



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
De la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :

2019-2020

N° ORDRE : 0381/2021

N° CARTE D'ETUDIANT :

C0415000864

MASTER

Géologie Appliquée

Option : GEOMATERIAUX-GEOTECHNIQUES

THEME :

ANALYSE CORRELATIVE DES PARAMETRES MÉCANIQUES
DE LA PLATEFORME SUR UN CHANTIER DE GENIE CIVIL :
CAS DES TRAVAUX DE L'AUTOROUTE TIEBISSOU- BOUAKE
(LOT B)

LABORATOIRE :
SCIENCES ET
TECHNOLOGIES DE
L'ENVIRONNEMENT

Présenté par :

TRA MILHOUSE SAINT-CLAIR

JURY

Président : M. KONAN-WAIDHET Arthur Brice, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Directeur : M. N'DRI Brou Etienne, Maître de Conférences, Université
Jean LOROUGNON GUEDE

Encadrant : M. KOUASSI Kouamé Alfred, Maître-Assistant,
Université Jean LOROUGNON GUEDE

Examineur : M. KOUDOU Aimé, Maître de Conférences, Université Jean
LOROUGNON GUEDE

Soutenu publiquement

le : 19/08/2021



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union Discipline Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
De la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2019-2020
N° ORDRE: 0381/2021
N° CARTE D'ETUDIANT
C0415000864

MASTER

Géologie Appliquée

Option: GEOMATERIAUX- GEOTECHNIQUES

THEME:

**ANALYSE CORRELATIVE DES PARAMETRE MECANQUES
DE LA PLATEFORME SUR UN CHANTIER DE GENIE CIVIL :
CAS DES TRAVAUX DE L'AUTOROUTE TIEBIS SOU BOUAKE
(LOT B)**

LABORATOIRE
SCIENCES ET
TECHNOLOGIES DE
L'ENVIRONNEMENT

Présenté par

TRA MILHOUSE SAINT-CLAIR

JURY

**Président : M. KONAN-WAIDHET Arthur Brice, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Directeur : M. N'DRI Brou Etienne, Maître de Conférences, Université
Jean LOROUGNON GUEDE**

**Encadreur : M. KOUASSI Kouamé Alfred Maître-Assistant ,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

Soutenu publiquement
le : 19/08/2021

**Examineur : M. KOUDOU Aimé Maître de Conférences , Université Jean
LOROUGNON GUEDE**

DEDICACE

Je dédie ce travail

A mon père pour son affection, son soutien et pour tous les sacrifices qu'il a consentis pour assurer mon éducation.

Trouver dans ce rapport l'expression de ma haute reconnaissance.

A ma mère rappelée à Dieu, mon affection envers elle restera toujours de mise.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Mme TIDOU Abiba Sanogo épouse Koné, Professeur Titulaire, Présidente de l'Université Jean LOROUGNON Guédé pour avoir autorisé notre inscription au sein de cette institution et pour la formation de qualité dont nous avons bénéficié, messieurs KONÉ Tidiani et AKAFFOU Doffou Sélastique Professeurs Titulaires, Vice-Présidents de l'Université Jean LOROUGNON Guédé leurs précieux conseils et encouragements.

Nous voudrions aussi remercier Monsieur KOUASSI Kouakou Lazare, Professeur titulaire, Directeur de l'UFR Environnement, qui veille nuit et jour pour le bon déroulement de notre formation.

Nos remerciements s'adressent également à Monsieur NIANGORAN Kouadio Charles, Maître de conférences, pour son implication dans notre formation.

Des remerciements particuliers sont aussi adressés à Monsieur KOUASSI Kouamé Alfred Maître-assistant, notre encadrant, pour le suivi constant du travail et à Monsieur N'DRI Brou Etienne, Maître de conférences, le Directeur scientifique de ce travail, pour avoir accepté de diriger ce mémoire.

A tous les enseignants de l'UFR Environnement, qu'ils trouvent ici nos sincères remerciements, pour leur disponibilité, leur conseil et leur soutien moral.

Nous adressons nos sincères remerciements à tout le personnel de China Road and Bridge Corporation (CRBC) de Bouaké, spécifiquement à Monsieur FENG Dong Sheng, le Directeur, Monsieur WU Yang, assistant du Directeur et Monsieur XU Zhi Hao l'ingénieur en Chef, tous du Laboratoire de la structure CRBC section Bouaké du projet l'Autoroute du Nord (axe Tiébissou-Bouaké), pour nous avoir accueilli et permis d'effectuer un stage dans de très bonnes conditions.

Nous adressons enfin notre profonde gratitude à nos aînés de parcours BAMBA Amara, DIALLO Abdoulaye et KONE Lassina, pour leur orientation et leur disponibilité constante et aussi à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué d'une quelconque manière à la réalisation de ce projet.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	ii
REMERCIEMENTS.....	i
LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES.....	iv
LISTE DE TABLEAUX.....	v
LISTE DE FIGURES.....	vi
LISTE DES ANNEXES.....	vii
INTRODUCTION.....	1
1. GÉNÉRALITÉS.....	3
1.1. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL ET DE LA ZONE D’ÉTUDE	3
1.1.1. Présentation de la structure d’accueil.....	3
1.1.2. Présentation du secteur d’étude.....	3
1.1.2.1. Localisation du secteur d’étude.....	3
1.1.2.2. Climat et végétation.....	4
1.1.2.3. Relief et géologie.....	5
1.1.2.3.1. Relief.....	5
1.1.2.3.2. Géologie.....	5
1.2. PRÉSENTATION DU PROJET.....	6
1.2.1. Contexte du projet.....	6
1.2.2. Description des travaux du projet.....	7
1.3. GÉNÉRALITÉS SUR LA CHAUSSÉE ET DESCRIPTION DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES APPLIQUÉES SUR LA PLATEFORME.....	9
1.3.1. Généralités sur la chaussée.....	9
1.3.2. Description des propriétés mécaniques appliquées sur la plateforme.....	10
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	11
2.1. MATÉRIEL.....	11
2.1.1. Matériel de laboratoire.....	11
2.1.2. Matériel de terrain.....	13
2.2. MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL.....	15
2.2.1. Essai Proctor modifié (NF P94-093 d’Octobre 1999).....	15
2.2.2. Essai CBR (NF P 94-078, 1997).....	17

2.2.3. Essai de densité <i>in situ</i> (NF P 94-061-3 Avril 1996)	18
2.2.4. Mesure de déflexion (NF P98-200-1,1991)	19
2.3. Traitement des données	20
3. RÉSULTATS ET DISCUSSION	22
3.1. RÉSULTATS.....	22
3.1.1. Détermination des propriétés mécaniques de la plateforme élaborée.....	22
3.1.2. Corrélation des paramètres mécaniques.....	25
3.2. DISCUSSION.....	36
CONCLUSION.....	38
RECOMMANDATIONS.....	40
RÉFÉRENCES	41

LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES

AGEROUTE : Agence de Gestion de Route

AFNOR : Association Française de Normalisation

BDG : Bande Dérasée de Gauche

BNETD : Bureau National d'Etude Technique et de Développement

CBR : California Bearing Ratio

CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières

CRBC: China Road and Bridge Corporation

ds: densité sèche

EPI : Equipement de Protection Individuel

FCFA : Franc de la Communauté Financière Africaine

GNT : Grave non Traitée

IPCBR : Indice Portant CBR

KN : Kilo Newton

LBTP : Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Public

ODC : Ouvrages de Décharges

PK : Point Kilométrique

OPM : Optimum Proctor Modifié

PST : Partie Supérieur de Terrassement

TPC : Terre-Plein Central

UJLoG : Université Jean Lorougnon Guédé

LISTE DE TABLEAUX

Tableau I. Description statistique des résultats des paramètres mesurés	22
Tableau II. Coefficients de corrélation et coefficients de détermination des essais réalisés .	27
Tableau III . Paramètres et équations de régression	28

LISTE DE FIGURES

Figure 1. Carte de localisation de la zone d'étude	4
Figure 2. Carte géologique de la région de la vallée du Bandama.	6
Figure 3. Structure d'une chaussée vue en perspective.....	8
Figure 4. Structure d'une chaussée	9
Figure 5. Illustrations d'appareillages de laboratoire	12
Figure 6. Illustrations d'appareillages de mesure de terrain	14
Figure 7. Courbe de l'essai Proctor	16
Figure 8. Principe de l'essai.....	18
Figure 9. Variation d'optimum Proctor en fonction des points kilométriques	Erreur ! Signet non défini.
Figure 10. Variation de la compacité en fonction des points kilométriques.....	24
Figure 11. Variation de l'indice portante CBR en fonction des points kilométriques	25
Figure 12. Variation de la déflexion en fonction des points kilométrique	25
Figure 13 . Courbes de tendances des résultats des essais réalisés	29
Figure 14 . Courbe d'évolution de la compacité-déflexion.	30
Figure 15 . Comparaison des déflexions mesurées et estimées par la compacité	30
Figure 16. Courbe d'évolution de la Compacité-IPCBR.....	31
Figure 17. Comparaison des IPCBR mesurées et estimées par la compacité	31
Figure 18. Courbe d'évolution de la déflexion-IPCBR.....	32
Figure 19. Comparaison des déflexions mesurées et estimées par l'IPCBR	33
Figure 20. Courbe d'évolution de la Optimum Proctor-Déflexion	33
Figure 21. Comparaison des Déflexions mesurées et estimées par l'Optimum Proctor	34
Figure 22. Courbe d'évolution de l'Optimum Proctor-IPCBR.....	34
Figure 23. Comparaison des IPCBR mesurées et estimées par l'Optimum Proctor	35

LISTE DES ANNEXES

Annexe I. Récapitulatif des spécifications techniques du projet

Annexe II. Description comparative des essais mécaniques mesurés

Annexe III. Résultat de l'essai CBR

Annexe IV. Tableau récapitulatif des résultats des essais des paramètres étudiés et estimés ,
sens gauche.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les infrastructures routières jouent un rôle primordial dans le programme de développement d'un pays. En effet, la route permet d'établir un lien de communication entre les diverses activités des Hommes (Ouédraogo, 2012). C'est dans ce contexte que l'économiste Rémy Prud'homme affirmait : "*la route du développement passe nécessairement par le développement de la route* ». Cependant, la réalisation d'infrastructures routières nécessite assez de moyens dont l'Etat doit faire face. Les infrastructures routières de Côte d'Ivoire présentent un état de dégradation très avancé et cela ne permet pas au réseau routier d'assumer parfaitement le rôle qui est le sien. Pour pallier à cela, il convient aux ingénieurs de ne pas négliger la nature des sols devant supporter le trafic attendu. Il est donc nécessaire que ces ingénieurs aient une bonne connaissance et une maîtrise parfaite des caractéristiques physicochimiques du sol support de la chaussée. Les structures de chaussée sont construites sur un ensemble appelé plate-forme support de chaussée (Carrillo, 2015). Les charges de ces structures sont reprises par le sol support. En conséquence, la stabilité des ouvrages est en partie dépendante de celle du sol support. La géotechnique, au travers des essais, étudie les propriétés mécaniques et physiques du sol pour mieux cerner son comportement. Malgré le développement de cette discipline, la maîtrise du comportement du sol demeure un défi permanent pour tout projet de génie civil en général, et de la construction routière en particulier. Les ingénieurs géotechniciens ont pour principal objectif de comprendre le comportement du sol et de la roche, et de fournir les recommandations appropriées pour contrôler et atténuer les risques géotechniques associés à tout projet. Ces recommandations doivent contenir les paramètres nécessaires pour évaluer, analyser et résoudre les problèmes en utilisant les méthodes suivantes : les essais au laboratoire, *in situ* et la surveillance pendant la construction (Idriss, 2012). Il est très rare que sur un même site, tous ces paramètres soient mesurés en un nombre de points suffisants pour que l'on puisse prendre des décisions raisonnables. Habituellement, la reconnaissance est limitée à certains paramètres (Cherifa, 2014). C'est dans ce contexte qu'a été initié cette étude portant sur **l'"Analyse corrélative des paramètres mécaniques de la plateforme sur un chantier de génie-civil : cas des travaux de l'autoroute Tiébissou- Bouaké (Lot B)"**

L'objectif principal de ce travail est d'établir une corrélation entre les paramètres mécaniques de la plateforme. Spécifiquement, il s'agit de :

- déterminer les propriétés mécaniques de la plateforme ainsi que leurs paramètres mécaniques élaborer ;
- établir une corrélation des paramètres mécaniques de ces propriétés mécaniques en vue de prendre des décisions raisonnables.

INTRODUCTION

Cette étude s'articule autour de trois parties. La première partie traite la présentation de la structure d'accueil, de la zone d'étude et des notions sur les propriétés mécaniques de la plateforme. La deuxième partie présente l'approche méthodologique adoptée pour la réalisation des travaux entrepris. Elle vise à décrire le matériel utilisé et les méthodes adoptées pour l'étude. La troisième partie expose, interprète et discute les résultats obtenus. Enfin, une conclusion fait la synthèse de l'étude menée et les références terminent le travail.

PREMIÈRE PARTIE :
GÉNÉRALITÉS

GÉNÉRALITÉS

1. GÉNÉRALITÉS

1.1. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ÉTUDE

1.1.1. Présentation de la structure d'accueil

La structure d'accueil est China Road And Bridge Corporation (CRBC). Elle a été officiellement créée en 1979 et est entrée sur le marché international à travers des contrats. Elle est parmi les plus grandes sociétés d'ingénieries et de constructions au monde et opère à partir de plus de 50 succursales et bureaux à travers l'Asie, l'Afrique, l'Europe et l'Amérique (Aurégan, 2016). La société CRBC a joué un rôle clé dans la conception et la construction de projets d'infrastructures dans les pays en développement, en particulier ceux de l'Afrique où elle constitue un leader du marché (Aurégan, 2016). En Côte d'Ivoire, l'unité de la société CRBC qui accueille cette étude est située à 8 km de Bouaké sur l'axe Bouaké-Yamoussoukro. Cette unité se présente comme suit : un bâtiment qui sert de laboratoire pour l'essai sur le sol et les graves non traités, un deuxième bâtiment qui sert pour les essais sur le bitume, le béton bitumineux et un espace aménagé pour la réparation d'appareils, matériels et machines de travail. Dans sa gestion politique, il est structuré en Direction Générale, Chefs de département, Chefs de service et l'ensemble du personnel à la satisfaction de ses clients.

1.1.2. Présentation du secteur d'étude

1.1.2.1. Localisation du secteur d'étude

Le secteur d'étude est l'axe Tiébissou-Bouaké, long de 67 Km et représente le principal itinéraire du projet. La zone d'étude proprement dite, le LOT B, se trouve du côté de la région du Gbêkê et s'étend sur environ une distance de 13 km (**figure 1**).

GÉNÉRALITÉS

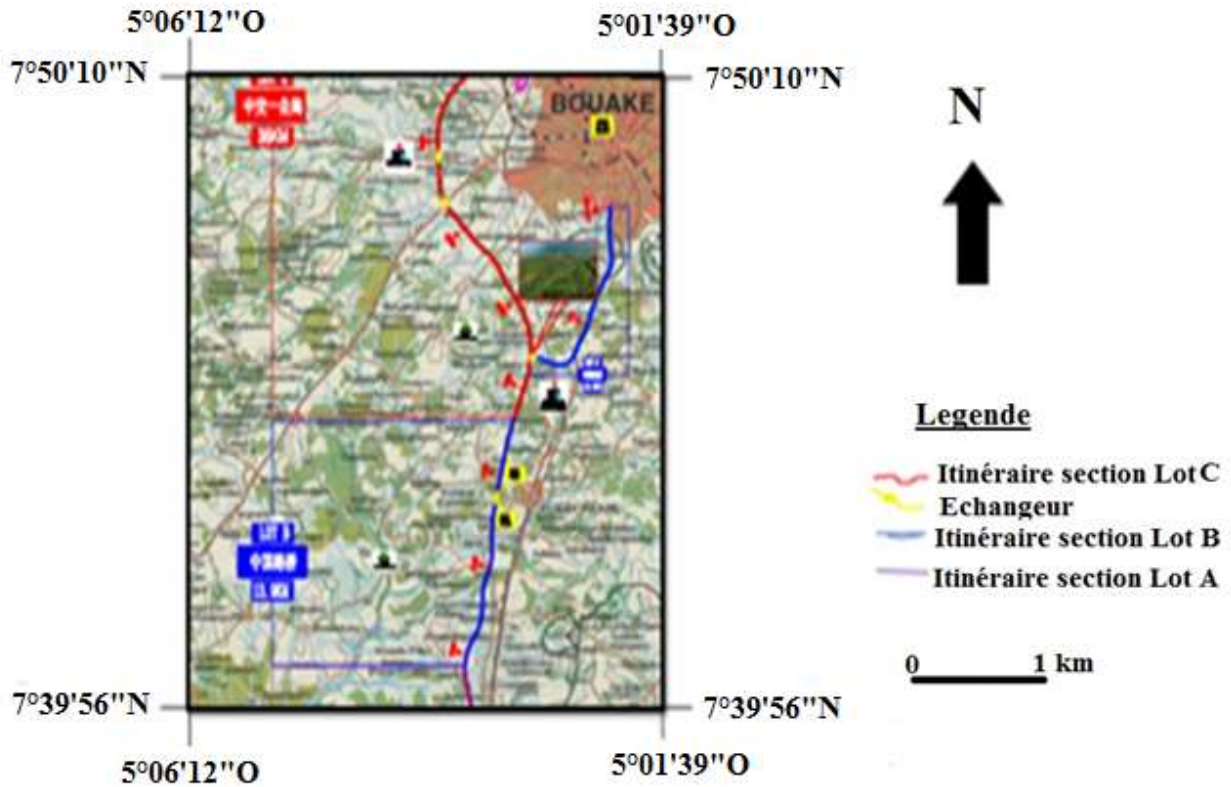


Figure 1 . Carte de localisation de l'(Axe Tiébissou-Bouaké Lot B)

1.1.2.2. Climat et végétation

Le département de Bouaké est influencé par un climat tropical humide avec un ensoleillement constant au nord et une hydrométrie (pluie) faible au sud du département. On distingue quatre 4 saisons pour le département de Bouaké (Dido, 2020) :

- une saison chaude, sèche et non pluvieuse (novembre à février) ;
- une saison chaude, humide et pluvieuse (mars à juin) ;
- une saison froide, humide et peu pluvieuse (juillet à août) ;
- une saison froide, humide et pluvieuse (septembre et octobre).

Le département de Bouaké est localisé dans la zone de transition savane-forêt caractérisée par une végétation dominée par des îlots localisés de forêts denses sèches, dans une savane dominante (Guillaumet & Adjanohoun, 1971). La végétation est celle des savanes préforestières et est composée essentiellement de savanes herbeuses et arborées (Ouattara, 2001 ; Anonyme, 2002). Cette savane se caractérise par deux types d'écosystèmes selon différentes écologies : les savanes

GÉNÉRALITÉS

marécageuses et les mares, liées à l'hydromorphie plus ou moins prolongées des sols limoneux et les formations saxicoles, qui se trouvent sur les dômes granitiques ou sur les cuirasses (Diatta & Kanwar, 1998).

Ces savanes comportent de nombreux groupements végétaux bien définis. Les sommets d'interfluves et les hauts de versant sont couverts par une forêt semi-décidue, tandis que les bas versants sont occupés par une savane arbustive et les bas-fonds, des galeries forestières.

1.1.2.3. Relief et géologie

1.1.2.3.1. Relief

Bouaké, le chef-lieu de la région du Gbêkê, est situé à une altitude moyenne de 290 m au-dessus du niveau de la mer. Le relief se présente sous la forme d'un plateau légèrement incliné vers l'est, dont l'altitude moyenne varie entre 300 et 370 mètres de collines peu élevées aux sommets aplanis et pentes faibles, sauf parfois au raccordement avec les bas-fonds qui eux sont très plats (Anonyme, 2002). Le département est caractérisé par les glacis méridionaux et le relief en escalier, est appelé marche centrale (Riou, 1996). On distingue deux types de surfaces : Les surfaces quasi tabulaires, avec des interfluves, des collines et des vallons et les surfaces subhorizontales, dominées par des buttes ou reliefs.

Les surfaces restent à peu près tabulaires, mais les interfluves s'effilochent, collines et vallonnements deviennent plus fréquents au fur et à mesure que l'on va vers le sud. Les surfaces subhorizontales sont dominées par des buttes ou reliefs résiduels (hautes buttes cuirassées chapelet de collines). Selon Avenard (1972), tous ces caractères font de cette région une zone de bas-poteaux et un secteur de transition.

1.1.2.3.2. Géologie

La géologie de la région est dominée par des formations métamorphiques (**figure 2**) d'origine sédimentaires, volcaniques et volcano-sédimentaires et des granitoïdes récents éburnéens. Des granitoïdes à biotites homogènes et hétérogènes se trouvent à l'Est de Bouaké. On note également des granitoïdes discordants, des granodiorites, subalcalins à deux micas et des migmatites, granites migmatites (Ouattara & Kouakou, 2012). L'interfluve Bandama-N'zi correspond à la marche centrale, caractérisée par une inclinaison de plusieurs mètres, par rapport aux reliefs du Nord du pays. On y distingue le horst granitique de Bouaké.

GÉNÉRALITÉS

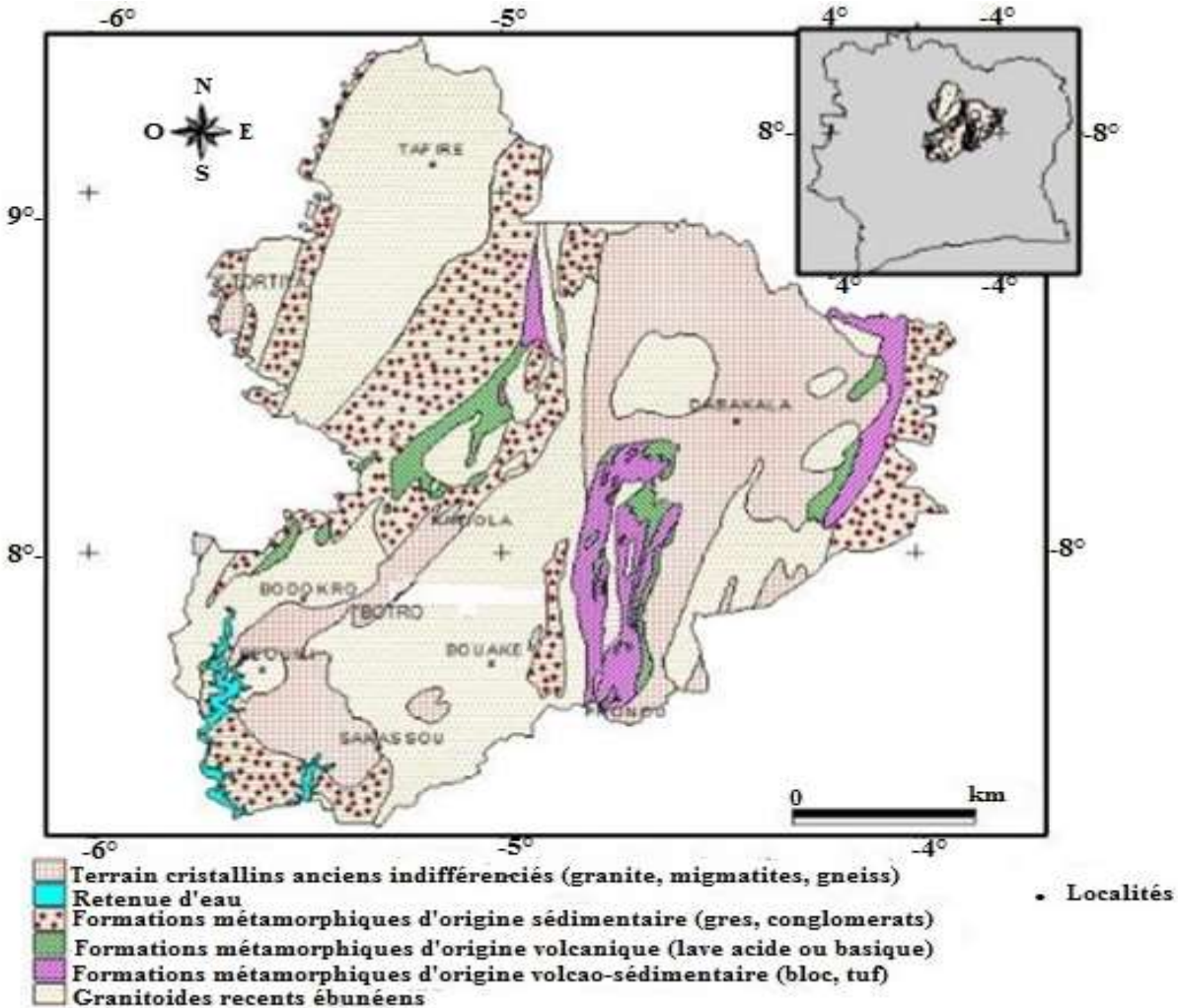


Figure 2. Carte géologique de la région de la vallée du Bandama (Atlas de Côte d'Ivoire, 1979)

1.2. PRÉSENTATION DU PROJET

1.2.1. Contexte du projet

La réalisation du projet de construction de l'autoroute de deux fois deux voies de 96 kilomètres reliant la ville de Yamoussoukro à Bouaké d'un montant de 172 milliards FCFA, s'inscrit dans la politique de développement du réseau de transport routier du gouvernement de la République de Côte d'Ivoire. Il va permettre l'amélioration qualitative et quantitative des infrastructures routières du pays, de même qu'au renforcement de l'intégration économique régionale entre la Côte d'Ivoire, le Burkina Faso, le Niger et le Mali. Le projet est une autoroute à péage de deux fois deux voies, qui est un prolongement de l'Autoroute du Nord. Cette route sera surtout d'un atout sans pareil pour le développement du pays. La réalisation des travaux a été confiée à l'entreprise CRBC

GÉNÉRALITÉS

financée par Exim Bank of China. La mission de contrôle et surveillance des travaux est assurée par le Bureau National Étude Technique et de Développement (BNETD). Le délai contractuel d'exécution des travaux est de trente-six mois à compter du 20 avril 2018.

1.2.2. Description des travaux du projet

Le projet est constitué d'un tronçon autoroutier dont la longueur totale est de 96 km. Cette autoroute contient deux chaussées de deux voies. Chaque voie a une largeur de 7 m et une emprise routière de 40 m d'envergure. Entre ces voies, se situe un terre-plein Central (TPC) de 11 m destiné à favoriser ultérieurement le passage à deux chaussées de trois voies. Vu la longueur du tronçon, trois lots ont été mis en place pour une meilleure gestion du projet :

Le profil en travers du tronçon comprend :

- une bande d'arrêt d'urgence de chaque côté de la chaussée de largeur 2,30, m soit 4,60 m pour les deux chaussées ;
- une bande d'arrêt d'urgence sur chaque chaussée de largeur 2,50 m à 4 m aux endroits de refuge ;
- un TPC de 11 m y compris la bande dérasée de gauche BDG sur chaque chaussée de largeur 0,5 m.

Le corps de la chaussée du tronçon est constitué :

- d'une couche de forme de 30 cm d'épaisseur ;
- d'une couche de fondation de 30 cm d'épaisseur en graves non traitées (GNT) 0/31,5 ;
- d'une couche de base de 14 cm d'épaisseur en grave bitume 0/20 ;
- d'une couche de roulement de 6 cm d'épaisseur en béton bitumineux 0/14 pour la chaussée et 0/10 pour les accotements (**figure 3**). Les récapitulatifs des spécifications du cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) du projet (**Annexe 1**).

GÉNÉRALITÉS

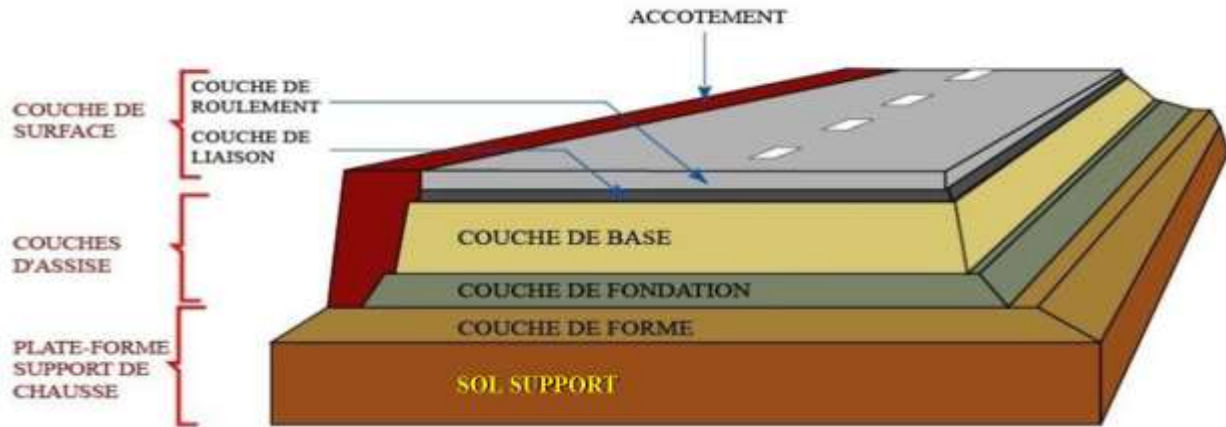


Figure 3. Structure d'une chaussée vue en perspective

Le tronçon comprend les ouvrages suivants :

- ouvrages de décharges (ODC) : dalots au nombre de 73 ;
- 07 ouvrages d'art échangeurs ;
- 01 ouvrage d'art de franchissement du kan ;
- 10 ponts piétons ;
- 08 ponts routes.

Le projet comprend également :

- des marchés de vivriers accessibles à partir de l'autoroute et dotés de zones de stationnement et d'aménagements,
- d'un poste de péage,
- la mise en œuvre de mesures d'atténuation des impacts environnementaux et sociaux.

Il faut également noter que le projet a eu un impact majeur sur les localités suivantes :

- les principales villes de la zone immédiate des travaux : Tiébissou, Djébonoua, Bouaké ;
- autres villes impactées : Katiola, Sakassou, Didiévi, Béoumi.

1.3. GÉNÉRALITÉS SUR LA CHAUSSÉE ET DESCRIPTION DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES APPLIQUÉES SUR LA PLATEFORME

1.3.1. Généralités sur la chaussée

Une chaussée est composée d'une superposition de couches différentes en matériaux et en épaisseurs. Celles-ci transmettent les sollicitations engendrées par le trafic jusqu'au sol support (figure 4).

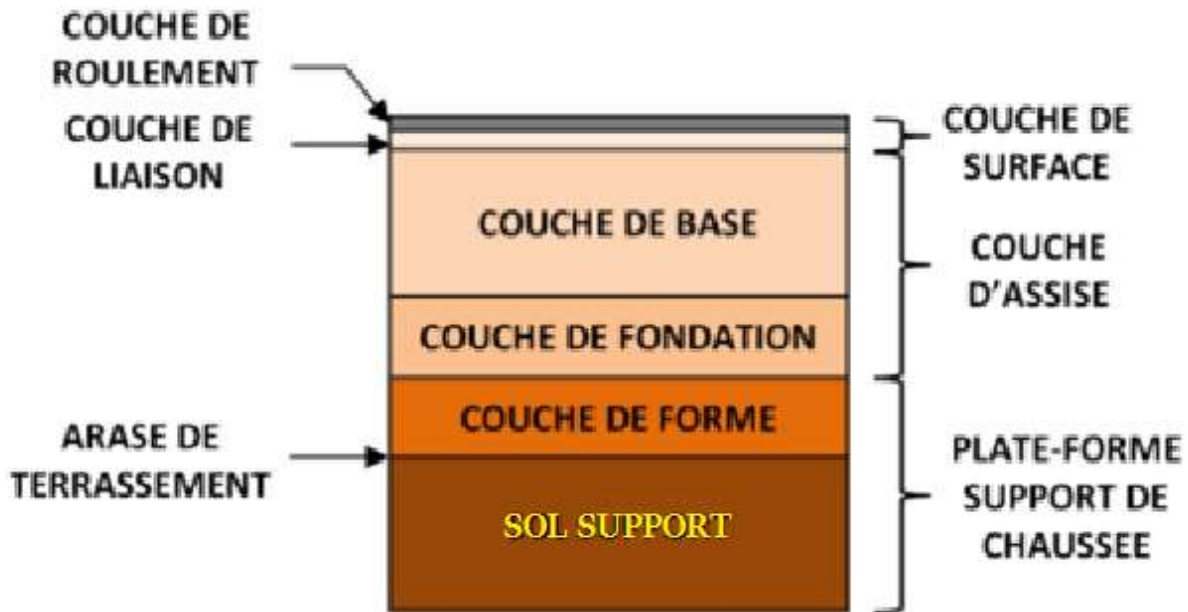


Figure 4. Structure d'une chaussée

Chaque couche de matériaux possède un rôle bien précis dans le fonctionnement d'une chaussée (du sol à la surface) (Anonyme, 2000) :

- le sol support, généralement surmonté d'une couche de forme, constitue la plate-forme support de chaussée ;
- la couche de forme a une double fonction. Pendant les travaux, elle assure la protection du sol-support, permet la qualité du nivellement ainsi que la circulation des engins. En service, elle permet d'homogénéiser les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant le sol ou le remblai, et d'améliorer la portance à long terme ;
- Les couches d'assise assurent la transmission et la répartition des efforts induits par le trafic pour la rendre compatible avec la capacité de portance du sol support ;

GÉNÉRALITÉS

- la couche de surface est composée d'une couche de roulement qui assure le contact avec les pneumatiques des véhicules et éventuellement, d'une couche de liaison. Elle subit directement et doit supporter les agressions engendrées par le trafic et par les conditions météorologiques sans se dégrader.

1.3.2. Description des propriétés mécaniques appliquées sur la plateforme.

Les propriétés mécaniques sont caractérisées par la cohésion et la résistance.

Dans le cadre de cette étude, pour collecter les données, des essais de réception des propriétés mécaniques sur une section de la plate-forme de la route Tiébissou -Bouaké ont été réalisés.

Les paramètres mécaniques étudiés sont la densité sèche, la compacité, l'indice de portance CBR et la déflexion qui sont tous déterminés à travers des essais tels que l'essai Proctor, l'essai CBR, la densité *in situ* et la déflexion.

L'essai Proctor permet de déterminer les caractéristiques de compactage d'un matériau à savoir la teneur en eau optimum et la densité sèche maximum.

L'essai CBR permet de déterminer la capacité de portance du sol compacté, en estimant sa résistance au poinçonnement, en fonction de son état, sa densité et son humidité, ainsi que les charges appliquées.

La densité *in situ* permet de déterminer la compacité (C) d'un matériau. Ce paramètre est le rapport, exprimé en pourcentage, de sa masse volumique sèche (d_s) sur sa masse volumique de référence.

La déflexion correspond au déplacement vertical en un point d'une chaussée, engendré par le passage d'une charge (AFNOR, 1991).

Sur la plate-forme de cette chaussée, les essais de réception *in situ* réalisés sont l'essai de détermination de la masse volumique du matériau en place et l'essai de déflexion.

Chaque essai a été réalisé tous les soixante mètres (60 m) sur les matériaux en place notamment sur la plate-forme. Le tronçon de route retenu totalise une distance de 540 m précisément du PK 65 + 120 au PK 65 + 660. Chaque essai requiert du matériel et méthodes spécifiques. Tous les essais sont réalisés conformément aux normes de l'Association Française de Normalisation (AFNOR).

DEUXIÈME PARTIE :
MATÉRIEL ET
MÉTHODES

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. MATÉRIEL

Deux types de matériel ont été utilisés dans ce travail :

- le matériel de laboratoire
- le matériel de terrain.

2.1.1. Matériel de laboratoire

L'appareillage utilisé pour les essais au laboratoire se présente comme suit :

- un équipement de protection individuel dont le rôle est d'assurer la sécurité du personnel. Il est constitué d'un casque pour la protection de la tête, des chaussures de sécurité, un gilet efflorescent pour se faire reconnaître, des gants ;
- un moule Proctor qui sert à compacter le matériau ;
- une dame de $4,5 \pm 0,04$ kg permettant d'apporter de l'énergie de compactage sur le matériau dans le moule Proctor ;
- une balance électronique pour faire les diverses pesées ;
- des tares utilisées comme récipient du matériau pour les teneurs en eau ;
- une éprouvette graduée pour la mesure des quantités d'eau nécessaire ;
- une étuve ou un gaz à cuisiner pour le séchage du matériau ;
- un bac comme récipient pour le malaxage du matériau ;
- une truelle pour le malaxage et à défaut de la truelle on peut utiliser la main ;
- un tamis de 20 mm de diamètre pour faire les différents tris ;
- les moules CBR ;
- une presse CBR qui sert à poinçonner le matériau.
- La **figure 5** en présente quelques-uns.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

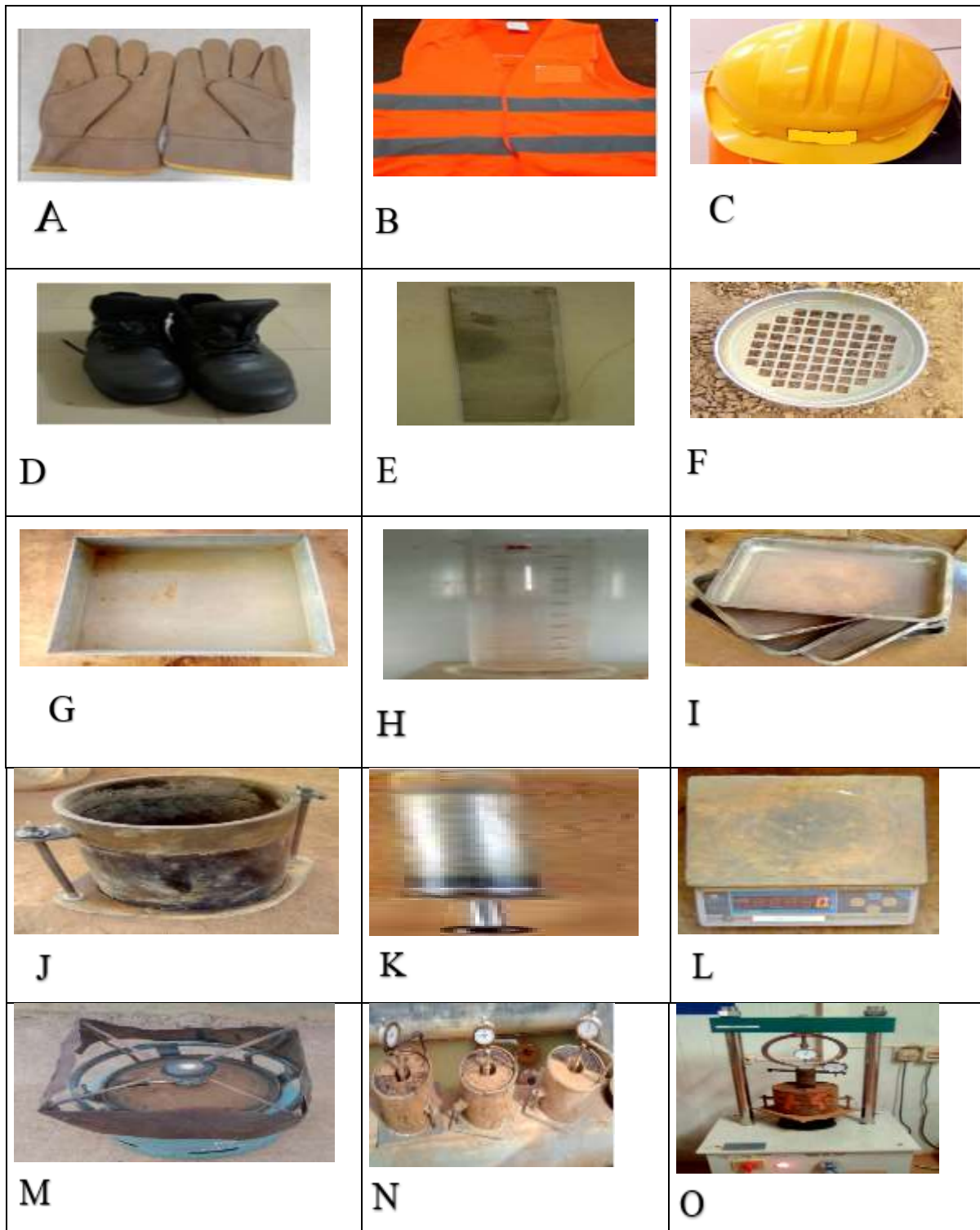


Figure 5. Illustrations d'appareillages de laboratoire

(A : Des gants ; B : Un gilet ; C : Un casque ; D : Des chaussures de sécurité ; E : Une règle à araser ; F : Un tamis 20 mm ; G : Un bac ; H : Une éprouvette graduée ; I : Des tares ; J : Un moule Proctor ; K : Une dame Proctor ; L : Une balance ; M : Un gaz à cuisine ; N : Des moules CBR ; O : Une presse CBR).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1.2. Matériel de terrain

Tout le matériel utilisé doit être conforme à la norme (NF P 94-061-3 Avril 1996).

L'appareillage est constitué des éléments suivants (**figure 6**) :

- une plaque rigide percée d'un orifice circulaire permettant de creuser ;
- quatre piquets d'ancrage au moins (valets) permettant la fixation de la plaque au sol ;
- matériel de creusement (burin, marteau, pinceau, mètre pour la mesure du trou etc.) ;
- matériel de prélèvement (sacs, main écope, feuille plastique, etc.) ;
- sacs de sable sec pré-pesés ;
- entonnoir équipé d'une pige permettant d'assurer une hauteur de chute constante ;
- une poutre de Benkelman qui permet de mesurer la déformation de la chaussée en $1/100^e$ mm au passage d'une charge ;
- un camion lesté à 13 tonnes sur essieu arrière qui permet de mobiliser la charge de 13 tonnes utilisée comme référence dans le dimensionnement des chaussées ;
- un sifflet pour alerter le chauffeur du camion pour fait bouger l'engin ;
- des fiches d'essai de déflexion pour rapporter les mesures.

MATÉRIEL ET MÉTHODES



Figure 6. Illustrations d'appareillages de mesure de terrain

(P : Une plaque ; Q : Des piquets d'ancrage ; R : Le matériel pour creuser ; S : Un entonnoir pour densité *in situ* ; T : Un camion chargé ; U : Une poutre Benkelman).

2.2. MÉTHODOLOGIE DE TRAVAIL

2.2.1. Essai Proctor modifié (NF P94-093 d'Octobre 1999)

L'essai Proctor a pour but de déterminer, la teneur en eau optimum ($W_{opt}\%$) et la densité sèche maximum (γ_d).

L'essai Proctor consiste à humidifier le matériau à plusieurs teneurs en eau variée et compacter à une valeur de teneur en eau considéré, selon un processus bien déterminé. Pour chaque valeur de teneurs en eau, on détermine une densité sèche correspondante. On détermine ainsi plusieurs points de la courbe représentative des densités sèches en fonction de la teneur en eau. On trace alors la courbe Proctor, représentant un maximum dont l'abscisse est « la teneur en eau optimum Proctor W_{opt} » et l'ordonnée « la densité sèche maximum Proctor γ_d »

Cette teneur en eau optimum sera utilisée pour le CBR et la densité sèche maximum sera utilisée comme valeur Proctor référence pour déterminer la compacité sur terrain.

Le mode opératoire suit la norme NFP 94-093

Le matériau sécher (pendant 24h), tamisé au tamis vingt millimètre (20mm), est pesé en sept (07) kilogramme, huit (08) fois dont cinq (05) seront utilisés pour le Proctor et les trois (03) autre pour le CBR.

Le matériau est compacté en cinq (05) couches d'égales épaisseurs à raison de cinquante-six (56) coups de dame Proctor par couche, la dernière couche doit affleurer au-dessus du niveau supérieur du moule on arase et on pèse l'ensemble (moule+matériau). On renouvelle l'opération en variant de façon croissante la teneur en eau jusqu'à obtenir une densité sèche maximum correspondant à la teneur en eau optimum.

Pour chaque processus, on calcule la teneur en eau $w\%$ en faisant la moyenne des teneurs en eau obtenus sur les deux prélèvements. Le calcul de la teneur en eau, densité humide et sèche se fait avec les formules (Eq.1 ; Eq.2 ; Eq.3) :

$$\boxed{W\% = 100 * \frac{E}{P_s} = 100 * \frac{P_h - P_s}{P_s}} \dots\dots\dots \text{Eq1}$$

E = poids d'eau dans le matériau ;

Où

P_s = poids du matériau sec ;

MATÉRIEL ET MÉTHODES

P_h = poids du matériau humide.

Densité humide

$$\gamma_h = \frac{P_h}{V} \dots\dots\dots \text{Eq.2}$$

V = volume du moule

Densité sèche

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{100 + W\%} * 100 \dots\dots\dots \text{Eq.3}$$

On trace la courbe Proctor $\gamma_d = f(W\%)$. On obtient une courbe en « cloche » où l'abscisse représente la teneur en eau optimale et l'ordonnée la densité sèche maximale. Elle permet d'apprécier le comportement au compactage du matériau en fonction de la teneur en eau (figure 7).

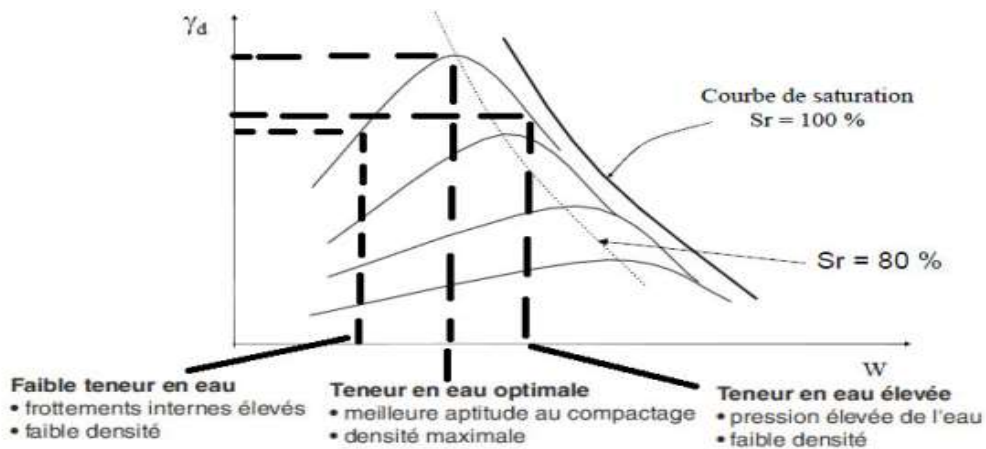


Figure 7 . Courbe de l'essai Proctor

Après lecture sur la courbe, pour avoir une meilleure capacité portante optimale du sol, on doit faire un compactage à la teneur en eau optimale.

2.2.2. Essai CBR (NF P 94-078, 1997)

L'essai CBR (California Bearing Ratio) permet de déterminer la caractéristique mécanique des sols naturels dans des remblais et des couches de forme de fondations et de sous fondations de routes et aéroports.

Il permet de calculer la portance du sol, en estimant sa résistance au poinçonnement et le gonflement du sol lorsqu'il est immergé dans de l'eau pendant quatre (04) jours.

Il consiste à compacter trois (03) échantillons à l'optimum Proctor avec des énergies de compactage différentes respectivement 56 coups, 25 coups et 14 coups pour chacune des 5 couches et l'immergé dans l'eau pendant quatre (04) jours et ensuite on effectue un poinçonnement et on relève les pressions en fonction de l'enfoncement.

On détermine en suite l'indice de portance puis on trace la courbe CBR pour enfin déterminer le CBR à 95% de l'Opt Proctor

La teneur en eau et la densité sèche :

Les teneurs en eau de moulage et la densité sèche sont déterminées comme ceux de l'essai Proctor.

Indice portant CBR :

- il faut porter sur un diagramme les charges en fonction de l'enfoncement ;
- tracer la courbe effort-déformation correspondant au moins aux enfoncements de 1,25 mm ; 2 mm ; 2,5 mm ; 5 mm ; 7,5 mm ; et 10 mm ;
- si la courbe obtenue présente une inflexion au voisinage de l'origine les premiers points doivent être éliminés. Ils représentent seulement le réarrangement de l'assise du piston sur l'échantillon. L'arc initial de la courbe doit être remplacé par la tangente à l'arc construit d'après ces points. Cette tangente coupe l'axe des abscisses en un point qui sera pris comme nouvelle origine pour le calcul de l'indice CBR ;
- relever sur la courbe tracée les charges correspondantes aux enfoncements de 2,5 mm et 5 mm ; enfoncement mesuré à partir de la nouvelle origine s'il y'en a ;
- calculer les indices portants CBR à 2,5 mm et 5 mm par les formules (Eq.4) :

$I.CBR (2,5) = \frac{\text{force (kN) à 2,5 mm d'enfoncement}}{13,35} * 100$ $I.CBR (5) = \frac{\text{force (kN) à 5 mm d'enfoncement}}{19,93} * 100$	<p>.....Eq.4</p>
---	------------------

Les valeurs de 13,35kN sont respectivement les forces provoquant l'enfoncement de 2,5 mm et 5 mm sur le matériau conventionnel de référence.

2.2.3. Essai de densité *in situ* (NF P 94-061-3 Avril 1996)

Le but est de déterminer en place le taux de compacité des sols.

On creuse une cavité, on recueille et pèse la totalité du matériau extrait.

On détermine le volume de la cavité en la remplissant d'un sable sec de masse volumique connue, dans des conditions de mise en place (**figure 8**).

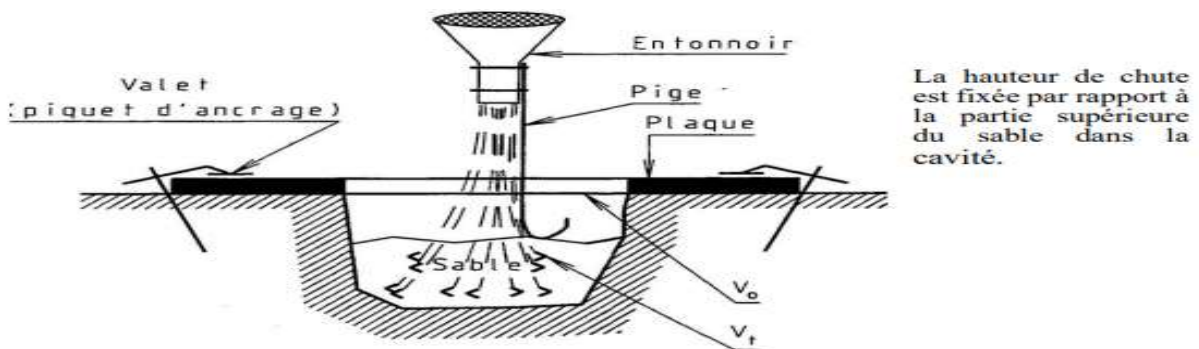


Figure 8: Principe de l'essai

Pour vérifier la qualité de l'exécution des différentes couches de chaussée, les essais de densité (à sable) *in-situ* ont été réalisés. Les équations Eq.5, Eq.6, Eq.7, Eq.8, Eq.9, Eq.10 et Eq.11, Eq.12 permettent de faire le calcul.

- Poids restant dans le cône

$$Pr = PTi - P_{SV} \dots\dots\dots Eq5$$

PTi = poids total initial

P_{SV} = poids du sable versé dans le trou

- Volume de sable écoulé

$$V_s = \frac{P_{SV}}{D_{app}} \dots\dots\dots Eq.6$$

D_{app} = densité apparente du sable ($D_{app} = 1.53$)

- Volume du trou

$$V_{Tr} = V_s - V_{Ent} \dots\dots\dots Eq7$$

V_{Ent} = volume de l'entonnoir ($V_{Ent} = 994$)

MATÉRIEL ET MÉTHODES

- Densité humide

$$Y_h = \frac{P_{Mat}}{V_{Tr}} \dots\dots\dots Eq.8$$

P_{Mat} = poids du matériau humide

- Teneur en eau W

$$W = \frac{P_w}{P_{Ts}} \times 100 \dots\dots\dots Eq.9$$

Avec : $P_w = PTH - PTS \dots\dots\dots Eq.10$

P_w = poids de l'eau

PTH = poids total humide

PTS = poids total sec

- Densité sèche

$$Y_d = \frac{Y_h \times 100}{W + 100} \dots\dots\dots Eq.11$$

- Indice de compacité

$$IC = \frac{Y_d}{Y_{dOPM}} \times 100 \dots\dots\dots Eq.12$$

Y_{dOPM} = Densité sèche optimum

2.2.4. Mesure de déflexion (NF P98-200-1,1991)

La déflexion fournit des indications sur la portance et la rigidité globale de la chaussée et son homogénéité.

Cet essai consiste à placer une poutre entre les roues arrière d'un camion (chargé à 13 tonnes à l'essieu arrière) et lire à l'aide d'un comparateur les déformations provoquées par une charge roulante à la structure de la chaussée.

On règle le comparateur de poutre à zéro, et on fait un signe au chauffeur d'avancer de 20m puis de freiner. Après freinage du camion l'opérateur fait une lecture du comparateur.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'opérateur multipliera la lecture par deux (02) pour obtenir la déflexion. L'essai est réalisé tous les 20m.

Les calculs statistiques permettent de déterminer les valeurs caractéristiques suivantes : La déflexion caractéristique D90 (en 1/100e mm) sur chaque section unitaire de 90 m. Cette déflexion caractéristique D90 est prise égale à la déflexion moyenne (Dm) sur les 90 m augmentée de 1,3 fois l'écart type (**Eq.13**)

$$D90 = Dm + 1,3\sigma \dots\dots\dots Eq.13.$$

Cette valeur de 1,3 est un coefficient de probabilité prédéterminé. Elle correspond à une probabilité de dépassement d'environ 10 % qui est considérée comme admissible dans de nombreux pays (Mecifi, 2016).

La formule utilisée pour le calcul de la déflexion caractéristique est celle définie dans le « Manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux (Anonyme, 1980) »

2.3. Traitement des données

Le traitement a consisté en l'exploitation des données recueillies pour d'une part réaliser les graphiques et d'autre part effectuer des calculs statistiques. Le but est l'organisation des résultats de manière à en faciliter l'analyse et l'interprétation dans la section discussion. C'est aussi de ressortir les éventuelles corrélations entre les variables et dans l'affirmatif déterminer les droites de régressions y relatives. Pour ce faire plusieurs formules statistiques ont été utilisées. En considérant une série statistique à deux (02) variables X et Y, ces formules se résument comme suit (Eq14, Eq15, Eq16 ; Eq17, Eq18 et Eq19) :

- **Moyenne (\bar{X})**

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_i x_i \dots\dots\dots Eq.14$$

N : nombre d'observations

Xi : valeur d'une observation

- **Variance (V)**

$$V = \frac{1}{N-1} \sum_i n_i (X - \bar{X})^2 \dots\dots\dots Eq.15$$

- **Ecart type (σ)**

$$\sigma = \sqrt{V} \dots\dots\dots\text{Eq.16}$$

- Covariance (σ_{xy})

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N} \Sigma (X_i - \bar{X})(y_i - \bar{y}) \dots\dots\dots\text{Eq.17}$$

- Coefficient de corrélation (r)

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \dots\dots\dots\text{Eq.18}$$

- Régression linéaire : (y)

$$y = ax + B \dots\dots\dots\text{Eq19}$$

a : coefficient directeur

B : ordonnées à l'origine

Les paramètres a et B seront calculés pour le coefficient de corrélation le plus grand par les équations (Eq20 et Eq21) :

$$a = \frac{\sigma_{xy}}{V_x} \dots\dots\dots\text{Eq20}$$

$$B = \bar{y} - a\bar{x} \dots\dots\dots\text{Eq21}$$

Tous les calculs statistiques et les graphiques associés ont été effectués en utilisant le logiciel Excel.

Ainsi, ce logiciel a permis de générer automatiquement les résultats relatifs aux équations Eq12 à Eq21 avec l'intention d'être plus précis.

TROISIÈME PARTIE :
RÉSULTATS ET
DISCUSSION

RÉSULTATS ET DISCUSSION

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. RÉSULTATS

3.1.1. Détermination des propriétés mécaniques de la plateforme élaborée.

Les paramètres mécaniques étudiés sont densité sèche, l'indice portant CBR, la compacité et la déflexion.

Sur la plate-forme de cette chaussée, la détermination de ces paramètres mécaniques a été réalisée conformément aux normes AFNOR.

Le tableau I donne respectivement une description statistique des mesures obtenues.

Tableau I. Description statistique des résultats des paramètres mesurés

Paramètres mécaniques Désignation	Compacité (%)	Déflexion (1/100mm)	IPCBR	Optimum Proctor (densité sèche)
Effectif	09	09	09	09
Maximum	98,6	58,98	61	2,16
Minimum	95,37	30,68	22	2
Etendue	5	59	61	3
Moyenne	96,77	41,69	32	2,09
Variance	0,97	86,79	126,22	0,004
Ecart-type	0,98	9,32	11,23	0,06

Le tableau I présente les données statistiques des différents paramètres étudiés à savoir : la compacité, la déflexion, l'IPCBR et la densité sèche. Ces données ont permis de déterminer par calcul les coefficients de corrélation linéaire, les coefficients de déterminations et d'établir des équations de régression entre les paramètres comparés qui ont permis de construire des courbes de régressions estimées. En effet, les mesures de la densité sèche et de la compacité présentent une faible dispersion (Etendue = 3 et écart type =0,06), (Etendue = 5 et écart type =0,98) comparée à celles de la déflexion (étendue =59 et écart-type = 9,32) et l'IPCBR (étendue = 61 et écart-type =

RÉSULTATS ET DISCUSSION

11,23). Cette différence peut donner lieu à plusieurs explications. La compacité est une propriété du matériau mesurée en pourcentage, ce qui lui confère une valeur maximum de 100 d'une part, et les guides techniques de terrassement routier et les spécifications techniques du marché exigent que la valeur minimum de la compacité soit de 95 pour les plates-formes d'autre part. Ceci montre qu'un bon comptage du matériau permet d'uniformiser sensiblement sa compacité. Quant à la densité sèche, il représente la valeur de référence optimale utilisée sur le terrain pour mener à bien le compactage et il varie selon les types de sols. En effet, l'étude de ces 4 paramètres a permis de mettre en évidence les propriétés mécaniques du sol de la zone d'étude et de les confronter au cahier de charge du projet (annexe 1). Ces résultats sont conformes aux exigences du cahier de charge du projet de l'autoroute Tiébissou-Bouaké et les recommandations de certains documents de références notamment le guide de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux sur la corrélation des essais *in situ*.

Les figures 9, 10, 11 et 12 présentent les courbes de variations des mesures effectuées sur la plateforme du tronçon d'étude pour chaque paramètre (densité sèche, IPCBR, compacité et déflexion) en fonction des points kilométriques.

Concernant les courbes de variations des mesures effectuées sur la plateforme du tronçon d'étude pour chaque paramètre en fonction des points kilométriques, le constat est que les points ne sont pas alignés mais disposés de façon arbitraire ce qui présente des courbes en dents de scie.

La disposition des points non alignés et de façon arbitraire est due à la nature hétérogène des sols. Un pic au niveau des paramètres tels que la densité sèche, l'IPCBR et la compacité signifie un comportement très favorable du sol face aux résultats attendus et une baisse de son pic traduit un comportement moins favorable du sol aux résultats attendus.

Au niveau de la déflexion, un pic traduit un comportement du sol aux résultats attendus et une baisse traduit le contraire.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

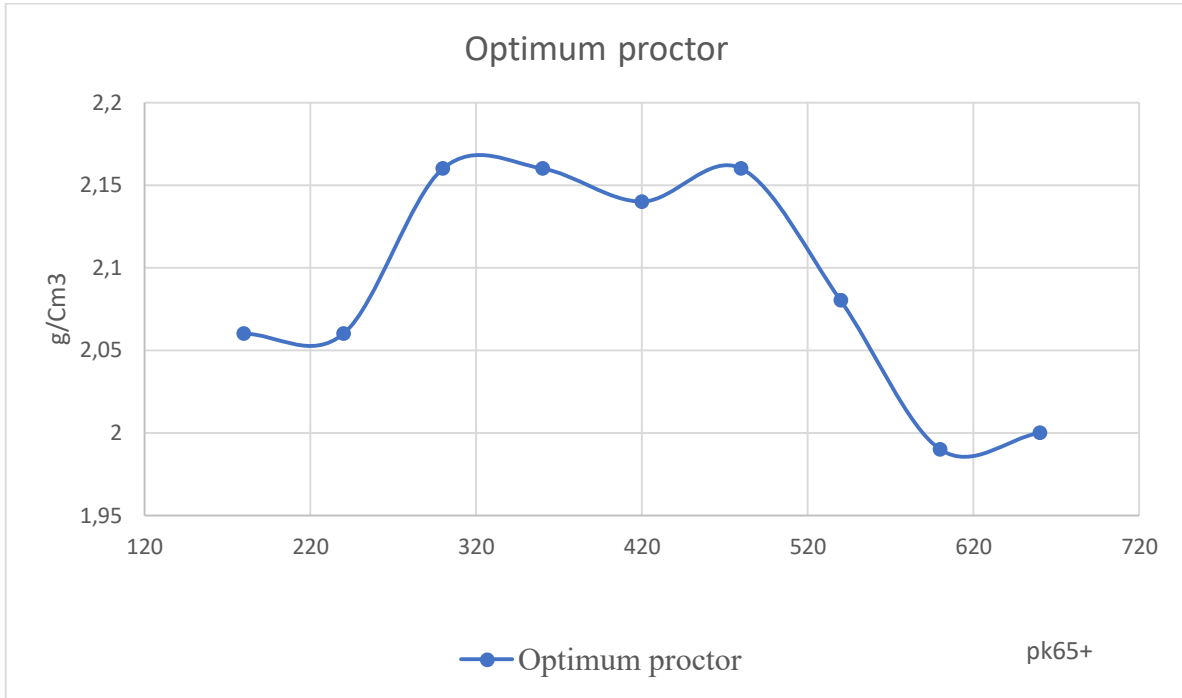


Figure 9 . Variation de la densité sèche en fonction des points kilométriques

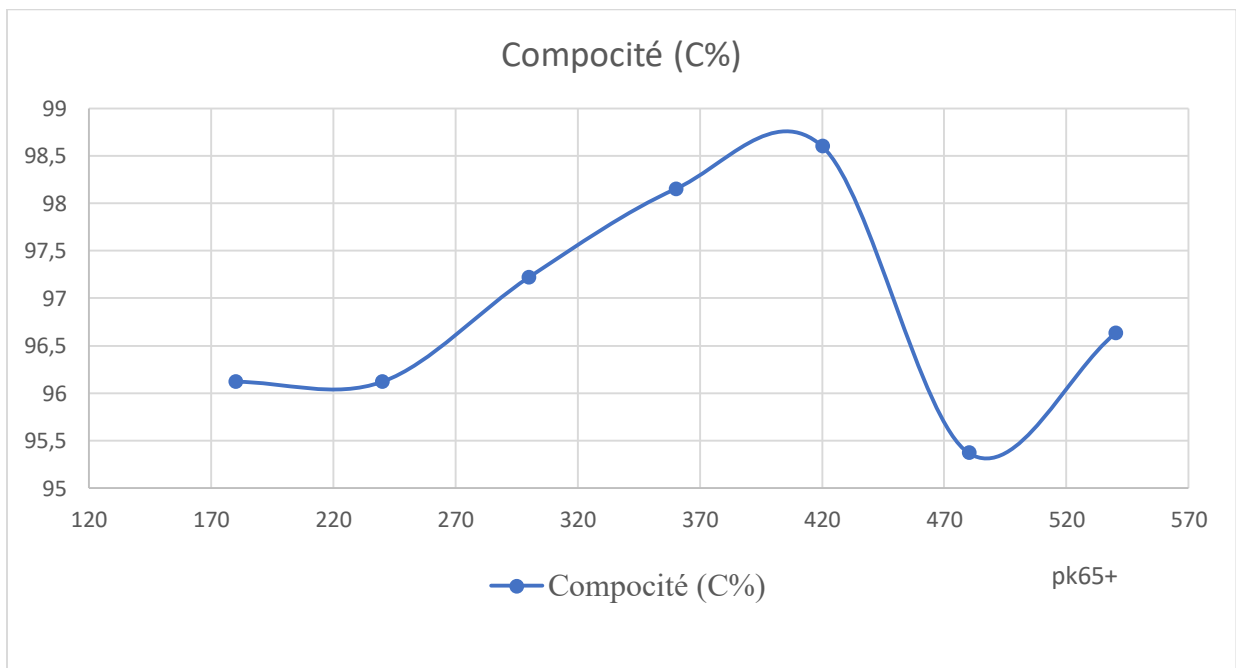


Figure 10 . Variation de la compacité en fonction des points kilométriques

RÉSULTATS ET DISCUSSION

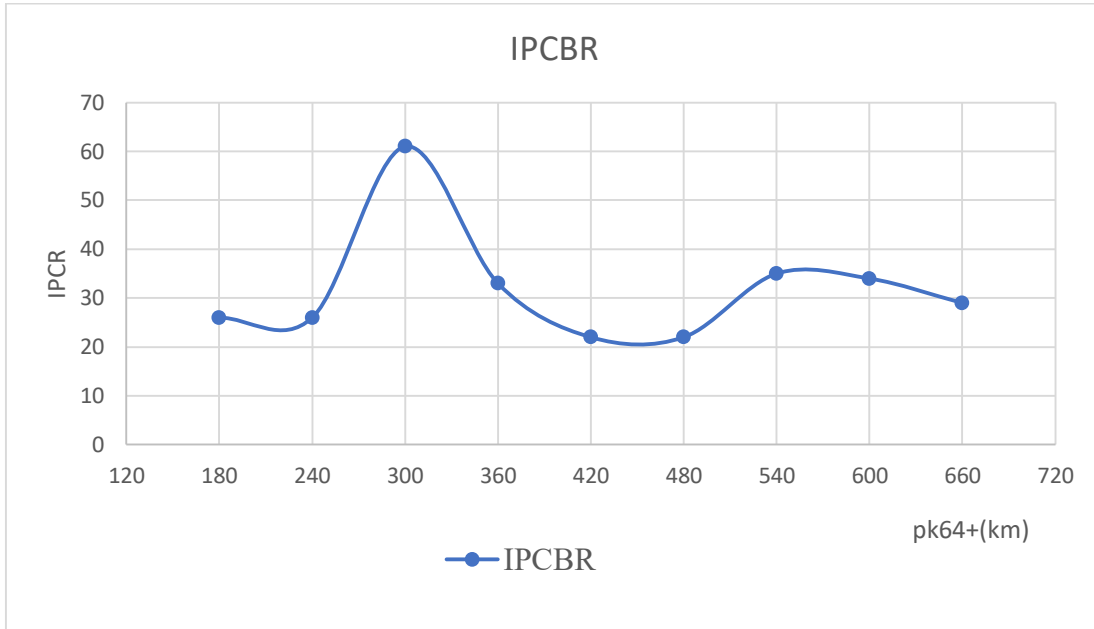


Figure 11 . Variation de l'indice portante CBR en fonction des points kilométriques

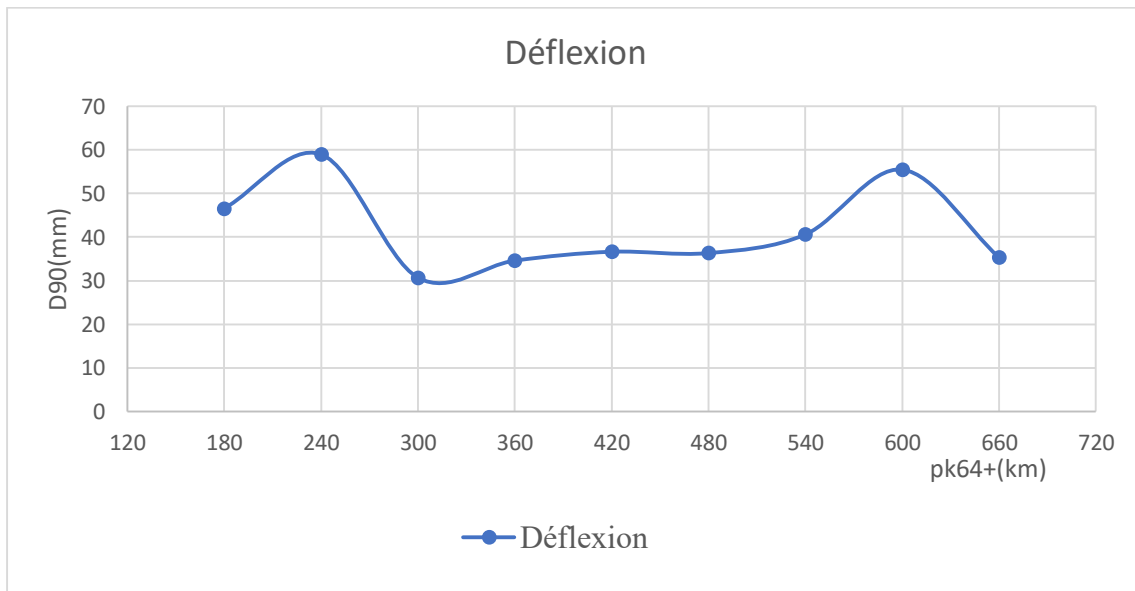


Figure 12 . Variation de la déflexion en fonction des points kilométrique

3.1.2. Corrélation des paramètres mécaniques

Les tableaux et les graphes démontrent l'intensité de liaison entre les différents paramètres.

Les coefficients de corrélation linéaire et les coefficients de déterminations sont consignés dans le tableau II. Ils explicitent les différentes relations entre les variables de travail. Le coefficient de

RÉSULTATS ET DISCUSSION

corrélation indique le degré ou l'intensité de la liaison entre deux (02) variables. Il est compris entre -1 et 1 ; plus il est proche de -1 ou 1. Plus le degré de liaison entre les variables corrélées est fort. Quant au coefficient de détermination, il est compris entre 0 et 1 et correspond à la portion expliquée de la variation de l'une des variables.

Les coefficients de corrélations que nous avons obtenus sont repartis entre deux (02) groupes. Les valeurs du premier groupe sont 0,17 et 0,20. Ces valeurs sont positives. Cela signifie qu'il y a un lien entre la variation de la compacité et l'IPCBR et entre celle de la densité sèche et l'IPCBR et aussi qu'ils évoluent dans le même sens.

Les coefficients de détermination correspondant à ce premier groupe sont 0,03 et 0,04. Ces coefficients de détermination sont très faibles. Autrement dit, la portion de la variation que l'une des variables concernées peut expliquer est faible, soit 3% et 4%.

Conformément au tableau II, concernant le premier groupe, il y a bien une liaison d'une part entre la variation de la compacité et celle de l'IPCBR et d'autre part entre la variation de la densité sèche et l'IPCBR.

Les valeurs des coefficients de corrélation du second groupe sont -0,47 ; -0,33 et -0,62. Avec de telles valeurs, établir une relation entre la variation des variables concernées est envisageable.

Les coefficients de corrélation négatifs signifient que les variables évoluent en sens inverse (Benzidane, 2008). Autrement dit quand la déflexion augmente, la compacité, l'IPCBR et la densité sèche diminuent et vice-versa. Cette relation traduit la réalité par rapport au comportement du sol. En effet, une déflexion élevée signifie que le sol s'affaisse grandement au passage de la charge. En conséquence, ce sol est très déformable. D'où la compacité, de la densité sèche et l'IPCBR sont faibles. Aussi une déflexion faible signifie que le sol s'est affaissé faiblement au passage de la charge. Par conséquent ce sol est moins déformable. D'où sa compacité, sa densité sèche et son IPCBR correspondant sont élevés.

Les coefficients de déterminations correspondant au second groupe sont 0,22 ; 0,11 et 0,39. La portion expliquée de la variation de l'une des variables est donc de 22%, 11% et 39%.

Du tableau II, il ressort que ce second groupe correspond aux corrélations effectuées entre la déflexion et la compacité, la déflexion et IPCBR et aussi entre la déflexion et la densité sèche. Dans

RÉSULTATS ET DISCUSSION

notre cas précis, la déflexion explique à près de 25% (22% exactement) la variation la compacité, à près de 15 % (11 exactement) la variation de l'PCBR et 40% (39% exactement) de celle de la densité sèche.

Tableau II. Coefficients de corrélation et coefficients de détermination des essais réalisés

Désignations	Corrélation linéaire	Coefficient de détermination
Compacité	-0,47	0,22
Déflexion		
Compacité	0,17	0,03
PCBR		
Déflexion	-0,33	0,11
PCBR		
OPM	-0,62	0,39
Déflexion		
OPM	0,20	0,04
PCBR		

Quant au tableau III, il présente les droites d'équations de régression à travers lesquelles on parvient à tracer les courbes des mesures estimées qui mettent en évidence l'intensité des corrélations établie entre les paramètres étudiés. En effet, lorsque les courbe des données mesurées et estimées sont confondues, cela montre une corrélation parfaite entre celles-ci et en conséquence, l'un des paramètres est parfaitement explicable à travers l'autre. Dans le cas contraire, il n'y a pas de corrélation entre ces paramètres et par conséquent, on ne peut expliquer l'une en fonction de l'autre.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau III . Paramètres et équations de régression

L'IPCBR en fonction de la Compacité (compacité, IPCBR)	
<i>a</i>	1,91
B	-153,27
Equation	IPCBR =0,01C (%) +96,30 Eq.22
Déflexion en fonction de la compacité (compacité, déflexion)	
<i>a</i>	-4,43
B	470,91
Equation	D90=-4,43C (%) +470,91 Eq23
Déflexion en fonction du CBR (CBR, Déflexion)	
<i>a</i>	-0,27
B	50,48
Equation	D90=0,27IPCBR+50,48 Eq.24
Déflexion en fonction de la densité sèche (densité sèche, Déflexion)	
<i>a</i>	-90,82
B	230,18
Equation	D90 =-90,82ds+230,18 Eq.25
IPCBR en fonction de la densité sèche (densité sèche, CBR)	
<i>a</i>	34,95
B	41,04
Equation	IPCBR=34,95ds-41,04 Eq.26

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La figure 13 présente l'ensemble des courbes des paramètres mesurés. Elle montre une vue d'ensemble sur la variation des différents paramètres (densité sèche, compacité, déflexion et indice portant CBR) à chaque point kilométrique et met en exergue les différences évoquées ci-dessus.

On constate au niveau de plusieurs PK, que les pics de la courbe de variation des paramètres tels que l'optimum Proctor, la compacité et l'indice portant CBR coïncident avec une chute de la déflexion et vice-versa. Ainsi, la portance du sol varie selon que la sollicitation est statique ou dynamique.

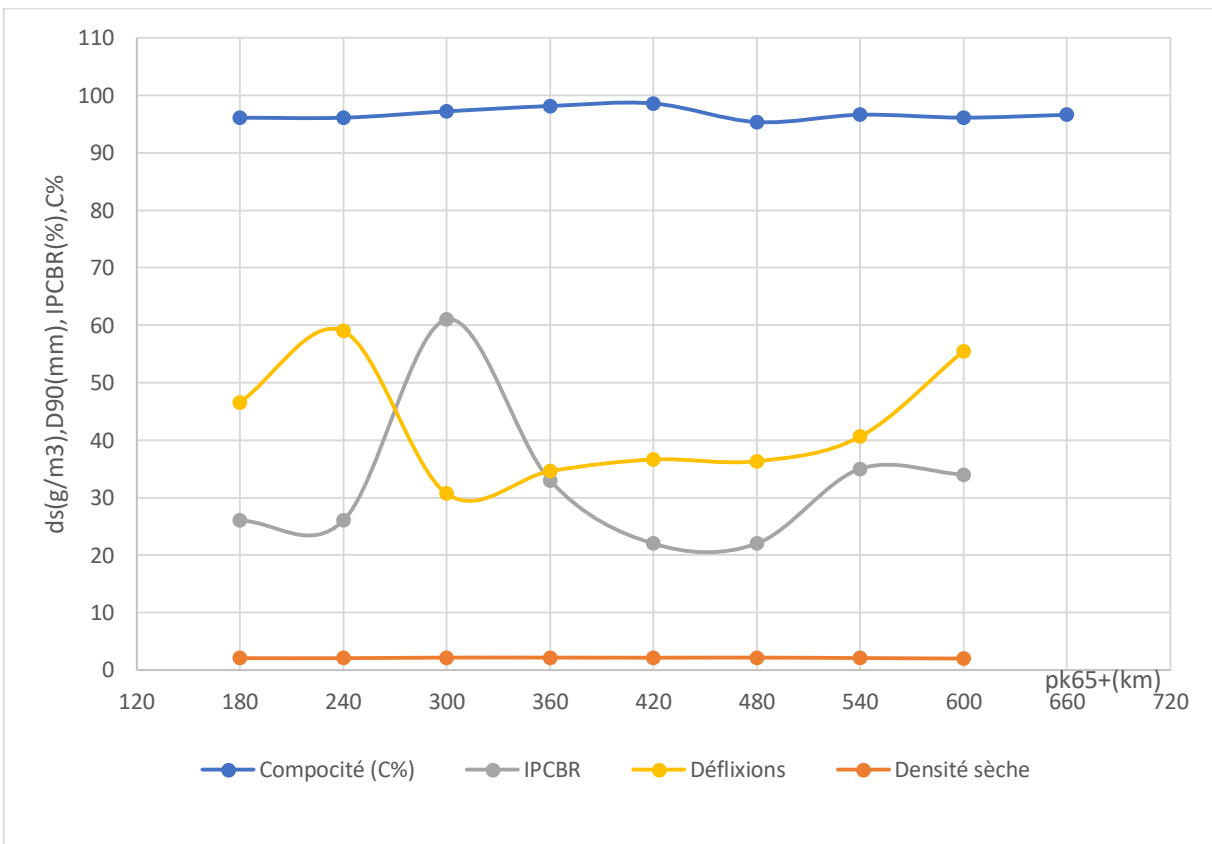


Figure 13 . Courbes de tendances des résultats des essais réalisés

La figure 14 présente les courbes de variation des mesures effectuée entre la compacité et la déflexion. Elle montre deux courbes qui évoluent en sens opposé. Lorsque la compacité augmente, la déflexion diminue et vice versa. Cela explique bien une corrélation négative entre ces deux paramètres.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

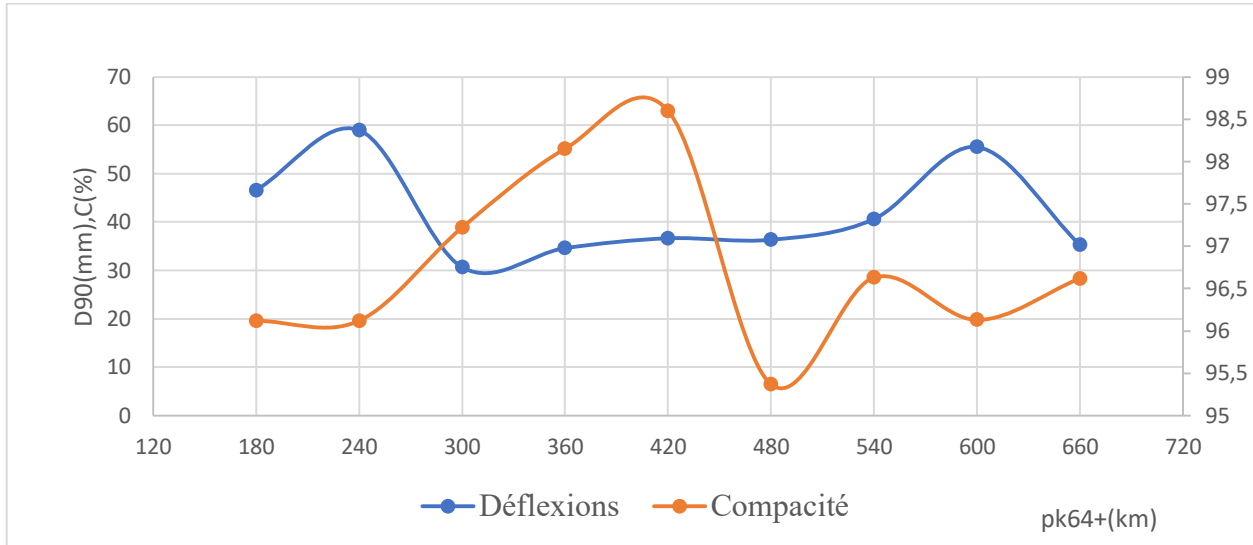


Figure 14 . Courbe d'évolution de la compacité-déflexion.

L'intensité de cette corrélation est perceptible à travers la figure 15.

La figure 15 présente les courbes de comparaison des paramètres mesurées et estimées entre la compacité et la déflexion. La courbe de la déflexion mesurée n'est pas confondue à celle estimée. Par conséquent, la corrélation entre ces deux paramètres n'est pas parfaite, mais elle n'est pas aussi nulle, car, il n'y a pas trop d'écart dans l'évolution de ces deux courbes.

Donc, il y a une bonne corrélation entre eux (-0,47).

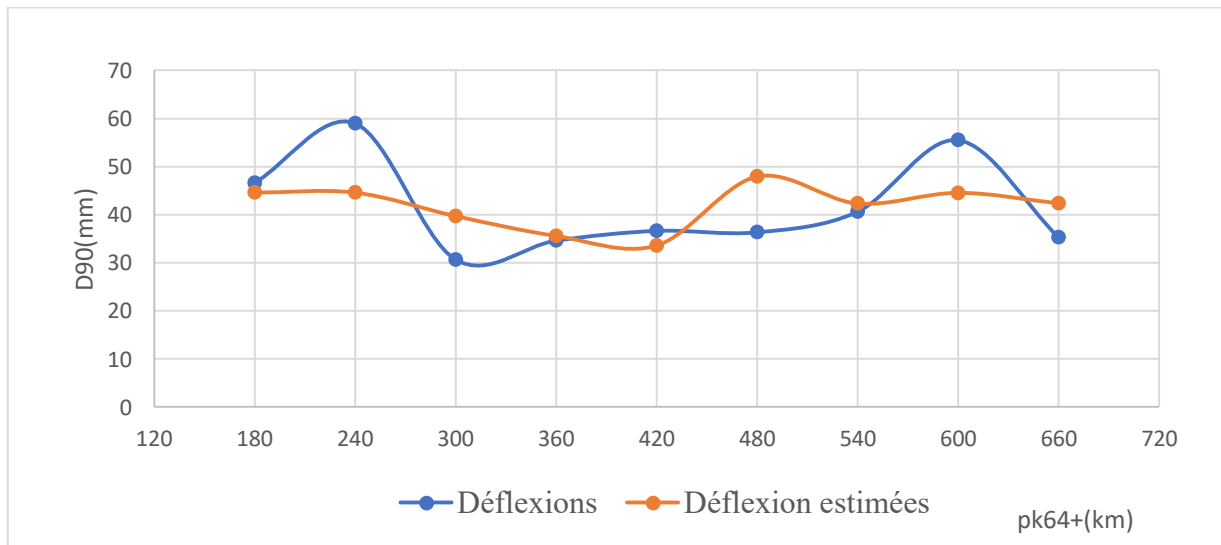


Figure 15 . Comparaison des déflexions mesurées et estimées par la compacité (régression linéaire)

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La figure 16 présente les courbes de variations des mesures effectuées entre la compacité et l'IPCBR. La compacité et IPCBR évoluent dans le même sens. Ils atteignent plus ou moins leurs pics au même moment. Il y a une corrélation positive entre ces deux paramètres (0,17).

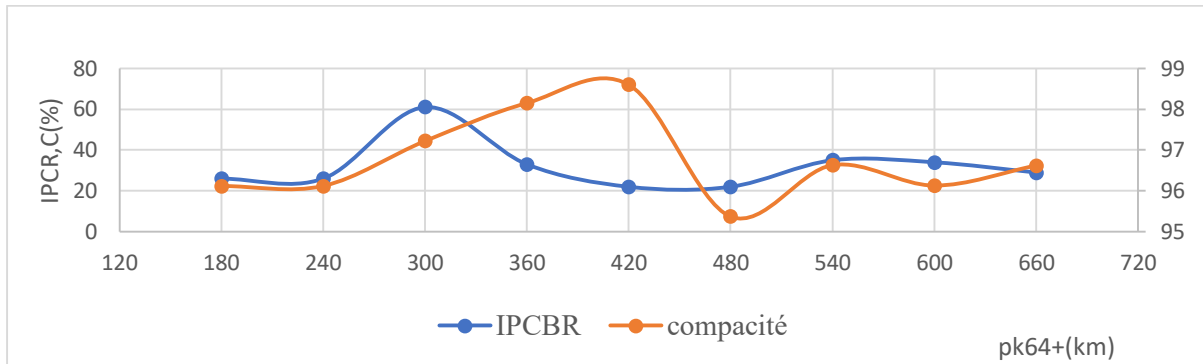


Figure 16. Courbe d'évolution de la Compacité-IPCBR

La figure 17 présente les courbes de comparaison des paramètres mesurés et estimés entre la compacité et l'IPCBR. Les courbes des valeurs mesurées et estimées présentent un écart important. Donc la corrélation entre l'IPCRC et la compacité est moins grande mais pas nulle avec une valeur numérique 0,17. Cela se justifie par le fait que la compacité est un paramètre extrinsèque et donc dépend en grande partie du compactage. Par contre, l'IPCBR est un paramètre intrinsèque et dépend uniquement de la nature du matériau.

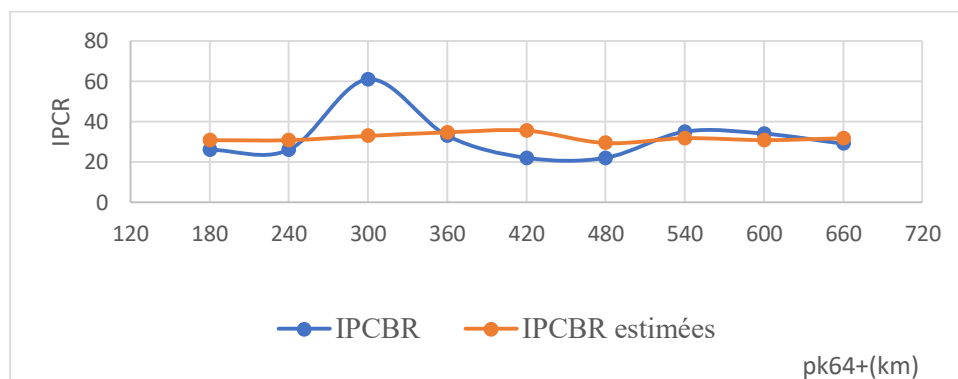


Figure 17. Comparaison des IPCBR mesurées et estimées par la compacité

La figure 18 présente les courbes de variations des mesures effectuées entre la déflexion et l'IPCBR. Elle montre deux courbes qui évoluent en sens opposé. Lorsque l'IPCBR augmente, la

RÉSULTATS ET DISCUSSION

déflexion diminue et vice versa. Cela montre une corrélation négative entre ces deux paramètres. Par conséquent ces deux paramètres ne peuvent qu'évoluer en sens contraire pour un sol de même nature.

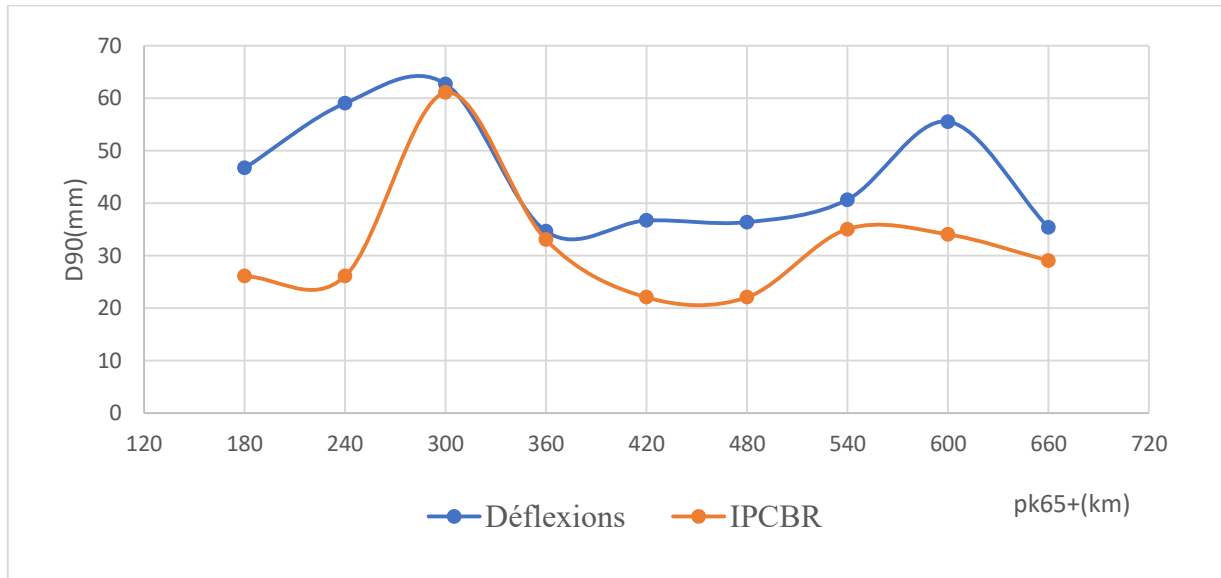


Figure 18. Courbe d'évolution de la déflexion-IPCIBR

La figure 19 présente les courbes de comparaison des paramètres mesurés et estimés entre la déflexion et l'IPCIBR, l'écart entre la courbe de la déflexion mesurée et celle estimée est moins important, par conséquent la corrélation entre ces deux paramètres est importante.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

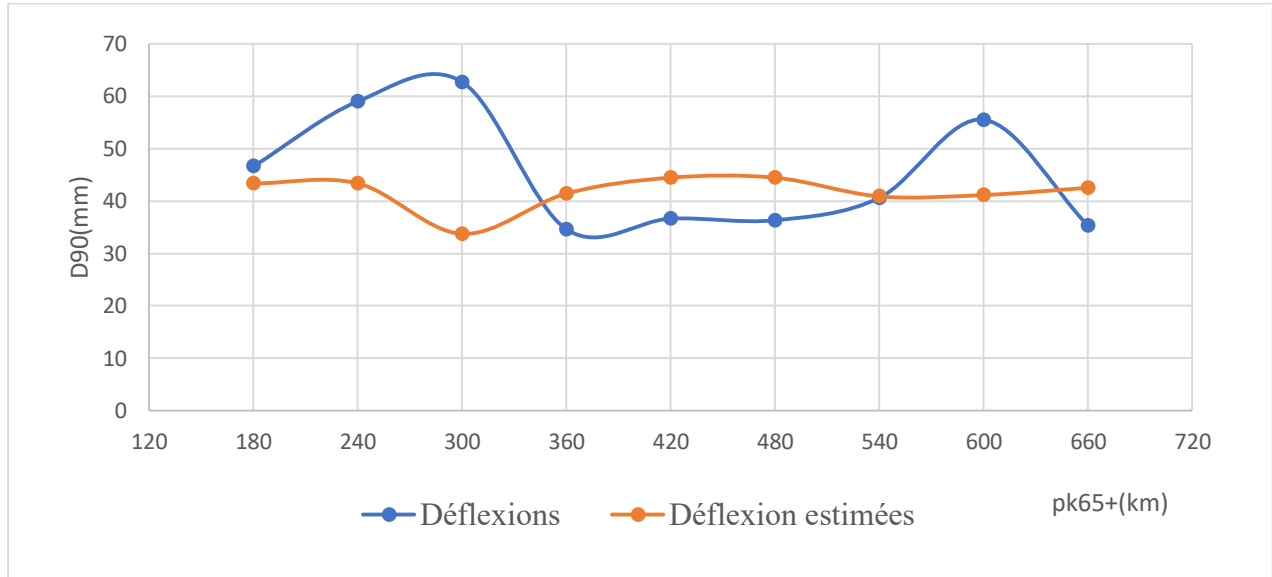


Figure 19. Comparaison des déflexions mesurées et estimées par l'IPCBR

La figure 20 présente les courbes de variations des mesures effectuées entre la déflexion et la densité sèche. Ces deux paramètres (déflexion et densité sèche) évoluent en sens opposé. Ce qui montre une corrélation négative entre eux.

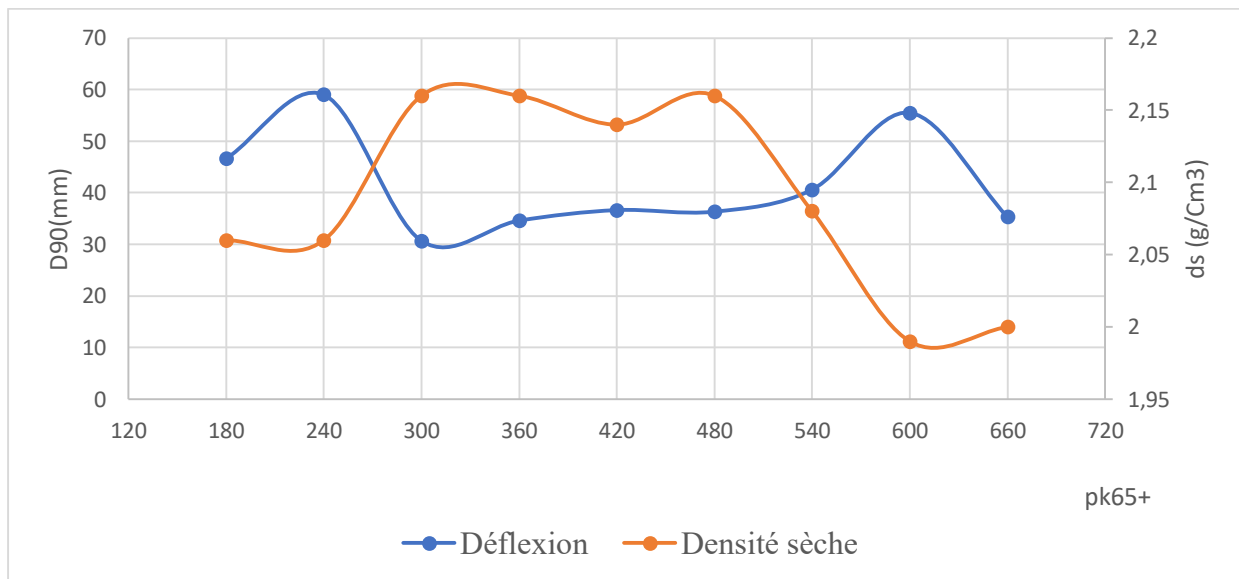


Figure 20. Courbe d'évolution de la densité sèche-Déflexion

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La figure 21 présente les courbes de comparaison des paramètres mesurés et estimés entre la déflexion et la densité sèche. Ces courbes des valeurs mesurées et estimées sont plus ou moins superposées. Cela montre une très bonne affinité entre la densité sèche et la déflexion, autrement dire la corrélation entre eux est forte (-0.62).

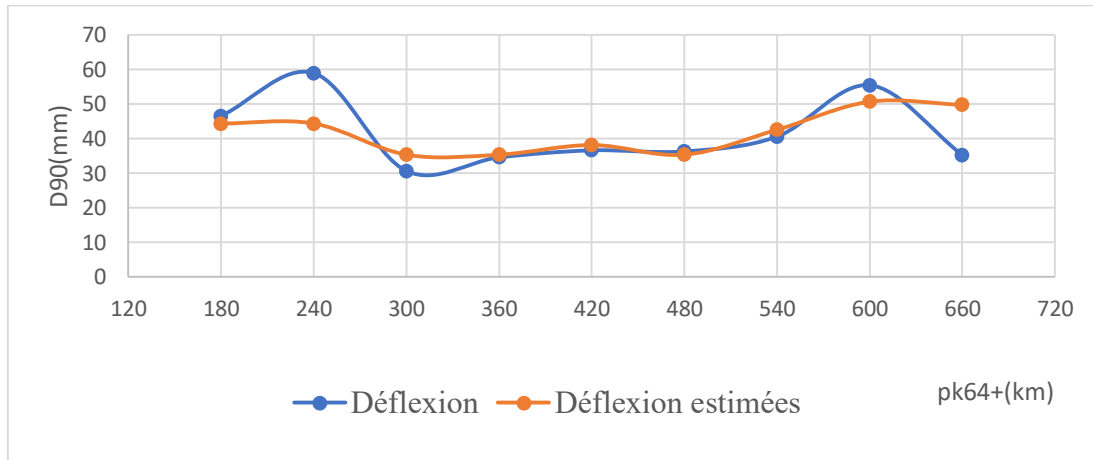


Figure 21. Comparaison des Déflexions mesurées et estimées par la densité sèche

La figure 22 présente les courbes de variation des mesures effectuées entre la densité sèche et l'IPCBR. Ces courbes d'évolutions de la densité sèche et l'IPCBR évoluent dans le même sens. Il y a une corrélation positive entre ces deux paramètres (0,20).

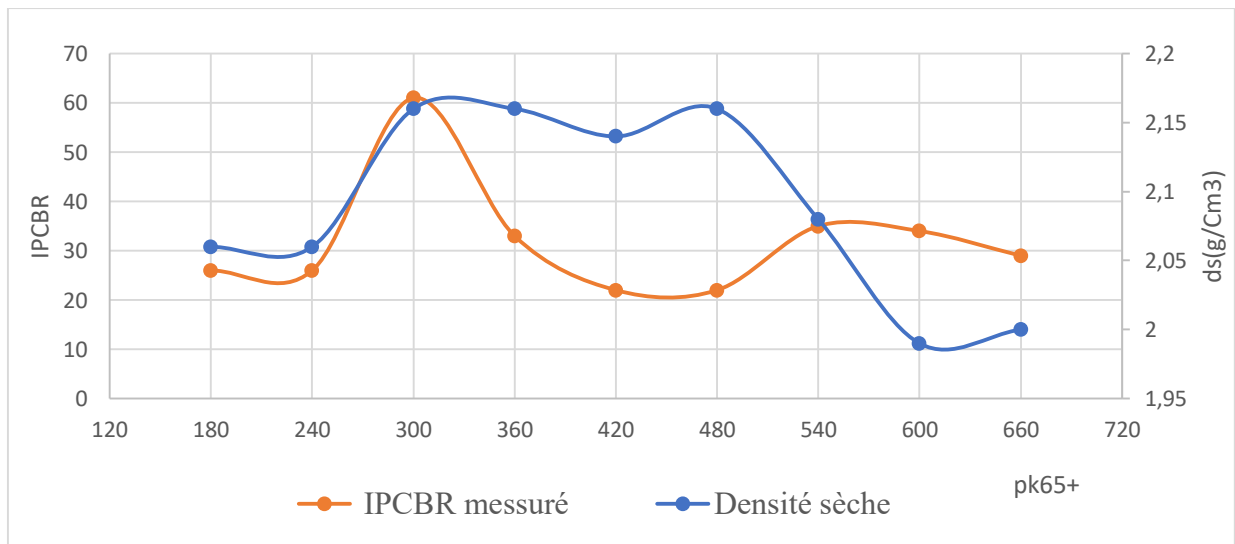


Figure 22. Courbe d'évolution de la densité sèche -IPCBR

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La figure 23 présente les courbes de comparaison des paramètres mesurés et estimés entre la densité sèche et l'IPCBR. Ces courbes des valeurs mesurées et estimées sont moins proches entre elles. Leur décalage montre une très faible affinité entre la densité sèche et l'IPCBR et donc une très faible corrélation (0,20) entre ces deux paramètres.

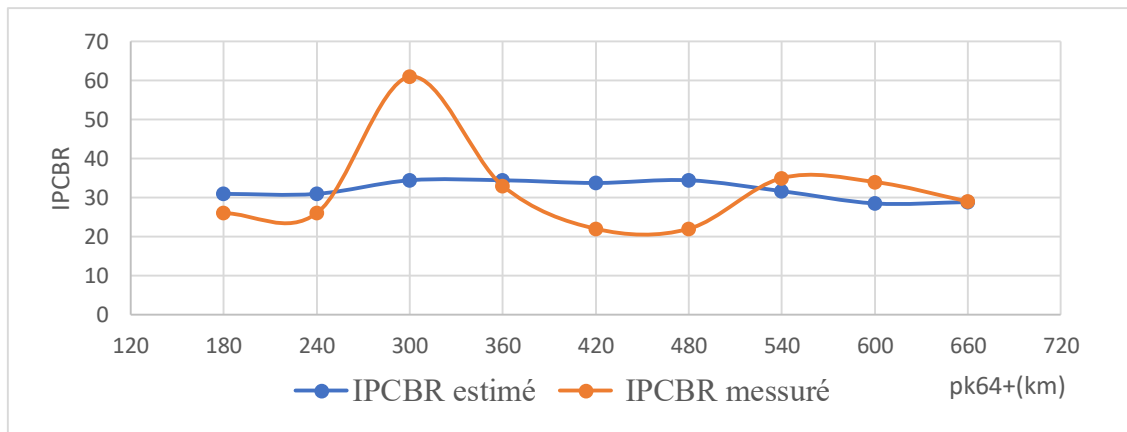


Figure 23. Comparaison des IPCBR mesurées et estimées par la densité sèche

Les variations des déflexions, des IPCBR mesurées et ceux de déflexions et des IPCBR estimées à partir des équations de régression du tableau III, permettent de voir graphiquement l'écart entre les valeurs mesurées et celles estimées. Les différentes courbes ne se superposent pas totalement, ce qui est bien normal parce qu'il s'agit des courbes issues des données ajustées. La différence très remarquable peut être due à la faiblesse de la portion expliquée qui est 2,81%, 4%, 21,94%, 10% et 38,73%.

Les mesures de la déflexion, de la compacité et de l'IPCBR présentent une forte dispersion ; ce qui implique que les valeurs extrêmes (minima et maxima) ne suivent pas la tendance centrale. Certaines valeurs ont dû peut-être, être influencées par l'erreur humaine due aux aléas climatiques (vent, soleil, brouillard...), puisque ces paramètres étudiés sont déterminés au travers des essais au laboratoire et *in situ*, sur une distance de 0,540 km, soit 540 m dont plusieurs types de sols traversés, il est alors possible que les aléas climatiques comme le vent ou le soleil aient influencé la réalisation des essais au niveau de certains points.

3.2. DISCUSSION

Cette étude aura permis de déterminer les propriétés mécaniques de la plateforme élaborée et d'établir une corrélation des paramètres mécaniques de ces propriétés mécaniques.

Dans l'étude menée par Sayo (2016), ces résultats statistiques sont conformes à ceux trouvés dans la présente étude statistique.

Il y a bien une corrélation entre les paramètres étudiés et cette corrélation permet d'expliquer l'un à travers l'autre paramètre.

Les coefficients de corrélation (-0,47) et de détermination (0,21) déterminés entre la compacité et la déflexion sont en contradiction avec l'étude menée par Sayo (2016) sur la corrélation des essais *in situ*. Il ressort de son étude qu'il n'y a pas de corrélation entre la compacité et la déflexion dans laquelle il trouve une corrélation linéaire de -0,0458 et un coefficient de détermination de 0,0021, car ses valeurs trouvées sont presque nulles.

En effet, la compacité est la détermination de la masse volumique en place donc elle tient juste compte de l'empeseur de la couche testé (30 cm), et par conséquent, la densité du matériau en place n'est pas influencée par les couches inférieures. Par contre, la déflexion est influencée par l'état des couches inférieures sur une profondeur d'environ 100 cm (annexe 2). L'influence des couches inférieures est la cause de l'absence de corrélation entre ces deux paramètres dans l'étude de Sayo (2016) sur la réalisation du projet d'aménagement et de bitumage de la route Natitingou-Boukoubé-Korontière.

Sawadogo (2018) dans son étude, a démontré qu'il y a une parfaite corrélation positive entre la densité sèche et l'IPCBR. La valeur de la densité sèche augmente avec celle de l'IPCBR. Ce résultat est sensiblement conforme à celui de notre étude qui montre une faible corrélation positive (0,20) entre ces deux paramètres. Cette différence est peut-être due à des aspects comme l'état du sol, la qualité des essais ou celle de l'appareillage. En effet, un sol fatigué peut donner un bon OPM mais cela sera détecté par le CBR par une petite valeur de celui-ci. Cette remarque montre qu'il y a une limite de son étude sur ces deux paramètres. En outre, si l'IPCBR dépend en partie de la nature du sol, il dépend également dans une large mesure de sa teneur en eau, de sa masse volumique sèche, et de son degré de saturation, qui sont des caractéristiques d'état fonction de ses caractéristiques de mise en œuvre et d'environnement (Cherifa, 2014)

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les équations de régression linéaire obtenues sont de la même forme que celles obtenues par Murillo, & Bejarano (2013) dans leur étude sur la déflexion mesurée avec la poutre de Benkelman (B) et le Déflexomètre à masse tombante (Falling Weight Deflectometer FWD).

L'équation de régression linéaire obtenue ($D_{90}=0,27IPC_{BR}+50,48$) (**Eq24**) rappelle celle que Corbarieu (2006) a établi entre le module de Westergaard (K) déterminé par l'essai de Westergaard avec une plaque de diamètre 75cm et le module EV1 sous chargement statique à la plaque EV2 de diamètre 60cm. Cette dernière passait par l'origine du repère.

Au su de l'étude menée sur ces paramètres, les différents résultats trouvés au niveau de la déflexion et la compacité et l'IPC_{BR} rentre dans fourchette de CCTP et ceux-ci sont conforme aux résultats trouvés par Dido (2020) sur le même projet mais pas le même tronçon. Cela est dû au fait que ces deux études ont été menées dans une région dominée par les mêmes formations géologiques.

Au vu du constat fait sur l'IPC_{BR}, l'on peut affirmer que dans l'ensemble les matériaux utilisés pour les couches de formes présentent donc de bonne performance. En somme l'étude de l'indice de compacité menée sur plusieurs points nous donne une moyenne générale un taux de compacité qui tourne autour de (97%) ce qui est satisfaisant vis-à-vis de la valeur recommandée par le CCTP qui est de (92%). Celle-ci permet d'affirmer que le compactage a été bien effectué dans l'ensemble.

CONCLUSION

CONCLUSION

Dans les projets de constructions d'infrastructures surtout routières, la question du comportement du sol support notamment sa déformabilité et sa portance est traitée avec la réalisation de plusieurs essais géotechniques aussi bien en laboratoire qu'*in situ*. Plusieurs travaux de recherches de corrélation entre ces essais ont été effectués poursuivant différents objectifs.

Notre travail a été focalisé sur les essais du laboratoire et ceux de réception *in situ* avec pour objectif global de contribuer à une détermination de corrélation des propriétés mécaniques des matériaux de la plateforme pendant l'exécution des travaux. Comme objectifs spécifiques, il s'est agi de décrire les tendances des paramètres étudiés sur le tronçon défini, de ressortir les éventuelles corrélations entre la compacité, la déflexion, la densité sèche et l'indice portant CBR et effectué une régression de la meilleure corrélation.

Une base a été constituée en réalisant les différents essais sur 540 m pendant l'exécution des travaux de construction et de bitumage du prolongement de l'autoroute du Nord précisément le tronçon Tiébissou-Bouaké lot B (Côte d'Ivoire). Le matériel et les méthodes de réalisation ont été choisis conformément aux normes de l'AFNOR.

Ce travail nous a permis de mettre en exergue plusieurs résultats. Les variations de la compacité, de la déflexion, de l'Optimum Proctor et de l'indice portant CBR ont des allures en dents de scie. Il y a une corrélation entre les paramètres mécaniques telle la compacité, la déflexion, la densité sèche et l'IPCBR avec des coefficients de corrélations linéaires positive (0,17 et 0,20) entre la compacité et l'IPCBR et entre la densité sèche et l'IPCBR, cette relation implique que ces paramètres évoluent dans le même sens, et des coefficients de corrélations linéaire négative (-0,47, -0,33, -0,62) entre la déflexion et les 3 autres paramètres. Cette relation signifie que la déflexion évolue dans le sens inverse des autres paramètres. Autrement dit, dans cette relation, la déflexion diminue avec l'augmentation de la compacité, la densité sèche et l'IPCBR.

Eu égard à ce qui précède les objectifs fixés pour ce travail sont atteints car les résultats attendus associés à chaque objectif spécifique sont réalisés. Cependant, l'intensité de la liaison entre ces paramètres mécaniques est moyenne avec des coefficients de détermination qui sont très moyens (inférieurs à 50%). En conséquence, les limites de ce travail sont liées entre autres au fait que les données soient issues d'un seul projet. Les variations permanentes des conditions environnementales comme le vent et le soleil limitent aussi la portée de notre travail.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au vu des enjeux que revêt le gain de productivité que peuvent générer ces équations de corrélation, poursuivre cette recherche de corrélation dans d'autres projets nous semble être une perspective souhaitable. A long terme, les résultats des différentes recherches permettront aux instances de donner un avis sur le sujet.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

RECOMMANDATIONS

La corrélation entre les essais géotechniques a fait l'objet de beaucoup de travaux de recherches sous différents aspects. Toutefois, les résultats que nous avons obtenus au terme de ce travail suscitent quelques recommandations à l'endroit des acteurs tels que les Laboratoires nationaux des pays, des universités, des grandes écoles, des entreprises d'exécution et des bureaux d'études et d'ingénieurs conseils. Il s'agit :

- de faire les études similaires sur les projets de constructions routières en cours d'exécution ;
- d'encourager les étudiants à effectuer leurs travaux de fin de formations sur les essais de réception *in situ* et ceux du laboratoire ;
- d'initier des rencontres ultérieures entre pays aux fins de discuter les résultats obtenus et leur exploitation.

RÉFÉRENCES

RÉFÉRENCES

RÉFÉRENCES

- AFNOR NF P98-200-1 (1991). Mesure de la déflexion engendrée par une charge roulante.
Partie 1 : Définitions, moyens de mesure, valeurs caractéristiques, 8 p.
- AFNOR NF P 94-061-3 (1996). Détermination de la masse volumique d'un matériau en place.
Partie 03 : Méthode au sable, 8 p.
- AFNOR NF P 94-078 (1997). Indice CBR après immersion-Indice CBR immédiat-Indice
Portant Immédiat, 8 p.
- AFNOR NF P 94-093 (1999). Détermination des références de compactages d'un matériau :
essai Proctor- essai Proctor modifié, pp. 4-13.
- Anonyme (1980). Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux.
Ministère de la coopération, 29 p.
- Anonyme (1998). Catalogue des structures types de chaussées neuves. Dans : Réseau Routier
National. Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, 38 p.
- Anonyme (2000). Guide technique Fascicule I : Réalisation des remblais et des couches de
forme (2e éd.). France : Ministère de l'Équipement, du Logement et des Transport, 48
p.
- Anonyme (2002). Programme gestion durable des déchets, et de l'assainissement urbain -
Stratégie de gestion des issus de la vidange des fosses des latrines dans une ville de plus
de 500.000 habitants : cas de la commune de Bouaké en Côte d'Ivoire : Rapport.
Abidjan, 2002. Rapport, CREPA, 40 p.
- Aurégan X. (2016). Aide, investissements et migrants-investisseurs : Les interventions
chinoises en Côte d'Ivoire. *Autrepart*, 76 : 89-108.
- Atlas de Côte d'Ivoire (1979). Institut de géographie Tropicale, *ORSTROM*, Paris (France), 191
p.
- Avenard J.M. (1972). Aspect de la géomorphologie. In : milieu naturel de la Côte d'Ivoire,
Mémoire *ORSTROM*, n°5, Paris (France), pp. 20-22.
- Benzidane M. (2008). Étude des variables internes de succès des bibliothèques publiques au
Québec. Mémoire de thèse en loisir, culture et tourisme, Université du Québec à Trois
Rivières, (Québec, Canada), 154 p.

RÉFÉRENCES

- Carillo P. (2015). Conception d'un projet routier, guide technique *Eyrolles*. Paris France : groupe eyrolles, 78 p.
- Cherifa A. (2014). Les corrélations en mécanique des sols : application aux sols compactés. Mémoire de master en Génie Civil, Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen (Tlemcen, Algérie), 76 p.
- Combarieu O. (2006). L'usage des modules de déformation en géotechnique. *Revue Française de géotechnique*, pp. 3-32.
- Diatta S.B.R.H.A. & Kanwar L.S. (1998). Genèse des sols d'une séquence sur granito-gneiss en région du centre de la Côte d'Ivoire. In : Actes du 16ème congrès Mondial de science du sol proceeding of the 16th World Workshop AISS/AFES Montpellier CIRAD, congrès mondial du sol, (Montpellier, France), 40 p.
- Dido T.J.M.S. (2020). Suivi et contrôle géotechnique des terrassements du prolongement de l'autoroute du nord axe (Tiébissou-Bouaké LOT C). Mémoire de master en environnement option géomatériaux-géotechniques. Université Jean Lourougnon Guédé, (Daloa, Côte d'Ivoire), 54 p.
- Guillaumet J.L. & Adjanohoun E. (1971). Le milieu naturel en Côte d'Ivoire : la végétation de la Côte d'Ivoire. Mémoire *O.R.S.T.O.M.*, (Paris), 50 : 161-261.
- Idriss G. (2012). Comportement mécanique et hydrique d'un mélange de tuf et de sable calcaire de la région de Laghouat : Application en construction routière. Mémoire de thèse, Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen, (Algérie, Tlemcen), 257 p
- Mecifi F. (2016). Corrélations des paramètres des sols compactes. Mémoire de master en Génie Civil, Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen, (Algérie, Tlemcen). 90 p.
- Murillo F.C.A. & Bejarano U.L.E. (2013). Correlation between deflections measurements on flexible pavements obtained under static and dynamic load techniques. *Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, Paris, France. 42 p
- Ouattara G.K.G.B. & Kouakou A.Y. (2012). Contribution des images satellites Landsat ETM+ à la cartographie lithostructurale du centre-Est de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *International journal of Innovation and Applied Studies, ISSR journals*, 1(1): 61-75.

RÉFÉRENCES

- Ouattara N. (2001). Note thématique sur les ressources génétiques forestières. Situation des ressources génétiques forestières de la Côte d'Ivoire (Zone de savane), l'Atelier sous-régional FAO/IPGRI/CIRAF sur la conservation, la gestion, l'utilisation durable et la mise en valeur des ressources génétiques forestière de la zone sahélienne (Ouagadougou, 22-24 septembre, 1998), 43 p.
- Ouédraogo T.B. (2012). Renforcement des routes bitumineuses au Burkina Faso : cas de la route nationale n°1 entre Ouagadougou et Sakoinsé. Mémoire de master en génie civil à l'institut international d'ingénierie de l'eau et environnement, (Ouagadougou, Burkina Faso), 63 p.
- Riou G. (1996). Les sols en pays Baoulé. Utilisation. Possibilités de mise en valeur.T.1, 2,3. Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Strasbourg, 177 p.
- Sawadogo M. (2018). Etudes techniques des différentes techniques d'amélioration d'une couche de base : Cas de l'amélioration au concassé à l'échangeur Nord de Ouagadougou. Mémoire de master en génie civil, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Burkina Faso, 82 p.
- Sayo A.J. (2016). Etude comparative des essais de réception *in situ* : cas des travaux d'aménagement et de bitumage de la route Natitingou-Boukoumbé-Korontière (Bénin). Mémoire de master en génie civil et hydraulique à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, (Ouagadougou, Burkina Faso), 50 p.

RÉFÉRENCES

Annexes

ANNEXES

ANNEXE 1 : Récapitulatif des spécifications techniques du projet

Paramètres mesurées	Recommandation des valeurs seuils admissibles du projet
Compacité (C%)	Supérieur à 95
Déflexion (1/100 mm)	Inférieur a 90
IPCBR	Supérieur à 20
Wop% et Wds%	Respecter une marge d'erreur d'un écart de ± 5

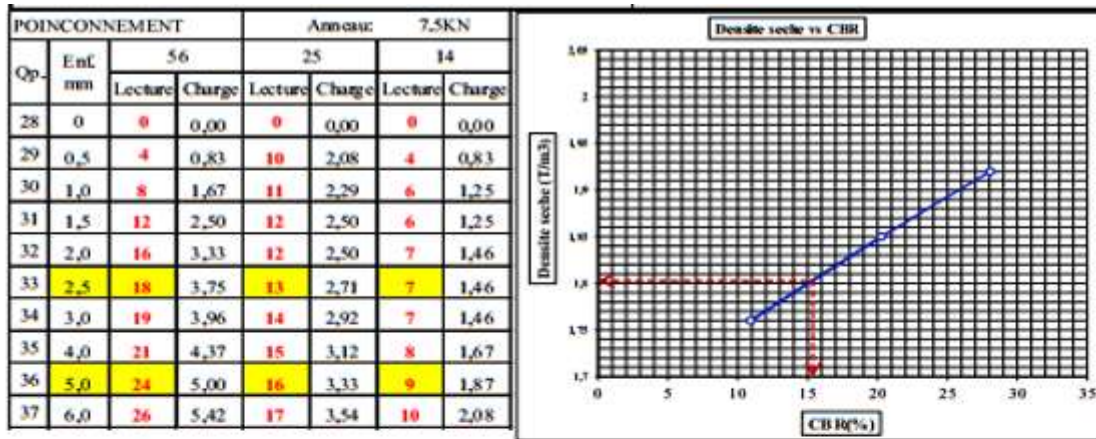
ANNEXES

ANNEXE 2 : Description comparative des essais mécaniques mesurés

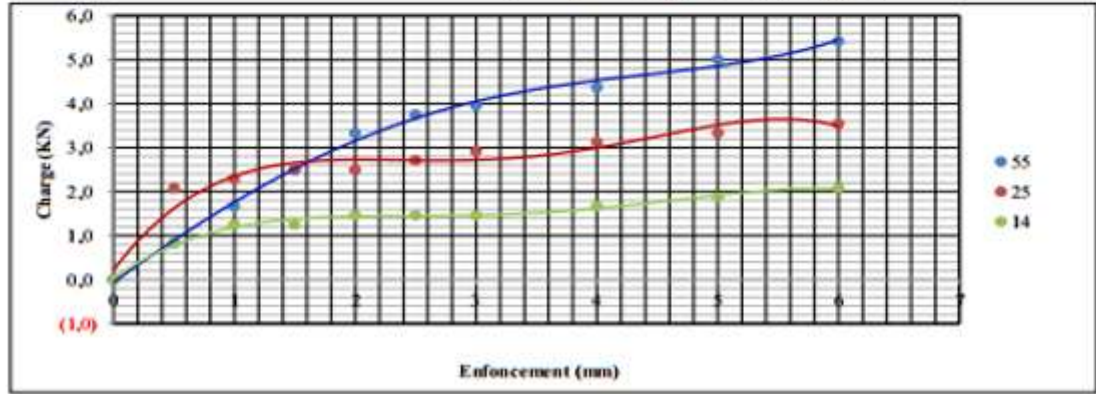
Essais	Normes de réalisation	Paramètres recherchés	Unité des propriétés mesurée	Influence des couches sous-jacentes
Essai de détermination de la masse volumique en place	AFNOR, NF P 94-061	La masse volumique humide, la masse volumique sèche et la compacité	Masse par volume (t/m ³)	La densité du matériau en place n'est pas influencée par les couches inférieures
			Compacité (%)	
Essai de déflexion	AFNOR, NF P 98-200	Le déplacement vertical en un point d'une chaussée, engendré par le passage d'une charge	Centième de millimètre (1/100 mm)	La déflexion est influencée par l'état des couches inférieures sur une profondeur d'environ 100 cm
IP CBR	NF P 94-078	Calcule la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement	(%)	IP CBR n'est influencé par les couches inférieures
Optimum Proctor	NFP 94-093	Détermination de la densité sèche optimal et de la teneur en eau optimal	(t/m ³)	Optimum Proctor n'est influencé par les couches inférieures
			(%)	

ANNEXES

ANNEXE 3 : Résultat De l'essai CBR



							9,5%OPM=	1,80	9,5%CBR=	15		
Factor Modifs	1	2	3	4	5	OPM	Nbre cps	IC(%)	$\delta_s(T/m^3)$	CBR	%Wimb	%Gonft
W(%)	8,61	10,61	12,61	14,61	16,61	12,61	56	101	1,92	28,09		
Ds(T/m³)	1,804	1,868	1,898	1,861	1,779	1,90	25	97,49	1,85	20,28		0,00
							14	92,74	1,76	10,92		



ANNEXES

ANNEXE 4 : Tableau récapitulatif des résultats des essais des paramètres étudiés et estimés , sens gauche.

Colonne	Colonne	Colonne	Colonne	Colonne
PK	ptimum proct	IPCBR	Déflexion	ompocité (C%
Pk65+180	2,06	26	46,6	96,12
Pk65+240	2,06	26	58,9826597	96,12
Pk65+300	2,16	61	30,6844379	97,22
Pk65+360	2,16	33	34,6	98,15
Pk65+420	2,14	22	36,6382323	98,6
Pk65+480	2,16	22	36,3355547	95,37
Pk65+540	2,08	35	40,6097979	96,63
Pk65+600	1,99	34	55,4921621	96,13
Pk65+660	2	29	35,3048989	96,62

PK	IPCBR	Déflexio	x2x3	x2carre	x3carre	Déflexions estimé
Pk65+180	26	46,6	1211,6	676	2171,56	43,34
Pk65+240	26	58,98266	1533,5492	676	3478,9541	43,34
Pk65+300	61	62,684438	3823,7507	3721	3929,3388	33,74
Pk65+360	33	34,6	1141,8	1089	1197,16	41,42
Pk65+420	22	36,638232	806,04111	484	1342,3601	44,44
Pk65+480	22	36,335555	799,3822	484	1320,2725	44,44
Pk65+540	35	40,609798	1421,3429	1225	1649,1557	40,87
Pk65+600	34	55,492162	1886,7335	1156	3079,3801	41,14
pk65+660	29	35,304899	1023,8421	841	1246,4359	42,51

PK	Compocité (C%	IPCBR	x1x2	x1carre	x2carre	IPCBR estim
Pk65+180	96,12	26	2499,12	9239,0544	676	30,75
Pk65+240	96,12	26	2499,12	9239,0544	676	30,75
Pk65+300	97,22	61	5930,42	9451,7284	3721	32,85
Pk65+360	98,15	33	3238,95	9633,4225	1089	34,64
Pk65+420	98,6	22	2169,2	9721,96	484	35,5
Pk65+480	95,37	22	2098,14	9095,4369	484	29,32
Pk65+540	96,63	35	3382,05	9337,3569	1225	31,73
Pk65+600	96,13	34	3268,42	9240,9769	1156	30,77
pk65+660	96,62	29	2801,98	9335,4244	841	31,71

ANNEXES

PK	Compacité (C%)	Déflexion	x1x3	x1carre	x3carre	Déflexions estimée
Pk65+180	96,12	46,6	4479,192	9239,0544	2171,56	46,6
Pk65+240	96,12	58,9826597	5669,4133	9239,0544	3478,9541	58,9826597
Pk65+300	97,22	30,6844379	2983,1411	9451,7284	941,53473	30,6844379
Pk65+360	98,15	34,6	3395,99	9633,4225	1197,16	34,6
Pk65+420	98,6	36,6382323	3612,5297	9721,96	1342,3601	36,6382323
Pk65+480	95,37	36,3355547	3465,3219	9095,4369	1320,2725	36,3355547
Pk65+540	96,63	40,6097979	3924,1248	9337,3569	1649,1557	40,6097979
Pk65+600	96,13	55,4921621	5334,4615	9240,9769	3079,3801	55,4921621
pk65+660	96,62	35,3048989	3411,1593	9335,4244	1246,4359	35,3048989

PK	Optimum procto	Déflexio	x4x3	x1carre	x3carre	PK65+
Pk65+180	2,06	46,6	95,996	4,2436	2171,56	44,4
Pk65+240	2,06	58,9826597	121,50428	4,2436	3478,9541	44,4
Pk65+300	2,16	30,6844379	66,278386	4,6656	941,53473	35,38
Pk65+360	2,16	34,6	74,736	4,6656	1197,16	35,38
Pk65+420	2,14	36,6382323	78,405817	4,5796	1342,3601	38,18
Pk65+480	2,16	36,3355547	78,484798	4,6656	1320,2725	35,38
Pk65+540	2,08	40,6097979	84,46838	4,3264	1649,1557	42,59
Pk65+600	1,99	55,4921621	110,4294	3,9601	3079,3801	50,71
Pk65+660	2	35,3048989	70,609798	4	1246,4359	49,81

PK	Optimum procto	IPCBR	x4x2	x4carre	x2carre	IPCBR estimé
PK65+180	2,06	26	53,56	4,2436	676	30,95
Pk65+240	2,06	26	53,56	4,2436	676	30,95
Pk65+300	2,16	61	131,76	4,6656	3721	34,44
Pk65+360	2,16	33	71,28	4,6656	1089	34,44
Pk65+420	2,14	22	47,08	4,5796	484	33,75
Pk65+480	2,16	22	47,52	4,6656	484	34,44
Pk65+540	2,08	35	72,8	4,3264	1225	31,65
Pk65+600	1,99	34	67,66	3,9601	1156	28,5
Pk65+660	2	29	58	4	841	28,85

RESUME

L'objectif principal de cette étude est d'établir une corrélation entre les propriétés mécaniques de la plateforme pour contribuer efficacement au travail de synthèse du géotechnicien. Pour atteindre l'objectif visé, il a été fait des essais géotechniques au laboratoire et des essais *in situ*. Ces essais ont permis d'identifier la résistance et la déformabilité des matériaux qui sont sur la zone d'étude. Il ressort de l'étude qu'il y a une corrélation entre les paramètres mécaniques de la plateforme. Cette corrélation se traduit par le fait que la compacité, la densité sèche et l'IPCBR évoluent tous dans le sens contraire de la déflexion. Cependant, l'intensité de la corrélation entre ces paramètres mécaniques est moyenne avec des coefficients de détermination très moyens (inférieurs à 50%). En conséquence, les limites de ce travail sont liées au fait que les données soient issues d'un seul projet. Les variations permanentes des conditions environnementales comme le vent et le soleil limitent aussi la portée du travail. Au vu des enjeux que revêt le gain de productivité que peuvent générer ces équations de corrélations, poursuivre cette recherche de corrélation dans d'autres projets nous semble être une perspective souhaitable. A long terme, les résultats des différentes recherches permettront aux instances de donner un avis sur le sujet.

Mots clés : Corrélation, coefficients de détermination, propriétés mécaniques, géotechniques.

ABSTRACT

The main objective of this study is to establish a correlation between the mechanical properties of the subgrade to effectively contribute to the synthesis work of the geotechnician. To achieve the objective, geotechnical tests were performed in the laboratory and in situ tests. These tests allowed the identification of the strength and deformability of the materials in the study area. The study shows that there is a correlation between the mechanical parameters of the platform. This correlation is reflected in the fact that the compactness, the OPM and the IPCBR all evolve in the opposite direction of the deflection. However, the intensity of the correlation between these mechanical parameters is average with very average coefficients of determination (below 50%). Consequently, the limitations of this work are related to the fact that the data are from a single project. The permanent variations of environmental conditions such as wind and sun also limit the scope of the work. In view of the stakes involved in the productivity gains that can be generated by these correlation equations, continuing this correlation research in other projects seems to us to be a desirable prospect. In the long term, the results of the various researches will allow the authorities to give an opinion on the subject.

Key words: Correlation, coefficients of determination, mechanical properties, geotechnical.