



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques

www.fst-usmba.ac.ma



Année Universitaire : 2014-2015



Licence Sciences et Techniques : Géoressources et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et
Techniques

Identification et caractérisation mécanique des sols, cas de construction de chaussées

Présenté par:

-Siham SLAOUI

-Imane RAINI

Encadré par:

Pr. Faiza BENJELLOUN

Soutenu Le 16-06-2015 devant le jury composé de:

- Pr AbdelAli Chaoui
- Pr Abderrahim Lahrach
- Pr Faiza Benjelloun

Stage effectué à : LPEE



Sommaire

Remerciements

Résumé

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale 1

Chapitre 1 : Généralités sur les essais géotechniques au laboratoire

I. Introduction 2

II. Préparation d'un échantillon pour essai (NM 10 .1.137) 2

1) Principe 2

2) Choix de la méthode 4

III. Teneur en eau (NM .10.1.137) 4

1) But 4

2) Matériels 4

3) Procédure 5

4) Expression des résultats 5

IV. Analyse granulométriques par tamisage (NM 10 .1 .700) 5

1) But 5

2) Matériels 5

3) Procédure 6

4) Expression des résultats 6

V. Équivalence de sable (NM .10 .1.147) 6

1) But 6

2) Matériels 7

3) Procédure 8

4) Expression des résultats 9

VI. Essai au bleu de méthylène (NF 94-068) 9

1) But 9

2) Matériels 9

3) Procédure 10

4) Expression des résultats 10

VII. Les limites d'Atterberg (NM 13.1.007) 11

1) But	11
2) Matériels.....	11
3) Procédure.....	12
4) Expression des résultats	13
VIII. Essai Los Angeles (NM.10.1.38)	14
1) But	14
2) Matériels.....	14
3) Procédure.....	15
4) Expressions des résultats	15
Chapitre 2 : Cas d'étude " Construction du chemin non classé reliant centre Zerarda à Douar Ouawrakhsen "	
I. Présentation générale de la zone d'étude.....	16
1) Situation géographique.....	16
2) Aperçu géologique.....	16
3) Données topographiques.....	17
II. Le corps de chaussée	18
1) Structure de la chaussée.....	18
2) Avancement des travaux	19
3) Trafic	19
4) Prélèvement.....	19
III. Méthodologie et résultats des essais.....	20
1) Échantillonnage.....	20
2) Les essais	21
2.1) Analyse granulométrique par tamisage.....	21
2.2) Équivalent de sable	23
2.3) Essai au bleu de méthylène	24
2.4) Les limites d'Atterberg	25
2.5) Essai Los Angeles.....	28
IV. Classification et condition d'utilisation de sols	28
1) Classification GTR	29
2) Condition d'utilisation de sol en couche de forme	29
V. Problématique	30
1) Diagnostic de glissement	30

2) Le traitement du glissement	31
2.1) Fossé en béton	31
2.2) Murs de soutènement.....	32
2.3) La végétation	32
Conclusion	33
Tables des annexes	
Annexe I : Présentation de laboratoire public des essais et d'études (LPEE) et du centre de Fès.....	34
Annexe II : Feuilles d'essai.....	38
Référence	41

Remerciements

Ce mémoire de Licence est le résultat d'un stage réalisé au sein du Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes.

En préambule, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir aidé et donné la patience et le courage durant nos années d'étude. Nous souhaitons aussi adressé nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

*Notre gratitude s'adresse tout d'abord au corps professoral et administratif de **la Faculté des Sciences et techniques** pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.*

De même, nous adressons nos sincères remerciements à notre encadrante Mme Faiza Benjelloun pour la qualité de son encadrement et pour le temps qu'elle nous a accordé, nous remercions également Mr Abderrahim Lahrach de nous avoir donné la chance d'enrichir nos connaissances et aussi pour son aide, sa disponibilité et ses conseils précieux, nous tenons ainsi à exprimer toute notre reconnaissance à Mr AbdelAli Chaouni pour son aide lors de notre préparation de ce mémoire.

Nous exprimons notre gratitude à l'ensemble du personnel du centre technique régional de Fès qui n'ont pas hésité à répondre à nos questions avec gentillesse et accueil.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à nos familles, qui nous ont toujours soutenues financièrement et moralement et si on est là aujourd'hui, c'est grâce à eux.

Merci à toutes et à tous.

Résumé

L'identification géotechnique constitue une phase importante de l'étude technique d'un projet routier pour la localisation et la conception du tracé de route. L'étude vise à obtenir avant le début du projet, des informations techniques sur la stratigraphie des sols et les conditions de la nappe phréatique pour la conception économique et durable d'une route projetée.

L'objectif de ce travail est de préciser les paramètres de nature et les caractéristiques mécaniques des matériaux utilisés sur une couche de la chaussée qui est la couche de forme afin de déterminer la conformité de ces derniers avec l'avancement des travaux sur tout le corps de chaussée et assurer une résistance parfaite à la circulation des véhicules depuis la commune rurale de Zerarda jusqu'à Douar Ouawrahssene.

Suivant les résultats sur la nature des sols, la propreté et la dureté, il s'est avéré que l'utilisation de ces matériaux sur tout le corps de chaussée est valable et ce par l'installation d'un concasseur qui va permettre de concasser et cribler toutes les fractions demandées pour chaque couche.

LISTE DES FIGURES

- **Figure 1** : *Opération de quartage*
- **Figure 2** : *Diviseur échantillonneur*
- **Figure 3** : *Appareillage de l'essai de la teneur en eau.*
- **Figure 4** : *Série de tamis*
- **Figure 5** : *Appareillage de l'essai d'équivalent de sable*
- **Figure 6** : *Appareillage de l'essai bleu de méthylène*
- **Figure 7** : *Appareil Casagrande*
- **Figure 8** : *Machine Los Angeles*
- **Figure 9** : *Situation géographique de la zone d'étude*
- **Figure 10** : *Les différentes couches de la chaussée étudiée*
- **Figure 11** : *Avancement des travaux sur le chantier*
- **Figure 12** : *Prélèvement de l'échantillon de la carrière*
- **Figure 13** : *Quartage de l'échantillon*
- **Figure 14** : *Répartition de l'échantillon sur des divers bacs*
- **Figure 15** : *Courbe cumulative de l'analyse granulométrique*
- **Figure 16** : *Mesure des hauteurs*
- **Figure 17** : *Test positif de l'essai de bleu de méthylène*
- **Figure 18** : *La forme de la rainure réalisée sur l'échantillon*
- **Figure 19** : *Courbe de la limite de liquidité*
- **Figure 20** : *Rouleau fissuré*
- **Figure 21** : *Classification synthétique GTR*
- **Figure 22** : *Alimentation en eau de la zone glissée par ruissellement*
- **Figure 23** : *Coulée de boue*
- **Figure 24** : *Fossé en béton*
- **Figure 25** : *Technique de soutènement "mur en maçonnerie"*

LISTE DES TABLEAUX

- **Tableau 1** : *La charge de boulets relative à chaque classe granulaire*
- **Tableau 2** : *Résultats de l'analyse granulométrique*
- **Tableau 3** : *Résultats de l'équivalent de sable*
- **Tableau 4** : *Résultats de l'essai bleu de méthylène*
- **Tableau 5** : *Résultats de la limite de liquidité (W_L)*
- **Tableau 6** : *Résultats de la limite de plasticité (W_P)*
- **Tableau 7** : *Résultats de l'essai Los Angeles*
- **Tableau 8** : *Les caractéristiques du sol et spécification liée aux conditions d'utilisation des matériaux en couche de forme*

LISTE DES ABRÉVIATIONS

- **LPEE** : *Laboratoire Public d'Essais et d'Études*
- **CTR** : *Centre technique régional*
- **ES** : *Équivalent de sable*
- **W** : *Teneur en eau*
- **WL** : *Limite de liquidité*
- **WP** : *Limite de plasticité*
- **N** : *Nombre de coups*
- **LA** : *Los Angeles*
- **NM** : *Norme marocaine*
- **VBS** : *Valeur de bleu de méthylène d'un sol*
- **D max** : *Diamètre maximal*
- **NF** : *Norme française*
- **CF** : *Couche de Forme*
- **CR** : *Couche de roulement*
- **AC** : *Anti contaminant*

Introduction générale

La géotechnique est l'étude de l'adaptation des ouvrages de génie civil aux sols et roches formant le terrain naturel. Elle traite de l'interaction sol /structures, et fait appel à des bases de géologie, de mécanique des sols, de mécanique des roches et de structures. Les études géotechnique ont pour principal objet les études de sol pour la construction d'ouvrages (pavillons, immeubles, voiries, ouvrages d'art...), et notamment la définition des fondations, mais aussi dans le cadre de diagnostics pour des ouvrages sinistrés. Elles traitent également des phénomènes de mouvement de sol (glissement, affaissement et autres), de déformation (tassements sous charges) et résistances mécanique. L'hydrogéologie, qui étudie les nappes aquifères souterraines en vue de leur exploitation, est généralement considérée comme une discipline indépendante, n'entrant pas dans le cadre de la géotechnique. Cependant on doit tenir compte des effets de la circulation de l'eau dans les sols qui sont pratiquement à l'origine de tous les accidents dus à des ruptures de sols ou de roches.

Mécanique des sols: la branche la plus ancienne de la géotechnique est constituée par la mécanique des sols, concernée par les dépôts meubles, de faible résistance, tels que sables, vases, argiles..., qui posent aux constructeurs de grands immeubles des problèmes difficiles.

Mécanique des roches : le comportement des roches dures ne pose guère de problèmes pour la fondation des édifices courants. Il n'en est plus de même pour des ouvrages transmettant au sol de très fortes contraintes comme les barrages, et surtout pour les cavités, tunnels, mines ou carrières.

Etude géotechnique : l'étude géotechnique d'un sol, préalablement à l'étude des fondations d'un ouvrage de génie civil, passe par les phases suivantes : reconnaissance du terrain prospection géophysique prélèvement des échantillons essais in situ, essais en laboratoire.

Chapitre 1 : Généralités sur les essais au laboratoire

I. Introduction

Identifier un sol c'est connaître sa nature, sa composition et la répartition des grains de différentes tailles qui le compose. Autrement dit c'est déterminer un ensemble de propriétés physiques, mécaniques ou chimiques qui permettent de le caractériser. Ces propriétés sont déterminées par des essais normalisés appelés essais géotechniques dont les plus répandus sont : Teneur en eau, analyse granulométrique, micro deval, cisaillement rectiligne Proctor, équivalent de sable ...etc.

Notre cas demande les essais suivants :

-Teneur en eau

-Analyse granulométrique

-Equivalent de sable

-Bleu de méthylène

-Limites d'Atterberg

-Los Angeles

II. Préparation d'un échantillon pour essai (NM 10 .1.137)

La démarche de n'importe quel essai exécuté au laboratoire demande dans un premier temps l'homogénéité et la préparation de l'échantillon car chaque méthode d'essai en laboratoire ne s'accommode que d'un échantillon de taille adéquate.

1. Principe

La préparation d'un échantillon pour essai peut se faire par deux méthodes :

Par quartage (Fig.1): Consiste à séparer l'échantillon en 4 parties .L'échantillon est étalé et partagé en 4 quarts sensiblement égaux. On élimine deux fraction opposées et on réunit les deux autres fractions. Si la quantité est encore trop importante, le quartage se poursuit selon le même processus jusqu'à l'obtention de la quantité désirée.

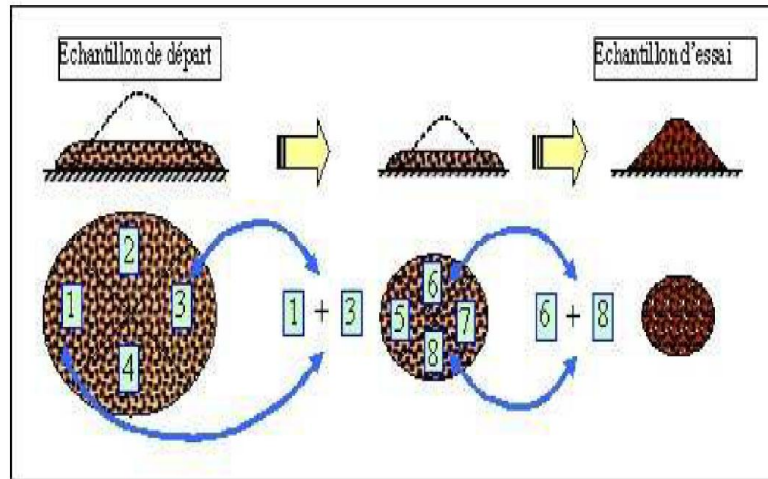


Figure 1 : *Opération de quartage*

Par **diviseur échantillonneur** (Fig.2). : Cet appareil permet de diviser facilement en deux parties représentatives la totalité d'un échantillon initial, chaque moitié étant recueillie dans un bac de manière séparée.



Figure 2 : *Diviseur échantillonneur*

2. Choix de la méthode de préparation

La méthode à utiliser dépend de la grosseur des éléments et de la quantité totale de matériau à fractionner.

Au-delà de 50 kg, il est préférable d'utiliser le quartage. Si l'on ne dispose pas de diviseurs de dimensions suffisantes, on peut soit quarter, soit isoler par tamisage les éléments trop gros et les quarter séparément dans les mêmes proportions que les éléments plus fins.

III. Teneur en eau (NM 10.1.137)

1. But

Déterminer la proportion pondérale de l'eau contenue dans un échantillon.

2. Matériel

Le matériel nécessaire pour réaliser cet essai comprend :

- ✓ Une balance électronique de précision,
- ✓ Un bac, boîte de pétri,
- ✓ Cuillère ou louche de laboratoire,
- ✓ Une étuve de dessiccation à température $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ (Fig.3).



Figure 3: *Appareillage de l'essai de la teneur en eau.*

3. Procédure

L'échantillon est pesé à l'aide d'une balance puis placé dans une étuve, une fois la dessiccation est réalisée, l'échantillon est pesé à nouveau , les deux pesées donnent par différence la masse d'eau libérée.

4. Expression des résultats

La teneur en eau s'exprime en pourcentage (%) :

$$W = 100 \times \frac{Mh - Ms}{Ms}$$

Mh : masse du matériau humide

Ms : masse du matériau sec

IV. Analyse granulométrique par tamisage (NM 10 .1 .700)

1. But

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant l'échantillon.

2. Matériel

Le matériel nécessaire pour réaliser cet essai comprend :

- ✓ Une série de tamis (Fig.4),
- ✓ Fonds et couvercle,
- ✓ Étuve à température (110±5) °C,
- ✓ Balance électrique,
- ✓ Plateau, brosses.



Figure 4 : Série de tamis

3. Procédure

Préparation de l'échantillon

-Laver l'échantillon sur le tamis qui correspond à la plus petite maille de la colonne utilisée lors du tamisage.

- Sécher dans l'étuve le matériau lavé à (110 ± 5) °C jusqu'à ce que la masse soit constante.

Réalisation de l'essai

- Verser l'échantillon lavé et séché dans la colonne de tamis.
- Agiter la colonne manuellement, puis reprendre un à un les tamis en commençant par celui qui présente la plus grande ouverture.
- Verser le refus du tamis ayant la dimension de maille la plus grande dans un plateau, peser et noter sa masse R1.
- Enlever la masse de refus R1 de plateau et réeffectuer la même opération pour le tamis en dessous immédiatement, et noter la masse du refus R2.
- Poursuivre la même opération pour tous les tamis afin d'obtenir la masse des différentes fractions de matériau retenus et noter leurs masses : R3, R4, R5, R6 ...etc.

4. Expression des résultats

La masse de refus cumulés sur chaque tamis, exprimé en (%), par la formule suivante :

$$(R_i / M_i) \times 100$$

M_i : masse séchée d'origine en gramme.

R_i : refus d'un tamis en gramme.

V. Équivalence de sable (NM .10 .1.147)

1. But

L'essai a pour but de mesurer la propreté d'un sable .Il rend compte globalement de la quantité et la qualité des éléments fins, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui flocculent.

2. Matériel

Le matériel nécessaire pour réaliser cet essai comprend :

- ✓ Un flacon transparent en plastique d'environ 5l,
- ✓ Entonnoir,
- ✓ Balance,
- ✓ Récipient,
- ✓ Un agitateur électrique,
- ✓ Règle de 500 mm,
- ✓ Piston taré à masse coulissante de 1kg,
- ✓ Un tube laveur en cuivre muni d'un robinet,
- ✓ Chronomètre,
- ✓ Tamis de 5mm,
- ✓ Solution lavante,
- ✓ Éprouvettes cylindriques transparentes en matière plastique avec deux traits repères et leurs bouchons (Fig.5).



Figure 5 : *Appareillage de l'essai d'équivalent de sable*

3. Procédure

Préparation de l'échantillon

L'échantillon pour laboratoire est préparé suivant les prescriptions de la norme NM.10.1.137 dont sa masse doit être telle que la fraction passant au tamis de 5 mm pèse 500 à 700 g, sur celui-ci on procède à la préparation de trois échantillons. Le 1^{er} échantillon pour la

détermination de la teneur en eau dont sa masse doit être comprise entre 100 et 200 et deux autres échantillons pour essai qui ne dépassent pas $120g \pm 2g$. La masse prise à l'essai est calculée : $M=120 \times (1+W/100)$.

Réalisation de l'essai

❖ Remplissage de l'éprouvette

- Remplir l'éprouvette avec la solution lavante jusqu'au 1^{er} trait ensuite verser la quantité de sable tarée à l'aide de l'entonnoir.
- Déloger les bulles d'air et favoriser le mouillage en frappant la base de l'éprouvette avec la paume de la main.
- Laisser reposer 10 minutes pour l'humidification.

❖ Agitation de l'éprouvette

- Après 10 minutes, boucher l'éprouvette puis la fixer sur l'agitateur (90 allers et retours en 30 secondes).
- Remettre l'éprouvette en position verticale sur la table de travail.

❖ Lavage

- Ôter le bouchon et le rincer au dessus de l'éprouvette avec la solution lavante pour éviter la perte des grains fins.
- Fermer le robinet lorsque la solution atteint le 2^{ème} trait et sortir lentement le tube laveur.
- Laisser reposer l'éprouvette 20 minutes en évitant toute vibration.

❖ Mesure

- Mesurer la hauteur h1 du niveau supérieur du floculat par rapport au fond du cylindre gradué.
- Descendre doucement le piston taré dans l'éprouvette jusqu'à ce qu'il repose sur le sédiment.
- Bloquer le manchon coulissant sur la tige du piston.
- Mesurer h2 distance séparant la face supérieure du manchon de la face inférieure de la tête du piston.

→ Faire de même pour la seconde éprouvette.

4. Expression des résultats

L'équivalent de sable est par définition le rapport entre la hauteur de dépôt solide h_2 et la hauteur de floculat h_1 en (%).

$$ES = (h_2 / h_1) \times 100$$

VI. Essai au Bleu de méthylène (NF 94-068)

1. But

L'essai consiste à mesurer la capacité d'absorption du bleu de méthylène par les particules argileuses d'un matériau.

2. Matériel

Le matériel nécessaire pour réaliser cet essai comprend :

- ✓ Burette,
- ✓ Papier-filtre,
- ✓ Tige de verre,
- ✓ Agitateur à ailettes,
- ✓ Balance,
- ✓ Chronomètre,
- ✓ Cuillère,
- ✓ Eau distillée,
- ✓ Support non absorbant,
- ✓ Bécher (Fig.6).

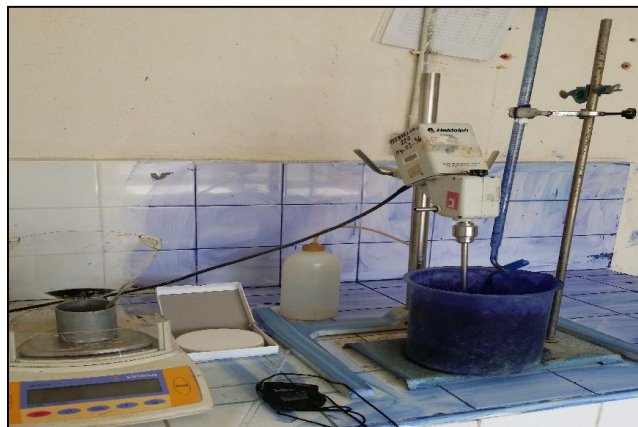


Figure 6 : *Appareillage de l'essai bleu de méthylène*

3. Procédure

Préparation de l'échantillon

L'essai est réalisé sur la fraction 0/5 mm de l'échantillon à examiner. Une masse humide de l'échantillon est préparée d'un poids compris entre 30 et 60 g pour un échantillon argileux et entre 60 et 120 g pour un échantillon peu argileux.

Réalisation de l'essai

- Mettre dans un bécher 500 ml d'eau distillée avec la masse de l'échantillon à tester.
- Agiter la solution à l'aide de l'agitateur à une vitesse de 700tr/min pendant 5 à 10 minutes.
- Verser 5ml de solution de bleu de méthylène à une vitesse de 400tr /min pendant une minute.
- Prélever à l'aide de la baguette de verre une goutte de suspension et la déposer sur le papier filtre.
- Si la tâche centrale est entourée d'une auréole bleu clair alors le test est positif.
- Si la tâche est entourée d'une auréole humide incolore alors le test est négatif. Dans ce cas, on ajoute du bleu de méthylène par prise de 5ml jusqu'à ce que le teste soit positif.

4. Expression des résultats

Masse sèche de la prise d'essai m_0 :

$$m_0 = \frac{m_1}{1 + \frac{W}{100}}$$

W: teneur en eau

m_1 : masse humide de l'échantillon

Masse de bleu

$$B = V \times 0,01$$

V : volume totale de solution de bleu

Pour les matériaux dont le D_{max} est inférieur à 5mm, l'expression du résultat est :

$$VBS = \frac{B}{m_0} \times 100$$

Pour les matériaux dont le D_{max} est supérieur à 5mm, l'expression du résultat est :

$$VBS = \frac{B}{m_0} \times C \times 100$$

VBS est exprimée en grammes de bleu pour 100g de matériau sec.

VII. Les limites d'Atterberg (NM 13.1.007)

1. But

L'essai de limite d'Atterberg permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action des variations de teneur en eau.

2. Matériel

Le matériel nécessaire pour réaliser cet essai comprend :

- ✓ Un bac,
- ✓ Un tamis à maille carrée de 400 μ m d'ouverture,
- ✓ Appareil de Casagrande (Fig.7),
- ✓ Une étuve de dessiccation à température (110 \pm 5) °C
- ✓ Une balance de précision,
- ✓ Des boites de pétri,
- ✓ Outil à rainurer,
- ✓ Une plaque lisse en marbre,
- ✓ Spatule,
- ✓ Plaque de verre de 5cm de largeur et de 10.5 cm de longueur graduée tous les 1cm.



Figure 7: *Appareil Casagrande*

3. Procédure de l'essai :

Préparation de sol

- Homogénéiser l'échantillon par brassage.
- Mettre une masse du matériau à imbiber dans un récipient d'eau à température ambiante, pendant au moins 24h.
- Tamiser le matériau par voie humide au tamis 400 μ m.
- L'eau de lavage et le tamisât sont recueillis dans un bac.
- Laisser décanter pendant au moins 12 h.
- Siphonner l'eau claire du bac sans entrainer de particules solides.
- Faire entrer à l'étuve pendant 12h à dessiccation 105°C.

Préparation de l'échantillon

- Mouiller progressivement la totalité du tamisât.
- Malaxer la totalité de la prise de telle sorte à obtenir une pâte homogène et presque fluide.

Réalisation de l'essai pour la détermination de la limite de liquidité

- Prendre une partie de la pâte et l'étaler dans la coupelle de l'appareil de Casagrande à l'aide de la spatule.
- Etaler la pâte en plusieurs couches afin d'éviter d'emprisonner des bulles d'air .

- Pratiquer une rainure dans cette pâte de telle sorte à la diviser en deux, l'outil à rainurer devra être tenu perpendiculairement à la coupelle en présentant sa partie biseautée face à la direction du mouvement.
- Soumettre la coupelle et le matériau qu'elle contient à des chocs répétés .
- Arrêter les chocs quand les deux lèvres se rejoignent sur une longueur d'environ 1 cm
- Noter le nombre de coups N :
 - Si $N > 15$, recommencer avec un matériau plus sec et homogénéiser à nouveau.
 - Si $N > 35$, renouveler l'opération en ajoutant de l'eau au matériau.
 - Si $15 < N < 35$, poursuivre l'essai.
- Prélever environ 5g des deux côtés des lèvres à l'endroit où elles se sont refermées.
- Placer le prélèvement dans une boîte de pétri de masse connue et peser immédiatement.
- Mettre dans l'étuve pour ensuite déterminer la teneur en eau.
 - Effectuer l'opération complète au moins quatre fois sur la même pâte et représenter la teneur en eau en fonction du nombre de coups.

Réalisation de l'essai pour la détermination de la limite de plasticité

- Former une boulette à partir de la pâte préparée précédemment et séchée.
- Rouler la pâte sur une plaque lisse de façon à obtenir un rouleau fissuré de $3\text{mm} \pm 0,5\text{mm}$ de diamètre et d'environ 10cm de longueur.
- Prélever la partie centrale du rouleau et le placer dans une boîte de pétri de masse connue, peser immédiatement puis l'introduire dans l'étuve pour déterminer sa teneur en eau.
- Effectuer un deuxième essai sur une nouvelle boulette.

4. Expression des résultats

La limite de liquidité W_L est la teneur en eau du matériau qui correspond à une fermeture de 1cm des lèvres de la rainure après 25 chocs .

Elle est calculée à partir de la droite moyenne ajustée sur les coups de valeurs expérimentales (nombre des chocs, teneur en eau).

La limite de plasticité W_p est la teneur en eau conventionnelle d'un rouleau de sol qui se fissure au moment où son diamètre atteint $3\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$

W_p : est la moyenne des teneurs en eau obtenues à partir des deux essais, elle est exprimée en pourcentage.

Calcul de l'indice de plasticité IP :

$$IP = W_L - W_p$$

VIII. Essai Los Angeles (NM.10.1.38)

1. But

Cet essai permet de mesurer les résistances combinées à la fragmentation par choc et à l'usure par frottements réciproques des éléments d'un granulat.

2. Matériel

Le matériel nécessaire pour réaliser cet essai comprend :

- ✓ Les boulets,
- ✓ Bac,
- ✓ Série de tamis,
- ✓ Balance,
- ✓ Machine Los Angeles (Fig. 8).



Figure 8 : *Machine Los Angeles*

3. Procédure

- Tamiser l'échantillon à sec sur chacun des tamis de la classe granulaire choisie en commençant par le tamis le plus grand.
- Peser une masse $M=5000 \pm g$.
- Introduire avec précaution la charge de boulets correspondant à la classe granulaire choisie.

Tableau 1 : La charge de boulets relative à chaque classe granulaire.

Classe granulaire (mm)	Nombre de boulets	Nombre de rotations	Observations
4-6 .3	7	500	–
6.3-10	9	500	–
10-14	11	500	–
10-25	11	500	Contient 60%de 10-16 mm
16-31.5	12	500	Contient 60% de 10-25mm

- Faire effectuer à la machine 500 rotations à une vitesse régulière comprise entre 30 et 33 tr /min pour toutes les classes.
- Recueillir le granulat dans un bac placé sous l'appareil en ayant soin d'amener l'ouverture juste au dessus de ce bac, afin d'éviter les pertes de matériau.
- Tamiser le matériau contenu dans le bac sur le tamis de 1,6 mm.
- Laver le refus au tamis 1,6 mm et sécher à l'étuve à 105 °C jusqu'à masse constante.
- Peser le refus une fois séché, soit m' le résultat de la pesée.

4. Expression des résultats

Le coefficient Los Angeles (LA) est défini par :

$$LA = (m / M) \times 100$$

$$m = M - m'$$

M : masse sèche de la fraction du matériau passant après l'essai au tamis de 1,6mm

m' : la masse du refus séché, Le résultat est arrondi à l'unité la plus proche .

Chapitre 2 : Étude de cas « construction du chemin non classé reliant centre Zerarda a Douar Ouawrakhsen »

I. Présentation générale de la zone d'étude

1. Situation géographique

Le tronçon de la liaison centre Zerarda et douar Ouawrakhsen s'étend sur une longueur de 9km, il prend origine juste près du siège de la commune Zerarda et prend fin au PK 9,000 au branchement de la piste avec une route non classée en direction Ribat El Khir.



Figure 9 : Situation géographique de la zone d'étude

2. Aperçu géologique

La route projetée qui permet la liaison entre Zerarda et Ouawrakhsen appartient au domaine situé entre les massifs calcaires jurassiques de la terminaison septentrionale du Moyen-Atlas au nord et les chevauchements des charriages pré-rifains au sud.

Le domaine Moyen Atlasique est situé entre l'accident sud atlasique et la limite sud du pré-rif, il est constitué par une couverture, formée des terrains essentiellement carbonatés, mésozoïques et cénozoïques comportant deux unités structurales :

-Une zone à couverture plissée, ayant subi une tectonique alpine précoce

-Une zone à couverture tabulaire comprenant le causse moyen atlasique, les hauts plateaux et le pays des horsts dans le Maroc oriental

Le tronçon de la piste appartient au domaine des formations du Paléozoïque, du Lias inférieur et du Quaternaire. On trouve principalement le Dévonien de Jbel Tazekka.

La nature du sol est composée par une couche de tout-venant qui repose généralement sur un support marneux ou argileux le long du tracé.

● Du point de vue structural :

Selon la géologie structurale du Maroc, le tracé a l'étude franchi deux domaines structuraux différents :

-Causse moyen atlantique codé AMC caractérisé par une tectonique cassante.

-Les nappes du sillon sud rifain codé REP caractérisé par une tectonique plissante.

● Du point de vue hydrologique :

Le réseau hydrographique est dense, il est constitué principalement par l'Oued Bouâyach et ses affluents répartis le long de la route par plusieurs importantes châabas, citons aussi l'oued mellah et ses affluents qui coulent dans la zone d'étude.

● Du point de vue climatique :

Le projet est situé dans une région caractérisée par un climat de type humide. Les précipitations se répartissent entre les mois d'Octobre et Mars.

3. Données topographiques

Le tracé se développe pour l'essentiel dans un terrain vallonné faisant partie des terminaisons septentrionales du Moyen Atlas tabulaire.

Les pentes longitudinales sont relativement faibles, les caractéristiques géométriques de la route étudiée sont à améliorer.

II. Corps de chaussée

1. Structure de la chaussée

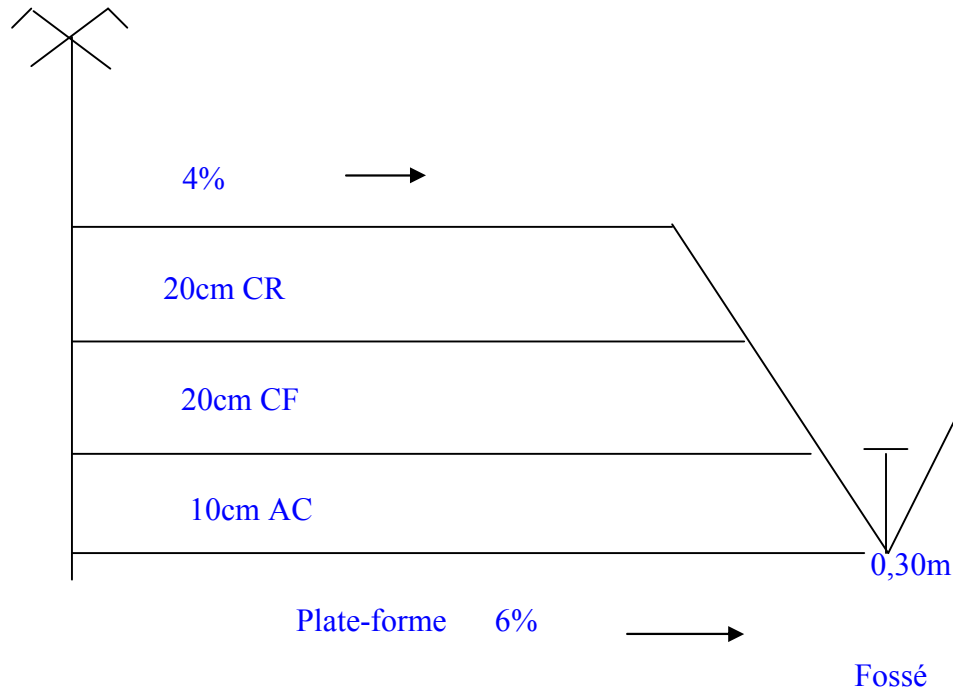


Figure 10 : *Les différentes couches de la chaussée étudiée*

Sol support : Il s'agit de la partie supérieure des terrassements (PST) après les mouvements de remblais - déblais et le décapage des terres végétales et des matériaux de mauvaise qualité.

Couche anti-contaminant (AC) : généralement de faible épaisseur (10 cm), elle a pour rôle d'atténuer la remontée des fines argileuses.

Couche de forme (CF) : est destinée à améliorer le réglage et la portance du sol support formant ainsi la plate-forme support de chaussée. Elle permet d'assurer le trafic de chantier. Son épaisseur dépendra de la qualité du sol support elle peut être importante si la portance du terrain est faible.

Couche de Roulement (CR): Le rôle de cette couche est d'assurer le bon fonctionnement de corps de chaussé en atténuant les effets des charges induites par le trafic et évitant la déformation excessive du sol support.

2. Avancement des travaux

- Personnels (chef de chantier, des manoeuvre, des chauffeurs....etc.)
- Matériels (les camions, la niveleuse, D9, citerne à eauetc) (Fig.11, a).
- Lieux d'extraction ou d'emprunt des matériaux 10% (Fig.11, a).
- Ouverture de la plateforme sur 9,2 mètre à 50 % (Fig.11, b).
- Exécution des fossés 10 % (Fig.11, c).
- Déblai 95% (Fig.11, d).
- Exécution des talus 60 % (Fig.11, e).
- AC 0%.
- CF 0%.
- CR 0%.



a)



b)



c)



d)



e)

Figure 11: *Avancement des travaux* sur le chantier



Figure 12: *Prélèvement de l'échantillon de la carrière*

3. Trafic :

Le trafic de la piste à l'étude est généralement faible. Cependant il va subir une nette augmentation après sa construction et le nombre des véhicules sera inférieur à 150 véhicules par jour.

4. Prélèvement

Au cours de notre sortie sur le chantier, On a prélevé une quantité assez importante des matériaux à analyser au laboratoire. (Fig12).

III. Méthodologie et résultats des essais

1. Echantillonnage

Dès que l'échantillon est prélevé et mis dans des sacs de plastique on procède au quartage. Ce dernier ne peut être effectué que lorsque le poids de l'échantillon dépasse les 50 kg en totalité ce qui est présent dans le cas de notre étude



Figure 13 : *Quartage de l'échantillon*

Une fois notre échantillon est réduit, on a pris les quantités suffisantes dans des divers plateaux pour réaliser les essais. (Fig.13).



Figure 14 : *Répartition de l'échantillon sur des divers bacs*

2. Les essais (identification, caractérisation mécanique)

2.1. Analyse granulométrique par tamisage

Après lavage et séchage, la masse obtenue 17063 g est utilisée pour la réalisation de l'analyse granulométrique par tamisage. Le tableau 2 résume la répartition des grains sur les différents tamis selon leurs grosseurs.

Tableau 2 : Résultats de l'analyse granulométrique

Tamis Mailles carrées (mm)	Masse des refus Ri (g)	Masse refus cumulés Ri (g)	refus cumulés (%)	tamisât cumulés (%)	Masse de l'échantillon à l'état humide M1=18830 g
125	0	0	0	100	
100,0	1854	1854	9,9	90	
80,0	1838	3692	19,8	80	
63,0	2808	6500	34,8	65	
50,0	961	7461	40,0	60	
40,0	719	8180	43,8	56	Masse sèche après lavage M3=17063g
31,5	336	8516	45,6	54	
25,0	975	9491	50,8	49	
16,0	548	10039	53,8	46	
14,0	620	10659	57,1	43	
12,5	797	11456	61,4	39	
10,0	661	12117	64,9	35	
8,0	668	12785	68,5	32	
6,3	678	13463	72,1	28	
5,0	550	14013	75,1	25	
4,0	549	14562	78,0	22	Masse Sèche de l'échantillon avant lavage M2=18666g
2,500	640	15202	81,4	19	
2,0	292	15494	83,0	17	
1,250	481	15975	85,6	14	
0,630	446	16421	88,0	12	
0,315	278	16699	89,5	11	
0,160	241	16940	90,8	09	
0,080	121	17061	91,4	09	

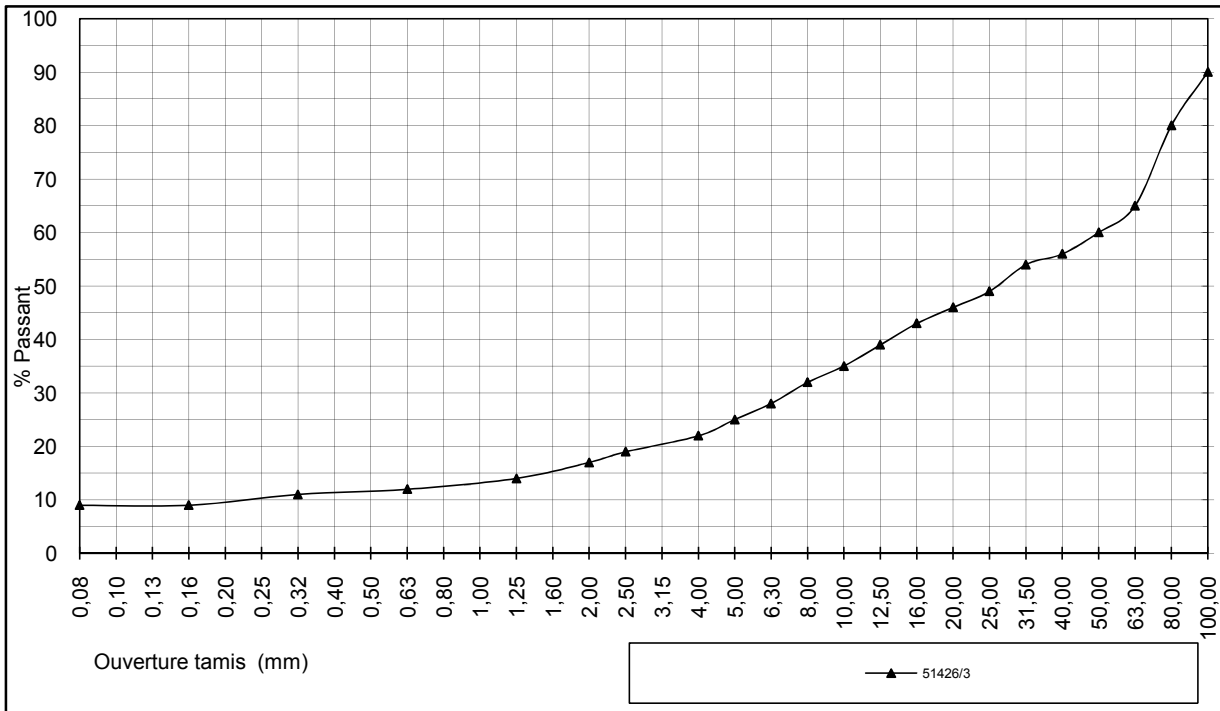


Figure 15 : Courbe cumulative de l'analyse granulométrique

L'analyse granulométrique de l'échantillon montre que la courbe a une allure continue dont le diamètre maximal retenu est de l'ordre de 100 mm. D'autre part, la majorité des éléments granuleux se regroupent dans l'intervalle de 31,5 mm à 100 mm. En effet l'échantillon présente une granulométrie continue

2.2. Equivalent de sable



Figure 16 : Mesure des hauteurs

Tableau 3: Résultats de l'équivalent de sable

Masse en l'état de l'échantillon (g)	Masse sèche de l'échantillon (g)	Teneur en eau (%)	Essais	Masse prise à l'essai (g)	Hauteurs lues		Équivalent de sable (%)
					h1 (mm)	h2 (mm)	
152,1	149,5	1,7	Essai 1	122,04	328	96	29
			Essai 2	122,04	309	90	29

2.3. Essai au bleu de méthylène

Tableau 4 : Résultats de l'essai bleu de méthylène

Proportion pondérale fraction 0/5 mm contenue dans la fraction 0/50 mm du sol	C = 0,42	%
Masse humide de l'échantillon ; constituant la 1 ^{ère} prise essai	m₁ = 70,0	g
Masse de l'échantillon avant étuvage (2 ^{ème} prise d'essai)	m₂ = 82,6	g
Masse de l'échantillon après étuvage (2 ^{ème} prise d'essai)	m₃ = 80,8	g
Teneur en eau	w = 2,2	%
Masse sèche prise d'essai	m₀ = 68,5	g
Masse de bleu	B = 0,25	g
Volume solution	Résultat	
+5	(-)	
+5	(-)	
+5	(-)	
+5	(-)	
+5	(+)	
Volume total solution bleu V = 25 cm³		

Les premiers volumes de la solution de bleu de méthylène n'ont pas coloré l'eau ce qui fait que l'échantillon absorbe le bleu à ce moment. A partir de 25 cm³ de bleu, l'auréole de la tâche se colore d'un bleu clair ; c'est le signe que toute l'argile présente dans l'échantillon a épuisé sa capacité d'absorption.

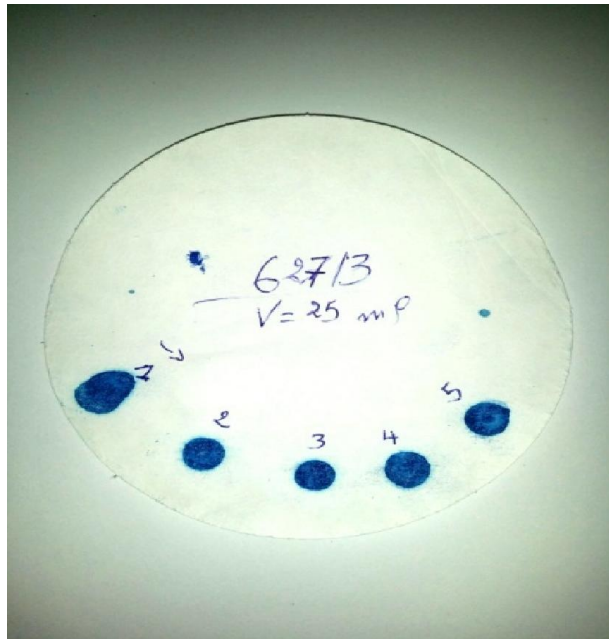


Figure17 : *Test positif de l'essai de bleu de méthylène*

En se basant sur les résultats notés dans le tableau 4 et selon l'essai de l'analyse granulométrique, on déduit la valeur du bleu :

$$\text{VBS} = 0,15$$

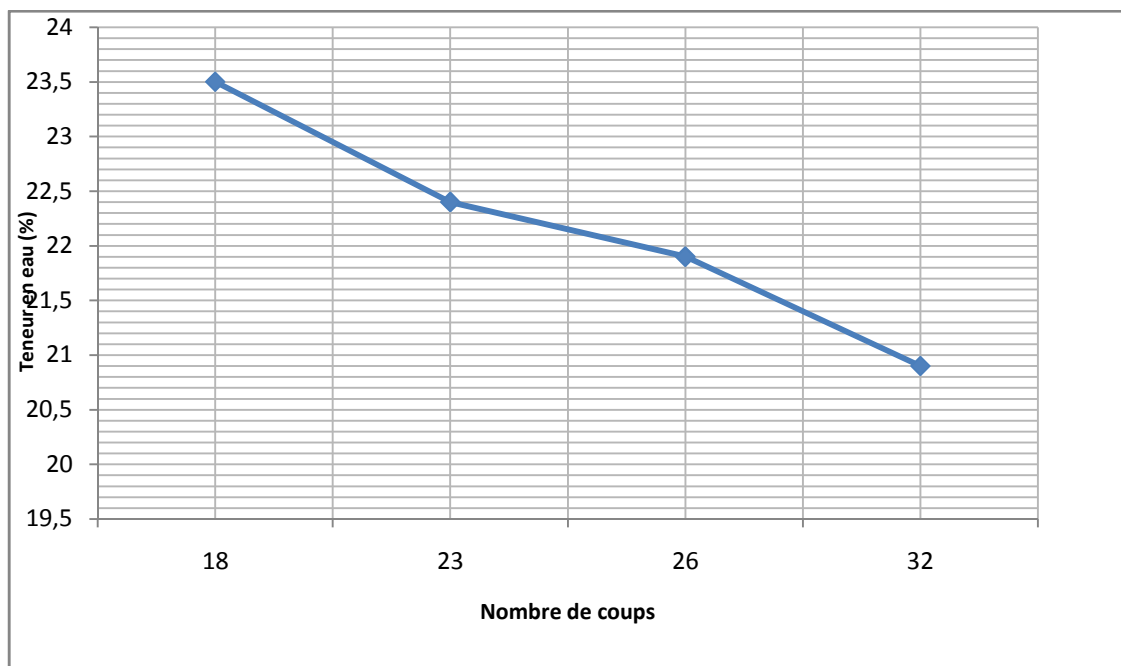
2.4.Limites d'Atterberg



Figure 18 : *la forme de la rainure réalisée sur l'échantillon*

Tableau 5 : Résultats de la limite de liquidité (W_L)

Limite de liquidité				
Nombre de coups	18	23	26	32
Numéro de la tare	M6	C1	M'6	B'6
Masse total humide (g)	20,666	21,073	22,312	21,802
Masse total sèche (g)	18,597	18,948	20,477	20,161
Masse de la tare (g)	9,790	9,451	12,102	12,315
Masse de l'eau (g)	2,069	2,125	1,835	1,647
Masse du sol sec (g)	8,807	9,497	8,375	7,846
Teneur en eau w (%)	23,5	22,4	21,9	20,9

**Figure 19 : Courbe de la limite de liquidité**

D'après la courbe $W = f(N)$, on déduit la valeur qui correspond à 25 coups :

→ $W_L = 22\%$

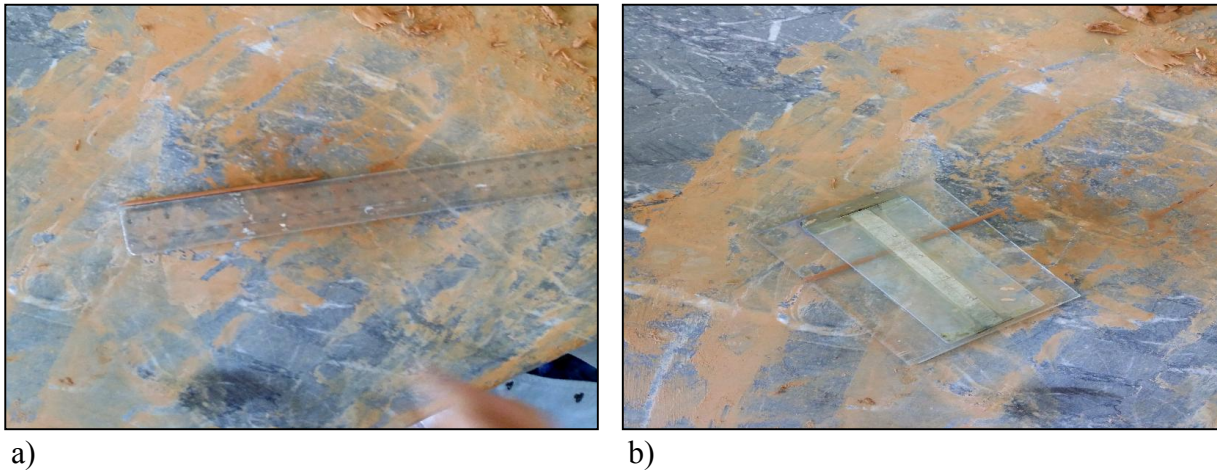


Figure 20 : Rouleau fissuré (a : longueur 10 cm, b : diamètre 3mm)

Tableau 6: Résultats de la limite de plasticité (W_p)

Limite de plasticité			
Numéro de la tare		ZF	C'2
Masse totale humide	(g)	14,320	14,634
Masse totale sèche	(g)	14 ,090	14,404
Masse de la tare	(g)	12,527	12,834
Masse de l'eau	(g)	0,230	0,230
Masse du sol sec	(g)	1,563	1,570
Teneur en eau w	(%)	14,7	14,6

Du tableau 6 , on déduit une valeur moyenne de la limite de plasticité :

$$\rightarrow \mathbf{WP} = 14,7\%$$

Nous pouvons ainsi déduire l'indice de plasticité :

$$\rightarrow \mathbf{IP} = 7\%$$

2.5. Essai Los Angeles :

Tableau 7 : Résultats de l'essai Los Angeles

Classe granulaire (mm)	Nombre de boulets	Masse échantillon (g)	Refus tamis 1,6 mm m' (g)	Passant tamis 1,6 mm m (g)	Coefficient Los Angeles LA (%)
10-25	11	5000,5	3308,5	1692,0	34

IV. Classification et condition d'utilisation de sol**1. Classification GTR**

Le GTR est un outil méthodologique utilisé dans les grands projets des travaux routiers.

La classification présentée ci-après conserve l'esprit de la classification 1976. Elle fait l'objet de la norme (NF P 11-300).

Tout matériau naturel « sol » testé peut donc être rangé selon ce système de classification dès lors que les valeurs des paramètres sur lesquels il s'appuie sont connues et que les essais permettant de les déterminer sont reconnus significatifs sur le matériau considéré.

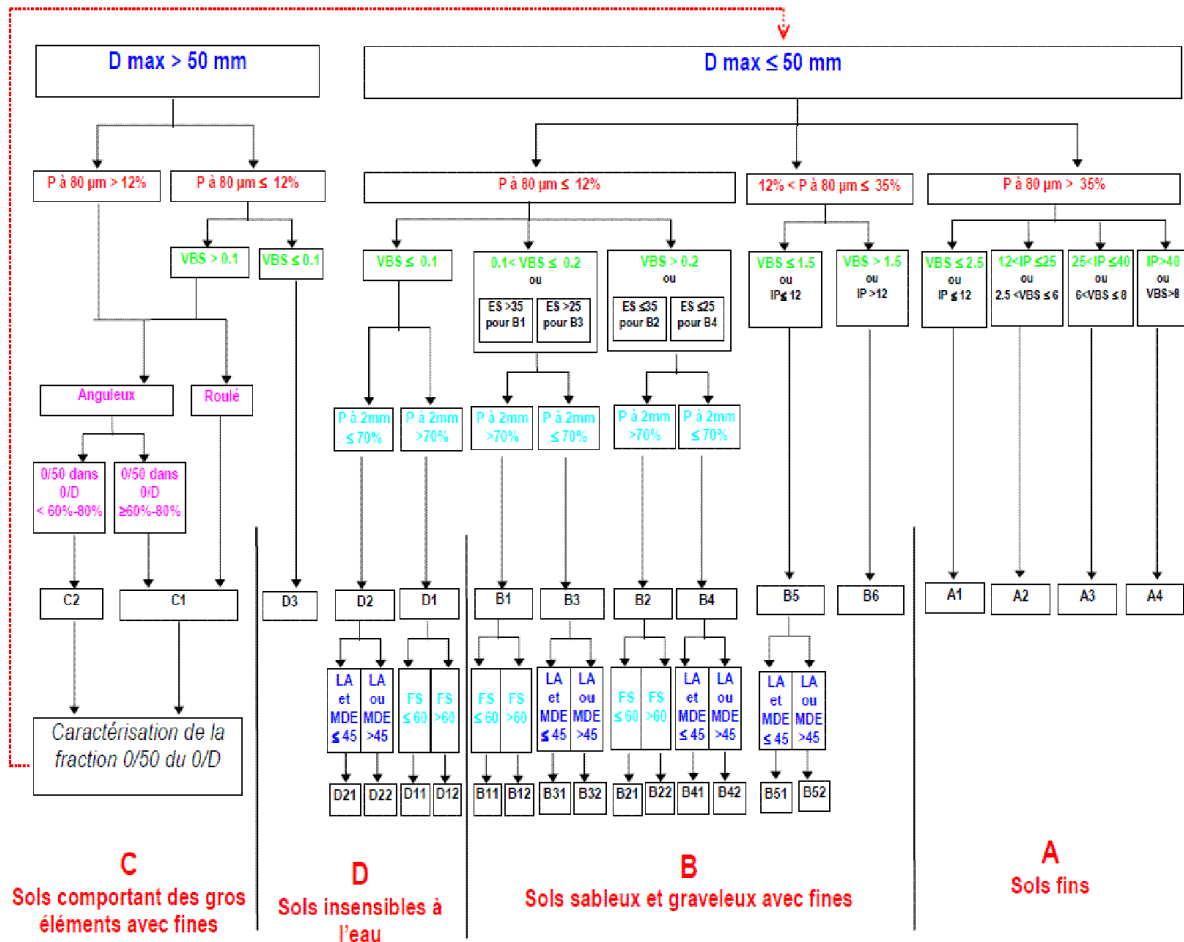


Figure 21: Classification synthétique GTR

En se basant sur les valeurs des essais et la classification GTR (Fig.21), l'échantillon testé correspond à un sol comportant des gros éléments avec fines de classe C1.

2. Condition d'utilisation de sol en couche de forme

Pour qu'un matériau puisse être employé en couche de forme il faut qu'il satisfasse aux critères définis ci-après. Certains matériaux pourront être utilisés en l'état, d'autres pourront être rendus aptes à un emploi en couche de forme moyennant une modification de leur nature et / ou de leur état par une technique.

Les critères à prendre en considération concernant :

- Dimension des plus gros éléments, doit être inférieure à 100 mm.
- L'indice de plasticité : $IP < 10$.
- L'argilosité : $VBS < 1,5$.
- La résistance à la fragmentation : $LA < 45\%$
- La Propreté : $Es > 20$

Tableau 8 : les caractéristiques du sol et spécification liée aux conditions d'utilisation des matériaux en couche de forme

Référence d'échantillon	Lieu de prélèvement	Granulométrie par tamisage												Limites d'Atterberg		VBS	Los Angeles (%)	Es (%)
		% passants au tamis												WI %	IP %			
		100	80	63	50	31,5	25	20	16	10	6,3	2	0,08					
627/3	Zerarda	100	80	65	60	54	49	46	43	35	28	17	09	22	07	0,15	34	29
Spécification		<100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<10	<1,5	<45	>20
Les critères respectés		oui	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	oui	oui	oui	oui

Les caractéristiques du sol représentées dans le tableau 8 respectent les conditions d'utilisation des matériaux en couche de forme.

V. Problématique

Le glissement de terrain comme étant un phénomène géologique ou une masse de terre qui descend sur une pente est considéré comme une obstruction pour la continuité du projet.

1. Diagnostic du glissement

La visite sur chantier nous a permis d'identifier plusieurs causes et facteurs de mouvements de terrain :

- ❖ L'existence des fondations abandonnées qui forment des cavités de dimensions relativement importantes. Ces cavités sont remplies d'eau et jouent le rôle de lagunes.

Cette eau alimente en permanence la zone déstabilisée (Fig.22).

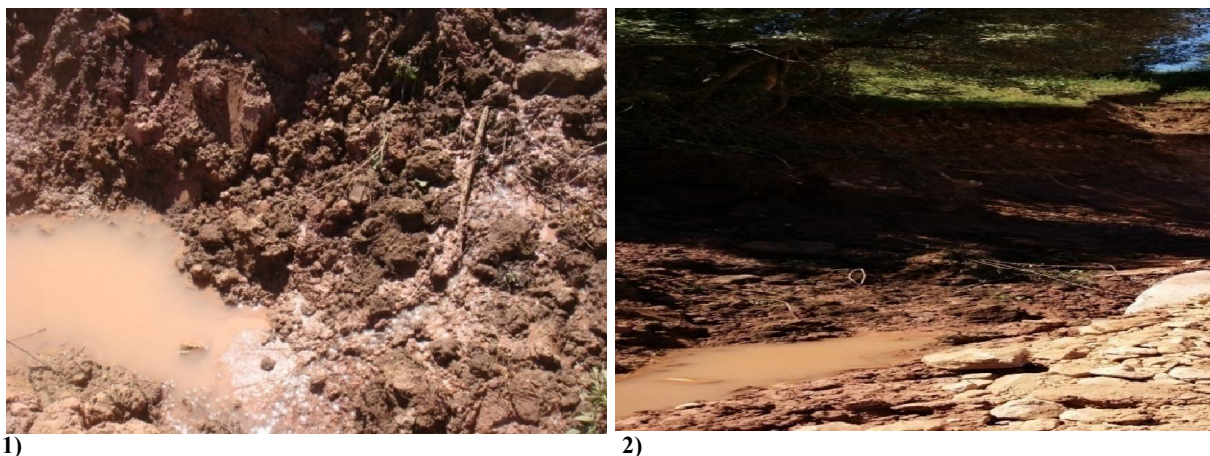


Figure 22 : Alimantation en eau de la zone glissée par ruissellement

- ❖ Glissement sous forme d'une coulée de boue qui a atteint le tracé



Figure 23 : *coulée de boue*

2. Le traitement du glissement

Le traitement du glissement suggère les solutions suivantes :

- ❖ Fossé revêtu. (Fig.24).
- ❖ La construction des murs de soutènement. (Fig.25).
- ❖ La végétation.

2.1. Fossé revêtu

Les eaux de surface (eaux de pluie, eaux de ruissellement ...) peuvent être gérées par la réalisation d'un fossé imperméable qui permet de minimiser les infiltrations de ces eaux et par conséquent, éviter les mouvements des particules de sol et éloigner les eaux vers les points les plus loin de la chaussée.



Figure 24 : *Fossé en béton*

2.2. Murs de soutènement

La construction d'un mur de soutènement verticale ou sub-verticale permet de bloquer des terres ou tout autre matériau granulaire sur une surface réduite pour préserver les routes et chemins des éboulements et glissement de terrains

Il y a plusieurs types de murs de soutènement. Les murs en poids, en maçonnerie (Fig.25) peuvent arrêter les projectiles au fond de leurs filets.



Figure 25 : *Technique de soutènement "mur en maçonnerie"*

2.3. La végétation

C'est une méthode écologique et économique qui copie une fois de plus la nature. Elle consiste à stabiliser le sol avec des plantations appropriées au terrain et à l'environnement. Cette méthode contribue à augmenter la résistance du sol au cisaillement. En effet, en retenant le sol par ses racines et en régulant la température et l'humidité, la végétation réduit frottement le jeu des dilatations et des contractions dans les couches superficielles.

Conclusion

Le présent travail est le fruit d'une synthèse et d'une analyse d'un grand nombre de paramètres géotechniques tirés des essais effectués dans le cadre de l'étude relative à la construction du chemin non classé reliant la commune rurale de Zerarda à Douar Ouawrakhsen.

Pour assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance parfaite pour supporter tout genre de véhicules et rapporter le poids des véhicules sur le terrain de fondation et pour ce, l'application des différents essais géotechniques sur le sol semblent très importante afin de déterminer la conformité de ce dernier avec l'avancement des travaux sur la couche de forme.

En effet, les résultats de cette étude montrent que la dureté est de 34%, la propreté est de 29%, l'indice de plasticité est de 7% et l'argilosité est de 0.15%, qui respectent les conditions exigées déjà citées et par conséquent l'utilisation des matériaux sur la couche de forme.

Annexes I : Présentation de laboratoire public des essais et d'études (LPEE) et du centre de Fès

I. Laboratoire Public d'Essai et d'Etude

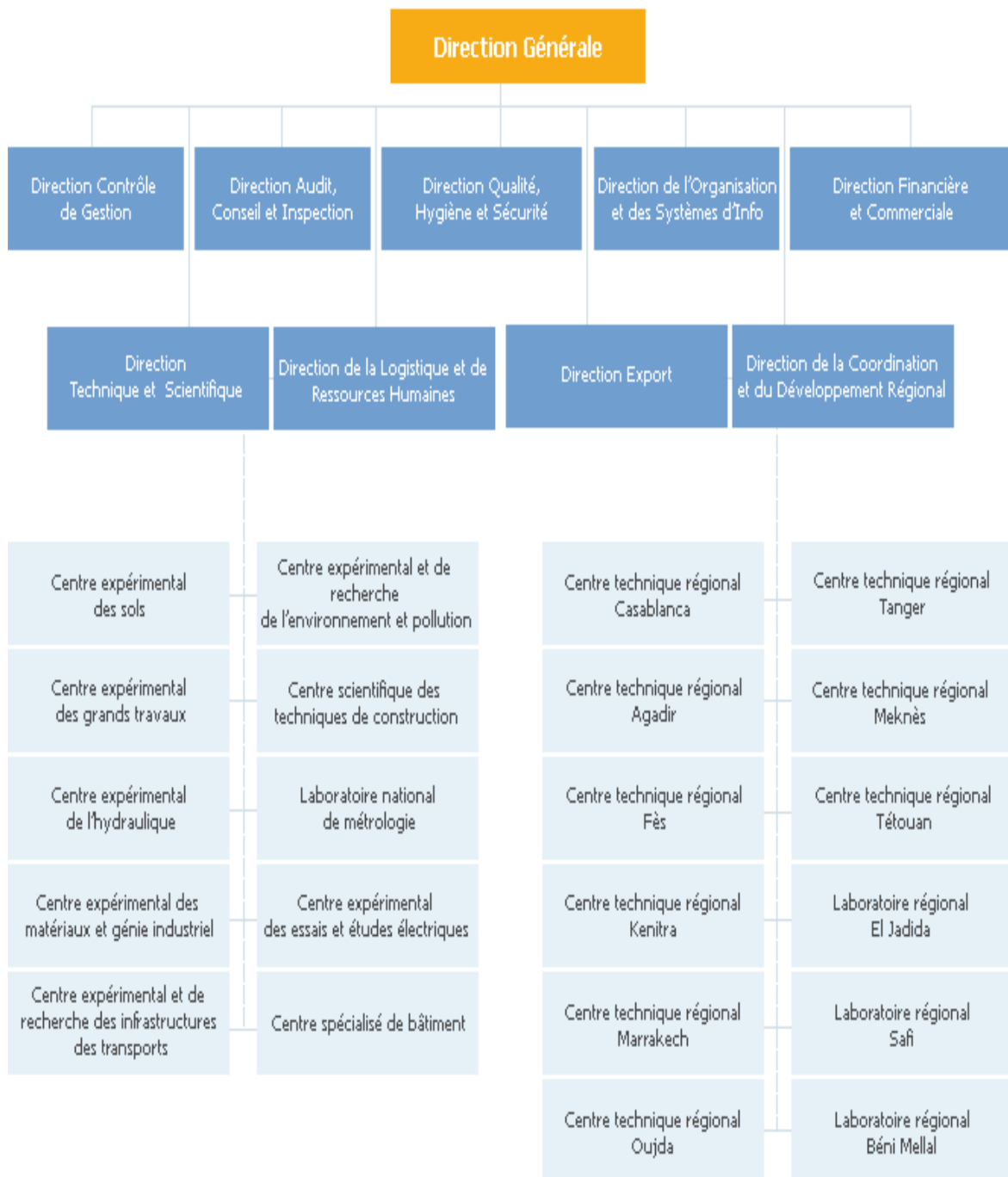
Le Laboratoire Public d'Essais et d'études(L.P.E.E) est un établissement publique au statut juridique actuel de société anonyme, créée depuis 1947, en tant que spécialiste dans le secteur de l'expérimentation et des mesures. Le champ d'action de ses compétences est assez large et varié, il couvre les prestations suivantes :

- **Science de la terre** : géologie, géotechnique, géophysique, hydrogéologie, mécaniques des sols et mécanique des roches,
- **Génie civil** : infrastructure de transport, bâtiment, ouvrage d'art, barrage ports, aménagement hydraulique et hydro-agricole, aménagement urbains et adduction d'eau potable et assainissement,
- **Environnement** : caractérisation des milieux (sols, eau, air), étude d'impact, protection et réhabilitation,
- **Hydraulique** : marine et fluviale, hydrographie, hydraulique industrielle, modélisation et bathymétrie,
- **Génie industriel** : électricité, métallurgie, prévention des risques, métrologie et emballage et conditionnement.

En outre, LPEE a comme vocation de contribuer à garantir la qualité et la pérennité des ouvrages et la sécurité des citoyens. Il déploie aussi un effort considérable dans le domaine de la recherche, de ce fait le LPEE assure continuellement l'élargissement de ses métiers de base à d'autres activités

Le LPEE est un réseau à l'échelle nationale, organisé en 10 centre spécialisés et 12 centres et laboratoires régionaux (CTR) couvrant tout le territoire marocain (figure 1).

Par les (CTR), le LPEE assure un service de proximité sur l'ensemble du territoire national.



Organigramme du LPEE

Les effectifs actuels de LPEE dépassent les 1000 salariés dont plus de 30% d'ingénieurs et cadres supérieurs. Chaque année le LPEE fournit un effort important dans la formation et le développement des compétences de son personnel. Ses experts figurent parmi les références dans leurs domaines d'intervention. Par ailleurs, le LPEE est doté d'équipements à la pointe de l'innovation et consent régulièrement, des investissements conséquents pour renouveler, compléter et moderniser son parc matériel. L'objectif de tous ces investissements étant d'une part, de répondre aux attentes d'une clientèle de plus en plus exigeante, avertie et soucieuse de la qualité des prestations, et d'autre part d'anticiper sur les besoins d'un marché en pleine mutation.

II. Le CTR de Fès

1. Présentation

Le centre de Fès, est un organe de centre Technique Régional de Fès_ Meknès du L.P.E.E. Il est structuré et équipé pour répondre à tous les domaines d'intervention. Son activité principale consiste à réaliser les prestations d'essai, contrôle, d'études, d'expertises et de recherche. Il fournit à ses clients et partenaires, représentant des secteurs les plus variés de l'économie régionale, les données qui leur sont indispensables pour réaliser leurs projets en complémentarité professionnelle avec les autres intervenants dans l'acte de bâtir.

2. Domaines d'intervention

- ✓ Essais en laboratoire
- ✓ Sondages et mesures in-situ
- ✓ Contrôle de qualité
- ✓ Expertise
- ✓ Assurance qualité
- ✓ Recherche appliquée
- ✓ Formation et animation technique

3. Champs d'application

L'élément isolé : essai isolé, matériau simple ou composite, produit industriel, montage expérimental spécial.

Le projet spécifique : bâtiment, locale industriel, carrière, route, conduite, galerie, tunnel, station de pompage, réservoir, barrage, digue, ouvrage d'art, murs de soutènement, et stabilité des talus.

4. Moyens humains et matériels

Le centre de Fès est constitué de :

- ✓ Une équipe d'ingénieurs et techniciens, hautement qualifiée et expérimentée, ayant une connaissance des données et spécificités géologiques de la région,

- ✓ Matériel d'essais et d'analyses permettant d'assurer la précision, l'exactitude et la fiabilité des mesures et ce conformément aux normes et standards internationaux de la métrologie.

Un complexe de laboratoire entièrement équipé : laboratoires de chantiers et des laboratoires d'essai :

- Laboratoire de la géotechnique
- Laboratoire de matériaux et structures
- Laboratoire des infrastructures de transport

Des équipes d'interventions extérieures en l'occurrence le contrôle des terrassements et chaussées, et le contrôle des bétons.

Feuille d'essai Los Angeles

Classe granulaire (mm)	Nombre de boulets	Masse échantillon M (g)	Refus tamis 1,6 mm m' (g)	Passant tamis 1,6 mm m (g)	Coefficient Los Angeles LA (%) [*]
<p>La masse de l'échantillon pour essai est de 5 000 g ± 5 g</p> <p>[*] Le coefficient Los Angeles est : $LA = 100 (m/M)$ à arrondir à l'unité la plus proche</p>					
Classe granulaire (mm)	Nombre de boulets	Masse totale de la charge (g)	Nombre de rotations	Observations	
4 - 6,3	7	3080	500		
6,3 - 10	9	3960	500	+20	
10 - 14	11	4840	500	à	
10 - 25	11	4840	500	-150	
16 - 31,5	12	5280	500	Contient 80 % de 16 - 25 mm	
25 - 50	12	5280	1000	Contient 80 % de 25 - 40 mm	

Feuille d'essai Equivalent de Sable

<p>- Masse en l'état de l'échantillon :</p> <p style="text-align: center;">M1 = g</p> <p>- Masse sèche de l'échantillon :</p> <p style="text-align: center;">M'1s = g</p>	<p style="text-align: center;">Teneur en eau</p> $W = \frac{M1 - M'1s}{M'1s} \times 100 = \quad \%$																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2">N° éprouvette</th> <th rowspan="2">m h .. (g)</th> <th colspan="2">Hauteurs lues</th> <th rowspan="2">Equivalent de sable E S = (H2 / H1) x 100</th> </tr> <tr> <th>H1 (mm)</th> <th>H2 (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Essai 1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Essai 2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">E S (valeur moyenne en % arrondi à l'unité la plus proche)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			N° éprouvette	m h .. (g)	Hauteurs lues		Equivalent de sable E S = (H2 / H1) x 100	H1 (mm)	H2 (mm)	Essai 1						Essai 2						E S (valeur moyenne en % arrondi à l'unité la plus proche)					
	N° éprouvette				m h .. (g)	Hauteurs lues		Equivalent de sable E S = (H2 / H1) x 100																			
		H1 (mm)	H2 (mm)																								
Essai 1																											
Essai 2																											
E S (valeur moyenne en % arrondi à l'unité la plus proche)																											
<p>** La masse humide de chaque prise d'essai (en gramme) $m h = 120 \left(1 + \frac{W}{100}\right)$.</p>																											

Références

-Norme Marocaine 10.1.137

-Norme Marocaine 10 .1 .700

-Norme Marocaine .10 .1.147

-Norme Française 94-068

-Norme Marocaine 13.1.007

-Norme Marocaine 10.1.38

- Norme Française F P 11-300

[http://www.ente-aix.fr/documents/135
geotechnique/3_ClassificationSols/co/Contenu_1_TableauxSynthese.html](http://www.ente-aix.fr/documents/135_geotechnique/3_ClassificationSols/co/Contenu_1_TableauxSynthese.html)

<http://www.abs-bodet-beton-extrude.fr>



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques

www.fst-usmba.ac.ma



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Prénom et NOM : Siham SLAOUI et Imane RAINI

Année Universitaire : 2014/2015

Titre : Identification et caractérisation mécanique des sols, cas de construction de chaussées

Résumé

L'identification géotechnique constitue une phase importante de l'étude technique d'un projet routier pour la localisation et la conception du tracé de route. L'étude vise à obtenir avant le début du projet, des informations techniques sur la stratigraphie des sols et les conditions de la nappe phréatique pour la conception économique et durable d'une route projetée.

L'objectif de ce travail est de préciser les paramètres de nature et les caractéristiques mécaniques des matériaux utilisés sur une couche de la chaussée qui est la couche de forme afin de déterminer la conformité de ces derniers avec l'avancement des travaux sur tout le corps de chaussée et assurer une résistance parfaite à la circulation des véhicules depuis la commune rurale de Zerarda jusqu'à Douar Ouawrahssene.

Suivant les résultats sur la nature des sols, la propreté et la dureté, il s'est avéré que l'utilisation de ces matériaux sur tout le corps de chaussée est valable et ce par l'installation d'un concasseur qui va permettre de concasser et cribler toutes les fractions demandées pour chaque couche.

Mots clés : Géotechnique , Chaussée