00"	5	4,275	436,05	22,22
8' 00"	7,5	5,942	606,08	30,88
10' 00"	10	7,443	759,19	38,68
12' 00"	12,5	8,85	902,70	46,00

CBR Immédiat avec géotextile 2 (70% sable et 30% argile)

Temps	Enfocement			Pression
	mm	Lecture	Valeur	Kgf/Cm2
0' 30"	0,625	0,853	87,01	4,43
1' 40"	1,25	1,352	137,90	7,03
2' 00"	2	2,012	205,22	10,46
4' 00"	2,5	2,305	235,11	11,98
6' 00"	5	3,573	364,45	18,57
8' 00"	7,5	5,334	544,07	27,72
10' 00"	10	6,538	666,88	33,98
12' 00"	12,5	7,598	775,00	39,49

CBR Immédiat avec géotextile 3 (70% sable et 30% argile)

Temps	Enfocement			Pression
	mm	lecture	Valeur	Kgf/Cm2
0' 30"	0,625	0,644	65,69	3,35
1' 40"	1,25	0,897	91,49	4,66
2' 00"	2	1,209	123,32	6,28
4' 00"	2,5	1,499	152,90	7,79
6' 00"	5	3,003	306,31	15,61
8' 00"	7,5	5,013	511,33	26,05
10' 00"	10	7,227	737,15	37,56
12' 00"	12,5	9,329	951,56	48,49



THE INTERNATIONAL CERTIFICATION NETWORK

CERTIFICATE

*IQNet and AIB-VINCOTTE International
hereby certify that the organization*

**Organisme National de Contrôle Technique des Travaux Publics "CTTP"
Quatre Chemins de Kouba, Route de Bachdjarah – Kouba, Alger (Algeria)**

*With sites: Direction Générale (Quatre Chemins de Kouba, Route de Bachdjarah – Kouba - Alger)
Direction Régionale Centre (Quatre Chemins de Kouba, Route de Bachdjarah - Kouba – Alger)
Direction Régionale Est (Constantine, Zone industrielle Palma-Constantine)
Direction Régionale Ouest (Oran, Rond point des castors-Oran)*

for the following field of activities

*Studies, expert's appraisals and technical assistance, inspection and follow-up of the works,
measurements and laboratory tests with regard to the the road, motorway, airport and maritime
sectors. Funding and promotion of the rules of art.*

has implemented and maintains a

Management System

which fulfils the requirements of the following standard

ISO 9001:2008

Issued on : 17 March 2014

Validity date : 16 March 2017

Registration Number : BE-14 5389



*Michael Drechsel
President of IQNet*

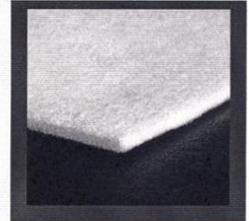
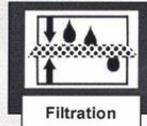
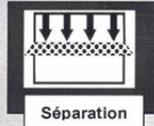
*Bart Janssens
Chairman Certification Committee*



*IQNet Partners**
AENOP Spain AFNOR Certification France AIB-Vincotte International Belgium ANCE-SIGE Mexico APCER Portugal CCC Cyprus
CISQ Italy CQC China CQM China CQS Czech Republic Cra Cert Croatia DQS Holding GmbH Germany
FCVW Brazil FONDONORMA Venezuela ICONTEC Colombia IMC Mexico Inspecta Certification Finland IRAM Argentina
JQA Japan KFQ Korea MIRTEC Greece MSZT Hungary Nemko AS Norway NSAI Ireland PCB Poland
Quality Austria Austria RR Russia SH Israel SIQ Slovenia SRIM QAS International Malaysia
SQS Switzerland SRAC Romania TEST St Petersburg Russia TSE Turkey YUQS Serbia
IQNet is represented in the USA by: AFNOR Certification, CISQ, DQS Holding GmbH and NSAI Inc.
*The list of IQNet partners is valid at the time of issue of this certificate. Updated information is available under www.iqnet-certification.com

FICHE TECHNIQUE

Géotextile non-tissé aiguilleté en fibres courtes haute ténacité 100% polypropylène.



Caractéristiques		Normes	Unités	AS10	AS15	AS20	AS25	AS30	AS35	AS40
Caractéristiques Physiques										
Masse Surfacique		EN ISO 9864	g/m ²	100	150	200	250	300	350	400
Epaisseur sous 2 kPa		EN ISO 9863-1	mm	0,5	0,8	1,0	1,25	1,60	1,70	2,2
Caractéristiques Mécaniques										
Résistance à la Traction	SP*	EN ISO 10319	kN/m	6	10	13	16	20	23	27
	ST*			7	12	16	20	25	30	33
Déformation à l'Effort de Traction Maximale	SP*	EN ISO 10319	%	70	70	70	75	75	80	90
	ST*			90	90	90	95	100	100	105
Perforation Dynamique		EN ISO 13433	mm	30	25	17	15	11	10	9
Résistance au Poinçonnement CBR		EN ISO 12236	kN	1,00	1,70	2,10	2,90	3,40	4,00	4,4
Resistance au Poinçonnement pyramidal		EN 14574	kN	0,70	1,00	1,20	1,50	1,80	1,90	2,30
Caractéristique Hydrauliques										
Perméabilité Normale au Plan		EN ISO 11058	m/sec	0,080	0,065	0,050	0,045	0,040	0,020	0,020
Ouverture de Filtration		EN ISO 12956	µm	90	90	70	70	65	60	55
Conditionnement										
Rouleau Standard										
Largeur			m	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80
Longueur			m	300	250	200	160	140	120	100
Surface par Rouleau			m ²	1 740	1 450	1 160	928	812	696	580
Poids du Rouleau			kg	174	218	232	232	244	244	232

SP* : Sens Production, ST* : Sens Travers

Attention! Les valeurs ci-dessus sont celles en vigueur à la date d'édition de la présente fiche et sont susceptibles d'être modifiées à tout moment. Vérifiez que vous disposez bien de la dernière édition.

10/2013

Siège Social : Cité les Castors, Villa N° 41 Bordj El Kiffan, Alger - Algérie
Téléphone / Fax : 213 021 21 19 59 - Site Web : www.afitexalgerie.com - E-mail : contact@afitexalgerie.com

CERTIFICAT DE CONFORMITE

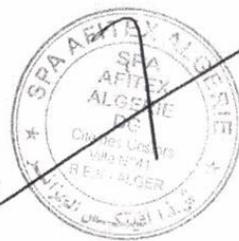
Nous attestons que le produit géotextile AS30 est conforme aux normes en vigueur et qu'il a été contrôlé suivant nos règles internes d'Assurance Qualité.

Les caractéristiques techniques du produit figurent dans la fiche technique.

Fait à Alger le 10 octobre 2013.

Directeur Général

S. TABTI



Capital Social : 250 000 000,00 DA

Siège Social : Cité des Castors, Villa N° 41 Bordj El Kiffan, Alger - Algérie

Téléphone / Fax : 213 021 21 19 59 - Site Web : www.afitexalgerie.com - E-mail : contact@afitexalgerie.com

R.C. N° : 964431 B 04 - Matricule fiscal : 000416096443192 - Article d'imposition : 16301131080

