



**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES, MAROC**

**Département de l'Environnement**

**Diplôme Universitaire de Technologie  
Génie Minéral et Environnement  
DUT GME**

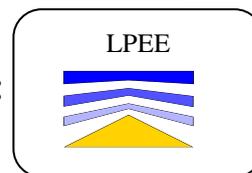
**STAGE TECHNIQUE DE FIN D'ÉTUDE**

**Application de quelques essais  
techniques sur des échantillons de la  
région de Kansara.**

**Réalisé (e) par :**

**Fatima-ezzahara Fahd**

**Lieu de Stage :**



**Encadré (e) par :**

**Pr. Driss el Azzeb**

**Jury et Date de Soutenance : Le Mardi 23 Juin 2015**

**Pr. Naoual Rais**

**Pr. Lahcen Benaabidate**

**Pr. Abdelali Chaouni**

**Pr. Driss El Azzab**

**Pr. Abderrahim Lahrach**

**Année universitaire 2014 - 2015**

## Résumé :

J'ai effectué un stage au sein du laboratoire LPEE afin d'ajouter des plus à ma formation, car le stage professionnel a pour but de mettre en pratique les connaissances acquises durant le cursus de formation et d'appréhender la réalité pratique, donc puisque au cours de ma 2<sup>e</sup> année j'ai étudié les modules géotechnique et matériaux de constructions j'ai opté pour un stage au laboratoire pour mettre en pratique la connaissance que j'ai eue au cours de cette année.

Cette orientation pratique, complétera les connaissances théoriques qu'on nous a enseignées et me permettra d'acquérir beaucoup plus d'information dans ce domaine.

Dans ce rapport, je commence d'abord par une présentation de l'entreprise dans laquelle j'ai passé mon stage.

Ensuite je présenterai les différents essais que j'ai effectués dans ce laboratoire et les démarches réalisées afin d'élaborer un rapport de synthèse.

Finalement, mon rapport se termine avec une Application de quelques essais techniques sur des échantillons de la région de Kansara.

## Remerciements

Je tiens à remercier vivement la Faculté des sciences et techniques de Fès de j'ai accueillis pour effectuer cette formation, en je m'offre ainsi la possibilité d'acquérir une expérience professionnelle très enrichissante.

Mes remerciements vont particulièrement :

- ✓ Aux membres de jury qui ont bien voulu faire l'honneur d'évaluer et d'apprécier ce travail.
- ✓ A tous les enseignants du département DUT GME pour les efforts énormes qu'ils ont fourni tout au long de notre formation.

Mes vifs remerciements s'adressent également à :

- ✓ Mr. DAMHATI, Directeur du CTR-FES qui m'a donné l'opportunité d'effectuer mon stage au sein de LPEE.
- ✓ Enfin, il est pratiquement impossible d'énumérer tous ceux qui ont apporté leurs aides et à qui nous exprimons également toute notre gratitude.

Je tiens à remercier s'adressent également, à tous les techniciens de LPEE, pour leur collaboration et leur conseil.

## Liste des photos :

Photo 1 : Diviseur échantillonneur

Photo2 : procédure de lavage des échantillons

Les photos 3 : les étapes pour déterminer teneur eau

Photo 4 : série des tamis

Les photos 5 : les étapes pour déterminer limite de liquidité

Les photos 6 : les étapes pour déterminer limite plasticités

Photo 7: appareillage nécessaire pour l'essai VBS

Photo 8 : Vue du papier filtre et de tâche auréolée

Photo 9 : appareille l'oedomètre

Photo10 : la conduite de l'eau potable

## Liste des tableaux

Tableau 1 : exemple des résultats d'un essai granulométrique

Tableau 2 : feuille d'essai

Tableau 3 : les résultats l'essai

Tableau 4 : Modèle de feuille de calculs de VBS

Tableau 5 : tableau les essais de section PS1.PS2.PS3.PS4

## Introduction

Ce stage a pour objectif de suivre et maîtriser le maximum d'essais géotechniques possibles qui se réalisent au sein de LPEE appliqué au conduit de l'eau potable « barrage Idriss I ». Il était également question de connaître les matériaux de construction, leurs caractères et le matériel utilisé pour chaque essai.

Les essais effectués sont :

- Essai détermination de la teneur en eau
- Essai d'identification : analyses granulométrique
- Essai d'identification : limites d'Atterberg
- La valeur bleue méthylène
- Essai de compression à l'oedomètre

Ce rapport comporte :

- Une présentation de LPEE et de CTR-Fès ;
- Quelques essais de laboratoire pour l'identification des sols pour utilisation en matériaux de construction.
- Application de quelques essais techniques sur des échantillons de la région de Kansara.

## Sommaire

### Chapitre I : présentation générale de LPEE

- 1) Présentation de LPPE.....6
- 2) Historique de LPEE .....6
- 3) Rôle de LPEE .....7
- 4) Organigramme de LPEE .....7

### Chapitre II : les essais de reconnaissance des sols et des granulats

- 1) Définition de la géotechnique.....8
- 2) Les domaines d'application.....8
- 3) Généralité sur granulat.....8
- 4) Préparation échantillons.....10
- 5) Les essais de laboratoire.....12
  - 5-1) Essai d'identification des sols
    - a) Essai détermination de la teneur en eau .....12
    - b) Essai d'identification : analyses granulométrique.....13
    - c) Essai d'identification : limites d'Atterberg.....15.
    - d) La valeur bleue méthylène .....20
  - 5-2) Essai mécaniques : Essai de compression à l'oedomètre .....24

### Chapitre III : Application de quelques essais techniques sur des échantillons de la région de Kansara.

- 1) Cadre générale de la zone étude
  - a) Contexte géologique .....25
  - b) Contexte hydrogéologie.....27
  - c) Contexte sismique .....27
- 2) Les études géotechniques dans cette zone
  - a) Projet .....27
  - b) Reconnaissance .....28
  - c) Essai de laboratoire .....28

Conclusion générale .....31

Bibliographie.....32

## **Chapitre I : présentation générale de LPEE**

### **1) Définition LPPE**

Le Laboratoire Public d'Essais et d'Etudes, est une société anonyme d'économie mixte, organisme assurant la stabilité, la durabilité et la qualité du bâtiment. Depuis 1947, date de sa création le laboratoire public d'essais et d'études « LPEE » contribue activement à la plupart des grands chantiers du Maroc. Il existe 10 unités techniques spécialisées, qui ont été constituées à Casablanca dédiées à la recherche, à l'intervention sur les grands projets, pour prodiguer des prestations spécialisées, à l'accompagnement technologique des professionnels et du réseau régional du LPEE. 12 laboratoires équivalents ont été installés, renforcés et structurés dans toutes les régions du Maroc.

Toutes ces unités techniques sont liées entre elles, et constituent un réseau pour améliorer leur D'une coté, le LPEE s'engage de l'exécution et l'interprétation des travaux expérimentaux nécessités par tous les ouvrages de bâtiment et de génie civil d'une autre le laboratoire effectue des recherches d'intérêt général portant de certains matériaux de construction, ou des recherches d'inters particulier efficacité et particulièrement leurs délais d'intervention.

### **2) Historique de LPEE :**

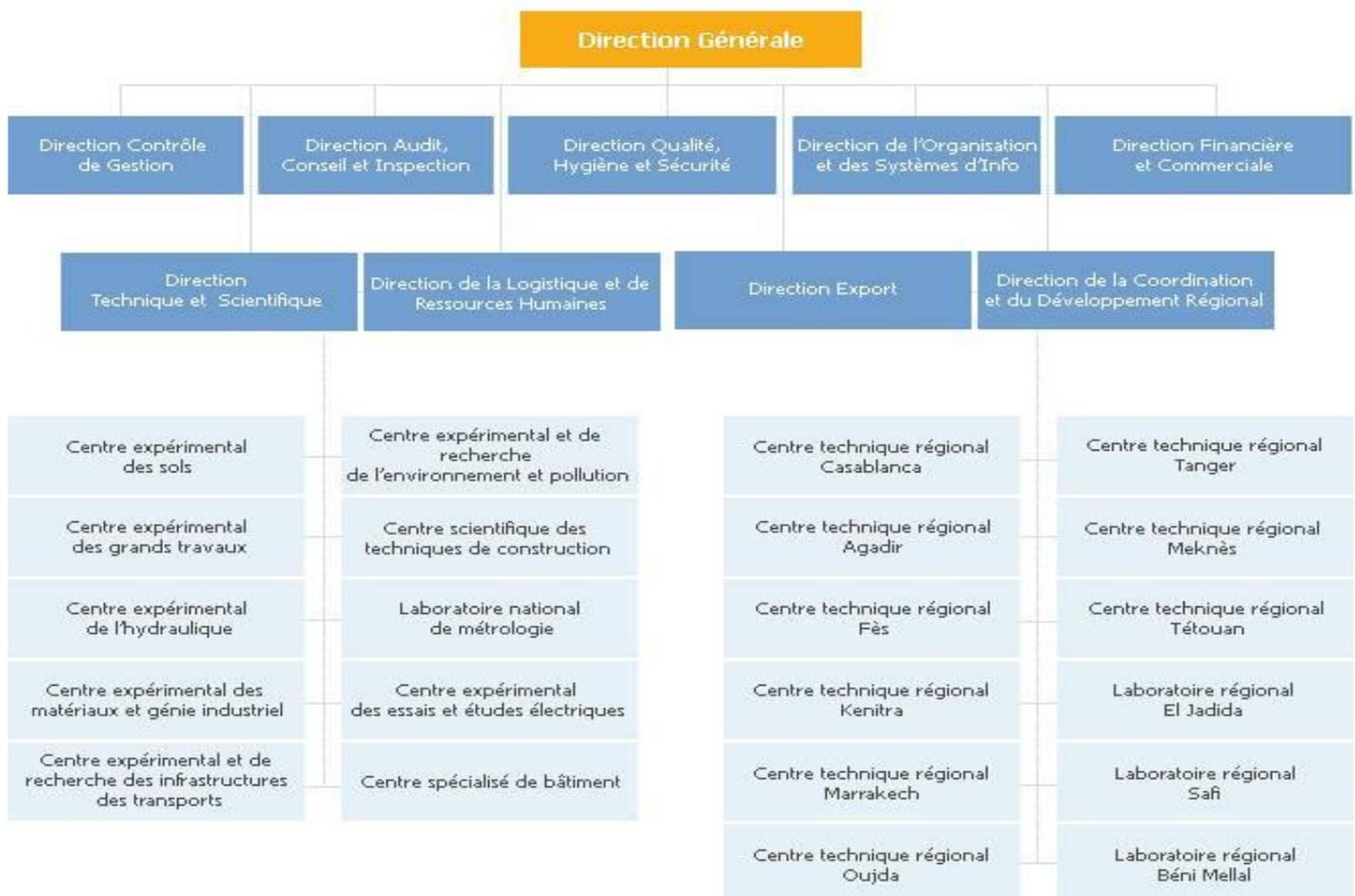
- **1947** : Création au Maroc d'un laboratoire de génie civil géré en concession par un laboratoire français ;
- **1973** : « marocanisation » du LPEE qui devient une « société Anonyme d'économie mixte » avec dans le tour de table des offices nationaux tels que l'ONE, l'ONCF, l'ONEP. Son effectif ne comptait que quelques ingénieurs et techniciens et sa présence localisée à Casablanca ;
- **1994** : Obtention de la première accréditation par le « COFRAC » (Comité Français d'Accréditation) ;
- **2001** : Accréditation nationale par le ministère du commerce et d'industrie (MCI - Maroc) pour plusieurs programmes d'essais.
- **Aujourd'hui** : le LPEE est présent dans toutes les grandes villes du Maroc, emploie plus de 1000 personnes et réalise un chiffre d'affaires dépassant les 500 millions de dirhams.

**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES, MAROC**

**3) Rôle de LPEE**

D'une coté, le LPEE s'engage de l'exécution et l'interprétation des travaux expérimentaux nécessités par tous les ouvrages de bâtiment et de génie civil d'une autre le laboratoire effectue des recherches d'intérêt général portant de certains matériaux de construction, ou des recherches d'inters particulier pour un fabricant d'une technique nouvelle .

**4) Organigramme de LPEE**



## Chapitre II : les essais de reconnaissance des sols et des granulats

### 1. Définition de la géotechnique :

La Géotechnique est l'ensemble des activités liées aux applications de la Mécanique des Sols, de la Mécanique des Roches et de la Géologie de l'ingénieur. La Mécanique des sols étudie plus particulièrement le comportement des sols sous leurs aspects résistance et déformabilité.

### 2. Les domaines d'application :

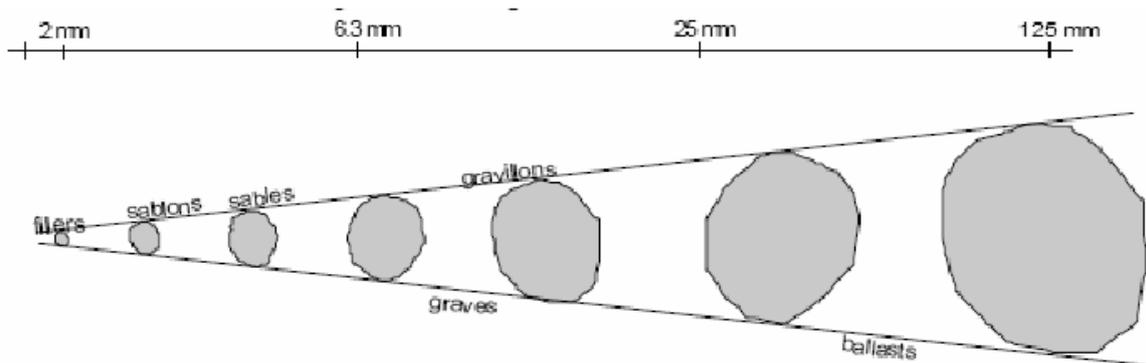
La Mécanique des Sols joue un rôle essentiel dans l'acte de construire pour tous les travaux de bâtiment et de génie civil en relation avec les sols ou les mettant en œuvre.

### 3. Généralités sur les granulats :

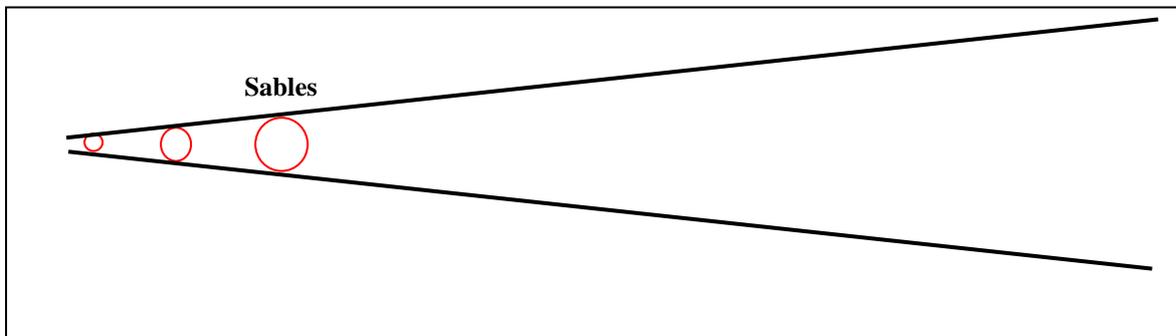
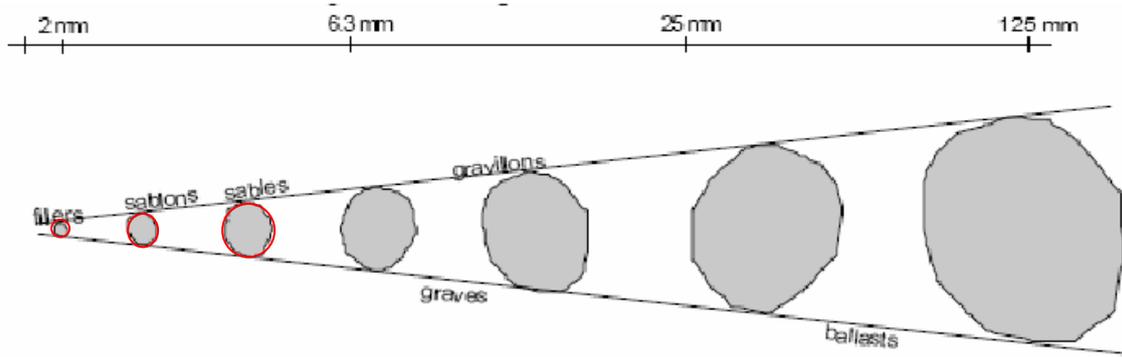
#### ❖ Définition :

On appelle granulat un ensemble de grains minéraux, de dimensions comprises entre 0 et 125 mm, de provenance naturelle ou artificielle, destinés à la confection : des mortiers, des bétons, des couches de fondation, des couches de base et de roulement des chaussées, et des assises et des ballasts de voies ferrées.

Les granulats sont appelés fillers, sablons, sables, gravillons, graves ou ballast suivant leurs dimensions.



**Illisible** Reprenez la figure avec Word et masquez l'ancienne voir une partie ci-dessous



La norme européenne définit le granulat comme le « matériau granulaire utilisé en construction. Un granulat peut être naturel, artificiel ou recyclé » :

- ✓ **Le granulat naturel** est le granulat d'origine minérale n'ayant subi aucune transformation autre que mécanique. Dans cette catégorie se rangent des granulats de roche, comme le calcaire, le porphyre, ... ;
- ✓ **Le granulat artificiel** est le granulat d'origine minérale résultant d'un procédé industriel comprenant des modifications thermiques ou autres. Dans cette catégorie se rangent des granulats transformés, comme le schiste expansé (L'argile **expansée**, également connue sous les termes d'argile cuite de galets ou latérite, est un matériau constitué de petits globes de brûlé et bouffi d'argile utilisé dans :
  - la construction (bétons et mortiers : réfractaire, allégeant, isolant thermique),
  - les infrastructures,
  - le traitement de l'eau,

- ✓ **Le granulat recyclé** est le granulat résultant de la transformation de matériaux inorganiques antérieurement utilisés en construction. Dans cette catégorie se rangent des granulats, comme le béton concassé, le fraisât d'enrobés bitumineux, ... .

❖ **Utilisation :**

Les granulats sont utilisés pour la réalisation des : filtres sanitaires, filtres, drains, bétons, remblais routiers, ...

Les granulats doivent répondre à des impératifs de qualité et des caractéristiques propres à chaque usage.

❖ **Les caractéristiques des granulats :**

Les caractéristiques intéressant un granulat varient en fonction de l'usage auquel ce granulat est destiné, mais aussi de l'origine et de la nature de ce granulat. Les normes spécifiques à chaque usage définissent les caractéristiques pour lesquelles une mesure ou une évaluation est nécessaire.

Les caractéristiques géométriques sont:

- La granularité ;
- La forme des gravillons.

Les caractéristiques physiques sont :

- La résistance à la fragmentation, mesurée par la méthode d'essai *Los Angeles* (LA).
- La résistance aux chocs (SZ).
- La résistance à l'usure, mesurée par la méthode d'essai « micro-Deval humide » (MDE).
- La stabilité volumique au séchage.
- Les caractéristiques chimiques sont :
  - La teneur en chlorures.
  - La teneur en composés contenant du soufre.
  - La teneur en alcalins (sodium, potassium)

#### **4. Préparation échantillons**

❖ **Prélèvements :**

Prélèvements dans les grands et petits sacs en plastique, qui assurent la préservation de la teneur en eau originale.



❖ **Échantillonneur :**

La préparation des échantillons avant essais est une étape très importante, puisque tous résultats d'essais dépendants de ces préparations.



❖ **Quartage :**

Fraction manuel d'une quantité de matériaux, l'échantillon est divisé en 4 parties égales dont-on ne retient que la moitié en réunissant deux quarts opposés. Cette sélection est homogénéisée et un nouveau quartage est effectué,

**Photo 1 : Diviseur échantillonneur**

❖ **Lavages des échantillons**

Les échantillons doivent être lavés avant de subir les différents essais d'identification. Il faut noter l'importance de cette phase de lavage cruciale lors de la préparation du sol aux essais. En effet, un échantillon mal lavé nous induira en erreur lors de l'interprétation des analyses. Les échantillons prélevés et pesés en fonction du type d'essai à réaliser, sont pesés afin de déterminer leur teneur en eau. On les place ensuite dans une étuve à 105 °C pendant une heure s'il s'agit d'un matériau peu sensible à la chaleur, ou dans une étuve à 50 °C pendant deux heures si le matériau est sensible à la chaleur (s'il contient des matières organiques par exemple).

Le matériau est ensuite lavé à l'eau et brossé sur des tamis dont l'ouverture dépend du d'essai à effectuer.

A part l'essai triaxial. Le cisaillement à la boîte. L'équivalent de sable ..., les essais sur sol nécessitent un lavage des échantillons sur des tamis dont l'ouverture varie en fonction de l'essai, le tableau suivant donne quelques exemple :

ESSAI	Granulométrie	VBS	Limites d'Atterberg
Ouverture	Refus 80 µm	Passants 5mm	Passants 400µm



**Photo2 : procédure de lavage des échantillons**

**5. Les essais de laboratoire :**

Les essais de laboratoire sont effectués pour mesurer des paramètres caractéristiques des matériaux.

Ils portent sur des quantités réduites de matériaux (échantillons).

En général, le prélèvement d'échantillons se fait sur le chantier, la carrière ou l'usine.

Il faut mentionner que certains essais de laboratoire, peuvent être réalisés sur des échantillons de roches comme sur des échantillons de sols.

Chaque essai, depuis l'échantillonnage jusqu'à l'obtention de la mesure, passe par un ensemble d'étapes (mode opératoire), les opérateurs devant bien connaître et respecter le contenu des normes des essais qui leur sont confiées.

**5.1) Essai d'identification des sols**

**a) Essai détermination du teneur en eau**

❖ But :

L'essai de la teneur en eau a pour but de déterminer la quantité d'eau qui contient un matériau en pourcentage (W %)

❖ Mode opératoire

- On effectue une pesée l'échantillon humide : Mh
- On place l'échantillon dans un récipient métallique ou en verre.
- On fait sécher les matériaux : A l'étuve 105-110 pendant 24h.
- On pèse l'échantillon sec : Ms

❖ Formule utilisée

$$W(\%)= (Mh-Ms)/Ms)* 100$$

La formule pour calculer la teneur en eau :

Mh : poids de l'échantillon humide en gramme ;

Ms : poids de l'échantillon sec en gramme



**Les photos 3 : les étapes pour déterminer teneur eau**

**b) Essai d'identification : analyses granulométrique NM 10.1.700**

❖ But :

Le but de l'analyse granulométriques est déterminé la granularité des matériaux.

❖ Principe de l'essai :

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classes granulaires de tailles décroissantes, les dimensions de mailles et le nombre des tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et la précision attendue.

❖ Appareillages:

- ✓ Les tamis de différents diamètres (0.08mm, 0.63mm, 2.5mm.8mm, 16mm, 20mm...)
- ✓ L'étuve 150°C
- ✓ Une balance pour peser les grains
- ✓ Des plateaux



Photo 4 : série des tamis

❖ Calculs et résultats :

Expression des résultats :

- Pourcentage massique de refus :

C'est le rapport entre la masse (R) des refus cumulés du matériau sec sur le tamis d'ouverture (d) à la masse totale initiale de l'échantillon de sol sec (ms)

$$(100-p) = 100 \cdot R / m_s$$

p : le pourcentage massique de tamisât.

**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES, MAROC**

- Pourcentage massique de passant :

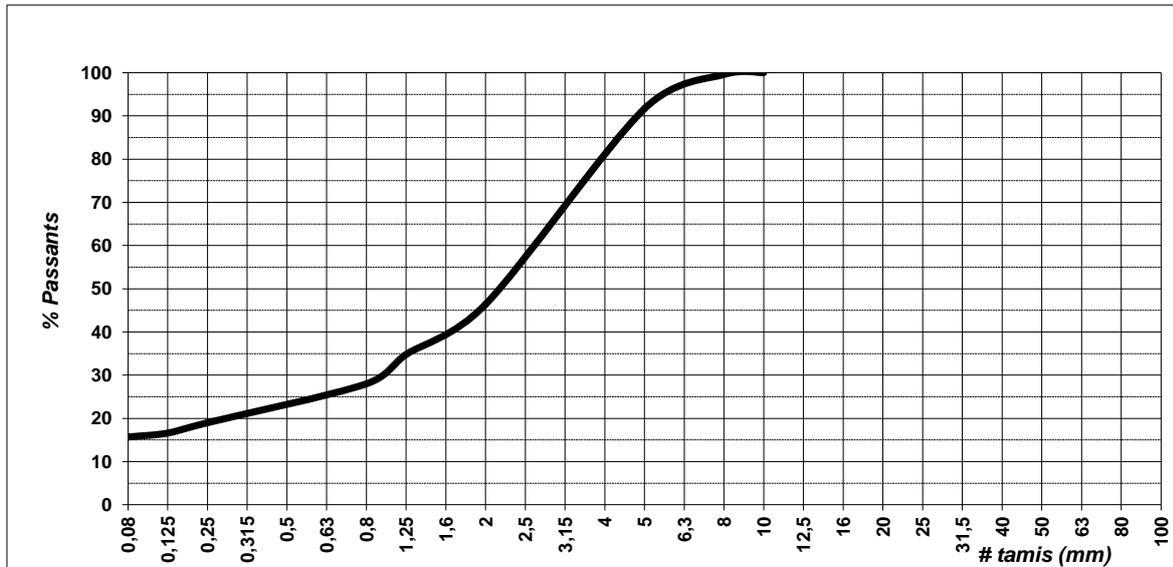
$$P= 100 (1 - R/ms)$$

Les résultats fournis seront reporté sur un tableau contenant en fonction de la série de tamis utilisés : la masse des refus cumulés et le pourcentage massique de refus sur chaque tamis ainsi que le pourcentage de passant aux même tamis

Ouverture des tamis(mm)	Masse de refus partiel ri (g)	Masse de refus cumulés Ri (g)	Pourcentage de refus $(Ri/M_1) \times 100$ (%)	Pourcentage cumulés de tamisâtes $100 - ((Ri/M_1) \times 100)$ (%)
8	2.8	2.8	0.42	99.58
5	52.6	55.4	8.34	91.66
2	301.1	356.5	53.6	46.4
1.25	76.5	433	65.2	34.8
0.8	45.6	478.6	72	28
0.25	59.8	538.4	81	19
0.125	15.6	554	83.4	16.6
0.08	6	560	84.3	15.7
0.063	1.2	561.2	84.5	15.5

**Tableau 1 : exemple des résultats d'un essai granulométrique**

**On trace la courbe granulométrique de classe d/D =0/10mm**



❖ Classification des granulats :

Il existe cinq classes granulaires principales caractérisées par les dimensions extrêmes d et D des granulats rencontrées (Norme NM 10.1.700) :

- Les fines 0/D avec  $D \leq 0,08$  mm,
- Les sables 0/D avec  $D \leq 6,3$  mm,
- Les gravillons d/D avec  $d \geq 2$  mm et  $D \leq 31,5$  mm,
- Les cailloux d/D avec  $d \geq 20$  mm et  $D \leq 80$  mm,
- Les graves d/D avec  $d \geq 6,3$  mm et  $D \leq 80$  mm,

Il peut être utile dans certains cas d'écrire la classification suivante:

APPELLATION		Dimension de la maille des tamis en (mm)
Pierres cassées et cailloux	Gros	50 à 80
	Moyens	31,5 à 50
	Petits	20 à 31,5
Gravillons	Gros	12,5 à 20
	Moyens	8 à 12,5
	Petits	5 à 8
Sable	Gros	1,25 à 5
	Moyens	0,31 à 1,25
	Petits	0,08 à 0,31
Fines, farines et fillers		inférieur à 0,08

**c) Essai d'identification : limites d'Atterbeg NM 13.1.007**

❖ But :

Déterminer les teneurs en eau remarquables situées à la frontière entre ces différents états sont les « **Limites d'Atterberg** » :

❖ Objet de l'essai :

Compte tenu de leur structure, argile ont la propriété d'absorber des quantités d'eau très importantes ou au contraire, de se dessécher, ceci en fonction des conditions d'humidité auxquelles elles sont soumises.

❖ Limite de Liquidité :

Pour déterminer la limite de liquidité, on étend sur une coupelle une couche du matériau dans lequel on trace une rainure au moyen d'un instrument en forme de v.

On imprime à la coupelle des chocs semblables en comptant le nombre de chocs nécessaires pour fermer la rainure sur 1cm, on mesure alors la teneur en eau de la pâte.

Si on étudie la relation qui lie le nombre de chocs  $N$  à la teneur en eau  $W$ , on constate que la courbe représentative de cette relation est une droite en coordonnées semi-logarithmiques (échelle lorsque le nombre est compris 15 et 35).

**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES, MAROC**

Par définition la limite de liquidité est la teneur en eau qui correspond à une fermeture en 25 chocs.

❖ Limites plasticité :

on forme une boulette à partir de la pâte préparée, puis on roule la boulette sur une plaque lisse, à la main de façon à obtenir un rouleau qui aminci progressivement jusqu'à ce qu'il atteigne 3 mm de diamètre.

Le rouleau au moment où il atteint 3mm+0.5mm doit avoir une longueur de 10 cm et ne doit pas être creux.



**Les photos 5 : les étapes pour déterminer limite de liquidité**



La limite de plasticité est la teneur en eau du cylindre qui se fissure lorsque son diamètre atteint  $3\text{mm}+0.5\text{mm}$

**Les photos 6 : les étapes pour déterminer limites plasticités**



**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES, MAROC**

**Indice de plasticité :**

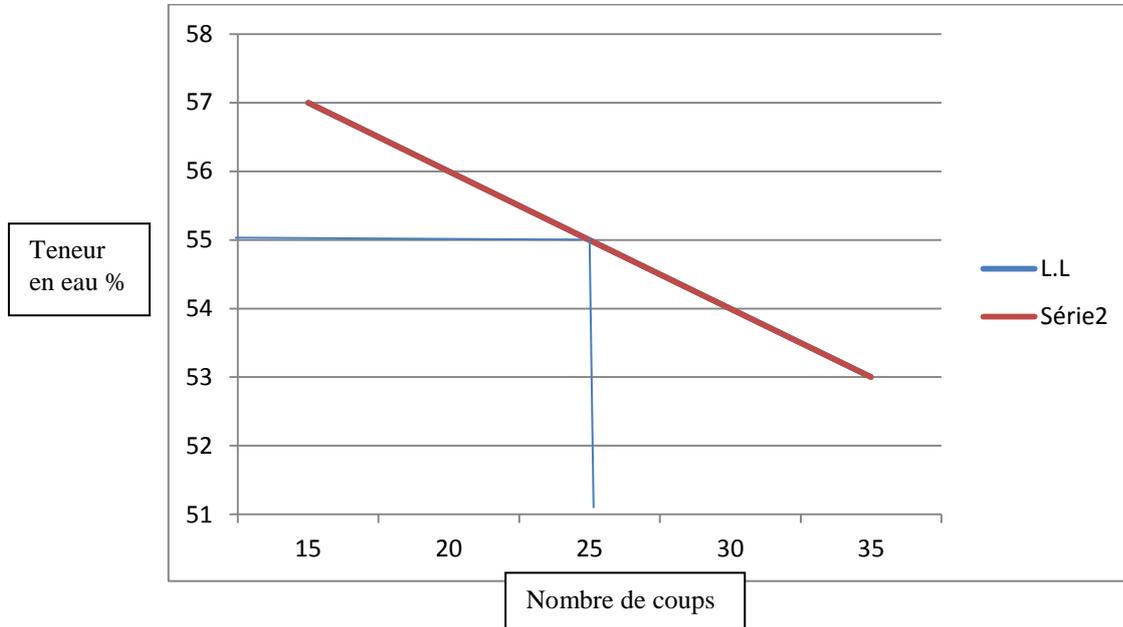
L'indice de plasticité  $I_p$  est la différence entre la limite de plasticité  $W_p$  et la limite de liquidité  $W_L$ , il mesure l'étendue du domaine de plasticité du sol. Il s'exprime donc par la relation :

$$I_p = W_L - W_P$$

**Tableau 2 : feuille d'essai**

W=teneur en eau de l'échantillon (0.4) IP=L.L-L.P=30% IC=(W <sub>L</sub> -W)/IP=	Limite de liquidité				Limite de plasticité	
	W <sub>L</sub> =55.4%				W <sub>p</sub> =24.7%	
Nombre de coups	16	25	30	35	-	-
Numéro de la tare	B13	M	57	TEL	57	TY
Masse total humide (en g)	21.0558	20.9194	18.8681	21.3315	11.6795	14.4642
Masse total sec (en g)	17.9416	18.0033	15.6781	18.3774	11.03304	14.0566
Masse de tare (en g)	12.5537	12.7384	9.8192	12.8454	9.8189	12.4618
Masse de l'eau (en g)	3.1142	2.9161	3.19	2.9541	0.3491	0.4176
Masse du sol sec (en g)	5.3879	5.2649	5.8589	5.532	1.5115	1.5948
Teneur en eau W(en %)	57.8	55.4	54.4	53.4	23.1	26.2

L.L=55%    L.P=25%



Les limites d'Atteberg permettent de classer les sols fins.

C'est ainsi pour notre sol, d'après le graphe de la limite de liquidité est 34,9% et la limite de plasticité est 24%. Ce qui nous donne un indice de plasticité égale à 11,6 %

	Limites de liquidité	Limites de plasticité
Sable	WL < 35	IP < 15
Limon	20 < WL < 60	5 < IP < 25
argile	WL > 30	IP > 15

Le tableau 3 : les résultats l'essai

**d) La valeur bleue méthylène (NF 18-592)**

❖ Principe de l'essai :

L'essai a pour objet de mesurer la capacité d'absorption du bleu de méthylène, c'est-à-dire la quantité de ce colorant nécessaire pour recouvrir d'une couche mono-élémentaire les surfaces externes et internes de toutes les particules argileuses présentes dans 100 g de sol.

❖ Appareillage

- Burette permettant le titrage à 2 ml ou distributeur doseur monté sur le flacon de conservation de la solution de bleu de méthylène.



- Papier filtre, teneur en cendres < 0.010 %, 95 g / m<sup>2</sup>, épaisseur 0.2 mm, vitesse de filtration 75 secondes, pores de 8 µm.

- Tige de verre de 300 mm de long et de diamètre 8 mm.

Photo 7: appareillage nécessaire pour l'essai VBS

- Agitateur à ailettes, pouvant être mis en rotation à 400 +/- 40 et 600 +/- 60 tours par minutes, avec 3 ou 4 ailettes de 75 +/- 10 mm de diamètre.

- Bécher de capacité de 1 à 2 litres.

❖ Mode opératoire

✓ Préparation de la suspension.

**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES, MAROC**

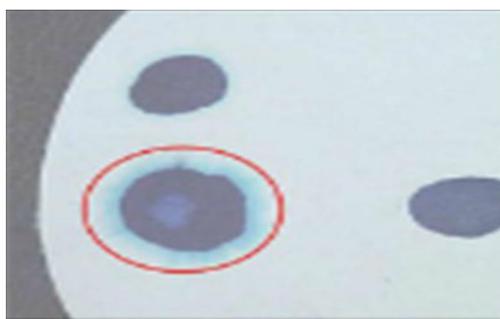
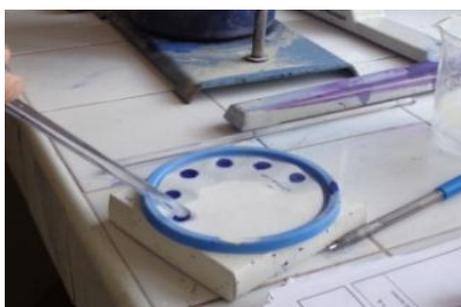
Ajouter la prise d'essai à 500 +/- ml d'eau déminéralisée puis agiter la suspension obtenue pendant 5 minutes à 600 +/- 60 tours par minutes. Abaisser la vitesse à 400 +/- 40 tr /min pendant la suite de l'essai. Mélanger uniformément la solution de bleu de méthylène. Photo 7

✓ Test à la tâche.

Poser le papier filtre au-dessus d'un bécher pour que le papier soit le moins possible en contact avec une surface. Introduire 5 ml de colorant, agiter pendant 1 minute et effectuer le test à la tâche en déposant une goutte de la suspension sur le papier filtre. La tâche qui se forme est composée d'un centre contenant un dépôt de matériaux et d'une auréole humide autour de ce dépôt. Le dépôt doit avoir une taille comprise entre 8 et 12 mm. Si dans la zone humide une auréole bleu claire persiste pendant une minute, le test est positif. En raison du temps nécessaire aux matériaux argileux pour adsorber le colorant, le test doit être répété pendant 5 minutes. Si le test est négatif, ajouter 5 ml de bleu. S'il est négatif à la cinquième minutes après avoir été positif, ajouter 2 ml de bleu.

Le test s'achève quand l'auréole bleue persiste autour de la tache pendant 5 minutes. Le volume total de bleu de méthylène est noté V.

Voici un exemple :



**Photo 8 : Vue du papier filtre et de tâche auréolée**

❖ Calcul de VBS :

La valeur de bleu de méthylène, VBS, s'exprime en grammes de bleu pour 100 g de sol à l'aide de l'équation suivante :  $VBS = 100 \times V_i / M_i$

**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES, MAROC**

Avec :  $M_i$  est la masse de l'échantillon, en grammes ;  $V_i$  est le volume total de solution de colorant injectée, en millilitres.

**Tableau 4 : Modèle de feuille de calculs de VBS :**

Proportion pondérale fraction 0/5mm contenue dans la fraction 0/50mm du sol		$C = \dots$
Masse humide de l'échantillon ; constituant la 1 prise essai		$M_1 = 36.7g$
Masse humide de l'échantillon, séché à l'étuve		$M_2 = 42.5g$
Masse sèche de l'échantillon ; séché à l'étuve		$M_3 = 35.2$
Teneur en eau $w = 100 * (m_2 - m_3) / m_3 = 20.7g$		
Volume solution	Résultat	Masse sèche prise d'essai : $m_0 = m_1 / (1 + w/100)$
+10	(-)	Masse de bleu $B = V * 0.01 = 0.67$
+10	(-)	<b>VBS (**)=2.1 valeur de bleu de méthylène en g de bleu pour 100 de sol sec</b>  <b>Si <math>D_{max} &lt; 5mm</math> VBS = <math>100 * B / m_0</math></b>  <b>Si <math>D_{max} &gt; 5mm</math> VBS = <math>100 * c * b / m_0</math></b>
+10	(-)	
+10	(-)	
+10	(-)	
+10	(-)	
+5	(-)	
+2	(+)	

**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES, MAROC**



**1) Essai mécaniques : Essai de compression à l'oedomètre (NM 13.1.020)**

❖ But :

Cet essai permet de mesurer le tassement d'un échantillon de sol sous un effort donné, et son gonflement au cours du déchargement des efforts soumis auparavant, afin de déterminer les caractéristiques de compressibilité de ce sol.

❖ Principe :

L'essai consiste à faire subir à un échantillon cylindrique de sol, placé dans une cellule cylindrique rigide, des contraintes verticales uniformes jusqu'à arriver à la stabilisation.

❖ Appareillage :

- Un oedomètre
- Un bâti de consolidation
- Pierres poreuses
- Une balance
- Une étuve

❖ Conduite de l'essai :

Après avoir prélevé les éprouvettes par carottage, on prend un échantillon et on le fait tailler directement dans un moule oedométrique par un découpage fin et très soigné. On place l'éprouvette dans l'oedomètre entre deux pierres poreuses protégés par des disques de papier filtre, et on fixe le piston dans le moule oedométrique. L'ensemble est placé sur le bâti de consolidation puis on pose le bras de levier et on commence l'essai.

Avant de commencer l'essai on détermine les dimensions de l'éprouvette et sa masse.

Une fois l'échantillon est mis en place, on remplit d'eau le tube raccordé au conduit de la base de l'oedomètre. cette phase doit durer au moins 24h pour permettre à l'éprouvette de se saturer en eau.

Tout gonflement de l'échantillon doit être empêché en appliquant des charges successives par paliers, pour chaque chargement on relève en fonction du temps les déplacements des comparateurs jusqu'à arrivé à la stabilisation. Les lecteurs sont faits à 15s.30s.1min.2min.5min.10min.30min.1h.2h.4h.8h.12h.24h....

Après la stabilisation finale de la compression on passe au déchargement, cette phase consiste à ramener à une valeur nulle la pression sur l'éprouvette en passant par des paliers intermédiaires.

Une fois le déchargement est achevée, l'éprouvette est retirée de la cellule et mise à l'étuve afin de déterminer sa masse sèche.

**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES, MAROC**

**On retrouve** la valeur du tassement par le calcul de la moyenne des deux lectures du comparateur, et la valeur de l'indice des vides est calculée par la formule suivante.

$$E = (H - H_p) / H_p$$

H : hauteur de l'éprouvette à un instant donné.

H<sub>p</sub> : hauteur des pleins. Ou  $H_p = M_s / (P_s \cdot S)$

M<sub>s</sub> : la masse du sol sec, obtenu par l'étuvage de l'éprouvette en fin d'essai.

P<sub>s</sub> : la masse volumique des grains solides, prise conventionnellement égale à 2.7g/cm

S : la section de l'éprouvette.



**Photo 9 : appareillage l'oedomètre**

**Chapitre III : Application de quelques essais techniques sur des échantillons de la  
région de Kansara**

**I. Cadre générale de la zone étude**

**1) Contexte géologique**

La zone du projet se situe à l'Est de la ville de Fès. Cette zone fait partie du complexe marneux pré-rifain par exploration de la carte géologique de Fès Ouest au 1/10000 et la carte géologique au 1/200000 du rhaib ? et périf occidental cette zone est concernée pratiquement par les marnes multicolores et les grés marneux sableux du tortonien. Selon les coupes de sondages réalisées, il en ressort la prédominance de la marne tortonienne jaune verdâtre à grisâtre à couverture limoneuse sableux graveleux par l'endroit

De points de vue tectonique et en référant à la carte géologique de Fès Ouest au 1/100000, il ressort l'absence de failles au contact anormal dans la zone du projet toute fois le front de charriage séparant le complexe marneux pré-rifain des rides pré-rifains peut engendrer des mouvements tectoniques du Nord vers le sud.

**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES, MAROC**

## **2) Contexte hydrogéologie :**

Grand lac de barrage (5700 ha) sur l'oued Inawen, mis en eau en 1973. Il est allongé E-W sur environ 16km. Ses versants sont constitués de collines marneuses cultivées et sans végétation naturelle. Ses bords sinueux montrent par endroits (amont surtout) des marges vaseuses ou graveleuses sans macrophytes. Vers sa limite Est, une végétation basse couvre de larges espaces du lit de l'oued Inawen.

## **3) Contexte sismique**

L'exploitation des données géologiques, coupes de sondages et en référence au règlement de construction parasismique (RPS2000, version 2011) permet d'aboutir aux indications suivantes

### 1/ Zonage sismique (Accélération maximale & Vitesse maximale) :

Selon le nouveau Règlement Parasismique du Maroc RPS 2000 version 2011, la ville de Fès est située dans les zones ZV2 et ZA2 correspondant à la zone de vitesse maximale et la zone d'accélération maximale

### 2) Coefficient d'amplification topographique :

Le coefficient topographique est celui correspondant à la topographie définitive du projet.

## **II. Les études géotechniques dans cette zone**

### **1) Projet**

A la demande de la société SOGEA le LPEE-CENTRE DE Fès procède à la réalisation d'une campagne de reconnaissance et d'essais géotechniques relative au tronçon du projet de la conduite AEP entre El kansara et la station de traitement d'AIN NOKBI.

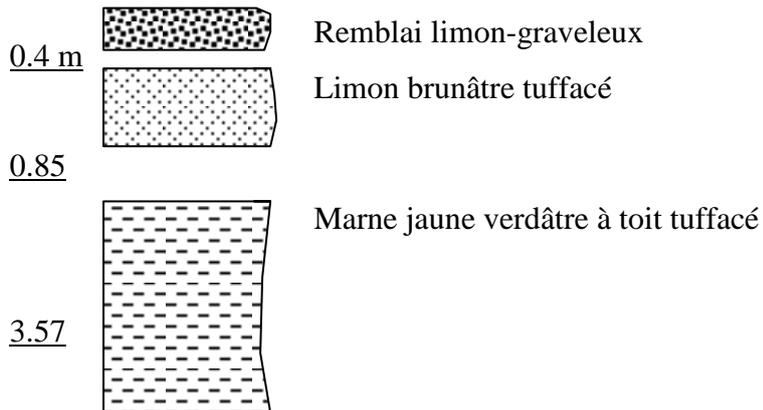
Divers résultats déjà obtenus ont été fournis à SOGEA au fur et à mesure de leur obtention pour exploitation notamment par le BET.

Le présent bulletin géotechnique a pour objet de présenter des recommandations et précautions intermédiaires notamment celles relatives au confortement de l'assise de la conduite, le principe

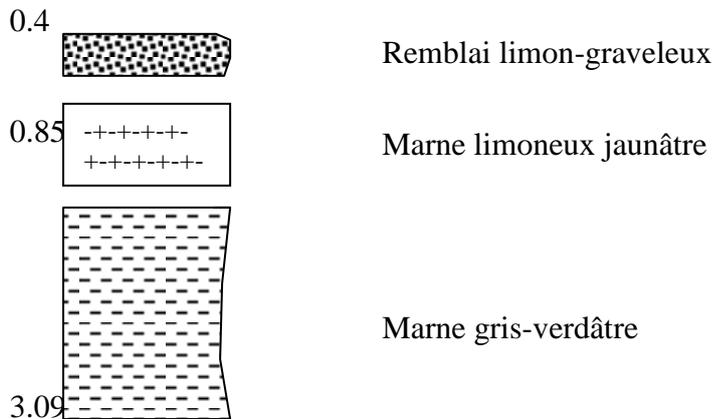
de choix des matériaux de remblai et des dispositions eu égard à l'étanchéité et au risque des affouillements.

## 2) Reconnaissance :

### Puits Tranchée : PS1 et puits tranchée :PS2



### Puits tranchée : PS3 et Puits tranchée : PS4



## 3) Essai de laboratoire

### 4.1) prélèvements

Quatre prélèvements ont été effectués dans les franges su toit de la marnes, celle en profondeur étant plus compacte et plus franche, en vue d'estimer les caractéristiques

### 4.2) Résultats des essais

**Tableau 5 : tableau les essais de section PS1.PS2.PS3.PS4**

Puits tranchée Pi	Nature formations	Teneur en eau W(%)	Granularité (mm) %					Limites d'Atterberg		VBS	Pression gonflement (Kpa)
			Dmax	>20	>2	<04	<0.08	WI	IP		
<b>PS1</b>	Marne jaune- verdâtre à toit tuffacé	<b>15.7</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>99</b>	<b>45</b>	<b>25</b>	<b>3.45</b>	<b>150</b>
<b>PS2</b>	Marne limoneuse jaune- verdâtre à toit tuffacé	<b>5.0</b>	<b>25</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>90</b>	<b>57.3</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>1.71</b>	-
<b>PS3</b>	Marne limoneuse jaune-vert grisâtre	<b>15.3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>86</b>	<b>82</b>	<b>48</b>	<b>28</b>	<b>3.25</b>	-
<b>PS4</b>	Marne structurée en caillots	<b>19.7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>98</b>	<b>96</b>	<b>43</b>	<b>22</b>	<b>3.47</b>	<b>110</b>

### **4.3) Interprétation**

#### **❖ Aspect gonflement du sol :**

Dans la section de la conduite en béton les résultats des mesures de l'amplitude de gonflement permettent de relever que celle-ci demeure faible sous des contraintes équivalentes ou proches du poids des terres.

Par ailleurs le long de la station de la conduite en acier les formations marneuses peuvent manifester des pressions de gonflement qui avoisinent le bar.

Ainsi et pour mieux préparer la conduite vis-à-vis d'éventuelle réactions différentielles sur de courts intervalles et qui seraient dues à des passages jouxtant ? Des passages ou inversement sujets à des affaissements, nous recommandons de généraliser un matelas retenus en définitive par le LPEE est de 30 cm d'épaisseur minimale.

Il est bien conseillé d'éviter tout poinçonnement de l'enveloppe en géotextile lors de la mise en œuvre en assurant un bon recouvrement des feuilles. Un lit de sable d'interposition par exemple permettra de pallier à ce risque.

#### **❖ Aspect affouillement**

Au traversées des oueds et chaaba nous conseillons vivement de protéger la conduite par des enrochements et pierrailles suivant la profondeur d'affouillement qui demeure fonction du débit et de la cote des eaux des crues à définir par le BET.

A cet égard les matériaux du matelas de confortement dans ces zones devront plutôt être en matériaux à texture assez grossière au détriment de la matrice fine.

#### **❖ Instabilité en pente**

dans l'attente de l'obtention des résultats des essais de laboratoire actuellement en cours d'exécution nous pouvons d'ores et déjà recommander de faire passer le tracé de la conduite sous terrain des zones pentues en profondeur suffisante d'une part et le plus en amont possible

## **Conclusion**

Mes recherches de stage se sont tout de suite positionnées dans l'optique de travailler avec des entreprises du domaine des essais de laboratoire. En effet, j'avais à cœur de mieux percevoir les finalités de ces essais grâce à une vision plus technique de ceux-ci. Ainsi, je voulais voir l'exécution des essais du point de vue de la procédure, mais également me faire ma propre idée sur chaque type d'essais et voir leurs incertitudes.

Je vous présenterai donc dans ce rapport,

- La présentation du groupe L .P.E.E,
- les principaux essais que j'ai effectués durant ce stage.
- Application de quelques essais techniques sur des échantillons de la région de Kansara.

En conclusion, le stage est complémentaire à la formation et un élément très essentiel pour un technicien pour s'intégrer facilement au domaine du travail.

**BIBLIOGRAPHIE :**

[www.lpee.ma](http://www.lpee.ma)

**NM10.1.700, Essais pour déterminer les caractéristiques  
Géométriques des granulats\_ détermination de la granularité-Analyse granulométrique  
par tamisage ;**

**NF 18-592, Essai au bleu de méthylène**

**NM 13.1.007Essaie d'identification : limites d'Atterbeg**

**NF 18-592 La valeur bleue méthylène**

**NM 13.1.020Essai de compression à l'oedomètre**

**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES, MAROC**

**DSC : Laboratoire du Génie des Matériaux de l'ENSAM-Meknès, Université Moulay  
Ismail ;**