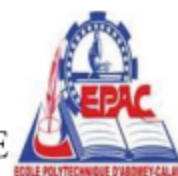


REPUBLIQUE DU BENIN



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE
RECHERCHE SCIENTIFIQUE (MESRS)



UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI (UAC)

ECOLE POLYTECHNIQUE D'ABOMEY-CALAVI (EPAC)

CENTRE AUTONOME DE PERFECTIONNEMENT (CAP)

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL (D/GC)

OPTION : *Bâtiments, Travaux Publics (BTP)*

RAPPORT DE FIN D'ETUDE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME
DE LICENCE PROFESSIONNELLE

THEME

*Technique de contrôle de compactage dans le cadre du
projet de pavage de rues et assainissement dans la ville de
Savalou.*

Réalisé par :

KOUNOUDJI Yao Magloire

Sous la supervision de :

DJIMONNAN Paulin

Dr. en Géotechnique
et infrastructures immobilières

Année académique 2010 - 2011

REMERCIEMENTS

Aucun travail, qui plus est scientifique ne s'accomplit dans la solitude. Tout travail réussi dans la vie nécessite en premier lieu la bénédiction de Dieu, et ensuite l'aide et le support de plusieurs personnes.

Je tiens donc à remercier et à adresser ma reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont aidé, de près ou de loin dans la réalisation de ce mémoire :

- A **JEHOVAH Dieu**, pour le don de la vie et tous ses bienfaits en ajout;
- Au Docteur **WANKPO E. S. Tonalémi**, Directeur Général de LERGC-SA (*Laboratoire d'Etude et de Recherche en Génie Civil*), pour son soutien indéfectible;
- A mon superviseur Monsieur **DJIMONNAN Paulin**, Docteur en géotechnique et chercheur à l'EPAC, pour son assistance, ses encouragements et ses remarques pertinentes;
- A toute ma famille pour l'amour et le soutien inconditionnels ;
- A tout le personnel du Laboratoire **LERGC-SA** pour l'assistance dont j'ai bénéficié.

HOMMAGES

Excellence Président (e) du jury,

Nous sommes très sensibles de l'honneur que vous nous faites en acceptant de présider ce jury de soutenance malgré vos multiples occupations.

Les Honorables membres du jury,

Vous nous faites un grand honneur en acceptant de juger ce travail, malgré vos multiples occupations. Nous sommes convaincus que vos remarques et suggestions contribueront à l'amélioration de la qualité scientifique de ce travail.

Sincères Hommages

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

HOMMAGES

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES PHOTOS

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DES STRUCTURES

A- PRESENTATION DE LA STRUCTURE DE DEPART : CAP/EPAC

B- PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : LERGC-SA

CHAPITRE 2 : DEROULEMENT DU STAGE

C- ESSAIS SUIVIS AU LABORATOIRE

C-1 Essai de résistance a la compression d'éprouvettes de béton durci

C-2 Essai Proctor

D- PROJET D'ACCUEIL AU CHANTIER

D-1 Présentation de la ville d'accueil du projet

D-2 Présentation du projet

E-ESSAIS REALISES AU CHANTIER : Densité en place

CHAPITRE 3 : DIFFICULTES RENCONTREES ET SUGGESTIONS

DIFFICULTES RENCONTREES

REMARQUES ET SUGGESTIONS

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Précisant le protocole de l'essai Proctor

Tableau 2: Montrant le résultat de l'essais Proctor sur le graveleux latéritique de Savalou

Tableau 3 : Montrant les intervenants du projet d'accueil au chantier

Tableau 4 : Table des matières

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Façade principale du CAP/EPAC

Photo 2 : Façade principale de LERGC-SA

Photo 3 : Presse d'écrasement de béton

Photo 4 : Photos illustrant la préparation du matériau, le compactage et l'arasement du matériau après compactage

Photo 5 : Montrant la réalisation de l'essai de densité en place

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Plan de situation géographique du CAP/EPAC

Figure 2 : Plan de situation géographique de LERGC-SA

Figure 3 : Organigramme de LERGC-SA

Figure 4 : Courbe de l'essai Proctor modifié sur le graveleux latéritique de Savalou

Figure 5 : Schéma de la situation géographique du chantier

Figure 6 : Organigramme du chantier

Figure 7 : Les différentes couches de la chaussée

Figure 8 : Schéma montrant le principe de l'essai de densité en place

INTRODUCTION

Le développement durable d'un pays est basé sur la réalisation des infrastructures qui répondent aux exigences sociales, économiques, environnementales et sécuritaires. Selon le feu Président Félix HOUPHOUET BOIGNY, « la route précède l'Homme et il n'y a point de développement sans la route ». A cet effet, la route se révèle un facteur très important dans le développement d'un pays.

L'eau étant l'ennemie première de la route, il serait donc indispensable d'assainir cette dernière par la réalisation des ouvrages d'assainissement destinés à la collecte et au drainage des eaux pluviales de la chaussée vers les exutoires.

De ce fait, une mauvaise réalisation de la route ainsi que ses ouvrages d'assainissement entraînent d'énormes dégâts tels que : la dégradation et autres anomalies routières. Alors, il est vital qu'une formation soit donnée aux acteurs du domaine de Génie Civil pour une bonne prise de conscience lors du dimensionnement et de la réalisation de l'infrastructure.

C'est ainsi que les autorités de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC) à travers le Centre Autonome de Perfectionnement (CAP), ont prévu dans leur programme de formation un stage pratique de fin de formation et d'insertion professionnelle de trois (03) mois, ce qui m'a permis d'effectuer du 15 Janvier au 30 Avril 2017, un stage pratique au Laboratoire d'Etude et de Recherche en Génie Civil (LERGC) sur le projet de Pavage de Rues et Assainissement à Savalou (PRAS). Le présent rapport retrace la technique de contrôle de compactage des différentes couches de la chaussée, et est structuré en trois (03) chapitres :

- CHAPITRE 1: **PRESENTATION DES STRUCTURES ;**
- CHAPITRE 2: **DEROULEMENT DU STAGE ;**
- CHAPITRE 3: **DIFFICULTES RENCONTREES ET SUGGESTIONS**

CHAPITRE 1

Présentation des structures

STRUCTURE DE DEPART : CAP/EPAC

1 : Présentation de la structure de formation

1.1: Situation géographique

Le plan de situation présenté ci-dessous indique clairement l'itinéraire qui mène au siège du Centre Autonome de Perfectionnement (CAP) de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC).

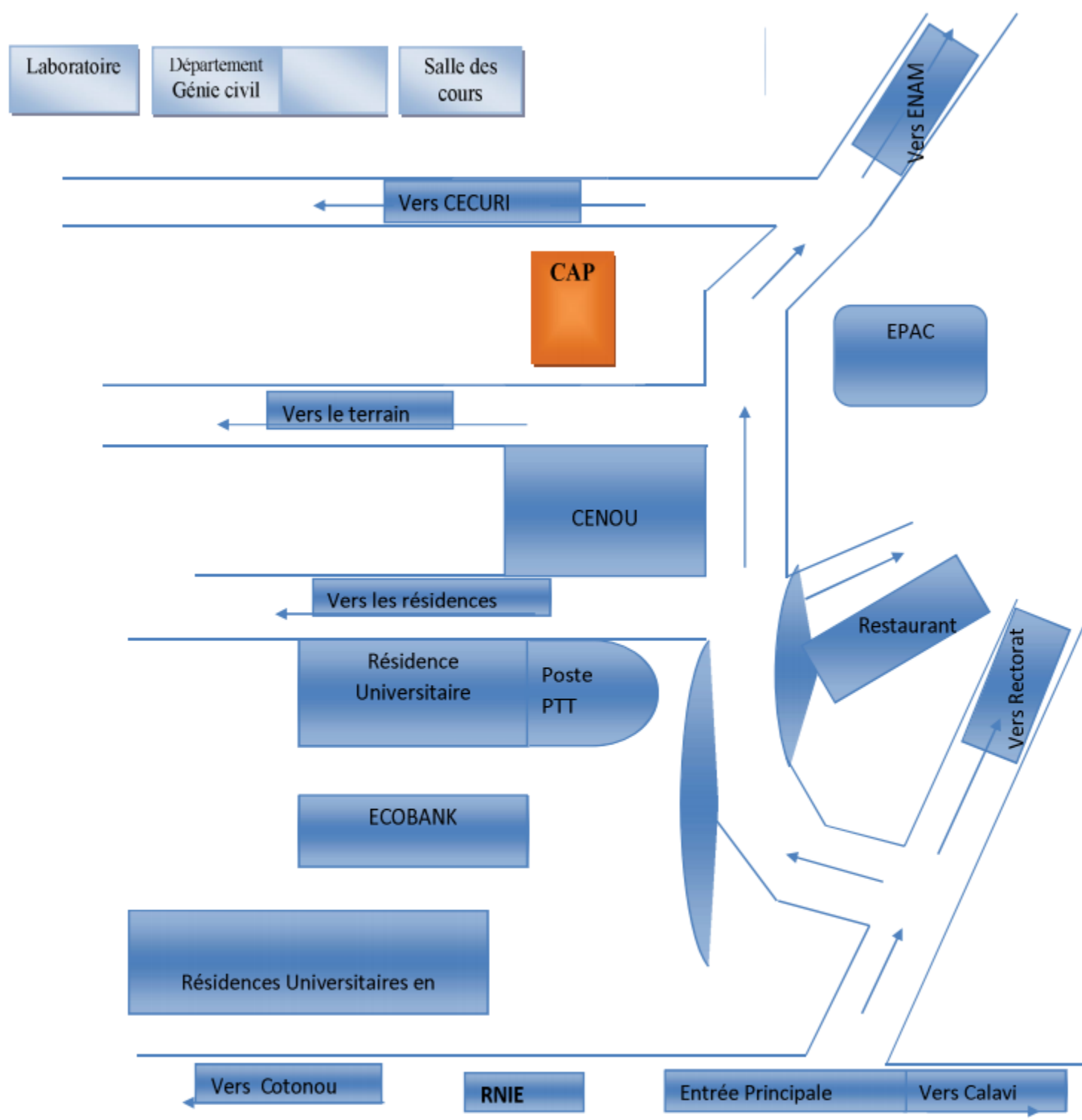


Figure N°1 : Plan de situation du CAP/EPAC



Photo N°1 : Façade principale du CAP/EPAC

Source : KOUNOUDJI Y. Magloire

1.2 : Présentation de l'EPAC

Elle assure des formations dans le secteur biologique et industriel. Ces formations se déroulent aussi bien en cours réguliers qu'en cours à distance. En ce qui concerne le secteur industriel des cours à distance auquel nous appartenons, nous distinguons les départements ci-après :

- 1.** Département de Génie Civil ;
- 2.** Département de Maintenance Industrielle;
- 3.** Département de Génie Electrique;
- 4.** Département de Géomètre Topographe.

D'une durée de quatre (04) ans, la formation à distance que nous avons suivie, conduit à l'obtention du **Diplôme de Licence Professionnelle**. Le Chef centre de la formation d'alors est le feu Professeur **Gérard DEGAN**.

PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : LERGC-SA

J'ai effectué mon stage au Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie -Civil (LERGC- SA). Les lignes qui suivront dans cette partie s'évertueront à le présenter.

1. Historique de LERGC - SA

Créé en 1995 à partir d'une idée d'entreprise-école, le CERC-SA (le Centre d'Etudes et de Recherches en Construction) est une Société Anonyme qui avait pour objet le contrôle géotechnique et la maîtrise d'ouvrage délégué. Cette société a donné naissance plus tard à deux sociétés anonymes :

- Le CERC-SA : pour la maîtrise d'ouvrage délégué.
- Le LERGC-SA : pour les études géotechniques

Le Laboratoire d'Essais et de Recherches en Génie - Civil (LERGC - SA) est inscrit au registre de commerce en 2004 et a pour objet la réalisation des essais et des études géotechniques, le contrôle de la mise en œuvre des matériaux ainsi que la Recherche dans les domaines des Bâtiments et des Travaux Publics.

Le LERGC est une Société d'économie mixte, régie par ses statuts ainsi que par les lois et règlements en vigueur au Bénin, notamment la loi n° 88-00 du 26 Avril 1998 relative à la création, l'organisation et le fonctionnement des entreprises publiques. Le siège administratif de la société est sur le campus d'Abomey-Calavi au département de Génie-Civil de l'Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC). Mais il est à noter que son siège sociale trouve au bord de la voie pavée de Togoudo en allant à l'école primaire publique de la zone (Togoudo). Le numéro de la boîte postale est le 01 BP 2009 Cotonou, les numéros de téléphone sont : 95 86 62 84 ; 21 07 13 29.

Adresse électronique : lergc2000@yahoo.fr

LERGC-SA est aussi un partenaire agréé du Laboratoire National de la Côte d'Ivoire (Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics).

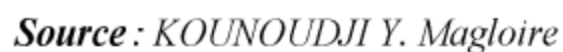


Photo N°2 : Façade Principale du siège de LERGC

Source : KOUNOUDJI Y. Magloire

2 : Situation géographique de LERGC-SA

Le plan de situation présenté ci-dessous indique clairement l'itinéraire qui mène au siège du laboratoire d'essais et de recherches en génie-civil (LERGC).



3 : Organigramme hiérarchique de LERGC-SA

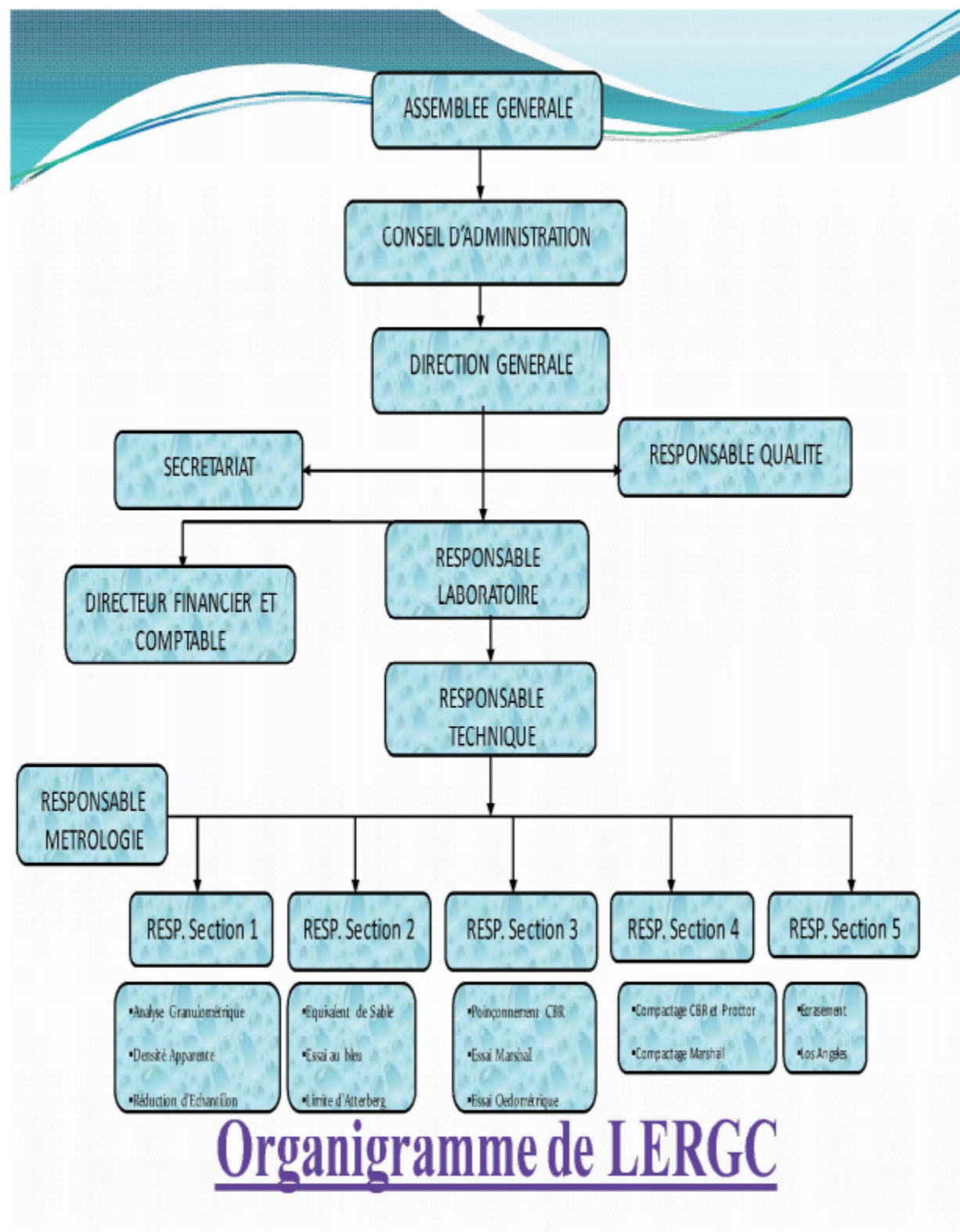


Figure 3 : Organigramme de LERGC-SA

Source : Laboratoire LERGC-SA

4 : Missions et attributions de LERGC-SA

LERGC dans son rôle de laboratoire a une renommée internationale. C'est un organisme scientifique, technique et de recherches qui a pour objet, les études, les contrôles et des recherches en Génie-Civil.

Il est chargé :

- d'assurer le contrôle géotechnique de tous les travaux de Génie-Civil ;
- d'effectuer, superviser et coordonner les activités de recherches appliquées et de développement dans le domaine du Génie-Civil ;
- de contrôler la qualité des matériaux de construction importés ou produits au Bénin;
- de faire des expertises techniques sur les bâtiments et ouvrages de Génie-Civil ;
- de participer à la formation technique en vue de la résolution des problèmes dans les constructions ;
- de participer à la mise au point des normes et réglementations concernant la construction ;
- d'accueillir les étudiants pour un stage académique et ou professionnel ;

5 : Equipements de LERGC-SA

LERGC-SA dispose de matériels et équipements assez importants pour assurer la réalisation des essais. Nous pouvons citer entre autre :

- ✓ 06 Pénétrromètres dynamiques (légers et lourds)
- ✓ 15 Densitomètres à membranes
- ✓ 01 Densitomètres à sable
- ✓ 03 Appareils pressiométriques de type Ménard
- ✓ 04 Séries de tamis
- ✓ 05 Presses à béton (02 électriques et 03 manuelles)
- ✓ 10 Véhicules
- ✓ 03 Appareils de cisaillement directe
- ✓ 02 œdomètres
- ✓ 01 Appareil Marshall
- ✓ Des moules de prélèvement de béton
- ✓ 01 Profomètre

- ✓ 02 Pundits
- ✓ 01 Appareil pour l'essai au bleu de méthylène
- ✓ 08 Balances
- ✓ 04 Appareils de Casagrande
- ✓ 01 Moto de transmission...

Notons que le LERGC dispose également de l'équipement adéquat dans le cadre du contrôle des travaux routiers tels que les moules Proctor, dame Proctor, moules CBR et l'appareil de poinçonnement.

6 : Quelques références techniques de LERGC-SA

Le LERGC a contribué à l'étude technique et au contrôle d'innombrables ouvrages au Bénin et même à l'étranger, nous pouvons citer entre autres :

- ✓ Construction de socle de pylônes (ETISALAT ; MTN ; ERICSON ; ORTB ...)
- ✓ Le plus grand Aménagement Hydro-Agricole du Bénin (La vallée de la Sota à Malanville)
- ✓ Pavage et assainissement de plusieurs rues de villes : COTONOU, OUIDAH, IGOLO, IFANGNI, DJOUGOU, AGBLANGANDAN, NATITINGOU, HOUEYOGBE, GRAND-POPO etc....
- ✓ Alimentation en Eau villageoise sur toute l'étendue du territoire.
- ✓ Route en terre : PAOUIGNAN, COVE, GUENE, LOGA, LOUGOU, WARENZI etc....
- ✓ Construction d'une centrale pour les renforcements des réseaux électriques : Maria-Gléta, Sémé.
- ✓ Amphithéâtre, Résidences, Laboratoires pour les Universités d'Abomey-Calavi et de Parakou, CNHU, Centre de Santé de Kpédékpo, Sagon, Founougou, Gougirou, Sirikou, Bagoulé, Kokey.
- ✓ Les logements économiques

Dans la sous région à titre d'exemple, il a apporté sa pierre à l'édification à la Communauté Electrique du Bénin (CEB) pour l'installation des turbines à gaz au Togo.

CHAPITRE 2

Déroulement du stage

ESSAIS SUIVIS AU LABORATOIRE:

Il est à remarquer que le LERGC réalise plusieurs essais au laboratoire tels que l'essai de l'identification complète de matériaux, l'essai de résistance à la compression d'éprouvettes de béton durci, l'essai au bleu de Méthylène...

Mais les essais particulièrement suivis au laboratoire et qui ont fait l'objet de notre rapport sont : L'essai de résistance à la compression d'éprouvettes de béton durci et l'essai Proctor.

1 Essai de résistance a la compression d'éprouvettes de béton durci (NF EN 12390-3)

1. 1 Définition

Le béton est un mélange homogène de granulats, du liant, d'eau, et parfois d'adjuvants dont la quantité peut varier en fonction de son utilisation.

La résistance à la compression est la capacité d'un matériau (ou du béton) à supporter les charges qui tendent à réduire sa taille par compression (écrasement). C'est l'effort de compression uniaxial atteint à la rupture complète du matériau.

1. 2 But de l'essai

Un essai de compression est réalisé sur trois éprouvettes cylindriques afin de déterminer la résistance en compression moyenne du matériau, ainsi que son module d'élasticité longitudinal, ou module de Young.

1. 3 Principe de l'essai

Le principe de l'essai est de soumettre une éprouvette cylindrique, cubique ou une carotte à une force croissante et constante jusqu'à rupture de celle-ci afin de déterminer sa résistance à la compression.

1. 4 Mode Opérateur

1. 4. 1 Préparation et positionnement des éprouvettes

- Après conservation, enlever l'éprouvette de l'eau et procéder au surfacage.
- Essuyer toute humidité excessive de la surface de l'éprouvette avant de la positionner dans la machine d'essai.
- Essuyer tous les plateaux de la machine d'essai et retirer toutes particules ou corps étrangers des surfaces de l'éprouvette qui seront en contact avec eux.
- Enlever tout appareillage, autre que le plateau auxiliaire ou éléments d'espacement, entre l'éprouvette et les plateaux de la machine d'essai.
- Centrer l'éprouvette sur le plateau avec une précision de plus ou moins 1% de la dimension nominale pour les éprouvettes cubiques ou du diamètre pour les éprouvettes cylindriques.

1. 4. 2 Mise en charge

Sélectionner une vitesse constante de chargement dans la plage 0,6MPa/s plus ou moins 0,2MPa/s.

- Appliquer la charge sans choc et l'accroître de façon continue à la vitesse constante sélectionnée plus ou moins 10% jusqu'à la rupture de l'éprouvette.
- En cas d'utilisation de machine d'essai commandée manuellement, compenser, lorsque la rupture d'éprouvette est proche, toute tendance au ralentissement de la vitesse sélectionnée de charge, par un réglage approprié des commandes.
- Enregistrer la charge maximale obtenue.



Photo 3 : Presse d'écrasement béton
Source : Laboratoire LERGC-SA

1. 4. 3 Expression des résultats

La résistance à la compression est donnée par l'équation suivante :

$$F_c = \frac{F}{A_c}$$

Où :

F_c est la résistance à la compression, exprimée en mégapascals ;

F est la charge maximale provoquant la rupture, exprimée en newtons ;

A_c est l'aire de la section de l'éprouvette sur laquelle la force de compression est appliquée

2. Essai Proctor

La teneur en eau d'un sol est un paramètre d'état important dans l'étude de comportement du matériau. Il est nécessaire de pouvoir connaître la teneur en eau optimale pour laquelle un sol est correctement compacté.

La détermination des conditions optimales de mise en œuvre d'un matériau de remblai pour réaliser un compactage sur chantier nécessite des essais de laboratoire qui permette de définir les conditions opératoires du compactage en place. Simultanément, on étudie l'influence de la teneur en eau sur la portance du matériau après compactage.

2.1 Définition et but de l'essai

L'essai Proctor est un essai qui s'effectue sur les sols de remblais afin de déterminer la teneur en eau pour laquelle on obtient avec une énergie de compactage un serrage maximal. Cet essai a pour but de déterminer la teneur en eau optimum (W_{opt}) à laquelle le matériau compacté aura une densité sèche maximale (γ_{dmax}).

On distingue :

- Essai Proctor normal
- Essai Proctor modifié

L'essai Proctor normal est réalisé pour les études de remblais en terre (bâtiment, digue, barrages etc....) alors que celui modifié est réalisé pour déterminer les caractéristiques de compactage des matériaux destinés à constituer la couche de fondation ou le corps de chaussée des routes.

Ces deux essais sont identiques dans leurs principes, la différence réside dans les valeurs des paramètres qui définissent l'énergie de compactage appliquée : cette énergie de compactage est calculée à partir de la formule :

$$E = \frac{N \times P \times M \times H}{V}$$

E : énergie de compactage (en kg / m³)

N : nombre de coups par couche

P : Poids de la dame (en kg)

M : nombre de couche

H : hauteur de chute de la dame (en m)

V : Volume du moule (en m³)

Tableau 1 : Précisant le Protocole de l'essai Proctor

Caractéristique de l'essai (Moule Proctor)	Essai Proctor Normal	Essai Proctor Modifié
Masse de la dame (g)	2490	4535
Diamètre du mouton (mm)	51	51
Hauteur de chute (mm)	305	457
Nombre de couches	3	5
Nombre de coups par couche	25	56

2.2 Appareillage de l'essai

Pour cet essai, le matériel est constitué de :

- ✓ Bacs d'homogénéisation pour préparation du matériau
- ✓ Règle métallique pour araser
- ✓ Une éprouvette graduée de 150 ml environ

- ✓ Une truelle, pinceau
- ✓ Deux tamis (20 mm et 5 mm)
- ✓ Tares (pour la mesure des teneurs en eau)
- ✓ Moule Proctor (modifié ou normal)
- ✓ Un marteau de compactage ou dame (modifié ou normal)
- ✓ Une étuve
- ✓ Deux balances (électronique et mécanique)

2.3 Mode opératoire (NF P 94-093)

❖ Echantillonnage

- Prélèvement d'un échantillon représentatif du matériau à étudier,
- Prise de la teneur en eau naturelle de l'échantillon ;
- Etuvage de l'échantillon après s'être rassuré qu'il ne contient pas de micro-organismes ;
- Prélèvement de (cinq) 5 lots de (sept) 7 kg du matériau,
- Humidification de chaque lot à un pourcentage d'eau donnée.

❖ Manipulation

- ✓ On pèse le moule plus le disque d'espacement et l'embase
- ✓ On prend un lot de 7 kg de l'échantillon que l'on met dans un plateau
- ✓ On mouille cet échantillon avec un pourcentage d'eau prédéterminé (mouillage sous forme de pluie en évitant d'en envoyer sur les parois du plateau)



Photo N°4: Quelques photos illustrant la préparation du matériau, le compactage et l'arasement du matériau après compactage

Source : Laboratoire LERGC-SA

2.4 Calculs et exploitation des résultats

2.4.1 Calculs

On calcule le volume de l'échantillon ainsi démoulé en mesurant ses dimensions :
Ensuite, la densité humide de l'échantillon qui n'est rien d'autre que le rapport entre la masse humide de l'échantillon et son volume.

$$\rho_h = \frac{m_h}{V}$$

m_h = masse humide de l'échantillon (en kg)

V = le Volume de l'échantillon (en dm^3)

ρ_h : densité humide

Pour chacune des valeurs des teneurs en eau considérées, on détermine la densité sèche du matériau.

$$\rho_d = \frac{\rho_h}{1 + w}$$

γ_d = densité sèche du matériau en kg/dm^3 ou en g/cm^3

γ_h = densité humide du matériau en kg/dm^3 ou en g/cm^3

W = la teneur en eau

2.4.2 Exploitation des résultats

Elle prend en compte le tableau illustratif des résultats et le tracé de la courbe.

Cas de l'échantillon de graveleux latéritique de Savalou

L'essai Proctor a été réalisé sur le graveleux latéritique de Savalou qui a servi de matériau pour la couche de fondation et la couche de base de notre projet et dont les résultats sont consignés dans le tableau ci- dessous.

Masse moule + embase = 10180 g ; Volume moule + embase = 2310 cm^3

Tableau 2 : Résultat d'Essai Proctor sur le graveleux latéritique de Savalou

TENEUR EN EAU								ECHANTILLON MOULE HUMIDE			
Tare N°	Masse totale humide	Masse totale sèche	Tare	Masse sèche	Masse d'eau	Teneur en eau	Moyenne (%)	Masse échantillon	Dh	Ds	Eau de mouillage
1	124,2	121,2	55,5	65,7	3	4,57	3,93	5455	1,99	1,91	4
2	113,1	111,2	53,4	57,8	1,9	3,29					
3	120,1	115,9	56,8	59,1	4,2	7,11	5,91	5755	2,1	1,98	6
4	118,3	115,6	58,4	57,2	2,7	4,72					
5	138,9	132,7	58,2	74,5	6,2	8,32	8,19	6105	2,22	2,06	8
6	131,3	125,5	53,5	72	5,8	8,06					

Tableau 2 : Résultat d'Essai Proctor sur le graveleux latéritique de Savalou
(suite et fin)

TENEUR EN EAU								ECHANTILLON MOULE HUMIDE			
Tare N°	Masse totale humide	Masse totale sèche	Tare	Masse sèche	Masse d'eau	Teneur en eau	Moyenne (%)	Masse échantillon	Dh	Ds	Eau de mouillage
7	114,8	109,9	57,8	52,1	4,9	7,4	7,95	6290	2,29	2,15	7,9
8	139,9	131,8	57,8	74	8,1	8,5					
9	118,0	111,2	55,0	56,2	6,8	12,1	11,81	6320	2,3	2,06	12
10	108,3	102,7	54,1	48,6	5,6	11,52					
11	128,3	119,0	55,1	63,9	9,3	14,55	13,92	6315	2,3	2,02	14
12	134,8	125,2	52,9	72,3	9,6	13,28					
13	126,0	117,2	55,4	61,8	8,8	14,24	15,99	6240	2,27	1,96	16
14	122,2	112,6	58,5	54,1	9,6	17,74					

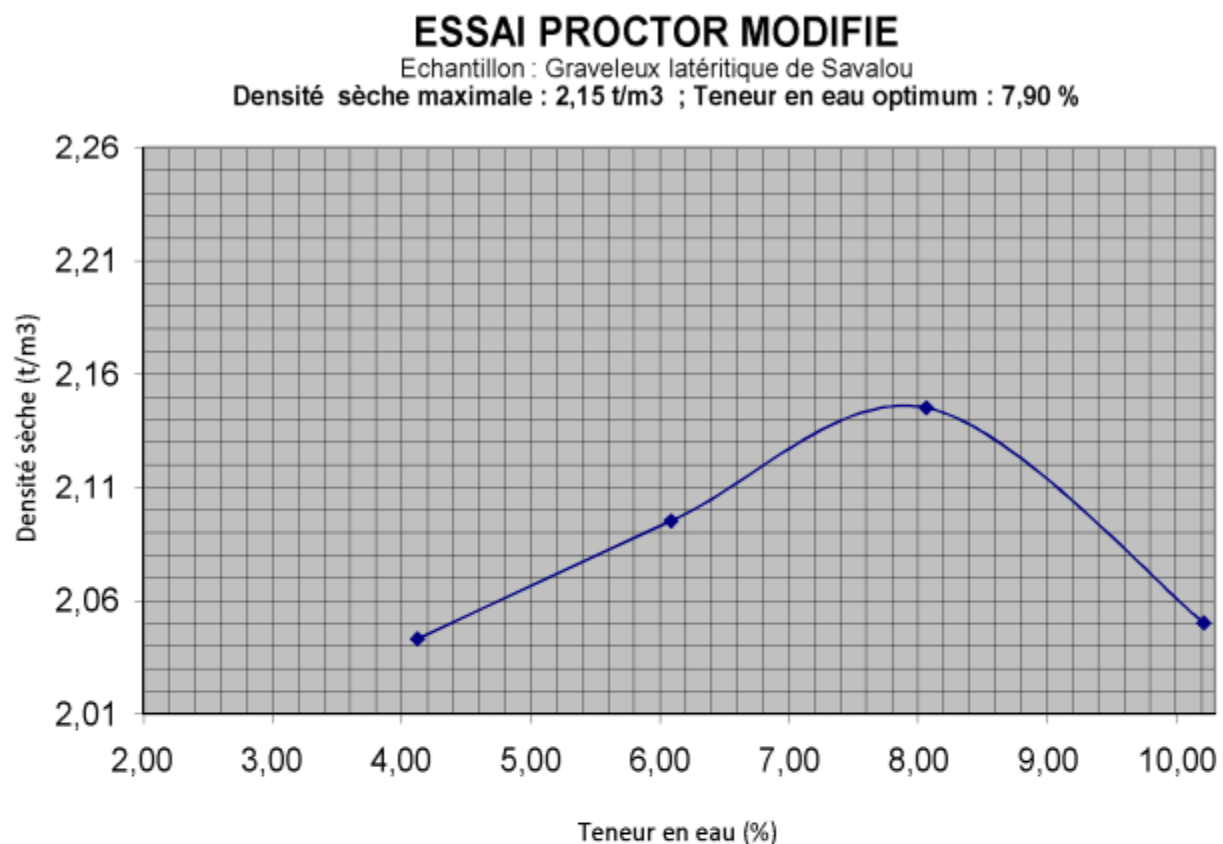


Figure 4 : Courbe de l'essai Proctor modifié

Cette courbe nous donne une teneur en eau optimum $\omega_{opt} = 7,90\%$ correspondant au matériau traité et qui conduit à une densité sèche maximale $\gamma_{dmax} = 2,15 \text{ t/m}^3$

CONCLUSION PARTIELLE 1:

L'analyse du résultat de l'Essai Proctor de l'échantillon de Savalou montre que pour des pourcentages d'eau de mouillage variant de 4% à 10%, la densité sèche de ce matériau varie de 2,043 à 2,145 t/m³

PROJET D'ACCUEIL AU CHANTIER

Après le laboratoire, nous avons continué notre stage sur le terrain surtout dans le but de voir l'aboutissement pratique de l'essai que nous avons fait à la base. C'est ce qui nous a amené à suivre les travaux du PROJET DE PAVAGE DE RUES ET DASSAINISSEMENT A SAVALOU.

Présentons d'abord le projet.

1 Présentation de la ville d'accueil du projet

1.1 Situation géographique du chantier

La commune de Savalou qui a abrité le projet est frontalière des communes de Dassa-Zoumè et de Glazoué à l'Est, de Djidja au Sud, de Bantè au Nord et de la république du Togo à l'Ouest. Sa superficie est de 2 674 km², ce qui représente 2,37 % du territoire national du Bénin. Elle est subdivisée en quatorze arrondissements dont quatre sont urbanisés : Aga, Agbado, Attakè et Ouessè. D'après l'INSAE, elle comprend dix-sept quartiers de ville et cinquante-deux villages.

1.2 Climat de la région

A l'instar des autres communes du département des Collines, la Commune de Savalou est soumise à l'influence du climat sud-soudanien. Il s'agit d'un climat uni-modal caractérisé par une saison sèche et une saison humide. Les totaux pluviométriques varient entre 1100 et 1200 mm/an et compte entre six et sept mois humides au cours de l'année.

Cette répartition pluviométrique favorise les cultures à cycles longs telles que l'igname et le manioc qui s'y produisent en grande quantité et fait de la commune le grenier à tubercule du pays.

Elle favorise par ailleurs le développement de certaines essences végétales qui expliquent le type de végétation qu'on y rencontre.

1.3 Relief de la région

La ville est entourée de plusieurs collines et monts : la chaîne de Savalou, les collines jumelles de Kpataba-savalou, le mont Sègui de Logozohè aussi la chaîne de Monkpa (un des arrondissements de la commune), fait environ 2km de long, partie de la colline Donmononso passant par agbassa, atalalikwé jusqu'à wallaso et la colline logboso (riche en singe rouge) Sud-Est du même arrondissement.

1.4 Géologie de la région

La structure du sol au niveau de la Commune de Savalou est de type ferrugineux tropical faiblement concrétionné. Ce sont des sols lessivés à engorgement de profondeur. Dans l'ensemble, la productivité est fortement influencée par le pourcentage de terre fine et par la médiocrité du drainage.

1.5 Réseau hydrographique de la région

Le réseau hydrographique est essentiellement dominé par les affluents des fleuves Ouémé et Okpara. Ces affluents, arrosent la plupart des arrondissements et favorisent le développement des activités de pêche.

1.6 Végétation de la région

La végétation à Savalou est tributaire du type de sols rencontrés. Ainsi, plusieurs formations végétales se retrouvent sur l'espace de cette commune formant un paysage de savane malgré l'existence de deux saisons bien tranchées.

1.7 Aspect administratif de la commune

Dans l'administration de la commune de Savalou, il convient de distinguer trois niveaux :

- La Mairie
- Le niveau arrondissement
- Le niveau village.

Sur la base des décisions du Conseil Communal composé de tous les conseillers élus, le maire organise, coordonne et contrôle les activités de la commune avec l'appui des adjoints, du secrétaire général et des chefs des Arrondissements.

2 Présentation du projet

2.1 Consistance des travaux

Les travaux du projet sur lequel j'ai fait mon stage prend en compte le Pavage et l'Assainissement de la Rue suivante :

- Lot PRAS 05, rue RNEI 2. CARREFOUR COLOMB – sur un linéaire 700 m, prise en compte par l'entreprise VICO

Ce projet a été financé par la Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD), le Budget National et la Commune de Savalou d'un montant global estimé à **(Deux cent soixante et cinq million, soixante et neuf mille, six cent quarante et trois franc CFA) 265 069 643 FCFA** à hauteur de 90,25%, 9,55% et 0,2% respectivement.

Ces travaux sont constitués d'un coté, des travaux d'assainissement et de l'autre, des travaux d'aménagement et de pavage.

- Les travaux de pavage concernent la réalisation d'une chaussée bidirectionnelle de largeur 7,30m, avec une emprise de 13m et présentant un profil en travers (profil en toit) de pente transversale 3% avec des pavés de 11cm d'épaisseur. Les trottoirs de largeur variable à pente transversale 2% réalisés en pavés de 8cm d'épaisseur.

- Les travaux d'assainissement consistent à réaliser le long des deux côtés de la chaussée, des ouvrages constitués de caniveaux cadres de section rectangulaire réalisés en béton armé et recouverts de tablier en béton armé.

Le Maître d'Œuvre, chargé du suivi et du contrôle de ces travaux est le Groupement CEREC- BTP / PERS-BTP Ingénieurs Conseils.

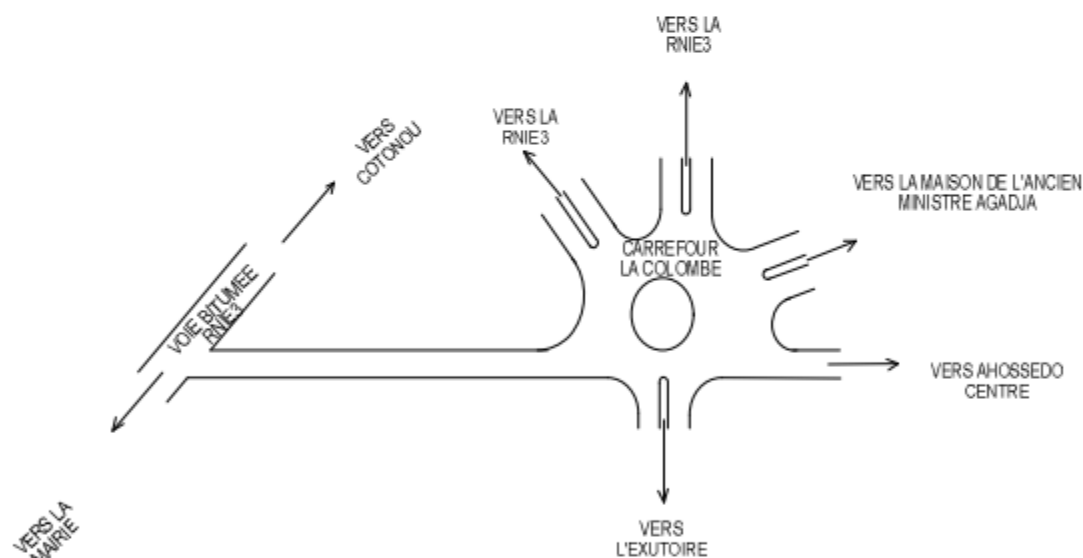


Figure 5: Schéma de situation du Chantier

Source : KOUNOUDJI Y. Magloire

2.2 Les intervenants du projet

Le tableau suivant présente les différents intervenants sur le projet.

Tableau 3: Récapitulatif des intervenants

FONCTIONS	STRUCTURES
Maitre d'ouvrage	MCVDD
Maitre d'ouvrage délégué	SERHAU-SA
Contrôle	Groupeement CEREC- BTP/ PERS-BTP
Laboratoire	LERGC- SA
Entreprise exécutante	VICO

2.3 Attributs de chacun des intervenants sur le projet

- **Le Maitre d'Ouvrage**: Ministère du cadre de vie et du développement durable (MCVDD) ; il constitue la personne morale pour le compte de laquelle le projet est exécuté. Mais n'ayant pas les moyens humains ou la compétence nécessaire pour assurer les tâches qu'implique sa fonction, elle a confié les tâches qui lui incombent à un Maitre d'Ouvrage Délégué.

- **Le Maitre d'Ouvrage Délégué** : SERHAU-SA (Société d'Etudes Régionales d'Habitat et d'Aménagement Urbain) qui est le représentant légal du Maitre d'Ouvrage dans l'exécution de ce projet. Il assure de façon directe l'exécution

des travaux depuis la conception du projet jusqu'à la réception définitive de l'ouvrage, qui nécessite un suivi par le corps du contrôle.

- Le Bureau de Contrôle et de surveillance : Groupement CEREC-BTP/PERS-BTP Ingénieurs Conseils qui représente la structure chargée de contrôler et de faire respecter les directives du cahier des charges depuis la phase de définition jusqu'à la réception définitive de l'ouvrage. Il assiste aussi le Maître d'Ouvrage Délégué lors des réceptions provisoires et définitives des travaux.

La réalisation de ce projet passe aussi par le contrôle de qualité des matériaux et de leur mise à l'essai qui a été assurée par :

-Le Laboratoire géotechnique : LERGC-SA (Laboratoire d'Etude et de Recherche en Génie Civil).

Il a pour rôle la vérification de la qualité des matériaux de construction et d'effectuer des essais au cours de la réalisation des travaux exécutés par l'entreprise.

-L'entreprise exécutante : VICO

Elle est chargée de conduire les travaux dans un délai et dans les meilleures conditions prévues par les clauses du marché. Le délai d'exécution de ce projet est de six (06) mois. Le projet a débuté officiellement le 02 Janvier 2016.

2.4 Organisation du chantier

Pour un bon déroulement des différentes activités il faut une meilleure organisation des différents acteurs dudit chantier

Ainsi sur le chantier, il y a :

- ◆ le chef projet ;
- ◆ le chef de mission ;
- ◆ le contrôleur permanent ;
- ◆ le laboratoire de contrôle inclus dans la mission de contrôle ;
- ◆ le conducteur des travaux ;
- ◆ le chef chantier ;
- ◆ le chef d'équipe topographique ;
- ◆ le chef d'équipe d'ouvrage d'assainissement ;
- ◆ le chef d'équipe de terrassement ;
- ◆ le personnel composé d'ouvriers et de manœuvres.

L'organigramme du chantier ci-après, traduit les différentes relations qui existent entre ces acteurs.

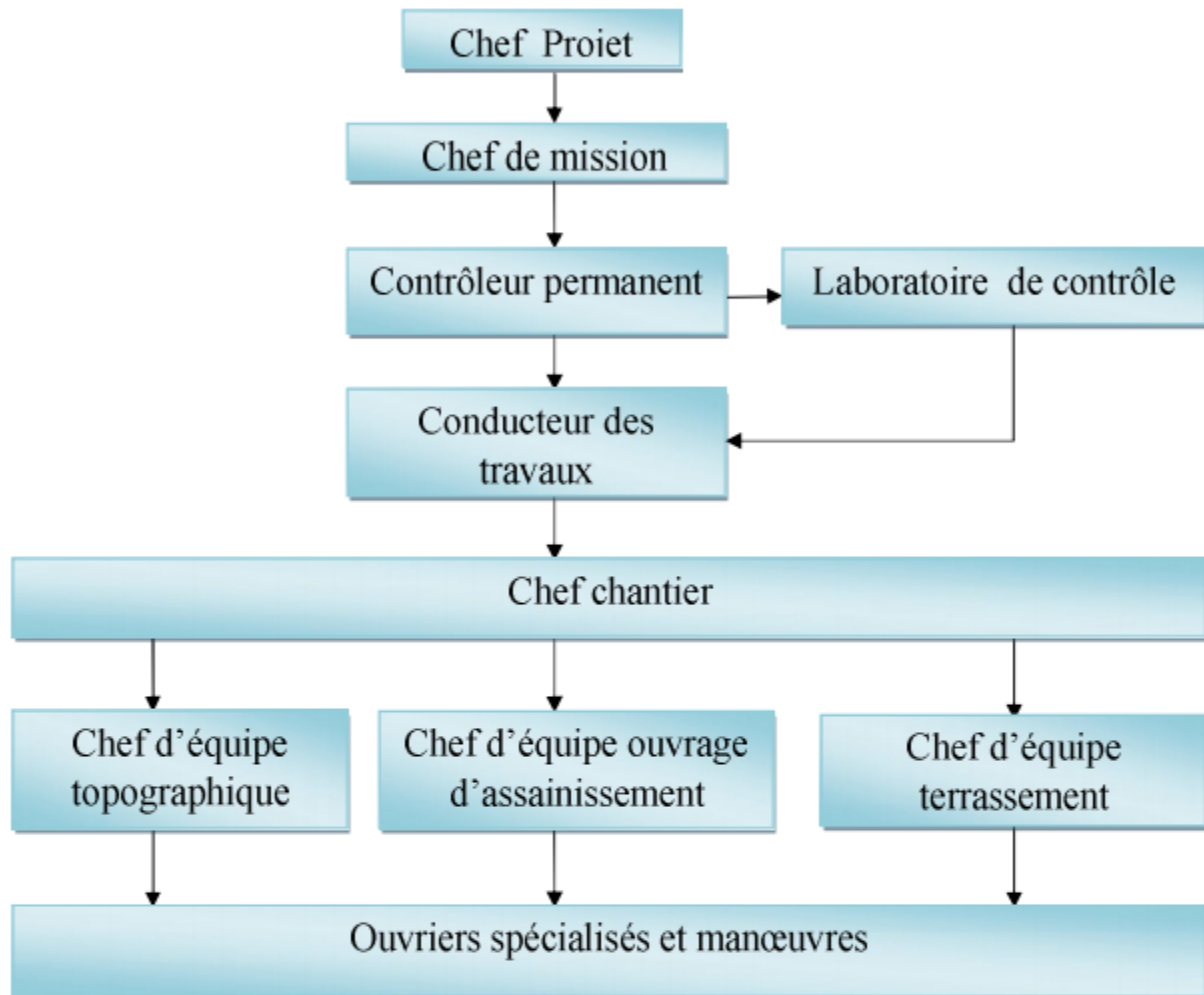


Figure 6: Organigramme du chantier

Source : KOUNOUDJI Y. Magloire

2.5 Caractéristiques techniques de la route

L'exécution des travaux du Lot PRAS 05 dont notre période de stage à couvert, les principales caractéristiques techniques de la route se présentent comme suit :

- Largeur de l'emprise variable entre 10,30m et 10,50m sur toute la longueur de la voie,
- Largeur chaussée : 7,30m
- Largeur couche de roulement : 7,00m sur toute la longueur de la voie ;
- Pente transversale : 3% (profil en toit) en alignement droit et dans la courbe non déversée ;
- Largeur des trottoirs variable entre 0 et 2m (du bord extérieur de la chaussée au bord extérieur des bordures)
- Pente transversale pour trottoir 2%

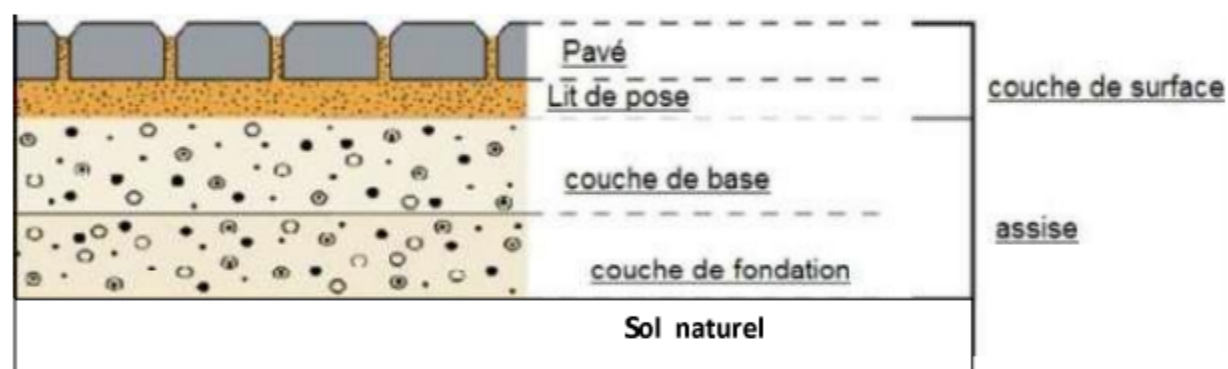


Figure 7 : Les différentes couches de la chaussée

2.6 Les matériaux utilisés sur le chantier

Les granulats (sables, graviers concassés) sont stockés en tas sur le chantier et du côté des fouilles. En effet, le chantier est approvisionné en différents matériaux à savoir :

2.6.1 Le sable

Le sable utilisé sur le chantier provient de la carrière de Béthel (Savè). Ce sable respecte toutes les caractéristiques recommandées pour le gâchage du béton des différents éléments réalisés et ne laisse aucun dépôt adhérent à la main.

2.6.2 Le gravier

Constitués des graviers concassés de type 5/15 d'après l'analyse granulométrique par tamisage, ils sont issus du chantier des pierres concassées de Dassa.

2.6.3 Le ciment

Le ciment utilisé est du CPJ-35 de la société des ciments d'Onigbolo et quelques fois le CPA Portland pour tous les ouvrages. Le lieu de stockage permet la conservation de ces propriétés avant l'utilisation. Il est mis à l'abri de l'humidité et empêché son contact avec le sol. L'entrée et la sortie du ciment sont bien organisées de façon que les sacs ne restent pas trop longtemps en stock.

2.6.4 L'eau de gâchage

L'entreprise s'approvisionne en eau à travers les bouches d'eau installées dans la ville par la SONEB. En cas de pénurie d'eau, elle s'approvisionne dans les réceptacles par le biais des motopompes et le stock dans les réserves en citernes conçues à cet effet.

2.7 Matériels utilisés sur le chantier

Au cours de la réalisation des travaux, plusieurs matériels ont été employés. Au nombre de ceux-ci nous pouvons citer :

- le camion benne ;
- la chargeuse pour charger les déblais dans les camions ;
- le semi-compacteur automoteur pour le compactage du sol en vue d'éliminer les vides dans la zone compactée ;
- le camion plateau à levier pour le transport des bétonnières et des citernes en plastique ;
- des bétonnières pour la confection du béton ;
- des vibreurs pour le serrage du béton.

2.8 Les ateliers de travail sur le chantier

Les différents ateliers du chantier sont :

2.8.1 L'atelier de ferrailage

L'entreprise d'exécution dispose d'un atelier de ferrailage, où est réalisé le ferrailage des radiers, des voiles, des tabliers, des dalles de rue et des dallettes amovibles. L'atelier de ferrailage du chantier est constitué de :

- une aire de stockage des aciers
- une table de façonnage d'acier ;
- des cisailles ;
- des outils de ferrailage (tenaille, pince, marteaux).

2.8.2 Le poste de bétonnage

La confection du béton est assurée par la bétonnière avec (02) quatre bétonnières sur le chantier. Ces postes sont installés sur le tronçon au lieu de

coulage pour assurer la rapidité, et éviter le phénomène de ségrégation du béton au cours de son transport vers le lieu de mise en œuvre. A chaque poste de bétonnage, on dispose de :

- une aire de stockage des granulats ;
- une ou deux bétonnières ;
- des brouettes, pour le chargement des granulats ;
- des brouettes, pour le transport du béton.

ESSAIS REALISES AU CHANTIER : Densité en place

Sur le terrain, j'ai effectué mon stage sous la direction du corps de contrôle géotechnique chargé du suivi de la qualité des travaux. La mission principale affairant à ce corps se résume comme suit :

- ❖ Réception des granulats (Sable ; gravier) approvisionnés ;
- ❖ Contrôle du respect des différents dosages prescrits par la formulation du béton lors des coulages ;
- ❖ Faire des prélèvements périodiques du béton pour s'assurer de la bonne résistance des différents bétons coulés par les entreprises ;
- ❖ Réalisation des essais de densité sur place pour s'assurer d'un bon compactage des différentes couches de la chaussée.

Notons qu'en réalité le LERGC réalise plusieurs autres essais sur le terrain, parmi lesquels nous pouvons citer:

- ✓ L'essai de Pénétration Dynamique
- ✓ L'essai pressiométrique Ménard
- ✓ L'essai d'auscultation sonique au pundit etc.....

Mais dans le cas de notre projet, l'essai que nous avons particulièrement suivi et qui va nous permettre de voir l'aboutissement de celui que nous avons déjà suivi au laboratoire est la densité en place.

1. Principe de l'essai

L'essai consiste à creuser une cavité, à peser la totalité de matériau extrait et à mesurer le volume de la cavité à l'aide d'un densitomètre à membrane. L'appareil est doté d'un piston qui sous l'action de l'opérateur refoule un volume d'eau dans une membrane souple étanche qui épouse la forme de la cavité. Une tige graduée permet de lire directement le volume.

2. Préparation de l'appareil

- Fixer la membrane sur l'embase du cylindre ;
- Remplir l'appareil eau et s'assurer qu'aucune bull d'air ne subsiste dans le cylindre ;
- Purger éventuellement selon le mode opératoire prescrit par le constructeur ;
- Vérifier l'étanchéité du dispositif.

3. Réalisation de l'essai

3.1 Mesure du volume initial (v_0)

- Prépare par arasement une surface plane sensiblement horizontale au moins égale à celle de la plaque appui.
- Fixer la plaque appuie avec les piquets ancrage ;
- Solidariser la plaque d'appui a l'appareil ;
- Appuyer sur le piston jusqu'a obtention de la pression désirée (5Mpa) ;
- Mesurer le volume (v_0) sur le système de lecture.

Par exemple dans le cas pratique de notre chantier, le volume (v_0) mesuré a un point m du profil (P_0) du projet faisait : 450cm^3

3.2 Creusement de la cavité et détermination de masse humide (m_h)

- Encaver le trou à travers l'orifice de la plaque. La profondeur sera égale à 14 cm, avec la forme du trou qui sera régulière.
- Recueilli la totalité de matériau issu de l'excavation, sans perte dans un sac hermétique ;(v)
- Peser le matériau humide (m_h)

Notons qu'au même point du profil (P_0) de notre projet par exemple, la masse du matériau humide en apport (m_h) faisait : 2943g ;

- Peser après étuvage de 500g de matériau issu de l'excavation(m_s)

Dans notre cas par exemple, la masse de 500g de matériau étuvé (m_s) faisait : 470g ;

- Procéder au calcul de la teneur en eau(w)

$$(w) = \frac{500 - m_s}{m_s} * 100$$

*Dans notre cas d'exemple, la teneur en eau(w)= $\frac{500-470}{470} * 100$*

$$(w) = 6,38\%$$

3.3 Détermination du volume total (v_t)

- ❖ Fixer à nouveau l'appareil sur la plaque d'appui ;
- ❖ Actionner le piston jusque obtenir la pression désirée (5Mpa);
- ❖ Mesurer le volume (v_t) sur le système de lecture.

Par exemple dans notre cas espèce toujours au même point m du profil (P_0) de notre projet, le volume (v_t) mesuré faisait : 1800cm^3

3.4 Expression des résultats

- La masse volumique de matériau humide (ρ_h) : $\rho_h = \frac{m_h}{v_t - v_0}$

Donc pour notre point modèle, $\rho_h(m) = \frac{2943}{1800 - 450}$

$\rho_h(m) = 2,18$

- La masse volumique de matériau sec (ρ_d) : $\rho_d = \frac{\rho_h}{1 + w}$

Donc pour notre point modèle, $\rho_d(m) = \frac{2,18}{1 + 0,0638}$

$\rho_d(m) = 2,05$

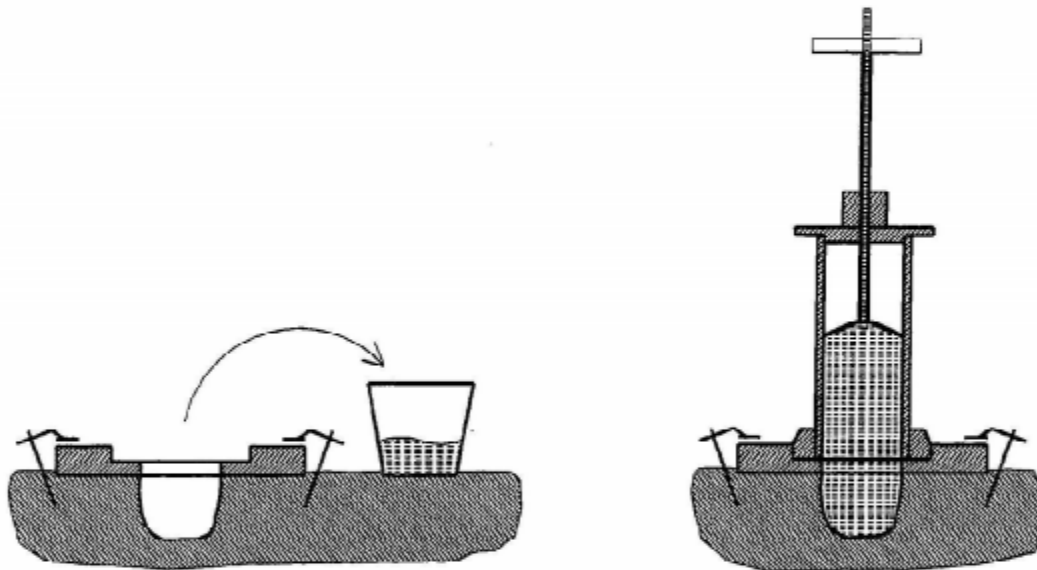


Figure 1 : Schéma de principe de l'essai

Figure 8: Schéma montrant le principe de l'essai

Source : Laboratoire LERGC-SA



Photos N°4: Montrant la réalisation de l'essai sur le chantier

Source: KOUNOUDJI Y. Magloire

4. Compactage sur chantier

Notons que quelque soit le type d'engin utilisé, le compactage devra s'effectuer par couche de faible épaisseur (20 à 30 cm pour les travaux de route) ou encore (15 à 20 cm pour les travaux de bâtiments).

5. Contrôle du compactage

Ce contrôle est effectué par des essais de densité en place qui conduisent à la détermination du taux de compactage. En comparant le poids volumique du sol sec $p_{d \text{ chantier}}$ avec le poids volumique sec maximal $p_{d \text{ labo}}$, on établit le degré de compacité (Dc) ou taux de compactage à l'aide de l'équation suivante :

$$Dc = \frac{p_{d \text{ chantier}}}{p_{d \text{ labo}}} \times 100$$

$$\text{Donc en notre point modèle, } Dc(m) = \frac{2,05}{2,15} \times 100$$

$$Dc(m) = 95,35\%$$

Le taux de compactage est l'un des critères sur les lesquels on s'appuie pour apprécier le compactage. Ce degré qui s'exprime en %, tend vers 100% lorsque $p_{d \text{ chantier}}$ tend vers celle de $p_{d \text{ labo}}$. En générale le Cahier des Prescriptions Techniques (CPT) impose que $Dc \geq 95\%$ pour la plate forme et $Dc \geq 97\%$ pour les couches en apport (ce qui a été le cas du chantier que nous avons suivi a Savalou). Plus il est élevé ; plus la compacité du sol est grande; et plus le compactage à été efficace.

Conclusion partielle 2:

Remarquons que le taux de compactage en notre point modèle au profil (P0) de notre projet; $D_c(m)=95,35\%$ étant donc inférieur à 97%, tel prescrit par le Cahier des Prescriptions Techniques (CPT), le compactage a été donc jugé inacceptable en ce point. Aussi, la moyenne des trois essais réalisés sur ce profil n'a pas été satisfaisante dans ce premier temps. La raison apparente était la teneur en eau du matériau compacté sur le terrain ($\omega_{opt}=6,38\%$) qui était insuffisante par rapport à celle recommandée à l'issue des essais Proctor au laboratoire ($\omega_{pt} = 7,90\%$). Pour raison, la satisfaction a été finalement acquise sur notre profil modèle après que la teneur en eau a été reconsidérée et le compactage repris.

CHAPITRE 3

Difficultés rencontrées et suggestions

DIFFICULTES RENCONTREES

Une œuvre noble n'est réalisée sans difficulté, ainsi, nous ne pouvons dire que la rédaction de ce rapport est sans difficulté. Comme difficultés rencontrées au cours du stage sur le terrain, nous pouvons citer :

- l'impatience notoire des usagers du tronçon forçant les barrages du chantier et refusant d'emprunter les déviations ;
- des intempéries climatiques qui étaient défavorables à l'évolution des travaux ;

REMARQUES ET SUGGESTIONS

Notre séjour à **LERGC** n'a pas connu d'incident en particulier. Cependant nous avons faits quelques remarques.

- La présence d'un groupe électrogène de relai en cas de coupure est à saluer ;
- Installation de laboratoire décentralisé serait un grand atout pour **LERGC** afin de réduire le calvaire des agents en ce qui concerne le transport des éprouvettes par exemple et se faire connaître sur le plan national.
- L'eau utilisée sur la plupart des chantiers provient directement de la nappe phréatique ou des eaux de surface sans aucun traitement préalable. Un contrôle plus strict sur la qualité de l'eau utilisée en général serait à recommander;
- Le système de la démarche qualité adopté par le LERGC étant à encourager ; son personnel fait un effort sincère pour le suivre;
- Et sur les chantiers les entreprises devront prendre plus au sérieux les mesures de sécurité (port de casque, botte, gant,...) pour leurs ouvriers et manœuvres dans le souci d'éviter les accidents de travail.

CONCLUSION

Un bon dimensionnement doit être basé sur une bonne reconnaissance géotechnique. Une attention particulière doit par conséquent être portée à la qualité et à l'établissement des rapports de reconnaissance en se basant bien évidemment sur les normes en la matière. C'est ce que nous avons retenu à la fin de notre stage.

Cette opportunité fut donc pour nous l'occasion de comprendre une fois encore la grande responsabilité qui incombe aux futurs techniciens ; à laquelle nous aspirons de tout Cœur.

Ce travail qui Constitue notre premier pas vers l'analyse et la recherche n'a nullement la prétention d'être parfait. Nous implorons votre indulgence pour les imperfections que vous auriez constatées et attendons également vos critiques et recommandations en vue de nous améliorer pour que ce travail soit pour nous un point d'appui et pour la génération future une référence.

BIBLIOGRAPHIE

[1] **Ezéchiél ALLOBA** et **François CODO** de Paule, (2008-2009), manuel de cours de routes II

[2] **Adolphe TCHEHOUALI**, manuel de cours de matériaux de construction

[3] **Yvette KIKI TANKPINOU**, manuel de cours de mécanique des sols

TABLE DES MATIERES

MATIERES	PAGES
PAGE DE GARDE	1
REMERCIEMENTS	2
HOMMAGES	3
SOMMAIRE	4
LISTE DES TABLEAUX, PHOTOS ET FIGURES	5
INTRODUCTION	6-7
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DES STRUCTURES	8
A-STRUCTURE DE DEPART : CAP / EPAC	9
A-1 : Présentation de la structure de formation	9
A-1-1 Situation géographique	9
A-1-2 Présentation de l'EPAC	10
B- LA STRUCTURE D'ACCUEIL : LERGC-SA	11
B-1 Historique de LERGC-SA	11-12
B-2 : Situation géographique de LERGC-SA	13-14
B-3 Organigramme hiérarchique de LERGC-SA	15
B-4 Missions et attributions de LERGC-SA	16
B-5 Equipements de LERGC-SA	16-17
B-6 Quelques références techniques de LERGC-SA	17
CHAPITRE 2: DEROULEMENT DU STAGE	18
C- ESSAIS SUIVIS AU LABORATOIRE	19
C-1 Essai de résistance a la compression d'éprouvettes de béton durci	19
C-1-1 Définition	19
C-1-2 But de l'essai	19
C-1-3 Principe de l'essai	19
C-1-4 Mode Opératoire	20
C-1-4-1 Préparation et positionnement des éprouvettes	20
C-1-4-2 Mise en charge	20
C-1-4-3 Expression des résultats	21
C-2 Essai Proctor	22
C-2-1 : Définition et but de l'essai	22-23
C-2-2 Appareillage de l'essai	23-24
C-2-3 Mode opératoire (NF P94-093)	24
C-2-4 Calculs et exploitation des résultats	25
C-2-4-1 Calculs	25
C-2-4-2 Exploitation des résultats	26-28
D- PROJET D'ACCUEIL AU CHANTIER	29

D-1 Présentation de la ville d'accueil du projet	29
D-1.1 Situation géographique du chantier	29
D-1.2 Climat de la région	29
D-1.3 Relief de la région	30
D-1.4 Géologie de la région	30
D-1.5 Réseau hydrographique de la région	30
D-1.6 Végétation de la région	30
D-1.7 Aspect administratif de la Commune	31
D-2 Présentation du projet	31
D-2.1 Consistance des travaux	31-32
D-2.2 Les intervenants du projet	33
D-2.3 Attributs de chacun des intervenants du projet	33-34
D-2.4 Organisation du chantier	35-36
D-2.5 Caractéristiques techniques de la route	37
D-2.6 Les matériaux utilisés sur le chantier	37
D-2.6.1 Le sable	37
D-2.6.2 Le gravier	38
D-2.6.3 Le ciment	38
D-2.6.4 L'eau de gâchage	38
D-2.7 Matériels utilisés sur le chantier	38
D-2.8 Les ateliers de travail sur le chantier	39
D-2.8.1 L'atelier de ferrailage	39
D-2.8.2 Le poste de bétonnage	39
E- ESSAIS REALISES AU CHANTIER : Densité en place	40
E-1 Principe de l'essai	40
E-2 Préparation de l'appareil	41
E-3 Réalisation de l'essai	41
E-3.1 Mesure du volume initial (V_0)	41
E-3.2 Creusement de la cavité et détermination de la masse humide	41
E-3.3 Détermination du volume total (V_t)	42
E-3.4 Expression des résultats	42-44
E-4 Compactage sur le chantier	45
E-5 Contrôle du compactage	45-47
CHAPITRE 3: DIFFICULTES RENCONTREES ET SUGGESTIONS	48
DIFFICULTES RENCONTREES REMARQUES ET SUGGESTIONS	49
CONCLUSION	50
BIBLIOGRAPHIE	51
TABLE DES MATIERES	52-53