



**FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES**  
**DÉPARTEMENT GÉNIE CIVIL**

---

Spécialité : Génie Civil  
Option : Géotechnique

Présenté par:

- CHERRAK Tefaha
- GUEZZOUL Abdelhakim

**Sujet du mémoire**

**Thème :**

**Détermination de la composition optimale de la stabilisation combinée des argiles en utilisant la chaux et les déchets plastiques**

Soutenu publiquement le 26/06/2024 , devant le jury composé de :

M <sup>me</sup> DRAOUI Aicha	Président
M. BEKKI Hadj	Rapporteur
M. SERBAH Boumediene	Examineur
M <sup>me</sup> KHAROUBI Lamia	Examineur
M <sup>elle</sup> RENNAK Zohra	Examineur
M. BOUMEDIENNE Rachid	Invité

**Année universitaire : 2023/2024**

# *Remerciements*

Tout d'abord, louanges à Dieu qui nous a guidés sur le bon chemin tout au long du travail et nous a inspiré à prendre les bonnes mesures et les bonnes réactions.

Nous tenons à remercier notre superviseur, M. BEKKI Hadj.

Nous avons eu l'honneur de travailler au sein de votre équipe et d'apprécier vos qualités et vos valeurs.

Votre sérieux, votre compétence et votre sens du devoir ont eu une grande influence sur nous.

Vous trouverez ici l'expression de notre profond respect et de notre admiration pour toutes vos qualités scientifiques et humaines.

Cette action est pour nous l'occasion de vous exprimer notre profonde gratitude.

Nous adressons nos sincères remerciements aux ingénieurs et techniciens du Laboratoire des Travaux Publics de l'Unité Ouest de Tiaret et à Monsieur Boumediene Rachid, en particulier, pour les conseils et l'orientation qu'il nous a prodigués.

Nous tenons également à remercier le président et les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer notre mémoire.

Nous adressons également nos sincères remerciements à toutes les personnes qui ont participé directement ou indirectement à la réalisation de ces travaux.

# ***DÉDICACES***

*Je dédie ce mémoire à ...*

*À ceux qui m'ont encouragé à persévérer toute  
ma vie, à l'homme le plus éminent de ma vie.*

*(Cher Père)*

*Pour qui est au-dessus, et je suis basé sur le  
cœur.*

*(Ma mère bien-aimée)*

*Pour quiconque a fait un effort pour m'aider  
était bon.*

*(Mon frère Moulay Tayeb)*

*À ma famille, à mes amis et collègues...*

*À tous ceux qui ont contribué à ma vie scolaire...*

***HAKIM***

# ***DÉDICACES***

*Tout d'abord, je remercie Dieu qui m'a permis d'accomplir ce travail auquel je me consacre :*

*À mes chers parents pour leur amour, leur soutien et leur confiance. Rien n'aurait été possible sans eux qui n'ont cessé de m'encourager et de se sacrifier pour que je puisse surmonter n'importe quel obstacle tout au long de ma vie.*

*que Dieu m'accorde une bonne santé et un bon bien-être.*

*La personne qui a partagé ce travail avec moi contre vents et marées*

*Je mentionne également mes sœurs, Bakhtia et Hanane*

*Et mes frères mâles, Omar et Mourad*

*Et tous les membres de ma famille.*

*Et tout ce qui m'a soutenu pour mener à bien mon projet final.*

*Sans oublier personne*

***TEFAHA***

## **Abstract**

Plastic waste has serious consequences for the environment, especially since it takes hundreds of years to decompose. We must therefore think about exploiting them in construction projects. In this work, a clay intended for the embankments was valued by a double stabilization, using a small amount of lime and plastic fibers from the aluminum carpentry. The latter were used by varying their dimensions, from 1 mm to 2.5 mm as well as their proportions. The improvement of the geotechnical properties was evaluated through the bearing capacity tests (Proctor and CBR) as well as the direct shear tests under Untrained Unconsolidated conditions. It was found that, from a bearing capacity of view, the clay mixture containing 5% of plastic fibers of 2/2.5 mm dimensions gives the best performance, whether in single or double stabilization.

**Keywords:** Clay, Stabilization, lime, PVC plastic waste, geotechnical properties, Bearing capacity.

## **Résumé**

Les déchets plastiques ont de graves conséquences sur l'environnement, d'autant plus qu'ils mettent des centaines d'années à se décomposer. Il faut donc penser à les exploiter dans les projets de construction. Dans ce travail, on a valorisé une argile destinée aux remblais par un double stabilisation, en utilisant une petite quantité de chaux et des fibres plastiques issus de la menuiserie d'aluminium. Ces dernières ont été utilisées en variant leurs dimensions, de 1 mm à 2.5 mm ainsi que leurs proportions. L'amélioration des propriétés géotechniques a été évaluée à travers les essais de portance (Proctor et CBR) ainsi que les essais de cisaillement direct en conditions non consolidé non drainé. Il a été trouvé que, pour de point de vue portance, le mélange argileux contenant 5% de fibres plastiques de dimensions 2/2,5 mm donne les meilleures performances, que ce soit en stabilisation simple ou double.

**Mots clés :** Argile, Stabilisation, chaux, Déchets plastiques PVC, propriétés géotechnique, Portance.

## ملخص:

للفايات البلاستيكية عواقب وخيمة على البيئة، خاصة وأن الأمر يستغرق مئات السنين حتى تتحلل. لذلك يجب أن نفكر في استغلالها في مشاريع البناء. في هذا العمل، تم تقييم الطين المخصص للردم من خلال التثبيت المزدوج، باستخدام كمية صغيرة من الجير والألياف البلاستيكية من نجارة الألمنيوم. تم استخدام هذه الأخيرة من خلال تغيير أبعادها، من 1 مم إلى 2.5 مم بالإضافة إلى القيم. تم تقييم تحسين الخصائص الجيوتقنية خلال اختبارات الحمل وكذلك اختبارات القص كالاختبارات الميكانيكية مثل (سي بي ار) و القص المباشرة في ظل ظروف غير موحدة دون تصريح. وجد أنه من وجهة نظر الرفع، فإن مزيج الطين الذي يحتوي على 5٪ من الألياف البلاستيكية ذات الأبعاد 2.5/2 ملم يعطي أفضل أداء، سواء في التثبيت الفردي أو المزدوج.

الكلمات الرئيسية: الطين، التثبيت، الجير، النفايات البلاستيكية PVC ، الخصائص الجيوتقنية، الرفع

# Sommaire

Abstract.....	1
Résumé.....	2
<b>Sommaire.....</b>	<b>3</b>
<i>Listes des figures .....</i>	<i>5</i>
<i>La liste des tableaux.....</i>	<i>8</i>
<i>Introduction Générale .....</i>	<i>- 1 -</i>

## *Chapitre I : Généralités sur les argiles*

<b>I.1.Introduction : .....</b>	<b>- 13 -</b>
<b>I.1.Définition des argiles .....</b>	<b>- 13 -</b>
<b>I.1.2.1.Principaux groupes des minéraux argileux : .....</b>	<b>- 13 -</b>
<b>I.3. Propriétés des argiles : .....</b>	<b>- 15 -</b>
<b>I.4. Structure moléculaire microscopique des argiles : .....</b>	<b>- 16 -</b>
<b>I.5. Pathologie des argiles : .....</b>	<b>- 18 -</b>
<b>I.5. 1. Le phénomène RGA et ses conséquences : .....</b>	<b>- 18 -</b>
<b>I.5.2. Tassement différentiel : .....</b>	<b>- 19 -</b>
<b>I.6.L'action de l'eau : .....</b>	<b>- 20 -</b>
<b>I.6.1. glissement de terrain .....</b>	<b>- 20 -</b>
<b>I.7. Dégâts causés par les cycles de gel et de dégel : .....</b>	<b>- 23 -</b>
<b>I.8. Conclusion : .....</b>	<b>- 24 -</b>

## *Chapitre II : Les techniques de traitement des sols*

<b>II.1. Introduction : .....</b>	<b>- 26 -</b>
<b>II.2. Méthodes mécaniques : .....</b>	<b>- 26 -</b>
<b>II.2.1. Compactage de surface : .....</b>	<b>- 26 -</b>
<b>II.2.2. Compactage dynamique : .....</b>	<b>- 27 -</b>
<b>II.2.3. Vibrocompactage : .....</b>	<b>- 28 -</b>
<b>II.3. Méthodes hydromécaniques : .....</b>	<b>- 29 -</b>
<b>II.3.1. Préchargement : .....</b>	<b>- 29 -</b>
<b>II.3.2. Accélération de la consolidation par les drains verticaux : .....</b>	<b>- 30 -</b>
<b>II.4. Méthodes thermiques : .....</b>	<b>- 31 -</b>

<b>II.5. Méthodes Chimiques :</b> .....	- 33 -
<b>II.5.1. Utilisation de la chaux :</b> .....	- 34 -
<b>II.5.2. Utilisation du ciment :</b> .....	- 35 -
<b>II.6. Amélioration des sols par renforcement des terres :</b> .....	- 36 -
<b>II.7. Amélioration des sols par inclusion :</b> .....	- 37 -
<b>II.8. Autres techniques d'amélioration des sols :</b> .....	- 38 -
<b>II.8.1. Electrochimie :</b> .....	- 38 -
<b>II.8.2. Electro-osmose</b> .....	- 39 -
<b>II.9. Conclusion :</b> .....	- 40 -

*Chapitre III : Présentation des essais*

<b>III.1. Introduction :</b> .....	- 42 -
<b>III.2. ETUDE EXPERIMENTALE</b> .....	- 42 -
<b>III.2.1. Argile non traitée :</b> .....	- 42 -
<b>III.2.2 argile traitée :</b> .....	- 42 -
<b>III.3. analyse de l'argile non traité et du déchet de plastique:</b> .....	- 43 -
<b>III.3.1. Essais d'identification :</b> .....	- 43 -
<b>III.3.1.1 Analyses chimiques :</b> .....	- 43 -
<b>III.3.1.2. Analyse granulométrique :</b> .....	- 47 -
<b>. III.3.1.3. Méthode d'Eades et Grim :</b> .....	- 49 -
<b>III.3.1.4. Limites d'Atterberg (NA 16213, NF P 94-051):</b> .....	- 50 -
<b>III.3.2 Essais mécaniques :</b> .....	- 51 -
<b>IV.3.2.1.Essai Proctor normal (NA 5262, NF P 94-093):</b> .....	- 51 -
<b>III 3.2.2. Essai CBR (California Bearing Ratio test ) :(NF P94-078)</b> .....	- 52 -
<b>III 3.2.2.1. Préparation du moule :</b> .....	- 53 -
<b>III 3.2.2.2. Confection des éprouvettes :</b> .....	- 53 -
<b>III.3.2.3 : Essai de Cisaillement à la boîte (NF 94-071-1) :</b> .....	- 54 -
<b>III.3.2.3 .1 :Préparation et déroulement de l'essai :</b> .....	- 55 -
<b>III.3.2.3.2 Calculs et graphes :</b> .....	- 56 -
<b>III.4.conclusion :</b> .....	- 57 -

*Chapitre IV: Résultats et discussion*

<b>IV.1 Introduction :</b> .....	- 59 -
<b>IV.2.Classification de sol :</b> .....	- 59 -
<b>IV.3. Essai de bleu de méthylène (VBS) :</b> .....	- 61 -
<b>IV.4.Limites d'Atterberg:</b> .....	- 61 -
<b>IV.5. Essais Proctor Normal :</b> .....	- 64 -
<b>IV.5.1. Mélanges argile et chaux:</b> .....	- 64 -



<b>IV.5.2. Mélanges Argile - PVC:</b> .....	- 65 -
<b>IV.5.3. Mélange ‘Argile-Chaux-PVC’:</b> .....	- 66 -
<b>IV.6. Essais CBR:</b> .....	- 66 -
<b>IV.7. Résultats des essais de Cisaillement à la boîte :</b> .....	- 69 -
<b>IV.7. Conclusion:</b> .....	- 71 -
<i>Conclusions Générales</i> .....	- 64 -
<u><i>Références</i></u> .....	- 81 -
<u><i>Annexes</i></u>	

*Listes des figures*

Figure I. 1: Représentation schématique de la structure d'une montmorillonite. ....	4
Figure.I. 2.1 — Structure du tétraèdre, (a): Tétraèdre de silice (Grim, 1959), .....	7
Figure. .I 2.2 — Structure de l'octaèdre, (a): octaèdre d'aluminium (ou de magnésium) .....	8
Figure I.3 : Représentation schématique du phénomène de RGA_-Cerema_ 2023) .....	9
Figure I. 4 : Représentation de Tassement différentiel (à citer dans le texte) (réf...) .....	10
Figure. I.5: Glissement_de terrain produisant une coulée de boue .....	11
Figure. II.1 : Les Types de compactage de surface.....	18
Figure. II.2 : Chantier d'un compactage dynamique profond.....	19
Figure II.3 : Vibrocompactage .....	20
Figure II.4 : Amélioration d'un sol mou par la technique de préchargement .....	21
Figure. II.5 : Amélioration des sols mous par la technique de l'Accélération de la consolidation par les drains verticaux, .....	22
Figure. II.6 : Chantier utilisant la congélation du sol.....	23
Figure II.7 : Chantier utilisant la technique de chauffage du sol .....	24
Figure. II.8 : Chantier de traitement d'un sol à la chaux .....	25
Figure. II.9 : L'action de la chaux à court terme (modification par floculation).....	26
Figure. II.10 : Principe Amélioration des sols par inclusion .....	28
Figure. II.11 : Principe de la technique électrochimie .....	29
Figure. II.12 : Principe de la technique électro-osmose .....	30
Figure. III.1 : Appareil de l'Essai d'évaluation de carbonates.....	35
Figure. III.2 : Les étapes de l'essai de bleu de méthylène .....	36
Figure III.3: Dispositif d'essai de la teneur en sulfates.....	37
Figure III.4: série de tamis pour L'essai granulométrie par tamisage .....	39
Figure III.5: Appareillage d'analyse granulométrique par sédimentométrie .....	40
Figure III.6: Mesure de pH du sol par pH-mètre .....	40
Figure III.7: Évolution du pH en fonction de la quantité de chaux ajoutée .....	41
Figure III.8: Appareillage de limites d'Atterberg. ....	42
Figure III.9 : Etrapes de réalisation de l'essai Proctor .....	43
Figure III.10 : Essai de Poinçonnement à la Presse CBR .....	45
Figure III.11: Appareil de l'Essai de cisaillement .....	47

Figure IV.1 : Courbe granulométrique de l'argile (tamisage par voie humide et Sédimentométrie).....	50
Figure IV.2 : Diagramme de Casagrande.....	51
Figure IV.3 : courbe résulte de (DRX) .....	51
Figure IV.4 : Histogrammes représentant les valeurs VBS pour les mélanges (argile –chaux) ... .....	52
Figure IV.5: Histogrammes représentant les Limites d'Atterberg des mélanges argile-chaux Dans .....	53
Figure IV.6: Histogrammes représentant les Limites d'Atterberg des mélanges 'Argile- PVC' .. .....	54
Figure IV.8 : Les résultats de l'essai Proctor réalisés sur les différents mélanges .....	55
Figure IV.9 Résultats de l'essai Proctor réalisés sur les différents mélanges "Argile-PVC" ..	56
Figure IV.10 : Résultats de l'essai Proctor réalisés sur les différents mélanges contenant la chaux et les fibres PVC .....	57
Figure IV.11 : Histogrammes représentant les indices CR à 10 C/C.....	58
Figure IV.12: Histogrammes représentant les indices CBR à 25 C/C.....	58
Figure IV.13: Histogrammes représentant les indices CBR à 56 C/C.....	59
Figure IV.14: Courbes de cisaillement Direct (UU) réalisé sur l'Argile.....	59
Figure IV.15: Courbes de cisaillement Direct (UU) réalisé sur l'Argile traitée à 1% de chaux	60
Figure IV.16: Courbes de cisaillement Direct (UU) réalisé sur l'Argile + 3 % PVC 1.....	60
Figure IV.17: Courbes de cisaillement Direct (UU) réalisé sur l'Argile + 3 % PVC 2.....	61
Figure IV.18: Courbes de cisaillement Direct (UU) réalisé sur l'Argile + 3 % PVC 3.....	61
Figure IV.21: Valeurs des cohésions non drainées pour les différents mélanges.....	62

### *La liste des tableaux*

Tableau III 1 : Quantité du matériau à considérer pour chaque moule .....	50
Tableau IV.1: Résultats d'essais d'identification de d'argile naturelle .....	53

# *Introduction Générale*

*Le traitement des sols est souvent opéré pour augmenter leur résistance, pour réduire ou augmenter leur perméabilité ainsi que pour diminuer leur compressibilité. Il est, aussi utilisé pour minimiser la sensibilité du sol aux variations de la teneur en eau comme dans le cas des sols expansifs.*

*L'amélioration des sols elle est appliquée aux sols ayant une grande plasticité (limon, argile), afin d'améliorer leurs caractéristiques géotechniques ; facilité de mise en oeuvre et de compactage, portance et résistance au poinçonnement. Ceci se traduit par une meilleure praticabilité pour le trafic de chantier.*

*La chaux est un produit applicable pour la stabilisation des sols en génie civil. Il peut être utilisé pour sécher, ajuster ou stabiliser les sols d'argile naturelle et améliorer leurs qualités, telles que la résistance, la plasticité, la facilité de construction ou la stabilité.*

*Toutefois, l'ajout d'une quantité importante de chaux peut engendrer des coûts supplémentaires.*

*En réduisant la quantité de chaux et en ajoutant des fibres plastiques, les propriétés du sol d'ingénierie peuvent être améliorées et les effets négatifs de l'addition excessive de la chaux peuvent être évités. Cela peut également réduire les coûts de construction en utilisant des matériaux disponibles sur site en choisissant des proportions de traitement idéales pour améliorer les propriétés des sols dans l'ingénierie civile. Cette solution technique offre de nombreux avantages économiques et techniques. Ceux-ci comprennent l'amélioration de la résistance des sols, la portance, la stabilité, l'endurance, la résilience, la capacité de drainage, la possibilité de rétention d'eau, les capacités de régulation thermique, la réduction de la pollution, les coûts de construction et d'entretien, les dépenses d'élimination, le coût du recyclage, les frais de traitement des déchets.*

*Le travail consiste à stabiliser une argile pour être utilisée en remblai routier par une stabilisation combinée par ajout d'une faible quantité de chaux et des fibres plastiques provenant des déchets de menuiserie aluminium.*

*Le mémoire est structuré en cinq chapitres :*

*Le premier chapitre est dédié aux généralités sur les argiles ;*

## *Introduction Générale*

---

*Le deuxième chapitre est consacré aux techniques de traitement des sols ;*

*Le troisième chapitre est réservé à la présentation des essais réalisés ;*

*Le quatrième chapitre est consacré à la présentation des résultats et leurs interprétations ;*

*Le Cinquième chapitre est réservé au Business Model Canva Model.*

Nous terminons notre mémoire par des conclusions générales auxquelles nous sommes arrivés.

***Chapitre I :***  
***Généralités sur les argiles***



### I.1.Introduction :

Les sols présentent une grande diversité de compositions et de caractéristiques à travers le globe terrestre. Les argiles, en particulier, sont l'un des types de sols les plus répandus et peuvent poser des défis significatifs pour les ingénieurs et les constructeurs. Leur comportement peut varier considérablement en fonction de facteurs tels que leur composition minéralogique, leur structure, leur teneur en eau et leur historique géologique.

Dans ce chapitre, on présentera les principales caractéristiques des argiles et les problèmes pathologiques qu'engendrent ces types de sol.

**I.1.Définition des argiles :** Les argiles sont des roches sédimentaires à grains fins, de taille inférieure à 5 $\mu$ m, composées pour une large part de minéraux spécifiques, de silicates en général, d'aluminium plus ou moins hydratés, qui présentent une structure feuilletée qui explique leur plasticité, ou bien une structure fibreuse qui explique leurs qualités d'absorption. Elles absorbent l'eau et forment une pâte imperméable (perméabilité inférieure à 0,2 mm/h), appelée couramment terre glaise, colorée par des oxydes de fer en ocre, rouge, vert. Les argiles peuvent être gonflantes, notamment celles de la famille des Montmorillonites lorsqu'elles absorbent de l'eau et, au contraire, diminuer de volume sous l'effet de la sécheresse. Par ailleurs, sous l'effet d'une charge, par exemple celle d'une construction, une partie de l'eau absorbée contenue entre les grains d'argile est chassée, ce qui a pour conséquence de provoquer un tassement sensible du sol. Les argiles constituent en général une assise acceptable lorsqu'elles sont recouvertes par d'autres couches de terrain. En revanche, elles sont dangereuses lorsqu'elles affleurent au niveau du sol, du fait de leur instabilité, se traduisant par des variations de volume et un fluage dans les terrains en pente (Gadouri,2017)

#### I.1.2.1. Principaux groupes des minéraux argileux :

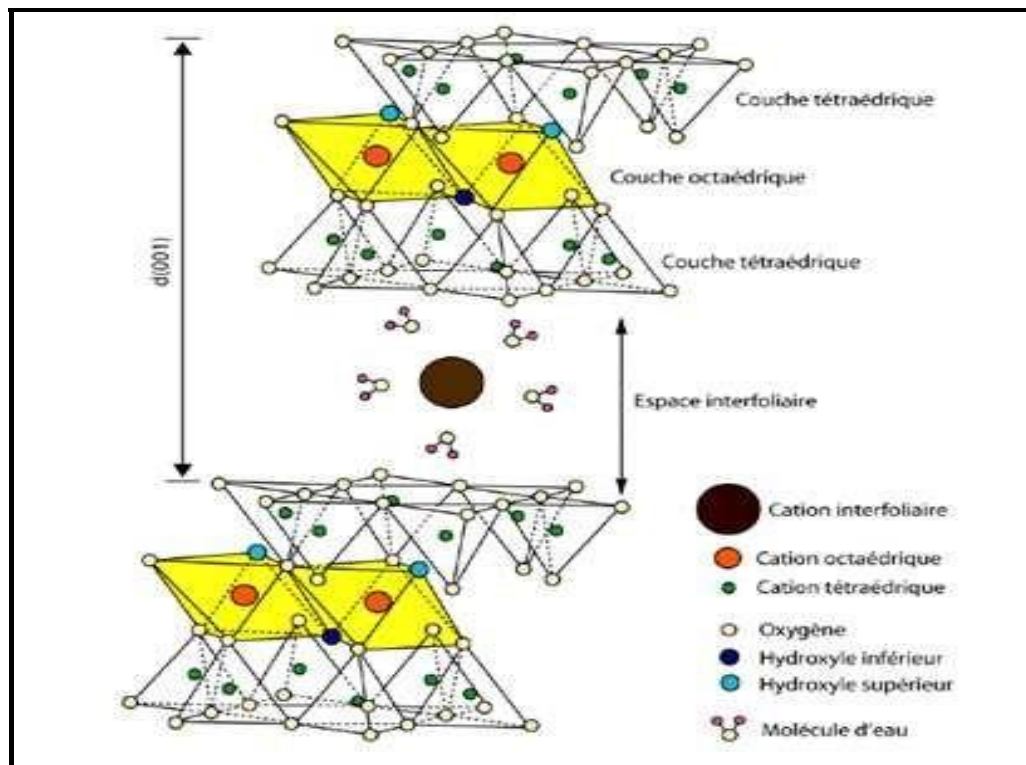
Les minéraux argileux sont formés de deux feuillets de base qui sont empilés d'une façon caractéristique et qui comportent certains cations dans les feuillets en tétraèdre et en octaèdre. Trois principales familles (ou groupes) des minéraux argileux peuvent être distinguées qui sont les plus importantes et les plus dominantes : (Taleb Bahmed, 2018)

- **Les kaolinites :** La kaolinite est constituée d'une succession de couches alternées de feuillets (silice) et de feuillets en octaèdre d'aluminium ou de gibbsite (Holtz and Kovacs-, 1981)

À cause de l'empilement d'une couche de chacun des deux feuillets de base, on considère la kaolinite comme un minéral argileux 1:1 sachant que son épaisseur est de 7 Å. Chaque feuillet est relié à l'autre par l'intermédiaire des liaisons labiles de type hydrogène. La propriété de cette liaison est de permettre la cohésion du cristal tout en laissant la possibilité de clivage des différents feuillets. La kaolinite est connue par la formule chimique suivante :  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$  (Cabane, 2004 ; Gadouri,2017).

- **Les montmorillonites** : la montmorillonite est un minéral argileux important, composé de deux feuillets de silice et d'un feuillet d'alumine (gibbsite). Elle est désignée comme un minéral 2:1 .

Une partie des atomes d'aluminium de la couche octaédrique est remplacée par des atomes de magnésium voire de fer ( Holtz et Kovacs, 1981). La compensation des charges négatives excédentaires s'effectue par l'introduction dans l'espace interfoliaire (espace séparant deux triplets consécutifs T:O:T).



**Figure .I. 1:** Représentation schématique de la structure d'une montmorillonite.

(Alain ,2002) d'un cation ( $Ca^{2+}$  ,  $Na^{+}$  ). Ces cations interfoliaires ont la particularité de

pouvoir être solvatés par des molécules d'eau qui provoquent le gonflement du cristal, l'espace interfoliaire passe de 14 à 17 Å en présence de  $\text{Ca}^{2+}$  et de 13 Å jusqu'à l'infini en présence de  $\text{Na}^+$ .

Il existe plusieurs minéraux argileux dans le groupe des smectites, entre autres, la montmorillonite a pour une formule chimique  $[(\text{Al}_{1.67}\text{Mg}_{0.33})\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$ . (Cabane, 2004; Gadouri, 2017).

-Le phénomène d'hydratation interfeuille est responsable de l'augmentation de la distance entre les feuillets (distance basale). (Luckham et Rossi, 1999,).

- **Les illites** : L'illite est une autre composante importante des sols argileux. Comme la montmorillonite, elle a une structure 2:1. En effet, la seule différence entre cette composante et celle de la montmorillonite c'est que l'espace interfoliaire de l'illite est rempli par un cation de potassium qui crée un lien très fort entre les couches qui la constitue (Holtz et Kovacs, 1981). Un quart des atomes de silicium dans les tétraèdres est remplacé par des atomes d'aluminium. La compensation des charges négatives s'effectue par l'introduction dans l'espace interfoliaire d'un cation  $\text{K}^+$ . On peut aussi rencontrer, dans le feuillet de silice, certaines substitutions isomorphes de silicium par l'aluminium. La composition minéralogique de l'illite a pour formule chimique  $[\text{K}_{2-x}(\text{Al}, \text{Fe})_{4-y}(\text{Fe}, \text{Mg})_y(\text{Si}_{6+x}\text{Al}_{2-x})\text{O}_{20}(\text{OH})_4]$  (Cabane, 2004).

### I.3. Propriétés des argiles :

le potentiel de certaines argiles à disperser sous forme de particules unitaires d'une taille nanométrique dans une phase de polymère, formant des matériaux nanocomposites ayant des propriétés supérieures est d'une grande importance pour le futur proche (Bergaya et Lagaly, 2006; Bergaya et Lagaly, 2013; Gul et al., 2016). La diversité des structures et propriétés des argiles et des minéraux argileux et de leurs larges applications rendent difficile la compilation d'un texte de référence complet sur la science de l'argile (Bergaya et Lagaly, 2013).

Les minéraux argileux sont caractérisés par certaines propriétés :

a) l'anisotropie des couches ou de particules (Bergaya et al., 2011);

durcissement suite au séchage à cuisson ; cela s'applique pour la plupart des minéraux argileux (Bergaya et Lagaly, 2006);

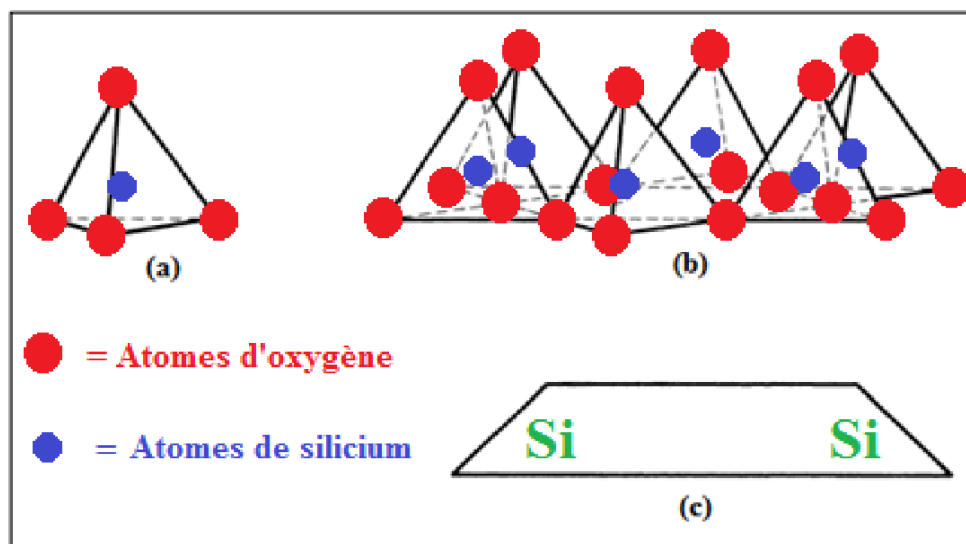
b) une structure en couches avec une dimension de l'ordre du nanomètre (Bergaya et Lagaly, 2006 ;

Bergaya et Lagaly, 2013).

- c) plasticité (Bergaya et Lagaly, 2013);
- d) l'épaisseur de la couche 1 : 1 est d'environ 0,7 nm, et celle de la 2:1 est d'environ 1 nm (Bergaya et al., 2012);
- e) l'existence de plusieurs types de surfaces : les surfaces basales externes (plans) et des surfaces de bord, ainsi que les surfaces internes (Annabi-Bergaya et al., 1980; 1981; Annabi-Bergaya, Estrade-Szwarczopf et Van Damme, 1996);
- f) la facilité avec laquelle l'extérieur, et souvent aussi la surface interne peuvent être modifiés (par adsorption, échange d'ions ou greffage) (Bergaya et Lagaly, 2006).

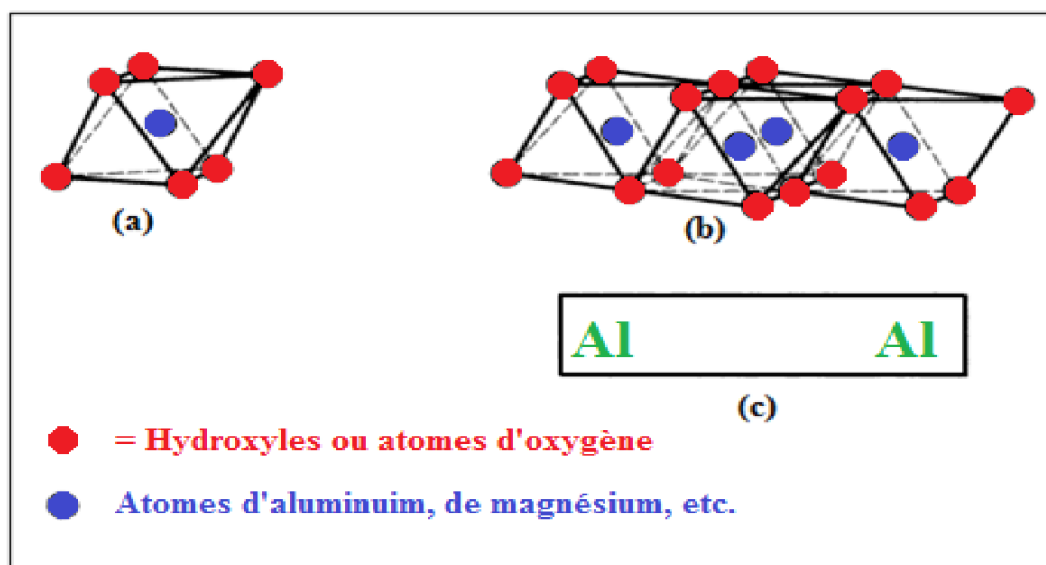
#### **I.4. Structure moléculaire microscopique des argiles :**

D'après Grim (1959), les argiles sont issues de la dégradation des minéraux suite à l'altération qui appartiennent à la famille des phyllo silicates. Ces minéraux argileux sont caractérisés par leur structure en feuillets. Le réseau cristallographique des phyllo silicates est basé sur un assemblage de tétraèdres ( $\text{SiO}_2$ ), chaque tétraèdre partageant trois sommets avec les tétraèdres voisins. L'ensemble des sommets partagés constitue un assemblage plan hexagonal. Le sommet du tétraèdre qui n'est pas dans le plan est partagé avec un octaèdre  $\text{Al}(\text{OH})_6$ . C'est l'association de couches tétraédriques et de couches octaédriques qui constituent le motif (ou feuillet) du réseau cristallin de chaque argile. Le feuillet en tétraèdre est une combinaison d'unités tétraédriques de silice composées de quatre atomes d'oxygène aux sommets entourant un atome unique de silicium (Lambe, 1953). Le réseau est formé par l'arrangement hexagonal des tétraèdres (Fig. 1.1)- (Taleb bahmed, 2018).



**Figure.I. 2.1** — Structure du tétraèdre, (a): Tétraèdre de silice (Grim, 1959), (b): vue isométrique d'un feuillet de silice en tétraèdre (Grim, 1959), (c): schéma du feuillet de silice (Lambe, 1953).

Le feuillet en octaèdre est une combinaison d'unités octaédriques composées de six atomes d'oxygène ou d'hydroxyle entourant un atome d'aluminium, de magnésium, de fer ou d'un autre élément. Le réseau est formé par l'arrangement linéaire des octaèdres (Fig. 1.2). La microstructure des phyllosilicates est basée sur les anions  $O^{2-}$  et  $OH^-$  qui occupent les sommets d'assemblages octaédriques ( $O^{2-}$  et  $OH^-$ ) et tétraédriques  $O^{2-}$ . Dans les cavités de ces unités structurales élémentaires viennent se loger des cations de tailles variables ( $Si^{4+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) en position tétraédrique ou octaédrique. Ces éléments s'organisent suivant un plan pour constituer des couches octaédriques et tétraédriques dont le nombre détermine l'épaisseur du feuillet. L'espace entre deux feuillets parallèles s'appelle espace interfoliaire. Lorsque deux cavités sur trois de la couche octaédrique sont occupées par  $Al^{3+}$  (ou un autre ion métallique trivalent), la structure est dénommée dioctaédrique. Quand la totalité des cavités octaédriques est occupée par des ions métalliques bivalents, la structure s'appelle trioctaédrique. (Taleb bhmed, 2018).



**Figure.I.2.2** — Structure de l’octaèdre, (a): octaèdre d’aluminium (ou de magnésium) (Grim, 1959), (b): vue isométrique d’un feuillet en octaèdre (Grim, 1959), (c): schéma du feuillet en octaèdre d’aluminium (ou de magnésium) (Lambe, 1953).

Il existe encore des substitutions isomorphiques dans les couches tétraédriques ( $\text{Si}^{4+} \rightarrow \text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ) et /ou octaédrique ( $\text{Al}^{3+} \rightarrow \text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , ou  $\text{Mg}^{2+} \rightarrow \text{Li}^+$ ). Ces substitutions entraînent un déficit de charge qui est compensé, à l’extérieur du feuillet, par des cations compensateurs (taleb bhmed, 2018).

## I.5. Pathologie des argiles :

### I.5. 1. Le phénomène RGA et ses conséquences :

Le retrait-gonflement des sols argileux (RGA) est un phénomène naturel qui se produit dans les sols contenant des fractions argileuses sensibles aux variations de leur teneur en eau en fonction des conditions météorologiques de sécheresse ou de précipitations (Ighil Ameur L , (2022)). Par ailleurs, le phénomène de RGA dépend de la nature minéralogique du sol argileux (typologie des argiles) et de l’environnement proche dans lequel il se produit.

Pour comprendre comment se traduisent les processus de retrait et de gonflement d’un sol argileux, la Fig. 3 ci-dessous montre l’évolution de l’état d’un élément de sol idéalisé soumis à un cycle complet de sécheresse-précipitations. ([Cerema,2023](#)).

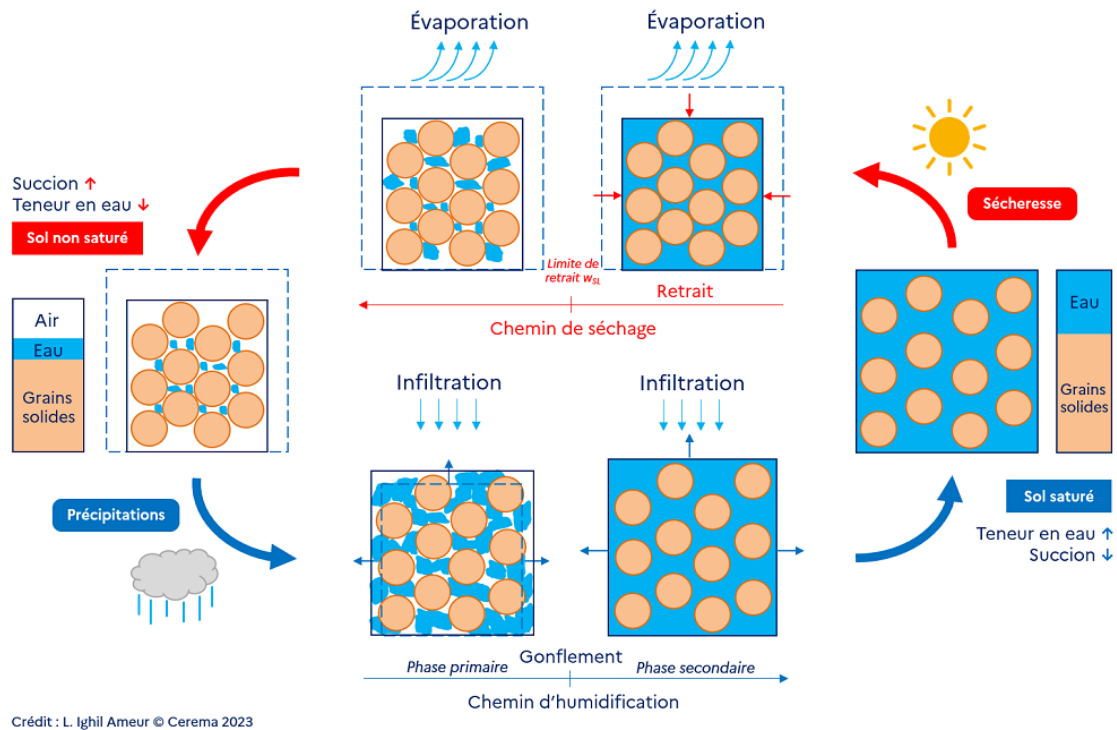
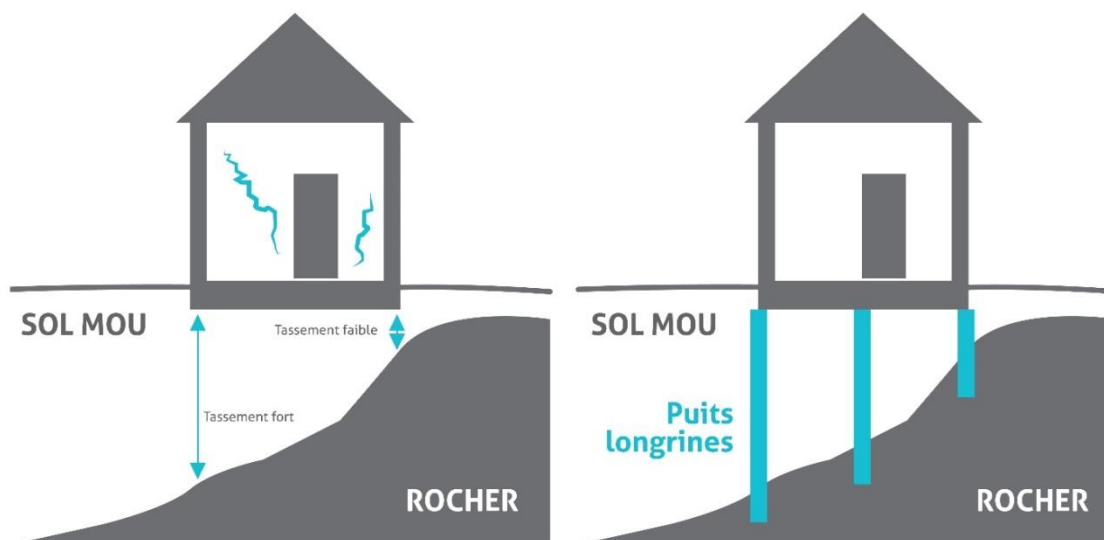


Figure I. 3 : Représentation schématique du phénomène de RGA (Cerema, 2023)

### I.5.2. Tassement différentiel :

Lorsqu'un sol tasse d'une façon inégale sous les différents points d'une fondation, on dit qu'il y a un tassement différentiel. Il se manifeste soit par un basculement soit par de graves désordres dans les éléments non structuraux et parfois dans la structure elle-même si les efforts sont incompatibles avec la sécurité des matériaux- (Magnan, 2000).

Les causes des tassements différentiels sont multiples, mais les plus fréquemment rencontrés sont imputables aux sols compressibles et les remblais récents. Les variations de l'état hydrique du sol en présence de sol sensible à l'eau est aussi un facteur déterminant dans le déclenchement du phénomène de tassement. L'hétérogénéité du sous-sol de fondations ou l'emploi des fondations hétérogènes sont aussi responsables des tassements différentiels ainsi que le phénomène des affouillements du sol sous les fondations- (Benslimane et Taibi, 2020).



**Figure I. 4 :** Représentation de Tassement différentiel (à citer dans le texte) (réf...)

### I.6.L'action de l'eau :

L'action des eaux d'infiltration sur les caractéristiques mécaniques et physique du sol d'ancrage des fondations est indéniable. Il en résulte deux inconvénients :

Pendant les mois pluvieux, les eaux de ruissellement inondent le sous-sol en passant par les ouvertures des dallages défectueux et sous les murs et les semelles ; en s'infiltrant sous la fondation ; elle ramollie le sol et diminuera sa force portante. Ce processus amorce l'enfoncement de la fondation dans le sol dont le mouvement n'est jamais uniforme. Il en résulte des tassements différentiels. Les nombreuses dégradations constatées à tous les niveaux du bâtiment ne sont que les manifestations en retour des tassements provoqué par l'action de l'eau. (Benslimane\_Taibi ,2020).

#### I.6.1. glissement de terrain

Les glissements de terrain sont des **événements géologiques naturels** qui se produisent quand une masse de terre, des rochers et d'autres matériaux qui constituent une pente se déplacent vers le bas soudainement ou graduellement. Ces mouvements peuvent être d'ampleur variable, allant de petits glissements de terrain à flanc de colline à des glissements de grande ampleur sur des montagnes ou des zones inclinées.

Il existe plusieurs types de glissements de terrain, tels que les glissements rotationnels, les



éboulements, les coulées de boue et les laves torrentielles, chacun ayant ses propres caractéristiques et causes.

Les coulées de boue, également appelées sont un type particulier de glissement de terrain impliquant un mélange de terre, d'eau et de matière organique se déplaçant rapidement le long d'une pente. Ces événements se produisent généralement dans les zones montagneuses ou sur des collines escarpées et ils sont souvent provoqués par des fortes pluies, la fonte des neiges ou des événements sismiques.

Les avalanches de boue sont **particulièrement dangereuses** en raison de leur vitesse et de leur capacité à transporter de grandes quantités de matériaux. Le mélange d'eau et de sédiments les rend très mobiles et d'une puissance capable de détruire facilement des maisons, des routes et de tout ce qui se trouve sur leur passage. Leur nature fluide peut rendre l'évacuation et l'intervention d'urgence difficiles, ce qui augmente le risque pour les personnes piégées dans la zone touchée.



**Figure. I.5 :** Glissement de terrain produisant une coulée de boue (réf...)

**-Causes des glissements de terrain :**

g) La cause principale des glissements de terrain est souvent la saturation du sol due à une pluie intense, une fonte des glaces ou une infiltration d'eau dans la terre. Ceci affaiblit la cohésion entre les particules du sol, ce qui réduit la friction entre elles et facilite le processus du glissement.

h) L'inclinaison ou la pente d'un terrain est un facteur essentiel. Les pentes raides sont bien plus sujettes aux glissements de terrain, car la force gravitationnelle tend à vaincre la résistance du sol à ne pas bouger. Même une pente modérée peut devenir dangereuse si le sol est saturé ou affaibli.

i) La composition du sol et le type de roche présente dans une zone peut aussi jouer sur les glissements de terrain. Les sols peu cohésifs, tels que les limons et les argiles, sont plus sujets aux mouvements de terrain que les sols plus compacts ou rocheux. Les couches géologiques instables peuvent faciliter le relâchement des matériaux.

j) De fortes précipitations, en particulier sur une courte période, peuvent rapidement saturer le sol et augmenter la pression de l'eau dans les couches superficielles. Ce phénomène réduit la friction entre les particules du sol, ce qui affaiblit le sol et favorise les glissements de terrain.

k) Il faut garder à l'esprit que les mouvements sismiques peuvent provoquer des glissements de terrain et ainsi perturber la stabilité du terrain. Les tremblements font que les couches du sol se séparent et glissent. Découvrez toutes les différences qui existent entre séismes, secousses et tremblements de terre.

l) Un autre aspect à prendre en compte est le facteur humain. Les perturbations du paysage dues à la construction, à l'exploitation minière, à l'abattage ou à l'excavation peuvent affaiblir la stabilité du sol et ainsi augmenter le risque de glissement de terrain.

**-Conséquences des glissements de terrain :**

- Les glissements de terrain causent de graves dommages, voire la destruction complète des maisons, des bâtiments et des structures. Ces phénomènes provoquent des pertes économiques considérables pour les propriétaires et les communautés touchées. Les habitants piégés dans les zones de glissement de terrain ou dans les zones voisines peuvent être blessés ou tués à cause de la vitesse et de la force du glissement de terrain.

- Une autre conséquence est que certains glissements de terrain détruisent les routes, les chemins de fer et d'autres voies de transport, ce qui complique gravement l'accès aux zones touchées.
- Les glissements de terrain peuvent endiguer les rivières ou les ruisseaux, ce qui entraîne une accumulation d'eau. Dès que ces barrages cèdent, ils provoquent des crues soudaines en aval. Dans l'article suivant on vous dit tout sur les causes et les conséquences des inondations !
- Après un glissement de terrain, la remise en état est souvent coûteuse et longue. Elle comprend le nettoyage et la restauration des zones touchées, ainsi que la réparation des infrastructures endommagées. Les communautés qui subissent des glissements de terrain souffrent économiquement sur plusieurs années.
- Dans certains cas, les glissements de terrain peuvent obliger les gens à quitter leur maison et leur communauté en raison de l'insécurité qui règne dans la zone touchée. Cela peut avoir des effets dévastateurs sur la vie des gens et leurs relations sociales.

### **I.7. Dégâts causés par les cycles de gel et de dégel :**

Les dégâts causés par le gel aux matériaux de façade sont dus au fait que la glace occupe un volume plus important que la quantité d'eau correspondante. L'humidité piégée dans un pore du matériau, qui gèle, peut donc écraser le pore. Si cela se produit suffisamment souvent, les micro-dommages initiaux s'accumuleront en dégâts macroscopiques, souvent sous la forme de fissures caractéristiques. La description ci-dessus est une grande simplification d'un processus physique dans lequel, en réalité, la structure des pores d'un matériau joue également un rôle majeur. Par conséquent, tous les matériaux humides ne sont pas sensibles au même degré à ce type de dégradation. La maçonnerie qui devient humide en raison d'une inondation contient de grandes quantités d'humidité, de sorte que la maçonnerie restera humide pendant très longtemps. Si la maçonnerie présente déjà des signes de dommages dus au gel, il y a de fortes chances qu'elle présente des dommages supplémentaires importants pendant la période de gel qui suit une inondation.

**I.8. Conclusion :**

À travers ce chapitre, on conclue que les sols argileux posent souvent des défis aux constructions en raison de leurs caractéristiques spécifiques. Ces problèmes comprennent la tendance à retenir l'eau, la contraction et l'expansion saisonnières, ainsi que la faible capacité de support. En raison de leur texture fine, les sols argileux retiennent l'eau, ce qui les rend susceptibles de se contracter et de se dilater avec les variations d'humidité. Ce mouvement peut entraîner des mouvements du sol, tels que des affaissements différentiels et des fissures dans les structures voisines. De plus, la faible capacité de support des sols argileux peut nécessiter des méthodes de fondation spéciales, telles que des pieux profonds ou des dalles sur pieux, pour assurer la stabilité des constructions. Il est essentiel de prendre en compte ces problèmes lors de la conception et de la construction sur des sols argileux pour garantir la durabilité des structures. Des études préliminaires du sol, des méthodes de construction adaptées et des techniques de drainage appropriées sont souvent nécessaires pour minimiser les problèmes potentiels.

# *Chapitre II :*

*Les techniques de traitement des sols*

### **II.1. Introduction :**

Les techniques de traitement des sols permettent de valoriser les sols médiocres pour qu'ils puissent supporter les charges des ouvrages construits. Le choix de la méthode d'amélioration dépend des besoins spécifiques de chaque projet de construction.

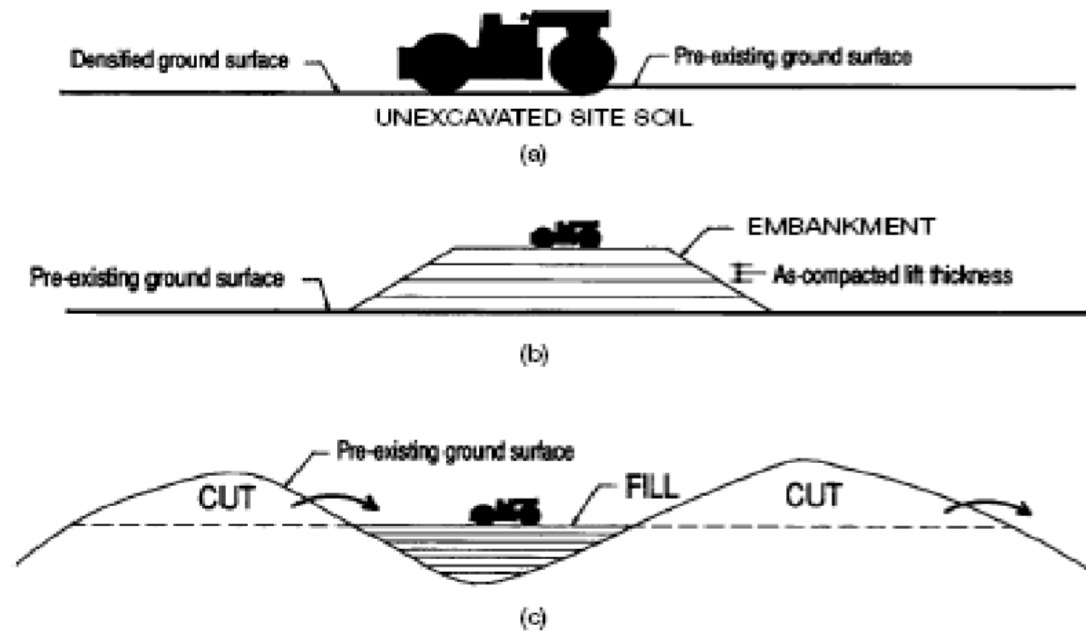
### **II.2. Méthodes mécaniques :**

#### **II.2.1. Compactage de surface :**

Le compactage de surface est une technique de densification des sols excavés ou des remblais placés en couches minces pour améliorer leurs propriétés géotechniques. Cette méthode vise à augmenter la densité sèche du sol jusqu'à son maximum, appelé densité maximale ( $\gamma_d$  max), qui dépend de la teneur en eau optimale (WOPN). Les paramètres de compactage (WOPN,  $\gamma_d$  max) sont déterminés en laboratoire par des essais Proctor normal ou modifié.

Le processus de compactage consiste à augmenter la masse volumique sèche du sol en fonction de la teneur en eau jusqu'à atteindre un optimum, puis à diminuer avec une augmentation ultérieure de la teneur en eau. Il est crucial de déterminer cet optimum pour obtenir des sols suffisamment denses. Le compactage dépend de plusieurs paramètres essentiels tels que l'énergie et le mode de compactage, la masse volumique du sol sec, la teneur en eau et le type de sol.

Les objectifs du compactage de surface incluent l'augmentation de la densité jusqu'à l'optimum, l'amélioration de la résistance et de la capacité portante du sol, la réduction de la déformabilité et de la perméabilité, la prévention des tassements, l'amélioration de la stabilité des talus, entre autres (Fig. II.1). Cette technique est largement utilisée dans divers projets de construction pour renforcer les sols et assurer la stabilité des structures (Taleb Bahmed, 2018).



**Figure. II.1 :** Les Types de compactage de surface (Lawton, 2004)

### II.2.2. Compactage dynamique :

Le compactage dynamique est une technique d'amélioration des sols qui vise à densifier les couches profondes du sol en utilisant des impacts de forte énergie. Cette méthode consiste à transmettre des chocs de grande intensité à la surface du sol pour améliorer ses caractéristiques mécaniques en profondeur. Le principe de base du compactage dynamique est d'appliquer des impacts répétés sur le sol à l'aide d'une masse lourde qui est laissée tomber d'une certaine hauteur.

Lors du compactage dynamique, une masse pesante de 10 à 35 tonnes est laissée tomber en chute libre ou quasi-chute libre d'une hauteur de 10 à 30 mètres sur la surface à compacter (Fig. II.2). Ces impacts répétés sont réalisés selon un maillage défini en fonction des caractéristiques du sol et des objectifs de renforcement. Cette technique est particulièrement adaptée aux sols granulaires, aux remblais hétérogènes et aux terrains de composition variable.

Les avantages du compactage dynamique incluent une amélioration significative de la portance du sol en profondeur, une augmentation de la densité du sol, une réduction de risque de tassement et une meilleure résistance aux charges appliquées. Cette méthode est souvent utilisée dans les projets de construction nécessitant un renforcement des sols à grande profondeur, tels que les fondations d'ouvrages importants ou les infrastructures soumises à des charges élevées.

En résumé, le compactage dynamique est une technique efficace pour densifier les sols en profondeur en utilisant des impacts de forte énergie, ce qui en fait une méthode couramment utilisée dans les projets de génie civil et de construction nécessitant un renforcement des sols en profondeur. (Gadouri, 2017).



**Figure. II.2 :** Chantier d'un compactage dynamique profond (Lawton, 2004).

### II.2.3. Vibro-compactage :

Le vibro-compactage est une technique d'amélioration des sols pulvérulents de type sablo-graveleux non cohérent, qui consiste à compacter le sol en place à l'aide de vibrations générées par des vibreurs verticaux puissants à fréquence variable (Fig. II.3). Ces vibrations sont transmises sur toute la longueur du profilé, provoquant le compactage du sol sans nécessiter de matériau de remplacement.

Cette méthode de densification fonctionne de manière optimale dans des sols sableux saturés, où les vibrations induisent le développement de pressions interstitielles. Cela augmente la mobilité des particules de sable, facilitant leur réorganisation pour obtenir un sol plus dense et stable. Le vibro-compactage est particulièrement efficace pour améliorer la capacité portante du sol, sa résistance au cisaillement et sa stabilité.

Le vibro-compactage présente plusieurs avantages, tels qu'une amélioration économique sans



recours à la substitution de matériaux, une réduction du risque de liquéfaction des sols, une mise en œuvre facile avec des délais de production rapides, et une adaptation aux sols de composition variable ou aux remblais hétérogènes. Cette technique est couramment utilisée pour traiter les sols instables et renforcer les fondations des structures- (Taleb Bahmed, 2018).

La densification du matériau provoquée par la vibration de l'aiguille, se traduit donc par l'affaissement du sol autour du vibreur (Lawton, 2004).



**Figure II.3 :** Vibro-compactage (Lawton, 2004).

### **II.3. Méthodes hydromécaniques :**

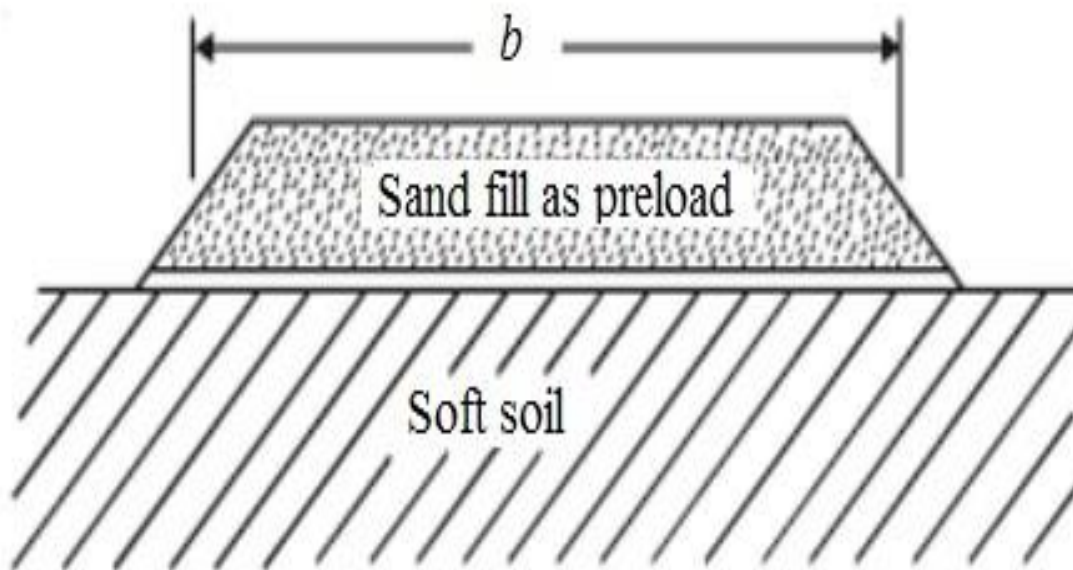
#### **II.3.1. Préchargement :**

Le préchargement, également appelé précompression, est une méthode d'amélioration des sols qui consiste à appliquer une surcharge supplémentaire sur le sol avant la construction d'une structure. Cette surcharge vise à induire un tassement de consolidation important dans le sol avant le début des travaux de construction. Une fois que le sol a consolidé suffisamment, la surcharge peut être retirée et la construction peut commencer (Fig. II.4).

Cette technique est particulièrement efficace pour les sols argileux qui ont une faible

perméabilité, ce qui rend la consolidation naturelle très lente. En appliquant une surcharge, le processus de consolidation peut être accéléré. Cependant, le préchargement peut prendre du temps et peut ne pas être réalisable dans des calendriers de construction serrés.

Pour accélérer le processus de consolidation lors du préchargement, des drains de sable verticaux peuvent être utilisés. Ces drains offrent un chemin plus court pour l'eau de circuler à travers le sol, réduisant ainsi le temps nécessaire pour que le sol atteigne une résistance au cisaillement suffisante. Le préchargement est une méthode efficace pour renforcer les sols mous avant la construction de structures afin d'assurer la stabilité et la durabilité des ouvrages (Taleb Bahmed, 2018).



**Figure II.4 :** Amélioration d'un sol mou par la technique de préchargement (Varghese,2005).

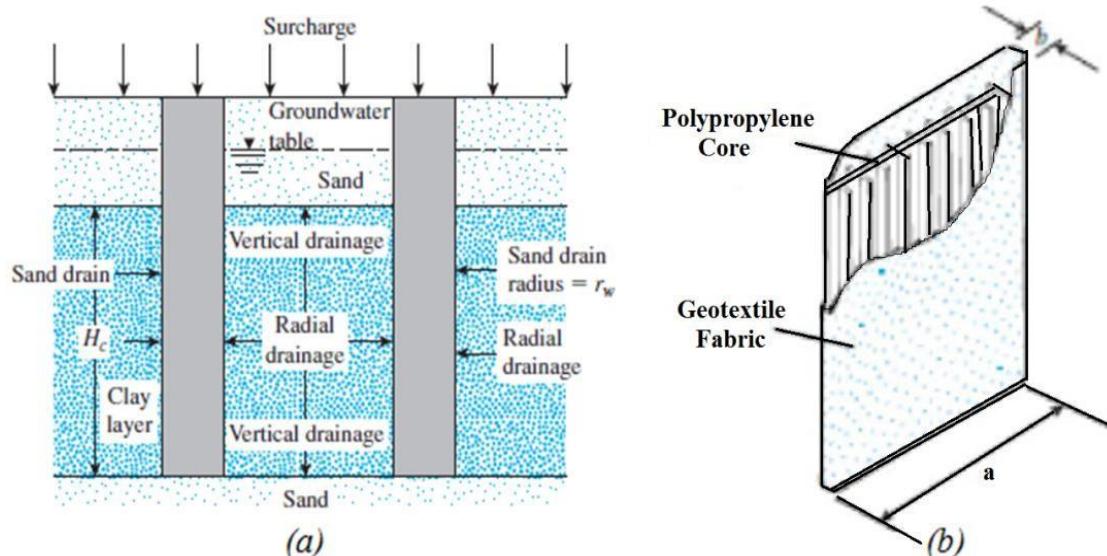
### II.3.2. Accélération de la consolidation par les drains verticaux :

L'accélération de la consolidation par les drains verticaux est une technique utilisée pour accélérer le processus de consolidation des sols relativement imperméables en installant des drains verticaux sous une surcharge supplémentaire. Ces drains fournissent un chemin plus court pour l'eau de circuler à travers le sol, ce qui permet de réduire considérablement le temps

nécessaire pour que les couches d'argile se consolident.

Les drains verticaux peuvent être de deux types principaux : les drains de sable et les drains verticaux préfabriqués (Fig. II.5). Les drains de sable sont construits en perçant des trous à travers la couche d'argile à l'aide d'un forage rotatif ou d'une tarière continue, puis en les remplissant de sable. Lorsqu'une surcharge supplémentaire est appliquée à la surface du sol, la pression de l'eau interstitielle dans l'argile augmente, et elle est dissipée par le drainage à travers les drains verticaux, accélérant ainsi le processus de consolidation.

L'objectif de l'accélération de la consolidation par les drains verticaux est de diminuer le temps nécessaire pour que les sols mous se consolident en expulsant rapidement l'eau qu'ils contiennent. Cette technique est particulièrement utile dans les projets de construction où des délais serrés nécessitent une consolidation rapide du sol pour assurer la stabilité des structures (Taleb Bahmed, 2018).



**Figure. II.5 :** Amélioration des sols mous par la technique de l'accélération de la consolidation par les drains verticaux, (a): drains de sable verticaux, (b): drains verticaux préfabriqués (Das, 1983).

#### II.4. Méthodes thermiques :

Les méthodes thermiques d'amélioration des sols sont des techniques qui utilisent la chaleur ou le froid pour modifier les propriétés des sols en vue de renforcer leur capacité portante, leur

stabilité ou leur perméabilité. Deux méthodes thermiques couramment utilisées sont l'amélioration par congélation et l'amélioration par chauffage.

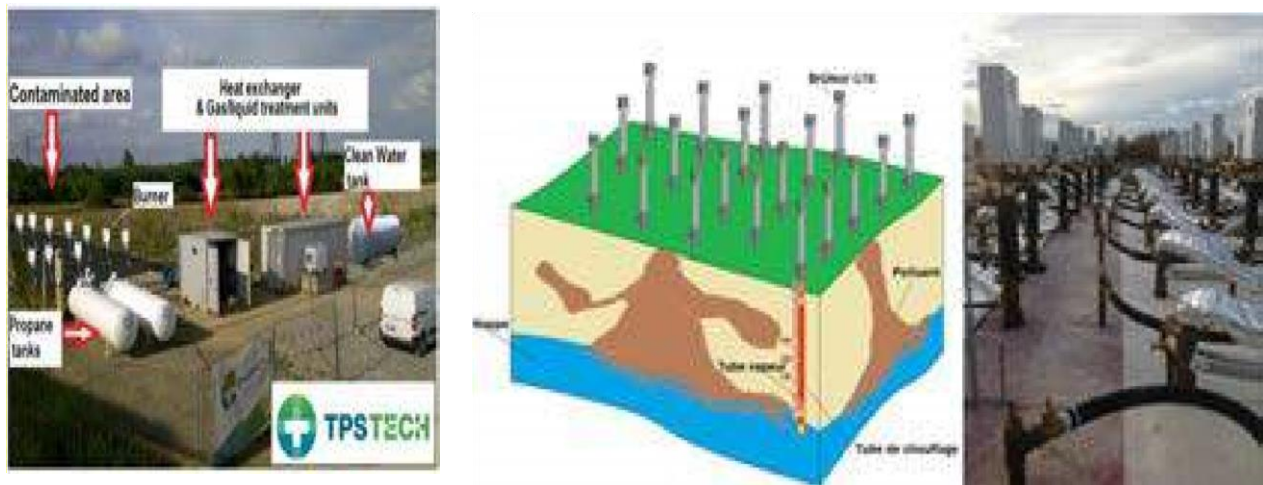
L'amélioration par congélation est une technique qui consiste à refroidir le sol pour le solidifier temporairement, ce qui le rend imperméable et facilite les travaux de terrassement ou de construction sous le niveau de la nappe phréatique (Fig. II.6). Cette méthode est particulièrement efficace pour les terrains aquifères non saturés, tels que les sables, les graviers, les argiles molles et les limons. La congélation de l'eau interstitielle du sol produit un matériau temporairement amélioré, mais cette technique reste limitée en raison de son coût élevé et des précautions nécessaires pour éviter le gonflement du sol et la déstabilisation lors du dégel.

L'amélioration par chauffage, quant à elle, consiste à chauffer le sol pour modifier ses propriétés. Cette méthode peut être utilisée pour augmenter la perméabilité des sols argileux en favorisant la migration de l'eau, ou pour accélérer les réactions chimiques dans le sol (Fig. II.7). Cependant, l'amélioration par chauffage peut également présenter des défis techniques et économiques liés à la gestion de la chaleur et à la sécurité des opérations.

Ces méthodes thermiques offrent des solutions innovantes pour l'amélioration des sols dans des contextes spécifiques, mais leur mise en œuvre nécessite une expertise technique approfondie et une évaluation minutieuse des coûts et des avantages (Taleb Bhmed ,2018)



**Figure. II.6 :** Chantier utilisant la congélation du sol (Hamadouche, 2011).



**Figure II.7 :** Chantier utilisant la technique de chauffage du sol (TPS 2015)

### II.5. Méthodes Chimiques :

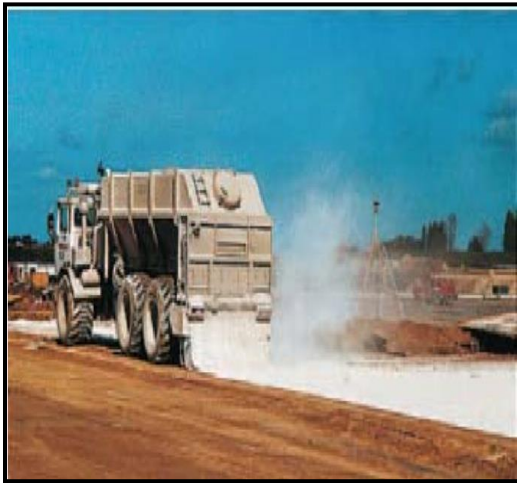
Les méthodes chimiques d'amélioration des sols sont des techniques qui impliquent l'ajout d'additifs chimiques aux sols pour modifier leurs propriétés géotechniques et améliorer leur capacité portante, leur stabilité et leur perméabilité. Ces additifs peuvent réagir avec les particules du sol pour renforcer sa structure et réduire ses défauts, tels que la compressibilité, la sensibilité à l'eau et la perméabilité.

Les réactions chimiques : qui se produisent lors de la stabilisation des sols peuvent inclure des processus tels que les réactions d'échange de base avec les particules d'argile (cation) et les réactions pouzzolaniques (cimentation). Ces réactions visent à améliorer la cohésion du sol, à réduire sa perméabilité et à augmenter sa résistance à la compression.

Les additifs chimiques : couramment utilisés dans les méthodes de stabilisation des sols comprennent des matériaux tels que la chaux (Fig. II.8), le ciment, les cendres volantes, la pouzzolane naturelle, la fumée de silice, le laitier, entre autres. Ces additifs sont mélangés de manière homogène avec le sol à traiter pour provoquer les réactions chimiques souhaitées.

Les méthodes chimiques : d'amélioration des sols offrent plusieurs avantages, tels qu'une mise en œuvre relativement simple, des résultats rapides, une réduction des coûts par rapport à d'autres techniques et une amélioration significative des propriétés des sols. Cependant, il est essentiel de réaliser une analyse préalable de la nature du sol et des caractéristiques du site pour

déterminer le type d'additif et les dosages appropriés à utiliser afin d'obtenir les résultats souhaités (Taleb Bahmed, 2018).



(a) : Epannage



(b) : Malaxage

**Figure. II.8 :** Chantier de traitement d'un sol à la chaux (Bell, 1978)

### II.5.1. Utilisation de la chaux :

L'utilisation de la chaux dans l'amélioration des sols est une méthode courante de stabilisation chimique qui vise à renforcer les propriétés géotechniques des sols sensibles à l'eau. La chaux, sous forme de chaux vive ( $\text{CaO}$ ) ou de chaux éteinte ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), est un additif largement utilisé pour améliorer la cohésion, la perméabilité et la capacité portante des sols.

Les points clés concernant l'utilisation de la chaux dans l'amélioration des sols sont :

-Réaction chimique Lorsque la chaux est mélangée avec le sol, elle réagit avec les particules du sol et l'eau pour former des composés chimiques qui renforcent la structure du sol (Fig. II.9). La réaction de la chaux avec les minéraux argileux en présence d'eau peut améliorer la stabilité du sol et réduire sa sensibilité à l'eau.

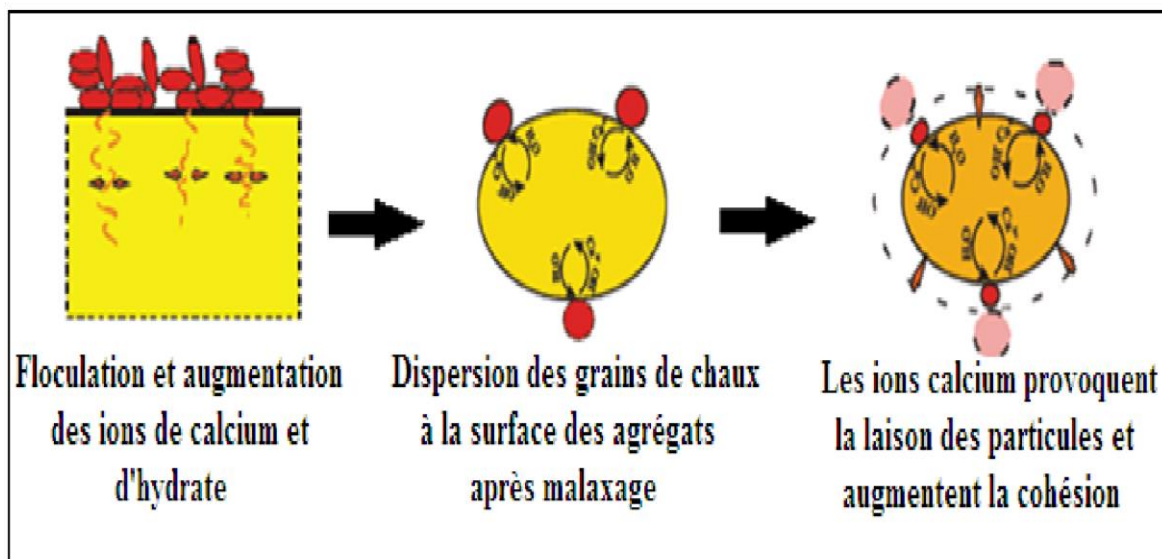
-Types de chaux La chaux peut être utilisée sous différentes formes, telles que la chaux vive et la chaux éteinte. La réactivité de la chaux dépend de sa finesse et de sa surface spécifique, qui influent sur sa capacité à réagir rapidement avec le sol.

-Guides et recommandations Il existe des guides et des recommandations établis par des organismes spécialisés qui fournissent des directives sur l'utilisation de la chaux dans le traitement des sols. Ces documents peuvent aider à choisir le type de chaux approprié et à

déterminer les dosages nécessaires pour obtenir les résultats souhaités.

-Applications : La chaux est utilisée dans divers domaines tels que le bâtiment, la construction routière, la dépollution des sols, etc. Elle peut être appliquée pour stabiliser les sols sensibles à l'eau, les remblais, les couches de forme, etc.

En résumé, l'utilisation de la chaux dans l'amélioration des sols est une méthode efficace et largement utilisée pour renforcer les sols et améliorer leurs propriétés géotechniques. Il est essentiel de suivre les recommandations appropriées et de réaliser des essais préliminaires pour garantir le succès de l'intervention.



**Figure. II.9** : L'action de la chaux à court terme

( modification par floculation) (Cabane, 2004).

### II.5.2. Utilisation du ciment :

L'utilisation du ciment dans l'amélioration des sols est une méthode de stabilisation chimique qui vise à renforcer les propriétés géotechniques des sols en ajoutant du ciment pour former une liaison solide. Le ciment est un liant hydraulique composé de matières inorganiques finement moulues qui, mélangé avec de l'eau, forme une pâte qui durcit par des réactions d'hydratation.

Voici quelques points importants concernant l'utilisation du ciment dans l'amélioration des sols :

-Réaction chimique : Lorsque le ciment est mélangé avec le sol, il réagit avec l'eau et les particules du sol pour former des composés hydratés qui renforcent la structure du sol. Les réactions d'hydratation du ciment contribuent à augmenter la résistance et la stabilité du sol.

-Types de ciment : Il existe différents types de ciment utilisé dans l'amélioration des sols, tels que le ciment Portland, le ciment pouzzolanique, le ciment alumineux, etc. Chaque type de ciment a des propriétés spécifiques qui peuvent être adaptées en fonction des caractéristiques du sol à traiter.

-Normes et recommandations : Les normes et les recommandations en matière d'utilisation du ciment dans le traitement des sols fournissent des lignes directrices sur les dosages appropriés, les méthodes de mélange et les procédures d'application. Il est essentiel de suivre ces directives pour garantir l'efficacité de l'amélioration du sol.

-Applications : Le ciment est largement utilisé dans la construction routière, les travaux de terrassement, les fondations d'ouvrages, etc. Il peut être utilisé pour renforcer les sols faibles, améliorer la portance des fondations et réduire la perméabilité des sols.

En résumé, l'utilisation du ciment dans l'amélioration des sols est une méthode efficace pour renforcer les sols et améliorer leurs propriétés géotechniques. Il est important de choisir le type de ciment approprié, de respecter les normes en vigueur et de réaliser des essais préliminaires pour garantir le succès de l'intervention (Taleb Bahmed, 2018).

## **II.6. Amélioration des sols par renforcement des terres :**

L'amélioration des sols par renforcement des terres est une technique utilisée pour renforcer les sols et améliorer leurs propriétés géotechniques en ajoutant des éléments de renforcement. Voici quelques points clés concernant le renforcement des terres :

Terre renforcée : La terre renforcée est un matériau composite composé d'un sol renforcé par des éléments de renforcement tels que des bandes d'acier galvanisé ou des géo grilles plastiques. Ces éléments de renforcement sont incorporés dans le sol pour améliorer sa résistance à la traction et sa stabilité.

b) Mécanisme de renforcement : Dans les sols granulaires qui ont une faible résistance à la traction, l'ajout d'éléments de renforcement permet de transférer les forces de traction du sol aux éléments, renforçant ainsi la structure du sol. Ce renforcement peut améliorer la résistance à



la traction dans la direction où les éléments de renforcement agissent.

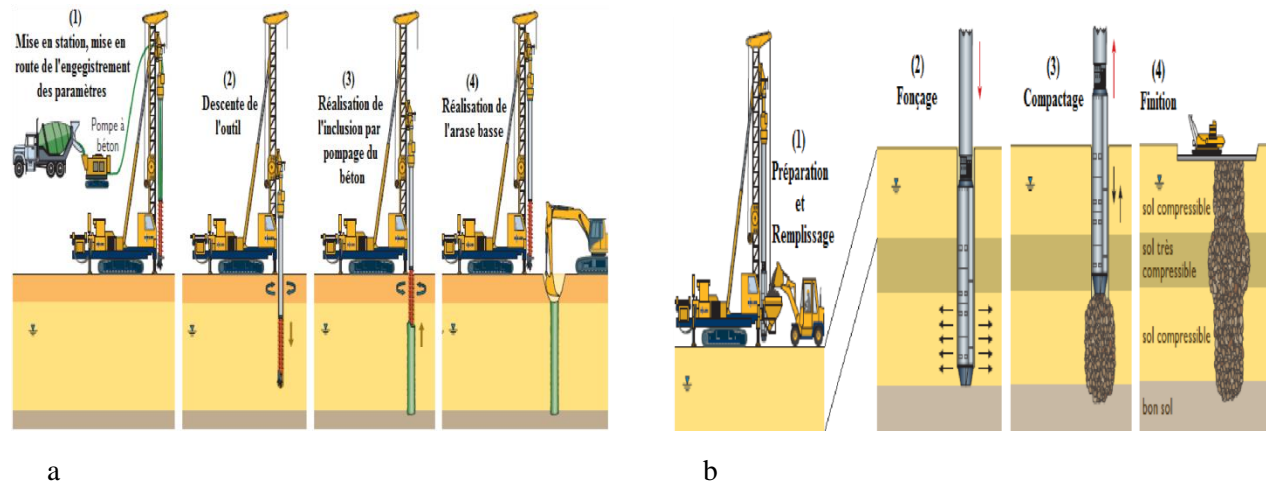
c) Matériaux sandwichs : Pour les sols fins où l'adhérence entre le remblai et le renforcement est faible, l'utilisation de matériaux sandwichs, tels que des couches de sable intercalées, peut être bénéfique pour améliorer la résistance et la stabilité du sol.

d) Applications : Le renforcement des terres est utilisé dans divers projets de génie civil pour renforcer les sols instables, augmenter la capacité portante des fondations, stabiliser les talus, etc. Cette technique est particulièrement utile dans les zones où les sols naturels ne répondent pas aux exigences de construction.

En résumé, l'amélioration des sols par renforcement des terres est une méthode efficace pour renforcer les sols et améliorer leur capacité portante. L'incorporation d'éléments de renforcement dans le sol permet de renforcer sa structure et de garantir la stabilité des ouvrages construits sur ces sols (Taleb Bahmed, 2018).

### **II.7. Amélioration des sols par inclusion :**

L'amélioration des sols par inclusion est une technique visant à renforcer les sols en introduisant des éléments étrangers tels que des colonnes, des pieux, des fibres ou des matériaux granulaires dans le sol. L'objectif est d'augmenter la portance du sol, de réduire les tassements différentiels, d'améliorer la stabilité et la résistance du sol, et de limiter les risques de mouvement du sol. Cette méthode est largement utilisée dans les projets de construction pour garantir la durabilité et la stabilité des infrastructures (Fig. II.10).



**Figure. II.10 :** Principe Amélioration des sols par inclusion :

(a) : Principe de renforcement des sols compressibles par inclusion rigide.

(b) : Principe de renforcement des sols par colonnes ballastées. (Gadouri, 2017).

## II.8. Autres techniques d'amélioration des sols :

### II.8.1. Electrochimie :

L'électrochimie a pour effet de réduire suffisamment la teneur en humidité du sol, augmentant ainsi sa résistance au cisaillement. La consolidation électrochimique est une variante de l'électroosmose. Elle est basée sur le fait que si l'on place une solution saline au niveau de l'anode, on peut la faire migrer sous terre. Si la solution est bien choisie, cette migration produira une consolidation par imprégnation ionique (figure II.11). Les cations associés aux argiles sont interchangeables ; ainsi, introduire une solution contenant un excès de cations bien retenus dans une argile riche en cations mal retenus et possédant une capacité d'échange élevée provoquera des échanges d'ions et améliorera les propriétés du sol. C'est la base pour stabiliser la surface de la montmorillonite en ajoutant de la chaux, du ciment ou d'autres ingrédients. (Gadouri, 2017).

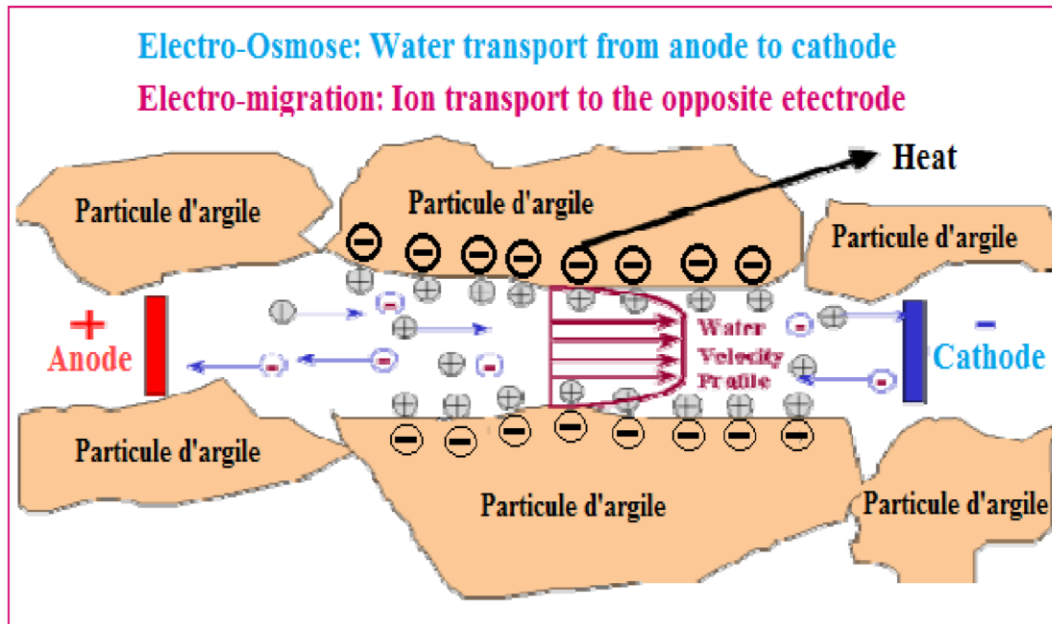
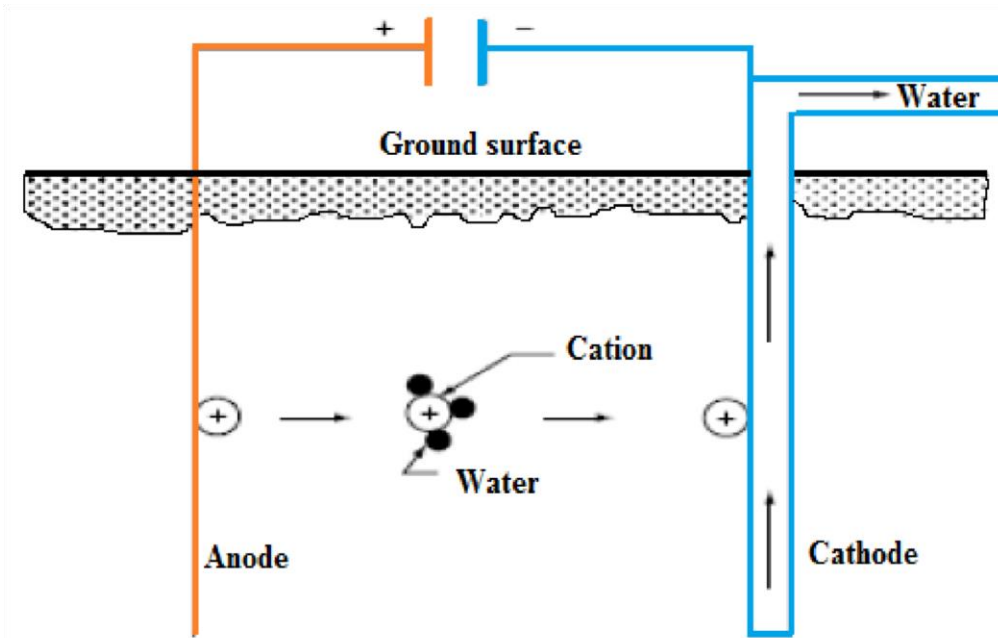


Figure. II.11 : Principe de la technique électrochimie (Gadouri, 2017).

### II.8.2. Electro-osmose

L'électro-osmose a été initialement mise au point par Casagrande (1947) pour éliminer l'eau contenue dans les argiles actives à faible perméabilité. Cette technique s'est révélée efficace lorsqu'elle a été employée pour introduire un agent chimique dans le sol, soit par dissolution de l'anode, soit par utilisation directe d'un électrolyte (Fig. II.12).



**Figure. II.12 :** Principe de la technique électro-osmose (Gadouri, 2017).

Cette opération améliore la stabilité du sol soit par modification chimique dans les matériaux argileux par déplacement d'ions, soit par cimentation partielle des vides interstitiels. Cette variante d'électro osmose est connue sous le nom de stabilisation électrochimique (Gadouri, 2017).

### II.9. Conclusion :

Dans le domaine de l'ingénierie géotechnique, l'amélioration des sols est un aspect crucial pour garantir la stabilité et la durabilité des infrastructures construites sur des terrains variés. Différentes techniques d'amélioration des sols, telles que l'utilisation du ciment, le renforcement des terres, la congélation, les injections de coulis, et bien d'autres, sont mises en œuvre pour renforcer les sols et améliorer leurs propriétés géotechniques.

Il est essentiel de choisir la méthode d'amélioration des sols appropriée en fonction des caractéristiques du sol et des exigences du projet. Les normes et les recommandations en vigueur doivent être suivies pour garantir l'efficacité et la sécurité des travaux d'amélioration des sols.

En outre, la recherche continue dans le domaine de la stabilisation des sols, notamment par l'utilisation de nouveaux matériaux et techniques, contribue à améliorer les pratiques existantes

et à développer des solutions innovantes pour les défis géotechniques rencontrés sur le terrain.

En conclusion, l'amélioration des sols est un domaine en constante évolution qui joue un rôle crucial dans la réussite des projets de construction et d'infrastructures. En combinant l'expertise technique, les meilleures pratiques et l'innovation, il est possible d'optimiser les performances des sols et de garantir la sécurité et la durabilité des ouvrages géotechniques.

# *Chapitre III :*

*Présentation des essais*

**III.1. Introduction :**

Le contenu de ce chapitre est une étude expérimentale qu'on a effectuée au laboratoire des Travaux publics de l'ouest unité de Tiaret (L.T.P.O), selon les modes opératoires résumés ci-après.

L'objectif de ce chapitre est d'étudier l'effet de l'ajout la chaux et des déchets plastiques à différentes proportions (3%, 4% et 5%) sur le comportement des mélanges préparés avec l'argile prétraitée à la chaux.

**III.2. ETUDE EXPERIMENTALE**

Cette étude comporte les essais d'identification de l'argile ainsi que les essais de portance et de cisaillement à la boîte effectués sur les différents mélanges.

**III.2.1. Argile non traitée :****A) Essais d'identifications :**

Des essais de caractérisation géotechnique ont été effectués suivant les normes AFNOR sur notre échantillon prélevé (argile en provenance de la briqueterie de DJILLALI BOUNAAMA - TISSEMSILT).

- Analyse chimique (teneur en carbonates  $\text{CaCO}_3$ , bleu de méthylène **VBS**, sulfates, la teneur pondérale en matières organiques de sol **MO**).
- Mesure de pH du sol par pH-mètre
- La granulométrie (par tamisage, et par sédimentométrie).
- Les limites d'Atterberg.

**B) Essais mécaniques :**

- Proctor normal.
- Essai CBR
- Essai de Cisaillement à la boîte.
- Essai Œdométrique.

**III.2.2 argile traitée :**

- Proctor normal.
- Essai CBR
- Essai de Cisaillement à la boîte.
- Essai Edométrique

### **III.3. Analyse de l'argile non traité et du déchet de plastique :**

#### **III.3.1. Essais d'identification :**

##### **III.3.1.1 Analyses chimiques :**

Le but de cet essai est de déterminer la nature chimique des échantillons choisis.

Cette étape étant importante dans l'identification des matériaux locaux utilisés en construction.

##### **a) Essai d'évaluation de carbonates (NA-2789) CaCO<sub>3</sub> (NF P94-048) :**

L'essai d'évaluation de carbonates CaCO<sub>3</sub> vise à déterminer la quantité de carbonates de calcium présente dans un échantillon de sol. Pour cela, on utilise un appareil appelé "calcimètre" (Fig. III.1) et on suit les étapes suivantes :

- On pèse 0.5g de l'échantillon de sol et on l'introduit dans un flacon en verre.
- On ajoute 10 ml d'acide chlorhydrique (HCl à 10%) dans le flacon.
- On bouche le flacon avec le tube du calcimètre et on agite le contenu.
- On mesure le volume de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dégagé sous l'action de l'acide.
- Le pourcentage de CaCO<sub>3</sub> est calculé en utilisant la formule :

$$\text{CaCO}_3 \% = 100 * m_2 / m_1 * 100 / (100 - H)$$
, où  $m_1$  est la masse initiale de l'échantillon et  $m_2$  est le volume de CO<sub>2</sub> dégagé.





**Figure. III.1 :** Appareil de l'Essai d'évaluation de carbonates

**b) Essai de bleu de méthylène (NFP 94-068) :**

L'essai de bleu de méthylène, également connu sous l'acronyme VBS (Valeur en Bleu de Sol), est une méthode utilisée en géotechnique pour évaluer la surface spécifique des particules constituant un sol. Voici un résumé de l'essai de bleu de méthylène VBS :

L'objectif de l'essai de bleu de méthylène est de mesurer la quantité de bleu de méthylène adsorbée par un sol en suspension dans l'eau. Cette quantité est directement liée à la surface spécifique des particules constituant le sol, ce qui permet d'évaluer la finesse du sol et sa réactivité chimique.

L'essai consiste à ajouter progressivement des quantités connues de bleu de méthylène à un échantillon de sol en suspension dans l'eau (Fig. III.2).

Après chaque ajout, on contrôle l'adsorption en observant la formation d'une auréole bleu claire persistante à la périphérie de la tâche déposée sur un papier filtre.

**Calcul de la VBS :**

La Valeur en Bleu de Sol (VBS) est calculée en fonction de la quantité de bleu de méthylène

adsorbée par le sol.

La formule de calcul de la VBS est généralement donnée par :

$VBS = (V/m_0) \times C$ , où  $V$  est le volume de bleu de méthylène ajouté,  $m_0$  est la masse de l'échantillon de sol et  $C$  est une constante.

Interprétation des résultats :

La VBS obtenue permet d'évaluer la surface spécifique du sol, qui est un paramètre important pour comprendre son comportement hydraulique et chimique.

Une VBS élevée indique une plus grande surface spécifique et une réactivité chimique plus importante du sol.



**Figure. III.2 :** Les étapes de l'essai de bleu de méthylène

### **C) Détermination de la teneur en sulfates (NA-16002-5042) :**

La détermination de la teneur en sulfates dans un échantillon de sol est une étape cruciale pour évaluer sa composition et ses propriétés géotechniques. Voici un résumé de cet essai :

L'objectif de l'essai est de mesurer la quantité de sulfates présente dans le sol, car les sulfates peuvent influencer la stabilité et la durabilité des structures construites sur ce sol.

- On commence par peser avec précision une quantité définie de l'échantillon de sol.
- L'échantillon est ensuite traité avec de l'eau distillée et de l'acide chlorhydrique pour extraire les sulfates.
- Après traitement, on filtre la solution pour séparer les sulfates.
- Les sulfates sont précipités en ajoutant une solution de chlorure de baryum.
- Le précipité de sulfate de baryum est filtré, séché, et sa masse est mesurée pour calculer la teneur en sulfates dans l'échantillon (Figure III.3).

La teneur en sulfates est déterminée en mesurant la masse du sulfate de baryum précipité et en la rapportant à la masse initiale de l'échantillon de sol.

Il est important de signaler que les sulfates peuvent réagir avec certains minéraux du sol et causer des problèmes d'expansion, de gonflement et de détérioration des structures construites sur ce sol. Il est donc essentiel de connaître la teneur en sulfates pour concevoir des fondations et des structures adaptées.



**Figure III.3:** Dispositif d'essai de la teneur en sulfates

**d) Détermination de la teneur pondérale en matières organiques de sol (méthode par calcination - NF P 94-047) :**

La détermination de la teneur pondérale en matières organiques de sol (MO) est une étape importante dans l'analyse des échantillons de sol. Voici un résumé de cet essai :

L'objectif de cet essai est de quantifier la présence de matières organiques dans un échantillon de sol, ce qui peut influencer ses propriétés géotechniques et sa capacité à supporter des charges.

- On commence par prélever un échantillon de sol et le sécher à une température spécifique.
- L'échantillon séché est ensuite calciné dans un four à une température de 450 °C pour brûler les matières organiques.
- Après calcination, on mesure la perte de masse de l'échantillon, qui correspond aux matières organiques brûlées.
- La teneur en matières organiques est exprimée sous forme de pourcentage par rapport à la masse sèche des particules solides avant calcination.

La teneur en matières organiques par calcination (CMOC) est calculée en utilisant la formule :  $CMOC = (m_0 - m_1) / (m_1 - m_0) \times 100$ , où  $m_0$  est la masse initiale de l'échantillon avant calcination et  $m_1$  est la masse de l'échantillon après calcination.

La teneur en matières organiques peut influencer la plasticité, la compressibilité et la perméabilité du sol. Une teneur élevée en matières organiques peut rendre le sol plus mou, moins stable et plus sujet à la compression.

**III.3.1.2. Analyse granulométrique :**

La granulométrie est une caractéristique essentielle des sols qui influence leurs propriétés géotechniques. Voici un résumé des analyses de granulométrie par tamisage et par sédimentométrie :

**a) Par tamisage (NF P 94-056) :**

L'objectif est de déterminer la distribution des tailles de particules dans un échantillon de sol pour sa classification.

- L'échantillon de sol est agité sous l'eau pour séparer les grains agglomérés.

- Ensuite, l'échantillon est fractionné à l'aide d'une série de tamis de différentes mailles.
- On pèse le refus cumulé sur chaque tamis et on le rapporte à la masse totale sèche de l'échantillon.

La granulométrie par tamisage permet de caractériser la répartition des tailles de particules dans le sol, ce qui influence sa perméabilité, sa compressibilité et sa capacité portante.

**Par sédimentométrie (NA 5251, NF P 94-057) :**

IL s'agit de séparer les particules fines du sol (inférieures à 80  $\mu\text{m}$ ) pour évaluer leur distribution granulométrique.

- Les particules fines sont mises en suspension dans de l'eau avec un agent défloculant.
- Les particules se sédimentent à différentes vitesses en fonction de leur taille.
- On mesure l'évolution de la masse volumique de la solution et la profondeur d'immersion de l'appareil (densimètre) pour déterminer la distribution granulométrique des particules fines.

La figure IV.5 représente le dispositif de l'essai de sédimentométrie

La granulométrie par sédimentométrie permet d'évaluer la proportion de particules fines dans le sol, ce qui peut influencer sa plasticité, sa cohésion et son comportement hydrique.



**Figure III.4:** série de tamis pour L'essai granulométrie par tamisage



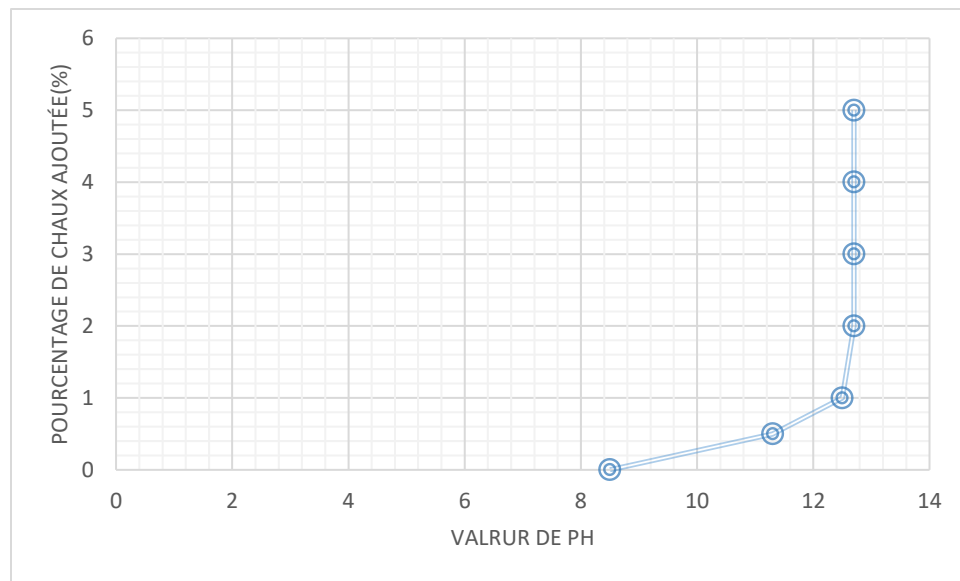
**Figure III.5:** Appareillage d'analyse granulométrique par sédimentométrie

### . III.3.1.3. Méthode d'Eades et Grim :

La mesure du pH du sol naturel et des sols traités est réalisé conformément à la norme ASTM D6276 dans le laboratoire des matériaux de construction (LMC) par pH mètre (figure III.6) sous la responsabilité de Madame Libioule Fabienne.



**Figure III.6:** Mesure de pH du sol par pH-mètre



**Figure III.7:** Évolution du pH en fonction de la quantité de chaux ajoutée, Comme pour la détermination des limites d'Atterberg, les mesures de pH du sol sont également effectuées sur la fraction inférieure à 425 $\mu$ m. Les solutions analysées sont composées de 25g du sol étudié, 100ml d'eau déminéralisée et respectivement 0%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6% et 8% de chaux. Une solution de 20g de la chaux et 100ml de l'eau déminéralisée est également préparée pour mesurer le pH de la chaux propre (TRAN Van Duy,2023)

#### III.3.1.4. Limites d'Atterberg (NA 16213, NF P 94-051):

Les limites d'Atterberg sont des caractéristiques géotechniques conventionnelles d'un sol qui marquent les seuils entre :

- le passage d'un sol de l'état liquide à l'état plastique : limite de liquidité (**WL**).
- le passage d'un sol de l'état plastique à l'état solide : limite de plasticité (**WP**).

Ces limites ont pour valeur la teneur en eau du sol à l'état de transition considérée, exprimée en pourcentage de masse de la matière première brute.

La différence  **$I_p = W_L - W_P$**  qui définit l'étendue du domaine plastique, est particulièrement importante, c'est l'indice de plasticité. L'indice de plasticité permet d'apprécier la quantité et le type d'argiles présentes dans un échantillon. Il définit donc l'argilosité de l'échantillon. L'appareil utilisé est celui de Casagrande (Figure III.8).



**Figure III.8:** Appareillage de limites d'Atterberg.

### III.3.2 Essais mécaniques :

#### IV.3.2.1. Essai Proctor normal (NA 5262, NF P 94-093):

L'essai Proctor normal, également connu sous le nom d'essai de compactage Proctor, est une méthode standard utilisée en géotechnique pour évaluer la compacité d'un matériau granulaire. Voici un résumé de l'essai Proctor normal :

- L'objectif de l'essai Proctor normal est de déterminer l'influence de la teneur en eau d'un matériau sur sa compacité.
- Il permet de déterminer la masse volumique sèche maximale d'un matériau pour une teneur en eau donnée.
- L'échantillon de sol est compacté dans un moule normalisé en utilisant une dame normalisée.
- Le compactage est réalisé en trois couches distinctes pour assurer une répartition uniforme des particules.
- L'énergie de compactage est calculée en fonction du nombre de coups, de la hauteur de chute de la dame, de la masse de la dame et du volume du matériau compacté.
- L'essai Proctor normal permet de tracer une courbe de compactage qui montre la relation



entre la teneur en eau et la masse volumique sèche du matériau.

- La masse volumique sèche maximale obtenue lors de l'essai est utilisée pour déterminer la compacité optimale du matériau.

#### Applications :

- Les résultats de l'essai Proctor normal sont utilisés pour concevoir des remblais, des couches de fondation et d'autres structures géotechniques.
- Ils permettent d'évaluer la capacité portante, la perméabilité et la stabilité des sols compactés.
- La figure .III.9 montre les principales étapes de l'essai Proctor.



**Figure III.9 :** Etapes de réalisation de l'essai Proctor : (a) balance pour peser du matériau ; (b) dame automatique ; (c) éprouvette après démoulage.

#### III 3.2.2. Essai CBR (California Bearing Ratio test) :(NF P94-078)

L'essai CBR 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).
- Déterminer l'épaisseur des chaussées (CBR augmente épaisseur diminue)

### III 3.2.2.1. Préparation du moule :

Avant introduction du matériau dans le moule : - Solidariser la plaque de base et le moule CBR. - Placer une feuille de papier filtre au fond du moule - Peser à vide l'ensemble « moule+ plaque de base ». - Déterminer le volume qui sera occupé par l'éprouvette de sol une fois compactée. - Fixer la rehausse.

**Rappel** : dans le cas d'un essai IPI, le disque d'espacement n'est pas utilisé.

### III 3.2.2.2. Confection des éprouvettes :

- Le matériau utilisé est un mélange séché à l'air ou dans une étuve. Homogénéiser le mélange. - Diviser le mélange en parts égales de 7kg environ - Etaler puis humidifier chacune des parts de votre échantillon à la teneur en eau à laquelle on veut réaliser l'essai puis malaxer à la main pour rendre le mélange le plus homogène possible. Les quantités approximatives de matériaux à introduire par couche sont représentées sur le tableau ci-dessous.

Tableau III 1 : Quantité du matériau à considérer pour chaque moule :

Moule	Essai P.M ( 5 couches)
Proctor	400g
CBR	1400g

On mesure 3 types d'indices en fonction des buts fixés :

• **l'indice Portant immédiat (IPI)** : Il caractérise l'aptitude du sol à permettre la circulation des engins de chantier directement sur sa surface lors des travaux ( $H = 0 \Rightarrow$  pas de surcharges S)

• **l'indice C.B.R. immédiat** : Il caractérise l'évolution de la portance d'un sol support (ou constituant de chaussée) compacté à différentes teneurs en eau.

• **l'indice C.B.R. après immersion** : Il caractérise l'évolution de la portance d'un sol support

(ou constituant de chaussée) compacté à différentes teneurs en eau et soumis à des variations de régime hydrique.

• **NOTA** : Si la courbe présente une concavité vers le haut au démarrage, il y a lieu de corriger l'origine de l'échelle des enfoncements.



**Figure III.10** : Essai de Poinçonnement à la Presse CBR.

### III.3.2.3 : Essai de Cisaillement à la boîte (NF 94-071-1) :

L'essai de cisaillement à la boîte est une méthode utilisée en géotechnique pour déterminer les propriétés de résistance au cisaillement des sols. Voici un résumé de l'essai de cisaillement à la boîte :

- L'essai de cisaillement à la boîte vise à évaluer la résistance au cisaillement des sols en conditions drainées.
- Il permet de déterminer les paramètres de résistance au cisaillement des sols naturels ou reconstitués.
- L'essai est réalisé en appliquant une contrainte de cisaillement rectiligne à un échantillon de sol contenu dans une boîte de cisaillement.
- Les conditions de cisaillement sont contrôlées pour simuler les contraintes rencontrées

par le sol sur le terrain.

- L'essai s'applique aux sols dont la dimension maximale des grains satisfait à certaines conditions spécifiques, telles que  $6d_{\max} \leq h \leq 1/2$ .
- L'appareil utilisé pour l'essai de cisaillement à la boîte est conçu pour appliquer une force de cisaillement contrôlée sur l'échantillon de sol.
- Les paramètres de contrainte et de déformation sont mesurés pendant l'essai pour déterminer la résistance au cisaillement du sol.
- Les résultats de l'essai de cisaillement à la boîte permettent de déterminer les paramètres de résistance au cisaillement du sol, tels que l'angle de frottement interne et la cohésion.
- Ces paramètres sont essentiels pour la conception des ouvrages géotechniques et l'évaluation de la stabilité des pentes et des fondations.

#### III.3.2.3 .1 : Préparation et déroulement de l'essai :

##### ○ *Sols utilisés :*

**Sol pulvérulent :** Un sable (état lâche ou dense).

**Sol cohérent :** Un argil

##### ○ *Type d'essai :*

Essai non consolidé non drainé (UU)

##### ○ *-Mise en place de la boîte sur la machine :*

- Placer l'étrier de charge sur le piston de la boîte,
- Placer le comparateur vertical et le mettre à zéro,
- Monter l'anneau dynamométrique sur la machine, le relier à la boîte et compenser les jeux en mettant l'anneau légèrement en traction et en ramenant lentement le comparateur de l'anneau au zéro,
- Appliquer sur l'éprouvette la charge désirée, en principe :
  - Pour un sol pulvérulent :  
**100 - 200 - 300 kPa.**

○ Pour un sol cohérent :

UUessai non consolidé, non drainé : **50 - 100 - 200 - 300 kPa**

- Désolidariser les deux demi -boites en enlevant les goupilles,
- Mettre en route à la vitesse désirée.

○ **Vitesse d'essai :**

- Sols pulvérulents : **1 mm / min** - Sols cohérents :
- essais non drainés, consolidés ou non ( U ou CU ): **1 mm / min**
- essai drainé ( **CD** ) : vitesse la plus lente

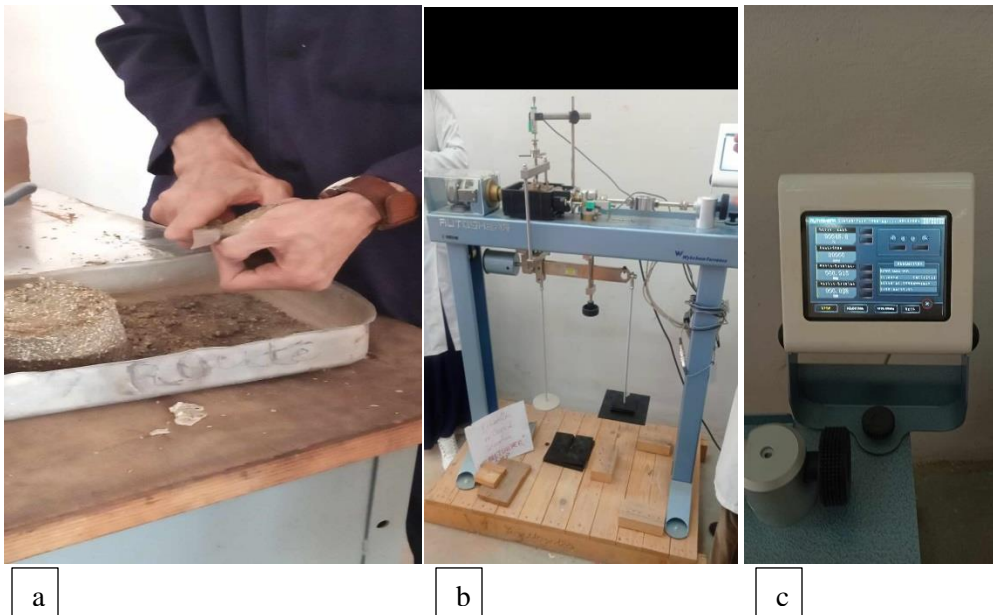
**III.3.2.3.2 Calculs et graphes :**

- On converti les lectures de l'anneau en KN ou N en utilisant la correspondance suivante :

$$T(\text{KN})=1,379 \times X$$

Avec : X = lecture du comparateur /100

- On détermine la contrainte de cisaillement :  $\tau=T/A$
- On trace ensuite, pour chaque essai, les courbes de contraintes en fonction des déplacements et les tassements en fonction des déplacements, tel que montré sur la figure I.33 (Cas d'un sable dense).



**Figure III.11: Appareil de l'Essai de cisaillement**(a) Taille de l'échantillon ; (b) placer l'échantillon dans l'appareil ; (c) écran des résultats.

**III.4. conclusion :**

Ce chapitre présentait les résultats des tests d'identification de l'argile utilisé , les essais de portance (Proctor et CBR) ainsi que les essais mécaniques (cisaillement et oedométrique).

Le problème était de décrire brièvement les différentes étapes des tests à effectuer selon les normes en vigueur.

Les résultats détaillés sont présentés en annexe.

Le chapitre suivant introduit l'analyse et l'interprétation des résultats qu'on a trouvés.

# *Chapitre IV*

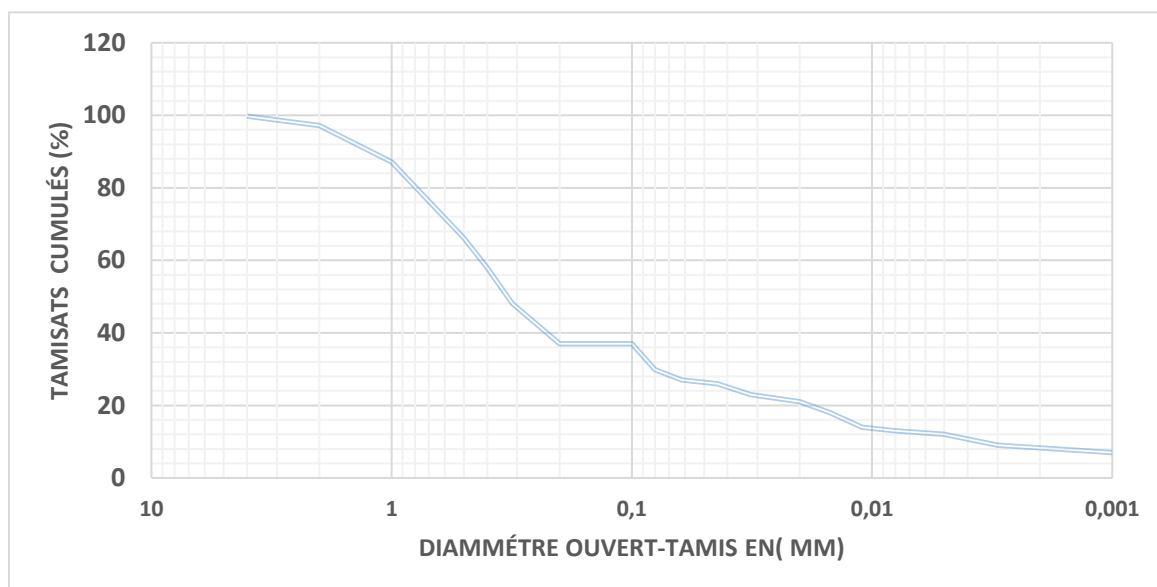
*Résultats et discussion*

### IV.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous présenterons et discuterons analytiquement les résultats obtenus.

### IV.2. Classification de sol :

Les résultats des essais d'identification de l'argile naturelle sont présentés sur la figure IV.1 et dans le tableau IV.1.:



**Figure IV.1 :** Courbe granulométrique de l'argile (tamisage par voie humide et Sédimentométrie).

**Tableau IV.1:** Résultats d'essais d'identification de d'argile naturelle

Essai	Tamisât à 2µm (%)	Tamisât à 80µm (%)	VBS (g/100gr)	WL (%)	WP (%)	IP (%)	Taux de Carbonates (%)	Taux de Sulfates (mg/kg)	Wn (%)
Résultat	8	29	3.27	40.34	23.48	16.86	22	0	23.8

D'après le guide technique de Terrassement routier (GTR) et la norme NF P 11-300, le sol est



classé en **B<sub>6</sub>h** (sables et graves argileux à très argileux).

Selon le diagramme de Casagrande, le sol est classé comme étant une argile peu plastique.

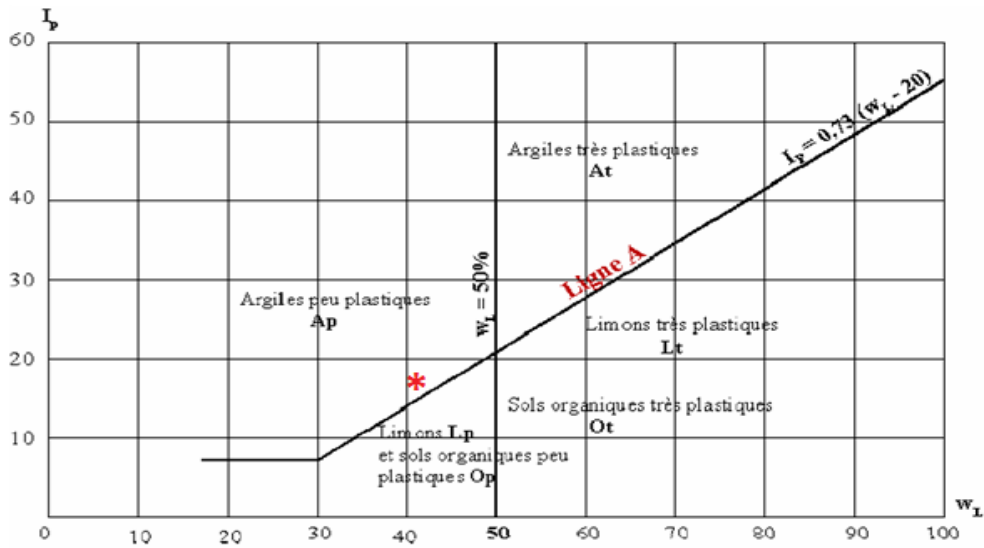


Figure IV.2 : Diagramme de Casagrande

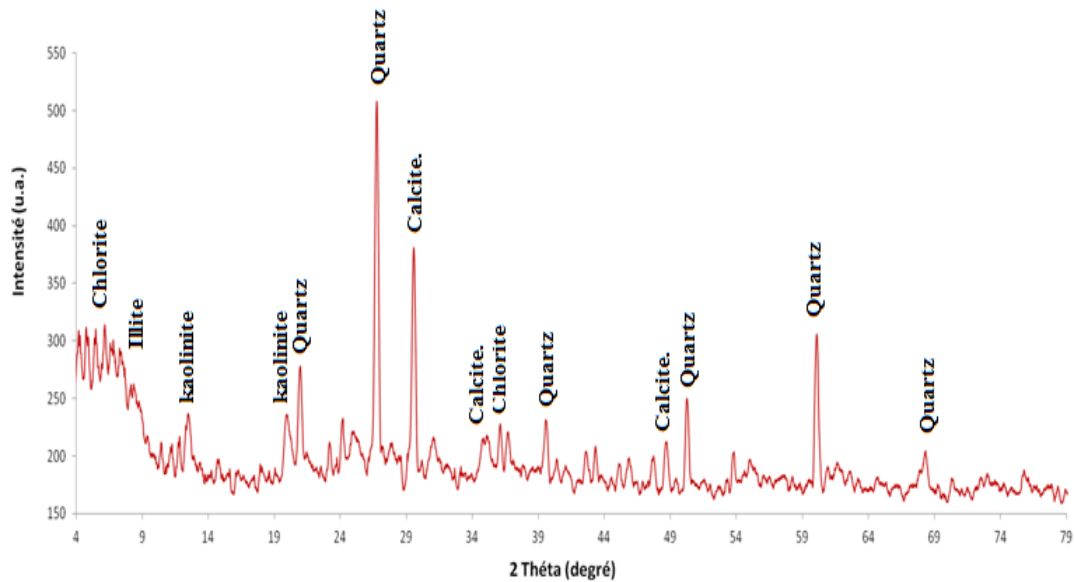


Figure IV.3 : courbe résulte de (DRX)

La diffraction des rayons X (DRX) est utilisée pour estimer les principaux minéraux présents dans l'argile brute.

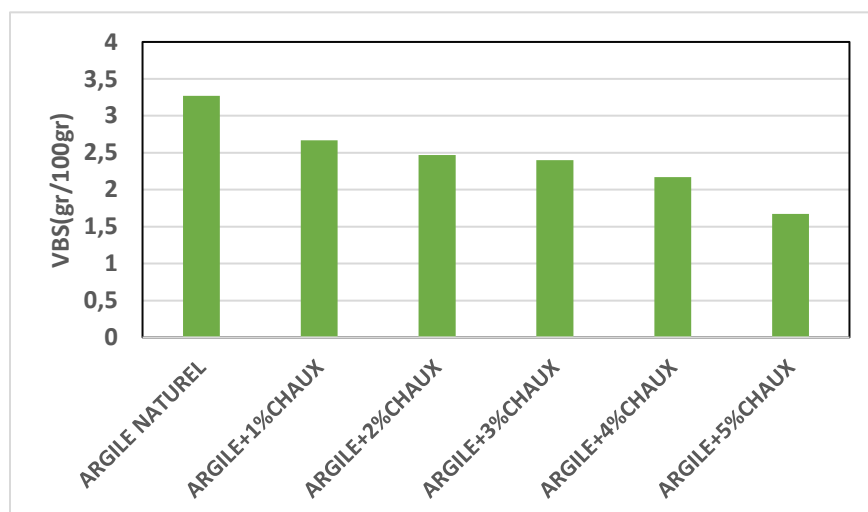
L'analyse par diffraction des rayons X a été réalisée au Laboratoire Synthèse et Catalyse au niveau de la faculté des Sciences de la Matière. Les diffractogrammes DRX ont été obtenus à température ambiante avec un diffractomètre Rigaku, Mini Flex 600.

À partir des diffractogrammes DRX de l'argile, les minéraux argileux identifiés étaient la kaolinite, l'illite et la Chlorite, avec quelques traces de montmorillonite.

Les minéraux associés étaient le Quartz et la Calcite.

### IV.3. Essai de bleu de méthylène (VBS) :

D'après les histogrammes donnant les valeurs VBS des mélanges Argile-chaux (Figure IV.3), on remarque que l'argilosité diminue en fonction du pourcentage d'ajout de chaux.



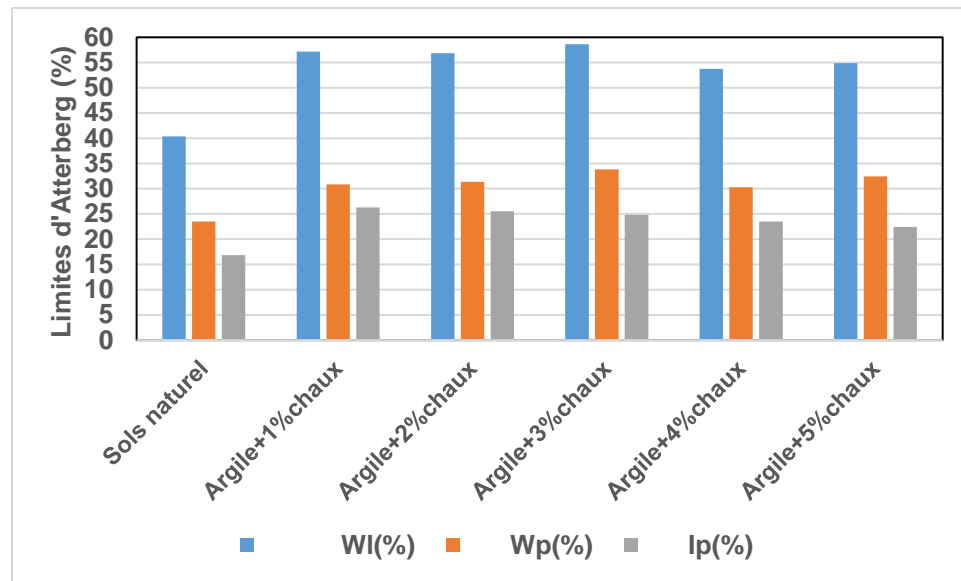
**Figure IV.4** : Histogrammes représentant les valeurs VBS pour les mélanges (argile –chaux)

### IV.4. Limites d'Atterberg:

On présente sur la figure IV.4 les valeurs des limites d'Atterberg des différents mélanges (Argile –Chaux).

On remarque que la chaux fait augmenter la limite de liquidité de l'argile d'une façon considérable, par contre pour la limite de plasticité, l'effet est de moindre degré, mais on observe quand même une légère augmentation de cette teneur en eau en influençant les propriétés de la matrice argileuse. Cela peut être dû à des réactions chimiques qui modifient la structure interne

de l'argile. Concernant l'indice de plasticité qui représente, en fait, la différence entre la limite de liquidité et le limite de plasticité et du fait que la chaux fait augmenter la limite de liquidité d'une façon significative, d'une part et du fait que la chaux a un effet mineur sur la limite de plasticité, d'autre part, l'indice de plasticité se trouve augmenté. Cela peut rendre l'argile plus malléable et plus facile à travailler.



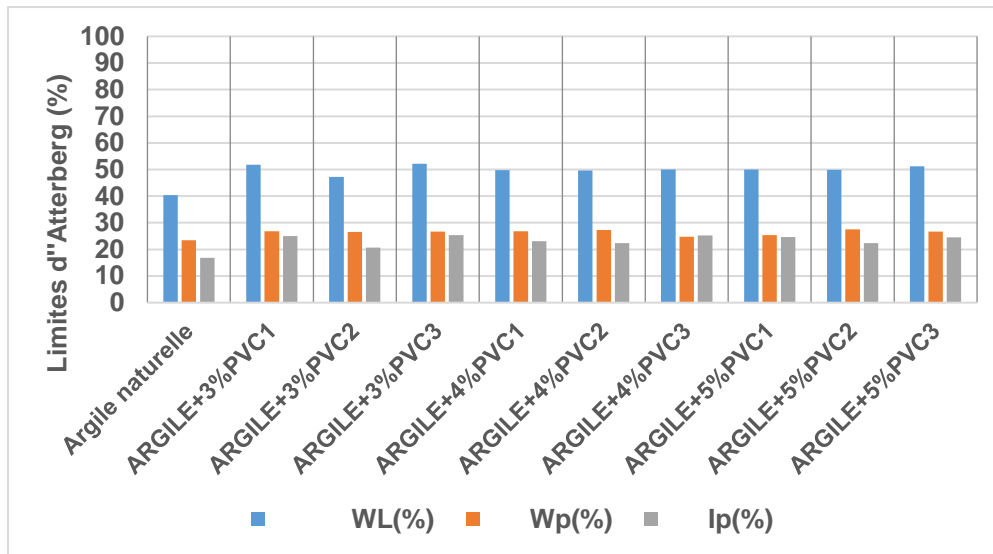
**Figure IV.5:** Histogrammes représentant les Limites d'Atterberg des mélanges argile-chaux

Dans le tableau IV.2, on présente les dimensions des fibres plastiques utilisées et qui ont été récupérées de déchets de la menuiserie PVC.

On présente sur la figure IV.5 les valeurs des limites d'Atterberg des différents mélanges (Argile –fibres PVC). On remarque qu'il y a des petites variations dans les limites d'Atterberg qui sont liées à la maniabilité des mélanges Argile-PVC, cependant il n'y a pas de modifications dans la structure interne de l'argile.

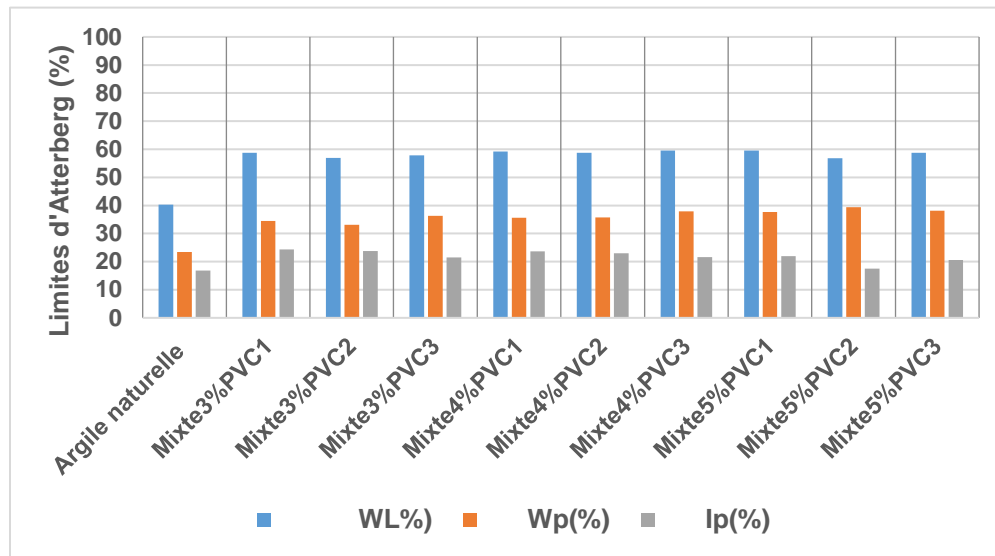
**Tableau IV.2 :** Dimensions des fibres plastiques de type PVC

Classe	PVC1	PVC2	PVC3
Dimensions (mm)	1/1.6	1.6/2	2/2.5



**Figure IV.6:** Histogrammes représentant les limites d'Atterberg des mélanges 'Argile- PVC'

Concernant les mélanges Argile-chaux-PVC préparés avec 1% de chaux, on remarque que les fibres plastiques influent sur la réaction de la chaux. En effet, la présence de fibres plastiques introduit une composante supplémentaire à considérer, car elles peuvent également affecter l'indice de plasticité en modifiant la cohérence et la plasticité du mélange.

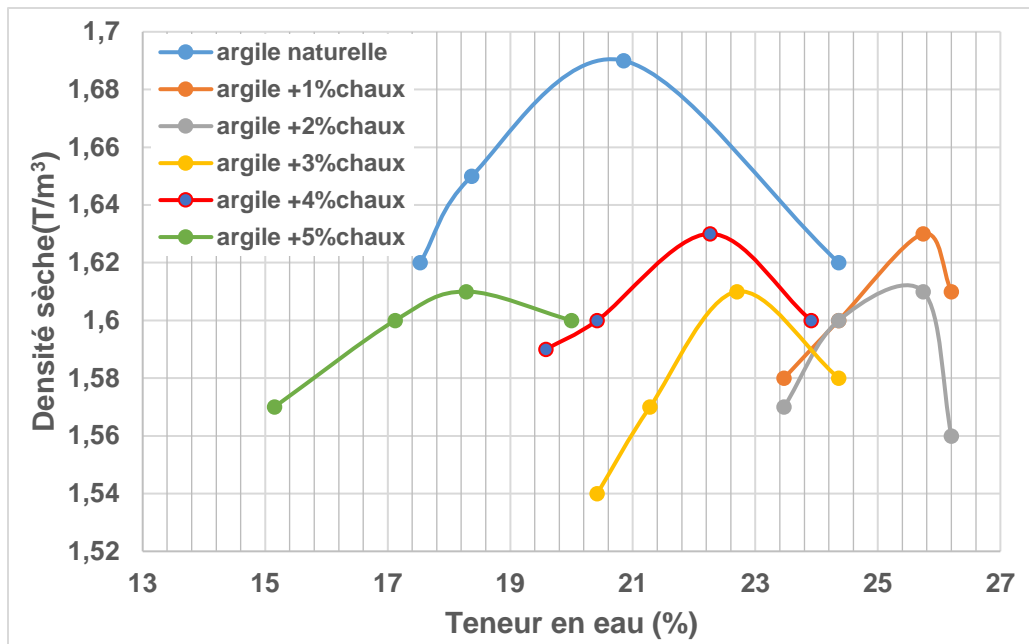


**Figure IV.7:** Histogrammes représentant les Limites d'Atterberg de différents mélanges Argile-Chaux-PVC

#### IV.5. Essais Proctor Normal :

##### IV.5.1. Mélanges argile et chaux :

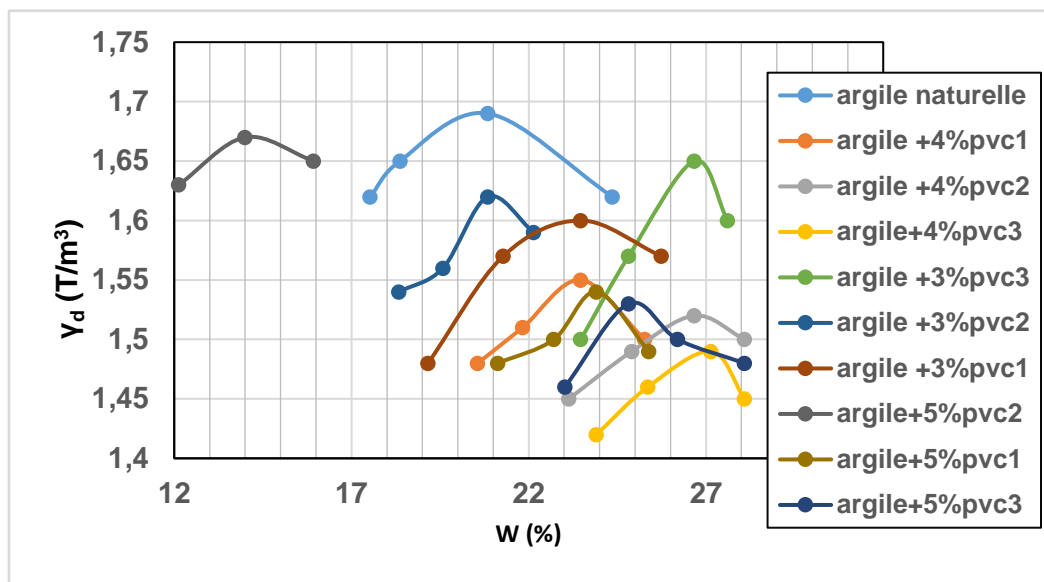
D'après la figure IV.7, on remarque que la teneur en eau optimale augmente pour le dosage de 1% de chaux, puis elle diminue pour un dosage de 4% de chaux, tout en restant supérieure à celle de l'argile naturelle. Par contre pour un dosage de 5% de chaux la teneur en eau optimale est inférieure à celle de l'argile naturelle. Concernant la densité sèche, on remarque qu'après avoir augmenté le pourcentage de chaux ajoutée, la densité sèche diminue parallèlement à l'augmentation de la quantité d'eau absorbée. La chaux agit souvent comme un agent de liaison, améliorant la cohésion entre les particules d'argile et réduisant ainsi la plasticité du sol ( $I_p$ ) en fonction du dosage en chaux. On observe également que les courbes s'aplatissent en augmentant le dosage en chaux, ce qui signifie que la sensibilité de la densité sèche maximale à la variation de la teneur en eau est réduite



**Figure IV.8 :** Les résultats de l'essai Proctor réalisés sur les différents mélanges

#### IV.5.2. Mélanges Argile – Pvc :

D'après la figure IV.8, on remarque que les fibres plastiques modifient les propriétés mécaniques du sol pendant le compactage, affectant ainsi la courbe Proctor. Cette influence concerne à la fois ; la densité sèche et la teneur en eau optimale. La diminution de la densité sèche max est due au fait que les fibres plastiques ont une densité plus faible que celle l'argile. Quant aux variations des teneurs en eau, les dimensions des fibres plastiques ainsi que leurs proportions représentent le paramètre clé affectant la teneur en eau optimale pour chaque mélange. Cela s'explique par le fait que l'eau supplémentaire participe à la maniabilité du mélange. On note, quand même, que pour le mélange d'argile –PVC 2 (à 5%), la teneur en eau optimale diminue sensiblement et la densité atteint le maximum par rapport aux autres mélanges. Ceci peut être expliqué par le fait que les fibres plastiques PVC 2 ayant des dimensions 1.6/2 mm s'insère parfaitement et facilement dans le mélange le rendant plus compact.



**Figure IV.9** Résultats de l'essai Proctor réalisés sur les différents mélanges "Argile-PVC"

#### IV.5.3. Mélange "Argile-Chaux-PVC" :

Concernant les mélanges d'argile contenant 1% de chaux et les fibres PVC à différents pourcentages, la figure IV.9 montre que les densités sèches diminuent d'une façon remarquable, car la chaux provoque une augmentation du volume, d'une part et vu la densité faible des fibres plastiques, d'autre part.

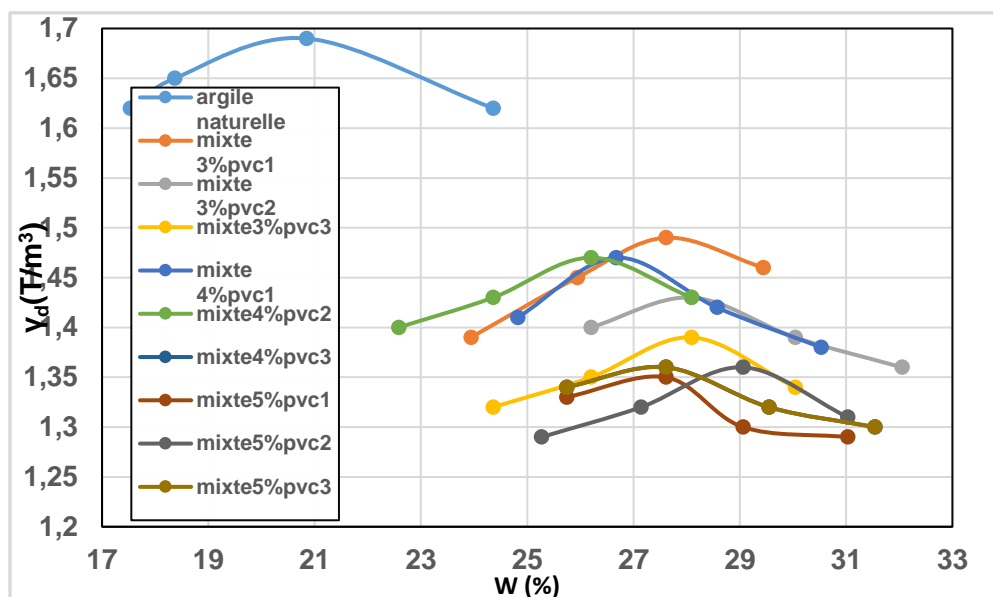
En ce qui concerne la teneur en eau, l'augmentation de ce paramètre est due, à la fois, à la chaux qui absorbe de l'eau et aux fibres plastiques qui nécessitent une quantité supplémentaire d'eau pour la maniabilité du mélange.

#### IV.6. Essais CBR :

On représente dans ce suit les résultats des essais CBR à différentes énergies de compactage (10 C/C, 25 C/C et 56 C/C) pour les différents mélanges d'argile, avec et sans liant de traitement et avec et sans fibres plastiques.

D'après les figures IV.10, IV.11 et IV 12, on observe la même tendance pour les valeurs CBR à différentes énergies de compactage. En effet, pour le traitement de l'argile à la chaux toute

seule, les valeurs CBR augmentent en fonction du dosage en liant.



**Figure IV.10** : Résultats de l'essai Proctor réalisés sur les différents mélanges contenant la chaux et les fibres PVC

Avec une stabilisation par les fibres plastiques en proportion de 3%, les valeurs CBR augmentent en fonction des dimensions de ces additifs. Avec l'ajout de 4% de fibres plastiques, les valeurs CBR diminuent pour la première classe des fibres plastiques (par rapport au pourcentage de 3%), puis augmentent pour le reste des classes de fibres plastiques. Pour l'ajout de 5% de fibres plastiques les valeurs CBR augmentent en fonction des dimensions de ces additifs.

Concernant la stabilisation mixte qui est effectuée par un traitement à la chaux à raison de 1% et un ajout de fibres plastiques à différents pourcentages (3%, 4% et 5%), on remarque que les meilleures valeurs CBR sont obtenues pour le mélange composé de 1% de chaux, 5% de fibres plastiques de dimensions 2/2.5 mm.

Il est à noter que les valeurs CBR les plus élevées sont obtenues par un traitement avec la chaux en proportion de 5%, cela montre bien l'action de ce liant pour l'amélioration de la portance des argiles.



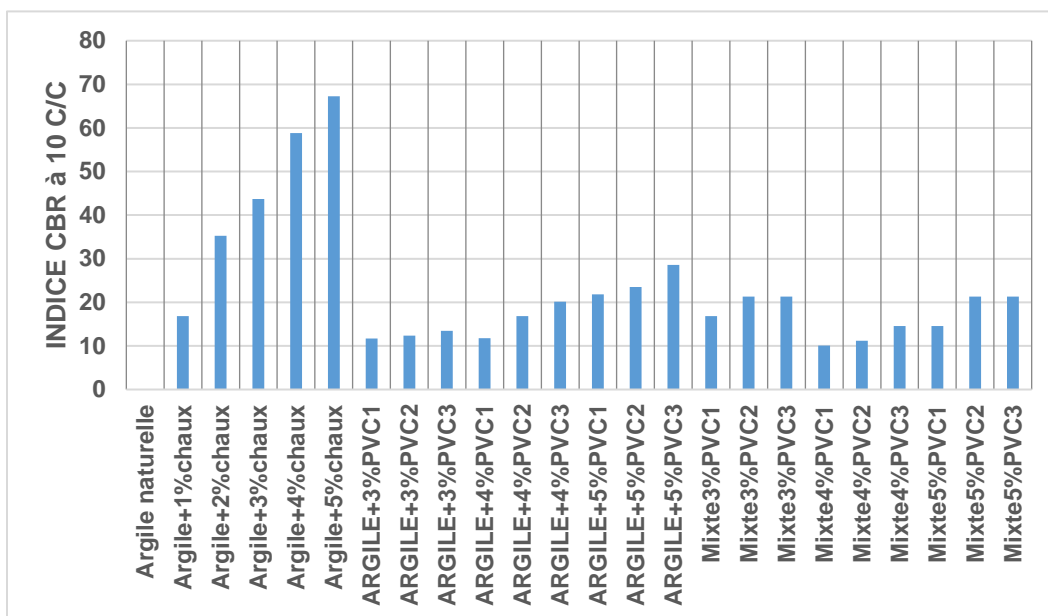


Figure IV.11 : Histogrammes représentant les indices CBR à 10 C/C.

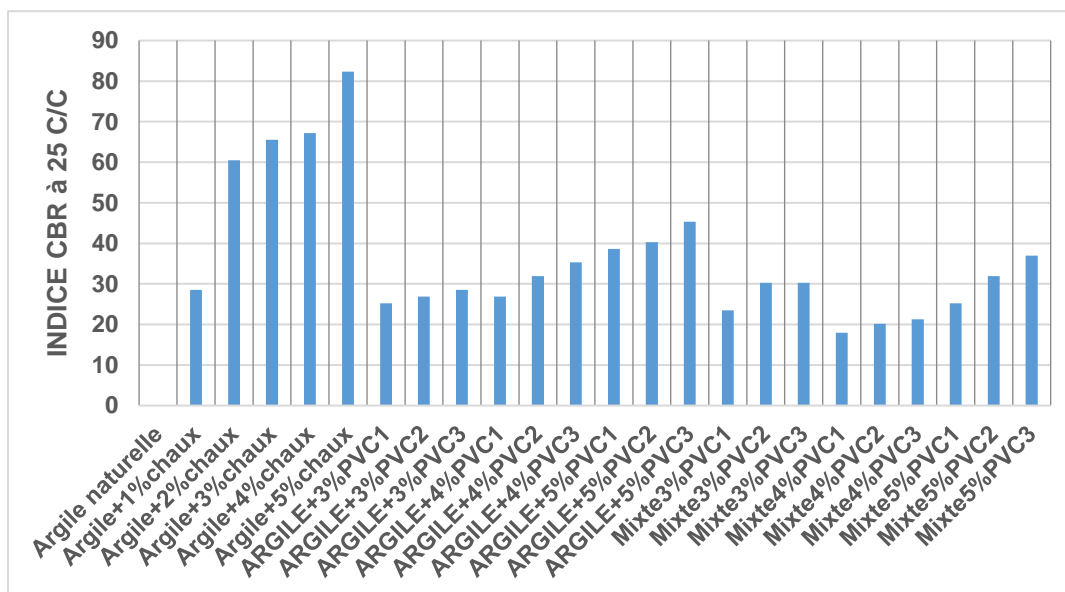


Figure IV.12: Histogrammes représentant les indices CBR à 25 C/C.

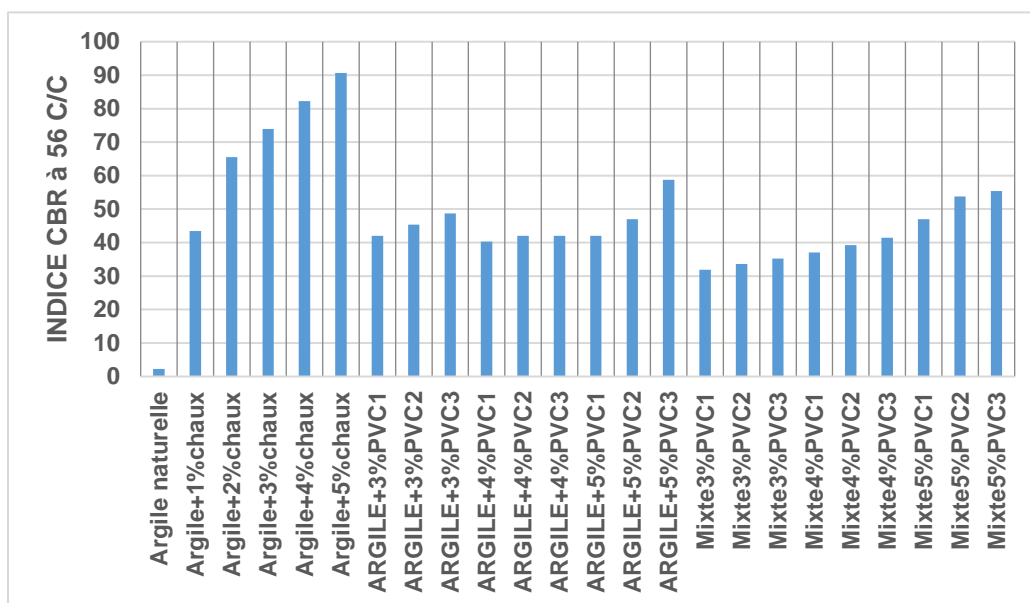


Figure IV.13: Histogrammes représentant les indices CBR à 56 C/C.

IV.7. Résultats des essais de Cisaillement à la boîte :

On présente dans ce qui suit les courbes de cisaillement direct en conditions non consolidé non drainé, c'est-à-dire correspondant au comportement du sol à court terme (résistance au cisaillement), concernant les différents mélanges.

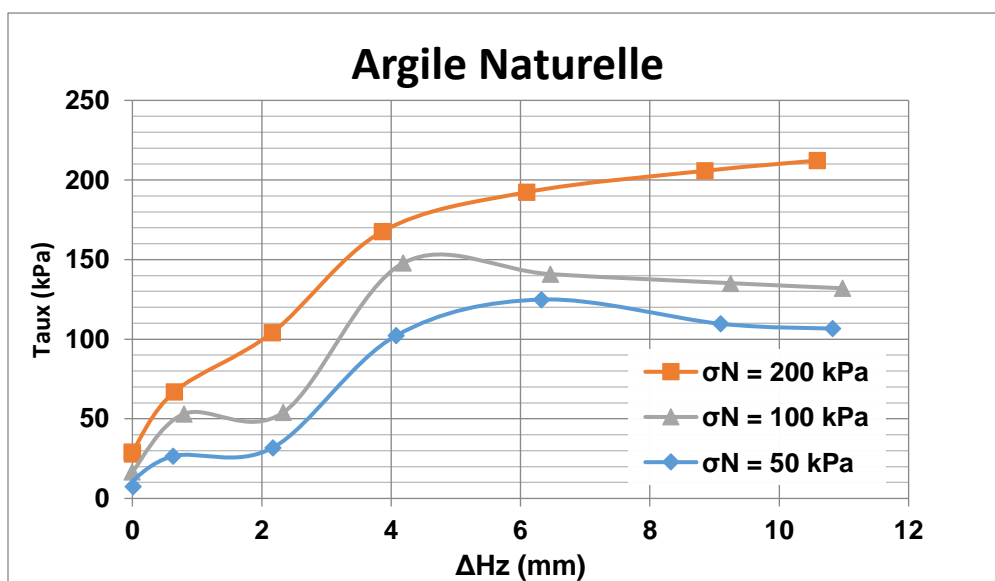


Figure IV.14: Courbes de cisaillement Direct (UU) réalisé sur l'Argile.

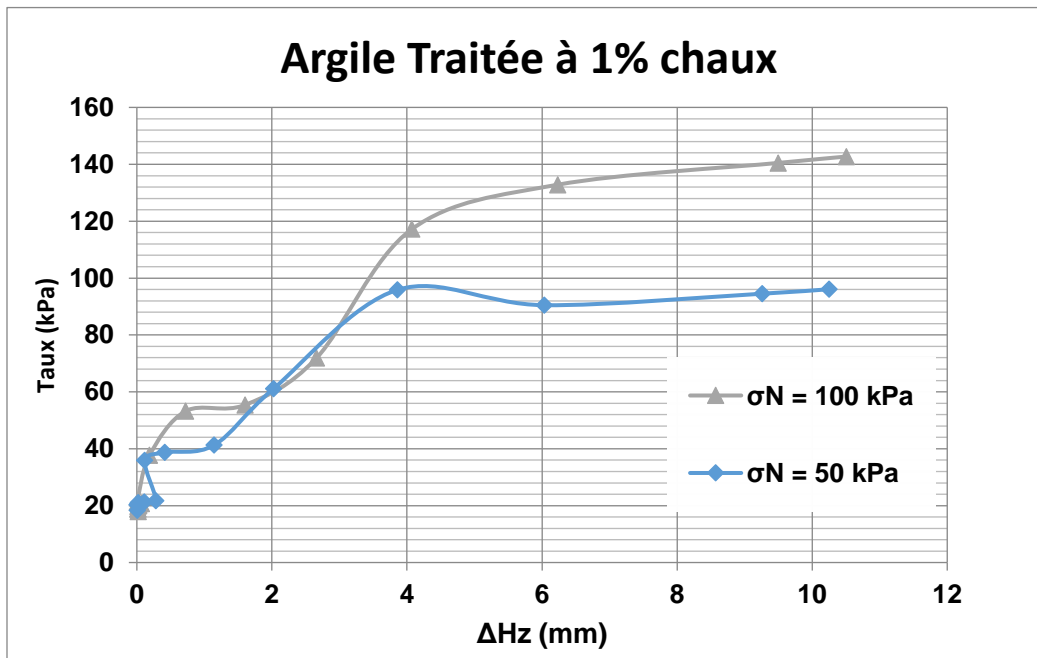


Figure IV.15: Courbes de cisaillement Direct (UU) réalisé sur l'Argile traitée à 1% de chaux.

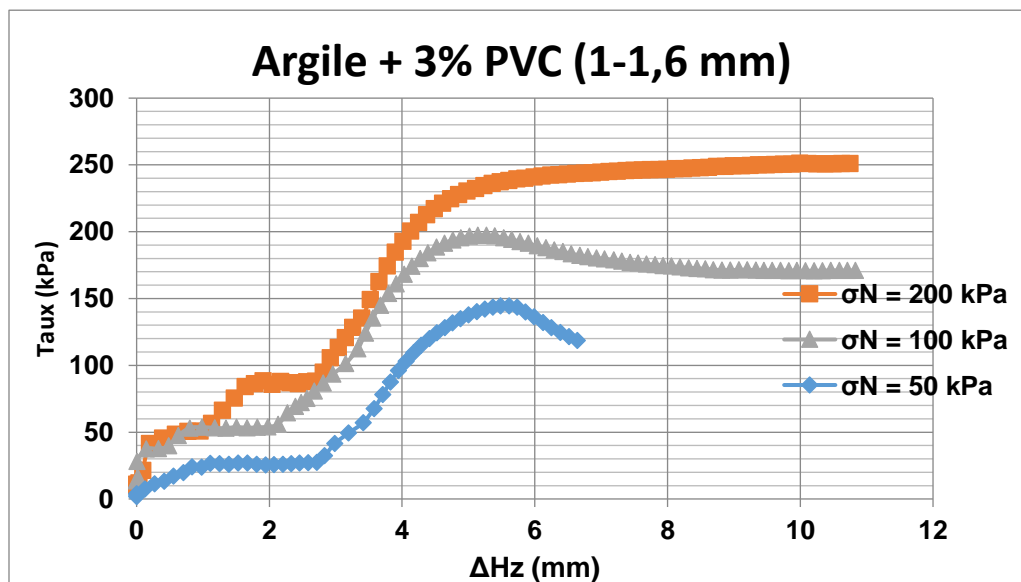


Figure IV.16: Courbes de cisaillement Direct (UU) réalisé sur l'Argile + 3 % PVC 1.

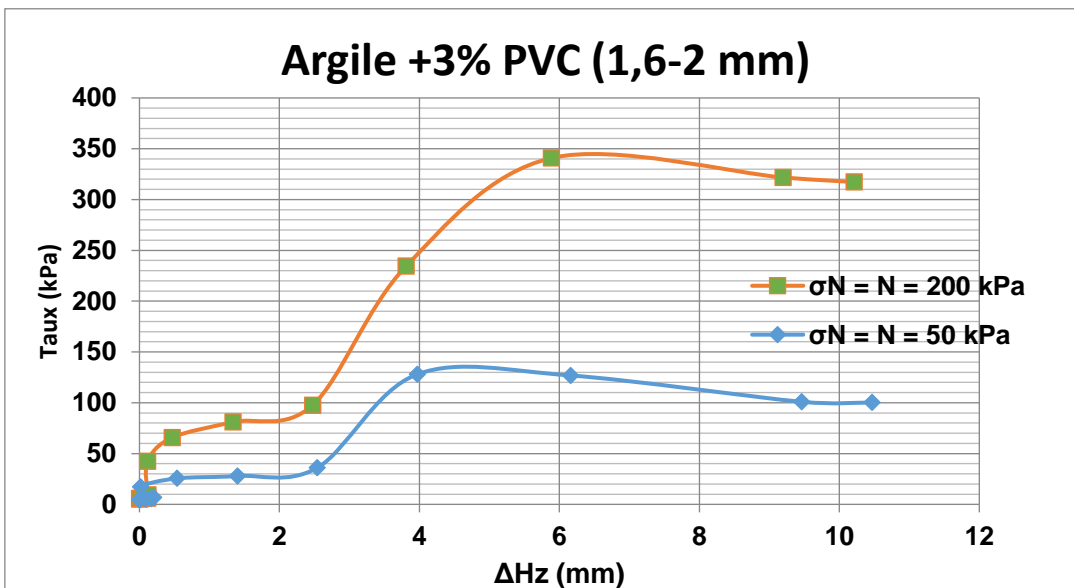


Figure IV.17: Courbes de cisaillement Direct (UU) réalisé sur l'Argile + 3 % PVC 2.

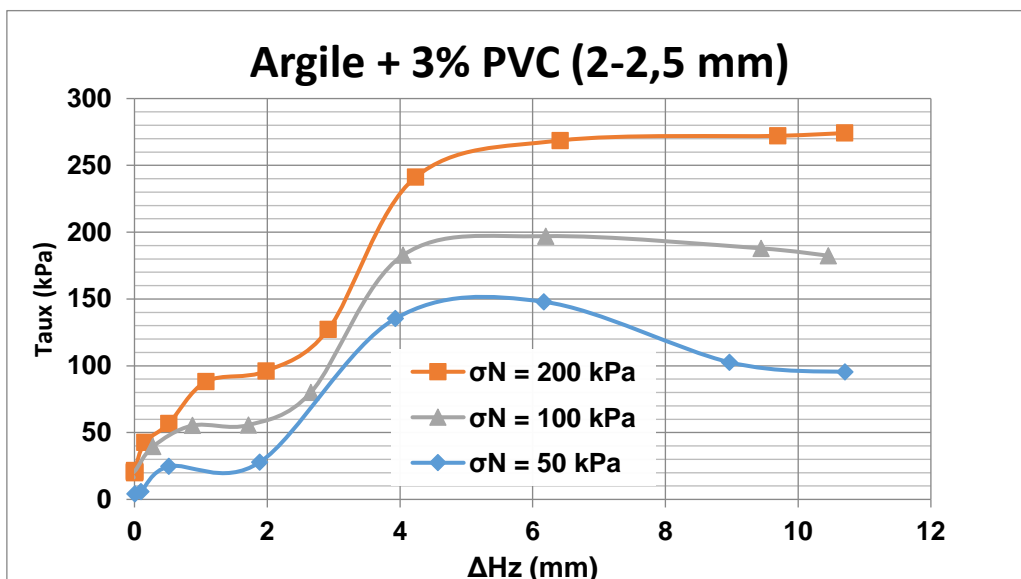
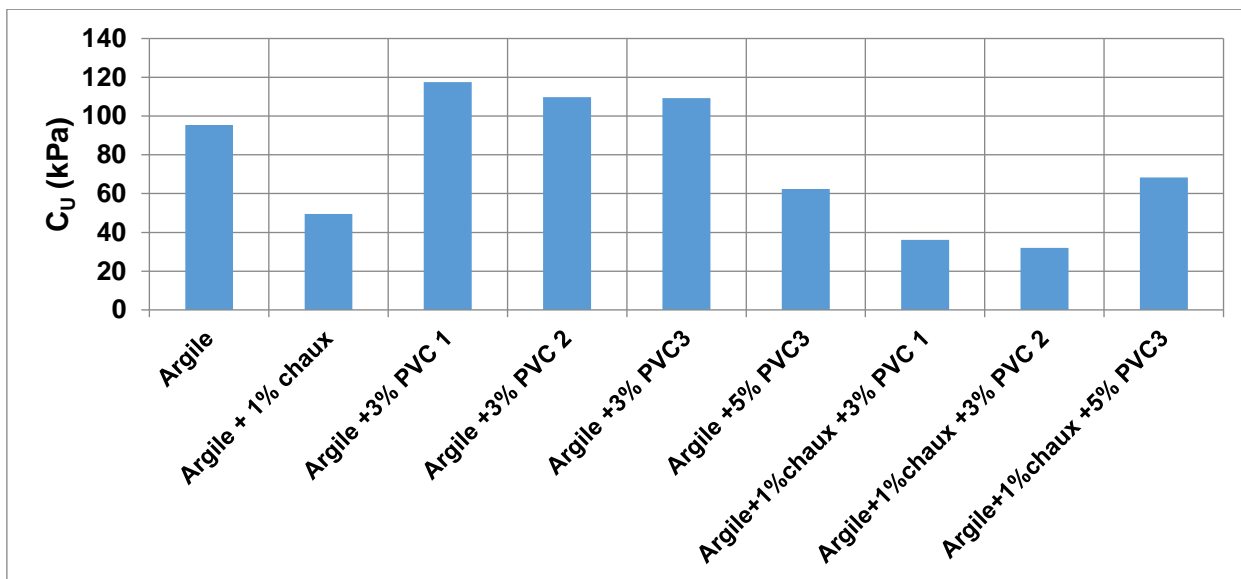


Figure IV.18: Courbes de cisaillement Direct (UU) réalisé sur l'Argile + 3 % PVC 3.

Dans la figure IV.21, on présente les cohésions non drainées pour les différents mélanges. On peut remarquer que les mélanges contenant seulement des fibres plastiques donnent des valeurs élevées de cohésion non drainée.



**Figure IV.21:** Valeurs des cohésions non drainées pour les différents mélanges

#### IV.7. Conclusion :

À la lumière des essais présentés précédemment, il ressort que l'incorporation des fibres plastiques de type PVC, de dimensions 2-2,5 mm, dans l'argile contribue au renforcement de sa structure et améliore sa portance. La stabilisation combinée par un traitement à la chaux et un ajout de fibres plastiques en proportion de 5% offre une solution technique durable, permettant au liant d'agir à long terme pour augmenter la résistance de l'argile stabilisée.

# *Conclusions Générales*

## Conclusion générale

---

Les argiles peuvent être utilisées comme matériau de remblai en raison de leur abondance et de leur faible coût, mais elles posent des défis importants en termes de compression, de stabilité, de drainage et de réaction avec l'environnement. Une compréhension approfondie de ces problématiques est essentielle pour assurer la durabilité et la sécurité des infrastructures construites sur ces sols.

D'autre part, Les déchets plastiques posent une série de problématiques majeures à l'échelle mondiale, touchant à la fois l'environnement, la santé publique, et l'économie.

Pour pallier aux problèmes de comportement des argiles et déchets plastiques, nous avons proposé, à travers ce projet de fin d'études, une stabilisation combinée des argiles en utilisant la chaux comme agent de traitement et les déchets plastiques comme renforts dans la matrice argileuse.

Le présent travail est purement expérimental dans lequel on a validé la solution technique proposée, en réalisant des essais, principalement, de portance (Proctor et CBR).

Le matériau utilisé a été caractérisé par plusieurs essais d'identification, à savoir : granulométrie, VBS, limites d'Atterberg, DRX, compressibilité à l'oedomètre. Les résultats de ces essais ont révélé qu'il s'agit d'une argile sableuse peu plastique.

La stabilisation combinée a été opérée en ajoutant une petite quantité de chaux vive (1% du mélange) et des fibres plastiques issues de la menuiserie Aluminium ayant des dimensions variant de 1 à 2,5 mm pour garder la matrice argileuse. Les proportions des fibres plastiques ont été variées de 3 à 5% du mélange.

Concernant les essais de consistance (limites d'Atterberg), il a été trouvé que la présence de fibres plastiques introduit une composante supplémentaire à considérer, car elles peuvent également affecter l'indice de plasticité en modifiant la consistance et la plasticité du mélange.

Les essais Proctor Normal effectués sur les différents mélanges ont révélé que les densités sèches diminuent d'une façon remarquable, car la chaux provoque une augmentation du volume, d'une part et vu la densité faible des fibres plastiques, d'autre part.

Quant aux essais CBR qui présente le paramètre principal de portance, il a été remarqué que les meilleures valeurs CBR de traitement combinée sont obtenues pour le mélange composé de 1% de chaux, 5% de fibres plastiques de dimensions 2/2.5 mm .

## **Conclusion générale**

---

Concernant les essais de cisaillement direct en conditions non consolidés non drainés (comportement à court terme), il a été observé que les mélanges contenant seulement des fibres plastiques donnent des valeurs élevées de cohésion non drainée.

Après analyse des différents résultats, on peut conclure que le meilleur matériau répondant aux exigences techniques et aspects économiques est celui obtenu par un traitement à la chaux en proportion de 1% et de 5% de fibres plastiques de dimensions 2 à 2,5 mm .

### **Perspectives**

Concernant la continuité de ces travaux de recherche, nous proposer d'examiner les points suivants :

- Etudier l'effet de temps de cure sur l'évolution de la résistance des éprouvettes confectionnés avec de l'argile prétraitée et les fibres plastiques, à 30, 60 et 90 jours.
- Réaliser des essais de compression simple sur des éprouvettes cylindriques ;
- Effectuer des essais de durabilité sur les différents mélanges pour simuler des cas extrêmes les plus défavorables.



# *Références*

### *Références :*

- Annabi-Bergaya, F, MI Cruz, L Gatineau et JJ Fripiat. 1980. « Adsorption of alcohols by smectites: II. Role of the exchangeable cations ». *Clay Minerals*, vol. 15, n° 3, p. 219-223.
- Annabi-Bergaya, F, MI Cruz, L Gatineau et JJ Fripiat. 1981. « Adsorption of alcohols by smectites: IV. Models ». *Clay Minerals*, vol. 16, n° 1, p. 115-122.
- Bergaya, F, et G Lagaly. 2006. « General introduction: clays, clay minerals, and clay science ». *Handbook of clay science*, vol. 1, p. 1-18.
- Bergaya, Faïza, et Gerhard Lagaly. 2013. *Handbook of clay science*, 5. Newnes.
- Bergaya, Faïza, Maguy Jaber et Jean-François Lambert. 2011. « Organophilic clay minerals ». *Rubber-Clay Nanocomposites: Science, Technology, and Applications*, p. 4586.
- Bergaya, Faïza, Maguy Jaber et Jean-François Lambert. 2012. « Clays and clay minerals as layered nanofillers for (bio) polymers ». In *Environmental Silicate NanoBiocomposites*. p. 41-75. Springer.
- Bell, F.G., (1978). Méthodes de traitement des sols instables. Editions Eyrolles, France, 240p
- Brigatti, MF, E Galan et BKG Theng. 2006. « Structures and mineralogy of clay minerals ». *Developments in clay science*, vol. 1, p. 19-86.
- Cabane, N. (2004). Sols traités à la chaux et aux liants hydrauliques: Contribution à l'identification et à l'analyse des éléments perturbateurs de la stabilisation. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne, Université Jean Monnet.
- Das, B.M. (1983). Principles of foundation engineering. Thomson.
- Holtz, R.D. and Kovacs, W.D. (1981). An introduction to geotechnical engineering. PrenticeHall Inc, Englewood Cliffs, N.J. 07632, <http://worldcat.org/isbn/0134843940> .
- Ismehen TALEB BAHMED 2018 thème : ((Utilisation des réseaux de neurones artificiels pour la prédiction des propriétés géotechniques des sols améliorés), Université Hassiba Benbouali de Chlef.

## Références

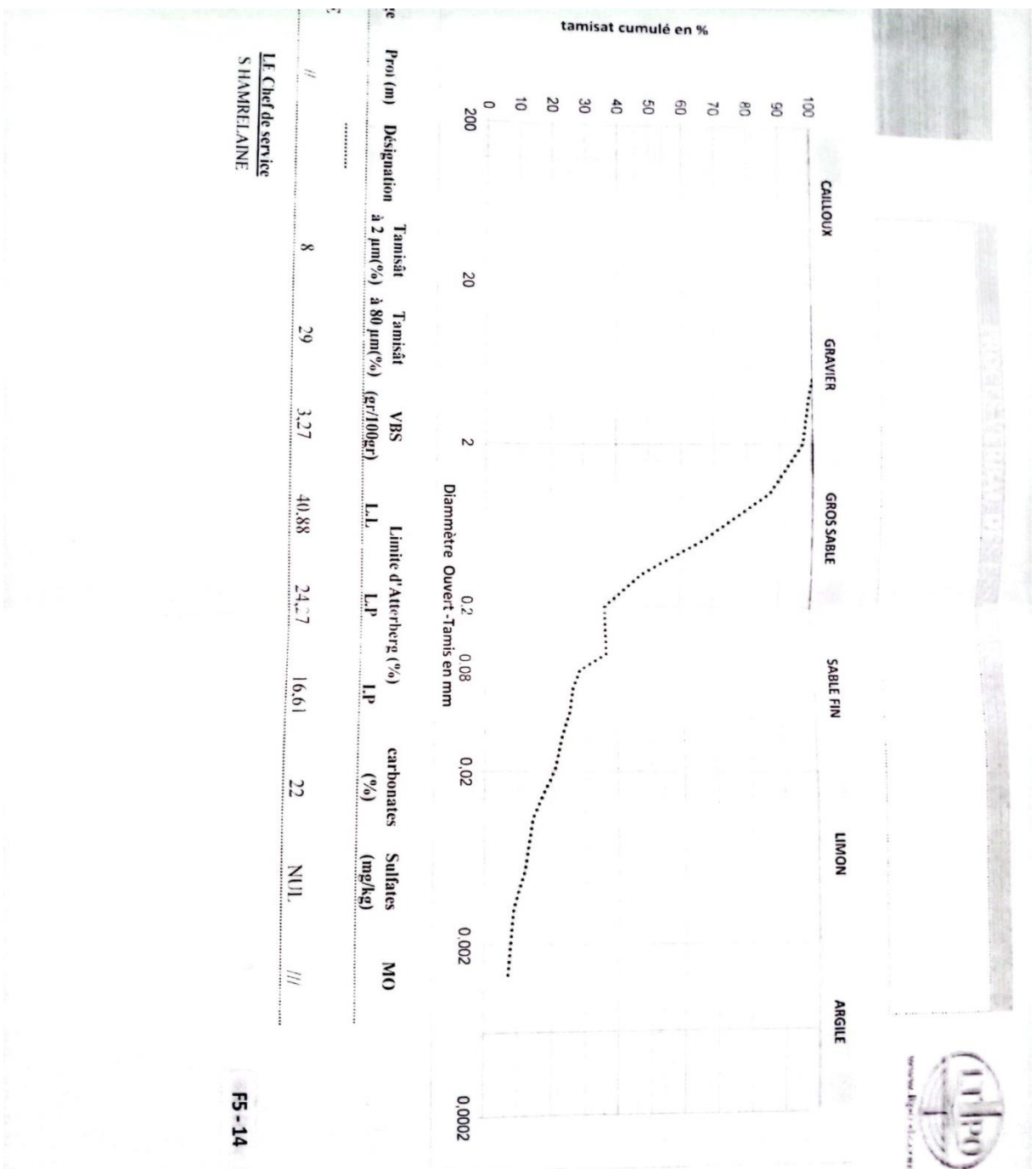
---

- GADOURI Hamid 2017 theme (Influence de la présence des sulfates sur le traitement des sols argileux par des ajouts minéraux), Université Yahia Farès – Médéa –
- Gul, Sagheer, Ayesha Kausar, Bakhtiar Muhammad et Saira Jabeen. 2016. « Research Progress on Properties and Applications of Polymer/Clay Nanocomposite ». *PolymerPlastics Technology and Engineering*, vol. 55, n° 7, p. 684-703.
- Grim, R. E. (1959). *Physico-chemical properties of soils: Clay minerals*. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 85(1959), 1-17
- Lambe, T. W. (1953, October). The structure of inorganic soil. In Proceedings of the American Society of Civil Engineers (Vol. 79, No. 10, pp. 1-49). ASCE.
- Lawton, E.C., (2004). Non grouting techniques. In: Practical foundation engineering handbook, Mc Graw-Hill Companies, USA, 340p.
- Luckham, P.F. and Rossi, S. (1999). Colloidal and rheological properties of bentonite suspensions. *Advances in Colloid and Interface Science*, Vol. 82, No. 1, pp. 43–92, doi: 10.1016/S0001-8686(99)00005-6.
- (MAGNAN. J-P, (2000) Déformabilité des sols Tassements Consolidation, en ligne : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publicsth3/geotechnique-42238210/deformabilite-des-sols-tassements-consolidation-c214/presentationc214niv10001.html>)
- [Mieux prévenir le risque de retrait-gonflement des sols argileux \(RGA\) : le Cerema déploie une station d'instrumentation dans le Loir-et-Cher | Cerema](#)
- Uddin, Faheem. 2008. « Clays, nanoclays, and montmorillonite minerals ». *Metallurgical and Materials Transactions A*, vol. 39, n° 12, p. 2804-2814.
- Varghese P.C. (2005). *Foundation engineering*. New Delhi: PHI learning private limited, India

# *Annexes*

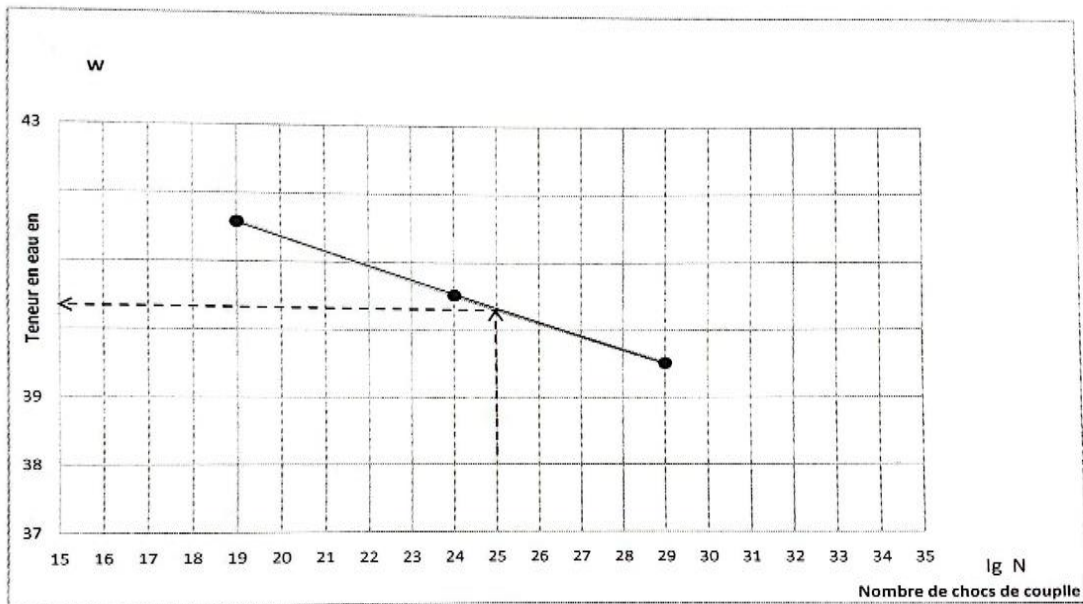
*Annexe 01 :*  
*essais identification de sol*

- Annexe 01 : essai identification de sol :



- Annexe 02 : Essai limite :
- Argile naturel :

Client :	0	PROCES VERBAL D'ESSAI DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG Conformément à la norme NFP 94-051
Projet :	ARGILE NATURALE	
Lieu :		Dossier : 0
Méthode de prélèvement :	MELANGE	Sondage : 0
DATE :	28/04/2024	Profondeur: 0



Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande

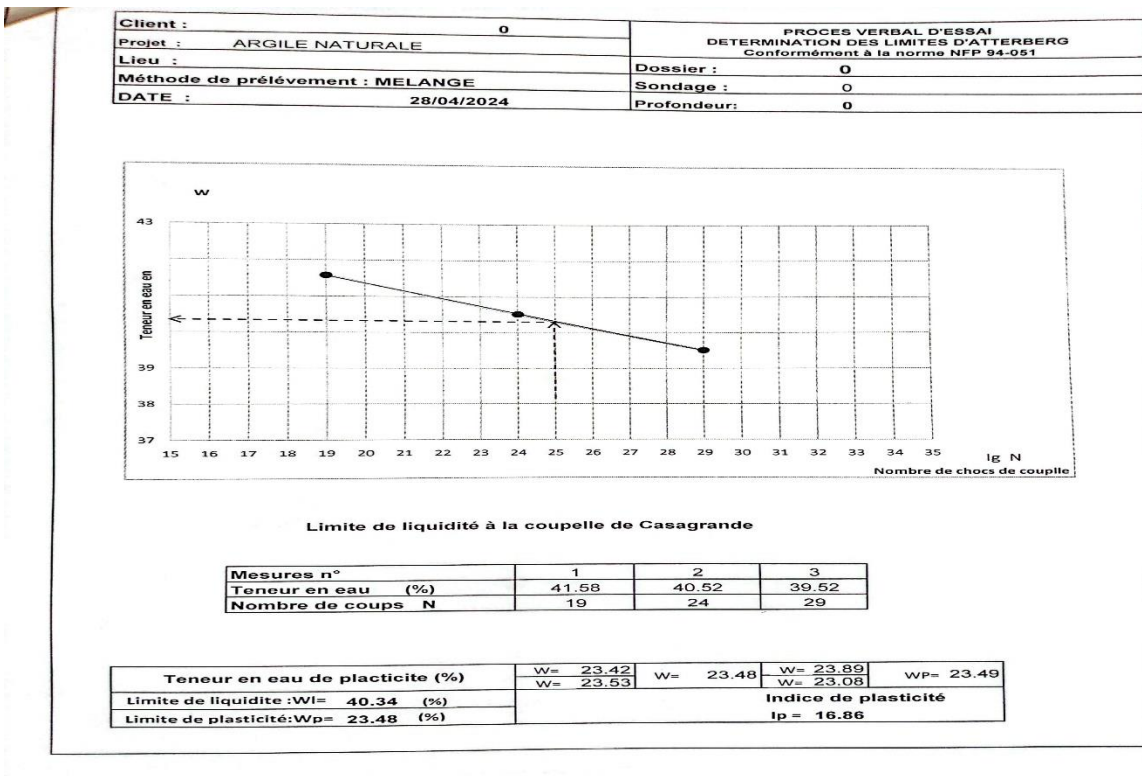
Mesures n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	41.58	40.52	39.52
Nombre de coups N	19	24	29

Teneur en eau de plasticité (%)	W= 23.42 W= 23.53	W= 23.48	W= 23.89 W= 23.08	WP= 23.49
Limite de liquidité :WI= 40.34 (%)	Indice de plasticité Ip = 16.86			
Limite de plasticité:Wp= 23.48 (%)				

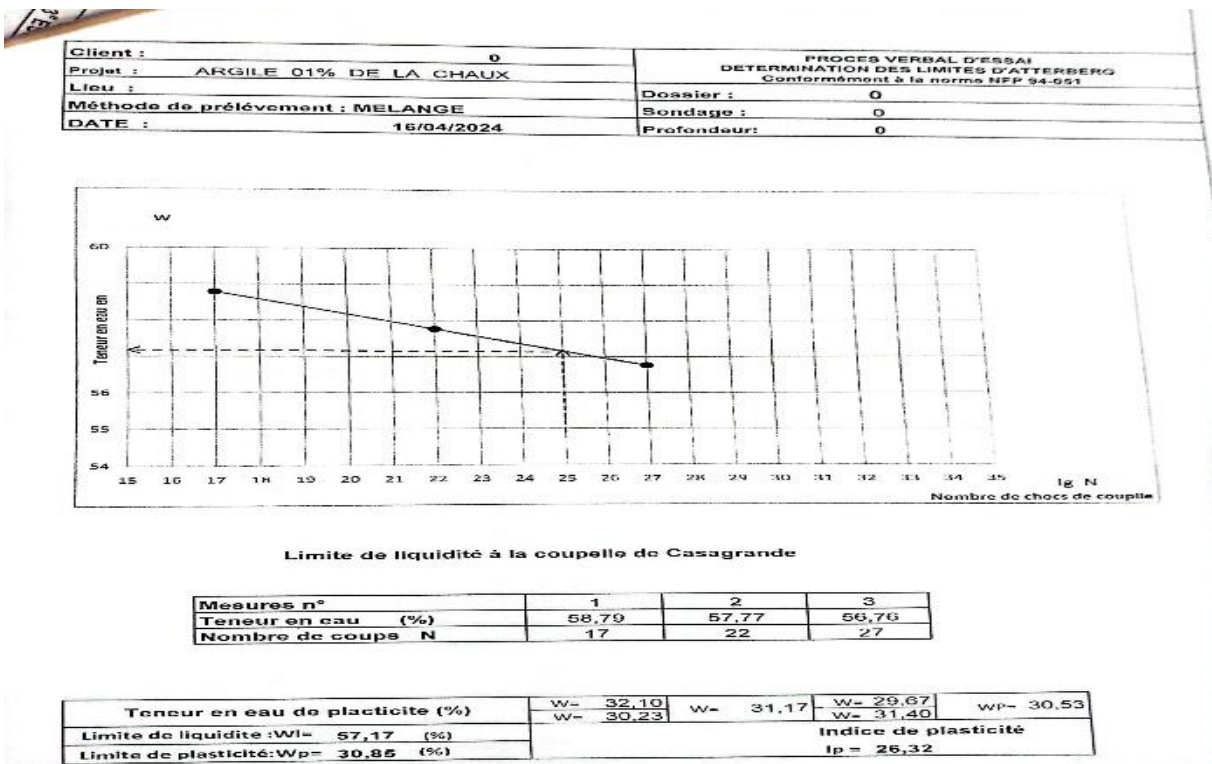
*Annexe 02 :*  
*Essai limite*



- Annexe 02 : Essai limite :
- Argile naturel :

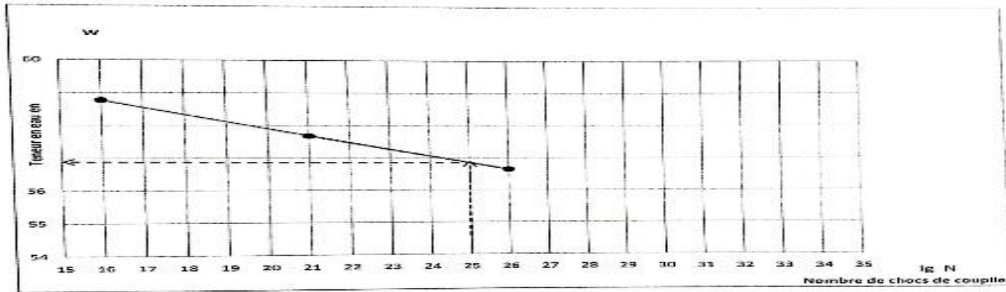


• Argile +Chaux :



# Annexes

Client :	0	PROCES VERBAL D'ESSAI
Projet :	ARGILE 02 % DE LA CHAUX	DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Lieu :		Conformément à la norme NFP 94-051
Méthode de prélèvement :	MELANGE	Dossier :
DATE :	16/04/2024	Sondage :
		Profondeur :
		0
		0

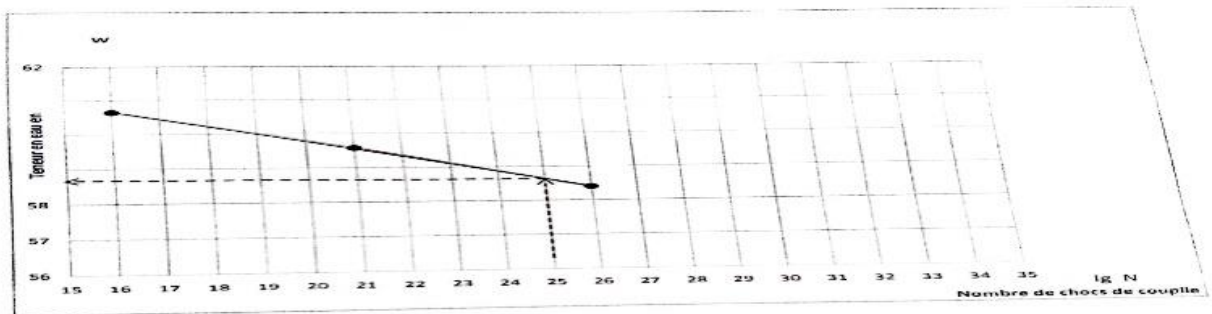


Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande

Mesures n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	58,78	57,68	56,65
Nombre de coups N	16	21	26

Teneur en eau de plasticité (%)	W= 31,03	w= 30,71	W= 32,14	WP= 31,95
	w= 30,38		w= 31,73	
Limite de liquidité: WI= 58,86 (%)	Indice de plasticité			
Limite de plasticité: Wp= 31,33 (%)	Ip = 25,83			

Client :	0	PROCES VERBAL D'ESSAI
Projet :	ARGILE 03 % DE LA CHAUX	DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Lieu :		Conformément à la norme NFP 94-051
Méthode de prélèvement :	MELANGE	Dossier :
DATE :	16/04/2024	Sondage :
		Profondeur :
		0
		0



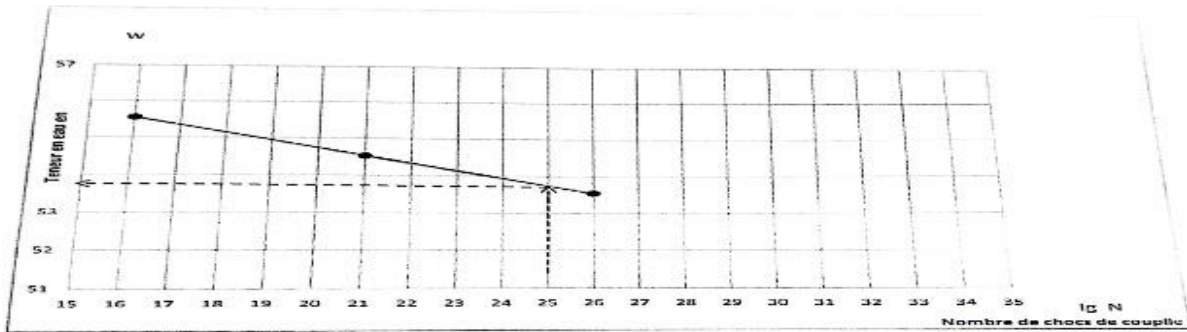
Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande

Mesures n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	60,65	59,58	58,40
Nombre de coups N	16	21	26

Teneur en eau de plasticité (%)	W= 33,78	w= 33,50	W= 34,44	WP= 34,08
	w= 33,31		w= 33,71	
Limite de liquidité: WI= 58,65 (%)	Indice de plasticité			
Limite de plasticité: Wp= 33,82 (%)	Ip = 24,83			

# Annexes

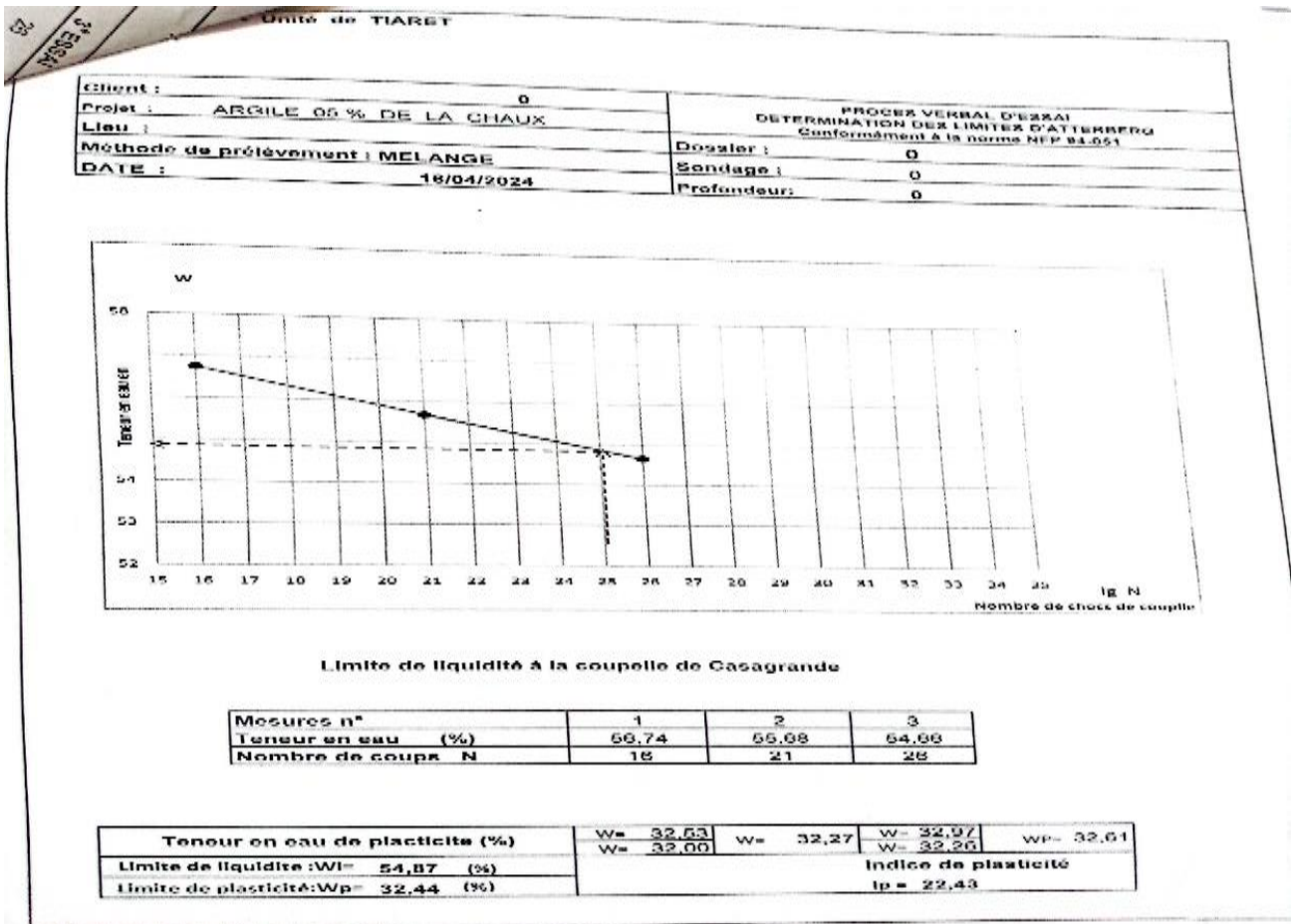
Client :	0	PROCES VERBAL D'ESSAI
Projet :	ARGILE 04 % DE LA CHAUX	DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Lieu :		Conformément à la norme NFP 94-051
Méthode de prélèvement :	MELANGE	Dossier :
DATE :	16/04/2024	Sondage :
		Profondeur :



Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande

Mesures n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	55,56	54,53	53,54
Nombre de coups N	16	21	26

Teneur en eau de plasticité (%)	w= 30,30	w= 30,20	w= 30,19	w= 30,43
Limite de liquidité : Wl= 53,75 (%)	Indice de plasticité Ip = 23,49			
Limite de plasticité : Wp= 30,26 (%)				

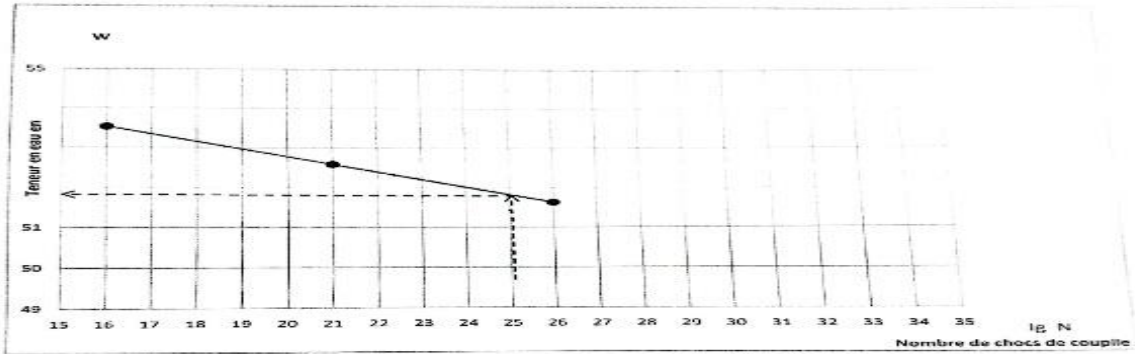


- Argile +plastique :

# Annexes

- Argile+3%pvc :

Client :	0	PROCES VERBAL D'ESSAI DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG Conformément à la norme NFP 94-051	
Projet :	ARGILE 3% DE PLASTIQUE ( 1 - 1,6 mm)	Dossier :	0
Lieu :		Sondage :	0
Méthode de prélèvement :	MELANGE	Profondeur :	0
DATE :	21/04/2024		

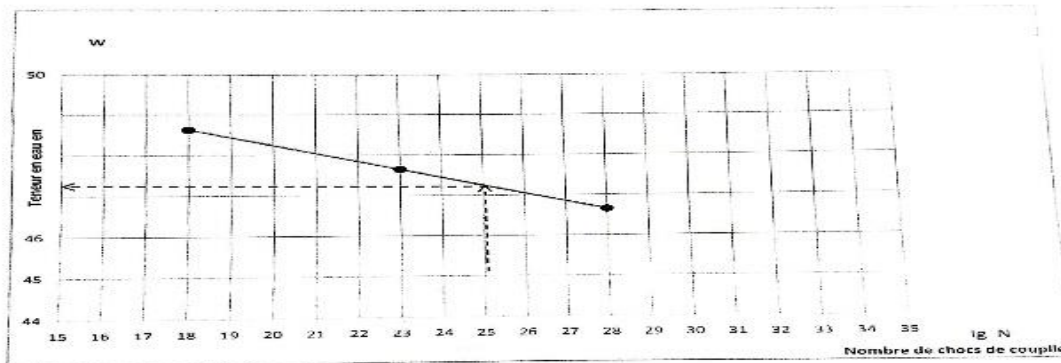


Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande

Mesures n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	53,54	52,59	51,63
Nombre de coups N	16	21	26

Teneur en eau de plasticité (%)	W= 26,37	W= 26,52	W= 26,97	WP= 27,12
Limite de liquidité :WL= 51,83 (%)	W= 26,67		W= 27,27	
Limite de plasticité:Wp= 26,82 (%)				
	Indice de plasticité Ip = 25,01			

Client :	0	PROCES VERBAL D'ESSAI DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG Conformément à la norme NFP 94-051	
Projet :	ARGILE 3% DE PLASTIQUE ( 1,6 - 2 mm)	Dossier :	0
Lieu :		Sondage :	0
Méthode de prélèvement :	MELANGE	Profondeur :	0
DATE :	21/04/2024		

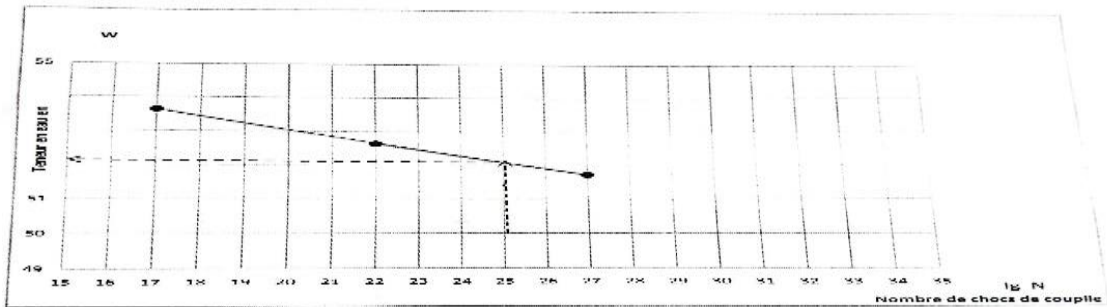


Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande

Mesures n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	48,63	47,65	46,65
Nombre de coups N	18	23	28

Teneur en eau de plasticité (%)	W= 26,32	W= 26,48	W= 27,27	WP= 26,79
Limite de liquidité :WL= 47,27 (%)	W= 26,60		W= 26,32	
Limite de plasticité:Wp= 26,63 (%)				
	Indice de plasticité Ip = 20,64			

Client :	0	PROCES VERBAL D'ESSAI
Projet :	ARGILE 3% DE PLASTIQUE (2 - 2,5 mm)	DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Lieu :		Conformément à la norme NF 94-051
Méthode de prélèvement :	MELANGE	Dossier :
DATE :	21/04/2024	Sondage :
		Profondeur :

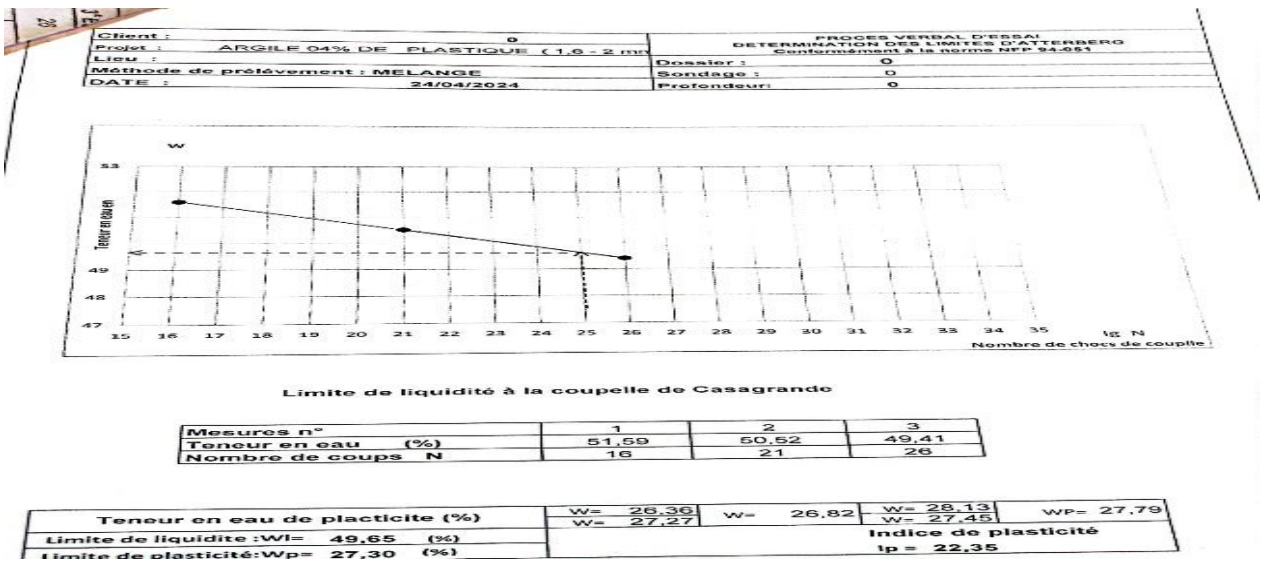


Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande

Mesures n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	53,83	52,64	51,73
Nombre de coups N	17	22	27

Teneur en eau de plasticité (%)	W <sub>p</sub> = 27,10	W <sub>p</sub> = 26,79	W <sub>p</sub> = 26,42	W <sub>p</sub> = 26,71
Limite de liquidité : W <sub>L</sub> = 52,11 (%)	W <sub>L</sub> = 26,47		W <sub>L</sub> = 27,00	
Limite de plasticité : W <sub>p</sub> = 26,75 (%)			Indice de plasticité I <sub>p</sub> = 25,36	

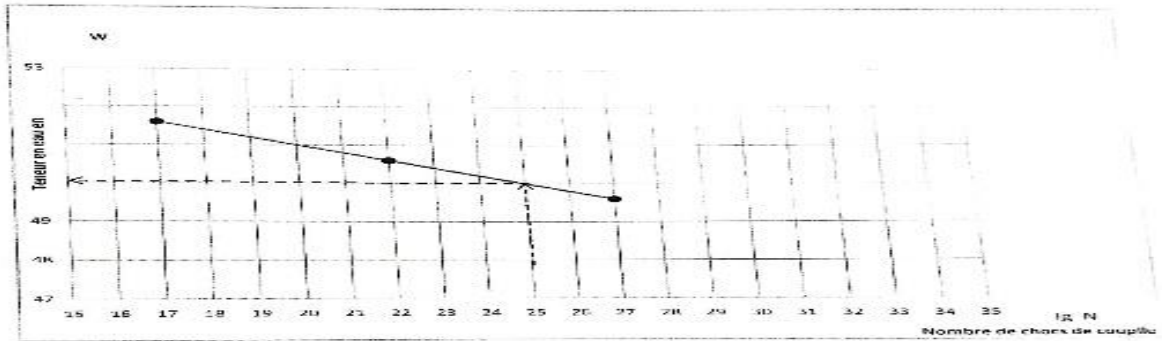
- Argile +4% pvc :





# Annexes

Client :	0	PROCES VERBAL D'ESSAI
Projet :	ARGILE 04% DE PLASTIQUE (2 - 2,5 mm)	DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG
Lieu :		Conformément à la norme NFP 24-051
Méthode de prélèvement :	MELANGE	Dossier : 0
DATE :	24/04/2024	Sondage : 0
		Profondeur: 0

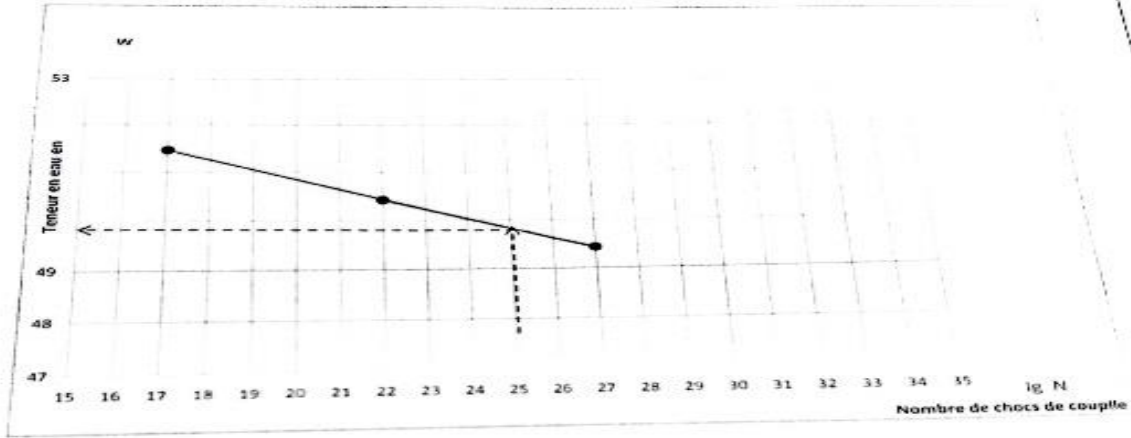


Limite de liquidité à la coupille de Casagrande

Mesures n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	51,60	50,80	49,60
Nombre de coups N	17	22	27

Teneur en eau de plasticité (%)	W <sub>p</sub> = 24,74	W <sub>p</sub> = 24,74	W <sub>p</sub> = 24,74	W <sub>p</sub> = 24,74
Limite de liquidité : W <sub>l</sub> = 50,01 (%)	W <sub>l</sub> = 24,73	W <sub>l</sub> = 24,74	W <sub>l</sub> = 24,74	W <sub>l</sub> = 24,74
Limite de plasticité : W <sub>p</sub> = 24,74 (%)	Indice de plasticité			
	I <sub>p</sub> = 25,27			

Client :	0	PROCES VERBAL D'ESSAI	
Projet :	ARGILE 4 % DE PLASTIQUE (1 - 1,8 mm)	DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG	
Lieu :		Conformément à la norme NFP 94.051	
Méthode de prélèvement :	MELANGE	Dossier :	0
DATE :	21/04/2024	Sondage :	0
		Profondeur :	0



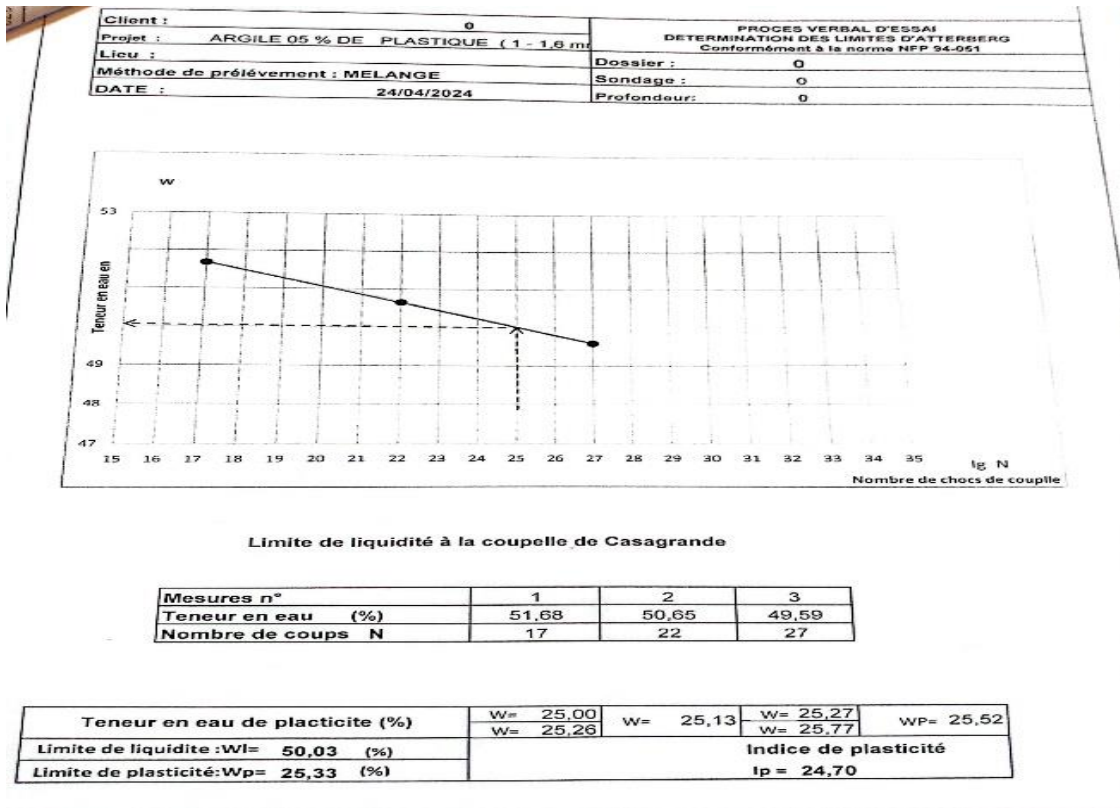
Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande

Mesures n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	51,47	50,43	49,43
Nombre de coups N	17	22	27

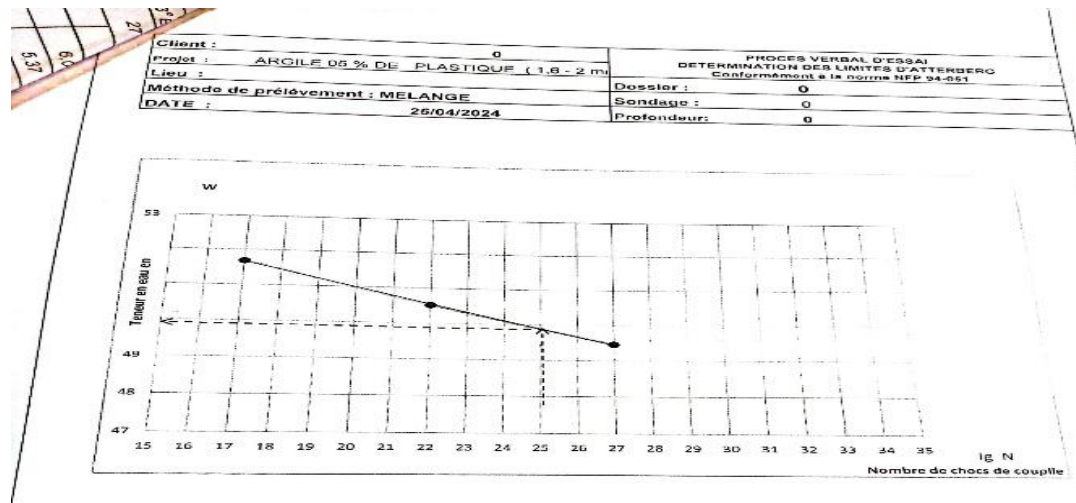
Teneur en eau de plasticité (%)	W= 26,42	W= 26,34	W= 28,24	WP= 27,25
	W= 26,26		W= 26,26	
Limite de liquidité : WL= 49,82 (%)	Indice de plasticité Ip = 23,03			
Limite de plasticité : Wp= 26,79 (%)				

# Annexes

- Argile +5% pvc :



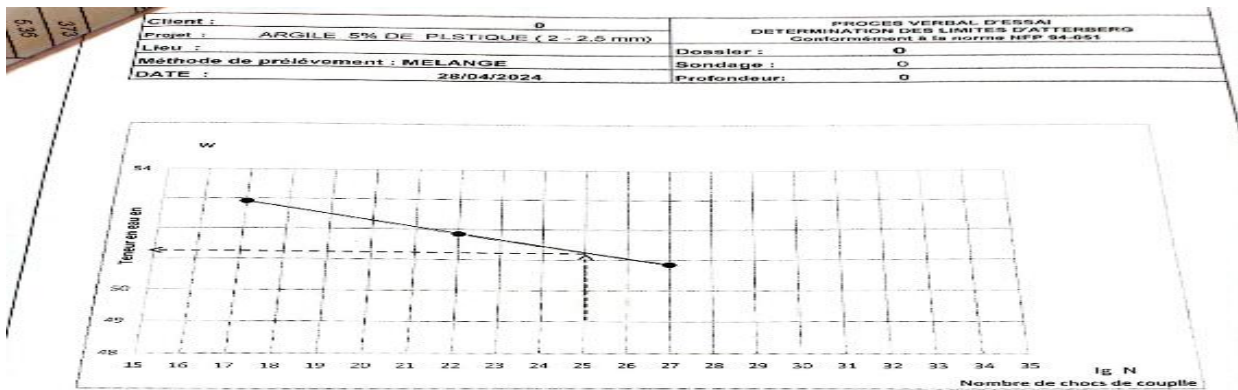
# Annexes



### Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande

Mesures n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	51,68	50,52	49,46
Nombre de coups N	17	22	27

Teneur en eau de plasticité (%)	W <sub>s</sub> = 27,78	W = 27,87	W <sub>s</sub> = 27,08	W <sub>p</sub> = 27,27
Limite de liquidité : W <sub>l</sub> = 49,89 (%)	W <sub>s</sub> = 27,96		W = 27,45	Indice de plasticité
Limite de plasticité : W <sub>p</sub> = 27,57 (%)				I <sub>p</sub> = 22,32



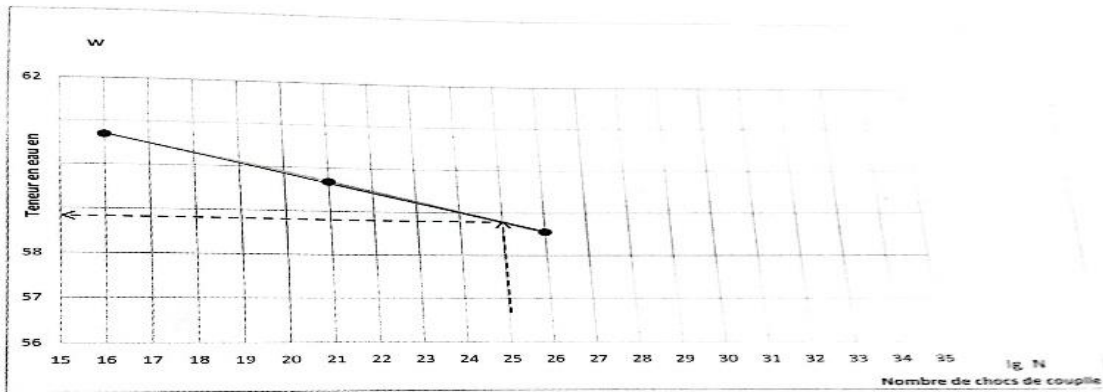
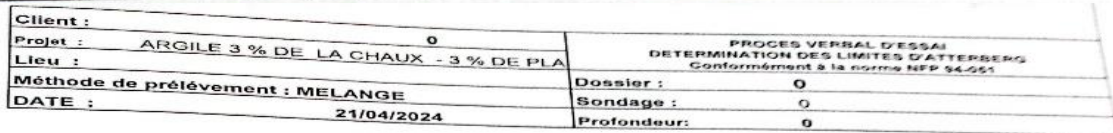
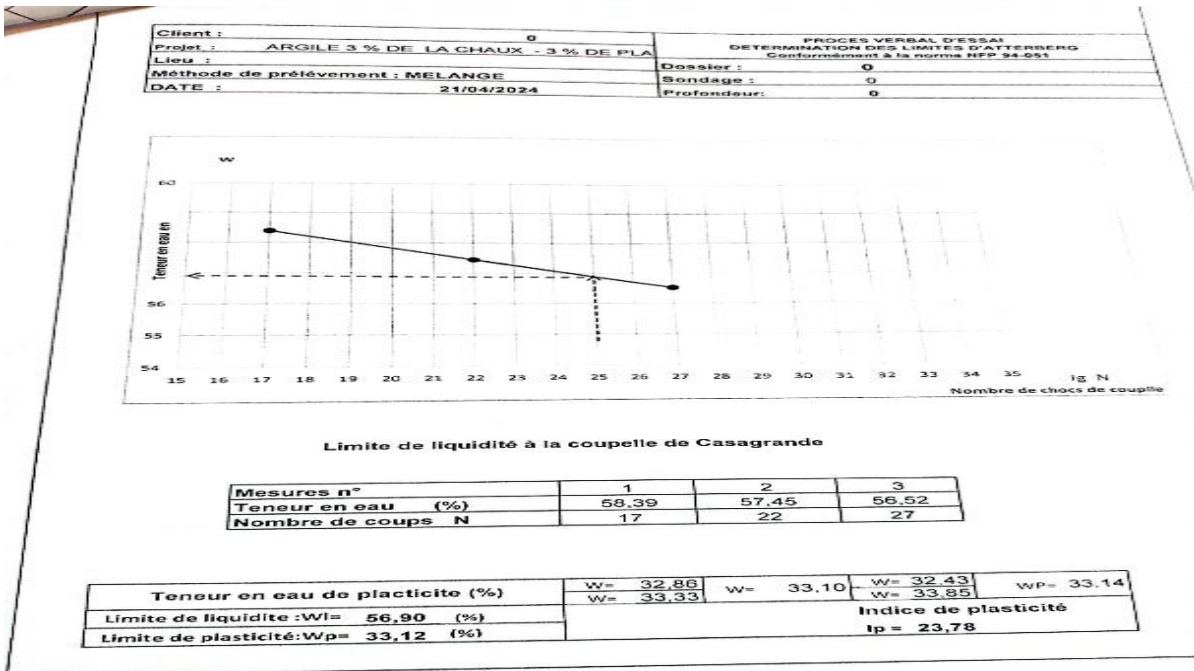
### Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande

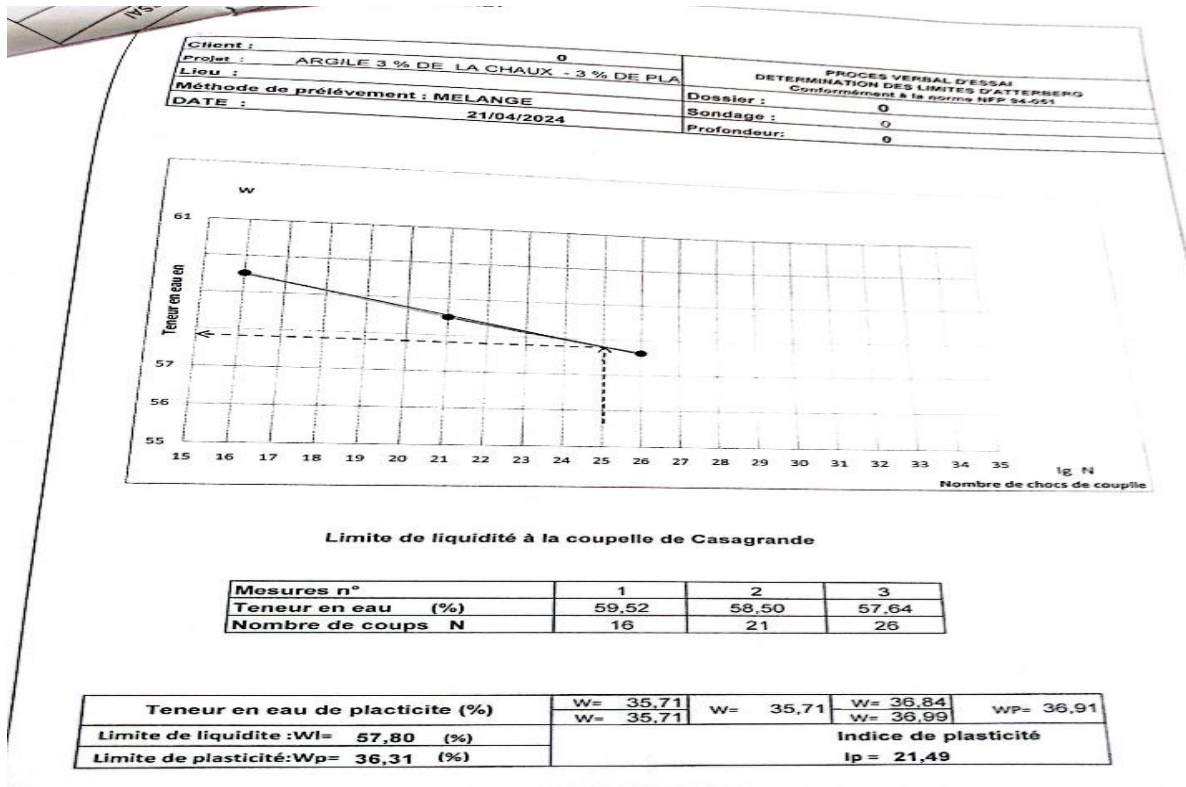
Mesures n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	52,91	51,85	50,85
Nombre de coups N	17	22	27

Teneur en eau de plasticité (%)	W <sub>s</sub> = 26,53	W = 26,56	W <sub>s</sub> = 26,80	W <sub>p</sub> = 26,80
Limite de liquidité : W <sub>l</sub> = 51,26 (%)	W <sub>s</sub> = 26,60		W = 26,80	Indice de plasticité
Limite de plasticité : W <sub>p</sub> = 26,68 (%)				I <sub>p</sub> = 24,58

# Annexes

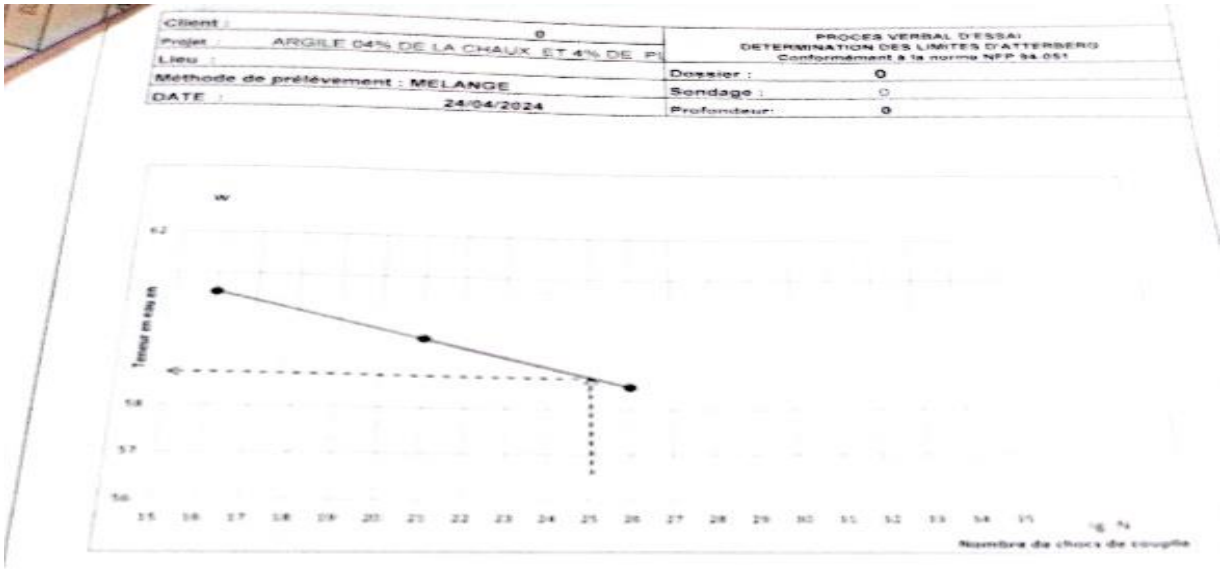
- Argile+ Chaux + Plastique :
- 3%mixte :





# Annexes

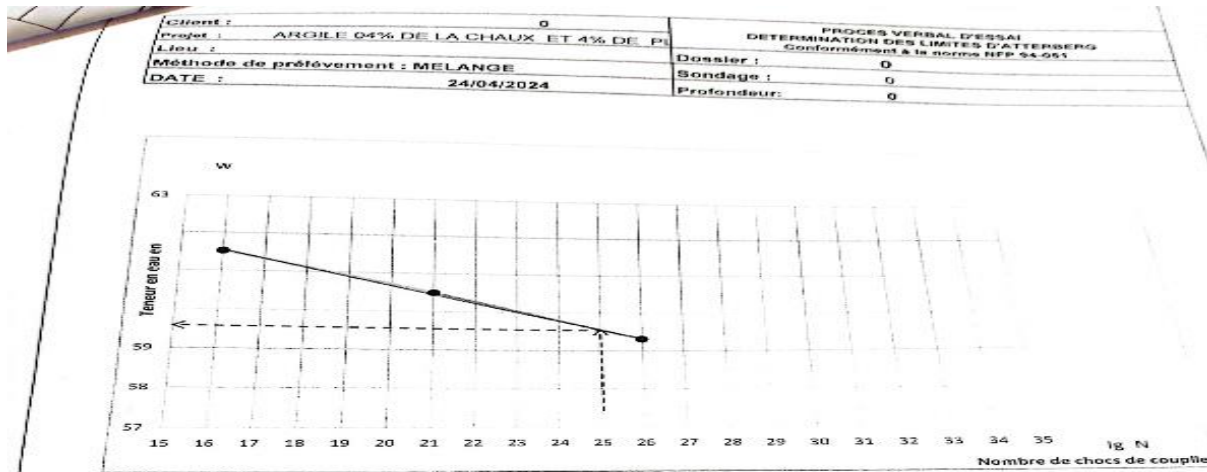
4% mixte :



Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande

Mesures n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	60,57	59,55	58,51
Nombre de coups N	16	21	26

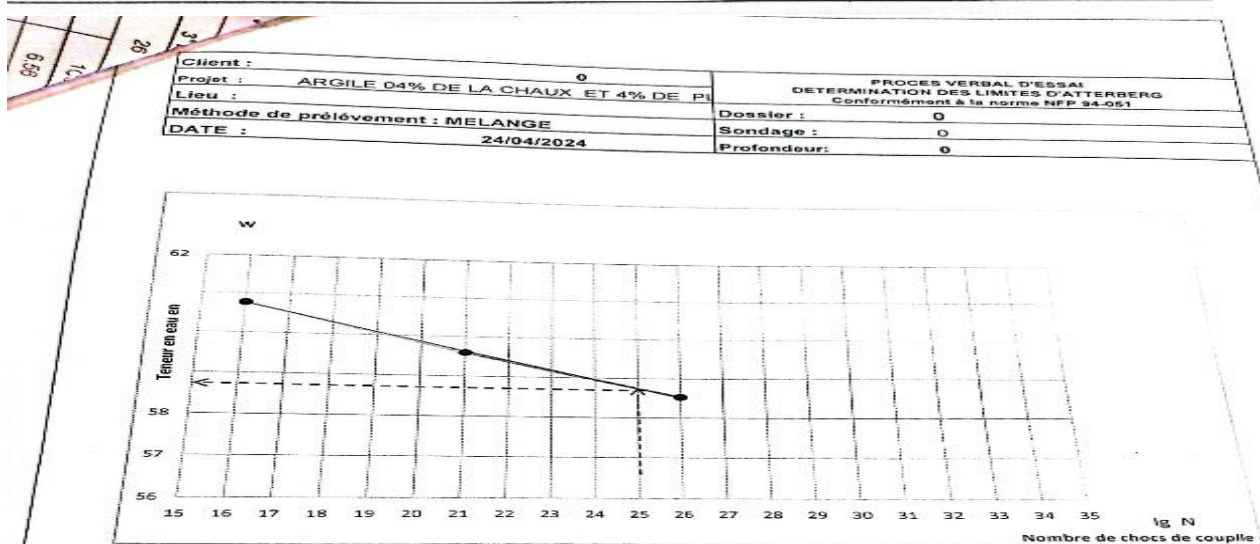
Teneur en eau de plasticité (%)	$w = \frac{36,47}{36,47}$	$w = 36,47$	$w = \frac{35,99}{34,04}$	$w_p = 35,00$
Limite de liquidité : $W_L = 58,71$ (%)	Indice de plasticité			
Limite de plasticité : $W_p = 35,73$ (%)				
$I_p = 22,98$				



Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande

Mesures n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	61,53	60,49	59,31
Nombre de coups N	16	21	26

Teneur en eau de plasticité (%)	w= 38,36	w= 38,10	w= 37,97	WP= 37,74
	w= 37,84		w= 37,50	
Limite de liquidité :WI= 59,57 (%)	<b>Indice de plasticité</b> Ip = 21,65			
Limite de plasticité:Wp= 37,92 (%)				



Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande

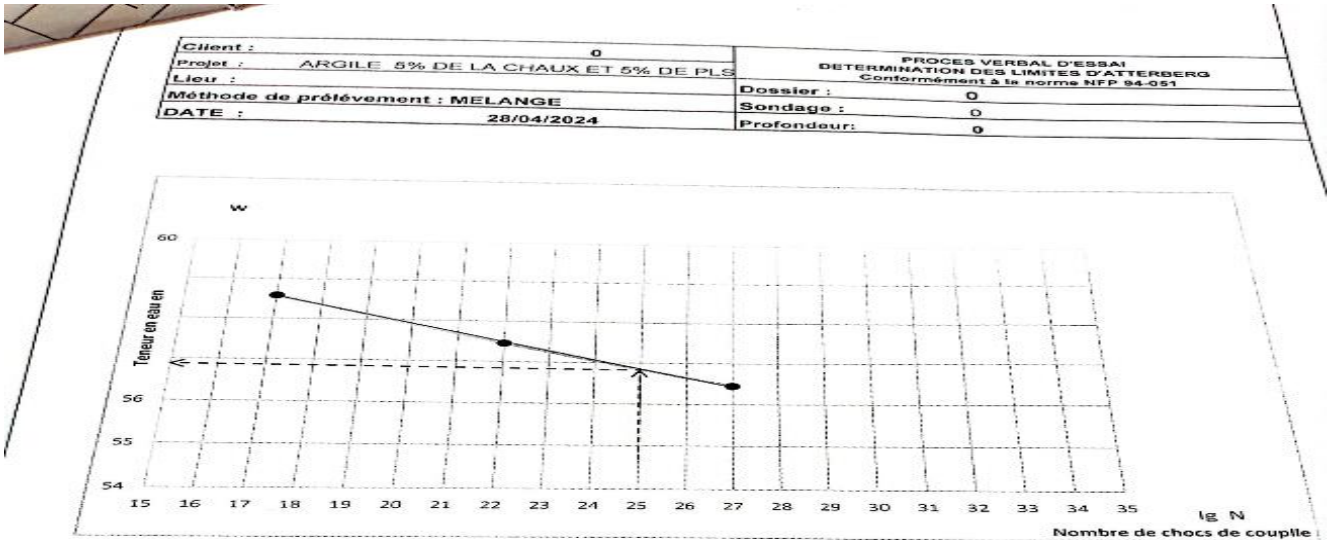
Mesures n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	60,77	59,60	58,53
Nombre de coups N	16	21	26

Teneur en eau de plasticité (%)	w= 35,71	w= 35,60	w= 35,56	WP= 35,56
	w= 35,48		w= 35,56	
Limite de liquidité :WI= 59,23 (%)	<b>Indice de plasticité</b> Ip = 23,65			
Limite de plasticité:Wp= 35,58 (%)				



## Annexes

- 5% mixte :

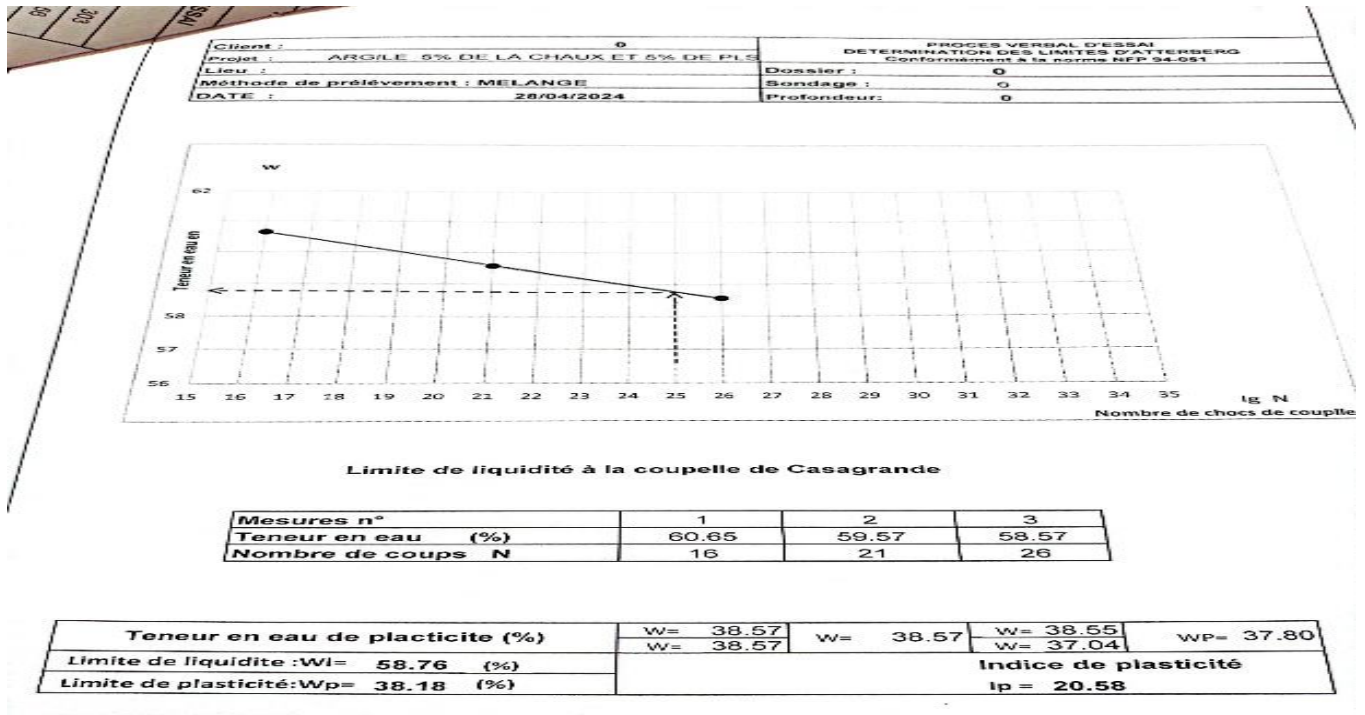


**Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande**

Mesures n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	58.58	57.46	56.45
Nombre de coups N	17	22	27

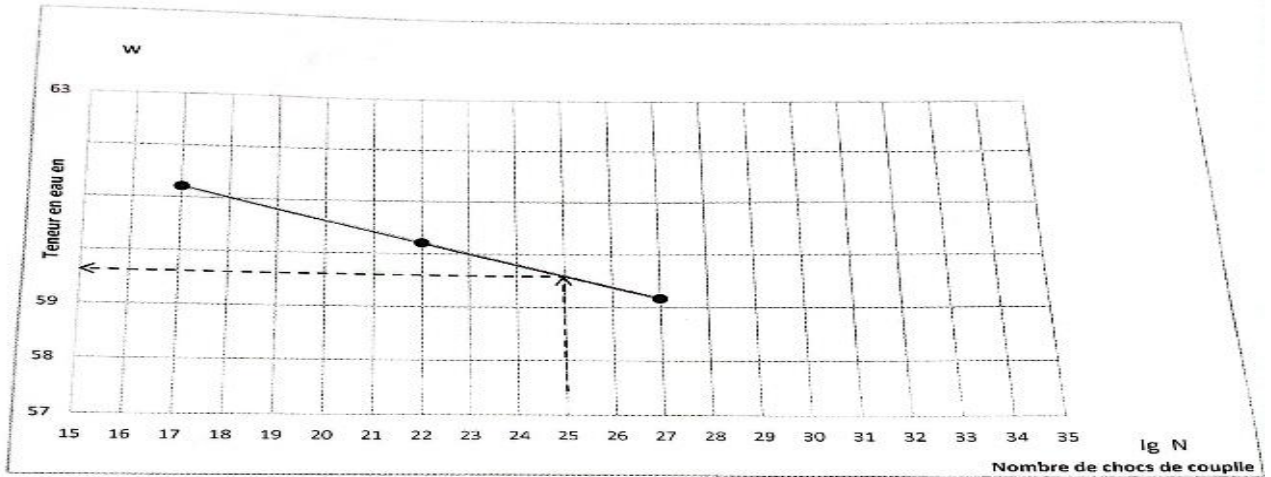
Teneur en eau de plasticité (%)	w= 40.30	w= 39.99	w= 38.36	WP= 38.74
Limite de liquidité : WI= 56.87 (%)	w= 39.68		w= 39.13	
Limite de plasticité : Wp= 39.37 (%)				<b>Indice de plasticité</b>
				<b>Ip = 17.50</b>

# Annexes



# Annexes

Projet : ARGILE 5% DE LA CHAUX ET 5% DE PLS	0	PROCES VERBAL D'ESSAI DETERMINATION DES LIMITES D'ATTERBERG Conformément à la norme NFP 94-051	
Lieu :		Dossier :	0
Méthode de prélèvement : MELANGE		Sondage :	0
DATE : 28/04/2024		Profondeur :	0



### Limite de liquidité à la coupelle de Casagrande

Mesures n°	1	2	3
Teneur en eau (%)	61.21	60.21	59.17
Nombre de coups N	17	22	27

Teneur en eau de plasticité (%)	w = 37.00	w = 37.47	w = 37.50	WP = 37.80
	w = 37.93		w = 38.10	
Limite de liquidité : WL = 59.60 (%)	<b>Indice de plasticité</b>			<b>Ip = 21.97</b>
Limite de plasticité : Wp = 37.63 (%)				

*Annexe 03:*  
*Essais de portance*

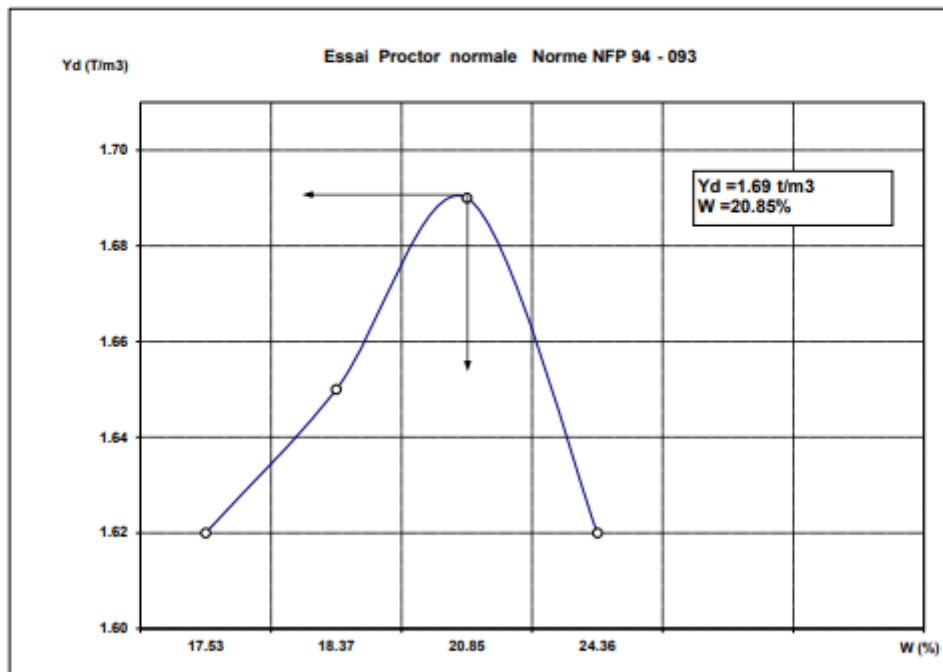
Annexe 03: Essais de portance :

Essai Proctor :

- Argile naturel :

L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier : argile naturel	
Prélevement :	
Nature:	
Eléments >à 20mm < 08% (0,00%)	



Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

F5-14

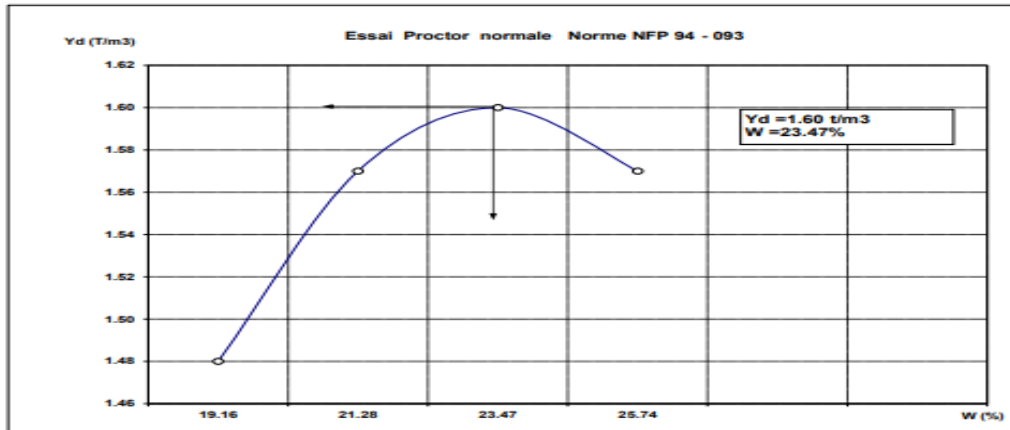
## Annexes

### Argile +Plastique :

- Argile +3%pvc :

L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	3%pvc 1
Prélevement :	
Nature :	
Eléments > à 20mm < 08% (0,00%)	



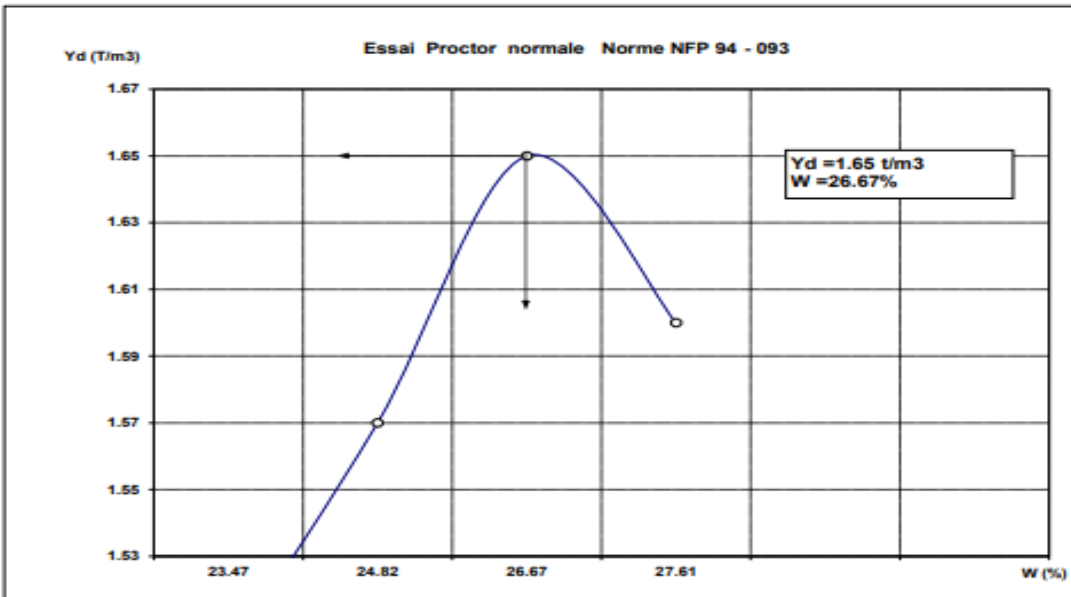
Le chef de service :  
S. HAMRELAINE

FS-14

# Annexes

## L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	3%pvc 3
Prélevement :	
Nature:	
Eléments>à 20mm < 08% (0,00%)	



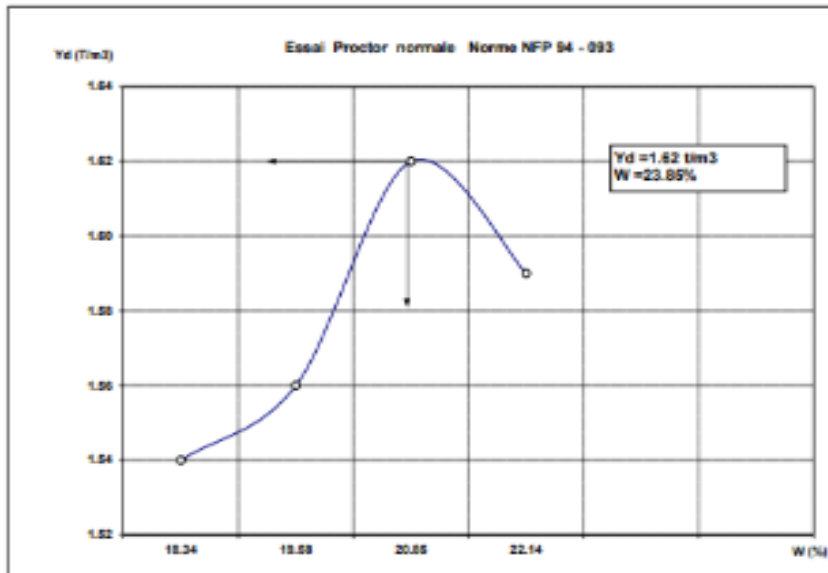
Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

F5-14

# Annexes

L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	3%pvc 2
Prélevement :	
Nature :	
Eléments > à 20mm < 08% (0,00%)	



Le chef de service :  
S. HAWRELAINE

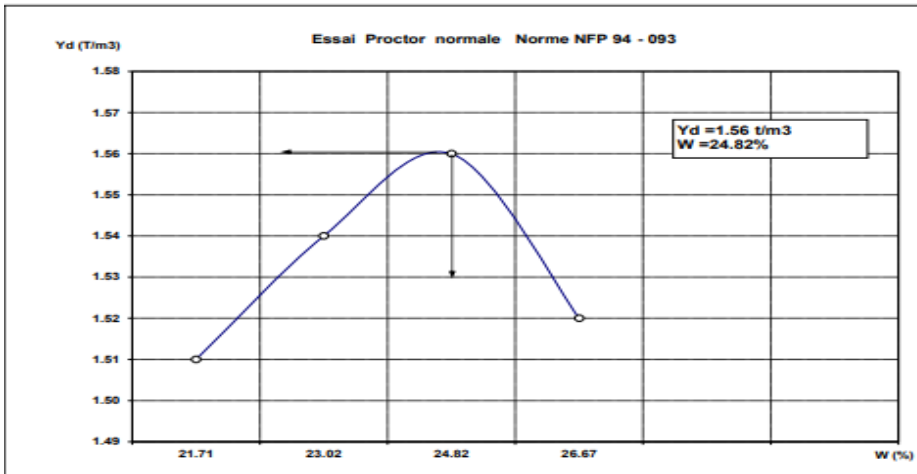
FS-14



# Annexes

L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	3% pvc 4
Prélevement :	
Nature :	
Eléments >à 20mm < 08% (0,00%)	



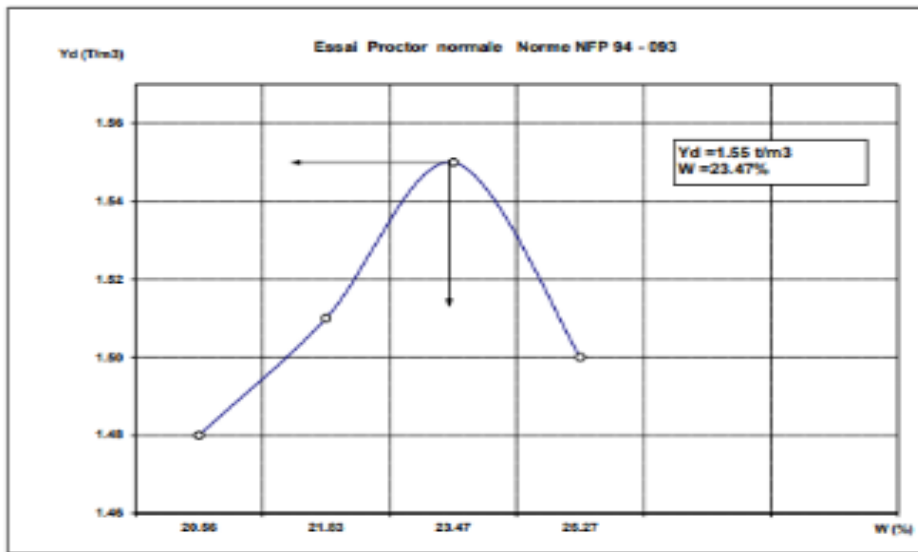
Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

F5-14

- *Argile +4%pvc :*

L.T.P.O - Unité de tiaret

Client :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	4%pvc 1
Prélevement :	
Nature :	
Eléments > à 20mm < 08% (0.00%)	



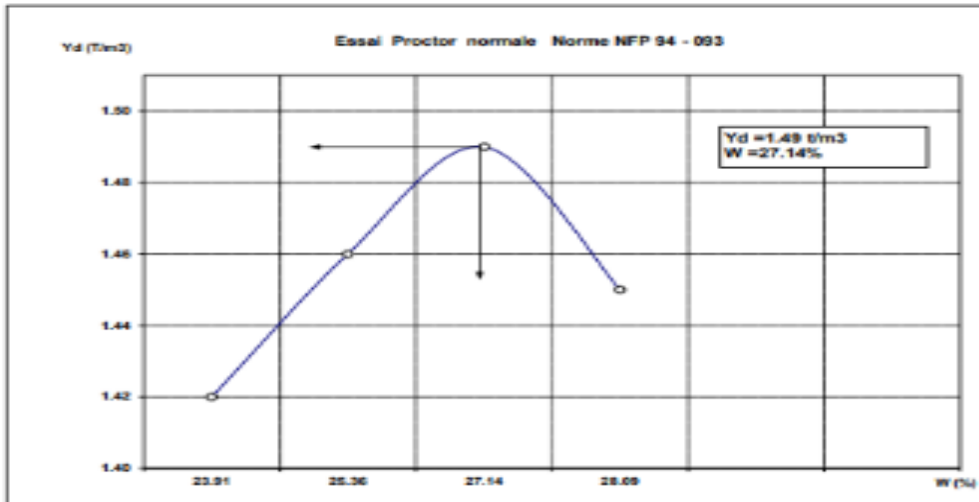
Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

P5-14

# Annexes

L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	4%pvc 3
Prélevement :	
Nature :	
Eléments >à 20mm < 08% (0,00%)	



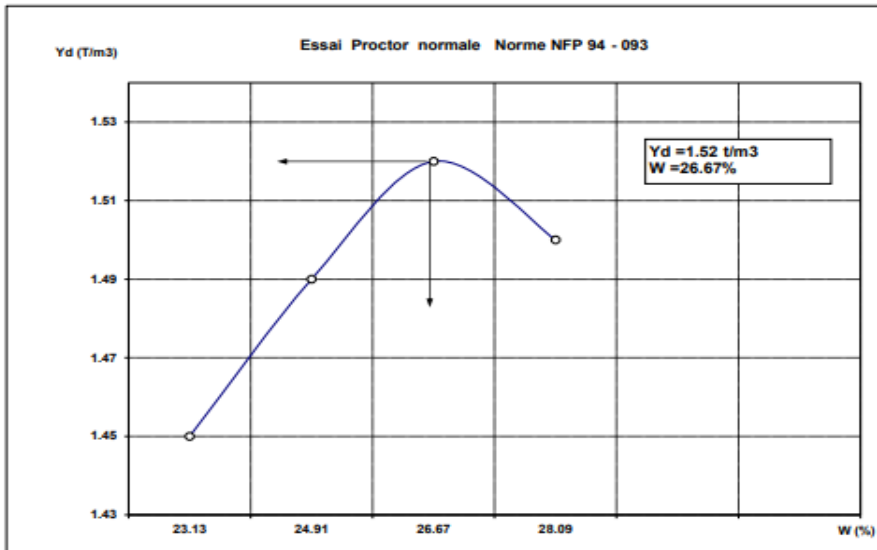
Le chef de service :  
S.HAMRELAWE

F5-14

# Annexes

L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	4%pvc 2
Prélevement :	
Nature:	
Eléments >à 20mm < 08% (0,00%)	



Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

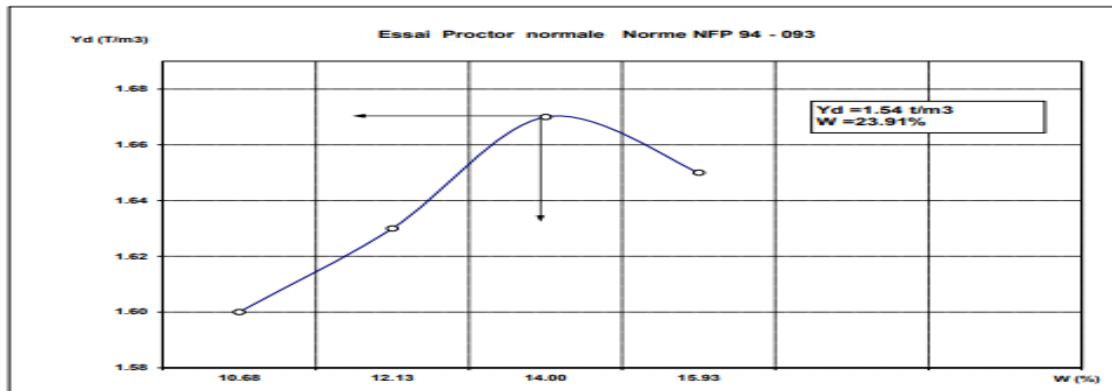
F5-14

## Annexes

- *Argile +5%pvc :*

L.T.P.O - Unité de tiaret

<b>Cliant :</b>	03-12-18
<b>Projet :</b>	
<b>Lieu :</b>	
<b>Dossier :</b>	5%pvc 2
<b>Prélevement :</b>	
<b>Nature :</b>	
<b>Eléments &gt; à 20mm &lt; 08% (0,00%)</b>	



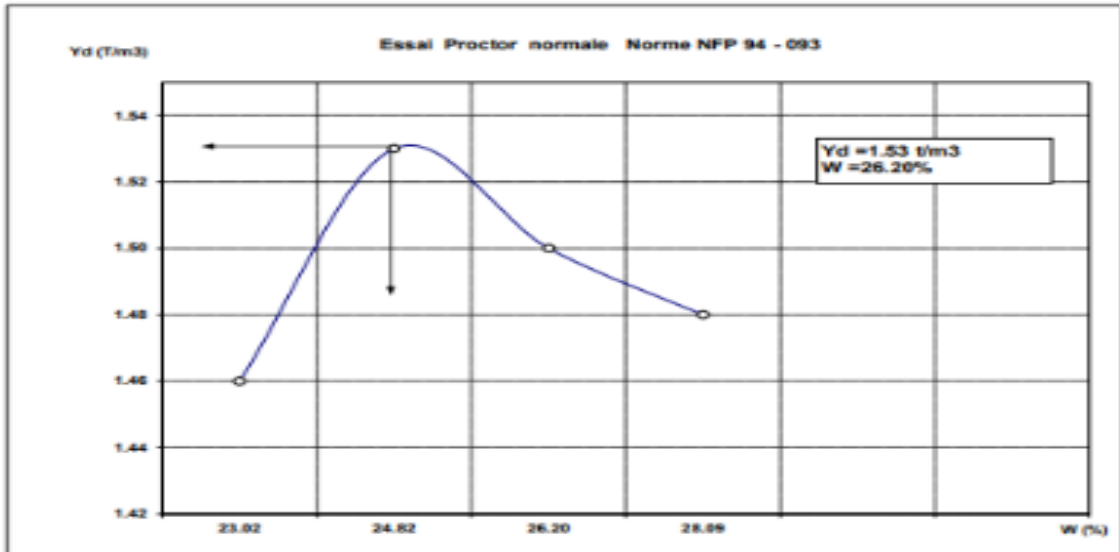
Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

FS-14

# Annexes

## L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier : 5%pvc 3	
Prélevement :	
Nature:	
Eléments > à 20mm < 08% (0,00%)	

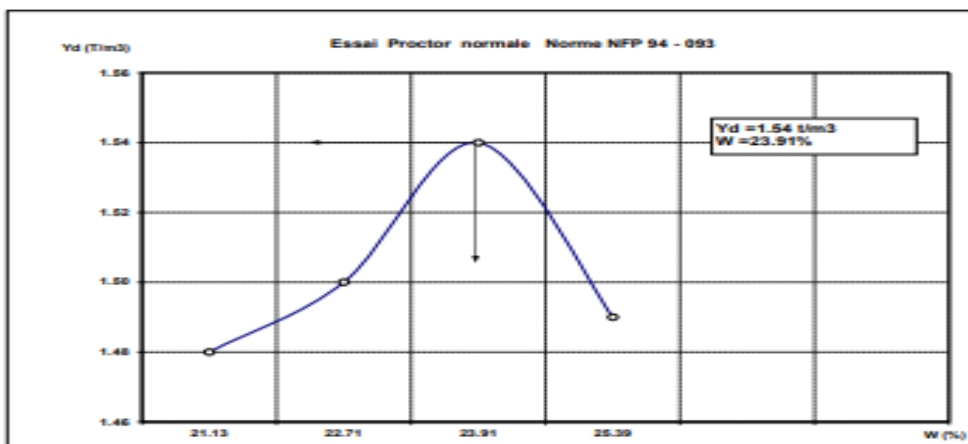


Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

FS-14

## L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier : 5%pvc 1	
Prélevement :	
Nature:	
Eléments > à 20mm < 08% (0,00%)	



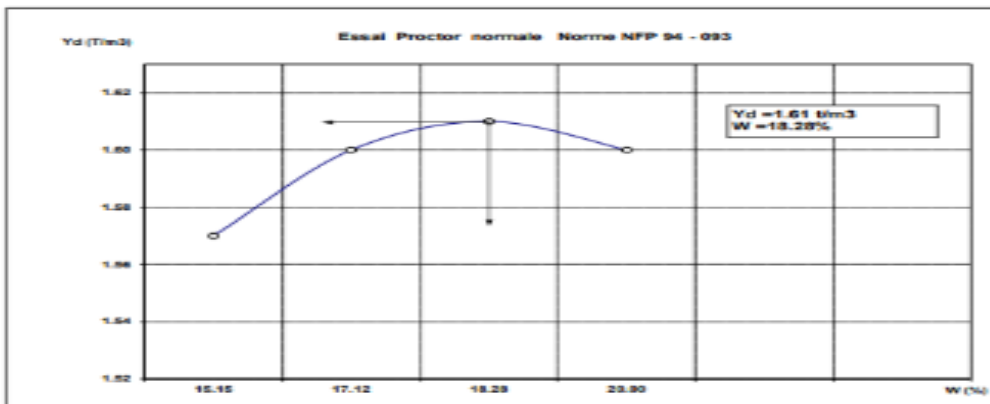
Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

FS-14

- *Argile +Chaux :*

L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	5%chaux
Prélevement :	
Nature:	
Eléments > à 20mm < 08% (0,00%)	



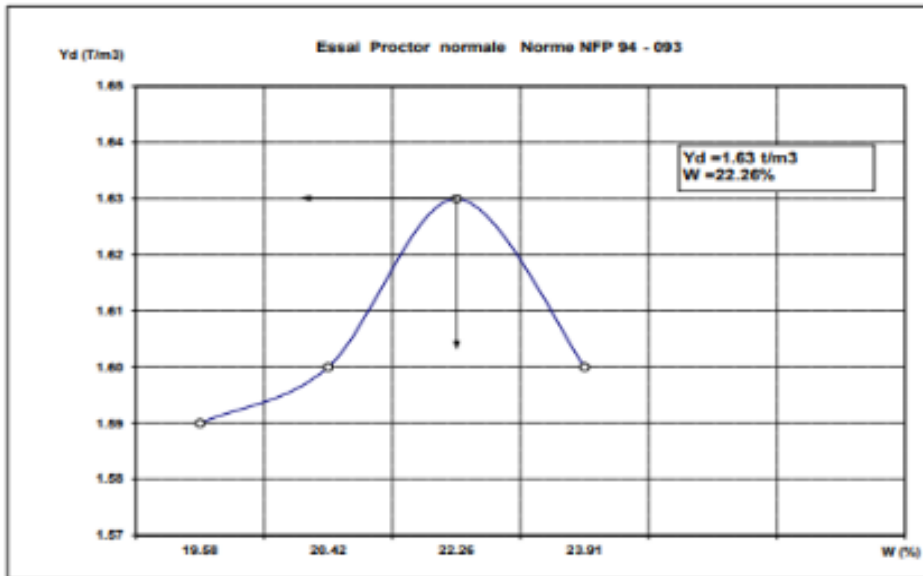
Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

FS-14

# Annexes

L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	4%chaux
Prélevement :	
Nature :	
Eléments > à 20mm < 08% (0,00%)	



Le chef de service :  
S. HAMRELAINE

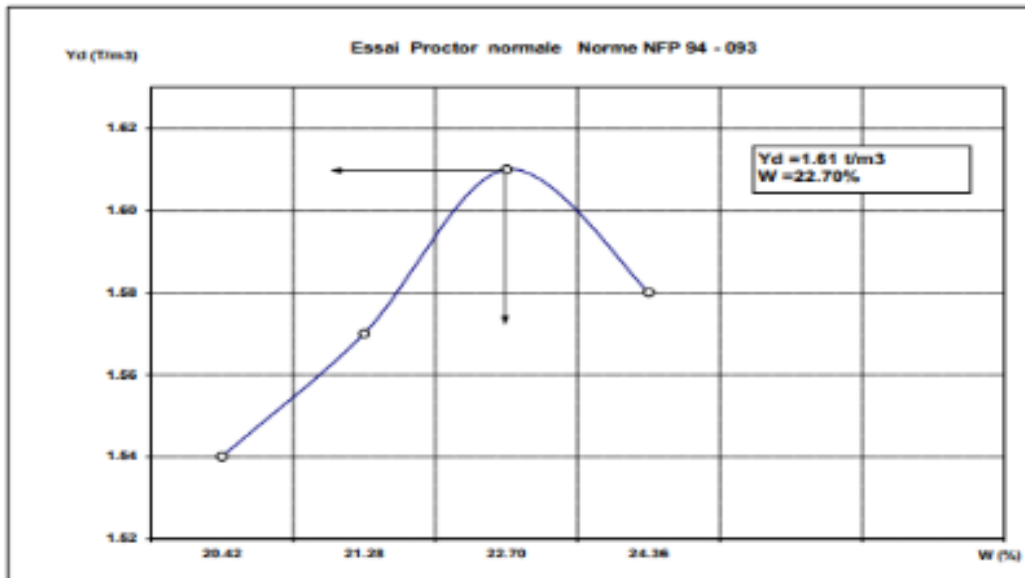
F5-14



# Annexes

## L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	3%chaux
Prélevement :	
Nature :	
Eléments > à 20mm < 08% (0,00%)	



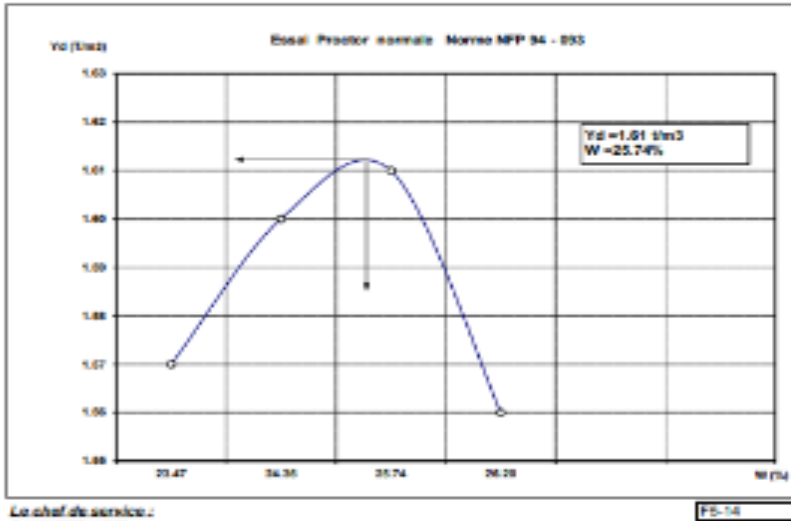
Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

P5-14

# Annexes

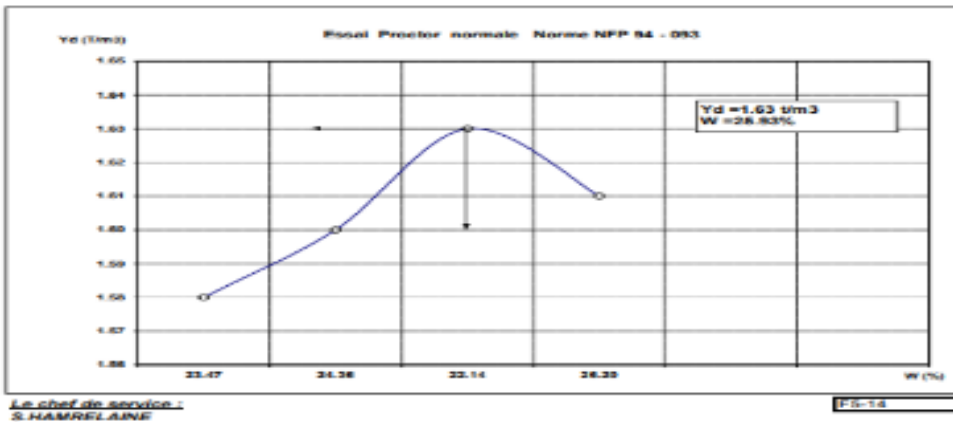
L.T.P.O - Unité de taret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	2%chaux
Prélevement :	
Nature :	
Eléments > à 20mm < 08% (0,00%)	



L.T.P.O - Unité de taret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	1%chaux
Prélevement :	
Nature :	
Eléments > à 20mm < 08% (0,00%)	



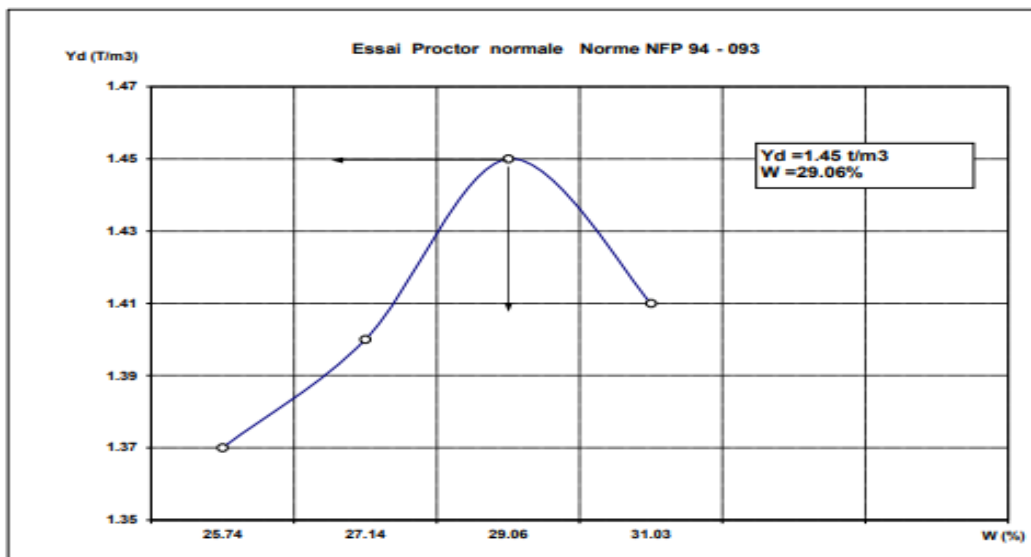
## Annexes

*Argile +Chaux +Plastique :*

- *3%Mxte :*

L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	3%mix pvc 2
Prélevement :	
Nature:	
Eléments>à 20mm < 08% (0,00%)	



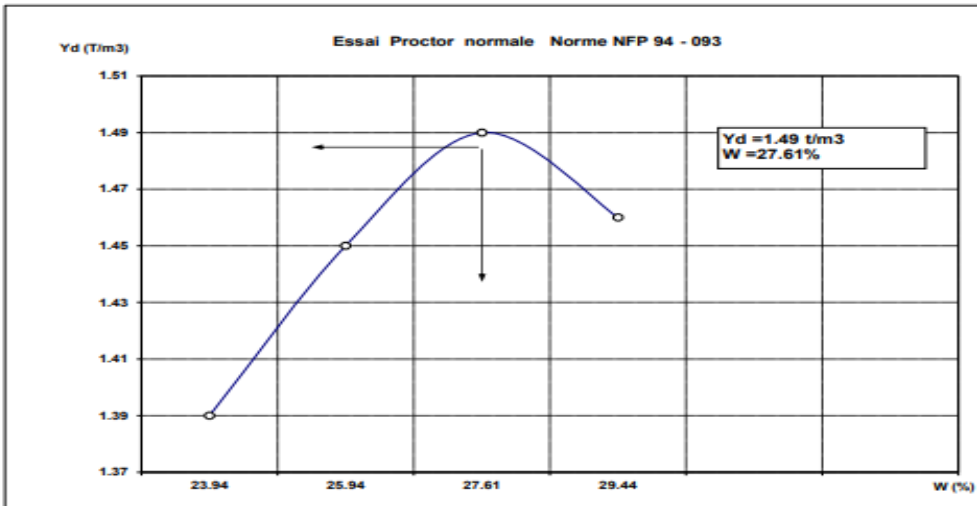
*Le chef de service :*  
S.HAMRELAINE

F5-14

# Annexes

## L.T.P.O - Unité de tiaret

<b>Cliant :</b>	03-12-18
<b>Projet :</b>	
<b>Lieu :</b>	
<b>Dossier :</b>	3%mixpvc 1
<b>Prélèvement :</b>	
<b>Nature :</b>	
<b>Eléments &gt;à 20mm &lt; 08% (0,00%)</b>	



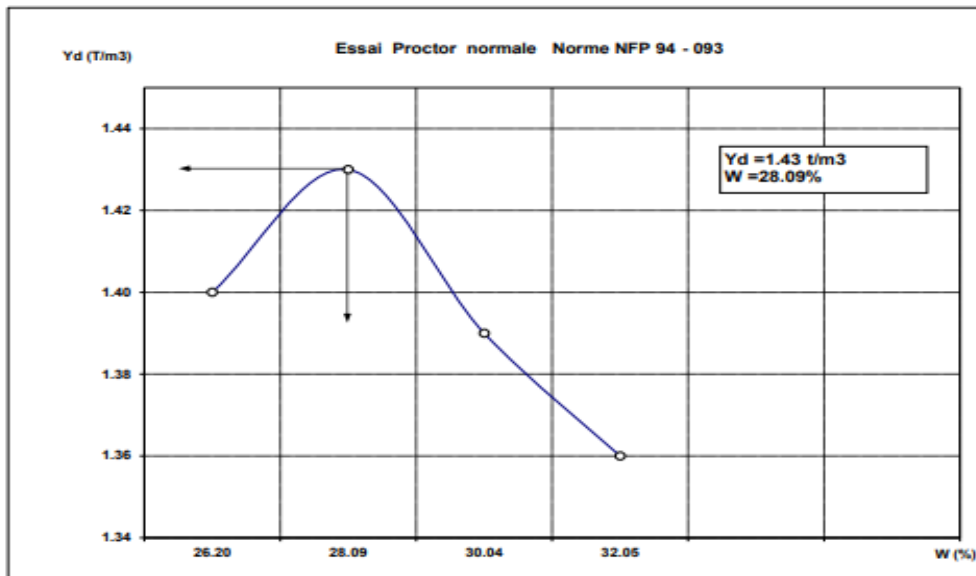
Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

FS-14

# Annexes

## L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu : 3%mixte pvc 3	
Dossier :	
Prélevement :	
Nature :	
Eléments >à 20mm < 08% (0,00%)	



Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

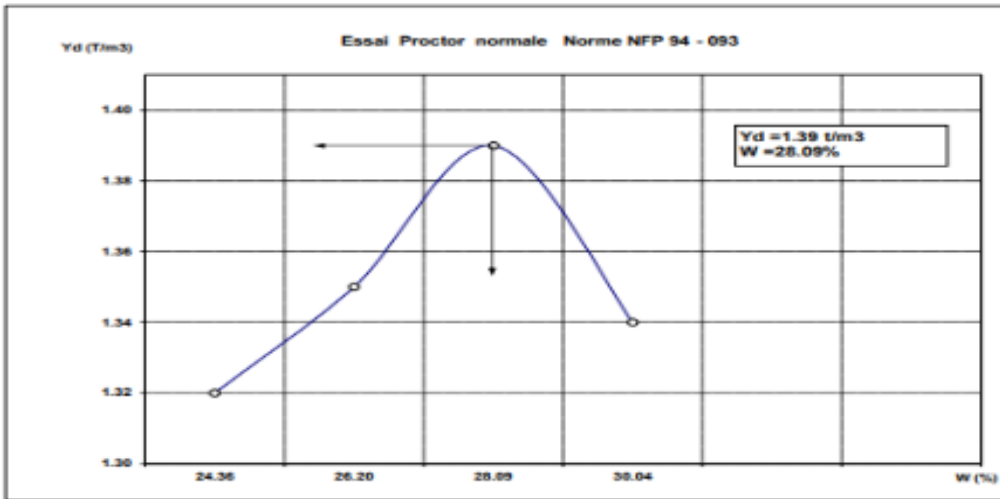
F5-14

# Annexes

- 4%Mxte :

L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	4%mix pvc 3
Prélevement :	
Nature :	
Eléments>à 20mm < 08% (0,00%)	

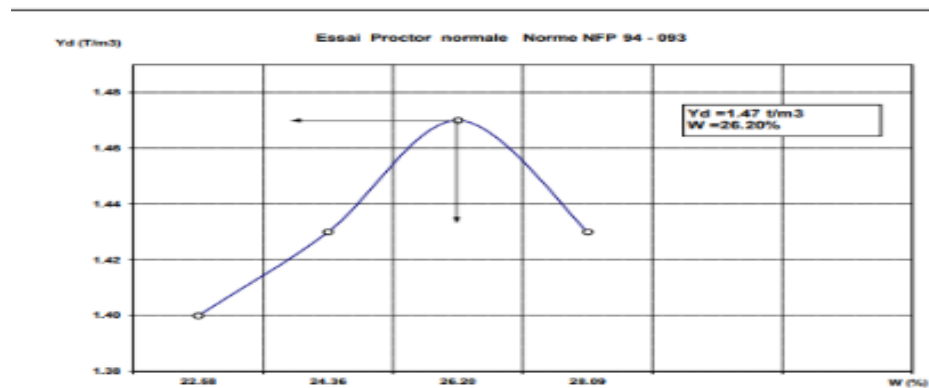


Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

PS-14

L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	4%mix pvc 2
Prélevement :	
Nature :	
Eléments>à 20mm < 08% (0,00%)	



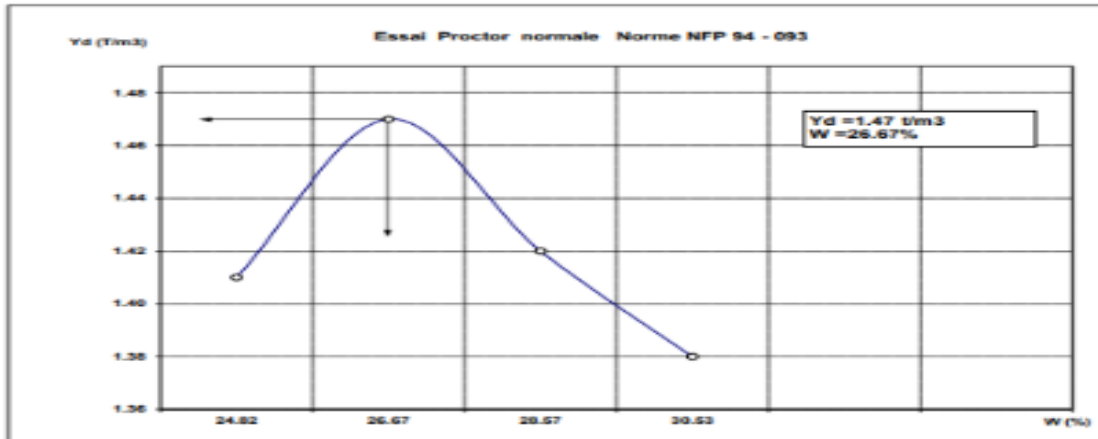
Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

PS-14

# Annexes

L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	4%mix pvc 1
Prélèvement :	
Nature :	
Eléments > à 20mm < 08% (0,00%)	



Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

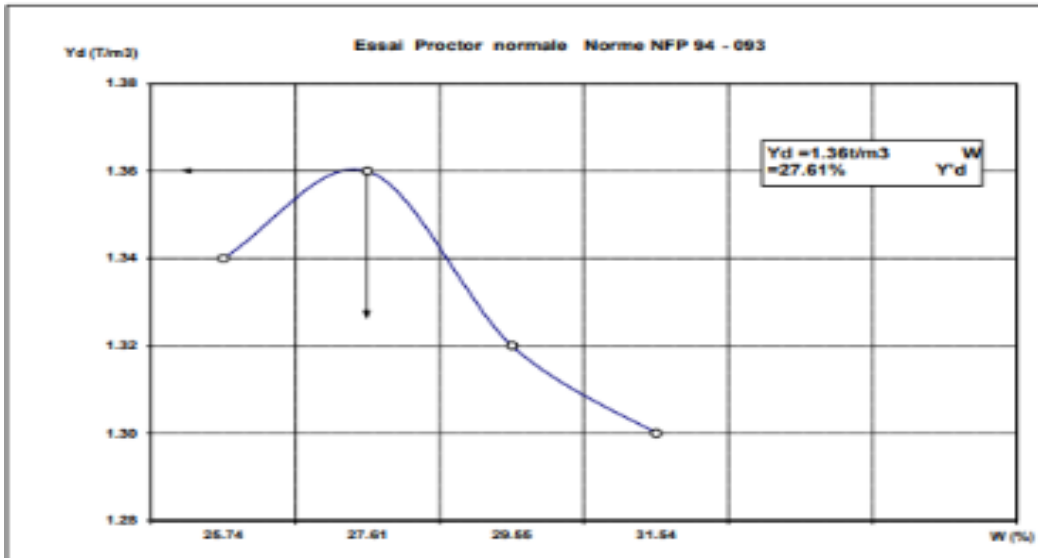
P5-14

## Annexes

- 5%M<sub>xte</sub> :

L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	5% mix pvc 3
Prélevement :	
Nature:	
Eléments>à 20mm < 08% (0,00%)	



Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

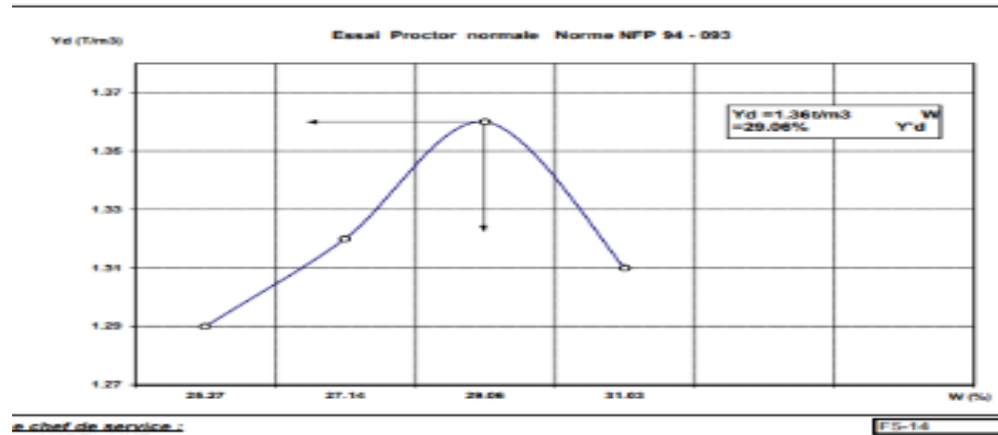
F5-14



# Annexes

..T.P.O - Unité de tiaret

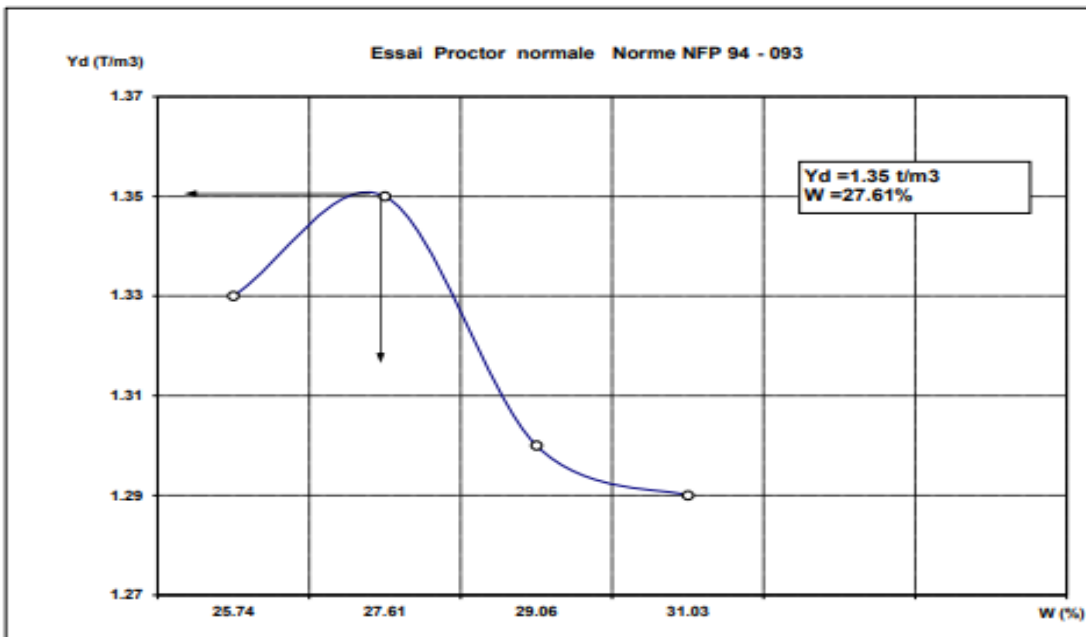
Etat :	03-12-18
Projet :	
Jeu :	
Essai : 5% mix pvc 2	
Prélevement :	
Matériau :	
Éléments > à 20mm < 08% (0,00%)	



# Annexes

## L.T.P.O - Unité de tiaret

Cliant :	03-12-18
Projet :	
Lieu :	
Dossier :	5% mix pvc 1
Prélevement :	
Nature:	
Eléments > à 20mm < 08% (0,00%)	



Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

F5-14

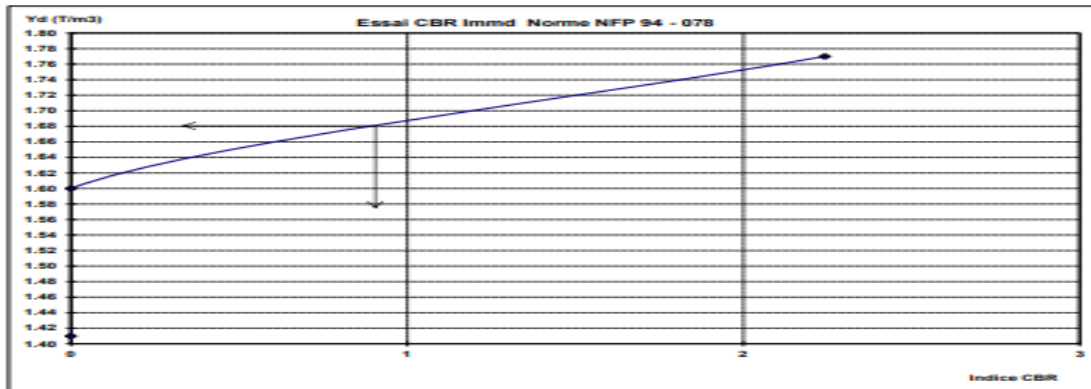
*Anexe 04 :*  
*Essai CBR*

*Anexe 04 : Essai CBR :*

- *Argile naturel*

LT.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-04-24
Projet :	argile naturel		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	argile naturel		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	17.47	17.12	16.72	0.80
Y d (t/m3)	1.41	1.6	1.77	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	0.00	0.00	2.24	

Le chef de service :  
S. HAMRELAINE

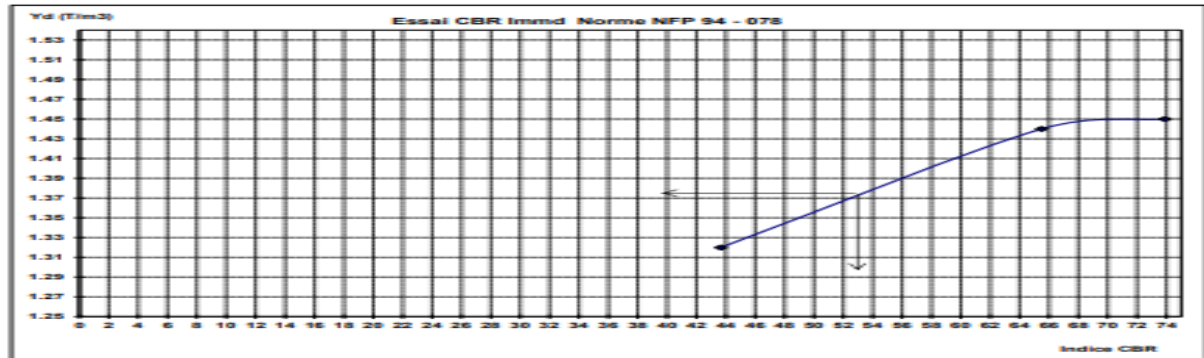
FS-14

- *Argile +chaux :*

# Annexes

## LT.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	argile et 3% de la chaux		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	argile et 3% de la chaux		



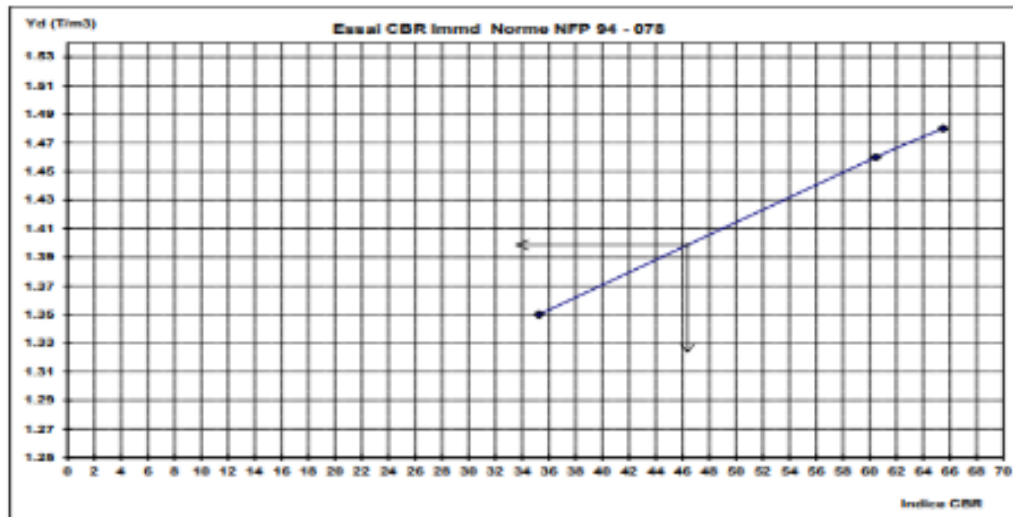
Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	19.42	18.95	18.67	53.00
Y d (t/m3)	1.32	1.44	1.45	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	43.67	65.50	73.90	

Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

F5-14

## LT.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	argile et 2% de la chaux		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	argile et 2% de la chaux		

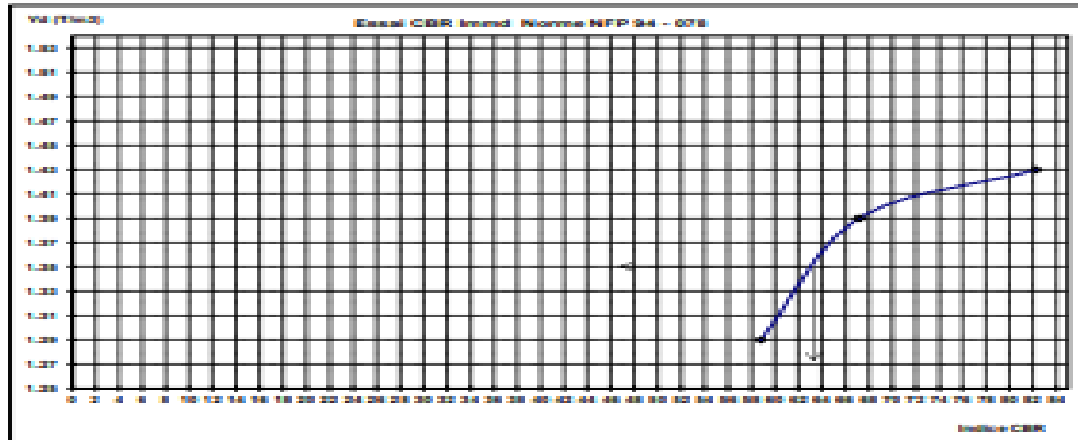


Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	19.21	18.85	18.40	46.00
Y d (t/m3)	1.35	1.46	1.48	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	

# Annexes

LT.P.O - UNITE DE TARET

Client :	0	DATE :	28-03-24
Projet :	argile et 4% de la chaux		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélèvement :	argile et 4% de la chaux		



Energie de compactage	19 clic	25 clic	55 clic	Indice C.B.R. à 95% gd GPM
Wp	19,53	19,38	18,70	63,50
Y <sub>d</sub> (t/m <sup>3</sup> )	1,39	1,39	1,43	
Imbibition à 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R.	58,78	67,38	82,30	

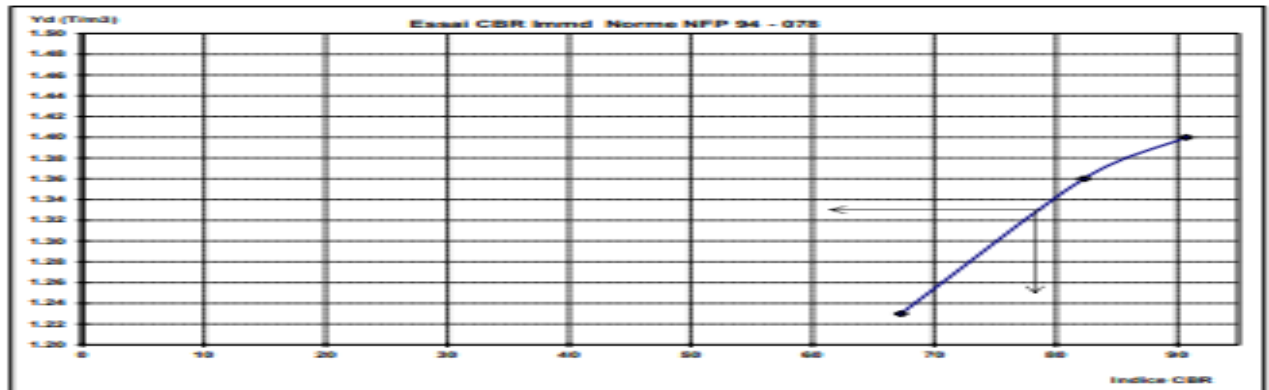
Le chef de service :  
S. LAURENT-ABNE

FS-14

# Annexes

L.T.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	argile naturel +plastique		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	argile et 5% de la chaux		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	19,35	19,10	18,96	79,00
Y d (T/m <sup>3</sup> )	1,23	1,36	1,40	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	67,26	82,30	90,69	

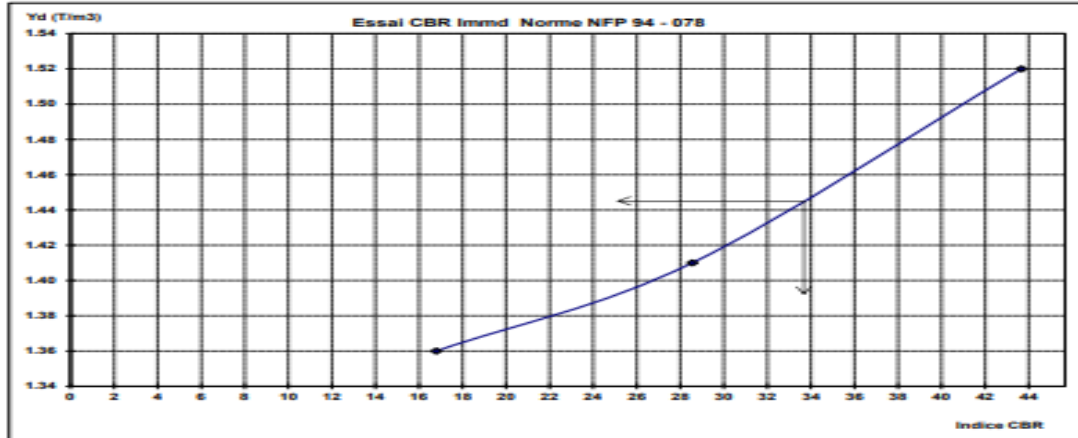
Le chef de service :  
S.HAMRELAWE

FS-14

# Annexes

L.T.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	argile et 1% de la chaux		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	argile et 1% de la chaux		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	18.87	18.58	18.20	33.60
Y d (t/m <sup>3</sup> )	1.36	1.41	1.52	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	16.80	28.55	43.67	

Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

FS-14

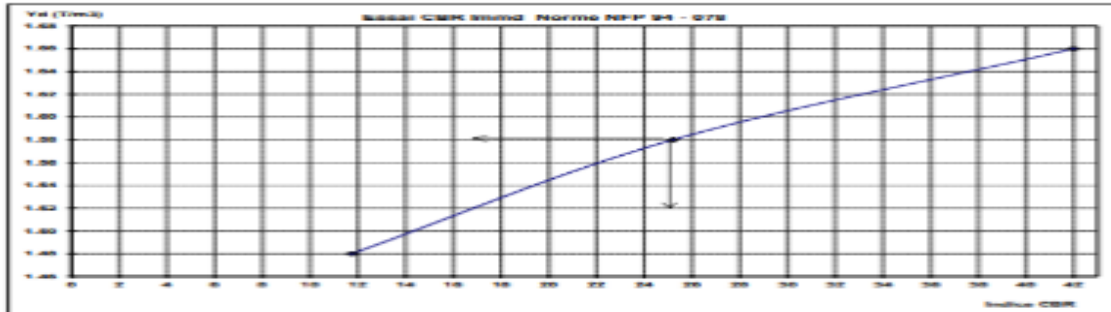


## Annexes

- *Argile +Plastique :*
- *Argile +3%pvc :*

LT.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	3pvc1		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	3pvc1		



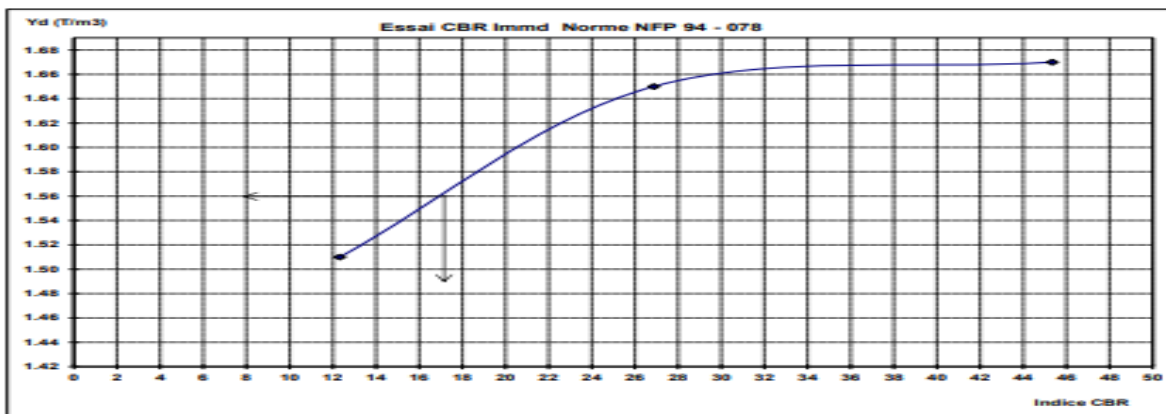
Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	18.10	17.50	17.12	25.00
Y d (t/m <sup>3</sup> )	1.48	1.58	1.65	
Imbibition à 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	11.76	25.19	41.99	

Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

F5-14

LT.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	3pvc2		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	3pvc2		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	18.78	17.78	17.50	17.30
Y d (t/m <sup>3</sup> )	1.51	1.65	1.67	
Imbibition à 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	12.33	26.87	45.35	

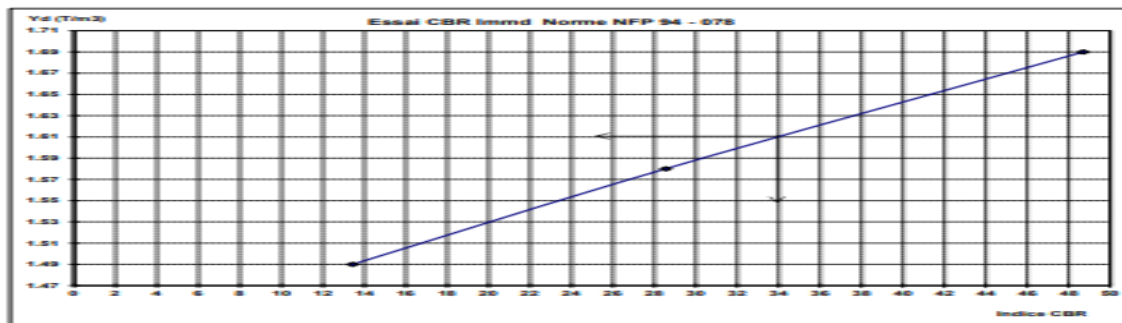
Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

F5-14

# Annexes

L.T.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE :	28-03-24
Projet :	3pvc3		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	3pvc3		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	18.86	18.47	17.89	34.00
Y d (T/m3)	1.49	1.58	1.69	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	13.44	28.55	48.71	

Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

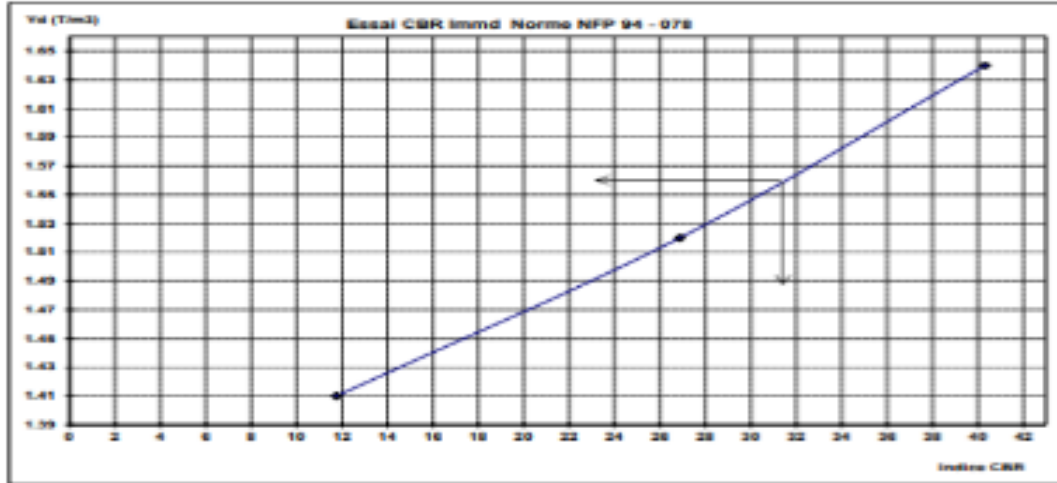
FS-14

## Annexes

- *Argile +4%pvc :*

L.T.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE :	28-02-24
Projet :	hpvc1		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	4%(1mm_1.6mm)		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	55 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	18.92	18.33	18.00	21.50
Y d (T/m3)	1.41	1.52	1.64	
Inhibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	11.76	26.87	40.31	

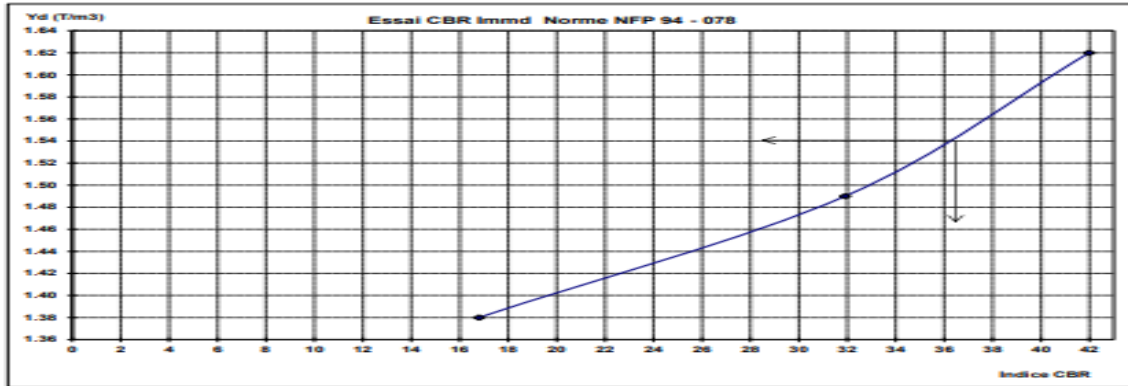
Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

FS-14

# Annexes

L.T.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	4pvc2		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	4pvc2		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	19.00	18.37	18.20	36.30
Y d (t/m3)	1.38	1.49	1.62	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	16.80	31.91	41.99	

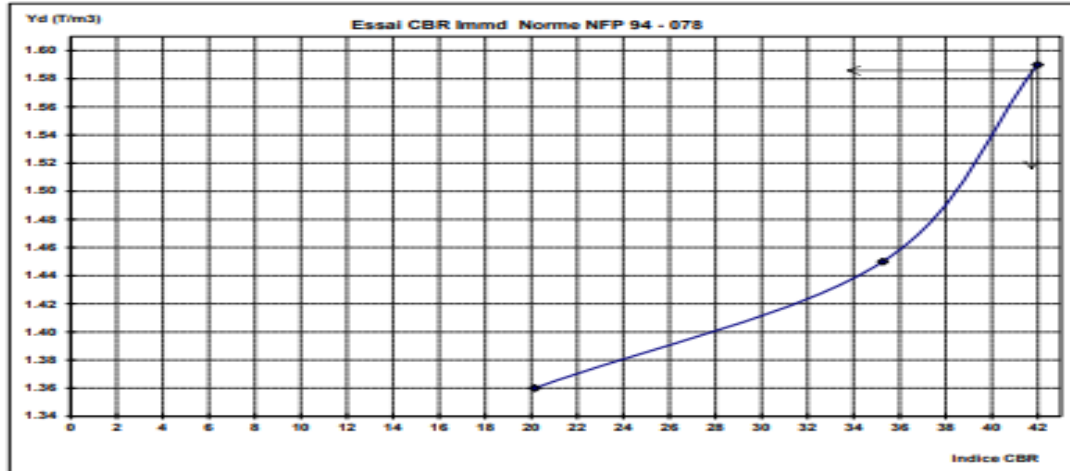
Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

FS-14

# Annexes

L.T.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	4pvc3		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	4pvc3		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	19.10	18.73	18.50	41.70
Y d (t/m3)	1.36	1.45	1.59	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	20.15	35.27	41.99	

Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

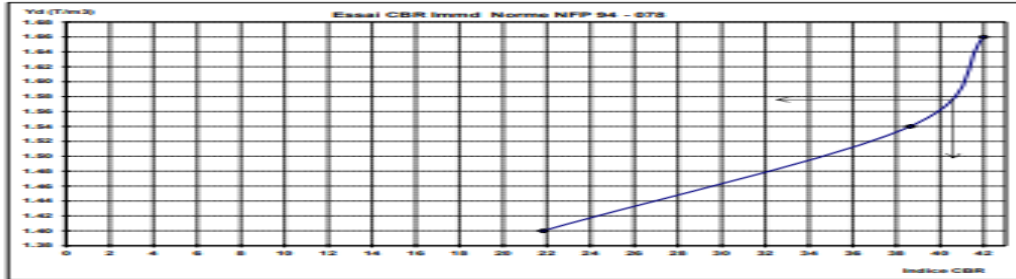
F5-14

# Annexes

- Argile +5%pvc :

L.T.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	Spvc1		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	Spvc1		



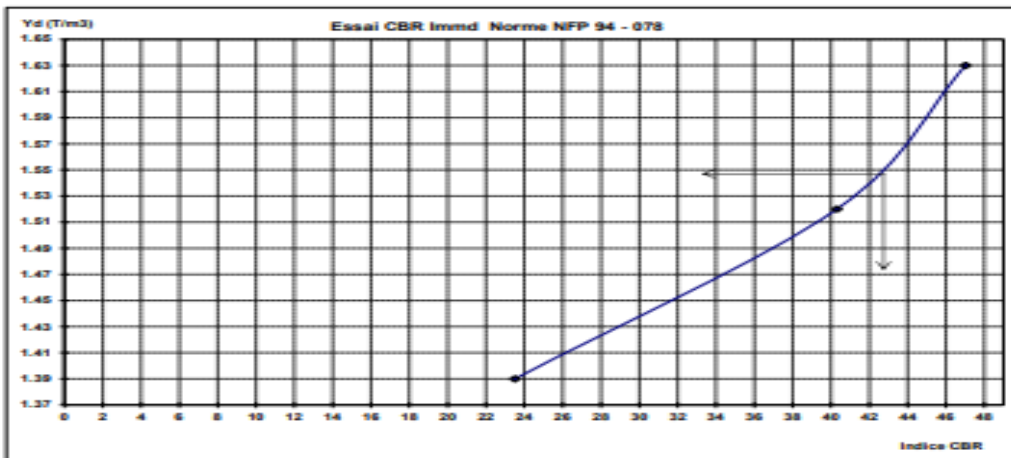
Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	18.76	18.20	17.80	40.70
Y d (t/m3)	1.40	1.54	1.66	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	21.83	38.63	41.99	

Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

FS-14

L.T.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	Spvc2		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	Spvc2		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	18.90	18.50	18.30	42.60
Y d (t/m3)	1.39	1.52	1.63	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	23.51	40.31	47.03	

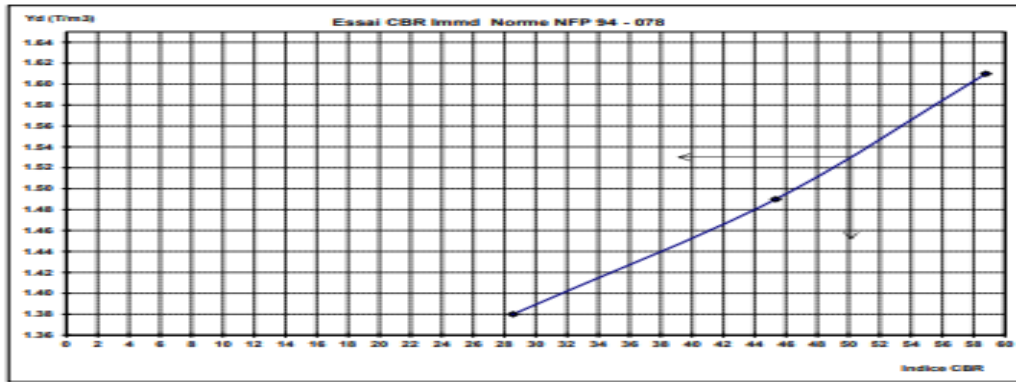
Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

FS-14

# Annexes

LT.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	Spvc3		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	Spvc3		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	19.20	18.70	18.50	50.00
Y d (t/m3)	1.38	1.49	1.61	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	28.55	45.35	58.78	

Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

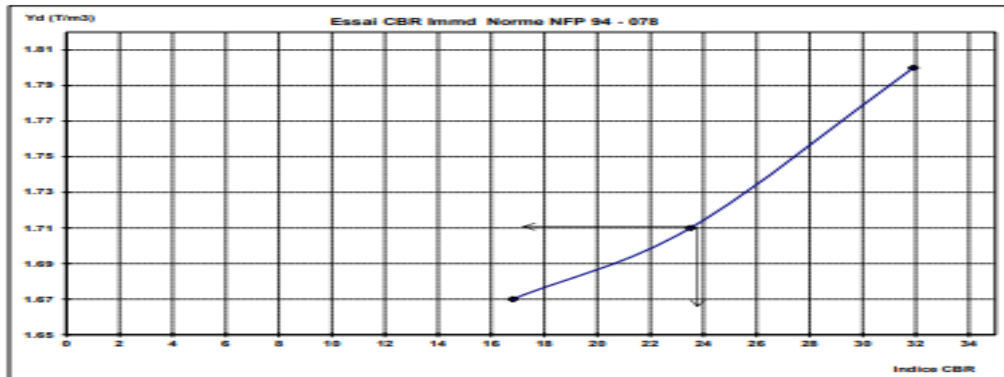
FS-14

## Annexes

- *Argile +Chaux +plastique :*
- *3% Mixte :*

L.T.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	mixte 3%pvc1		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	mixte 3%pvc1		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	19.79	19.50	19.30	23.50
Y d (t/m3)	1.67	1.71	1.80	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	16.82	23.51	31.91	

Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

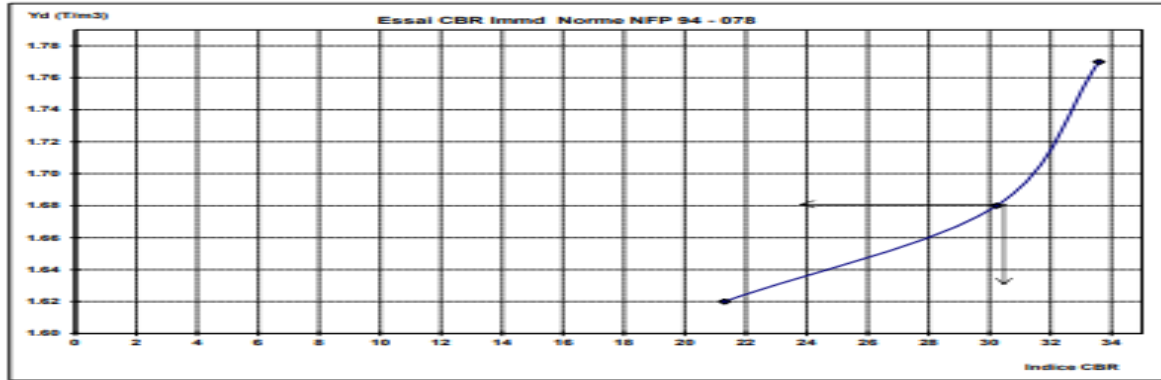
FS-14



# Annexes

L.T.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	mixte 3%pvc2		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	mixte 3%pvc2		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	19.00	19.30	19.50	30.30
Y d (t/m3)	1.62	1.68	1.77	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	21.30	30.23	33.59	

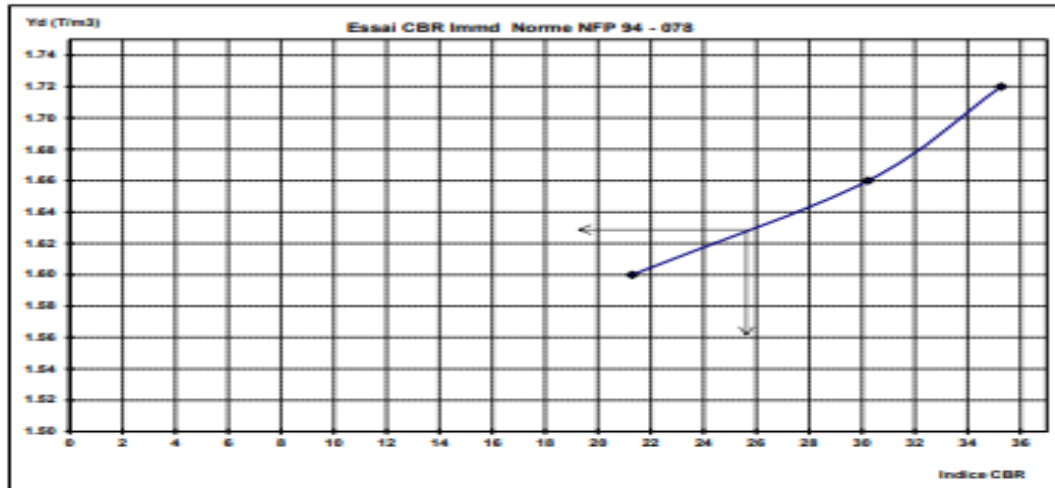
Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

FS-14

# Annexes

L.T.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	mixte3%pvc3		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	mixte3%pvc3		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	21.70	21.50	20.00	25.90
Y d (t/m3)	1.60	1.66	1.72	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	21.30	30.23	35.27	

Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

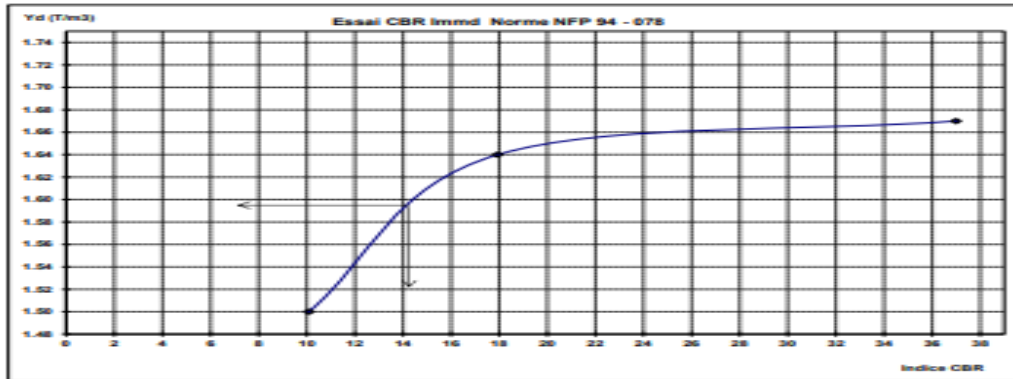
F5-14

## Annexes

- 4% mixte :

L.T.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	mixte4%pvc1		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	mixte4%pvc1		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	22.90	22.70	21.00	14.00
Y d (t/m3)	1.50	1.64	1.67	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	10.09	17.94	37.00	

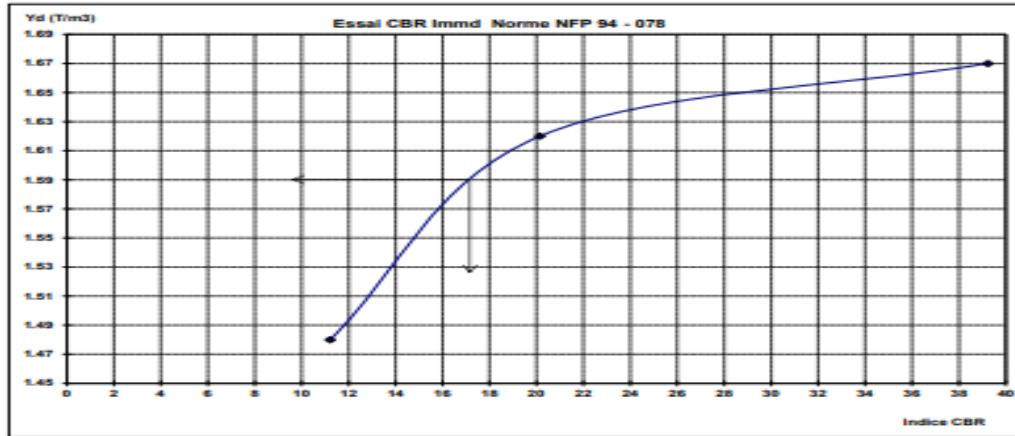
Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

FS-14

# Annexes

L.T.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	mixte 4%pvc2		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	mixte 4%pvc2		



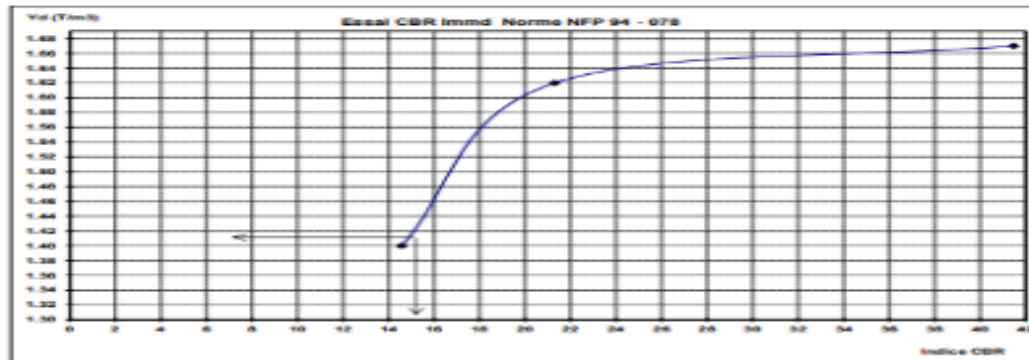
Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	23.10	22.90	22.00	17.30
Y d (t/m3)	1.48	1.62	1.67	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	11.21	20.15	39.24	

Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

F5-14

L.T.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	mixte 4%pvc3		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	mixte 4%pvc3		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	23.30	22.70	22.50	15.00
Y d (t/m3)	1.40	1.62	1.67	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	14.57	21.30	41.48	

Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

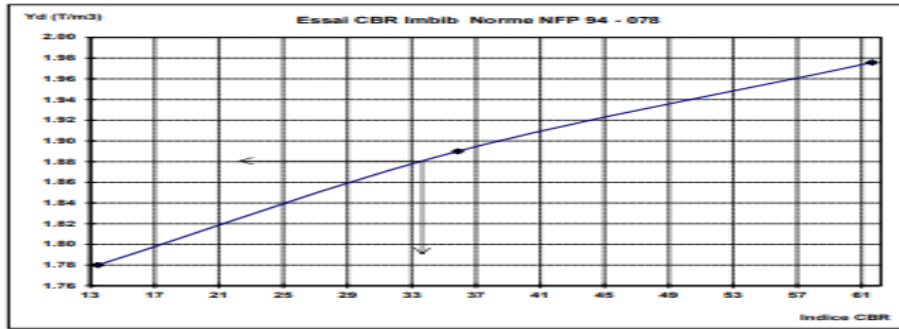
F5-14

# Annexes

- 5% mixte :

L.T.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	date:	29-04-24
Projet :	mixte 5%pvc2		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélèvement :	mixte 5%pvc2		



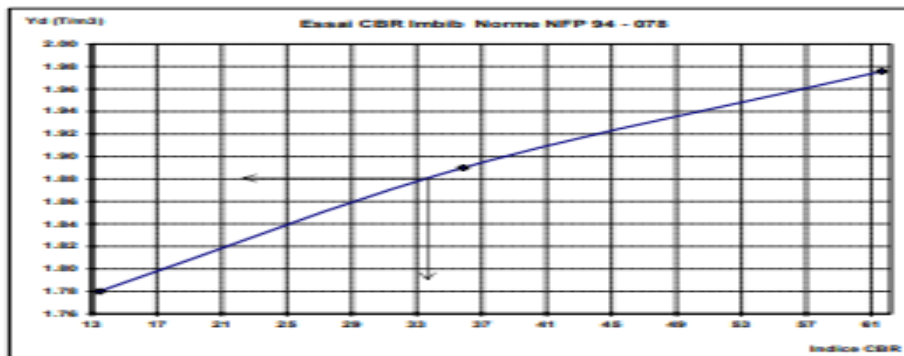
Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	12.46	11.80	11.32	33.90
Y d (t/m3)	1.78	1.89	1.98	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	14.41	13.60	12.92	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	13.45	35.87	61.66	

Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

FS-14

L.T.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	date:	29-04-24
Projet :	mixte 5%pvc1		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélèvement :	mixte 5%pvc1		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	12.46	11.80	11.32	33.90
Y d (t/m3)	1.78	1.89	1.98	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	14.41	13.60	12.92	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	13.45	35.87	61.66	

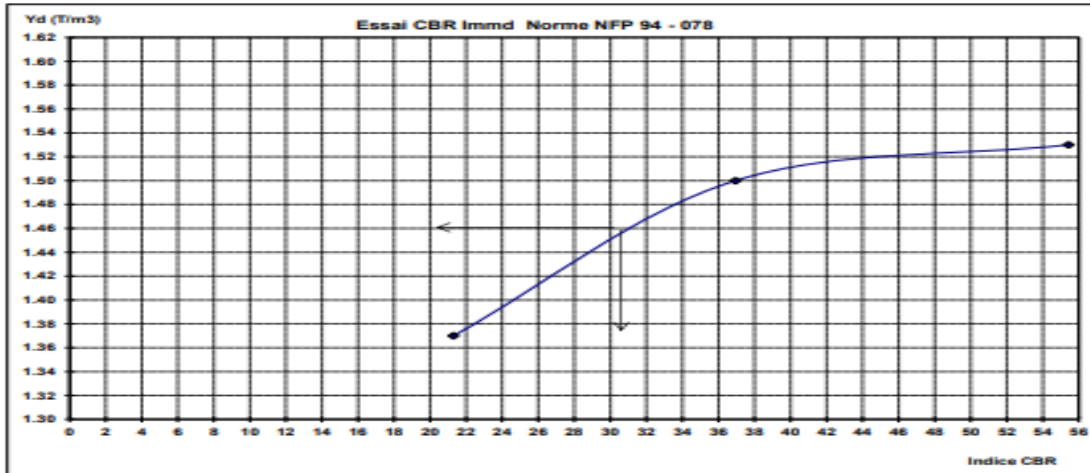
Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

FS-14

# Annexes

LT.P.O - UNITE DE TIARET

Client :	0	DATE:	28-03-24
Projet :	mixte 5%pvc3		
Lieu :	0		
Dossier :	0		
Prélevement :	mixte 5%pvc3		



Energie de compactage	10 c/c	25 c/c	56 c/c	Indice C.B.R à 95% yd OPM
W%	24.01	23.70	23.50	31.00
Y d (t/m3)	1.37	1.5	1.53	
Imbibition a 4 jours	//	//	//	
W final (%)	//	//	//	
Gonflement	//	//	//	
Indice C.B.R	21.30	36.95	55.42	

Le chef de service :  
S.HAMRELAINE

F5-14

*Annexe05 :*  
*business canva model*

## Annexes

---

### Fiche technique du projet

<p>Pièges à pommes GUEZZOUL ABDELHAKIM CHERRAK TEFAHA</p>	<p>Nom et Prénom Votre nom et prénom Votre nom et prénom</p>
<p>Construction et développement d'Athènes Construction et reconstructionATHINA</p>	<p>Le nom commercial du projet Démarrez votre projet Titre de votre projet</p>
<p>Société d'argent</p>	<p>Le caractère juridique du projet Votre statut est valide Votre statut juridique</p>
<p>0679392315 0657491326</p>	<p>Numéro de téléphone Votre numéro de téléphone Votre numéro de téléphone</p>
<p><a href="mailto:guezzoulhakim1999@gmail.com">guezzoulhakim1999@gmail.com</a> <a href="mailto:ibtissemtefaha@gmail.com">ibtissemtefaha@gmail.com</a></p>	<p>Email Votre adresse e-mail Votre adresse e-mail</p>
<p>Réfléchi - Tiaret</p>	<p>Lieu d'activité (état - commune) Votre téléphone ou activité communautaire Votre ville ou commune d'activité</p>





### Nature du projet

	<p>Une institution chargée d'étudier et de construire des routes selon des techniques d'amélioration des caractéristiques du site et d'exploiter le site en améliorant les caractéristiques du sol et du limon pour le rendre apte à l'exploitation et à produire des matériaux utilisés pour l'amélioration.</p>
--	---

### La valeur proposée ou l'offre faite Proposition de valeur

#### Identifier le problème auquel le client est confronté

<p>La rareté des matériaux de base pour la construction de routes et de réseaux de transport et le problème du creusement pour rechercher des matériaux de construction et leurs effets sur l'environnement</p>	<p>Quel est le problème que vous souhaitez résoudre ?</p>
<p>Cartes géographiques des sites de fouilles précédents</p> <p>Annexe descriptive de l'extension des réseaux routiers et ferroviaires en cours de réalisation</p> <p>Rapports environnementaux sur la situation environnementale résultant des travaux de forage et d'exploration</p>	<p>De quelles données disposez-vous qui indiquent que le problème spécifique existe ?</p>
<p>Projets d'amélioration grâce aux géotextiles</p>	<p>Quels autres projets ciblant le même problème ont été mis en œuvre ?</p>



Une alternative réussie aux matériaux de construction classiques	Quels sont les objectifs de votre projet et/ou les résultats attendus ?
--	---

**La valeur proposée est selon les critères suivants**

Une manière non conventionnelle d'améliorer les matériaux disponibles et de les exploiter pour préserver l'environnement, construire et livrer des projets dans les délais et réduire leurs coûts.	Valeur innovante ou nouvelle
Il permet aux entrepreneurs de livrer leurs projets dans les délais spécifiés et réduit les frais de transport, d'excavation et de recherche.	Personnalisation de la valeur



Éliminez les dépenses de transport et de recherche	Valeur au prix
Préserver l'environnement et l'esthétique du chantier une fois terminé et comment éliminer les déchets de construction	Valeur par conception
Il accélère le processus de travail et détermine et enregistre les coûts de construction	Valeur avec haute performance
Mélange de chaux–Les déchets de poudre de plastique sont un produit de base qui permet d'exploiter les matériaux disponibles sur le chantier et de réduire les coûts de recherche et de transport des matériaux de base rares.	Valeur avec un service complet
////////	Valeur innovante ou nouvelle
////////	Autres valeurs



**Segments de clientèle ou clients Segments de clientèle**

Géographique Géographie Ce sera pour toute l'Algérie	Démographique (B2C) <b>Un bureau d'études et un entrepôt de mélange et de transformation le produit</b>	Démographie (B2B) Personnes ayant de l'expérience dans le domaine des entrepreneurs et de la construction Hommes Femmes	Psychographique Facteurs psychologiques et personnels Tension psychologique due à l'expiration des délais précisés pour les travaux Peur de ne pas trouver des matériaux aux propriétés spécifiques en raison de leur rareté	Comportemental Comportements Recherche et exploration
Continent Continent Afrique	Âge l'âge ////	Section secteur Urbain	Classe sociale à la classe sociale Entrepreneurs et propriétaires de projets entrepreneuriaux	Usage Pour construction
Pays Pays Algérie	Sexe Sexe Les deux sexes	Nombre d'employés Nombre de travailleurs dans	Ne jamais vivre le niveau de vie bien	Loyauté Fidélité facilitation



		le secteur 11280.000		
Région Le côté l'ouest	Revenu annuel Revenu moyen 0	Maturité de l'entreprise Maturité de l'entreprise	Valeurs Valeur Une solution alternative à la rareté des matériaux Valeur économique Valeur environnementale et esthétique	Entrer intérêt Le champ catégorie Domaine environnemental
Département l'état Tous les états d'Algérie	Ce mariage État civil Toutes les solutions	Situation financière La situation financière de l'établissement écure	Personnalité Personnel Force et sérieux	Passion Passe-temps et passion Facilitation La conduite
Ville Département ou commune Toutes les communes et départements d'Algérie	Niveau d'étude niveau d'étude Avoir des certificats en entrepreneuriat	Détention/actionn ariat Propriété/actionn ariat Propriété des personnes Contribution financière	Condamnations Croyances La relativité et la futilité de trouver des doubles	Sensibilité Sensibilités De projets perturbateurs
Quartier District Toutes choses	Profession Profession prestataire	Valorisation/capit alisation boursière	Affichage numérique et médias sociaux	Le bonheur de consommer Habitude de



vivantes		Valorisation/valeur marchande	Utiliser la technologie dans la communication Réseaux sociaux et médias officiels	consommation Manque d'habitude de consommer de tels matériaux
Climat le climat Modéré	Culture la culture cultivé	Modèle d'affaires Modèle d'affaires	Centres d'intérêts Centres d'intérêt Prêter attention à l'aspect entrepreneurial	Moyen de paiement méthodes de paiement
	Religion Dette Toutes les religions	Serveur de sections Le secteur qu'il dessert Urbain		Connaissance Connaissance
	Langue la langue toutes les langues	Utilisation de la technologie Technologie utilisée Technologies de construction		Nature de la demande Nature de la demande
		Format du produit ou de l'emballage Forme ou emballage du produit La poudre est un mélange de chaux et de déchets plastiques recyclés emballés		Fréquence d'achat Le nombre de fois que l'article a été commandé



		dans des sacs en papier	
--	--	-------------------------	--

**Canaux de distribution Canaux**

Oui	Les ventes directes
Oui	Grossistes
Oui	Distributeurs
Oui	Distribution au détail

**Relation avec les clients Relation client**

	Comment gérez-vous vos relations avec les clients ?
<p>Microsoft Dynamique</p> <p>Programmes de réseaux sociaux (Facebook Flux de télégramme Instagram TIC Tac)</p>	<p>Quels sont les programmes les plus importants sur lesquels vous vous appuyerez pour gérer la relation avec le client ?</p> <p>Microsoft Dynamique</p> <p>LundiCRM</p> <p>Zoho CRM</p> <p>etc.....</p>



**Partenaires principaux Partenaires clés**

La nature du partenariat	Informations sur les partenaires	Les partenaires
Fournisseur	Municipalities	Premier partenaire
Fournisseur	Entreprises de recyclage	Deuxième partenaire
Fournisseur	Société de transport	Troisième partenaire
Fournisseur	Entreprises de fabrication de matériaux de construction	Partenaire le quatrième

Rédigez une liste détaillée des principaux partenaires de votre projet, y compris leur nom, leur téléphone, leur adresse, etc.

Municipalités d'Algérie  
Recyclage entreprises Algérie  
Usine De Matériaux De Construction Algérie

Société algérienne des transports





2000000	Coûts de présentation du produit ou de l'organisation Frais d'établissement
20000	Frais d'obtention des compteurs (eau - électricité...) Frais d'ouverture de compteurs (eaux-gaz-....)
1000000	Coûts (formation - programmes multimédias automatisés spécialisés) Logiciels, formations
////////	Marque Dépôt, brevet, modèle Coûts des brevets et protection industrielle et commerciale
////////	Entrez dans l'entrée Coûts d'obtention de la technologie ou de licence pour son utilisation
////////	Achat fonds de commerce ou pièces Achat d'actifs ou d'actions commerciales
150000	Droit au bail Le droit de louer
2500000	Caution ou garantie Caution ou dépôt de garantie
20000	Frais de dossier Frais de dépôt de dossier
10000	Frais de notaire ou d'avocat



	Frais de notaire-avocat-.....
	Assurer et éléments de communication Coûts de notoriété de la marque et coûts des canaux de communication
////////	Achat immobilier Acheter un bien immobilier
200 000	Travaux et gestion Lieux de travaux et d'améliorations
470000	Matériel Machines - véhicules - appareils
470000	Responsable administratif Matériel de bureau
1000000	Stocker des matériaux et des produits Frais de stockage
20000000	Grand magasin Le flux de trésorerie (fonds) dont vous avez besoin au début du projet.

Total =33027740000da



2500000	Assurances Assurances
50000	Téléphone, Internet Téléphone et Internet
50000	Atres abonnements Autres abonnements
50000	Carburant, transports Frais de carburant et de transport
	Frais de déplacement et débergement Frais de transport et d'hébergement
2500000	Eau, électrique, gaz Factures d'eau, d'électricité et de gaz
////	Mutuelle Solidarité sociale
2200000	Fournitures divers Fournitures diverses
200 000	Entretien matériel et vêtements Entretien du matériel et des vêtements
200 000	Nettoyage des emplacements Nettoyage du bâtiment
1000000	Publicité et communication budgétaire Budget publicité et communication

Total =6100000



**Sources de revenus Flux de revenus**

0	Apporter du personnel ou de la famille Contribution personnelle ou familiale
///	Applications en nature (en valeur) Dons en nature
//	Il n'y a pas de 1 (de la banque) Prêt non1 Nom de la banque
//	Précédent n°2 (de la banque) Prêt non2 Nom de la banque
///	Prix n°3 (de la banque) Prêt non3 Nom de la banque
///	Subvention n°1 (libellé) Accorder1
///	Subvention n°2 (libellé) Accorder2
//	Après la finance (libelle) Autres financements

Total =da

**Numéro d'entreprise**

**Vendre le produit la première année** Vous modifierez vos préférences par rapport à l'année précédente

Jours de travail moyens par mois	Vendre le produit la première année
20	1 mois mois
20	2 Mois mois
20	3 Mois mois
20	4 Mois mois
20	5 Mois mois
20	6 Mois mois
20	7mois mois
20	8 Mois mois
20	9 Mois mois
20	10 Mois mois
20	11 Mois mois



20	12 Mois mois
----	--------------

Total =  
Pourcentage d'augmentation du chiffre d'affaires entre chaque mois pour la première année ?

**Le produit s'est vendu la deuxième année Votre changement d'affaires depuis l'année**

Jours de travail moyens par mois	Produit vendu par an la deuxième
20	1 mois mois
20	2 Mois mois
20	3 Mois mois
20	4 Mois mois
20	5 Mois mois
20	6 Mois mois
20	7mois mois
20	8 Mois mois
20	9 Mois mois
20	10 Mois mois
20	11 Mois mois
20	12 Mois mois

Total = 0 da  
Pourcentage d'augmentation du chiffre d'affaires entre chaque mois pour la deuxième année ?

**Vendre le produit la troisième année Votre changement de troisième affaire de l'année**

Jours de travail moyens par mois	Produit vendu par an Troisième
20	1 mois mois
20	2 Mois mois
20	3 Mois mois
20	4 Mois mois
20	5 Mois mois
20	6 Mois mois
20	7mois mois
20	8 Mois mois
20	9 Mois mois
20	10 Mois mois
20	11 Mois mois
20	12 Mois mois

Total =



Le pourcentage d'augmentation du volume d'affaires entre chaque mois pour la troisième année ?

**Evolution du chiffre d'affaires par an**

- Pourcentage d'augmentation du chiffre d'affaires d'une année à l'autre 1ère et 2ème année ?
- Pourcentage d'augmentation du chiffre d'affaires d'une année à l'autre 2e et 3e année ?

**Votre besoin de fonds de roulement**

30 jours	Durée moyenne des crédits accordés aux clients en jours De nombreuses cartes de crédit sont acceptées par les clients pendant la journée
30 jours	Durée moyenne des dettes fournisseurs en jours Il y a beaucoup de ces meubles pendant la journée

**Salaires des employés et des dirigeants de l'entreprise**

400000	Salaires des employés Employés Salaires
700000	Salaires nets des fonctionnaires Rémunération nette du dirigeant

Key Partners
Municipalités
Les compagnies ferroviaires
Entreprises de fabrication de matériaux de construction
Entreprises de transport

Key Activities

**Etude technique des méthodes à construire**  
**Production de matériaux utilisés dans le processus d'amélioration (broyage à la chaux et déchets plastiques)**  
**Contrôler les quantités et les**

Value Propositions

Réduire le coût des projets routiers  
Maintenir un environnement de pollution  
Ouverture de postes  
Créer une nouvelle source de matière première

Customer Relationships

**La relation est très interconnectée pour assurer le confort des clients et les accompagner et faire part de leurs préoccupations à travers les réseaux sociaux Facebook Instagram et les canaux télégramme et réception directe fournissent des conseils techniques pour son projet**

Channels

**Les distributeurs**  
**Vente électronique**  
**Dans les médias sociaux**

Customer Segments

Entrepreneurs et propriétaires des entreprises de construction de l'établissement technique

Cost Structure

**Les dépenses sont sur**  
**Améliorer le lieu de production du produit**  
**dépenses d'eau, de gaz et d'électricité**

**Frais de communication client et services après-vente**  
**Ressources primaires et dépenses de main-d'œuvre**  
**Frais de transport**  
**Coûts des opérations administratives**  
**Équipement**  
**33027740000**

Revenue Streams

Entrepreneurs, propriétaires et entrepreneurs