

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 محمد البشير الإبراهيمي - برج بوعريريج

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de génie civil

MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En : **Génie Civil**

Spécialité : **Matériaux en génie civil**

Par : - **Mezhoud Tasaadit**

- **Mansouri Chaima**

Sujet

L'effet des déchets plastique transformé sur l'effondrement d'un sol

Soutenu publiquement, le 10 / 07 / 2023 , devant le jury composé de :

M/Mme Thabet soaad	Grade	Univ-BBA	Président
M/Mme Sadek deboucha	Grade	Univ-BBA	Examinateur
M ^r Ziani Hocine	Grade	Univ-BBA	Encadrant

Année Universitaire 2022/2023

REMERCIEMENT

Nous adressons avec tout amour et respect les plus hautes expressions d'appréciation et de remerciement à tous ceux qui nous ont donné un coup de main pour nous tenir debout dans cet humble travail, et nous ne pouvons que vous direz que la connaissance et le travail durent avec votre présence, vous êtes une fierté et un modèle à suivre.

Peu importe combien nous vous remercions, nous ne remplirons pas votre droit à nos honorables professeurs « Dr : Ziani Hocine » «Dr Deboucha Sadek » qui, sans Dieu, n'auraient pas accompli ce travail. Leur présence était forte dans le domaine du travail avec tous leurs conseils, directives, soutien et assistance continue. , alors merci.

Nous tenons également à remercier chaleureusement le chef du département de génie civil monsieur « BEN OUADEH ABDE LATIF » qui nous a apporté son soutien et ses approbations tout en nous donnant l'occasion d'appliquer nos travaux au laboratoire de génie civil.

Sans oublier les soldats invisibles et les premiers soutiens qui ont travaillé avec nous « Zoubir Djendi » et « Farid Chetouah » .

Nous tenons également à remercier le complexe « BEN HAMMADI » pour la fabrication de briques rouges.

Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude à tous les collègues qui sont venus et à tous ceux qui ont contribué à ce travail de près ou de loin.

DEDICACE

Je suis fière d'adresser mon dévouement à mes

*parents, qui m'ont fait confiance, et qui m'ont offert les meilleures
condition Étudier, et me donner les valeurs nobles qui ont*

été la raison de mon succès

A mes frères et sœurs

*«SOUHIL.HANAN.WASSILA.HICHAM » qui m'ont soutenu et qui m'ont
apporté leur soutien et m'ont donné de la force*

A mon fiancé « ALI »

*qui m'a soutenu, encouragé et soutenu tout au long de ma période de travail et
d'études. Alors remerciez-le*

A mes amis et collègues

*qui m'ont aidé, entouré de leur amour et partagé avec moileurs conseils
et expériences.*

A mes professeurs,

*qui m'ont permis d'aller jusqu'ici et qui m'ont transmis leur savoir et leur
passion.*

A Ma binôme « CHAIMA »

Ce message a permis d'être complété.

*A tous ceux qui Ont contribué de près ou de loin à mon
succès,j'exprime ma sincère gratitude*

DEDICACE

Je voudrais exprimer ma profonde gratitude À ma famille

bien-aimée et la remercier pour le soutien et l'encouragement

limités que vous m'avez donnés tout au long de mes études,

vous avez été un palier fort de ma vie

Â mes parents

Â mes sœurs HADJER ;BASMA ;IYED

Â mon cher mari

Ce termine avec la personne qui a partagé tous ce travail, qui a supporté mon

humeur

notamment dans les moments stressants,

ma binôme et ma meilleure amie, DJAZIA

Â toute mes amies sans exception

Â toute la promotion LMD génie civil 2022-2023

RESUME

Les ingénieurs civils cherchent à trouver des solutions aux problèmes auxquels ils sont confrontés au moindre coût possible. et parce que le sol est l'élément principal de toutes les constructions, il reçoit plus d'attention.

Notre étude vise à utiliser des déchets de plastique pour traiter et améliorer les propriétés physiques et mécaniques d'Argile rouge sujet à l'affaissement et à l'effondrement, qui présente une grande résistance et une grande durabilité en cas de séchage, mais lorsqu'il est exposé à l'humidité, sa capacité portante, la stabilité et la résilience sont affectées, en particulier pendant la saison hivernale.

Étudier l'effet de déchets de plastique sur l'argile rouge nous avons réalisé plusieurs expériences en laboratoire, détermine les caractéristiques de compactage par Proctor normal et La détection de l'effondrabilité se fait à l'aide des essais de compressibilité à l'œdomètre avec l'ajout de différentes proportions d'eau (6% ,8%) et de différentes proportions de plastique (6% ,10% ,15%)

Les résultats ont montré l'efficacité de l'ajout de déchets de plastique dans le traitement d'argile rouge et la réduction de la possibilité d'effondrement(C_p) sous la pression maximale de 400Kpa.

Mots clés : argile rouge, stabilité, déchets de plastique , œdomètre .

SUMMARY

Civil engineers seek to find solutions to the problems they face at the lowest possible cost and because soil is the main element of all constructions, it receives more attention.

Our study aims to use plastic waste to treat and improve the physical and mechanical properties of Red Clay subject to sagging and collapse, which has great resistance and durability in case of drying, but when exposed to moisture, its bearing capacity, stability and resilience are affected, especially during the winter season.

Studying the effect of plastic waste on red clay we carried out several experiments in the laboratory, determines the compaction characteristics by normal Proctor and The detection of collapse is done by means of compressibility tests to the oedometer with the addition of different proportions of water (6% ,8%) and different proportions of plastic (6% ,10% ,15%)

The results showed the effectiveness of the addition of plastic waste in red clay treatment and the reduction of the possibility of collapse(C_p) under the maximum pressure of 400Kpa.

Keywords: red clay, stability, plastic waste, oedometer.

ملخص

يسعى المهندسون المدنيون إلى إيجاد حلول للمشاكل التي يواجهونها بأقل تكلفة ممكنة ولأن التربة هي العنصر الرئيسي في جميع الإنشاءات تحظى باهتمام أكبر.

تهدف دراستنا إلى استخدام النفايات البلاستيكية لمعالجة وتحسين الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للطين الأحمر الخاضع للترهل والانهييار، والذي يتمتع بمقاومة ومتانة كبيرة في حالة التجفيف، ولكن عند التعرض للرطوبة، تتأثر قدرة تحملها وثباتها ومرونتها، خاصة خلال فصل الشتاء.

دراسة تأثير مخلفات البلاستيك على الطين الأحمر أجرينا العديد من التجارب المعملية، وحددنا خصائص الضغط بواسطة بروتكتور العادي ويتم الكشف عن الانهييار عن طريق اختبارات الانضغاط على مقياس الأود ومتر مع إضافة نسب مختلفة من الماء (6%، 8%) ونسب مختلفة من البلاستيك (6%، 10%، 15%)

تحت الضغط الأقصى (Cp) أظهرت النتائج فعالية إضافة مخلفات البلاستيك في معالجة الطين الأحمر وتقليل احتمال الانهييار كيلو بسكال 400.

الكلمات الرئيسية: طين أحمر، ثبات، نفايات بلاستيكية، مقياس زيت

SOMMAIRE

<i>Introduction générale</i>	01
CHAPITRE I :	
<i>I.1 identification du site d'étude</i>	03
<i>I.1.1 localisation</i>	03
<i>I.1.2.topographie</i>	03
<i>I.1.3. climat</i>	04
<i>I.1.4géographie du gisement</i>	04
<i>I.2 géologie régionale</i>	05
CHAPITRE II	
<i>II.1.Introduction</i>	09
<i>II.2.1les argiles</i>	09
<i>II.2.11Définition</i>	09
<i>II.2.2les types des minéraux argileux</i>	10
<i>II.2.3 classification de constitutions argileuse</i>	10
<i>II.2.4 propriétés physicochimiques des argiles</i>	13
<i>II.3Généralités sur les plastiques</i>	14
<i>II.3.1introduction</i>	
<i>II.3.2Définition</i>	14
<i>II.3.3 Les différentes types de plastique</i>	14
<i>II.3.4 les déchets plastiques</i>	15
<i>II.3.5les déchets plastiques industrielle</i>	15
<i>II.3.6importance d'utilisation des plastique ;</i>	15
<i>II.3.7le recyclage du plastique</i>	16
<i>II.3.8 valorisation de plastique</i>	17
<i>II.3.9conclusion</i>	17
CHAPITRE III	

<i>III.1 Introduction</i>	19
<i>III.2 La masse volumique absolue (NF EN 1097) ;</i>	19
<i>III.3 Analyse granulométrique</i>	22
<i>III.4 Les limites d'Atte berg</i> ;.....	24
<i>III.5 Proctor normal... ;</i> ;.....	28
<i>III.6 Essai œdométrique ;</i>	31
CHAPITRE VI	
<i>VI.1Introduction</i> ;..... ;.....	35
<i>VI.2Essais standards</i>	35
<i>VI.2.1Masse volumique</i>	35
<i>VI.2.2Analysegranulométr</i>	36
<i>VI.2.3Limites d'Atte berg ;;;</i>	39
<i>VI.3Essais mécaniques</i> ;.....	41
<i>VI.3.1Proctor normal</i>	41
<i>VI.3.2 Essai œdométrique ;</i>	44
<i>Conclusion</i> ;.....	53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Résultats de l'essai de la masse volumique absolue du sol

Tableau 2 : Résultats récapitulatif de l'analyse granulométrique du sol

Tableau 3 : Résultats récapitulatif de l'analyse granulométrique du PT

Tableau 4 : Résultats des essais de la limite de liquidité

Tableau 5 : Résultats des essais de la limite de plasticité

Tableau 6 : Désignations des mélanges

Tableau 7 : résultats de l'essai de compressibilité de sol non traité de (We 6%)

Tableau 8 : résultats de l'essai de compressibilité de sol traité de (We 6%)

Tableau 9 : résultats de l'essai de compressibilité de sol non traité de (We 8%)

Tableau 10 : : résultats de l'essai de compressibilité de sol traité de (We 8 %)

LA LISTE DES FIGURES

Figure 1 : *localisation de wilaya de Bordj Bou Arreridj*

Figure 2 : *Extrait de la carte topographique de bordj Bou Arreridj 1/50 000*

Figure 3 : *Carte Géographie par Google Earth*

Figure 4 : *Extrait de la carte géologique de Bordj Bou Arreridj N° 115*

Figure 5 : *Site d'extraction d'argile de Bordj Bou Arreridj*

Figure 6 : *Représentation schématique d'une structure de kaolinite*

Figure 7 : *Représentation schématique de la structure de l'illite*

Figure 8 : *Représentation schématique de la structure d'une montmorillonite*

Figure 9 : *Représentation schématique de la structure de chlorite*

Figure 10 : *matérielle utilisé pour détermination de masse volumique*

Figure 11 : *les étapes de la détermination de la masse volumique*

Figure 12 : *les étapes de l'essai granulométrique*

Figure 13 : *préparation de sol pour l'essai de limites d'Artterebrg*

Figure 14 : *Les étape détermination de limites liquidité*

Figure 15 : *les étapes de détermine la limite de plasticité*

Figure 16 : *Matériels utilisés pour Proctor normal*

Figure 17 : *Résumé du protocole expérimental de l'essai Proctor. (ph4)*

Figure 18 : *les étapes de Proctor normal*

Figure19 : *représentation schématique d'une cellule œdométrique (PH3)*

Figure20 : *Courbes granulométriques d'argile rouge*

Figure21 : *Courbes granulométriques du plastique transformé.*

Figure 22 : *Courbes granulométriques d'argile rouge et Plastique Transformé.*

Figure23 : *Courbe de détermination de Wl*

Figure24 : *Effet de l'ajout de PT sur le compactage du sol non traité.*

Figure 25 : *Effet de l'ajout de PT sur le compactage du sol traité 6 %*

Figure 26 : *Effet de l'ajout de PT sur le compactage du sol traité 10 %*

Figure 27 : Effet de l'ajout PT sur le compactage du sol traité 15%

X

Figure 28 : Effet de l'ajout de PT le compactage différentes des sol.

Figure 29 : courbe l'essai l'œdométrique de sol non traité (We 6%)

Figure 30 : courbe l'essai l'œdométrique de sol non traité (We 6%)

Figure 31 : courbe l'essai l'œdométrique de sol traité PT 10 % (We 6%)

Figure 32 : courbe l'essai l'œdométrique de sol traité 15% (We 6%)

Figure 33 : courbe l'essai l'œdométrique de différentes sols (We 6%)

Figure 34 : Combinaison de l'effet des ajouts de et PT sur les différentes sols (We 6%)

Figure 35 : courbe l'essai l'œdométrique de sol non traité (We 8%)

Figure 36 : courbe l'essai l'œdométrique de sol non traité PT 10% (We 8%)

Figure 37 : courbe l'essai l'œdométrique de sol traité PT 15 %. (We 8%)

Figure 38 : courbe l'essai l'œdométrique de sol traité PT 15 %. (We 8%)

Figure 39 : Combinaison de l'effet des ajouts de et PT sur les différentes sols (We 8%)

Liste des Notations

C_p : Potentiel d'affaissement (Collapse Potentiel)

PT : Plastique Transformé.

MPA : Méga PASCAL.

Kg /m³ : Kilogramme par Mètre cube.

cm³ : Centimètre cube.

m : Mètre.

m² : Mètre carré.

m³ : Mètre cube.

L :Litre.

W : la Teneur en Eau.

γ_d: la Masse Volumique du Sol Sec.

M : Masse du Matériau.

V : Volume de Masse

WP : Limite de plasticité.

WL : Limite de liquidité.

I_p : Indice de Plasticité.

INTRODUCTION GENERALE

Le sol est un environnement spécifique, provenant de roches décomposées, et modifié par l'eau, l'air et les organismes, composé de divers molécules de métaux nutritifs et consistant en différents métaux tels que le phosphore, le potassium, la kaolinite, le fer, le calcium, le sodium, et le magnésium... leur sensibilité à l'eau dépend de plusieurs critères, entre autres, leurs structures stratifiées, lorsqu'elles sont soumises à des effets externes, peuvent causer des dommages importants et difficiles à contrôler.

Dans le domaine du génie civil, le plastique peut être utilisé pour améliorer certains aspects et répondre à des besoins spécifiques. Parmi ces objectifs de base : améliorer la stabilité du sol dans les zones faibles et instables avec l'ajout de plastique recyclé parmi les méthodes les moins coûteuses et l'utilisation de produits en plastique comme une alternative pour réduire les effondrements, la corrosion, les défauts et l'effet de l'expansion et de la contraction causés par le changement de température.

D'autre part, l'élimination inappropriée des déchets plastiques dans les zones agricoles ou les installations sanitaires peut entraîner des fuites de produits chimiques nocifs dans le sol.

Les déchets plastiques ne se dégradent généralement pas rapidement dans le sol et peuvent donc s'accumuler dans la couche supérieure et modifier la structure du sol.

Un grand nombre de solutions à ces problèmes ont été proposées, et ces solutions permettent d'améliorer les propriétés géotechniques du sol, y compris la stabilisation mécanique (pression), la stabilisation thermique (gel), la stabilisation hydraulique (drainage), stabilisation chimique (la chaux...etc.).

L'objectif principal de ce travail est l'étude d'influence et changements de différents pourcentages de plastique granulé sur les propriétés physiques mécaniques du sol argileux.

Ce travail se compose de cinq chapitres, le premier chapitre est l'identification et l'étude des zones géologiques et géographiques, le deuxième chapitre est généralement la recherche bibliographique sur les sols de boue rouge, les méthodes de stabilisation, et le troisième chapitre est la présentation expérimentale (les essais caractérisation), limite d'atterrissage, granulométrie Proctor normal, et (les essais principaux) œdométrique pour déterminer l'affaissement ainsi que l'impact des déchets plastiques sur le sol, le quatrième chapitre est les résultats obtenus avant et après le traitement, et le cinquième chapitre est la conclusion que l'impact du plastique sur le sol est positif.

CHAPITRE I
SITUATION DE LA ZONE
D' ETUDE

I. SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE

I.1 IDENTIFICATION DU SITE D'ETUDE

I.1.1 LOCALISATION

La wilaya de **Bordj Bou Arreridj** occupe une place stratégique au sein de l'Est algérien. Elle se trouve à mi-parcours du trajet séparant Alger de Constantine. Le Chef-lieu de la wilaya est situé à **220 km** à l'Est de la capitale Alger.

La wilaya est située au Nord-Est du pays sur les Haut-Plateaux. Les limites territoriales de la wilaya sont comme suit :

- Bejaia au Nord .
- Sétif à l'Est :
- M'Sila au Sud :
- *Bouira a l'Ouest :*



Figure 1 : localisation de wilaya de Bordj Bou Arreridj

wilaya de BORDJ BOU ARRERIDJ C'est une wilaya qui abrite **716 423** habitants. Cette population est répartie sur 34 communes et 10 Daïras pour une superficie de **3 921 km²**.

La wilaya connaît un déséquilibre en matière de répartition des populations engendré par le déplacement des populations vers les hautes plaines centrales, sur le long des axes routiers et des agglomérations urbaines, en raison des contraintes naturelles liés à la nature montagnarde et steppique des zones Nord et Sud.

I.1.2.TOPOGRAPHIE

La wilaya est constituée de trois zones géographiques qui se succèdent:

- une zone montagneuse, avec au nord, la chaîne des Bibans.
- une zone de hautes plaines qui constitue la majeure partie de wilaya.
- une zone steppique, au sud-ouest, à vocation agropastorale.

L'altitude varie entre 302 m et 1 885 m.

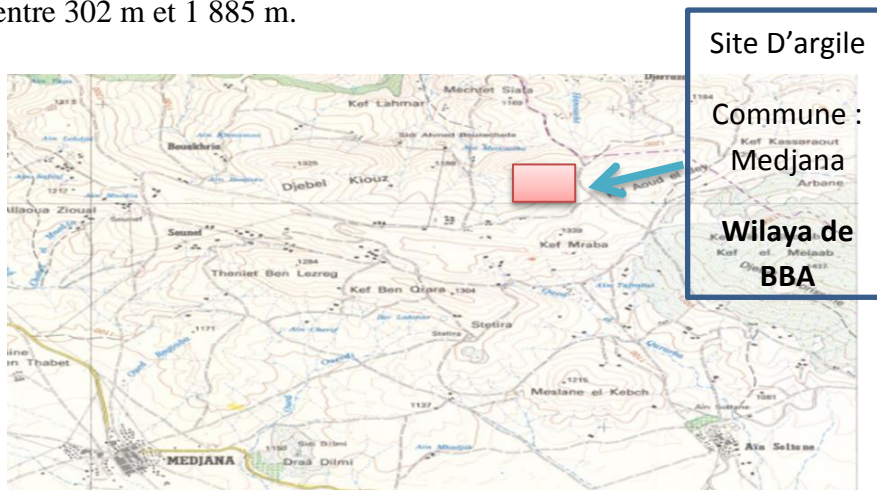


Figure 2 : Extrait de la carte topographique de bordj Bou Arreridj 1/50 000 (GROUPE BENHAMADI)

I.1.3. CLIMAT

La wilaya se caractérise par un climat continental, qui offre des températures chaudes en été et très froides en hiver, parmi les plus basses d'Algérie. La pluviométrie annuelle est de 300 à 700 mm. La pluie n'y est cependant pas très abondante; mais la neige s'y maintient généralement assez longtemps. Le climat est du reste excessif et comporte des variations thermométriques énormes. Peut-être l'absence totale de végétation arborescente en est-elle partiellement la cause, concurremment avec la situation géographique.

I.1.4GEOGRAPHIE DU GISEMENT

La formation argileuse occupe la mi-partie occidentale d'un monoclinale abrupt et accuse un pendage de 75° vers le sud, observable sur les affleurements des intercalations gréseuses. Deux accidents disjonctifs évidents affectent le gisement en diagonale dans sa partie septentrionale. Ces derniers sont observables sur la barre gréseuse le long de la charnière du monoclinale. Leurs rejets sont de l'ordre de 40 et 56 mètres

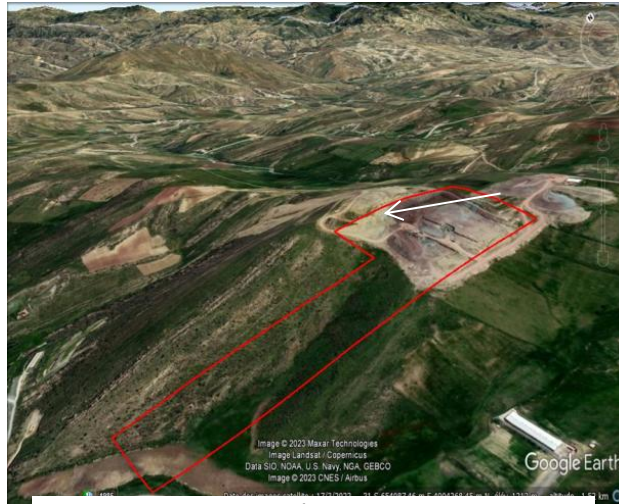


Figure 3 : Carte Géographie par Google Earth

1.2 GEOLOGIE REGIONALE

La géologie de la région de Bordj Bou Arreridj se compose de deux grands ensembles

- Les Flyschs Numidiens
- Le domaine Tellien

Les flyschs numidiens se localisent au Nord de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (ensemble montagneux) et se compose de formations allochtones qui affleurent au niveau de Djebel Morissan, il est constitué principalement d'alternance de grès et d'argiles.

Le domaine Tellien occupe le territoire de la commune de Bordj Bou Arreridj à l'endroit où se localise le site de la station.

Ce domaine est constitué de formations telliennes à prédominance marneuses et schisteuses. C'est une série très plissée à *grand rayon de courbure*. *La série stratigraphique de la région est la suivante :*

1.2.1 MESOZOIQUE

1.2.1.1 TRIAS

Il affleure particulièrement dans le secteur nord de la wilaya et il est représenté par des argiles, des marnes bariolées du gypse avec enclaves dolomitiques.

1.2.1.2 JURASSIOUE

Les séries du jurassique sont constituées de marnes et de calcaires. Elles s'observent, en quelques points, aux cœurs des grands anticlinaux formant les édifices montagneux du Sud de la wilaya.

1.2.1.3 CRETACE

Il est constitué essentiellement de facies marneux et carbonatés. Il affleure largement sur tout le territoire de la wilaya.

1.2.2 TERTAIRE

1.2.2.1 EOCENE

Il affleurent aux limites des villes de Sidi M'barek, Ain Taghrout, M'Zita, Ain Soltane, Ras El Oued et au sud du territoire dans les monts du Hodna.

Il contient des calcaires à silex, avec quelques phosphatés passant à des marnes, des calcaires *dolomitiques* et des argiles *gypsifères*.

1.2.2.2 EOCENE SUPERIEUR OLIGOCENE

Les formations numidiennes représentent la transition confuse entre l'éocène supérieur et l'Oligocène. Elles sont constituées par des argiles marneuses passant à des grès

fluviaux. Ces dépôts affleurent dans la partie Nord de la wilaya : Djebel M'Zita, Djebel Moutene, Djebel Morisane.

L'Oligocène est composé de dépôts alluvionnaires fluvio-lacustres et lagunaires représentés par des poudingues, des sables, des graviers, des limons et des argiles.

1.2.2.3 MIOCENE

Ces formations sont constituées par des marnes noires et des grès quartzeux affleurant sur une bonne partie de la haute plaine.

1.2.2.4 MIO-PLIOCENE

Il affleure à l'Est d' Ain Taghrout. Il est représenté par des sables, des graviers, des limons et des argiles

1.2.3 QUATERNAIRE

Il est formé par des dépôts alluvionnaires ; les terrasses d'Oued et les dépôts de recouvrement des dépressions intra-montagneux répandues dans les hautes plaines. Le Campanien(C8):Il est constitué d'une alternance de marnes et de lumachelles. On le distingue difficilement de l'Emscherien supérieur. Les formations alluvionnaires des cours d'eau sont sur tout rencontrées sous forme de terrasse s'étagées le long de l'Oued ksob qui est le principal collecteur des eaux de ruissellement de la région du projet. Des éboulis de roches parsèment les versants à fortes pentes des collines intérieures et du massif montagneux de Maadid.

1.2.3.1 TECTONIQUE

Une tectonique assez intense et cassante affecte la région et a donné naissance à un ensemble de structures très faillées faisant partie des nappes de charriage qui constituent la région. Les plus en vue sont :

- Plis anticlinaux allongés et coffres, faille de direction SW-NE (dj Zlagh et Dj. Chebka);
- Plis synclinaux bien structurés (Dj. Gourou et dj. Sidi Okba) ;

Des accidents cassants, failles à fort rejet, parallèles aux axes des plis souvent jalonnés par des intrusions triasiques.

Ces structures et accidents ont été induits par des mouvements tectoniques dont la phase paroxysmale ne peut être précisée.



Figure 4 : Extrait de la carte géologique de Bordj Bou Arreridj N° 115



Figure 5 : Site d'extraction d'argile de Bordj Bou Arreridj

CHAPITRE II: généralités sur les

Matériaux utilisé

GENERALITES SUR LES MATERIAUX UTILISER :**II.1 INTRODUCTION**

La mécanique du sol s'intéresse à l'étude des propriétés mécaniques du sol et de son comportement sous l'influence des forces et des charges. Ces disciplines portent principalement sur l'analyse et la conception de bâtiments et d'installations tels que les fondations, les barrages, les routes et les dépenses, sur la base de la compréhension des propriétés mécaniques du sol et de sa réponse aux forces extérieures. L'étude comprend l'installation du sol et ses propriétés mécaniques de densité et de stabilité déformation et la détermination de la capacité du sol à résister aux vibrations.

Ce chapitre vise à fournir des informations sur les mécanismes de stabilisation du sol utilisant des produits chimiques et la procédure de stabilisation du sol menant à un traitement réussi.

II.2 LES ARGILES :**II.2.1 DIFINITION**

Le terme "argile" n'aura pas la même signification en mécanique des sols et des roches, ou en physique des sols ; il désigne, selon les cas, un groupe d'espèces minérales, une famille de roches, une catégorie de sols ou une classe granulométrique comprenant des particules minérales, dont le diamètre des grains est inférieur à 2 micromètres[1]. qui représentent les individus cristallins (phase minérale pure) appelés minéraux argileux responsables de ses propriétés telles que le gonflement, la plasticité et les propriétés d'adsorption. Mais dans les sols, ces particules élémentaires sont généralement liées par des ciments de nature très diverse(carbonates, composés organiques, composés minéraux amorphes ou oxydes et hydroxydes de fer et d'aluminium, feldspaths de quartz) au sein d'agrégats de taille beaucoup plus importante [2].

L'intérêt porté ces dernières années à l'étude des argiles par de nombreux laboratoires dans le monde est justifié par [3, 4] :

- Leur abondance dans la nature,
- La présence de charges électriques sur ces surfaces,

L'échangeable des cations inter foliaires responsables de l'hydratation et du gonflement, ce qui confère à ces argiles des propriétés hydrophiles.

L'argile brute est généralement constituée d'un composant minéral de base (kaolinite, montmorillonite, etc...) et de quelques impuretés [(5, 6). Telles que :

- *Les oxydes et hydroxydes de silicium.*
- *Minéraux de fer*
- *Oxydes et hydroxydes d'aluminium*
- *Carbonates*
- *Matières organiques...etc.*

II.2.2 LES TYPES DES MINERAUX ARGILEUX

Selon le nombre des couches octaédriques (O) et tétraédriques (T), on distingue trois principaux types de minéraux).[7]

➤ *LES MINERAUX DE TYPE 1:1 (OU T-O)*

dont le feuillet comprend une couche tétraédrique et une couche octaédrique, appelés aussi série à 7Å, correspondent au groupe de la kaolinite.

➤ *LES MINERAUX DE TYPE 2:1 (OU T-O-T)*

dont le feuillet comprend une couche octaédrique entre deux couches tétraédriques, appelés aussi série à 10 Å, correspondent aux groupes des smectites, vermiculites et illites.

Cette série se divise en deux groupes :

Groupe avec un espace inter foliaire constant, cas des micas $d = 10 \text{ \AA}$ avec des cations K^+ dans l'espace inter foliaire.

Groupe avec un espace inter foliaire qui varie, cas des smectites et des vermiculites avec $d = 15 \text{ \AA}$. [8]

➤ *LES MINERAUX DE TYPE 2:1:1 (OU T-O-T-O)*

dont le feuillet comprend une couche octaédrique entre deux couches tétraédriques et dont l'espace inter foliaire est rempli par une couche octaédrique, appelés aussi série à 14 Å, correspondent au groupe des chlorites.

II.2.3 CLASSIFICATION DE CONSTITUTIONS ARGILEUSE

➤ *KAOLINITE (Si_4O_{10}) Al_4 (OH) $_8$*

Cette roche argileuse tire son nom du site chinois Kao-Ling, où elle fut découverte. La kaolinite est un minéral appartenant au groupe des aluminosilicates. Sa formule idéale est $Al_4Si_2O_5(OH)_4$ ou

$Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$. Morphologiquement, la kaolinite se présente sous forme de particules hexagonales constituées par des empilements de feuillets, [9] C'est l'un des minéraux argileux les plus simples, avec une structure de type 1:1 où l'aluminium (Al^{3+}) et le silicium (Si^{4+}) sont les cations structuraux de base

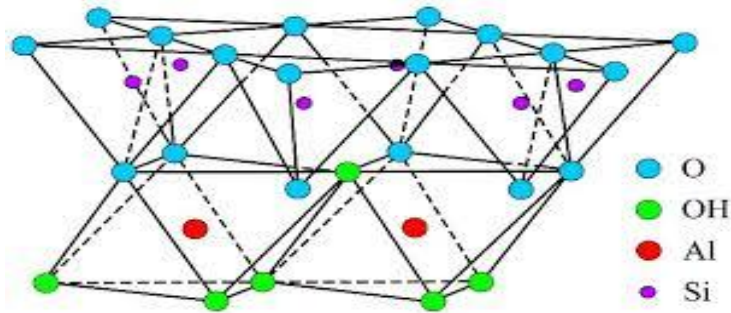


Figure 6: Représentation schématique d'une structure de kaolinite[10]

➤ L'illite $(K, H_2O)_2 Si_8 (Al, Fe, Mg)_{4.6} O_{20} (OH)_4$

Comme les smectites, l'illite est un phyllo silicate de type T-O-T, les feuillets possèdent une charge globale négative plus élevée que celle des smectites, qui est compensée par des ions de potassium K^+ anhydres situés entre les feuillets, le potassium situé entre les feuillets compense les charges internes et bloque toute hydratation et expansion foliaire [2] les ions k^+ assurent des liaisons assez fortes entre les feuillets. On peut aussi rencontrer dans le feuillet de silice certaines substitutions isomorphes partielles de Al^{3+} par Mg^{2+} et Fe^{2+} ainsi que de silicium par l'aluminium. Les particules des illites sont plates de forme moins régulière que celle des particules de kaolinite. et la différence fondamentale avec les smectites réside dans

le fait que les ions compensateurs (potassium) ne sont que très faiblement échangeables. [11]

L'illite a une capacité d'échange cationique faible (de 20 à 40 meq /100g)

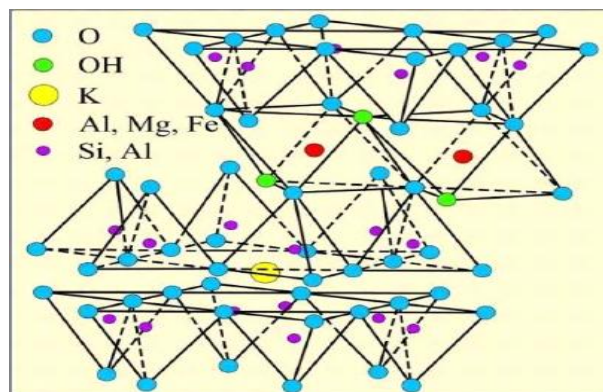


Figure 7 : Représentation schématique de la structure de l'illite [10]

➤ *Montmorillonite :*

Le nom vient de la localité française de Montmorillon, dans la Vienne où existait un filon aujourd'hui épuisé et de la localité de Sommières, dans le Gard .Il s'agit de minéral phyllithe de couleur blanche à trois couches, notamment la couche octaédrique prise entre deux couches tétraédriques .La montmorillonite est un minéral composé de silicate d'aluminium et de magnésium hydraté, de formule $(Na,Ca)_{0.3}(Al,Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$.et appartenant au groupe des smectites, de la famille des phyllo silicates . Elle est une argile de type 2/1.

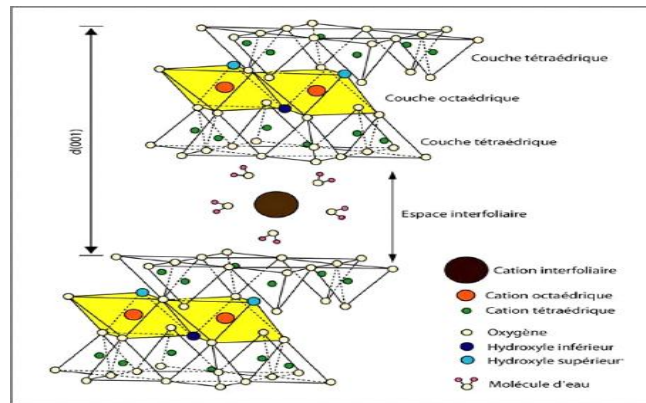


Figure 8 : Représentation schématique de la structure d'une montmorillonite (10)

➤ *Les chlorites (OH)₄ (Si Al)₈(Mg, Fe)₆O₂₀*

L'espace inter foliaire des chlorites n'est pas occupé par un cation compensateur comme dans les cas précédents, mais par un feuillet d'hydroxydes chargé positivement, l'espace basal caractéristique atteint 14 Å. Les chlorites sont stables à haute température [12].

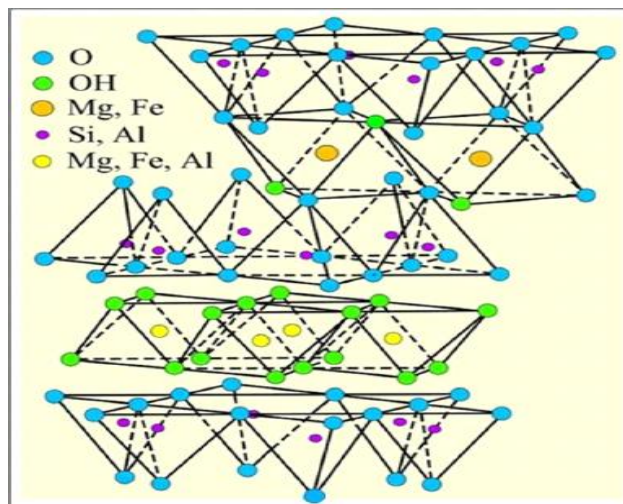


Figure 9 : Représentation schématique de la structure de chlorite [10]

II.2.4 PROPRIETES PHYSICOCHIMIQUES DES ARGILES

Degré d'hydratation : Certains minéraux argileux ont la capacité d'incorporer dans leur structure des molécules d'eau. Cette eau modifie la dimension de l'espace inter foliaire en provoquant son gonflement.

Capacité d'échange cationique (CEC): La CEC se définit comme étant le nombre de cations monovalents qu'il est possible de substituer aux cations compensateurs pour compenser la charge électrique de 100 grammes de minéral calciné et s'exprime en milliéquivalent/100g d'argile calcinée. [13]

Charge des surfaces argileuses : La charge des surfaces argileuses est variable et dépend de la structure du feuillet .Dans le cas de la kaolinite, le feuillet est toujours neutre. Sa capacité d'échange cationique est très faible. Pour les Smectites, le feuillet est chargé négativement. Sa capacité d'échange cationique

est élevée .Pour l'illite, le feuillet est chargé négativement, plus élevée que celle des smectites. Sa capacité d'échange cationique est faible. [8]

Surface spécifique des argiles : la surface spécifique (SS) appelée aussi « Aire massique» représente la surface totale (AS) par unité de masse (M) et on l'exprime généralement en m^2/g . La surface des minéraux argileux est supérieure à celles de minéraux de même taille mais de forme différente [14]. La surface spécifique dépend de la forme de la particule.

Adsorption: L'adsorption est l'une des méthodes de séparation les plus efficaces pour enlever les dilués polluants ; et elle fournit les itinéraires pour la régénération, le rétablissement et la réutilisation du matériel adsorbant [16].

La technologie d'adsorption est considérée comme une technologie plus efficace et la plus prouvée ayant l'application potentielle dans l'eau et le traitement des eaux résiduaires [17]. L'adsorption sur argile a fait l'objet de plusieurs travaux [18]

II.3 GENERALITES SUR LES PLASTIQUES :

II.3.1 INTRODUCTION

Quand l'idée d'amélioration en génie civil est ancienne par rapport à la Les déchets de démolition, scories, etc. restent relativement limités avec les plastiques. Il se produit principalement dans les travaux routiers, de terrassement et de surface quels processus ont été mise en point.

II.3.2 DEFINITION DU PLASTIQUE

. Le plastique est une matière synthétique composée de polymères, qui a la propriété d'être moulée ou modelée facilement après chauffage et qui peut être souple ou rigide. On appelle polymère une grande molécule constituée d'unités fondamentales appelées monomères (ou motifs monomères) reliées par des liaisons covalentes [19] La majorité des plastiques (99%) utilisée dans le monde est fabriquée à partir de pétrole et de gaz naturel [20]. L'histoire des matières plastiques débute en 1869 [21]..

II.3.3 LES DIFFERENTS TYPES DE PLASTIQUE

Il existe trois grandes catégories de polymères : les thermoplastiques, les thermodurcissables et les élastomères.

➤ *Thermoplastiques*

Les polymères ou les résines thermoplastiques sont des composés, dérivés d'éléments constitutifs organiques se formant naturellement, qui fondent lorsqu'on les chauffe. .

En fonction de la polymérisation on obtient différents produits qui sont :

- les PVC (Chlorure de Polyvinyle),
- les polyéthylènes,
- les polystyrènes et
- les polypropylènes.[27]








➤ *Thermodurcissables*

Une matière thermodurcissable est un polymère qui durcit sous l'action de la chaleur.

Les molécules le constituant (monomères) se lient les unes aux autres pour le rendre plus rigide en formant un réseau tridimensionnel.

➤ *Elastomères*

Ces polymères présentent les mêmes qualités élastiques que le caoutchouc. Les élastomères sont caractérisés par leur grande déformabilité (6 à 8 fois leur longueur initiale), et sont obtenus à partir de polymères linéaires caractérisés par des liaisons extrêmement faibles. [27].

LES TYPES DE PLASTIQUE		
TYPES DE RÉSINE	CODES	EXEMPLES DE PRODUITS
Polyéthylène téréphtalate (PET) Polyéthylène (PE)	 PÉT	Boissons gazeuses (PÉT) et certains emballages
Polyéthylène haute densité (HDPE)	 PÉhd	Bouteilles d'usage domestique ou alimentaire Contenants de margarine, bouteilles de détergents
Polychlorure vinyle (PVC)	 PVC	Eau de javel, shampoing, revêtements de maison, clôtures, cadres de portes ou fenêtres, réservoirs, gants
Polyéthylène basse densité (LDPE)	 PÉbd	Emballages, sacs, pellicules
Polypropylène (PP)	 PP	Contenants de yogourt, couvercles de pots et certains contenants, sacs de croustilles
Polystyrène (PS)	 PS	Contenants, plats en styromousse, ustensiles, panneau isolant
Autres types de plastique	 AUTRE	Bouteilles de ketchup,

II.3.4 LES DECHETS PLASTIQUES

sont les restes des matières plastiques utilisées dans les activités industrielles et domestiques. Il y a donc

différentes sortes de déchets plastiques.

II.3.5 DECHETS PLASTIQUES INDUSTRIELS

Ces déchets sont formés par les résidus des procédés de fabrication des résines (principalement trouvés dans les usines pétrochimiques) et de transformation des résines en produits.

- *Les déchets plastiques de post-consommation*
- *Les déchets électriques et électroniques*
- *Les déchets ménagers*
- *Les déchets du bâtiment et des travaux publics*
- *Les déchets de véhicules de transport. [27]*

II.3.6 IMPORTANCE D'UTILISATION DES PLASTIQUES :

- Les plastiques sont peu coûteux.
- Les plastiques ont des propriétés physico-chimiques variées.
- Les plastiques peuvent être facilement modelés ou moulés, pour prendre les formes souhaitées les plus variées .
- Les plastiques sont légers et donc moins coûteux à transporter que les matériaux à base de métal ou de bois. [20].
- Les plastiques sont d'excellents isolants thermiques.
- Les plastiques sont relativement durables. Ils sont peu sensibles à la corrosion et aux intempéries.
- Les plastiques sont faciles à nettoyer.
- Les plastiques utilisés comme une barrière de protection. Les aliments se conservent plus longtemps dans des boîtes plastiques.
- Les plastiques permettent un stockage massif de données sur un support de petite taille (CD, DVD, cartes mémoire...).
- Les plastiques permettent d'économiser l'énergie et de lutter contre le réchauffement climatique. [20]
- Les plastiques sont en partie recyclables. Pour ceux qui ne le sont pas, on peut les incinérer et ainsi récupérer de l'énergie sous forme de chaleur.

II.3.7 LE RECYCLAGE DU PLASTIQUE

est considéré comme l'une des meilleures voies de prise en compte

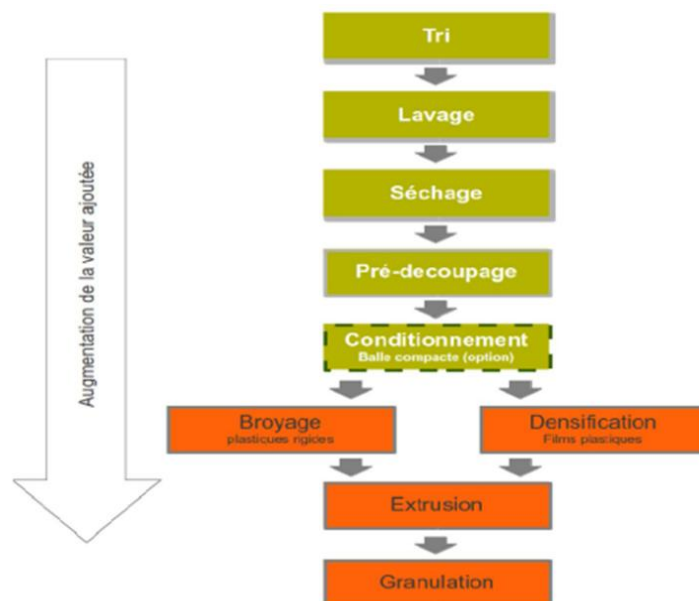
du développement durable. Il est devenu, à cet effet, une priorité en termes de gestion du développement durable (Coulibaly, 2008).

Jusqu'à récemment, la plupart des objets plastiques en fin de vie étaient mis en décharge. La tendance, aujourd'hui, est de valoriser au maximum ces plastiques usagés (non biodégradables), soit en le recyclant, soit, si cela n'est pas possible pour des raisons techniques ou économiques, en les brûlant dans des incinérateurs pour produire de l'énergie.

Pour le recyclage de ces plastiques, il n'existe pas de bon ou de mauvais moyen, ni de voie

unique. En la matière, les systèmes de gestion varient selon les pays en fonction de leurs particularités, de leurs choix stratégiques et des technologies disponibles. En outre, les conditions n'étant pas les mêmes en zone rurale et en zone urbanisée, plusieurs solutions différentes peuvent être mises en œuvre dans un même pays.

La valorisation des matières plastiques prend une ampleur de plus en plus considérable, du fait de l'évolution des réglementations sur l'écologie et les demandes sociétales et associatives pour la préservation et la qualité de l'environnement. Quelques codes d'identification de matières plastiques en fonction de leur recyclabilité ont été déterminés (Gervais ,2010 ; CSEMP, 2004 ; Society of Plastic Engineers, 2008 ; Hannequart, 2004)



II.3.8 VALORISATION DE PLASTIQUE

Il existe en général trois grandes méthodes de valorisation du plastique [24] :

- **La valorisation énergétique** consiste à incinérer les déchets plastiques pour récupérer l'énergie qu'ils contiennent sous forme de chaleur. Les plastiques, composés de pétrole raffiné, ont une capacité calorifique proche de celui-ci. Cette méthode de valorisation permet de recycler une grande partie des déchets plastiques.
- **La valorisation mécanique**, consiste à réutiliser les déchets plastiques avec un minimum de transformation de la matière. Cette technique est utilisée pour le traitement des déchets thermoplastiques. Elle repose avant tout sur une collecte sélective ou un tri

des déchets plastiques à partir des ordures ménagères. Il est très souvent nécessaire d'avoir des déchets plastiques triés par type de résine plastique. Plus le tri est efficace, plus le produit obtenu est de bonne qualité.

- **La valorisation chimique** consiste à transformer la matière plastique en molécule de base (polymère, ester...), pouvant servir à la synthèse d'une nouvelle matière plastique, ou pour la pétrochimie. Ces technologies sont encore peu développées ou limitées à certaines natures de résines plastiques.

II.4 Conclusion

L'utilisation du plastique recyclé offre de nombreux avantages économiques, environnementaux, notamment dans la préservation de la nature et la continuité de la vie sur la planète terre. la facilité de récupération , la facilité de préparation et surtout, le transport et le gain de temps. En raison de leur localité

CHAPITRE III :

LES ESSAIS REALISES

LES ESSAI REALISES**III.1 INTRODUCTION**

De nombreux chercheurs se sont concentrés sur le traitement du déclin des sols dans les processus qui sont préoccupés par la sensibilité et l'importance des bâtiments, en utilisant plusieurs méthodes pour traiter les sols en pente qui dépendent de la tolérance à la charge, à la suite de quoi les méthodes d'essai sur le sol étudié ont été normalisées devient une condition nécessaire pour obtenir du sol avec des résultats par rapport à ceux contenus dans la littérature.

Ce chapitre vise à déterminer le taux d'effondrement avant et après l'ajout de quantités de plastique recyclé bien sûr après identification de l'argile rouge.

Des échantillons de sol ont été prélevés au laboratoire de génie civil de l'Université MOHAMMED ELBACHIR ELBRAHIMI avant et après la stabilité(masse volumique apparente et absolue, limites d'Atterberg, analyse granulométrique par tamisage et sédimentation) ainsi que des

essais mécaniques (Proctor normal, essai œdométrique).

II.2.LA MASSE VOLUMIQUE ABSOLUE (NF EN 1097)

La masse volumique des particules solides du sol est définie comme le rapport entre la masse de ces particules solides (m_s) et leur volume (V_s). En mécanique des sols, la masse volumique des particules solides est un paramètre important pour le calcul de la relation poids-volume, pour connaître l'indice des vides, le degré de saturation et la porosité.

III.2.1L'OBJECTIF DE L'ESSAI

L'objectif de la manipulation est la détermination du poids volumique des grains solides d'un sol ou ce qui revient au même la masse volumique de ces grains ou la densité des grains solides est la masse volumique de l'eau à la température considérée et l'accélération de pesanteur La manipulation utilise le principe du pycnomètre procédé consiste à peser un pycnomètre vide , puis rempli d'eau et contenant en même temps une certaine quantité du sol par comparaison avec le poids volumique de l'eau on arrive à déterminer le poids volumique des grains formant le sol

III.2.2 MATERIELLE UTILISE

- pycnomètre
- Balance technique
- Une petite règle plate métallique



Figure 10 :matérielle utilisé pour détermination de masse volumique

III.2.3 MODE OPERATOIRE

Cette méthode est très facile à réaliser en utilisant un pycnomètre et par mesure de la différence de masses.

- Placez le pycnomètre vide sur la balance électronique et lisez la masse **M1**
- Remplir un pycnomètre avec un volume d'eau **M2**
- Peser un échantillon sec de sol environ (**250g**) et l'introduire dans l'éprouvette en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air **M4**, le liquide monte dans l'éprouvette. Lire le nouveau masse **M4**.

La masse volumique est alors :

$$\gamma_s = D_r \times \gamma_w$$

$$D_r = (M_3 - M_1) / (M_2 + M_3) - (M_4 - M_1)$$

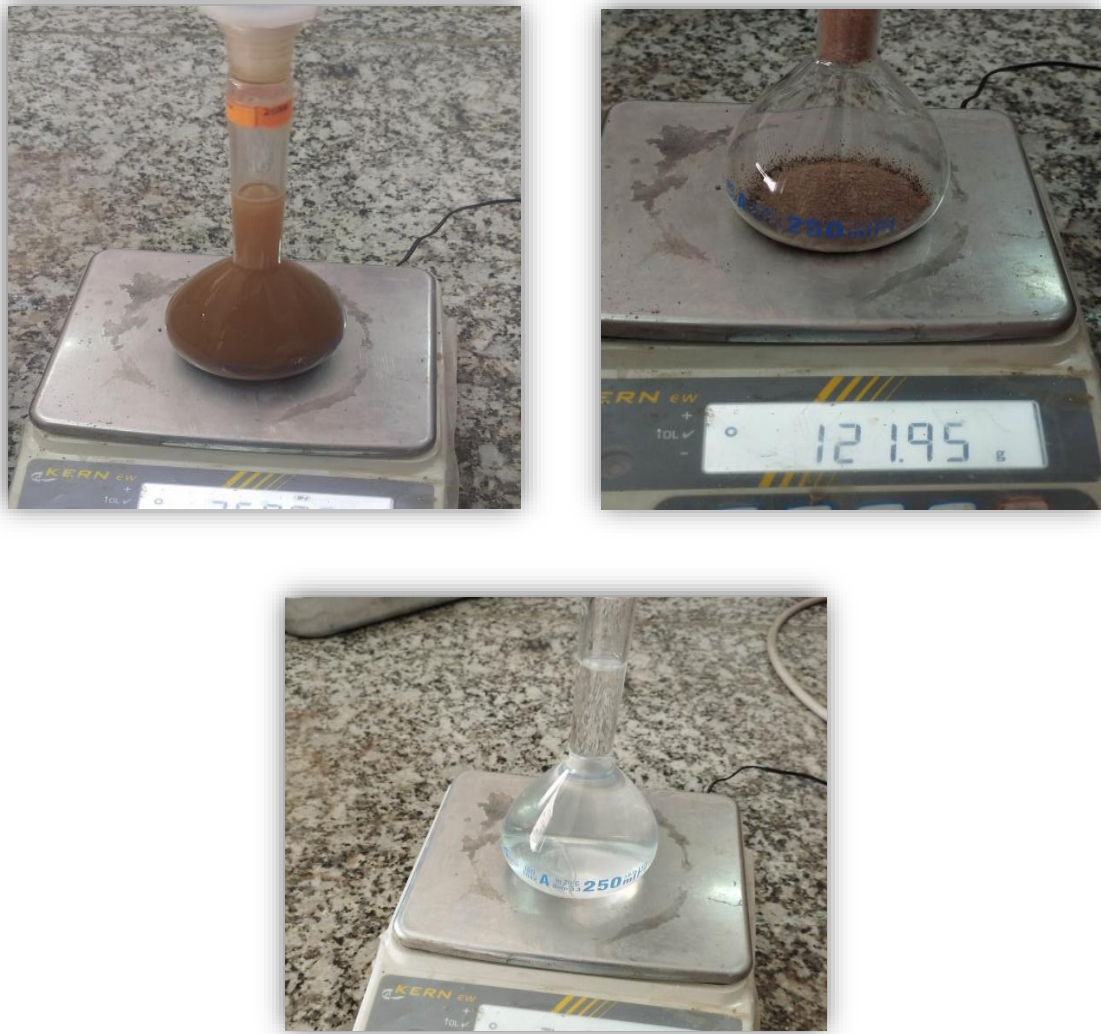


Figure 11 : les étapes de la détermination de la masse volumique .

II.3 ANALYSE GRANULOMETRIQUE : (NF P 94-056)

La granulométrie par tamisage est une méthode d'analyse granulométrique qui consiste à séparer les grains d'un échantillon de granulats ou de sol selon leur taille, en les faisant passer à travers une série de tamis à mailles carrées de dimensions décroissantes. La granulométrie est l'étude de la distribution statistique des tailles d'une collection d'éléments finis de matière naturelle ou fractionnée . La granularité est la répartition dimensionnelle des grains . Le résultat de l'analyse granulométrique par tamisage est une table ou un graphique qui indique les proportions de grains de différents diamètres dans l'échantillon . Cette analyse permet l'identification du matériau et prévoit quelques propriétés du sol .

II.3.1 L'OBJECTIF DE L'ESSAI

- Repartir les particules du matériau (l'échantillon), selon leurs dimensions en groupes (présentées par masse).
- Etablir la courbe granulométrique (la masse du tamisât/refus cumulé (en%) en fonction des diamètres des particules (mm-micromètre).
- Analyse et classification précise du sol.

II.3.2 PRINCIPE DE L'ESSAI

- L'essai consiste { fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes.
- Les masses des différents refus et tamisâtes sont rapportées à la masse initiale du matériau. Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique.

.Les masses des différents refus et tamisât sont rapportées à la masse initiale du matériau.

Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique

II.3.3 MATERIELS UTILISES

- Des plateaux pour recueillir les produits de tamisage (sable-gravier)
- Des tamis avec couvercles et fond (Bac)
- Vibreur électrique

II.3.4 MODE OPERATOIRE

- Préparer les tamis d'ouvertures nécessaire
- Peser ces tamis vide

- Dresser la colonne des tamis de telle manière que la progression des ouvertures soit croissante du bas de la colonne vers le haut. Le fond étanche et le couvercle sont disposés respectivement en bas en haut de la colonne.
- Peser deux kilogrammes de sol
- Verser le sol en haut de colonne de tamis puis fermer le couvercle
- Procéder manuellement puis automatiquement à l'agitation de la colonne pendant environ 5 min.
- Peser les tamis avec les refus partiels en commençant par le tamis supérieur (la masse perdue lors du tamisage ne doit pas dépasser 1% de la masse de la prise).



Figure 12 :les étapes de l'essai granulométrique

III.4 LIMITES D'ATTERBERG (NF P 94-052-1)

La limite d'Atterberg constitue, pour les sols, la teneur en eau à laquelle un échantillon de sol passe d'une consistance à une autre (dure à boue par exemple). Les limites d'Atterberg, les limites de plasticité ou les limites de consistance, sont utilisées pour caractériser le comportement des sols fins, bien que leur comportement varie au fil du temps. Le nom de ceux-ci pour la plasticité du sol est dû au scientifique suédois Albert Mauritz Atterberg (1846–1916).

III.4.1 L'OBJECTIF D'ESSAI

Selon sa teneur en eau, un sol sensible à l'eau peut se présenter sous trois états:

- Etat solide
- Etat plastique
- Etat liquide

Limite de Liquidité **WL** : (frontière entre état plastique et liquide) .

Limite de Plasticité **WP** : (frontière entre état solide et plastique)

Ces limites sont déterminées A partir des résultats obtenus, on détermine deux paramètres:

L'indice de plasticité **Ip** : qui définit l' étendus du domaine plastique du sol entre les limites de liquidité et de plasticité.

III.4.2PRINCIPE DE L'ESSAI :

- **LIMITE DE LIQUIDITE** : L'essai effectué en utilisant l'appareil de Casagrande il consiste à rechercher le teneur en eau pour laquelle une rainure pratiquée dans une pâte de sol placée dans la coupelle de casagrande se ferme lorsque la coupelle et son contenu sont soumis à des chocs répètes.
- **LIMITE DE PLASTICITE** : l'essai consiste à déterminer la teneur en eau pour laquelle un rouleau de sol confectionné manuellement de maniéré normalisé, se fissure .

- **W** : teneur en eau à l'état naturel.
- **Ip** : Indice de plasticité.
- **Wi** : Limite de liquidité.
- **WP** : Limite de plasticité.

III.4.3 MATERIELS UTILISES :**➤ POUR LA PREPARATION DU SOL :**

- Tamis à mailles carrées de **400 µm** d'ouverture.
- Bac de manutention.
- Dessiccateurs.

➤ POUR LA DETERMINATION DE W L

- Appareil de **Casagrande** avec ses accessoires.

➤ POUR LA DETERMINATION DE W P

- Une plaque de verre et sa cale pour l'évaluation du diamètre du rouleau de sol.
- Un calibre de **Ø 3 mm**
- Des tare

III.4.4 PREPARATION DE L'ECHANTILLON**➤ 1-Prendre un échantillon représentatif du sol et le mettre à**

imbiber dans un récipient plein d'eau pendant **24 heures**

➤ 2- Tamiser ce matériau imbibé par voie humide sur un tamis de

400µm, l'ensemble du tamisât et des eaux de lavage étant en

suite décanté pendant **12 heures**.

➤ 3- L'eau claire surnageant est siphonnée en prenant garde de ne

pas entrainer de particules solides fines, l'eau excédentaire étant

évaporée à l'étuve à **50°C** jusqu'à obtenir un mortier mou.

-L'échantillon ainsi préparés doit contenir environ **200g** de particules solides .



Figure 13 :préparation de sol pour l'essai de limites d'Artterebrg

III.4.5 MODE OPERATOIRE :

➤ *DETERMINE LIMITE DE LIQUIDITE (CASAGRANDE)*

- On malaxe rigoureusement la totalité de l'échantillon afin de bien homogénéiser
- On remplit la **coupe** au tiers
- On trace le milieu de l'échantillon à l'aide d'un outil à rainurer et l'essai comme immédiatement
- La **coupe** fixée à l'appareil est soumise à une série de chocs réguliers jusqu'à ce que les deux lèvres se ferment (le nombre de coups de fermeture doit être compris entre **(15 et 35)**)
- Pour confirmer le nombre de chocs, il faut recommencer immédiatement l'essai, si les deux essais successifs ne diffèrent pas plus d'un choc, on prélève à l'aide d'une spatule deux échantillons de chaque côté des lèvres et on détermine la teneur en eau.



Figure 14 Les étape détermination de limites liquidité

➤ **DETERMINE LA LIMITE DE PLASTICITE**

- Pour déterminer W_p , on prend une partie du mélange et on essaye de faire des petits rouleaux sur une plaquette jusqu'à obtenir un diamètre de 3mm .
- Après on soulève le rouleau à 1 ou 2cm au-dessus du plancher, quand il se fissure et rompt.
- On prélève sur chaque morceau des échantillons pour déterminer la teneur en eau qui sera la valeur de W_p Et il en vient l'indice de plasticité

$$IP = WL - WP$$

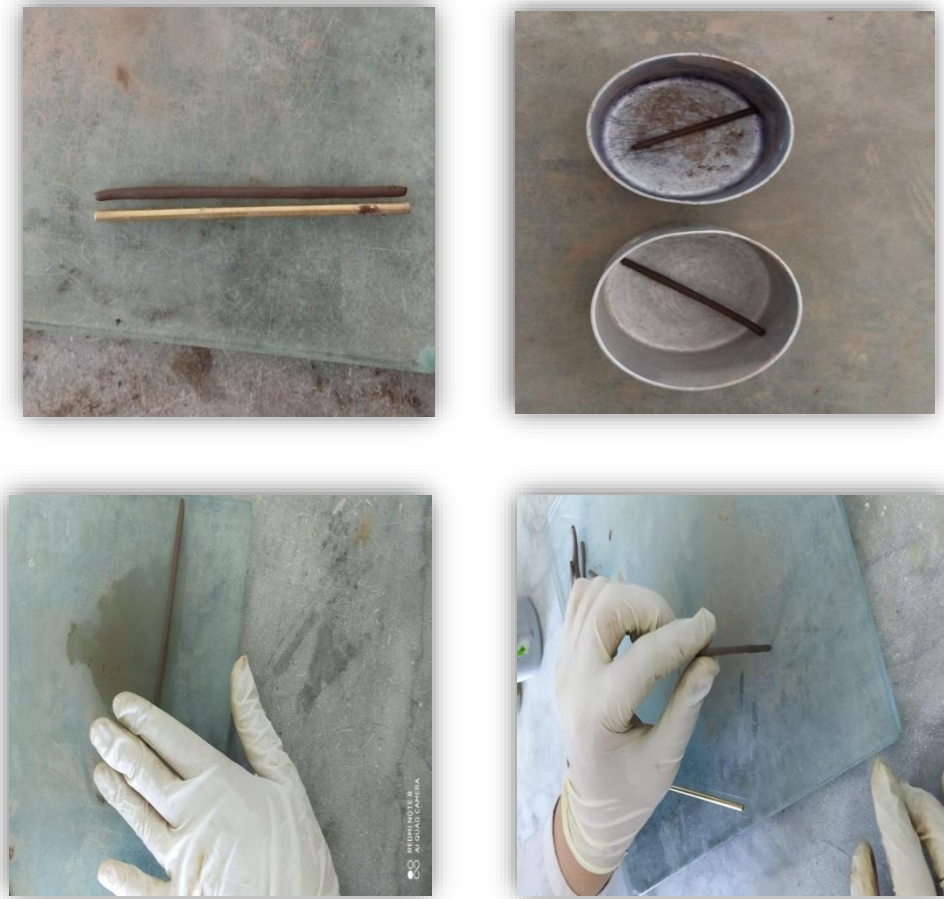


Figure 15 : les étapes de détermine la limite de plasticité

III.5 L'ESSAI PROCTOR NORMALE ((NF P 94-093)

L'essai Proctor est un essai qui permet de déterminer la teneur en eau nécessaire pour obtenir la densité sèche maximale d'un sol granulaire (ou non) par compactage à une énergie fixée (poids de dame, nombre de coups et dimensions normés).

III.5.1 L'OBJECTIF DE L'ESSAI

L'essai Proctor a pour but de déterminer la teneur en eau à laquelle doit être compacté un sol pour obtenir la densité sèche maximum, par un compactage d'intensité donné.

III.5.2 PRINCIPE DE LA METHODE

L'essai Proctor consiste à compacter dans un moule standard, à l'aide d'une dame standard et selon un processus bien déterminé, un échantillon du sol à étudier et à déterminer le teneur en eau du sol et sa densité sèche après le compactage.

L'essai **Proctor** est répété plusieurs fois de suite sur des échantillons portés à des teneurs en eau croissantes (**6%** ,**8%** ,**10%**,**12%** ,**14%**,**16%**) On détermine ainsi plusieurs points de la courbe représentative des densités sèches en fonction des teneurs en eau. On trace alors la courbe en interpolant entre les points expérimentaux. Elle représente un maximum dont l'abscisse **X** est « la teneur en eau optimum Proctor », et l'ordonnée **Y** « la densité sèche maximum Proctor ».

Déterminer les références de compactage d'un matériau : Masse volumique et teneur en eau optimales

L'essai Proctor a pour but de déterminer la teneur en eau à laquelle doit être compacté un sol pour obtenir la densité sèche maximum, par un compactage d'intensité donné.

III.5.3 MATERIELS UTILISES

- Le moule Proctor normale .
- La dame Proctor normal.
- tamis de **5mm** .
- Une étuve.
- Une règle à arase
- Une éprouvette graduée.
- Un bac.
- Les tares.
- Burette à huile .
- Balance portée **20 kg**.
- Balance de précision.
- Truelle, spatule, pinceau, etc...



Figure 16 : Matériels utilisés pour Proctor normal

III.5.4 MODE OPERATOIRE ESSAI PROCTOR

- On prend **2,5 kg** d'argile rouge tamisé a tamis de **5mm** qu'on verse dans un bac.
- On ajoute une certaine quantité d'eau proportionnelle au poids d'argile utilisé.
- on malaxe bien l'**argile** avec l'eau.
- On remplit le moule Proctor normalisé en trois couches puis après avoir versé chaque couche on compacte l'aide de la dame Proctor normal en **25 coups** en respectant la hauteur de chute et en assurant une répartition équitable des coups sur la surface à compacter.
- On procède de la même manière de la **2eme** et **3eme** couche.
- Nous plaçons le moule avec la base au-dessus de la balance électronique et de la base, et à travers lui nous concluons que Masse de terre contenue dans le moule.
- Nous démontons la base du moule et prenons une petite quantité d'argile des deux côtés du moule et les tares dans de petits moules pour déterminer Teneur en eau .

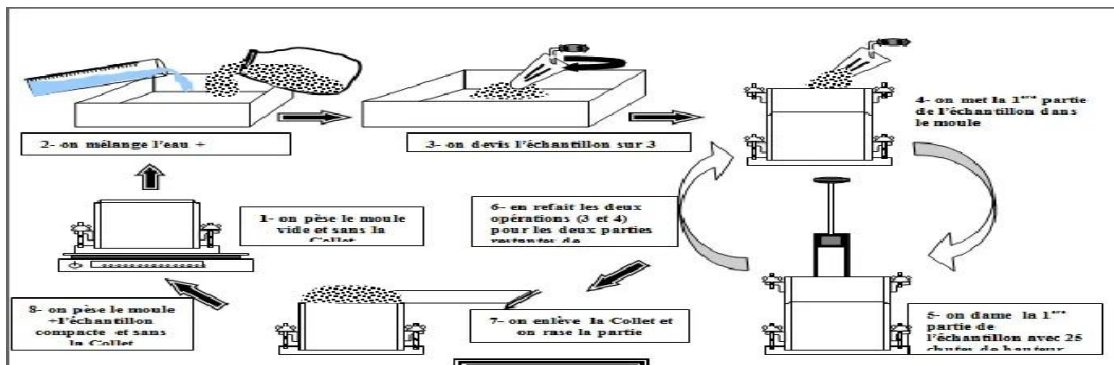


Figure 17 : Résumé du protocole expérimental de l'essai Proctor. (ph4)



Figure 18: les étapes de Proctor normal

III.6 ESSAIS OEDOMETRIQUES

L'essai œdométrique est une méthode expérimentale utilisée en géotechnique pour étudier le comportement mécanique des sols sous l'action d'une contrainte verticale, notamment leur consolidation et la variation de volume qu'ils subissent lorsqu'ils sont soumis à un chargement progressif.

Les résultats obtenus permettent de caractériser les propriétés de compressibilité du matériau, telles que le coefficient de consolidation et le module de compressibilité

III.6.1 L'OBJECTIF DE L'ESSAI

œdométrique est de déterminer les propriétés de compression et de déformation d'un sol, ainsi que sa capacité à supporter des charges. Il permet d'obtenir des informations importantes sur le tassement et la consolidation des sols.

C'est un appareil utilisé en géotechnique, qui permet de mesurer le tassement d'un échantillon de sol sous un effort donné et en fonction du temps afin d'en déterminer ses propriétés mécaniques lors de calculs de mécanique des sols.

Les essais réalisés pour déterminer le potentiel d'affaissement sont : essai à l'odomètre simple et double. Cette étude simule les configurations suivantes :

- Une surface horizontale très grande par rapport à son épaisseur.
- Une charge appliquée uniforme et verticale.
- Les possibilités des déplacements horizontaux nuls.

III.6.2 PRINCIPE DE L'ESSAI

L'essai s'effectue sur une éprouvette de sol placée dans une enceinte cylindrique rigide «œdomètre». Un dispositif applique sur cette éprouvette un effort axial vertical, l'éprouvette étant drainée en haut et en bas et maintenue saturée pendant l'essai. La charge est appliquée par ailiers maintenus constants successivement croissant et décroissant suivant un programme défini.

➤ L'ESSAI OEDOMETRIQUE SIMPLE

est une technique couramment utilisée pour obtenir les caractéristiques de compression d'un sol. Il implique l'application d'une charge verticale sur un échantillon de sol confiné dans un bague cylindrique de diamètre 5 cm et de hauteur 2 cm. Le chargement est appliquée par palier chaque

24H , sachant que chaque palier et le double de l' autre .l'essai prend fin des que les tassements cessent.

➤ L'ESSAI ŒDOMÉTRIQUE DOUBLE

est une variante plus avancée de l'essai simple. Dans l'essai œdométrique double, une charge verticale est appliquée sur le dessus de l'échantillon de sol, tandis qu'une pression de confinement est également appliquée sur les côtés. Cela simule plus précisément les conditions de contrainte

auxquelles le sol peut être soumis dans la réalité, en prenant en compte les contraintes latérales exercées par les sols environnants.

L'essai œdométrique simple et l'essai œdométrique double fournissent tous deux des informations importantes sur le comportement effondrable d'un sol. Ces essais nous permet de calculer le coefficient d'affaissement (CP) ,sachant que les valeurs de ce dernier sont un peu exagérer dans les essais de double œdomètre.

La différence entre les déformations, à l'équilibre et au même incrément de contrainte, est Déterminée pour déterminer le degré d'affaissement.

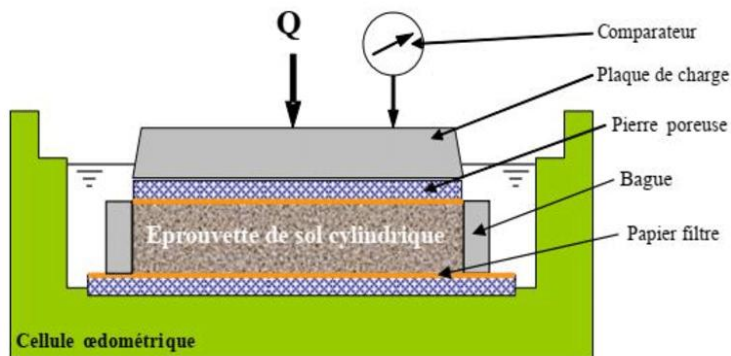


Figure19 : représentation schématique d'une cellule œdométrique (PH3)

III.6.3 MATERIELS UTILISES :

- Appareil de l'odomètre.
- Des charges (1kg, 2kg, 4kg, 8kg.....).
- Plaque en verre.
- Balance électronique précise au 1/100g
- Règle à arasé.
- Cuillère.

- Chronomètre.
- Pipette.
- Une dame de compactage du sol.
- Papier filtre.
- Une étuve.
- Un comparateur

III.6.4 MODE OPERATOIRE

Les essais de compressibilité à l'œdomètre ont été réalisés selon la procédure de **Knight et Jennings (1975)**. L'essai consiste à préparer deux échantillons de sol non traité (S) et deux échantillons de chaque sol traité, avec les déchets de plastique.

- Préparer environ **500g** de sol sec tamisé à **0,4 mm** .
- Mesurer le diamètre intérieur de la bague œdométrique e **D**, et sa hauteur **H0 =20(mm)**.
- Peser l'ensemble « moule, bague et la pierre poreuse inferieure » Remplir la bague avec du sol sec en appliquant une pression modérée à la main sur le piston positionné sur l'échantillon pour le compacter.
- Un échantillon est placé dans la cellule œdométrique à sec et l'autre saturé (remplissage de la cellule œdométrique par l'eau distillée).
- Mettre le comparateur à zéro et commencer l'opération de chargement et lecture des tassements.
- L'indice des vides peut être calculé par :

$$e = (H - hp) / hp = (H/hp) - 1$$

Δh : tassement observe au cours d'un cycle de chargement de 24 h.

L'indice des vides initiale *i* s'obtient en faisant $H=H_0$ dans l'expression de *e*.

Enfin le potentiel d'affaissement de l'échantillon de sol dans la bague annulaire est déterminé par la relation :

$$C_p (\%) = [(e_{sec} - e_{sat}) / (1 + e_0)].1$$

CHAPITRE IV :

RESULTATS ET DISCUSSIONS

VI.1INTRODUCTION :

Ce chapitre explique les différents résultats obtenus lors des essais effectués en laboratoire. Les matériaux utilisés pour stabiliser le sol jouent un rôle important dans ses caractéristiques et ses performances ultérieures. L'étude de l'argile rouge traitée au plastique a été testée avant et après stabilité (densité apparente et absolue, limites d'atte berg, analyse granulométrique par tamisage), essais mécaniques (Proctor normalisé.et endomètre).

Les matériaux utilisés dans notre étude sont des matériaux locaux, nous avons effectué des essais expérimentaux qui concernent leurs caractéristiques au laboratoire de génie civil à l'université EL BACHIR EL IBRAHIMI Bordj Bou Arreridj.

VI.2ESSAIS STANDARDS :**VI.2.1MASSE VOLUMIQUE :**

Tableau 1 : Résultats de l'essai de la masse volumique absolue du sol

Les masses	(g)
M1	96.97
M2	340.75
M3	122.47
M4	356.10

M1 :masse de pycnomètre .

M2 :masse de pycnomètre et masse d'eau .

M3 :masse de pycnomètre et masse de sol.

M4 :masse de pycnomètre et masse d'eau et masse de sol.

$$\gamma_s = D_r \times \gamma_w$$

$$D_r = (M3 - M1)/(M2 + M3) - (M4 - M1)$$

$$\gamma_s = 2.51 \text{ g/cm}^3$$

VI.2.2 ANALYSE GRANULOMETRIQUE

➤ ANALYSE GRANULOMETRIQUE D'ARGILE ROUGE

Tableau 2 : Résultats récapitulatif de l'analyse granulométrique du sol

Tamies Ø (mm)	P. Tamis Vide (g)	P. Tamis Rempli (g)	Refus Partiel (g)	Refus Cumulé (g)	Rufus Cumulé (%)	Tamisât en (%)
6.3	603	710	107	107	10.7	89.3
5	546	668	122	229	22.9	77.1
4	559	670	111	340	34.0	66
3.15	559	669	110	450	45.0	55
2.5	516	617	101	551	55.1	44.9
1	484	742	258	809	80.9	19.1
0.630	472	528	56	865	86.5	13.5
0.315	433	482	49	914	91.4	8.6
0.160	416	444	28	942	94.2	5.8
0.080	415	436	21	963	96.3	3.7
FOND	375	412	37	1000	100	00

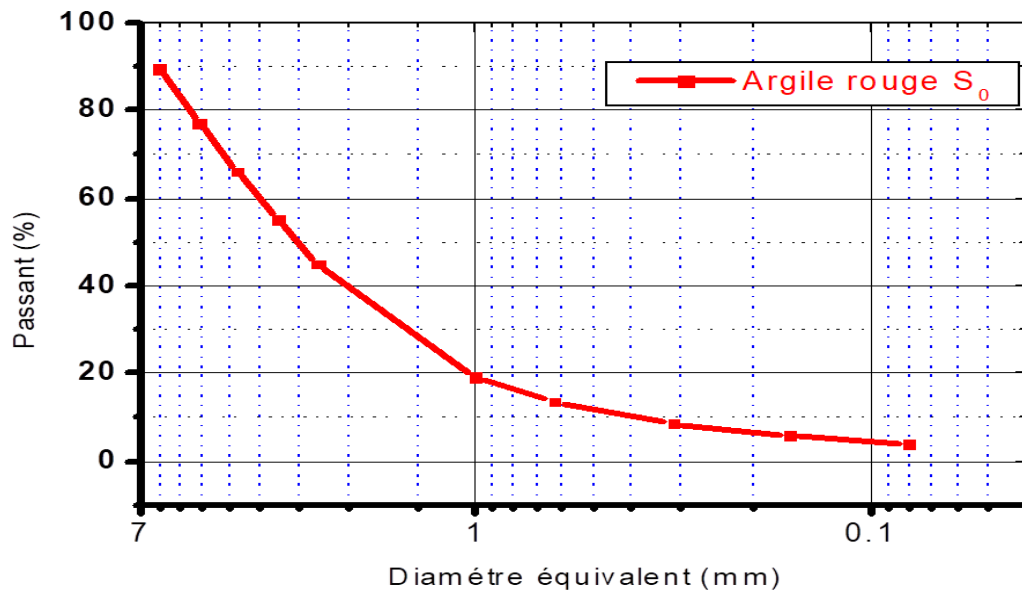


Figure20: Courbes granulométriques d'argile rouge

➤ *ANALYSE GRANULOMETRIQUE DE PLASTIQUE TRANSFORME*

Tableau 3 : Résultats récapitulatif de l'analyse granulométrique du PT

Tamis Ø (mm)	P. Tamis Vide (g)	P. Tamis Rempli (g)	Refus partiel (g)	Refus Cumulé (g)	Rufus Cumulé (%)	Tamisât en (%)
2.00	541	643	102	102	8.5	91.5
1.6	508	664	156	258	21.5	78.5
1.25	473	644	171	429	35.75	64.25
0.800	472	736	264	693	57.75	42.25
0.630	470	601	131	824	68.66	31.34
0.400	432	620	188	1012	84.33	15.67
0.250	420	542	122	1134	94.5	5.5
0.200	427	448	21	1155	96.25	3.75
0.125	388	420	32	1187	98.91	1.09
	407	41	341	1191	99.25	0.75
FOND	375	384	9	1200	100	00

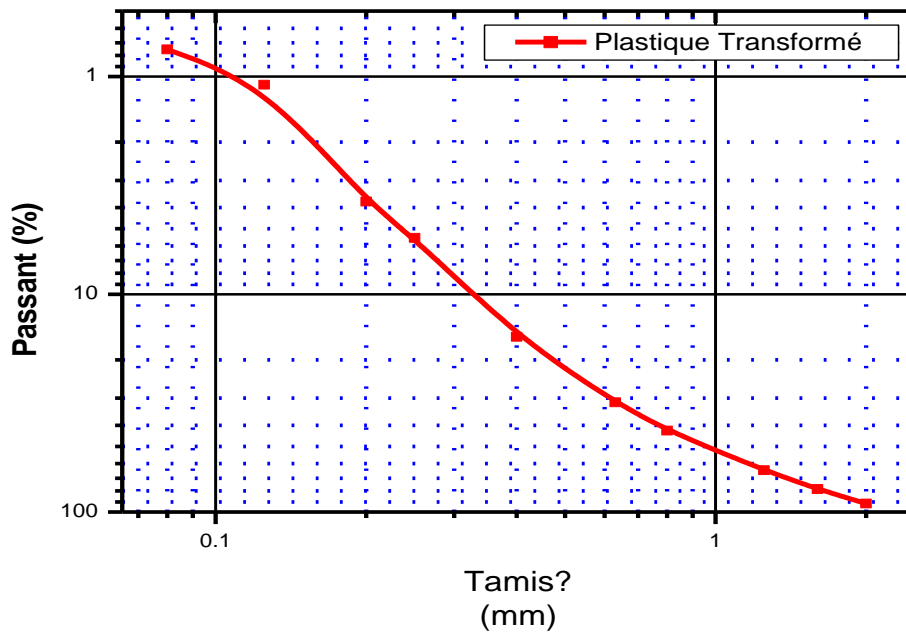


Figure 2 1: Courbes granulométriques du plastique transformé.

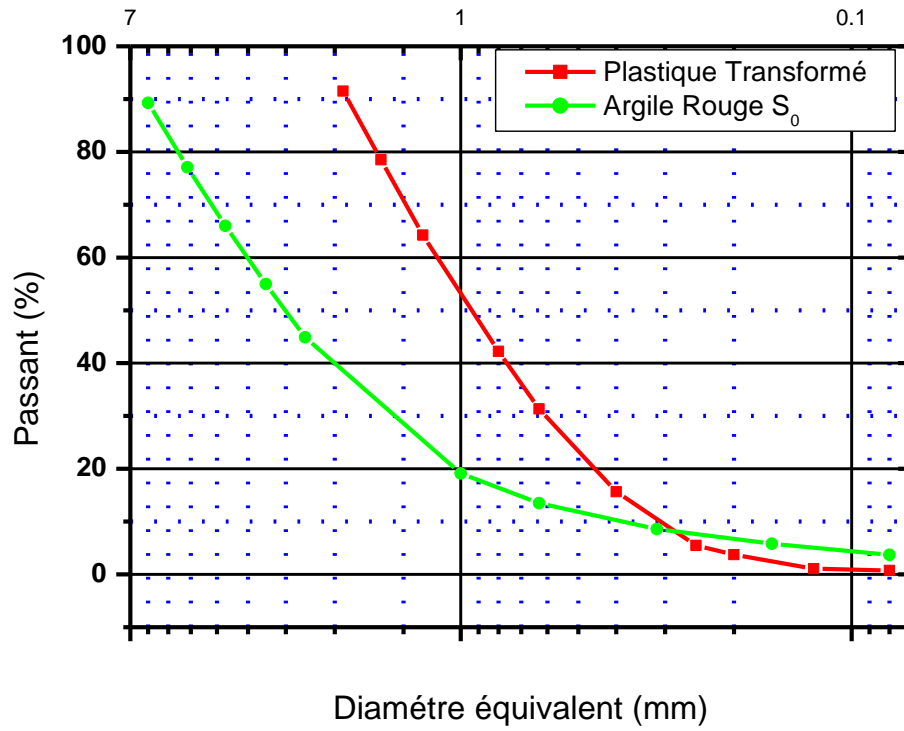


Figure 22: Courbes granulométriques d'argile rouge et Plastique Transformé.

Limites d'Atterberg

Limite de liquidité (WL)

Tableau 4 : Résultats des essais de la limite de liquidité

	Essai N° 01		Essai N° 02		Essai N°03	
Nombre de coups	19		26		31	
N° de la tare	T01	T02	T03	T04	T05	T06
Poids de la tare	10.55	10.81	10.50	10.50	10.52	10.70
P. humide + tare	18.10	18.60	16.28	16.33	17.43	18.26
P. sec + tare	15.85	16.30	14.61	14.66	15.48	16.15
Poids de l'eau	2.25	2.30	1.67	1.67	1.95	2.11
Poids du sol sec	5.30	5.49	4.11	4.16	4.96	5.45
Teneur en eau(%)	42.45	41.89	40.63	40.14	39.31	38.71
Moyenne(%)	42.17		40.39		39.01	
WL(%)	40.52					

$$WL(\%) = \frac{100 Ph - Ps}{Ps}$$

Ps : poids de sol sec

Ph : poids de sol humide

WL : la teneur en eau

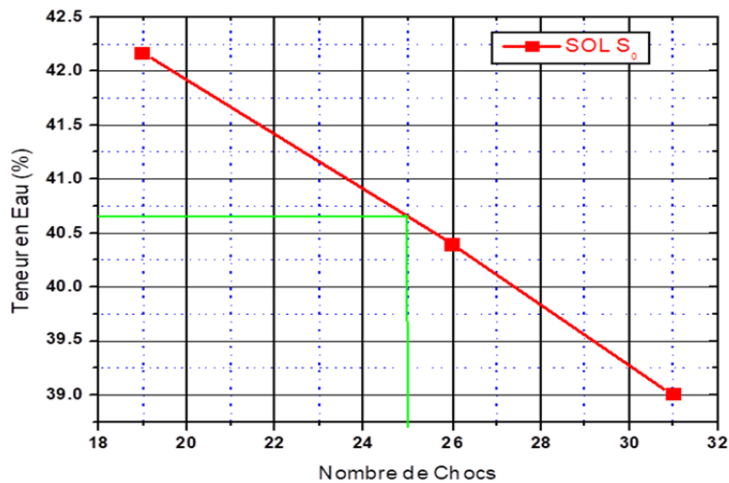


Figure23 : Courbe de détermination de WL

➤ Limite de plasticité (WP) :

Tableau 5 : Résultats des essais de la limite de plasticité.

	Essai	
	T01	T02
N° de la tare	10.42	10.48
Poids de la tare	11.36	11.46
P. humide + tare	11.15	11.26
P. sec + tare	0.21	0.22
Poids de l'eau	0.73	0.78
Poids du sol sec	28.76	28.20
Teneur en eau(%)	28.48	
Moyenne(%)	28.48	
WP(%)	28.48	

2- ESSAIS MECANIQUES

PROCTOR NORMALE

<i>S0 : sol non traité</i>
<i>S1 :sol traité par 6 %de plastique transformé</i>
<i>S2 : sol traité par 10 %de plastique transformé</i>
<i>S3 sol traité par 15 %de plastique transformé</i>

Tableau 6 : Désignations des mélanges

<i>N°</i>	<i>Notation</i>	<i>Mélanges</i>
<i>01</i>	<i>S0</i>	<i>Sol non traité</i>
<i>02</i>	<i>S1</i>	<i>Sol+ 6 de plastique transformé</i>
<i>03</i>	<i>S2</i>	<i>Sol + 10 de plastique transformé</i>
<i>04</i>	<i>S3</i>	<i>Sol+ 15 de plastique transformé</i>

- *sol non traite .*

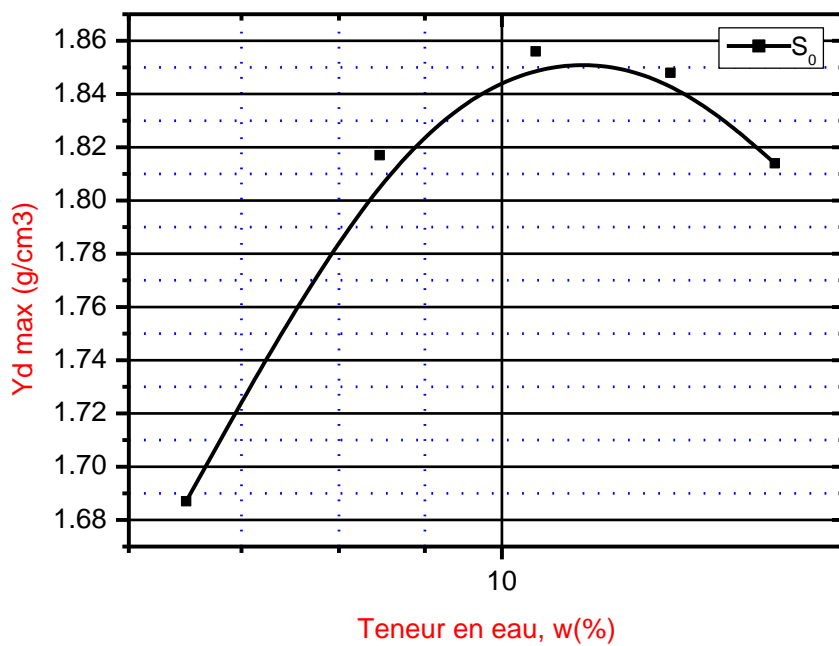


Figure24: Effet de l'ajout de PT sur le compactage du sol non traité.

● Sol + 6 plastique transformé

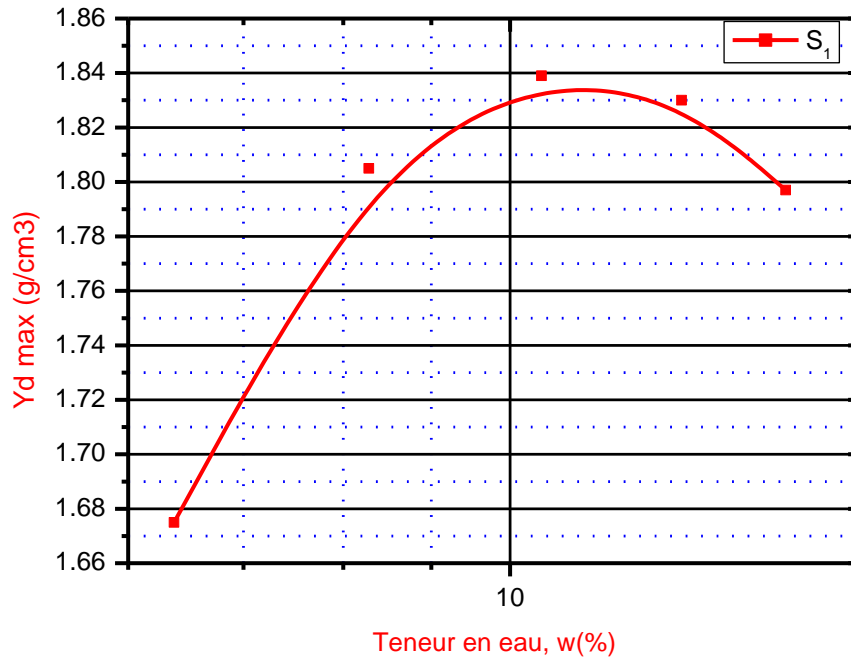


Figure 25: Effet de l'ajout de PT sur le compactage du sol traité 6 %

Sol + 10 plastique transformé

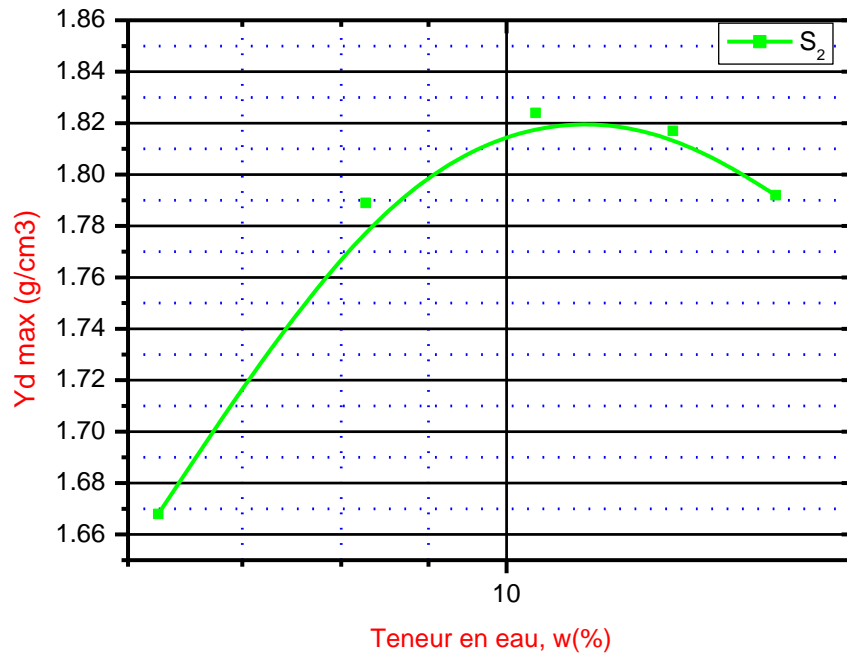


Figure 26 : Effet de l'ajout de PT sur le compactage du sol traité 10 %

- Sol + 15 plastique transformé

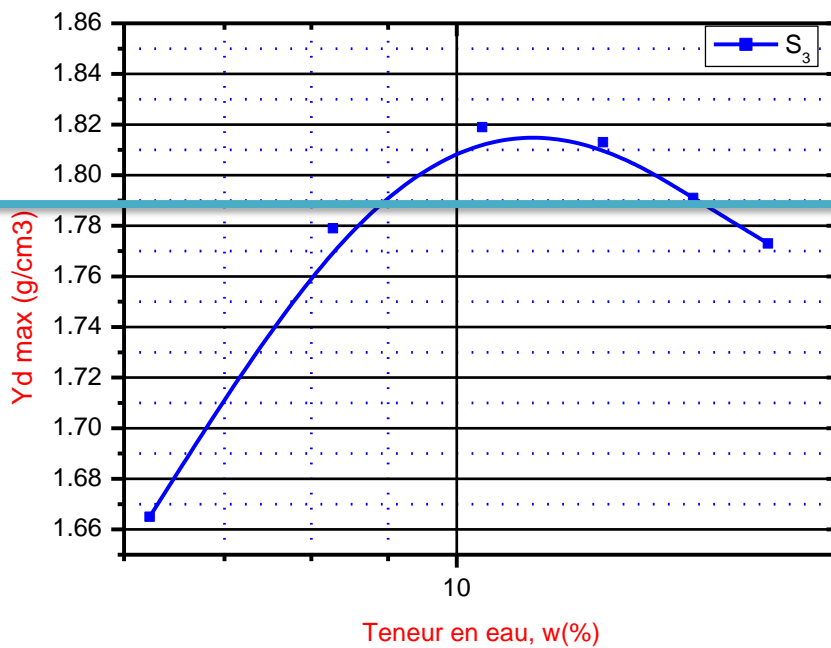


Figure 27 : Effet de l'ajout PT sur le compactage du sol traité 15%

- Mélanges avec ciment (S0, S1, S2, S3, S4)

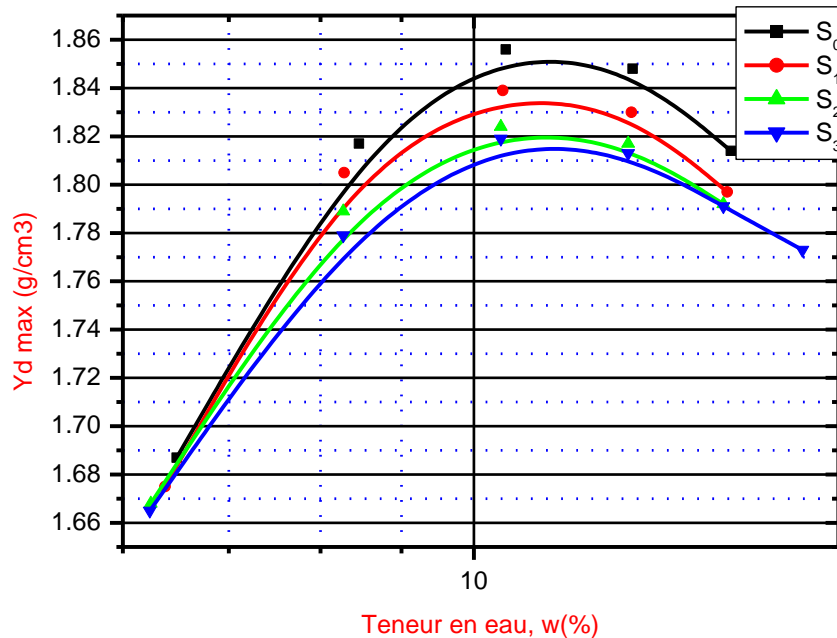


Figure 28 : Effet de l'ajout de PT le compactage différentes des sol.

4.5 Influence de plastique transformé (PT) sur l'Essai Simple œdométrique.

la variation de l'indice de vide en fonction de la pression verticale Demande d'âmes. La valeur maximale de Cp est de 4,24 % pour S0. Expliquer les résultats obtenus L'ajout de différents pourcentages de plastique au sol avec le changement des quantités d'eau ajoutée (6%, 10 %,15%) également (6% , 8%) pour atteindre une valeur de 0.69% contre 15 % au 6% et 0.59% .

À partir de là, le sol commence à devenir la stabilité.

S0 6% : sol non traité avec teneur en eau 6
S1 : sol traité avec 6 de plastique transformé
S2 :sol traité avec 10de plastique transformé
S3 sol traité avec 15 de plastique transformé
S0 :sol non traité avec teneur en eau 8
S4 sol traité avec 6 de plastique transformé
S5 sol traité avec 10 de plastique transformé

• Sol non traité (teneur en l'eau 6 %)

Tableau 7 : résultats de l'essai de compressibilité de sol non traité de We 6 %

Pression (Kpa)	ΔH (Cm)	$H1=H0-\Delta H$	$e=(H1-H0)/Hs$	CP
00	—	—	0.8193	4.02
50	0.008	0.8914	0.8099	
100	0.0319	0.8675	0.7882	
200	0.0545	0.8449	0.7677	
200	0.1350	0.7644	0.6945	
400	0.1546	0.7448	0.6767	

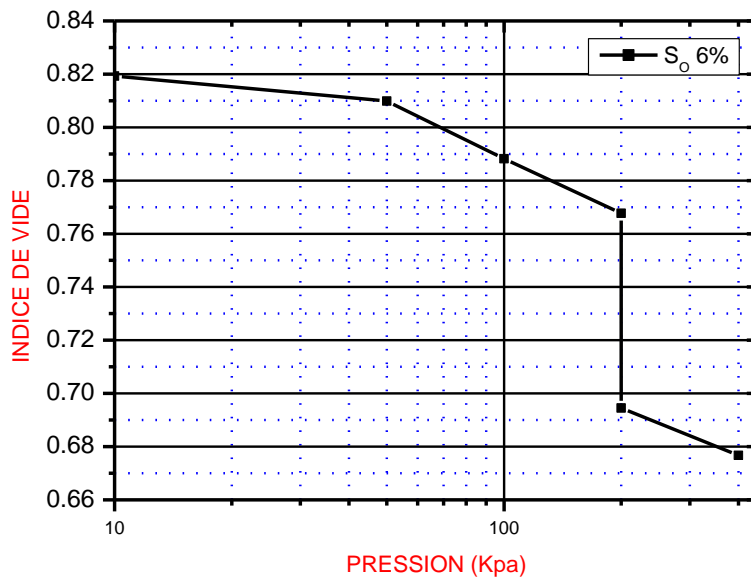


Figure 29 : courbe l'essai l'œdométrique de sol non traité (We 6%)

Sol traité + 6 plastique (teneur en eau 6)

Tableau 8 résultats de l'essai de compressibilité de sol traité de (We 6%)

Pression (Kpa)	S1		S2		S3	
	$e=(H1-Hs)/Hs$	Cp	$e=(H1-Hs)/H$	Cp	$e=(H1-Hs)/Hs$	Cp
00	0.8193	2.27	0.8193	1.71	0.8193	0.69
50	0.8089		0.8083		0.8073	
100	0.7952		0.7985		0.7983	
200	0.7747		0.7864		0.7838	
200	0.7335		0.7554		0.7713	
400	0.7161		0.7327		0.7642	

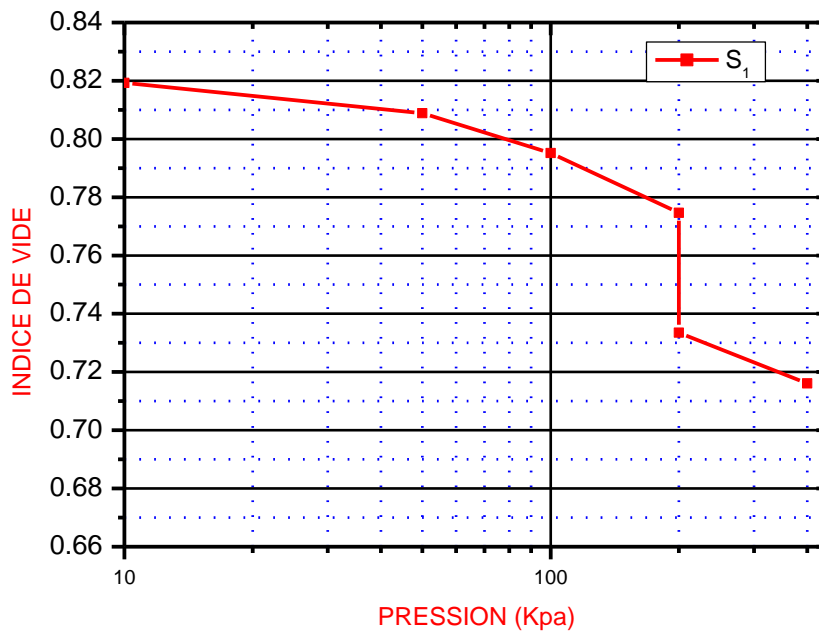


Figure 30 : courbe l'essai l'œdométrique de sol non traité (We 6%)

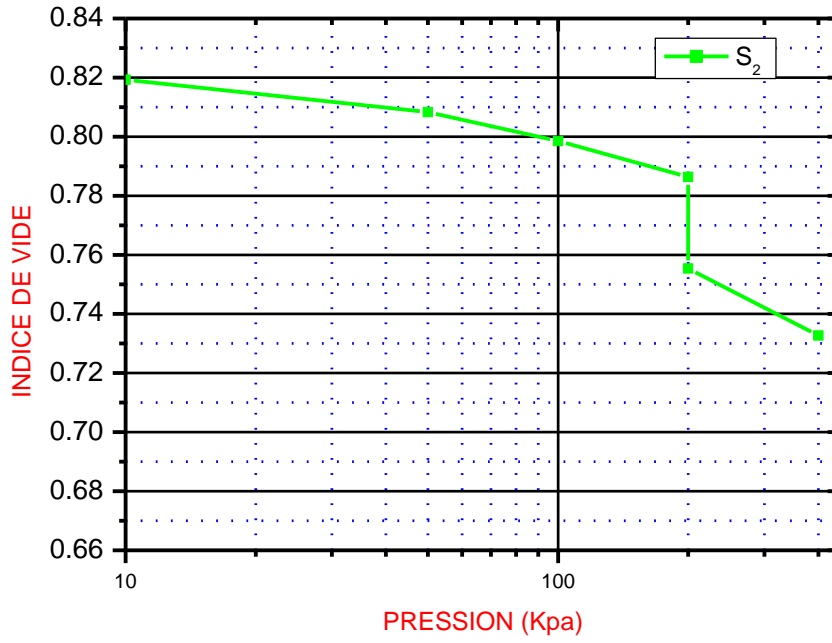


Figure 31 : courbe l'essai l'œdométrique de sol traité PT 10 %

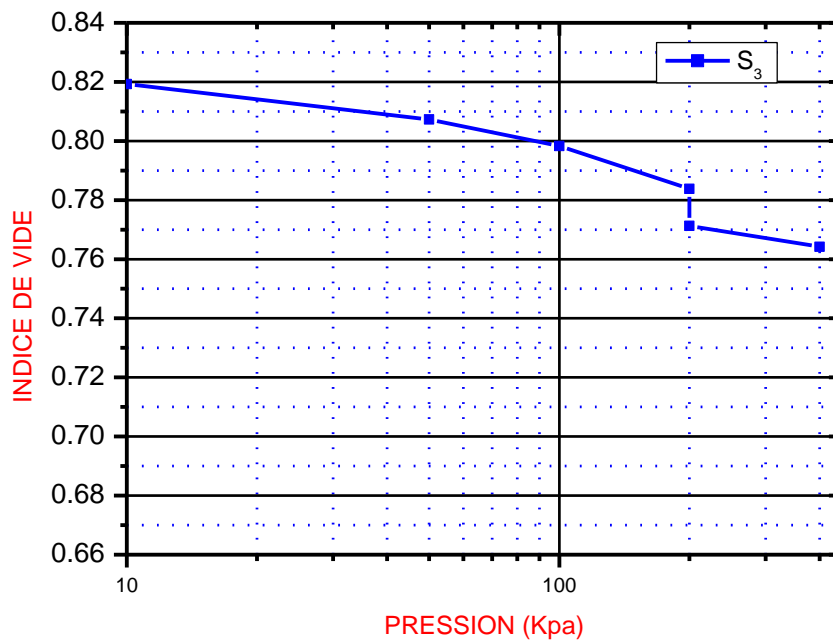


Figure 32 : courbe l'essai l'œdométrique de sol traité 15% (6%)

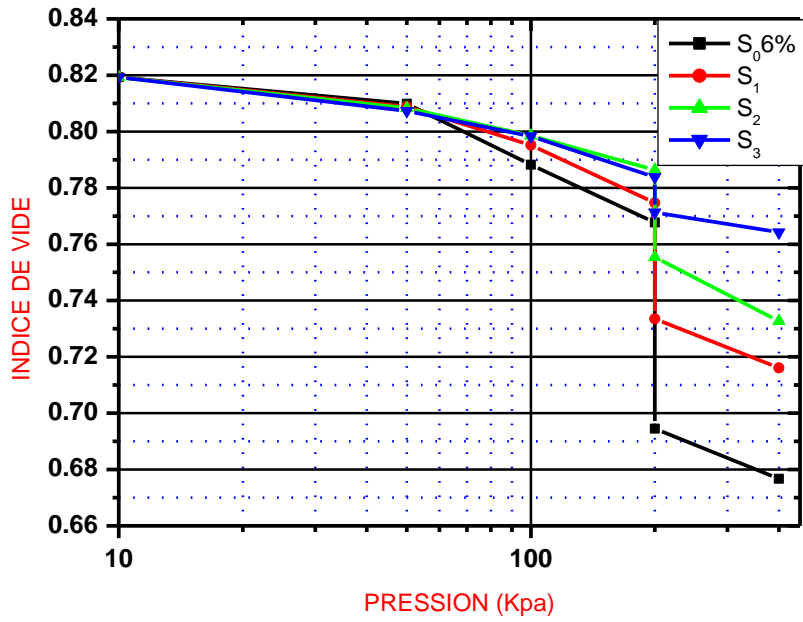


Figure 33 : courbe l'essai l'aedométrique de différentes sols

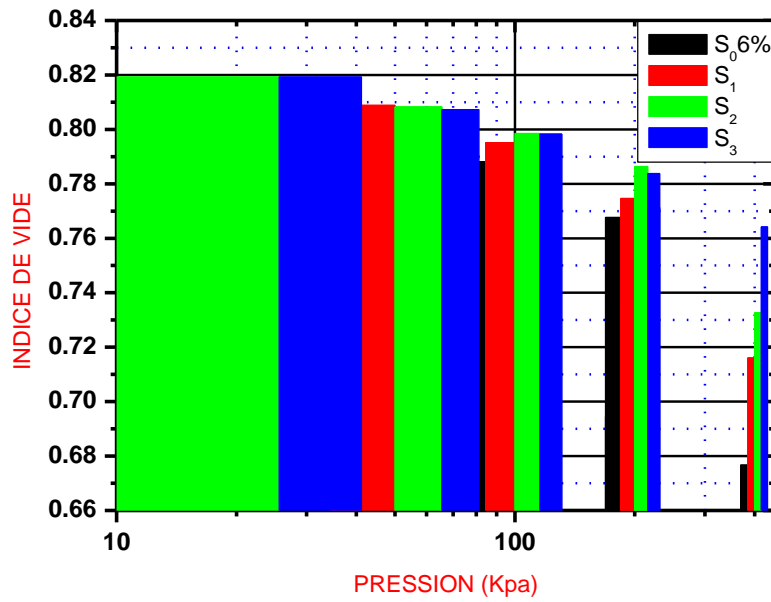


Figure 34 : Combinaison de l'effet des ajouts de et PT sur les différentes sols (We 6%)

Pression (Kpa)	ΔH (Cm)	$H1-H0-\Delta H$	$e=(H1-H0)/Hs$	CP
00	-	-	0.8782	4.85
50	0.0215	0.9154	0.8611	
100	0.0268	0.9101	0.8561	
200	0.0389	0.8980	0.8447	
200	0.0832	0.8623	0.7536	
400	0.0922	0.8447	0.7465	

Tableau 9 : résultats de l'essai de compressibilité de sol non traité de We 8 %

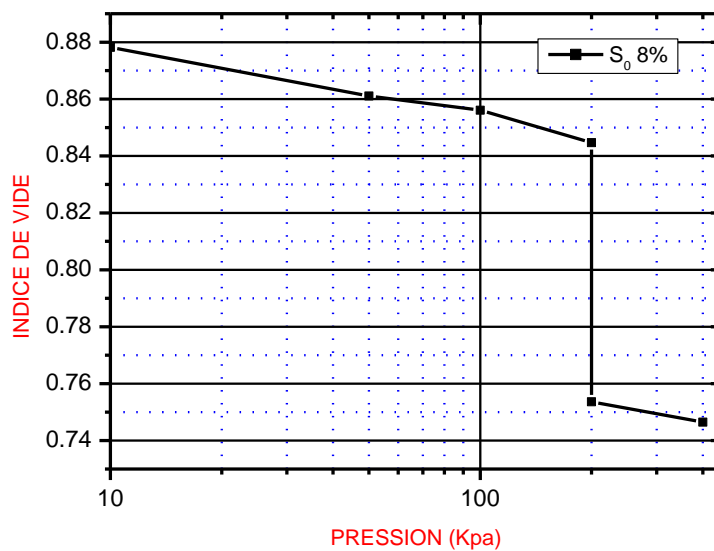


Figure 35 : courbe l'essai l'œdométrique de sol non traité (We 8%)

Tableau 10 résultats de l'essai de compressibilité de sol traité (We 8 %)

	S4		S5	
Pression(Kpa)	$e=(H1-Hs)/Hs$	Cp	$e=(H1-Hs)/Hs$	Cp
00	0.8782	2.61	0.8782	1.46
50	0.8672		0.8643	
100	0.8585		0.8495	
200	0.8446		0.8356	
200	0.7956		0.8089	
400	0.7734		0.7875	

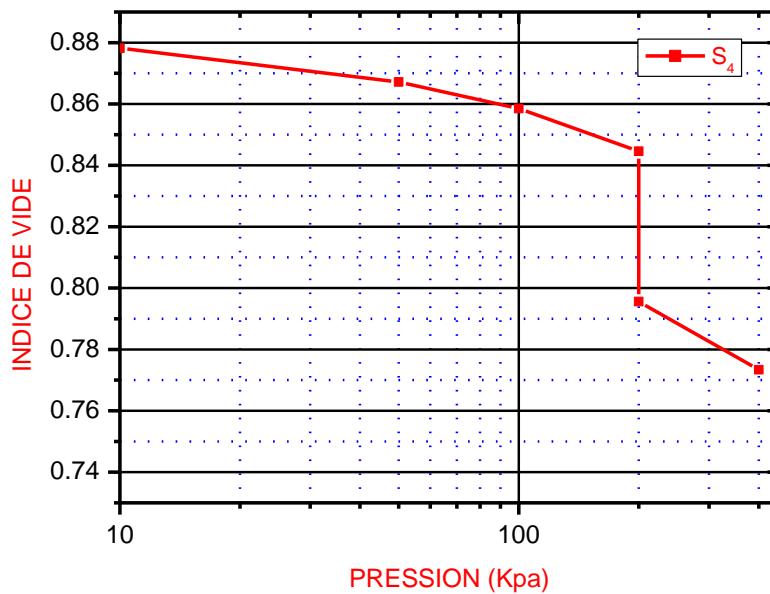


Figure 36: courbe l'essai l'œdométrique de sol non traité PT 10% (We 8%)

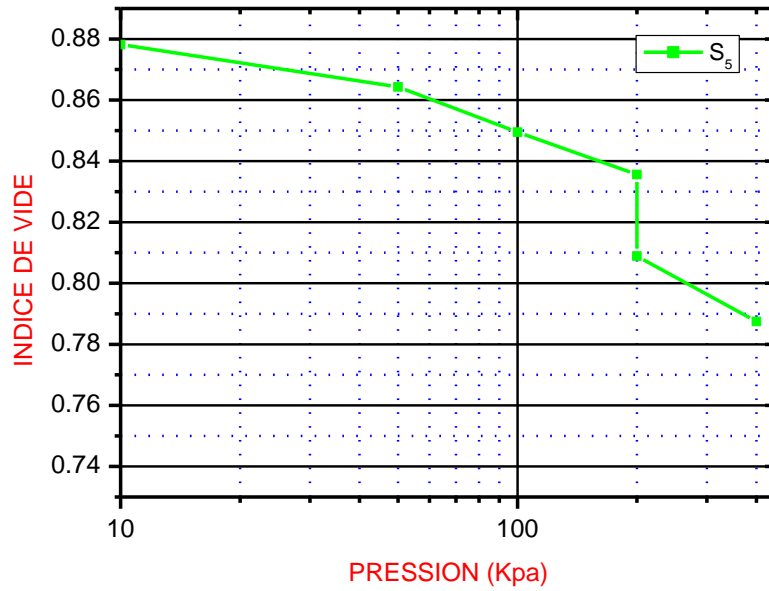


Figure 37: courbe l'essai l'œdométrique de sol traité PT 15 %. (We 8%)

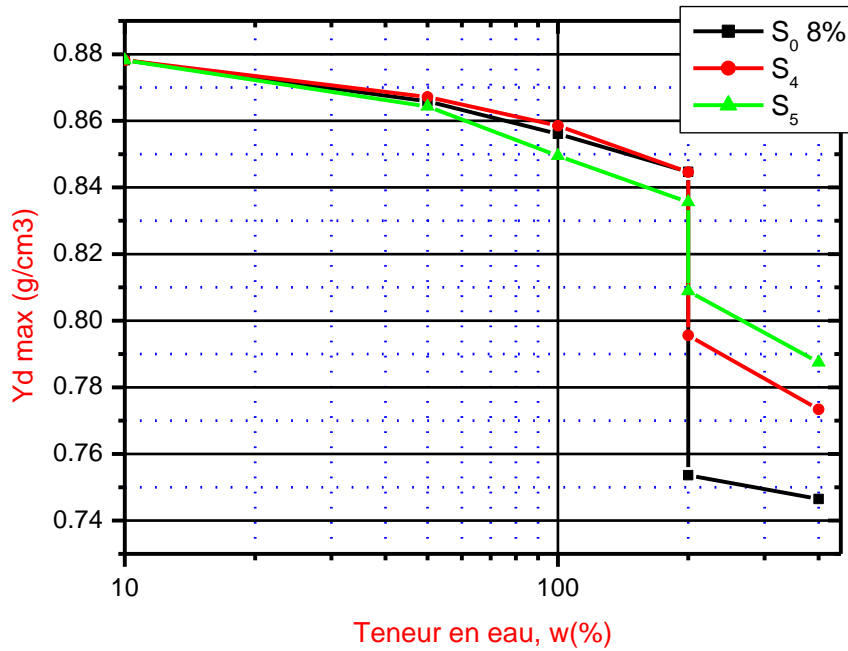


Figure 38 : courbe l'essai l'œdométrique de sol traité PT 15 %. (We 8%)

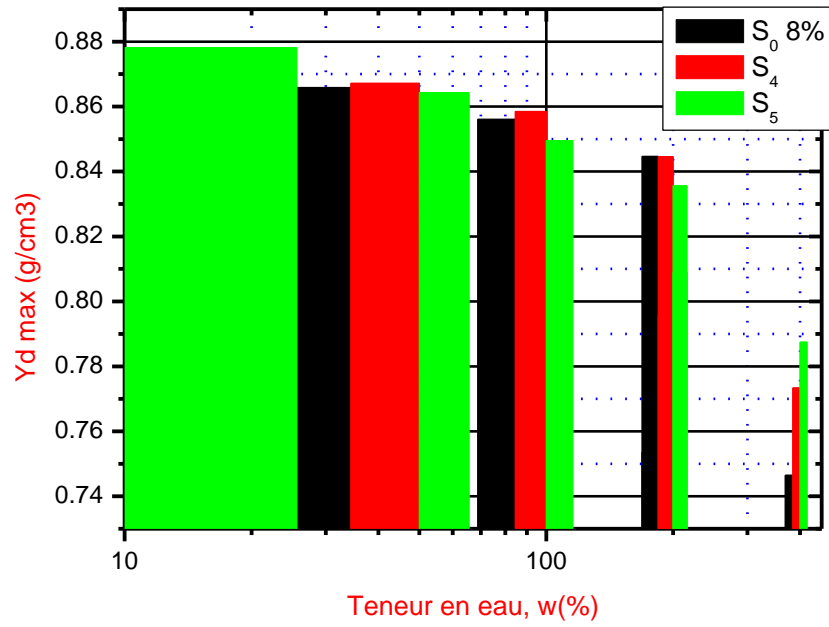


Figure 39: : Combinaison de l'effet des ajouts de et PT sur les différentes sols (We 8%)

CONCLUSION GENERALE

Dans notre étude expérimentale, nous avons traité l'argile rouge prélevée dans la région de MAJANA (BORDJ BOU ARRERIDJ), où des déchets plastiques (PT) ont été ajoutés, et tous les tests expérimentaux ont été réalisés au niveau du laboratoire de génie civil de l'université ELBACHIR EIBRAHIM .

Pour augmenter la résistance de l'argile rouge et réduire sa perméabilité ,Nous avons fait des expériences qui nous ont permis de déterminer Les propriétés initiales de l'argile rouge utilisée :

Limite de Liquidité Wl 40,52%

Limite de Plasticité WP 28,48%

L'effet des déchets plastiques sur l'argile rouge a été déterminé par l'essai de Proctor normal et par l'essai œdométrique L'ajout de plastique dans un rapport de 6%.10%.15% au sol avec différentes proportions d'eau 6%.8%. 10%. 12%. 14%. 16% dans l'expérience du projecteur a amélioré la résistance de l'argile rouge pour atteindre un rapport de 15% dans les déchets plastiques à et comme le montrent l'essai œdométrique , il y a une diminution de confession d'effondrement (Cp) à une pression maximale de 400 Comme la probabilité d'effondrement a diminué de manière significative dans le cas de l'ajout de 15% PT avec l'ajout Avec l'ajout de 6% d'eau à raison de 17%

Et dans le cas de l'ajout de 10% déchets plastiques à la quantité d'eau 8% CP 30%

Les résultats obtenus grâce à notre test expérimental montrent l'effet des déchets plastiques dans l'augmentation de la résistance de l'argile rouge à l'effondrement, car il joue le rôle de remplir les vides de celle-ci.

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LES REFERENCES

- [1] H. Chambley, *Clay sedimentology*. Edition Springer Verlag. (1989).
- [2] S.Larson, A. Widegren, J.A Falconer, J.L. Catal. *J.Chem. Sci*, 25, 157-611, (1995)
- [3] S.Koulouchi « *Etude expérimentale des mélanges sable-bentonite leur performance comme barrières de confinement dans CET* » Thèse de doctorat de l'université Mentouri de Constantine-Algérie. (2007).
- [4] M .Alain, *Argiles*. Edition scientifique GB (2002).
- [5] Michel D. *Annuaire des minéraux du Canada*. (2003).
- [6] Millot G. *Géologie des argiles*. Edition Masson,Paris. (1964).
- [7] Aliprandi, G., Porfirione, M. A., Jouenne, C. A., & Beruto, D. (1979). *Matériaux réfractaires et céramiques techniques (I. Eléments de céramique et de la technologie)*. SEPTIMA, Paris, 612p.
- [8] Benguella, B. (2009). *Valorisation des argiles Algériennes application à l'adsorption des colorants textiles en solution (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat de l'Université de Tlemcen)*.
- [9] Xianfeng, L., Saiyouri, N., & Yves Hicher, P. *Une approche microstructurale pour le transfert du Plomb dans une bentonite consolidée et saturée*.
- (10) Abdelhadi EL HACHMI ,Université Abdelmalek Essaadi - Master fondamentale Chimie 2013 ,page 23
- [11] Chamley, H., Paquet, H., & Millot, G. (1962). *Minéraux argileux de vases méditerranéennes*. *Sciences Géologiques, bulletins et mémoires*, 15(4), 161-169.
- [12] Couch, E. L., & Grim, R. E. (1968). *Boron fixation by illites*. *Clays and clay minerals*, 16(3), 249-256.
- [13] de Lapparent, A. (1890). *Cours de minéralogie*. Librairie F. Savy.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [14] Célini, N. (2004). *Traitement des argiles par plasma froid pour leur utilisation comme charges de nanocomposites argile-polymère (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat Ph. D soutenu en à l'Université du Maine Faculté des Sciences UMR CNRS 6120 Polymères, Colloïdes, Interfaces).*
- [15] Jeans, C. V. (1989). Eslinger E. & Pevear D. 1988. *Clay Minerals for Petroleum Geologists and Engineers. SEPM Short Course Notes no. 22. Ix+ 405 pp. Tulsa: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists. Price US \$33.00 (paperback). ISBN 0 918985 000. Geological Magazine, 126(3), 324-324*
- [16] Kumar, P. S., Abhinaya, R. V., Lashmi, K. G., Arthi, V., Pavithra, R., Sathyaselvabala, V., ... & Sivanesan, S. (2011). *Adsorption of methylene blue dye from aqueous solution by agricultural waste: Equilibrium, thermodynamics, kinetics, mechanism and process design. Colloid journal, 73(5), 651-661.*
- [17] Venkat Mohan, S., Krishna Mohan, S., & Karthikeyan, J. (2000). *Adsorption mechanism of acid-azo dye from aqueous solution onto coal/coal based sorbents and activated carbon: A Mechanist Study. Analytical techniques in Monitoring the Environment. Tirupathi, India, Student Offset Printers.*
- [18] Dali-Youcef, Z., Bouabdasselem, H., & Bettahar, N. (2006). *Élimination des composés organiques par des argiles locales. Comptes Rendus Chimie, 9(10), 1295-1300*
- [19] WEISS P. (2009) : *La chimie des polymères. Support de Cours, Université Médicale Virtuelle Francophone. 17 p.*
- [20] DOUBLIER G. (2008). *Dossier « les plastiques », 13 p*
- [21] AUBRY J. (2014) : *Les matières plastiques. Document technologie des matériaux. 18 p*
- [22] LECOMTE-BECKERS J. (2009a) : *Physique des matériaux: partie polymères. Chapitre 2 : Distinction des polymères. 24 p.*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[23]FOND C. (2015) : *Les polymères. Support de cours. Université de Strasbourg - IUT Génie Civil. 17 p.*

[24]BRUNEAU M. (2015) : *Recyclage des déchets plastiques dans la gestion des déchets en Afrique et dans les caraïbes. Présentation synthétique de l'état des lieux et des retours d'expériences. Plateforme-Re-Sources.6 p.*

VIVIER F. (2006) : *Les Polymères. Travaux Pratiques IUT Créteil-Vitry. Mesures Physiques (1ère année). 30 p*

[25]COULIBALY M. (2008) : *Modélisation micromécanique et caractérisation expérimentale du comportement des matériaux hétérogènes élastovisco-plastiques. Application à la valorisation des polymères recyclés. Thèse Université Paul Verlaine de Metz. 269 p.*

[26] MARC F. (2016) : *Les plastiques. Cours du Module M227 Matériaux non métalliques.IUT de Cachan, Université de Paris Sud 11.123 p.*

[27]Brahiman Traore. *Thèse doctorat 2018Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire). Français p 493 .*

[ph4] :*université badji mokhater- annaba faculte des science de l'ingenioratdepartement de Ginie Civil essai giotechniquir Dr :Boukhatem Ghania*