

**VERIFICATION DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE ET
SUIVI DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE
BITUMAGE DE LA ROUTE DES PECHEES ET DE SES
BRETelles D'ACCES A COTONOU AU BENIN : PHASE 1**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC
GRADE DE MASTER**

SPECIALITE : GENIE CIVIL/ROUTE ET OUVRAGES D'ART

Présenté et soutenu publiquement le 11 Janvier 2019 par

Akueté Prince Keneth WADAGNI (N° 2016 0141)

Travaux dirigés par :

M. Adama DIONE, Docteur en Géotechnique / Enseignant à l'Université de Thiès au Sénégal et à l'Institut 2ie au Burkina Faso

M. Idrissou MAMA / Ingénieur Génie Civil, Chef de Mission de Contrôle et surveillance des travaux de la route des pêches



Entreprise :

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Abdou LAWANE

Membres et correcteurs : Dr Adama DIONE

Césaire HEMA

Christian RAMADJI

Promotion 2017/2018

DEDICACES

A mon cher père Nestor WADAGNI,

Papa, toi qui m'as inculqué l'amour du travail bien fait dès mon jeune âge, je te prie d'accepter ce travail. Merci pour tes précieux conseils tout au long de mon cursus universitaire.

A ma chère mère Isabelle TOOVI,

Maman, merci pour tes nombreux sacrifices, merci pour tes sages conseils et merci d'être l'étoile que Dieu a choisie pour me donner la vie ; je suis tellement heureux d'être ton fils. Longue vie à toi et puisse le Tout Puissant te bénir, te couronner de bienfaits et te protéger.

A mon frère Romuald WADAGNI,

Nous nous sommes promis de nous montrer dignes de nos géniteurs. Ceci est un accomplissement de la grâce de Dieu dans notre famille et l'espoir de cette perfection absolue à laquelle nous aspirons. Ton amour, ton soutien et ta complicité, ont été plus que nécessaires pour tenir cet engagement.

A mes sœurs Imelda, Anita, Princia et mon petit frère Cédric, pour s'être rendu aussi disponible qu'accessible pour m'orienter dans l'accomplissement de ce travail. Puisse le Très Haut vous accorder une longévité, vous honorer et vous combler de grâces dans toutes vos entreprises.

A ma conjointe Meyrine CASSA et à notre fille Alyssa, pour leur amour et leur soutien indéfectible tout au long de la formation.

REMERCIEMENTS

Dire « Merci » est et demeure un acte de gratitude envers ceux qui accordent une grâce. Ainsi, je ne saurais commencer la rédaction de ce travail sans adresser mes sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à l'aboutissement de ce travail.

Je tiens à remercier :

- Le Directeur du 2iE, le Professeur **Mady KOANDA**,
- Le Directeur des études, le Professeur **Mahamadou KOÏTA**
- Le Chef Département Génie Civil, **Dr. Abdou GANA LAWANE**
- L'ancien chef de Département Génie Civil, Docteur **Angelbert BIAOU**
- Mr **Moussa LO**, Enseignant de Génie Civil au 2iE ;
- Mme **MBENGUE**, Enseignante de Génie Civil au 2iE ;
- Mon encadreur, Dr **Adama DIONE**
- Mon maître de Stage, l'Ingénieur **Idrissou MAMA**

Je pense enfin à :

- Monsieur **Jean-Jacques DJIDJOHO**, Directeur Général de SOGEA SATOM Bénin
- Monsieur **Eric ZOUMENOU**, Ingénieur routier de la Mission de contrôle sur la route des pêches.
- Monsieur **Fabian DAN**, Chef de laboratoire à Héros-GC.
- Mes amis(es) **Ulrich, Steven, Christian, Chadrack, Morenike, Hilarion, Abraham Landry, Ariel, Patricia, Serge Alain, Alain, Alassane, Germain, Arnaud, Marc, Hervé**,
- Tous les camarades de ma promotion de 2iE.

RESUME

L'étude menée dans le cadre de notre travail concerne le dimensionnement d'un tronçon de la structure de chaussée de la route des pêches. Elle visait la définition d'une structure de chaussée durable et adéquate au trafic.

Elle est subdivisée en trois grandes parties dont la première est consacrée à la recherche bibliographique sur les chaussées, le redimensionnement de la chaussée puis la conception et le suivi des travaux réalisés.

Dans la deuxième partie, des essais de laboratoire ont été réalisés sur le sable silteux prélevé à NASSARACODJI dans la commune de Ouidah. Il s'agit de l'analyse granulométrique, la détermination des matières organiques, les limites d'Atterberg, l'essai Proctor Modifié et l'essai CBR. Ces essais ont permis de conclure que ce matériau ne peut pas être utilisé en couche de base à l'état naturel car son indice CBR 33 à 95% de l'Optimum Proctor Modifié (OPM) est inférieur à 60 imposé par le cahier de prescription technique (CPT). Le matériau a été amélioré au ciment à différents pourcentages (1, 2, 2.5, 3,5 et 4%) afin d'observer l'évolution de l'indice CBR. L'indice portant CBR à 95% de l'Optimum Proctor Modifié du sable silteux passe de 33 à l'état naturel à 197 à 4% de ciment. Cet indice trouvé est supérieur à 160 qui est celui imposé par le cahier de prescription technique (CPT). Nous concluons que l'amélioration à 4% de ciment donne les résultats conformes aux spécifications du CPT en ce qui concerne l'indice CBR.

Enfin il a été proposé une structure de chaussée en tenant compte des différents aléas du projet. La variante retenue est la suivante :

- ☞ **Couche de roulement** : 5 cm de béton bitumineux ;
- ☞ **Couche de base** : 10 cm de Grave bitume ;
- ☞ **Couche de fondation** : 20cm de concassé amélioré au ciment ;
- ☞ **Sol de Plateforme**

Mots clés :

- 1- Amélioration
- 2- Couche de fondation
- 3- CBR
- 4- Dimensionnement
- 5- Essai

ABSTRACT

The study conducted as part of our work concern the sizing of a stretch of the road paremant structure of peaches. It was aimed at the definition of a structure of sustainable and adequate traffic road.

It is divided into three main parts, the first of which is devoted to bibliographic research on pavements, the resizing of the roadway and the design and monitoring of the work carried out.

In the second part, laboratory tests have been made on the loam sand taken from NASSARACODJI. It's the granulometric analysis, the determination of organic, Atterberg, Modified Proctor test, and the CBR test limit. These tests have allowed to conclude that this material cannot be used in naturally base layer because its index CBR 33 to 95% of the optimum Modified Proctor (OPM) is less than 80 imposed by the technical prescription specification (CPT). The material has been upgrated to cement to different percentages (1, 2, 2.5 ,3 and 4%) in order to observe the evolution of the CBR index. The CBR indication to 95% of the optimum Modified Proctor of the loam sand password 33 in its natural state at 197 to 4% cement. This found index is higher than that imposed by the technical prescription specification (CPT). We conclude that meet the specification of the CPT with regard to the CBR index results. Are improving to 4% of cement.

Finally it was suggested a floor structure taking into account the different lived of the project. The chosen variant is the following :

- ☞ Rolling layer: 5 cm of bituminous concrete;
- ☞ Base layer: 10 cm of heavy bitumen;
- ☞ Foundation layer: 20 cm of cement-enhanced crushed stone;
- ☞ Platform floor

Key-words :

- 1- Basecoat
- 2- CBR
- 3- Improvement
- 4- Sizing
- 5- Test

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

AASHO	: Américain Association State Highway and Transportation Official
AFNOR	: Association Française de Normalisation
BB	: Béton Bitumineux
BCEOM	: Bureau Central des Etudes d'Outre-Mer
CBR	: Californian Bearing Ratio
CEBTP	: Centre Expérimental de Recherche et d'Etude du Bâtiment et des Travaux Publics
CPT	: Cahier de Prescription Technique
DGTP	: Direction Générale des Travaux Publics
GB	: Grave Bitume
GNT	: Grave Non Traitée
LH	: Liant Hydraulique
NF	: Norme Française
OPM	: Optimum Proctor Modifié
PF	: Plateforme
PL	: Poids Lourds
PK	: Point Kilométrique
SC	: Sol Ciment
SERTRA	: Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes
TJMA	: Taux Moyen Journalier Annuel
TRRL	: Transport Road Research Laboraty
UPL	: Unité de Poids Lourd
VL	: Véhicule Léger

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau I: Classification des sols (CEBTP,1983)</i>	10
<i>Tableau II: Classe de trafic et de plates formes (CEBTP,1983)</i>	21
<i>Tableau III: Trafic poids lourds moyen journalier</i>	21
<i>Tableau IV: Classification des sols en fonction des diamètres des grains (LCPC 1994)</i>	35
<i>Tableau V: Résultat du dimensionnement</i>	42
<i>Tableau VI: Variation mensuelle de la température à Cotonou</i>	44
<i>Tableau VII: Epaisseurs minimales et maximales de mise en œuvre des différentes couches</i>	45
<i>Tableau VIII: Récapitulatifs des résultats de la variante de base</i>	47
<i>Tableau IX: Récapitulatifs des résultats de la variante 1.....</i>	47
<i>Tableau X: Comparaison des différents résultats obtenus pour chaque variante</i>	49
<i>Tableau XI: Coordonnées des points de contact de l'axe en plan</i>	52
<i>Tableau XII: Caractéristiques des matériaux de la plateforme.....</i>	127
<i>Tableau XIII: Résultats des essais réalisés sur le sable silteux.....</i>	129
<i>Tableau XIV: Résultats des différents essais réalisés sur les graveleux latéritiques.....</i>	130
<i>Tableau XV: Résultats de comptages de trafic</i>	131
<i>Tableau XVI: Récapitulatif des caractéristiques d'entrée des matériaux</i>	134

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1: Formation d'une ornière sous l'effet d'une charge se déplaçant sur un sol (SOUROU TOGNISSE, Ecole polytechnique Abomey Calavi, 2016)</i>	8
<i>Figure 2: Schéma de principe illustrant la déflexion et la déformation d'un sol sous l'effet de passage d'une charge (SOUROU TOGNISSE, Ecole polytechnique Abomey Calavi, 2016).....</i>	9
<i>Figure 3: Schéma structural d'une chaussée revêtue (Fadoul, 2012).....</i>	12
<i>Figure 4: Structure type d'une chaussée souple (LCPC, 1994).....</i>	13
<i>Figure 5: Chaussée bitumineuse épaisse (LCPC, 1994).....</i>	14
<i>Figure 6: Chaussée à assise traitée aux liants hydrauliques semi-rigides (LCPC, 1994).....</i>	15
<i>Figure 7: Chaussée rigide (LCPC, 1994).....</i>	15
<i>Figure 8: Chaussée à structure mixte (LCPC, 1994).....</i>	16
<i>Figure 9: Chaussée à structure inverse (LCPC, 1994).....</i>	17
<i>Figure 10: Organigramme de la Mission de Contrôle.....</i>	27
<i>Figure 11: Extrait de la carte géologique couvrant la zone du projet(DGTP)</i>	29
<i>Figure 12 : Abaques donnant l'épaisseur de la chaussée en fonction du CBR et de la charge P (LCPC).....</i>	119

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	I
REMERCIEMENTS	II
RESUME	III
ABSTRACT.....	IV
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	V
LISTE DES TABLEAUX.....	VI
LISTE DES FIGURES	VII
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES CHAUSSEES ET PRESENTATION DU PROJET	7
CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES CHAUSSEES.....	8
I. Definition	8
II. Nécessité d'une structure de route	8
III. Constitution des chaussées.....	9
1. Le sol de plate-forme	9
2. La couche de forme.....	10
3. La couche de fondation	11
4. La couche de base	11
5. La couche de surface.....	11
IV. Les différentes structures de chaussée.....	12
1. Les chaussées souples	12
2. Les chaussées bitumineuses épaisses.....	13
3. Les chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques ou semi-rigides	14
4. Les chaussées en béton de ciment	15
5. Les chaussées à structures mixtes.....	16
6. Les chaussées à structures inverses	16
V. Les différentes méthodes de dimensionnement	17

1.	Approches empiriques ou classiques	17
1.1	La methode du CBR (Californien Bearing Ratio)	17
1.2	La méthode basée sur les essais AASHO	18
1.2	La méthode TRRL	18
1.2	Approches théoriques ou rationnelle	19
1.2	Les méthodes semi empiriques.....	20
2.	Dimensionnement par la méthode du CEBTP	20
CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU PROJET		23
I.	Présentation de la Structure d'accueil.....	24
1.	Fiche Synoptique du Groupe.....	24
2.	Organisation et Fonctionnement.....	24
II.	Situation Géologique	28
III.	OBJECTIFS du projet	30
1.	Objectifs Globale du Projet	30
IV.	Dimensionnement des structures de chaussées	32
1.	Méthode CEBTP de dimensionnement des chaussées neuves	32
2.	Méthode rationnelle : Principe de modélisation de la structure de chaussée	32
CHAPITRE 3 : ETUDE DES MATERIAUX.....		34
I.	INTRODUCTION	34
II.	Les matériaux de Plateforme	34
1.	Carrière de graveleux latéritique	38
2.	Carrières de sable silteux	38
3.	Carrières de roches massives.....	39
DEUXIEME PARTIE : ETUDES DU DIMENSIONNEMENT POUR LA VERIFICATION DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEES.....		40
CHAPITRE 4 : DIMENSIONNEMENT SELON LA METHODE DU CEBTP		41
I.	introduction	41
II.	Trafic cumulé	41
III.	Portance de la plate-forme	42
	La portance de la plateforme se présente en moyenne comme suit :.....	42
IV.	Structure de chaussée selon la méthode CEBTP.....	42

CHAPITRE 5 : DIMENSIONNEMENT SELON LA METHODE ALIZE III43

I.	Hypothèses du dimensionnement	43
1.	Données du chargement	43
2.	Module de Young et Coefficient de Poisson.....	43
3.	Durée de vie.....	44
4.	Trafic cumulé NESE.....	44
5.	Température équivalente	44
6.	Le risque	44
7.	Conditions de réalisation.....	44
8.	Critères de rupture	44
9.	Epaisseurs minimales et maximales de mise en œuvre	45
10.	Considérations spécifiques au projet	45
II.	Calcul des limites admissibles des contraintes et déformations	46
1.	Matériaux bitumineux	46
2.	Matériaux traités au liant hydraulique	46
3.	Matériaux granulaires et Sol support	46
III.	Vérification avec ALIZE III	46
IV.	Conclusion partielle.....	49

TROISIEME PARTIE : CONCEPTION GEOMETRIQUE DE LA ROUTE ET SUIVI DES TRAVAUX50

CHAPITRE 6 : CONCEPTION GEOMETRIQUE DE LA ROUTE51

I.	introduction	51
II.	Procédure de Construction et Calcul de l'axe en Plan	51
1.	Construction de l'axe en plan.....	52
2.	Calcul de l'axe :.....	53
III.	Tabulation de l'axe :.....	53
IV.	Calcul des devers et interpolation du terrain	54
1.	Calcul des devers	54
2.	Interpolation du terrain.....	54
V.	Définition du Profil en Long	54
1.	Procédure de construction du profil en long	54
2.	Construction des points du profil en long projet	55

3.	Calcul de l'axe du profil en long projet	55
4.	Tabulation de l'Axe	55
VI.	Construction de Profil en travers projet.....	56
1.	Création du fichier de profils type	56
2.	Création d'un DEMI-PROFIL type	56
VII.	Définition de la ligne de projet	56
VIII.	Cubatures.....	56
CHAPITRE 7 : SUIVI TRAVAUX.....		57
I.	Procédure d'exécution DES TRAVAUX.....	57
1.	Terrassement.....	57
2.	Couche de fondation	59
3.	Imprégnation de la couche de fondation	62
4.	Couche de base grave bitume 0/20	63
5.	Couche de roulement béton bitumineux	66
CHAPITRE 8 : CONCLUSION GENERALE.....		70
BIBLIOGRAPHIE		72
ANNEXES		74

INTRODUCTION

Les infrastructures de transport doivent présenter une efficacité économique et sociale pour un pays. Les routes constituent le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie sociale.

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructures routières est souvent liée à l'insuffisance du réseau existant. C'est pour pallier cela que l'état du Bénin a décidé de réaliser des projets d'aménagements structurant sur les transports dans l'agglomération urbaine de Cotonou en vue d'accroître la mobilité urbaine dans la capitale et améliorer les conditions de vie des populations.

La route, sur le plan structurel, est une succession de couches de matériaux empilées les unes sur les autres pour résister aux sollicitations du trafic. Les principales sollicitations auxquelles doivent résister le sol support de la route sont donc celles du trafic et du poids propre de la structure routière.

Le graveleux latéritique est le matériau routier le plus utilisé au BENIN. Il est souvent utilisé au niveau de la couche d'assise de la chaussée. Mais ce matériau n'est pas disponible sur toute l'étendue du territoire et commence par s'épuiser vu les nombreux chantiers de route dans notre pays. Il serait donc nécessaire d'expérimenter d'autres matériaux routiers.

Dans l'Atlantique-Littoral, le sable silteux représente le matériau routier le plus abondant. Il affleure la plus grande partie de cette région. La présente étude se penchera sur la possibilité d'utilisation du sable silteux dans la construction d'une structure de chaussée.

Objectif général

L'objectif général visé à travers ce travail est de vérifier le dimensionnement de la structure de chaussée de la route des pêches en utilisant le sable silteux en couche d'assise de la chaussée.

❖ **Objectifs spécifiques**

- ✓ Identifier les propriétés géotechniques recherchées en couches d'assise de la chaussée.
- ✓ Faire une étude géotechnique sur le sable silteux.
- ✓ Dimensionner la chaussée en tenant compte des particularités du projet.

❖ **Méthodologie**

Pour mener à bien cette étude, la procédure suivante a été adoptée :

- ✓ une recherche documentaire des travaux antérieurs en rapport avec le dimensionnement des structures de chaussée ;
- ✓ consulter les personnes ressources afin de connaître et orienter correctement les recherches pour parvenir à de résultats efficaces ;
- ✓ une analyse et interprétation des résultats obtenus ;
- ✓ proposition de la structure de route la mieux adaptée.

**PREMIERE PARTIE : SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES CHAUSSEES ET
PRESENTATION DU PROJET**

CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES CHAUSSEES

INTRODUCTION

La chaussée est la partie d'une voie de communication affectée à la circulation des véhicules. Au Moyen Âge, les routes importantes étaient recouvertes de cailloux et pierre liés à la chaux, terme qui a donné le mot chaussée. Elle assure les déplacements des usagers et le transport des marchandises, quelles que soient les conditions météorologiques, dans des conditions de sécurité et de confort adapté au type d'itinéraire. D'un point de vue mécanique, son rôle est de répartir les charges mécaniques sur le sol support, quelles que soient les conditions environnantes.

[14]

I. DEFINITION

On entend par chaussée un empilement les uns sur les autres des couches de matériaux de caractéristiques mécaniques différentes assurant convenablement la transmission des charges issues du trafic au sol support pendant une durée déterminée appelée conventionnellement durée de vie de la chaussée.

II. NECESSITE D'UNE STRUCTURE DE ROUTE

Lorsqu'un véhicule se déplace sur un sol, le poids du véhicule est transmis au sol sous forme de pressions, par l'intermédiaire des pneumatiques. Ces pressions, voisines de la pression de gonflage des pneumatiques, sont relativement importantes : 1 à 2 kg/cm² pour un véhicule léger, 6 à 7 kg/cm² pour un poids lourd. D'une manière générale, les sols ne peuvent supporter, sans dommages de telles pressions. Si le sol n'est pas assez résistant, le pneu comprime le sol et il se forme une ornière (Fig. 1).

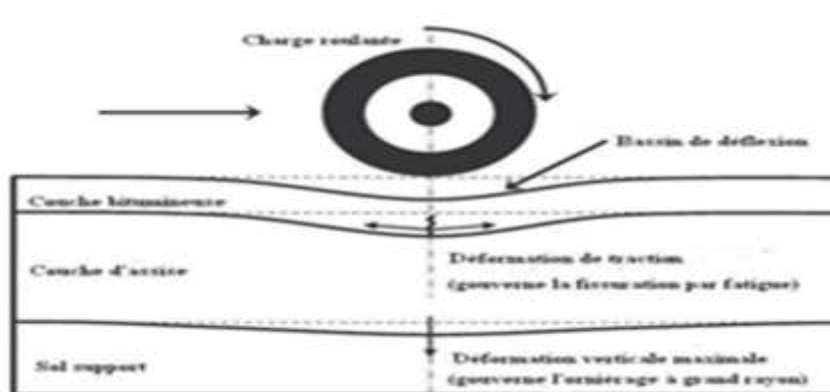


Figure 1: Formation d'une ornière sous l'effet d'une charge se déplaçant sur un sol (SOUROU TOGNISSE, Ecole polytechnique Abomey Calavi, 2016)

[6]

Si le sol est résistant, il se passe deux choses imperceptibles mais qu'il faut bien comprendre (Fig 2). Le sol s'affaisse sous le pneu. C'est la déformation totale : W_t . Lorsque la roue s'éloigne, le sol remonte mais pas totalement : il reste une déformation résiduelle : W_r

La différence $d = W_t - W_r$ s'appelle la déflexion.

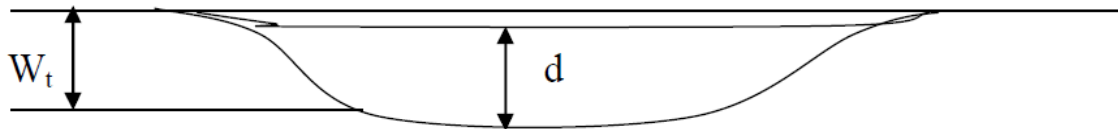


Figure 2: Schéma de principe illustrant la déflexion et la déformation d'un sol sous l'effet de passage d'une charge (SOUROU TOGNISSE, Ecole polytechnique Abomey Calavi, 2016)
[6]

La déflexion "d" est proportionnelle à la charge appliquée. Elle est pratiquement constante si l'on répète l'application de cette charge des milliers de fois. L'orniérage est la déformation

résiduelle " W_r " qui s'accroît au fur et à mesure des passages des véhicules et proportionnellement à leurs charges.

Il est donc nécessaire d'interposer, entre le véhicule et le sol, un écran qui aura pour but de répartir les charges sur une plus grande surface et de réduire ainsi les pressions transmises au sol jusqu'à une valeur admissible. La chaussée constitue cet écran.

La diffusion des pressions diffère par sa nature et son intensité selon que l'on a affaire à une couche granulaire non traitée, à une couche granulaire traitée (au ciment ou au bitume) ou à une dalle de béton de ciment. Toutefois, cette diffusion n'est obtenue qu'avec une épaisseur convenable de matériaux adéquats. Ces couches de matériaux constituent la structure de la chaussée.

III. CONSTITUTION DES CHAUSSEES

1. Le sol de plate-forme

Le sol-support ou plate-forme correspond au terrain occupant les parties supérieures des terrassements (30 à 100 cm). Elle doit être suffisamment rigide pour permettre le passage des

engins de terrassement, insensible à l'eau et aux intempéries. Sa portance influence pour une grande part l'épaisseur des couches de chaussée qui reposent sur elle. Une bonne portance permet d'éviter les déformations sous chargement lourd ou répété entraînant une dégradation prématurée de la chaussée. Selon les cas, on peut avoir recours à :

- la pose d'une couche de forme;
- des purges puis des remblais;
- une substitution de matériaux;
- un traitement du sol en place par la chaux et au ciment;
- la pose d'un matériau anti-contaminant de type géotextile.

Dans les pays tropicaux et plus particulièrement au Bénin, on distingue cinq (5) classes de portance des sols de plate-forme.

Tableau I: Classification des sols (CEBTP,1983)

Classe de plate- forme CEBTP	
$5 < \text{CBR} < 10$	S_1
$10 < \text{CBR} < 15$	S_2
$15 < \text{CBR} < 30$	S_3
$30 < \text{CBR} < 80$	S_4
$\text{CBR} > 80$	S_5

[7]

Dans la pratique, les sols de portance inférieure à 5 sont à proscrire. Il est préconisé un des traitements spéciaux cités plus loin (amélioration, purge, substitution, remblais d'apport, et / ou drainage) selon le type de sol rencontré (argiles gonflantes, sable de faible portance etc.).

2. La couche de forme

Elle est réalisée dans le but de faire reposer la chaussée sur une plate-forme homogène de bonne qualité. Elle doit être constituée de matériaux de bonne portance et avoir une épaisseur suffisante. Ainsi, elle assurera une transition, de fait, entre le sol en place ou rapporté et la

chaussée. Elle résistera aussi aux sollicitations des engins de terrassement. Elle doit rester insensible aux variations hydriques et participer au drainage de la chaussée

3. La couche de fondation

Couche sus-jacente à la plate-forme, la couche de fondation permet d'assurer une répartition homogène des contraintes sur la couche de forme ou sur la plate-forme supérieure des terrassements. Pour cela, elle doit présenter une certaine résistance mécanique. Les matériaux qui la composent doivent avoir un CBR supérieur à 30 % selon le trafic et ne doivent pas être friables. La couche de fondation doit assurer aussi un bon drainage et avoir une compacité minimale de 95 % de l'OPM.

4. La couche de base

Elle constitue avec la couche de fondation, l'assise de la chaussée. Elle est soumise à des contraintes verticales, effet de poinçonnement dû à la pression des pneumatiques et des contraintes de cisaillement à la base dans le cas des matériaux traités aux liants blancs d'autant plus important que la couche de surface est mince.

Elle doit être constituée de matériaux suffisamment durs pour résister à l'attrition et avoir un grand indice portant ou stabilité.

Les matériaux de qualité faisant de plus en plus défaut, les couches de base sont souvent en matériaux traités au ciment. Il est spécifié que le matériau présente d'abord un CBR supérieur à 60 et un CBR supérieur à 160 après traitement. Il est important de veiller à la répartition du ciment. En effet une forte concentration rigidifie la chaussée. Si elle possède une rigidité élevée, comme dans le cas de couches stabilisées, il se produit un effet de dalle et des contraintes de traction se développent à sa base. Par ailleurs, la compatibilité chimique du liant avec le matériau à traiter doit faire l'objet d'une étude sérieuse. Tous ces éléments font que les caractéristiques physiques et mécaniques exigées pour un matériau utilisé en couche de base sont sévères, comparées à celles d'une couche de fondation.

5. La couche de surface

La couche de surface est constituée :

- de la couche de roulement, qui est la couche supérieure de la chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat ;
- et le cas échéant d'une couche de liaison, entre les couches d'assise et la couche de roulement.

Dans le cas particulier des chaussées en béton de ciment, la dalle, qui repose sur une couche de fondation, joue simultanément le rôle de couche de surface et celui de couche de base.

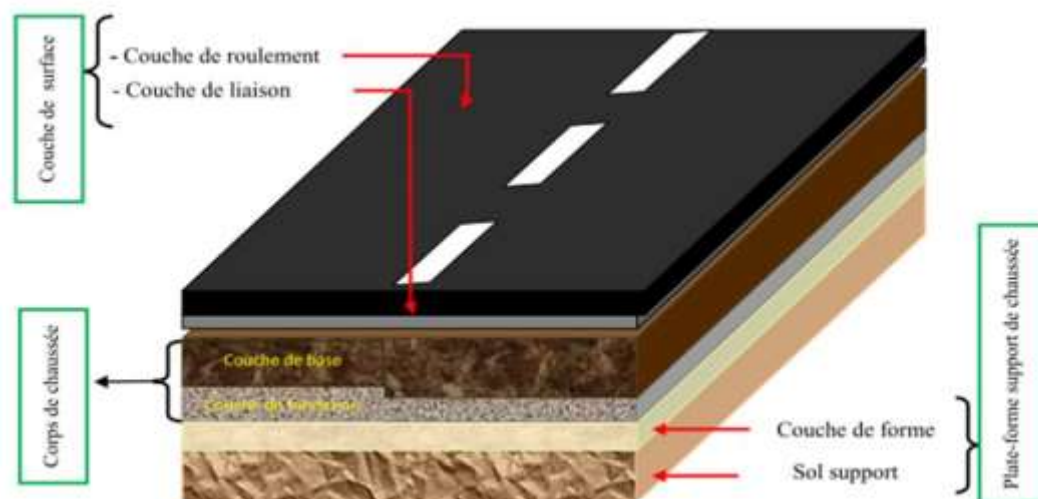


Figure 3: Schéma structural d'une chaussée revêtue (Fadoul, 2012)
[12]

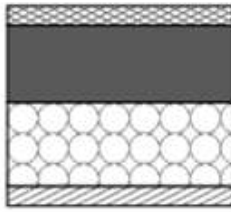
IV. LES DIFFERENTES STRUCTURES DE CHAUSSEE

Selon la formation des différentes couches et leur disposition dans la structure de la chaussée, on classe en plusieurs familles les structures de chaussées. Le Guide technique de conception et de dimensionnement des structures de chaussée du LCPC distingue les structures : souples, semi - rigides, rigides, inverses, mixtes, et bitumineuses épaisses.

1. Les chaussees souples

Cette structure est couverte par une couche de surface de faible épaisseur inférieure à 15 cm. Pour un trafic faible on peut faire un enduit superficiel ou du béton bitumineux. L'épaisseur globale de la chaussée fait environ 30 et 60 cm et la couche de surface repose sur plusieurs

couches de matériaux granulaires. Le dimensionnement de cette structure se base sur la limitation des déformations verticales du sol support. (Figure 4)



Chaussées souples:

1. Couche de surface de matériaux bitumineux
2. Matériaux bitumineux d'assise (< 15 cm)
3. Matériaux granulaires non traités (20 à 50 cm)
4. Plate-forme support

Figure 4: Structure type d'une chaussée souple (LCPC, 1994)
[4]

Ces chaussées ont une faible rigidité de la structure ce qui augmente sa sensibilité aux variations d'état hydrique des sols supports ce qui peut induire des affaissements de rive et des retraits hydrique en période sèche.

Ces chaussées ont une faible rigidité qui dépend de celle du sol support et de l'épaisseur. Les contraintes verticales élevées, engendrées par la répétition des charges, sont transmises au sol support avec une faible diffusion latérale entraînant des déformations plastiques du sol ou de l'assise qui se récupèrent en déformations permanentes à la surface. La couverture bitumineuse subit à sa base des efforts répétés de traction-flexion.

Ces déformations de type ornières croissent avec le trafic cumulé. Les efforts répétés de flexion dans la couverture bitumineuse entraînent des fissures isolées évoluant peu à peu vers un faïençage.

L'eau s'infiltrant facilement provoque des fissures, puis des nids de poule qui, laissés sans entretien, entraîneraient une destruction complète de la chaussée.

2. Les chaussées bitumineuses épaisses

Il s'agit d'une structure composée d'une couche de surface et d'une couche de base en matériaux bitumineux. La couche de fondation peut être en matériaux bitumineux ou en grave non traitée. L'épaisseur des couches d'assise est comprise entre 15 cm et 40 cm.

Les matériaux bitumineux reprennent les efforts verticaux induits par le trafic en traction-flexion ; ils permettent également une diffusion des contraintes verticales en les diminuant fortement jusqu'au sol support. Lorsque les couches sont collées, les contraintes de traction maximales se produisent à la base de la couche la plus profonde. Cependant, si les couches sont décollées, chacune travaille en traction à sa base et peut se rompre par fatigue. Lorsque la température s'élève et que le trafic s'intensifie, les couches de surfaces sont soumises à des déformations que l'on appelle l'orniérage par fluage.

L'infiltration des eaux pluviales accélère le processus de dégradation de la chaussée ainsi s'en suit l'augmentation des fissures d'où l'apparition des nids de poule.

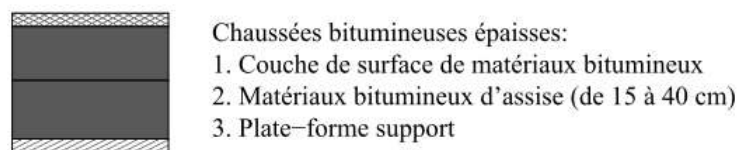


Figure 5: Chaussée bitumineuse épaisse (LCPC, 1994)
[4]

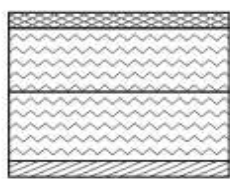
3. Les chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques ou semi-rigides

Elles sont constituées d'une couche de surface bitumineuse qui repose sur un corps traité aux liants hydrauliques (donc sujet à des contraintes de flexion-traction) disposés en une ou deux couches (base et fondation) dont l'épaisseur totale est de l'ordre de 20 à 50cm.

Lorsque les couches sont collées, la contrainte maximale de traction apparaît à la base de la couche de fondation. Sinon les couches travaillent toutes les deux en traction à leur base.

Les assises traitées aux liants hydrauliques sont sujettes aux phénomènes de retraits thermiques et de prise qui entraînent l'apparition de fissures qui, sans disposition constructive particulière, remontent à travers la couche de roulement et facilitent l'infiltration de l'eau à travers la chaussée ce qui a comme conséquence l'accroissement des contraintes à la base des matériaux liés et à la base du sol support.

Lorsque la surface de l'assise est mal protégée, la pénétration des eaux de surface peut entraîner des dégradations par attrition qui seront évoluées rapidement en flaches avec faïençage puis des nids de poule.



Chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques:

1. Couche de surface de matériaux bitumineux (6 à 14 cm)
2. Matériaux traités aux liants hydrauliques (20 à 50 cm)
3. Plate-forme support

Figure 6: Chaussée à assise traitée aux liants hydrauliques semi-rigides (LCPC, 1994) [4]

4. Les chaussées en béton de ciment

Ces structures comportent une couche de béton de ciment éventuellement recouverte d'une mince couche de roulement en matériaux bitumineux. La couche de béton repose soit sur une couche de fondation (qui peut être en matériaux traités aux liants hydrauliques, en béton de ciment, ou drainante non traitée), soit directement sur le sol support avec, dans ce cas, interposition fréquente d'une mince couche bitumineuse. La dalle de béton peut être continue avec un renforcement longitudinal ("béton armé continu"), ou discontinue avec ou sans éléments de liaison aux joints. Le béton dispose d'un module de rigidité très élevés, les efforts générés par le trafic sont essentiellement repris en flexion par la couche de béton. La transmission des contraintes de compression est très faible à la base du sol support. Pour maîtriser la fissuration du béton, des dispositions constructives doivent être adoptés lors de la mise en œuvre ou la mise en place d'une cage d'armature.

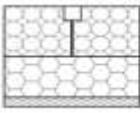
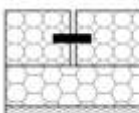
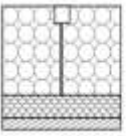
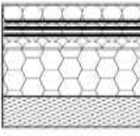
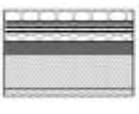
 <p>Dalles non goudonnées avec fondation::</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Béton de ciment (20 à 28 cm) 2. Béton maigre (12 à 18 cm) ou matériaux traités aux liants hydrauliques (15 à 20 cm) 3. Plate-forme support 	 <p>Dalles goudonnées avec fondation::</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Béton de ciment (17 à 23 cm) 2. Béton maigre (14 à 22 cm) 3. Plate-forme support
 <p>Dalles sans fondation::</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Béton de ciment (28 à 39 cm) 2. Couche drainante (matériaux granulaires ou géotextiles) 3. Plate-forme support 	 <p>Béton armé continu (1):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Béton de ciment (18 à 24 cm) 2. Béton maigre (12 à 14 cm) 3. Plate-forme support
 <p>Béton armé continu (2):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Béton de ciment (18 à 24 cm) 2. Matériaux bitumineux d'assise (5 cm) 3. Sable traité aux liants hydrauliques (50 à 60 cm) 4. Plate-forme support 	

Figure 7: Chaussée rigide (LCPC, 1994) [4]

5. Les chaussées à structures mixtes

Ces structures comportent une couche de roulement et une couche de base (épaisseur variant entre 10 et 20 cm) en matériaux bitumineux sur une couche de fondation (épaisseur variant entre 20 et 40 cm) traitée aux liants hydrauliques. Le rapport K de l'épaisseur de matériaux bitumineux à l'épaisseur totale de la chaussée est de l'ordre de 0,5. Il arrive aussi que les chaussées disposant de plusieurs couches d'enrobés reposant sur une assise traitée aux liants hydrauliques, soient considérées dans la famille des structures mixtes, du fait de l'importance de l'épaisseur du revêtement bitumineux (cas des chaussées renforcées).

Les couches bitumineuses ralentissent la remontée des fissures transversales et réduisent les contraintes de flexion à la base de la couche de fondation. La couche de base est peu sollicitée en traction du fait de l'adhérence avec la couche de fondation. Cette dernière est sollicitée en fatigue par traction.

Le matériau traité au liant hydraulique sont soumis par le phénomène de retraits thermique ce qui affecte directement la couche de surface par l'apparition de fissuration. La pénétration des eaux pluviales entraîne des dégradations sur la couche bitumineuse. De plus si l'épaisseur du matériau traité est très faible et que la portance du sol support est très mauvaise ; on a pu constater l'apparition de flaches à grand dimension entraînant le faïençage de la couche bitumineuse.

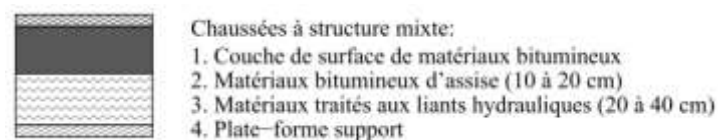


Figure 8: Chaussée à structure mixte (LCPC,1994)
[4]

6. Les chaussées à structures inverses

Elles sont formées de couches bitumineuses, d'une quinzaine de centimètres d'épaisseur totale, sur une couche en grave non traitée (d'environ 12cm) reposant elle-même sur une couche de fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques qui atténuent les contraintes au niveau du support. L'épaisseur totale atteint 60 à 80cm. La couche granulaire non traitée constitue un

écran contre la remontée des fissures de retrait thermique de la couche de fondation. Cependant, reposant sur un support rigide, elle subit des contraintes relativement élevées. Le grave concassé résiste à l'attrition avec un module intrinsèque élevé permettant de limiter la déformabilité de la couche bitumineuse.

Le passage répété d'un cycle peut entraîner un léger orniérage de la couche granulaire ce qui se répercute directement sur la couche de surface par des fissurations. La pénétration des eaux pluviales à travers ces fissures suite à un mauvais entretien peut accélérer le processus de dégradations de la chaussée.

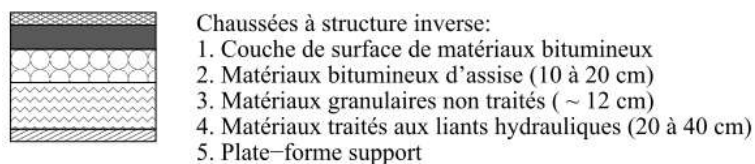


Figure 9: Chaussée à structure inverse (LCPC, 1994)
[4]

V. LES DIFFERENTES METHODES DE DIMENSIONNEMENT

1. Approches empiriques ou classiques

1.1 La METHODE du CBR (Californien Bearing Ratio)

Elle a été conçue par Porter (1938) qui trouva une relation entre le CBR d'un sol et l'épaisseur minimale pour la rupture d'une chaussée en phase plastique. Basée sur la résistance au poinçonnement du sol support et la transmission des charges selon le modèle de Boussinesq, elle utilise deux abaques (Voir annexe 19) donnant l'épaisseur des couches en fonction du CBR ; la formule de Peltier, créée à partir des travaux de Porter, peut aussi être utilisée et s'écrit de la manière suivante :

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{CBR + 5}$$

P : la charge par roue (en tonnes)

e: épaisseur (cm).

CBR: californian bearing ratio

1.2 La méthode basée sur les essais AASHO

C'est une approche qui permet d'observer le comportement sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales. Elle consiste à se fixer un critère pour déterminer la fin de la durée de vie de la chaussée et de définir en utilisant ce critère, la durée de vie des sections observées. Ces essais ont été réalisés de 1957 à 1961 sur 240 sections de chaussées souples, 271 sections de chaussées rigides et une cinquantaine de sections de chaussées souples avec couche de base stabilisée. Chacune de ces chaussées a reçu en moyenne un million de charges roulantes. Ces essais ont permis de préciser :

- ✓ Etat de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps
- ✓ Les équivalences entre les différentes couches de matériaux ;
- ✓ Les équivalences entre les différents types de charges par essieu
- ✓ L'influence de ces charges et de leur répétition sur le comportement des chaussées
- ✓ Les relations entre les déflexions en surface et la durée de vie de la chaussée.

1.3. La méthode TRRL

Elle dérive de la méthode **CBR** en tenant compte du fait que l'effet de répartition des charges sur l'épaisseur obéit à une logarithmique et du fait que l'effet des véhicules d'un poids inférieur à 3 tonnes est négligeable.

Pour tenir compte du trafic réel, les travaux du TRRL ont permis d'améliorer la formule qui s'écrit de la façon suivante :

$$e = \frac{100 + 150 \sqrt{P(75 + 50 \log(\frac{N}{10}))}}{CBR + 5}$$

P : la charge par roue (en tonnes),

e : épaisseur (cm),

N : est le nombre moyen de poids lourds de plus de 3,5 tonnes

Il est reconnu que cette méthode présente certains inconvénients, surdimensionnement ou sous-dimensionnement car l'épaisseur des couches est choisie par comparaison d'autres chaussées.

[9]

1.4. Approches théoriques ou rationnelle

- En amont la conception des structures ;
 - En aval le mode de présentation des résultats pour les rendre utilisables aux projecteurs, les méthodes de dimensionnement des chaussées ne sont en fait que des méthodes de vérification de structures de chaussées préalablement établies.
-
- ❖ Le modèle de Boussinesq (1885)
 - ❖ Modèle de Westergaard
 - ❖ Le modèle de Hog
 - ❖ Le modèle multicouche de (Burmister, Jeeuffroy et Bachelez)

A l'heure actuelle, il existe dans le domaine des multicouches, avant tout réservés aux chaussées souples, une série impressionnante de logiciels de calcul réputés plus performants les uns que les autres. Ces logiciels vont du simple outil de calcul des contraintes aux modèles que l'on pourrait qualifier de complets et qui permettent de déterminer les durées de vie présumées des chaussées en fonction de données relatives aux trafics, aux caractéristiques mécaniques des matériaux et aux conditions climatiques ; l'ensemble de ces données peut de plus être traité de manière probabiliste. Dans le domaine des chaussées rigides l'évolution s'est surtout manifestée à travers la méthode aux éléments finis, qui permet de bien prendre en compte l'influence des discontinuités au niveau des bords et des joints, et de déterminer les contraintes d'origine thermique. Un certain nombre de logiciels analytiques, d'usage en principe plus simple, ont également été développés. Les logiciels comme Alize III et IV du LCPC, Ecoroute, Bistro de Shell et CHEV de Chevron sont basés sur le modèle multicouche. Ce modèle a abouti pour la première fois à la production d'un jeu d'abaques par Jeeuffroy et Bachelez qui ont tenté de résoudre les problèmes d'une plaque reposant sur une massive bicouche de type Burmister. Il faut signaler aussi que ce modèle ne tient pas compte des effets de bord. Son utilisation nécessite donc l'évaluation de l'effet des charges en bord.

2. Les méthodes semi empiriques

Ce sont des méthodes basées sur des catalogues de structures de chaussée. Leur utilisation est pratique. Elles mettent à la disposition des ingénieurs des structures pré calculées et testées par l'expérience au niveau national. On peut citer entre autres :

- ❖ Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux réalisé en 1971 par le CEBTP et révisé en 1980 ;
- ❖ le manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic;
- ❖ le manuel pour la conception et le dimensionnement des chaussées neuves,
- ❖ catalogue de structures types LBTP Abidjan 1977 ;
- ❖ le catalogue des structures types de chaussées neuves;
- ❖ la Road note 29 du TIR de Londres (1962) en usage en Grande Bretagne;
- ❖ la Road note 31 du TTR de Londres (1966) destinée aux pays tropicaux ;
- ❖ le guide technique de conception et de dimensionnement des structures de chaussée du SETRA - LCPC de décembre 1994 ;
- ❖ le guide SATCCI développé en Afrique du Sud

3. Dimensionnement par la méthode du CEBTP

Ce dimensionnement nous permettra d'avoir une idée sur les épaisseurs que donnerait la méthode empirique du guide du CEBTP. En outre on aura un ordre de grandeur entre les épaisseurs données par le calcul rationnel et celles données par la méthode du CEBTP. Le guide de dimensionnement du CEBTP a été établi en 1972 par le Centre Expérimental du Bâtiment et de Travaux Publics (CEBTP). Ce guide a vu la participation de beaucoup d'ingénieurs des Laboratoires Nationaux des Travaux Publics en relation avec le CEBTP. Ce guide présente sous forme de tableau les épaisseurs des couches de chaussées, granulaires ou traitées en fonction du trafic et du CBR du sol de plateforme. Pour l'utiliser on doit disposer du CBR du sol de plateforme qui reçoit la route selon la classification du CEBTP et de la classe de trafic sur le tronçon recevant la route.

On pourra ainsi à partir du guide et des matériaux disponibles choisir les épaisseurs des couches de chaussée de la structure qui conviendraient.

Tableau II: Classe de trafic et de plates formes (CEBTP,1983)

CLASSE DE TRAFIC	N équivalent PL CEBTP	Trafic équivalent Véh / j	Classe de plate-forme CEBTP	
T ₀				
T ₁	< 5 10 ⁵	< 300	5 < CBR < 10	S ₁
T ₂	de 5 10 ⁵ à 1.5 10 ⁶	de 300 à 1000	10 < CBR < 15	S ₂
T ₃	de 1.5 10 ⁶ à 4 10 ⁶	de 1000 à 3000	15 < CBR < 30	S ₃
T ₄	de 4 10 ⁶ à 10 ⁷	de 3000 à 6000	30 < CBR < 80	S ₄
T ₅	de 10 ⁷ à 2 10 ⁷	de 6000 à 12000	CBR < 80	S ₅

[1]

La maîtrise des paramètres de base (trafic, matériau, sol et climat) est un problème fondamental pour le dimensionnement des structures de chaussée. Cependant, les principales méthodes utilisées peuvent présenter des résultats assez différents d'un pays à l'autre ou d'une région à l'autre. Néanmoins, l'évidence est que la part de l'empirisme dans toute méthode de calcul est importante. La méthode à choisir est avant tout celle qui a fait ces preuves ou celle qui est en usage dans le pays où se réalise le projet. Dans le cas de notre projet, l'option est l'utilisation des catalogues de structures de chaussées en association avec les résultats de l'étude géotechnique.

Les différentes classes de trafic

Selon l'importance du trafic poids lourds moyen journalier, on définit plusieurs classes de trafic:

Tableau III: Trafic poids lourds moyen journalier

Classes	Trafic PL/j
t₆	0-10
t₅	10-25
t₄	25-50
t₃⁻	50-100
t₃⁺	100-150
t₂	150-300
t₁	300-750
t₀	750-2000

Ces classes de trafic définissent deux grandes catégories de routes à savoir :

- les voiries à faible trafic regroupant toutes les classes de t_6 à t_3^- ;
- les voiries à moyen et fort trafics regroupant toutes les classes de t_3^+ à t_0 .

Conclusion

Choisir un modèle, c'est donc choisir une loi de comportement. Le choix du modèle doit satisfaire deux exigences contradictoires. Il doit être suffisamment élaboré pour traduire le plus fidèlement possible la rhéologie de la chaussée. Mais en même temps suffisamment simple pour que son traitement mathématique et numérique puisse être abordable. Après le choix d'un modèle de comportement, il faut déterminer les paramètres mécaniques à introduire dans les calculs. Ces paramètres concernent les matériaux constituant le corps de chaussée et sont déterminés par des essais en laboratoire.

En définitive il n'y a pas de dimensionnement des chaussées, dans la mesure où les méthodes empiriques ne peuvent prendre en compte bien que précises toutes les variables dans leur vraie grandeur. Tandis que les méthodes rationnelles ont l'avantage d'être plus réalistes. C'est ainsi qu'il faut avec l'expérience, associer surtout aux conditions climatiques des moyens financiers suffisants pour faire un bon dimensionnement.

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DU PROJET

Le gouvernement du BENIN, dans le cadre de sa stratégie de développement des infrastructures routières, a mis l'accent sur le renforcement et l'amélioration des infrastructures existantes. C'est ainsi qu'a été initié en 2011 les travaux d'aménagement et de bitumage de la route des Pêches (43 km) et des bretelles d'accès à la RNIE1 (10 km). Le présent projet permet la liaison entre Cotonou et Ouidah.

Des études géotechniques ont été entreprises sur ladite route.

L'emprise de la route se compose des zones suivantes :

- La zone côtière constituée d'une plage de sable moyen ; la présence de succession de cocoteraies domine l'aspect du couvert végétal et il y a des zones de plantations endogènes (cactées, herbe de pâturage, ...)
- La zone lagunaire où s'alternent les sols fermes, les sols inondables et les sols inondés en permanence.

Par ailleurs, la route principale repose en majeure partie sur une plateforme sableuse traversant quelque fois des cactus.



Photo 1 : Paysage cactée

[11]

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

Notre stage s'est déroulé au sein du groupement G.I.C MALI et Le Héros-GC et plus précisément sur le chantier des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des Pêches phase 1 : COTONOU

1. Fiche Synoptique du Groupe

La présente fiche nous présente toutes les informations sur notre structure d'accueil.

- ✓ Dénomination : Groupement GIC MALI et Le Héros-GC
- ✓ Siègè : Fidjrossè Centre, lot 1701 Parcelle " i "
- ✓ Adresse : 01 BP 4970 Cotonou
- ✓ Tél/Fax : (223) 20 21 80 91/ (00229) 97 60 31 23
- ✓ E-mail : direction@gic-mali.net /leherosgc@gmail.com
- ✓ Mandataire : Odilon GBAGUIDI
- ✓ Chef de mission : Mr MAMA Idrissou

2. Organisation et Fonctionnement

A. Réalisations

Parmi les quelques œuvres du groupement G.I.C MALI et Le Héros-GC, on peut citer :

- ✓ Travaux de Réhabilitation du carrefour de DASSA, Aménagement des voies Connexes et du Parking gros porteur de DASSA.
- ✓ Travaux d'aménagements et bitumage de la route RNIE2-OUIDAH-TORI (16.5 km).

B. Domaines d'intervention et prestations de services

B.1. Domaines d'interventions

Le groupement GIC MALI et Le Héros-GC intervient dans les domaines suivants :

- ✓ Etudes générales : enquêtes, études économiques, faisabilité, planification, tarification...
- ✓ Etudes techniques préliminaires et détaillées avec élaboration des plans d'exécution des routes et ouvrages d'art, de la topographie, de la mécanique des sols, des fondations spéciales, et l'étude du trafic.

-
-
- ✓ Assistance et conseils : élaboration des termes de références, contrats, évaluation des offres, gestions des projets, surveillance et contrôle technique, assistance technique, coordination, post-évaluation, expertise...

B.2. Prestations de services

Le groupement GIC MALI et Le Héros-GC intervient pour assurer les missions d'ingénierie et d'expertise dans l'ensemble des domaines du Génie Civil (routes et ouvrages d'art, infrastructures de transports, infrastructures socio communautaires).

Dans le cadre du projet d'Aménagement et de Bitumage de la route des Pêches et de ses bretelles d'accès, Phase 1 : Tronçon Cotonou-Adouanko, la Mission de Contrôle qu'assume le groupement a les prérogatives de la Maîtrise d'œuvre délégué et rend compte au Maître d'ouvrage qu'est la Direction Générale des Travaux Publics. Ces activités portent essentiellement sur :

- Les études et approbation des dossiers d'exécution
- Le contrôle des travaux topographiques
- Le contrôle des travaux géotechniques

Concernant les travaux topographiques, la Mission de Contrôle mène ses activités autour des points suivants :

- Contrôle altimétrique et planimétrique du TN
- Vérification et avis sur la ligne rouge conformément au CCTP
- Contrôle des volumes et mouvement des terres pour le terrassement
- Contrôle de la polygonation
- Implantation et suivi des axes :
 - De la route (arase plate-forme, fondation, base chaussée)
 - Ouvrages hydrauliques (caniveaux, dalot)
 - Fossés divergents
- Contrôle suivi et réalisation des :
 - Couches de la chaussée
 - Ouvrages hydrauliques

Pour atteindre les objectifs sus cités, le Chef de mission est assisté d'un personnel dynamique et compétent doté d'un organigramme de chantier bien structuré qui se présente comme suit :

C. Organigramme de la mission de contrôle sur le projet

Pour atteindre les objectifs sus cités, le Chef de mission est assisté d'un personnel dynamique et compétent doté d'un organigramme de chantier bien structuré qui se présente comme suit :



Véfication de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à Cotonou au Bénin : Phase 1

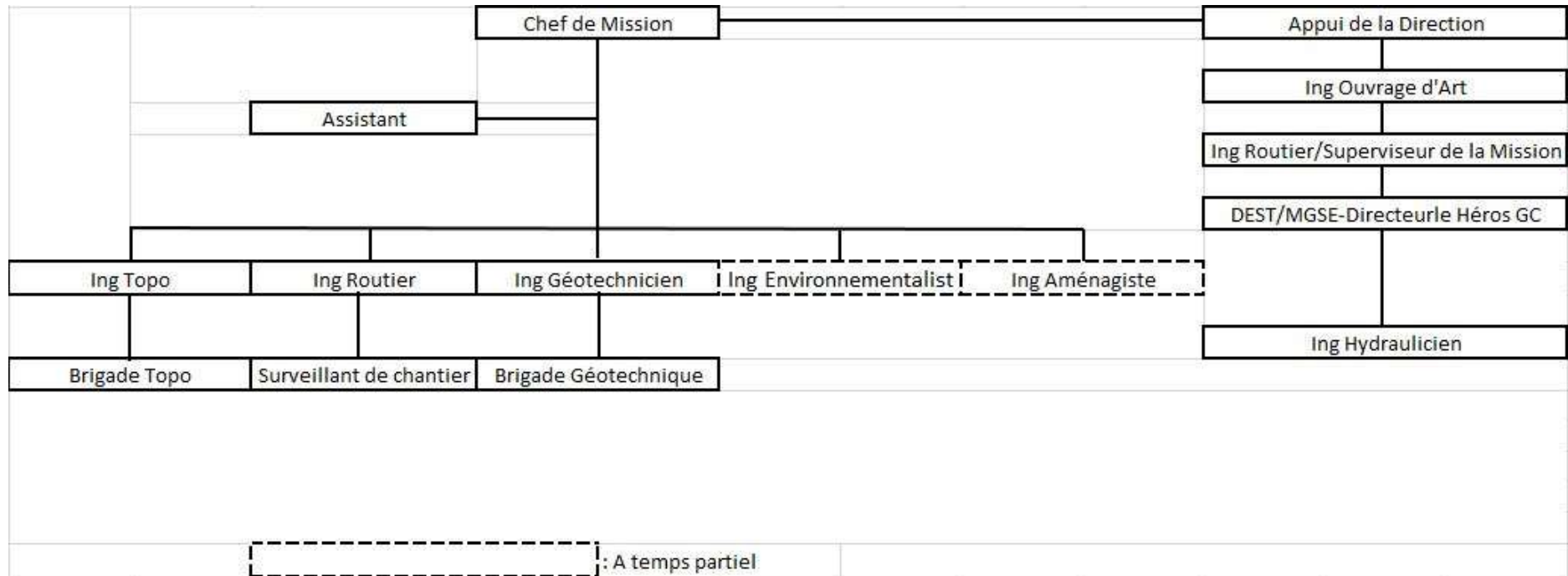


Figure 10: Organigramme de la Mission de Contrôle
[10]

II. SITUATION GEOLOGIQUE

Du point de vue géologique (carte géologique 1/200 000 feuilles Pira-Savè ; Abomey-Zagnanado ; Lokossa-Porto Novo), la zone du projet fait partie de la plaine côtière du Sud Bénin qui s'étend sur 125 km de longueur pour 4 à 10 km de largeur et dont l'altitude reste inférieure à 10 m. Cette plaine est formée de plusieurs cordons littoraux séparés par des dépressions marécageuses et des lagunes. Les formations géologiques qui caractérisent la zone du projet se présentent comme ci-après :

Route principale

De l'origine à la fin du projet, le tracé de la route est entièrement resté dans les formations du cordon littoral actuel (QL) d'âge Quaternaire. Lithologiquement, ces formations sont constituées par des sables quartzeux dont l'épaisseur dépasse 150 m.

Les sols de la plaine côtière du Bénin sont des sols bruts et peu évolués dont les conditions de sédimentation sont caractérisées par les variations relatives du niveau marin notamment au cours de :

- L'élévation du niveau de la mer pendant la phase transgressive de l'Inchirien qui a abouti au développement d'une côte à falaise entaillée dans le Continental Terminal,
- La chute du niveau marin successive à l'acmé glaciaire (régression de l'Ogolien) qui a donné lieu à la formation d'une côte d'émersion pendant laquelle les cours d'eau ont incisé des vallées pénétrant profondément dans le continent,
- La remontée de la mer (transgression du Nouakchottien) qui a donné lieu à une côte de submersion située plus au large de la côte actuelle qui a été le siège du développement d'un système de dépôt de type île barrière,
- La continuation de l'évènement transgressif qui a déplacé de plus en plus la ligne des cordons littoraux vers la terre,
- La diminution légère ou la constance du niveau marin qui a marqué le début de la propagation de l'ancienne ligne de côte vers sa position actuelle.

A présent, la côte béninoise est soumise à une phase érosive due probablement à la diminution de débit solide provoquée par l'édification d'ouvrages importants qui immobilisent les sédiments.

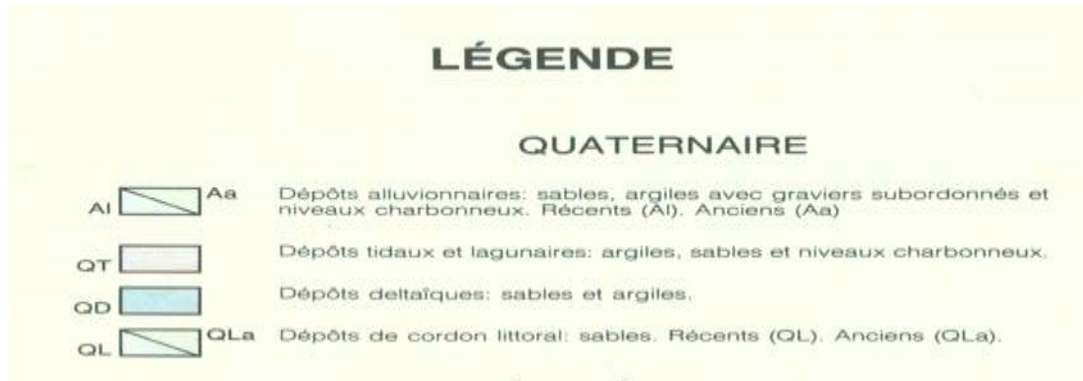


Figure 11: Extrait de la carte géologique couvrant la zone du projet(DGTP)
[6]

La zone d'étude du projet est représentée à l'annexe 29.

III. OBJECTIFS DU PROJET

1. Objectifs globale du projet

L'objectif global du projet est d'améliorer le cadre de l'aménagement du littoral du Bénin qui est riche en potentialité touristiques en vue de créer un cadre d'opportunités pour les investissements privés et la croissance économique. Il participe en outre de la mise en place des infrastructures de base de viabilisation de cet espace.

L'objectif général visé à travers ce travail est de redimensionner la structure de chaussée de la route des pêches et de ses bretelles.

1.1.Objectifs sectoriel du projet

L'objectif sectoriel de ce projet est de permettre l'accès d'un grand nombre de touristes et hommes d'affaires dans la localité et ses environs. Ce qui favorisera la stimulation des activités économiques, le développement du commerce intra africain ou européen en facilitant la libre circulation des personnes et des biens, et le bien-être des populations.

1.2.Objectifs spécifique du projet

L'objectif spécifique du projet est d'améliorer et d'uniformiser le niveau de service, de désenclaver la région, de participer au développement socio-économique des zones que traverse le projet et de faire bénéficier de ces bienfaits aux zones riveraines et environnantes. Cela permettra aussi de faciliter l'exportation des productions piscicoles, de diversifier les sources d'approvisionnement par l'accroissement des flux de marchandises en provenance de ces zones, de rapprocher l'Administration centrale des structures décentralisées.

Le projet est situé dans la région sud du pays et plus particulièrement dans les départements de l'Atlantique et du littoral.

▪ Approche méthodologique

L'étude de la route a été structurée de la façon suivante :

- Recherche bibliographique
- Reconnaissance des sols supports de la chaussée comprenant :

-
- * L'exécution de puits manuels.
 - * Des prélèvements d'échantillons représentatifs suivis de l'exécution d'essais de laboratoire en vue de déterminer les caractéristiques géotechniques des matériaux.
 - Prospection de matériaux aptes à constituer le corps de chaussée et recherche de granulats pour le revêtement du corps de chaussée.
 - Dimensionnement de la chaussée : nature et épaisseur des différentes couches
 - **Programme Géotechnique exécuté**

Le programme d'études géotechniques a été défini après analyse des informations contenues dans les documents de référence. Le programme adopté a porté sur :

- **Plateforme**

Il s'agit de déterminer les caractéristiques du «sol de plateforme » constituant le support de la chaussée par le prélèvement des matériaux constitutifs pour les essais en laboratoire. En résumé le nombre de sondages réalisés, le nombre d'échantillons prélevés, ainsi que le nombre d'essais en laboratoire prévus se présentent comme suit :

- Un sondage à tous les km en moyenne ;
- Un prélèvement tous les deux sondages ;
- Trente un (31) prélèvements d'échantillons ;
- Trente un (31) essais granulométriques par voie humide ;
- Trente un (31) essais de détermination des limites d'Atterberg ;
- Trente un (31) essais Proctor Modifiés ;
- Trente un (31) essais CBR à 3 énergies.

- **Les prospections**

Elles concernent notamment la recherche :

- a) De matériaux à utiliser comme assise de chaussées.
- b) De carrières pour la confection (concassage) de granulats pour le revêtement.

IV. DIMENSIONNEMENT DES STRUCTURES DE CHAUSSÉES

1. Méthode CEBTP de dimensionnement des chaussées neuves

L'étude du dimensionnement par la méthode CEBTP est basée sur l'exploitation du « Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux » édité par le Ministère Français de la coopération et réalisé par le CEBTP en collaboration avec des laboratoires nationaux. Trois principaux paramètres sont considérés pour les chaussées revêtues :

- La portance des sols supports de plate-forme,
- La classe de trafic,
- La nature des matériaux de chaussée.

2. Méthode rationnelle : Principe de modélisation de la structure de chaussée

La modélisation de la chaussée pour les calculs mécaniques selon la démarche du dimensionnement rationnel s'appuie sur la représentation de la structure par un massif multicouche à comportement élastique, isotrope et linéaire.

Les différentes couches de matériau constituant la structure possèdent une épaisseur constante, et leur extension dans le plan horizontal XOY est infinie. De plus, l'extension selon la direction verticale ZZ de la couche inférieure du massif multicouche, représentant en général le substratum ou le sol support, est supposée infinie. La description du fonctionnement mécanique des différentes couches constituant la chaussée se ramène finalement aux paramètres suivants :

- L'épaisseur H ;
- Le module d'Young E du matériau ;
- Le coefficient de Poisson ν du matériau ;
- Les conditions d'interface au sommet et à la base de la couche, caractérisant le type de contact avec les couches adjacentes supérieure et inférieure.

Le principe du calcul consiste en priorité à modéliser les structures de manière à évaluer les contraintes ou les déplacements provoqués par une charge unitaire. On recherche ensuite la contrainte maximale susceptible d'engendrer la rupture de la structure et on la compare à la limite admissible du matériau considéré pour le trafic souhaité.



2.1. Vérification du dimensionnement par le logiciel alize

La méthode ALIZE III consiste à calculer les contraintes et les allongements dans les matériaux de chaussée et à les comparer aux contraintes et aux allongements admissibles de ces mêmes matériaux pour un trafic donné. Le logiciel ALIZE nous permettra de vérifier et de réajuster au besoin les structures proposées par le catalogue CEBTP- LCPC.

2.2. Documents utilisés

Les documents suivants ont servi à l'étude :

- Termes de références
- « Guide Pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux » du Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics (CEBTP) édition 1980.
- « Conception et Dimensionnement des Structures de Chaussées. Guide Technique » LCPC-SETRA
- Manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux CEBTP-LCPC.
- Manuel sur les routes dans les zones tropicales et désertiques.

CHAPITRE 3 : ETUDE DES MATERIAUX

I. INTRODUCTION

Cette partie de notre travail va nous permettre de faire l'analyse des conditions d'acceptabilité et d'accessibilité des matériaux à utiliser pour l'exécution de la chaussée. Pour que les structures proposées aient un comportement satisfaisant, il faut que les matériaux constituant les diverses couches aient des caractéristiques répondant à certaines exigences minimales de qualité et que les conditions d'exécution de la chaussée aient été conformes aux règles d'art.

L'un des principaux objectifs poursuivis était celui de pouvoir s'assurer qu'il sera possible de trouver les matériaux nécessaires en quantité suffisante et de bonne qualité pour la mise en œuvre de différentes couches de la chaussée.

II. LES MATERIAUX DE PLATEFORME

Il est indispensable de disposer d'une bonne assise pour que le corps de chaussée soit mis en place dans des conditions satisfaisantes et pour qu'il conserve dans le temps une indéformabilité suffisante. Les sols de plate-forme, qui n'ont pas de bonnes caractéristiques géotechniques sont à éviter. Il faut donc les améliorer ou les substituer.

Les sols de plate-forme doivent être capables de supporter les charges transmises le long de la structure de chaussée. C'est pour cela qu'on cherche à comprendre le comportement et l'évolution des structures de chaussées et analyser les risques de déformation et de rupture par fatigue et la durabilité du matériau.

La qualité des matériaux selon ses caractéristiques (physiques, mécanique, géométriques) sera recherchée partir des essais de laboratoire.

- **Essai d'identification :**

✓ **Analyse granulométrique :**

Les résultats de l'analyse granulométriques sont donnés sous la forme de courbes dites courbe granulométrique et construite sur un graphique. Cette analyse se fait par un tamisage pour les

éléments supérieurs **80 μ m** soit par sédimentation pour les fines (inférieur **80 μ m**). L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs de différentes familles de grains constituant un échantillon. Elle s'applique à tous les granulats de dimension nominale inférieure ou égale 63 mm,

L'exclusion des fillers.

Principe de l'essai :

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, emboîtées les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont croissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieur des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis.

On considère que le tamisage est terminé lorsque le refus ne varie pas plus de **1%** entre deux séquences de vibration de la tamiseuse. On trace la courbe granulométrique sur un graphique comportant en ordonnée le pourcentage des abscisses selon une graduation logarithmique. Le poids des tamisât successifs permet de déterminer les pourcentages du tamisât de chacun des tamis utilisés.

Classification des granulats :

Un granulat est caractérisé du point de vue granulaire par sa classe **d/D**. Lorsque **d** est inférieur 2 mm, le granulat est désigné par **0/D**. Le tableau ci-dessous nous donne les différents types de granulats en fonction de leur diamètre.

Tableau IV: Classification des sols en fonction des diamètres des grains (LCPC 1994)

$2 \mu\text{m} \leq d \leq 20 \mu\text{m}$	Limon
$20 \mu\text{m} \leq d \leq 200 \mu\text{m}$	Sable fin
$0,2 \text{ mm} \leq d \leq 2 \text{ mm}$	Sable Grossier
$2 \text{ mm} \leq d \leq 20 \text{ mm}$	Gravier
$20 \text{ m} \leq d \leq 50 \text{ mm}$	Cailloux
$d \leq 50 \text{ mm}$	Blocs

[9]

✓ **Equivalent de sable :**

L'essai équivalent du sable consiste à séparer le sable des matières argileuses ou fines qui remontent par floculation à la partie supérieure de l'éprouvette ou l'on a effectué le lavage.

$$ES = \frac{H_2}{H_1} * 100$$

H_2 = hauteur sable propre + éléments fins

H_1 = hauteur sable propre

$ES \leq 65 \Rightarrow$ sable argileux.

$65 < ES \leq 75 \Rightarrow$ sable légèrement argileux

$75 < ES \leq 85 \Rightarrow$ sable propre à faible pourcentage de fines.

$ES > 85 \Rightarrow$ sable très propre.

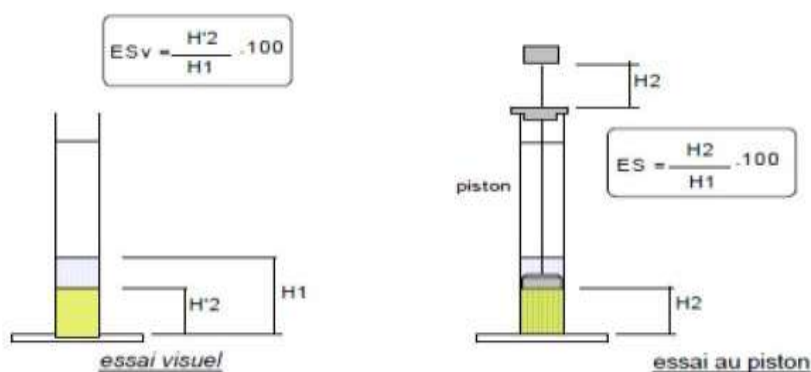


Figure 14 : Mesure et calcul de, H_1 , H_2 , H'_2 pour l'équivalence de sable [9]

- **Essais mécaniques :**

✓ **Essai proctor :**

L'essai consiste à mesurer le poids volumique sec d'un sol disposé en trois couches dans une moule de volume connu. Chaque couche étant compacté avec la dame proctor, l'essai est répété plusieurs fois et on varie chaque fois la teneur en eau de l'échantillon et on fixe l'énergie.

Le but de l'essai consiste étudier le comportement d'un sol sous l'influence du compactage (réduction de son volume par réduction des vides d'air) et une teneur en eau c'est dire la

détermination de la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale pour un compactage bien défini.

L'optimum proctor : est la teneur en eau pour laquelle le sol atteint, pour une énergie de compactage donnée un γ_d maximal.

On définit ainsi plusieurs points d'une courbe (γ_d ; **W**) ; on trace cette courbe qui représente un maximum dont l'abscisse est la teneur optimale et l'ordonnée la densité sèche optimale.

Pour ces essais on peut utiliser, selon la finesse des grains du sol, deux types de moule :

- **Moule proctor** : est utilisé pour les sols matériaux fins ($D < 5$ mm)
- **Moule CBR** : utilisé pour les matériaux de dimensions comprises entre $5 < D < 20$ mm

On peut aussi noter que si $D > 20$ mm, tamiser 20 mm et peser le refus R.

- Si $R \leq 25\%$ l'essai se fait dans le moule **CBR** mais y remettre le refus
- Si $R > 25\%$ l'essai proctor ne peut se faire.

✓ **Essai CBR** :

On s'intéresse actuellement au "**CBR** immédiat"

Le but de l'essai c'est déterminer pour un compactage d'intensité donnée la teneur en eau optimum correspondant, il permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement. Il s'agit en effet de comparer la portance du sol que l'on est en train de tester à la portance d'un sol standard de l'état de Californie aux **USA**. Il est obtenu en mesurant les forces appliquer sur un poinçon cylindrique de section 19.35 cm pour le faire pénétrer dans un échantillon de sol à la vitesse constante de 1.27 mm/min dans une éprouvette de matériau.

La valeur la plus fréquente est celle du **CBR** immergé 4 Jours à 95% densité sèche **OPM** et teneur en eau **OPM**. D'autres modalités d'essais seront à retenir en fonction de la région climatique du projet.

Les résultats des essais sur la plateforme sont résumés dans le tableau V. Ils ont permis de mettre en évidence les caractéristiques ci-après : **Voir annexe 25**

L'analyse du tableau V montre que la plateforme est essentiellement constituée de sables mal gradués classés A3. Ce sont des sables sans cohésion (IP non mesurable) de granularité 0/1,25 au plus, propre à très propre (ES > 80%) renfermant très peu de fines (moins de 5% de fines). Leur module de finesse variant entre 1,8 et 2,3 montre qu'il s'agit des sables à grains majoritairement fins.

Leur portance (CBR à 95% et après 96 h d'imbibition) varie de **9 à 23** avec comme valeur moyenne **13** ce qui confère globalement à la chaussée une portance de classe S3.

Ce sont donc des sables peu portants et sans cohésion : par conséquent, avant de poser une structure de chaussée sur ces matériaux, il serait judicieux d'interposer une couche de forme.

1. Carrière de graveleux latéritique

Les carrières de graveleux latéritiques ne se trouvent pas dans les environs du projet ; les rares qu'on y trouve ne sont pas de très bonne qualité. Les graveleux latéritiques de bonne qualité se rencontrent à des distances importantes (plus de 100 km) et particulièrement dans le plateau de Kétou à environ 110 km du début du projet.

Le matériau est suffisamment disponible dans cette région. La zone de gisement de ces matériaux s'étend au-delà du triangle défini par les villages de Odomèta, Oguélé et Towé. Deux carrières ont été identifiées à Odomèta ; la puissance moyenne de ces matériaux est 0,65 m. Des prélèvements de matériaux effectués ont permis d'avoir les caractéristiques ci-après : ***Voir annexe 27***

Ces résultats montrent que les matériaux trouvés dans la zone peuvent être utilisés crus comme matériaux de la couche de fondation. Après amélioration au ciment ils serviront valablement comme matériaux de couche de base.

2. Carrières de sable silteux

Le sable silteux est le matériau le plus disponible dans les environs du projet plus précisément dans la zone de Ouidah. Des gisements de sable silteux sont exploités dans la zone après une découverte d'environ 20 cm. La puissance du matériau utile dépasse généralement 2 m.



Un prélèvement a été fait dans une carrière à Awicodji situé sur un domaine de plus de 100 ha. Le site est situé à environ 1,45 km de la route Inter-Etat Godomey-Ouidah. Une piste y mène par la gauche tout juste après le poste de péage d'Awicodji en quittant Godomey vers Ouidah.

Les essais effectués sur cet échantillon ont donné les résultats ci-après : (Voir annexe 26)

Le sable silteux peut également provenir du site très connu de DJREGBE en environ 30 km du début du projet.

3. Carrières de roches massives

Les matériaux rocheux que l'on pourrait exploiter sont les roches gneissiques en majorité de DAN. Ce gisement très bien connu se situe à en moyenne une centaine de kilomètres du projet.

Conclusion

A l'issu de ce chapitre, on se retrouve avec un éventail caractéristique physique et mécanique des matériaux routiers réaffectant toutes les mesures et particularités à tenir compte lors du dimensionnement, qui seront la base des justifications des chapitres suivants.



Véfication de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à Cotonou au Bénin : Phase 1

**DEUXIEME PARTIE : ETUDES DU
DIMENSIONNEMENT POUR LA VERIFICATION DE
LA STRUCTURE DE CHAUSSEES**

CHAPITRE 4 : DIMENSIONNEMENT SELON LA METHODE DU CEBTP

I. INTRODUCTION

L'étude du dimensionnement a été faite par la méthode CEBTP et basée sur l'exploitation du guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux édité par le Ministère français de la coopération et réalisé par le CEBTP en collaboration avec des laboratoires nationaux. Trois principaux paramètres sont à prendre en compte :

- la portance du sol support de plate-forme ;
- la classe du trafic ;
- la nature des matériaux de chaussée.

II. TRAFIC CUMULE

L'étude du trafic qui nous permet d'extraire les données du trafic cumulé en nombre d'essieux standard est résumée dans le tableau VII ci-dessous : (Voir annexe 28)

Le trafic total cumulé en matière d'essieux de poids lourd se calcule avec la formule suivante :

$$TC = 365 * TMJA * \left[d + \frac{t * d * (d - 1)}{2} \right]$$

Avec t : taux de croissance linéaire

d : durée de vie

$$TMJA = N * CAM * r$$

N : Nombre de poids lourd

CAM : Coefficient d'agressivité moyen

r : coefficient de répartition

[15]

Nous obtenons donc un trafic cumulé total, en matière d'essieux de poids lourds, de **398 759** essieux sur la période de 2015 à 2034, par sens de circulation. Ce qui se situe dans la classe T1 ($T \leq 500\ 000$ essieux) dans la classification CEBTP.

III. PORTANCE DE LA PLATE-FORME

La portance de la plateforme se présente en moyenne comme suit :

	Route principale
CBR moyen admis	13
Classe de portance	S3

IV. STRUCTURE DE CHAUSSEE SELON LA METHODE CEBTP

Pour la route principale, selon le Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées en Pays Tropicaux pour une classe de trafic T1 et celle de portance S3 nous avons les structures de chaussée ci-après :

Tableau V: Résultat du dimensionnement

	Variante1 (structure souple)	Variante 2 (structure semi rigide)
Revêtement	5 cm d'enrobé	5 cm d'enrobé
Couche de base	15 cm de concassé	15 cm de Sable silteux amélioré au ciment
Couche de fondation	25 cm de Sable silteux (CBR \geq 30)	20 cm de Sable silteux (CBR \geq 30)
Sol support	Sable (CBR $>$ 20)	Sable (CBR $>$ 20)

Les épaisseurs de la couche de forme seront ajustées afin de ramener la ligne rouge en moyenne à 85 cm.

Le dimensionnement proposé sera vérifié à l'aide du programme ALIZE du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées dont le principe est rappelé plus haut.



CHAPITRE 5 : DIMENSIONNEMENT SELON LA METHODE ALIZE III

Introduction

La méthode par le logiciel Alizé met en œuvre la méthode rationnelle de dimensionnement mécanique des structures de chaussées, développé par le LCPC et SETRA.

La première vocation de la méthode rationnelle est d'encadrer les opérations de dimensionnement des chaussées neuves routières et autoroutières, pour toutes les classes de trafic. Dans ce contexte d'application, la démarche du dimensionnement, l'ensemble de ces hypothèses et les outils à mettre en œuvre sont totalement explicités.

Dans tous les cas, le logiciel Alizé facilite la réalisation pratique des calculs numériques nécessaires au dimensionnement des structures de chaussée.

I. HYPOTHESES DU DIMENSIONNEMENT

1. Données du chargement

Les données du chargement standard sont considérées :

- Essieu à roues jumelées supportant une charge de 130 kN
- Pression verticale de 0,6620 MPa
- Rayon de contact de 0,125m
- Entraxe jumelage de 0,375m

2. Module de Young et Coefficient de Poisson

A défaut de pouvoir mesurer les paramètres d'entrée que sont le module de Young E et le coefficient de Poisson ν , les valeurs suivantes ont été utilisées dans les cas suivants :

- Pour le module de Young E (MPa), pour les matériaux bitumineux, $E = 1300\text{MPa}$; pour les matériaux traités au liant $E = 3000\text{MPa}$ et pour les matériaux non traité et sol, $E = 100\text{MPa}$
- Pour le coefficient de Poisson $\nu = 0,35$ pour les matériaux granulaires et $0,25$ pour les matériaux traités au liant hydraulique.

3. Durée de vie

La durée de vie considérée pour l'étude est de **20 ans**.

4. Trafic cumulé NESE

D'après le rapport de l'étude de trafic, pour une **durée de service de 20 ans**, le trafic cumulé en matière d'essieux de poids lourds est un total de **398 759** essieux sur la période de 2015 à 2034, par sens de circulation. Ce qui se situe dans la classe T1 ($T \leq 500\ 000$ essieux) dans la classification CEBTP.

Pour le dimensionnement, nous adopterons, pour des mesures de sécurité, la borne supérieure de cette classe de trafic soit **T = 500 000** essieux dans les calculs de dimensionnement à base du logiciel ALIZE.

5. Température équivalente

Les températures enregistrées dans la ville de Cotonou sont les suivantes :

Tableau VI: Variation mensuelle de la température à Cotonou

Ville	Jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Cotonou	27,6	28,6	28,9	28,6	27,9	26,7	25,9	25,6	26,1	27,1	28,2	27,8

Ces températures ci-dessus mentionnées sont exprimées en degrés Celsius et représentent les moyennes mensuelles observées sur plusieurs années. La moyenne annuelle est de 27,41. Ces informations nous amènent à adopter une **température équivalente de 30°C**.

6. Le risque

Pour un trafic cumulé de 500 000 (T1), on considérera un risque de 5% pour les matériaux bitumineux et pour les matériaux traités au liant hydraulique dans le cas des structures usuelles.

7. Conditions de réalisation

Pour les structures proposées, les interfaces sont toutes collées.

8. Critères de rupture

Les critères de rupture suivants sont à considérer :

- La déformation verticale (ϵ_z) à la surface des matériaux non traités ;
- la contrainte horizontale (σ_t) à la base des matériaux traités au liant hydraulique
- L'allongement (ϵ_t) à la base des couches bitumineuses ;

9. Epaisseurs minimales et maximales de mise en œuvre

Elles se présentent comme suit :

Tableau VII: Epaisseurs minimales et maximales de mise en œuvre des différentes couches

	Epaisseurs minimales (cm)	Epaisseurs maximales (cm)
Grave Bitume	10	15
Grave Ciment	20	-
Graveleux latéritique amélioré au ciment	20	-
Sable silteux au ciment	20	-
Concassé 0/20	15	-

10. Considérations spécifiques au projet

La plate-forme de la zone du projet étant en général constituée de sable peu portant et sans cohésion, nous avons énoncé plus haut que l'interposition d'une couche de forme serait judicieuse entre la chaussée et la plate-forme.

De plus, la zone du projet étant une zone essentiellement plate, dans le but de mettre la structure de chaussée hors d'eau, un remblai systématique permettant de ramener la ligne rouge à une moyenne de 80cm du terrain naturel est envisagée.

Le matériau qui servira à ce remblai pourra être du sable silteux (matériau suffisamment disponible dans la zone du projet) d'un CBR au moins égale à 20.

Le tableau ci-dessous (voir annexe 30) présente les différentes caractéristiques des matériaux à prendre en compte lors de l'utilisation du logiciel Alizé.

II. CALCUL DES LIMITES ADMISSIBLES DES CONTRAINTES ET DEFORMATIONS

1. Matériaux bitumineux

La valeur de $\epsilon_{t,adm}$ est donnée par la relation :

Formule 1 :

$$\epsilon_{t,adm} = \epsilon_6 \times \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b \times \sqrt{\frac{E(10^\circ C)}{E(\theta_{eq})}} \times K_r \times K_c \times K_s$$

[6]

2. Matériaux traités au liant hydraulique

La valeur de $\sigma_{t,adm}$ est donnée par la relation :

Formule 2

$$\sigma_{t,adm} = \sigma_6 \left(\frac{NE}{10^6}\right)^6 \times K_r \times K_c \times K_s \times K_d$$

[6]

Couche de forme traitée au ciment

La valeur de $\sigma_{t,adm}$ est donnée par la relation :

Formule 3

$$\sigma_{t,adm} = \sigma_6 \left(\frac{NE}{10^6}\right)^b$$

3. Matériaux granulaires et Sol support

La déformation limite admissible est donnée pour les classes de trafic concernées par la formule :

$$\epsilon_{z,adm} = A \times (NE)^{-0.222}$$

III. VERIFICATION AVEC ALIZE III

- **Solution variante 1 (5 cm BB+15 cm concassé + 25 cm sable silteux sur Fondation sur PFCBR=13) (voir Annexe 1)**

Tableau VIII: Récapitulatifs des résultats de la variante de base

	Béton Bitumineux	Concassé	Sable silteux	Déflexion
	ε_t (10^{-6}m)	ε_z (MPa)	ε_z (10^{-6}m)	
Sollicitations	163,1	1055,3	1902,4	107,2
Valeurs admissibles	145,9	392,5	392,5	50
Conclusion	Non Vérifiée	Non Vérifiée	Non Vérifiée	Non Vérifiée

- Variante 2 (5cm BB + 15cm Silteux au ciment + 20 cm de sable silteux sur PFCBR=13) (Voir annexe 2)

Tableau IX: Récapitulatifs des résultats de la variante 1

	Béton Bitumineux	Silteux amélioré au ciment	Sable silteux	Déflexion
	ε_t (10^{-6}m)	σ_t (10^{-6}m)	ε_z (MPa)	
Sollicitations	68,5	0,676	1270,04	90
Valeurs admissibles	145,9	0,256	392,5	50
Conclusion	Vérifiée	Non Vérifiée	Non Vérifiée	Non Vérifiée

➤ **Structure proposée (5 cm BB + 10 cm de Grave bitume + 20 cm de Grave concassé au ciment sur PF CBR = 13) (Voir annexe 3)**

Matériaux	Epaisseurs (m)	Valeurs admissibles			Valeurs de la structure			vérifications
		et	St	ez	et	St	ez	
Béton bitumineux	0,05	145,9			44,7			conforme
Grave bitume 2	0,1	118,7			15,5			conforme
Grave concassée au ciment	0,2		0,601			0,547		conforme
Sol support	infini			392,5			386,4	conforme
Déflexion admissible		< 50 mm			48,2			conforme

La vérification du dimensionnement proposé par la méthode CEBTP a permis de constater que les différentes structures envisagées n'étaient pas justifiées vis-à-vis des sollicitations.

Après plusieurs itérations des épaisseurs avec les différentes couches obtenues ci-dessus par le logiciel ALIZE, nous avons remarqué que les valeurs admissibles étaient toujours plus petites que les valeurs calculées et aussi, nous avons obtenues des épaisseurs trop grandes. Cela ne facilitera pas la mise en œuvre d'une part mais d'autre part engendrera des coûts élevés.

De plus, la déflexion n'a pas été vérifiée dans chacun des cas.

Avec la structure proposée, toutes les valeurs admissibles sont supérieures aux valeurs calculées et on a une déflexion inférieure à 50mm ; ce qui entraîne une structure de couche conforme.

Le récapitulatif des épaisseurs obtenues est faite dans le tableaux XVII suivant :

Tableau X: Comparaison des différents résultats obtenus pour chaque variante

	Structures	Route principale	Observations
Variante 1	Béton Bitumineux	5	Les sollicitations sont plus élevées que les valeurs admissibles.
	Sable Silteux	25	
Variante 2	Béton Bitumineux	5	
	Sable Silteux amélioré au ciment	15	
	Sable silteux	20	
Variante proposée	Béton bitumineux	5	
	Grave bitume 2	10	
	Grave concassé au ciment	20	

IV. CONCLUSION PARTIELLE

La méthode de dimensionnement du CEBTP étant une méthode basée sur des considérations empiriques, les épaisseurs obtenues à partir de celle-ci ne permettaient pas au cours de la vérification avec ALIZE, d'avoir des sollicitations compatibles avec les limites admissibles. Au niveau des variantes, il a fallu l'interposition d'une couche de grave bitume et une couche de grave concassé amélioré au ciment entre le revêtement et le sol de plateforme afin de rendre compatibles les sollicitations et les limites admissibles.

Avec la méthode de dimensionnement ALIZE-LCPC, les sollicitations obtenues pour la variante 1 et la variante 2 ne respectent pas certaines valeurs et certaines épaisseurs sont trop élevées pour envisager une mise en œuvre facile et pas coûteuse. La variante proposée est plus facile à mettre en œuvre.



Véfication de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à Cotonou au Bénin : Phase 1

TROISIEME PARTIE : CONCEPTION GEOMETRIQUE DE LA ROUTE ET SUIVI DES TRAVAUX

CHAPITRE 6 : CONCEPTION GEOMETRIQUE DE LA ROUTE

I. INTRODUCTION

La caractérisation géométrique d'une route peut se définir comme l'ensemble des éléments à satisfaire pour que la liaison routière soit sûre, efficace et confortable.

La géométrie de la route est un concept qui doit donner une forme précise (géométrique), à une nécessité économique (la liaison entre deux points) en tenant compte des multiples facteurs humains (capacités physiques et psychiques des conducteurs, champ de vision, temps de réaction, perception des perspectives, etc.) en ne perdant pas de vue que les véhicules sont soumis à des forces mécaniques inéluctables et évoluent constamment.

La route doit permettre à un usager normal, circulant à une vitesse inférieure ou égale à la vitesse de sécurité choisie, de parcourir son trajet dans des conditions satisfaisantes de sécurité, de confort, de stabilité et d'économie.

Cela implique naturellement l'adoption par l'auteur de projet des caractéristiques géométriques qui sous-entendent des conditions de visibilité et de progressivité dans les modifications de trajectoires autorisant, notamment, un freinage sans risque anormal en cas d'imprévu et une limitation des risques en cas d'intempéries, notamment de pluie.

II. PROCEDURE DE CONSTRUCTION ET CALCUL DE L'AXE EN PLAN

La conception a été faite avec le logiciel Piste5.

Le tracé en plan d'une route est, avec le profil en travers et le profil en long, un des trois éléments qui permettent de caractériser la géométrie d'une route. Il est constitué par la projection horizontale sur un repère cartésien topographique des points définissant le tracé de la route

1. Construction de l'axe en plan

Tableau XI: Coordonnées des points de contact de l'axe en plan

Points de contact	X	Y	Points de contact	X	Y
P1	431617.556	701904.897	P7	430376.702	701804.761
P2	431487.134	701910.436	P8	430194.890	701804.626
P3	431305.428	701868.414	P9	430106.563	701808.469
P4	431239.226	701832.507	P10	430015.865	701816.443
P5	430766.119	701753.537	P11	429927.197	701828.255
P6	430542.870	701790.984	P12	429887.322	701835.395

▪ PROCEDURE DE CONSTRUCTION DE LA DROITE :

Elément → Droite → Nom de l'élément → D1 pour la première droite → sélectionner ensuite les deux points par lesquels la droite doit passer puis exécuter.

Faire de même pour la construction de toutes les droites qui passent par les points deux à deux. (Voir annexe 4)

▪ CONSTRUCTION DES LIAISONS ENTRE LES DROITES :

Pour le faire, il faut d'abord insérer les rayons qui vont permettre de construire les différentes liaisons entre les droites.

Elément → Distance → Nom de l'élément → R1 pour le premier rayon → entrer ensuite la valeur du rayon puis exécuter.

Cette opération sera répétée pour tous les rayons suivant :

Arc1	rayon (m)	349,971
Arc2	rayon (m)	-736,701
Arc3	rayon (m)	1000
Arc4	rayon (m)	-1000
Arc5	rayon (m)	-1000

▪ PROCEDURE DE CREATION D'UNE TABLE DE RACCORDEMENT

Afin de définir automatiquement les caractéristiques (longueur) des différentes liaisons selon le type de voie, nous devons définir une table de raccordement correspondant à ce type de voie. Dans le projet, le type de voie est un R60 2*2 voies de l'ARP.

Une table de raccordement se crée en faisant le choix d'une table de dévers qui contient les valeurs des dévers et des longueurs de raccordement en fonction des rayons.



Elément → Table de racc. → Nom de l'élément → TABRAC puis exécuter.

Choisir la table des devers → associer à la table de raccordement le type de voie R60 2*2 voies → valider par OK.

On peut donc construire les liaisons :

Elément → Arc → Nom de l'élément → Arc1 pour la première liaison → Sélectionner ensuite les droites à lier → Sélectionner le rayon → valider par OK → désigner la table de raccordement déjà enregistré → Valider par OK puis exécuter.

(Voir annexe 5)

Il faut ensuite calculer l'axe pour connaître sa longueur totale.

2. Calcul de l'axe :

Elément → Axe → Nom de l'élément → Axe1 → désigner le début de l'axe en cliquant sur le point de départ P1 → cliquer sur fin automatique puis exécuter.

L'axe calculé apparaît de couleur rouge. Les points de tangence entre les éléments sont repérés par des petits cercles, l'axe est coté en abscisse curviligne. *(Voir Annexe 6)*

On obtient les résultats suivant : Caractéristiques des éléments du tracé en *Plan* : *(Voir Annexe 7)*

III. TABULATION DE L'AXE :

La tabulation de l'axe en plan permet la mise en place des futurs profils de notre projet. Les profils peuvent être définis selon des zones d'équidistance mais aussi sous forme de profils imposés.

▪ PROCEDURE :

Calcul → Profil → zones équidistantes → désigner l'axe à tabuler et valider par OK → cliquer sur saisir et entrer l'abscisse du début de zone et l'équidistance → 0 30 dans le cas présent → valider par OK.

▪ Faire ensuite :

Calcul → Tabulation → avec création de profil → sélectionner l'axe à tabuler → valider par OK → puis exécuter.



Résultat de la tabulation de l'axe en Plan (*Voir Annexe 8*)

IV. CALCUL DES DEVERS ET INTERPOLATION DU TERRAIN

Le module des dévers permet le calcul des pentes transversales des demi-chaussées gauches et droites d'un projet. Dans un premier temps, il faut déterminer les points de changement des dévers sur un projet. Les points peuvent être mis en place grâce à des tables de dévers. On pourra ensuite calculer les dévers des chaussées pour tous les profils du projet.

L'interpolation du projet sur le terrain naturel permet de calculer, pour chaque profil, un profil en travers terrain naturel.

1. Calcul des dévers

Pour le faire, il faut créer un nouveau fichier de conception transversale

- Faire ensuite :

Calcul → dévers → calculer → recherche auto → Choisir la table de l'ARP R60 2*2 voies → valider par OK puis sauver.

- Cliquer ensuite sur calculer → calculer

Résultats du calcul des dévers (*Voir annexe 9*)

2. Interpolation du terrain

Faire, il faut calculer le terrain avec l'outil interpoler puis interpoler et valider ensuite par Ok.

Résultats de l'interpolation du terrain (*Voir annexe 10*)

On peut donc visualiser les profils construits. (*Voir annexe 11*)

V. DEFINITION DU PROFIL EN LONG

Pour définir notre profil en long, on va construire des éléments points, droites, liaison (parabole), calculer et tabuler l'axe du profil.

La ligne rouge du projet de la route a pour origine le point P1 qui est confondu avec le point du terrain naturel au premier profil.

1. Procédure de construction du profil en long

- **Procédure :**

Il faut ouvrir un nouveau fichier pour la conception longitudinale.

Aller ensuite dans fichier, sélectionner le projet piste et ouvrir le fichier de la conception plane

Le profil en long du terrain naturel s'affiche en vert. (*Voir annexe 12*).

2. Construction des points du profil en long projet

Le premier point du profil en long projet est confondu avec celui du profil en long terrain naturel. La construction des autres points se fait de la manière suivante :

Faire élément, ensuite point, nommer l'élément P2 puis construire le point graphiquement et valider par Ok.

Faire de même en construisant des points tout le long du profil en long terrain naturel.

Construire ensuite les droites passant par les points deux à deux.

Faire ensuite les liaisons (paraboles et pentes) entre les droites.

Données pour la construction des paraboles :

Parabole1	Rayon (m)	20 000
Parabole2	Rayon (m)	12 000
Pente1	0,10%	
Parabole3	Rayon	100 000
Pente2	0,07%	
Parabole4	Rayon (m)	50 000
Pente3	0,11%	

Les éléments de construction du profil en long projet et le profil en long projet (ligne rouge) se présentent comme suit : (*Voir Annexe 13*)

3. Calcul de l'axe du profil en long projet

Comme pour le calcul de l'axe en plan, nous allons utiliser la recherche automatique en allant sur l'option élément, axe, choisir ensuite le point de début puis faire fin automatique et exécuter.

Les résultats du calcul de l'axe du profil en long projet se présentent comme suit : (*Voir annexe14*)

4. Tabulation de l'Axe

Lancer la commande de tabulation avec la mise à jour du fichier piste. La tabulation utilisée par le calcul sera celle mise en place lors de la conception plane.

La commande de tabulation avec mise à jour aura pour effet de renseigner la cote projet de chacun des profils en travers du fichier piste.



Pour se faire il faut aller dans l'option calcul, Tabulation, choisir avec mise à jour puis valider par la touche Entrée du clavier.

Les résultats de la tabulation du profil en long donnent : (*Voir annexe 15*)

La conception longitudinale de notre projet est terminée.

VI. CONSTRUCTION DE PROFIL EN TRAVERS PROJET

Au cours de cette étape, nous allons :

- Créer un catalogue qui contiendra les demi-profil en travers type que nous appliquerons à notre projet.
- Construire un demi-profil type que nous appliquerons de façon symétrique (à droite et à gauche sur l'ensemble de notre projet)

Nous allons ouvrir un module de conception transversale dans l'application PISTE

1. Création du fichier de profils type

Nous allons tout d'abord créer les demi-profil types

2. Création d'un demi-profil type

Nous allons créer le demi-profil type constitué de 3 lignes : la ligne projet, la ligne couche d'assise et la ligne couche de forme.

La procédure de construction du demi-profil type se présente comme suit : (*voir annexe 16*)

VII. DEFINITION DE LA LIGNE DE PROJET

Cliquer sur le menu de droite et remplir chaque partie constituant la structure de chaussée du projet : Plateforme (TPC, Chaussée, Accotement) ; Talus de déblai ; Talus de Remblai ; Assise ; Couche de forme ; Couche de base

La construction de chaque étape de la structure de chaussée se présente comme suit : (*Voir annexe 17*)

Les résultats du calcul des profils types donnent : (*Voir annexe 18*)

VIII. CUBATURES

Les cubatures par profil se présentent comme suit : (*Voir annexe 19*)

CHAPITRE 7 : SUIVI TRAVAUX

Un projet de construction nécessite une organisation, un suivi et un contrôle du chantier rigoureux, afin de respecter les délais et l'enveloppe financière fixée. Le maître d'œuvre doit s'assurer que l'entreprise respecte le projet dans les conditions du marché. Il doit également contrôler que les travaux respectent la réglementation, notamment en matière de respect des normes de construction mais aussi de conditions de travail, d'environnement, de sécurité, de qualité d'exécution. Pour cela, des procédures d'exécutions des travaux sont mise en place pour un meilleur suivi.

I. PROCEDURE D'EXECUTION DES TRAVAUX

1. Terrassement

Documents de références

- Cahier des prescriptions techniques
- Marché N° 47 /MEF/MTPT/DNCMP/SP DU 14/02/2014
- Plan Assurance Qualité

- **Moyens utilisés et contrôle effectué (voir annexe 20)**

- **Matériaux**

Sable silteux provenant des emprunts

- **Méthodologie et Séquence**

L'implantation des entrées en terre à chaque profil est faite par l'équipe topo. Cette implantation est fonction de la structure de chaque partie de la route.

Etant donné que les travaux se déroulent en zone sablonneuse, les structures de chaussée reposent sur une couche de forme en sable silteux de 30cm d'épaisseur.

Ainsi, dans les zones de déblai, le décapage du matériau en place s'effectue jusqu'à la côte ligne rouge moins (-) 65cm au moins.



Du sable silteux provenant des emprunts est mis en place jusqu'à la côte ligne rouge moins (-) 35cm dans les zones de remblai.

▪ **Zone de remblai**

Le débroussaillage et le nettoyage se fait systématiquement sur 20cm d'épaisseur sous la supervision permanente des équipes Topo et Labo de la Mission de Contrôle. Le produit issu de ce nettoyage est évacué selon les indications de la MDC et l'engin prévu pour effectuer cette opération est le Bulldozer D7.

Lorsque l'assise reste toujours sale après le nettoyage des 20cm d'épaisseur, l'entreprise fait appel au Géotechnicien de la Mission de Contrôle qui constate la qualité du matériau.

Au cas où le Géotechnicien ou le CM juge normal l'enlèvement de la mauvaise terre, sa recommandation est transcrite dans un cahier Manifold à deux souches et signée par l'entreprise et la Mission de Contrôle.

Dans le cas contraire et au moment où l'entreprise ne sera pas en accord avec le Géotechnicien de la Mission de Contrôle, la situation est remontée au Chef de Mission pour être résolue et toujours transcrite dans le cahier Manifold à deux souches.

A l'atteinte du bon sol de façon unanime, l'entreprise procède à l'égalisation du niveau de l'assise de la plateforme et un relevé contradictoire de l'assise est fait.

▪ **Zone de déblai**

Le débroussaillage et le nettoyage se fait systématiquement sur 20cm d'épaisseur sous la supervision permanente des équipes Topo et Labo de l'entreprise en présence et en accord avec celles de la MDC. Le produit issu de ce nettoyage est évacué et l'engin prévu pour effectuer cette opération est le Bulldozer. L'entreprise fait ensuite le décapage des terres jusqu'à la côte prévue pour recevoir la couche de forme.

▪ **Zone de Purge**

Sera considérée comme purge, tout matériau de mauvaise tenue (boue, ordure de toute sorte) extrait du sol en place en dessous de la côte ligne rouge moins (-) 65cm



La purge est effectuée à l'aide d'une chargeuse, d'une pelle ou d'un bulldozer ou manuellement selon le besoin et selon la localisation. Elle est faite avant l'égalisation de l'assise pour être prise en compte dans le relevé contradictoire de l'assise.

NB : La couche sablonneuse qui constitue l'assise de la plateforme a subi un compactage hydraulique. La couche de forme est compactée et réceptionnée à 95% de l'OPM. Pour les couches de remblais, elles sont réceptionnées à 92% de l'OPM.

Points clés : Implantation ; Enlèvement mauvaise terre après nettoyage des 20cm d'épaisseur ; Relevés contradictoire après mouvement des terres.

Points d'arrêt : Agrément implantation ; Relevé des bâtisses (habitations, puits, fosses septiques, etc) ; Réceptions géotechniques et topographiques

2. Couche de fondation

Documents de références

- Cahier des prescriptions techniques
- Marché № 47 /MEF/MTPT/DNCMP/SP DU 14/02/2014
- Plan Assurance Qualité
- **Moyen utilisés et Contrôle effectués (Voir annexe 21)**
- **Méthodologie et séquence**

La couche de fondation intervient après la réalisation de la couche de forme compactée à 95% de L'OPM. Elle est constituée de 20 cm de concassé 0/31,5 amélioré à 3% de ciment. Avant sa mise en œuvre, la couche de forme est réceptionnée topographiquement (conformité altimétrique et planimétrique) et géo-techniquement (conformité de la compacité)

- **Nature du Matériau**

Le concassé 0/31,5 crû servant à la réalisation de la couche de fondation répond aux caractéristiques suivantes :

- **Fuseau granulaire de référence**

Tamis 40: 100	Tamis 8 : 35-68
Tamis 31,5 : 85 - 99	Tamis 42 : 2-60
Tamis 25 : 70-95	Tamis 2 : 16-47
Tamis 20:60-89	Tamis 1: 9-40
Tamis 16 : 55-85	Tamis 0,500 : 5-35
Tamis 12,5 : 45 - 78	Tamis 0,080: 2-10
Tamis 10:40-73	

- CBR (à 95% OPM, à 4 jrs d'immersion dans l'eau) > 60 (NF P 94-078)

- Gonflement linéaire dans le moule CBR g% < 1% (NF P 94-078)

Le concassé 0/31,5 amélioré à 3% de ciment servant à la réalisation de la couche de fondation devra répondre aux caractéristiques suivantes :

- CBR (à 95% OPM, à 4 jrs d'immersion dans l'eau) > 160 (NF P 94-078) (NF P 94-078)

- Résistance en compression à 7 jours air > 30 (NF EN 13290 - 41)

- Résistance en compression à 3 jours air + 4 jours eau > 5 (NF EN 13290 - 41)

- Résistance en traction à 7 jours air < 5 (NF EN 13290 - 42)

▪ **Fabrication et transport du matériau**

La fabrication s'effectue en centrale fixe agréée par le maître d'œuvre. Une équipe de laboratoire est permanemment présente sur le site pour conduire convenablement la fabrication du matériau 0/31,5 amélioré à 3% de ciment.

Le transport du matériau fabriqué à la centrale est assuré par des camions bennes. Le bâchage des camions est permanent.

▪ **Condition générale de la mise en œuvre**

La mise en œuvre est arrêtée lorsque les conditions climatiques sont susceptibles d'altérer la qualité du mélange. En outre, la mise en œuvre par temps de pluie continue est interdite.

▪ **Epandage et régilage**

Il est prévu en permanence sur le chantier une citerne à eau mobile pour l'humidification du support immédiatement avant l'épandage des matériaux en fonction des conditions



météorologiques. L'humidification du support doit être suffisante pour s'opposer à la dessiccation des matériaux sans permettre la formation de flaques. L'épandage et le réglage sont assurés par des niveleuses.

- **Réglage**

Le réglage des matériaux est effectué en nivellement par des fils de guidage latéraux Avec la niveleuse, les bords cotés contre allée et chaussée gauche sont taillés pour permettre la mise en œuvre des plots.

- **Compactage**

Une planche d'essai s'est réalisée afin de définir l'ordre de passages des engins de compactage de même que les nombres de passes. L'atelier de compactage suit immédiatement l'atelier d'épandage et de réglage.

Pendant toute la période de compactage la teneur en eau de la couche est maintenue à une valeur qui n'est pas inférieure à celle de l'Optimum Proctor Modifié de plus d'un (1) pour cent en valeur absolue.

- **Contrôle interne**

En cas de risque de dessiccation intervenant pendant la mise en œuvre, un arrosage modéré mais fréquent et régulier est fait. Cette couche est interdite à la circulation et arrosée durant 7 jours pour assurer la cure.

Rendement jour : 3 000m³

- **Contrôles**

Conducteur de travaux, Ingénieur Qualité, Chef Chantier, équipe topo, équipe labo

- **Epreuves de convenance**

La planche d'essai est faite pour caler l'atelier de compactage.

Points clés : Implantation ; Qualité de matériaux ; Agrément formulation 0/31,5 amélioré à 3,0% de ciment ; Planche d'essai ; Contrôle de compactage de la couche de fondation ; Epaisseur de la couche de fondation.

Points d'arrêt : Conformité des matériaux aux prescriptions CPT ; Réception topographique ; Réception géotechnique ; Intempéries.

3. IMPREGNATION DE LA COUCHE DE FONDATION

Documents de références

- Cahier des prescriptions techniques
- Marché N° 47 /MEF/MTPT/DNCMP/SP DU 14/02/2014
- Plan Assurance Qualité
- Rapport de l'étude d'amélioration du 0/31,5 au ciment

- **Moyens Utilisés et contrôle effectués (Annexe 22)**

- **Matériaux**

Bitume fluidifié 0/1

Méthodologie et séquences

Essais de réception du bitume fluidifié

Les conditions de transport ainsi que celles de stockage du liant respectent les normes de sécurité.

Pour chaque livraison de 25 Tonnes de cut-back, un prélèvement de 2 litres est réalisé pour effectuer les essais de conformité du produit.

La qualité du cut-back à utiliser pour l'imprégnation de la couche de fondation répond aux spécifications suivantes :

Pseudo-viscosité mesurée au viscosimètre :

- Orifice à 4 mm, à 25°C (seconde) entre 15 et 25
- Température de répandage : entre 60 et 80°

- **Préparation des surfaces à imprégner**

La surface de la couche de fondation approuvée est débarrassée de toute poussière par balayage mécanique.



On veille à maintenir l'humidité de la couche de fondation à imprégner par un arrosage fin à la citerne afin d'éviter une dessiccation de celle-ci et de faciliter la pénétration du cut-back.

▪ **Epandage du liant**

Le liant est préalablement chauffé par l'épanduse jusqu'à une température comprise en 60 et 80°C.

La largeur de la rampe de l'épanduse est déployée en fonction de la largeur à revêtir. Une inspection visuelle est effectuée pour vérifier l'état des gicleurs, tuyauteries, filtres, ...

L'application est faite en fonction d'une vitesse constante qui permet d'avoir le taux d'épandage recherché.

▪ **Contrôle de l'épandage du liant**

Le taux d'épandage visé est de 1,2Kg/m² ± 0,1 ; il est contrôlé selon la norme NF P 98-275-1. Des bacs métalliques de 250 mm x 250 mm et 10 mm de hauteur sont disposés en quinconce environ tous les 1.500 m² pour vérifier les quantités de bitume appliquées.

▪ **Correction**

En cas d'excès de liant, un sablage est exécuté sur les surfaces excessivement imprégnées.

S'il apparaît après le passage de l'épanduse des petites surfaces non revêtues ou faiblement imprégnées, elles sont systématiquement corrigées à la lance ou par arrosage.

Contrôles

Personnes chargées du contrôle :

Conducteur de travaux, chef labo, Ingénieur Qualité

Points clés : Viscosité du bitume ; Dosage du liant

4. COUCHE DE BASE GRAVE BITUME 0/20

Documents de références

- Cahier des prescriptions techniques
- Marché N° 47 /MEF/MTPT/DNCMP/SP DU 14/02/2014
- Plan Assurance Qualité
- Rapport de formulation de la grave bitume 0/20
- Normes : NF P18-560, NF T66-004, NF T66-008, NF P98-130, NF P98-251-1 et 2, NF P98-218-1 et NF P98-200-2

-
- **Moyens Utilisés et contrôle effectué (Annexe 23)**
 - **Matériaux :**
 - Bitume 15/25 ; Grapiers concassés 0/6, 6/10, 10/14 et 14/20 ; Emulsion ECR65
 - **Méthodologie et séquences**

Production du grave bitume à la centrale

Prise de la teneur en eau des quatre fractions granulaires pour le dosage pondéral et volumétrique des agrégats à froid au niveau des quatre trémies pré-doseurs. Le débit de chaque trémie est ajusté en fonction du débit de la production et du pourcentage correspondant à l'agrégat contenu.

Séchage des agrégats dans le tambour-sécheur-malaxeur : le tapis introducteur reprend les granulats en provenance du tapis collecteur des trémies à froid et les achemine au tambour-sécheur-malaxeur muni d'un brûleur à haute pression fermé et silencieux. Ainsi les agrégats sont débarrassés de toute humidité et chauffés.

Les granulats vont progresser grâce à la rotation du tambour et des auges placées à l'intérieur pour éviter les ségrégations. Ils passent par la suite dans la zone de malaxage où l'injection du bitume est faite. Dans cette zone, les granulats et le bitume sont malaxés pour donner le produit bitumineux.

A la sortie du produit bitumineux, se trouve une goulotte de récupération en dessous de laquelle est placée un tapis convoyeur qui achemine le produit vers la trémie de stockage de capacité 20tonnes.

Transport de la grave bitume et conditions atmosphériques

Le transport des matériaux d'enrobés est assuré par des camions dont le nombre sera calculé en fonction de la durée du trajet de l'atelier de mis en œuvre afin d'assurer la continuité de la fabrication et l'alimentation du finisseur. Les bennes des camions sont préalablement nettoyées pour éviter le collage du grave bitume. Les camions sont bâchés après chargement des matériaux pour éviter la pollution.



En cas de fortes pluies ou des pluies modérées et continues, les travaux sont suspendus jusqu'à l'arrêt de la pluie et un nettoyage de la surface à revêtir est effectué après.

Nettoyage de la surface à revêtir

La surface à revêtir est exempte de toute poussière résiduelle. Un balayage énergétique avec le balai mécanique est effectué. Un balayage manuel est appliqué au niveau des zones encore impropres. Après nettoyage, les limites de la surface à revêtir sont implantées par les topographes.

Epandage de la couche d'accrochage

La couche d'accrochage est faite avant l'application du grave bitume sur une longueur permettant la mise en place des camions devant le finisseur. Elle est effectuée par diffusion d'une couche de l'émulsion ECR65 avec l'épandeuse de liant à raison de 400 g/m² de bitume résiduel.

Préparation et mise en place du finisseur :

Chauffage de la table préalablement avant la mise en place du finisseur puis amenée du finisseur sur le site et alignement. Puis vérification de l'affichage des piges de nivellement du finisseur ; Effectuer les contrôles, des cales en bois d'une épaisseur de 11 cm, (épaisseur de la couche de 10 cm + 1 cm incidence de compactage) sur lesquels est positionnée la table du finisseur.

Faire le réglage du couteau vibrant et de la table ; vérification de l'altimétrie de la vis de répartition. Le guidage est effectué « vis calées » ;

Réglage des extensions (calibrage de la table), indication de la vitesse de translation au conducteur et réglage des pressions.

Application des camions bennes :

Le finisseur va au contact du camion. Eviter les heurts du camion au finisseur.

Nettoyage du grave bitume perdu, tombée du camion sur la chaussée avant le positionnement du suivant.

Epandage : Approvisionnement de la table ; Vérification de la distribution aux vis de répartition ; Prise de température dans les camions, à la sortie des vis et derrière le finisseur ;



Vérification constante des épaisseurs par jauge d'épaisseur foisonnée ; Ajustage de la vitesse d'avancement sur le débit de la centrale et de l'arrivée du grave bitume au chantier ; Vérification de l'alignement et respect de la largeur à appliquer ; Traçage sur le bord de la chaussée pour le guidage du finisseur.

Compactage : Respect des consignes arrêtées sur la planche d'essai ; Compactage au plus près de la table du finisseur.

Joint transversaux

A la fin de chaque bande, un biseau sur 50 cm est découpé pour la reprise de cette bande. La coupe verticale est badigeonnée à l'émulsion pour assurer un bon collage.

Joint longitudinal

Le grave bitume foisonné près de l'axe de jonction entre deux bandes est serré au compacteur vibrant, l'arasement est fait à la raclette avec rejet des excédents à l'extérieur de la couche lors de la réalisation de la deuxième bande.

Les 2 bandes sont réalisées dans la même journée de travail avec un recouvrement de la ligne de jonction autant que possible.

Contrôles :

Personnes chargées du contrôle

Chef d'application des enrobés, Conducteur de travaux, chef labo, Ingénieur Qualité, Chef Topo, Directeur des travaux.

Epreuves de convenance : Planche d'essai ; Réglage de l'épandeuse et de ses dispositifs.

Points clés : Compactage ; Epaisseur ; Température d'application ; Qualité des matériaux ; Agrément de formulation de la grave bitume

Points d'arrêt : Intempérie ; Agrément matériaux ; Agrément centrale étalonnée

5. COUCHE DE ROULEMENT BETON BITUMINEUX

Documents de références

- Cahier des prescriptions techniques
- Marché N° 47 /MEF/MTPT/DNCMP/SP DU 14/02/2014

-
- Plan Assurance Qualité
 - Rapport de formulation du béton bitumineux 0/10
 - Normes : NF P18-560, NF T66-004, NF T66-008, NF P98-130, NF P98-251-1 et 2, NF P98-218-1 et NF P98-200-2

- **Moyens utilisés et Contrôle effectués pour la couche de roulement (Annexe 24)**

- **Matériaux**

Bitume 35/50-57/67 ; Graviers concassés 0/6 et 6/10

- **Méthodologie et séquences**

- **Production du béton bitumineux à la centrale**

- **Fuseau granulaire de référence**

Tamis 10 : 95 -100 ; Tamis 6,3 : 65 – 75 ; Tamis 4 : 45 – 60 ; Tamis 2 : 30 – 45 ; Tamis 0,63 : 15 – 28 ; Tamis 0,315 : 12 – 23 ; Tamis 0,080 : 7- 10.

Prise de la teneur en eau des deux fractions granulaires pour le dosage pondéral et volumétrique des agrégats à froid au niveau des deux trémies pré-doseurs. Le débit de chaque trémie est ajusté en fonction du débit de la production et du pourcentage correspondant à l'agrégat contenu. Le séchage des agrégats dans le tambour-sécheur-malaxeur : le tapis introducteur reprend les granulats en provenance du tapis collecteur des trémies à froid et les achemine au tambour-sécheur-malaxeur muni d'un brûleur à haute pression fermé et silencieux. Ainsi les agrégats sont débarrassés de toute humidité et chauffés.

Les granulats vont progresser grâce à la rotation du tambour et des auges placées à l'intérieur pour éviter les ségrégations. Ils passent par la suite dans la zone de malaxage où l'injection du bitume est faite. Dans cette zone, les granulats et le bitume sont malaxés pour donner le produit bitumineux.

A la sortie du produit bitumineux, se trouve une goulotte de récupération en dessous de laquelle est placée un tapis convoyeur qui achemine le produit vers la trémie de stockage de capacité 20tonnes.

Transport du béton bitumineux et conditions atmosphériques



Le transport des matériaux d'enrobés est assuré par des camions dont le nombre est calculé en fonction de la durée du trajet de l'atelier de mis en œuvre afin d'assurer la continuité de la fabrication et l'alimentation du finisseur. Les bennes des camions sont préalablement nettoyées pour éviter le collage du béton bitumineux. Les camions sont bâchés après chargement des matériaux pour éviter la pollution.

En cas de fortes pluies ou des pluies modérées et continues, les travaux sont suspendus jusqu'à l'arrêt de la pluie et un nettoyage de la surface à revêtir est effectué après.

Nettoyage de la surface à revêtir

La surface à revêtir est exempte de toute poussière résiduelle. Un balayage énergétique avec le balai mécanique est effectué. Un balayage manuel est appliqué au niveau des zones encore impropres. Après nettoyage, les limites de la surface à revêtir (bandes d'application) sont implantées par les topographes.

Déflachage des zones hors tolérances de la grave bitume

Avant la mise en œuvre du béton bitumineux, les zones du grave bitume hors tolérances en termes de confort de circulation sont déflachées au finisseur.

Préparation et mise en place du finisseur

Chauffage de la table préalablement avant la mise en place du finisseur puis amenée du finisseur sur le site et alignement. Puis vérification de l'affichage des piges de nivellement du finisseur ;

Effectuer les contrôles, des cales en bois d'une épaisseur de 6 cm, (épaisseur de la couche de 5 cm + 1 cm incidence de compactage) sur lesquels est positionnée la table du finisseur ;

Réglage du couteau vibrant et de la table ; vérification de l'altimétrie de la vis de répartition. Le guidage est effectué « vis calées » .

Faire le réglage des extensions (calibrage de la table), indication de la vitesse de translation au conducteur et réglage des pressions.



Application des camions bennes : Le finisseur va au contact du camion. Eviter les heurts du camion au finisseur ; Nettoyage du grave bitume perdu, tombée du camion sur la chaussée avant le positionnement du finisseur

Epandage : Approvisionnement de la table ; Vérification de la distribution aux vis de répartition ; Prise de température dans les camions, à la sortie des vis et derrière le finisseur ; Vérification constante des épaisseurs par jauge d'épaisseur foisonnée ; Ajustage de la vitesse d'avancement sur le débit de la centrale et de l'arrivée du béton bitumineux au chantier ; Vérification de l'alignement et respect de la largeur à appliquer ; Traçage sur le bord de la chaussée pour le guidage du finisseur.

Compactage : Respect des consignes arrêtées sur la planche d'essai ; Compactage au plus près de la table du finisseur.

Joints transversaux : A la fin de chaque bande, un biseau sur 50 cm est découpé pour la reprise de cette bande ; La coupe verticale est badigeonnée à l'émulsion pour assurer un bon collage.

Joints longitudinaux : Le béton bitumineux foisonné près de l'axe de jonction entre deux bandes est serré au compacteur vibrant, l'arasement est fait à la raclette avec rejet des excédents à l'extérieur de la couche lors de la réalisation de la deuxième bande.

Les 2 bandes sont réalisées dans la même journée de travail avec un recouvrement de la ligne de jonction autant que possible.

- **Contrôles**
 - **Personnes chargées du contrôle**

Chef d'application des enrobés, Conducteur de travaux, chef labo, Ingénieur Qualité, Chef Topo, Directeur des travaux.

- **Epreuves de convenance**

Planche d'essai et prescription du dosage

- **Bitume 35/50 - 57/67**

Pénétrabilité à 25°C

- **Points clés :** Compactage ; Epaisseur ; Température d'application ; Qualité des matériaux ; Agrément de formulation de la grave bitume 0/10
- **Points d'arrêt :** Intempérie ; Agrément matériaux

CHAPITRE 8 : CONCLUSION GENERALE

La route revêt un caractère primordial tant sur le plan national que sur le plan régional en assurant les différents transits. Elle doit faire l'objet d'une attention particulière car sa mise en œuvre demande souvent des investissements très élevés. Les matériaux utilisés pour sa réalisation influent considérablement sur la résistance de la chaussée.

Pour connaître les caractéristiques physiques et mécaniques des matériaux, notre étude s'est opérée en deux phases : une première phase pour l'identification des matériaux par les essais tels que l'analyse granulométrique, les limites d'Atterberg, l'essai Proctor modifié et l'essai CBR puis une seconde phase pour le traitement de ces matériaux au ciment.

Au terme de cette étude nous sommes parvenus aux principaux résultats qui nous ont permis de dégager les conclusions ci-après :

- ✓ A l'état naturel les matériaux prélevés ne peuvent qu'être utilisés en couche de fondation et non en couche de base à cause des indices CBR obtenus ($ICBR > 25$ et < 60) ;
- ✓ L'amélioration du matériau au ciment à un taux de 3% est suffisante pour qu'il soit utilisé en couche de fondation

Ces matériaux nous ont permis de définir une structure capable de résister aux charges verticales transmises à la chaussée car les sollicitations obtenues sont toutes inférieures aux sollicitations admissibles. La variante proposée est la suivante :

- ☞ **Couche de roulement** : 5 cm de béton bitumineux ;
- ☞ **Couche de base** : 10 cm de Grave bitume ;
- ☞ **Couche de fondation** : 20cm de concassé amélioré au ciment ;
- ☞ **Sol de plateforme**

Pour des raisons liées au trafic et au caractéristique du sol par endroit, l'entreprise a voulu mettre une couche de forme. La structure retenue est donc la suivante :



- ☞ **Couche de roulement** : 5 cm de béton bitumineux ;
- ☞ **Couche de base** : 10 cm de Grave bitume ;
- ☞ **Couche de fondation** : 20cm de concassé amélioré au ciment ;
- ☞ **Couche de Forme** : 30cm sable silteux naturel.
- ☞ **Sol de plateforme**

Les recommandations suivantes pourront améliorer et rendre le travail efficace :

- Dans les zones inondables, mettre des sous couches anticapillaires et/ou drainante à la place de la couche de forme
- Faire des études sur la température locale afin de mieux maitriser le comportement des matériaux bitumineux
- Contrôler les surcharges à l'essieu pour une durée de vie plus longue de la chaussée



BIBLIOGRAPHIE

- [1]_CEBTP-LCPC. Manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux. République Française, Ministère des relations extérieures coopération et développement, mai 1985. 166p.
- [2]_CENTRE DE RECHERCHES ROUTIERES Bruxelles, Code de bonne pratique pour le traitement des sols à la chaux et / ou aux liants hydrauliques, 100p.
- [3]_Collection Technique CIMBETON, Terrassements et assises de chaussées : Traitement des sols aux liants hydrauliques, 148 P. Novembre 2009.
- [4]_LCPC-SETRA. Conception et dimensionnement des structures de chaussée/Guide technique. République Française, Ministère de l'équipement, des transports et du tourisme, décembre 1994. 260p.
- [5]_Cours de Routes : Institut Internationale d'Ingénierie de l'eau et de l'environnement
- [6]_SOUROU TOGNISSE, Ecole polytechnique Abomey Calavi, 2016
- [7]_AKOFFODJI STEVE, Ecole polytechnique Abomey Calavi, 2011)
- [8]_BINTA GUEYE, EL HADJI ABDOULAYE SECK (2016) , étude comparative entre le dimensionnement empirique rationnelle et le catalogue du sénégal : application sur la VDN2
- [9]_MAMADOU KOLINKE DIALLO, étude des matériaux et dimensionnement de la voirie d'accès à l'institut islamique cheikh amadou bamba sis a colobane
- [10]_Mission de Contrôle Le Héros GC, projet de la route des pêches
- [11]_Direction Générale des Travaux publics, étude technique de l'aménagement et bitumage de la route des pêches
- [12]_Fadoul, 2012



Véfication de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à Cotonou au Bénin : Phase 1

[13]_ **Amour Ribert OLOUKOU**, Etude technique détaillée des travaux d'aménagement de la route des pêches : Tronçon Cotonou Adoungo

[14]_ **Internet**, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Chauss%C3%A9e>

[15]_ **Adama Dione**, Cours de route, institut internationale d'ingénierie de l'eau et de l'environnement



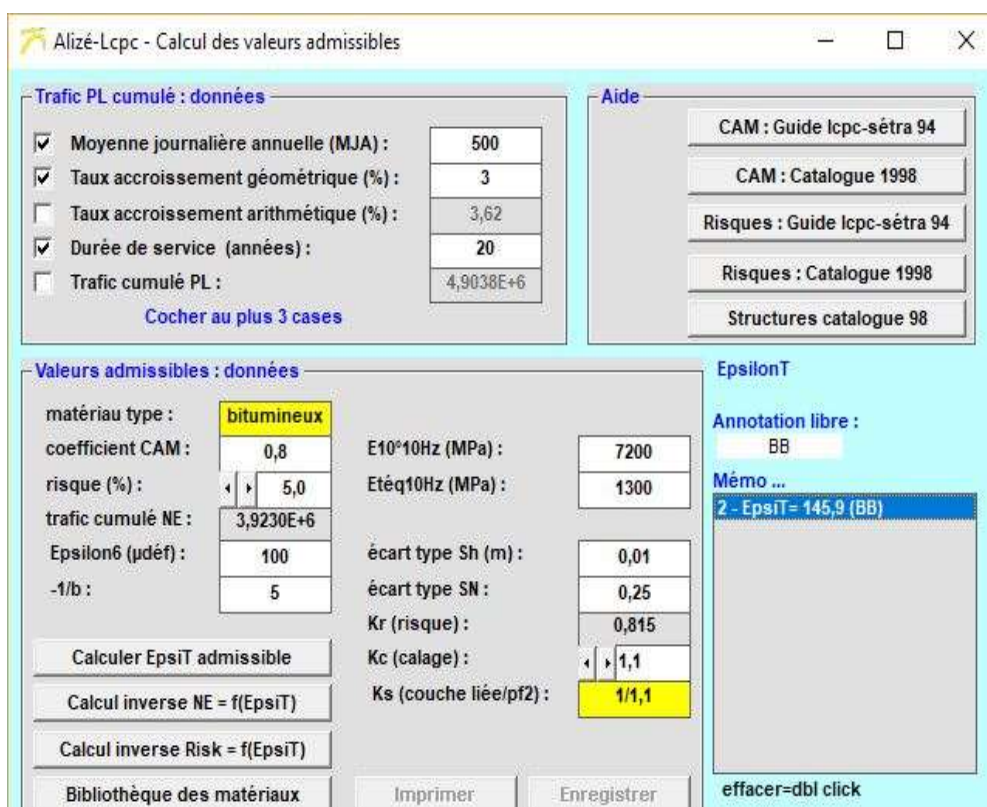
Véfication de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à Cotonou au Bénin : Phase 1

ANNEXES

ANNEXE 1 : Résultats du dimensionnement de la variante 1

Calcul des valeurs admissibles

- Béton Bitumineux :



Trafic PL cumulé : données

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	500
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	3
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	3,62
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	4,9038E+6

[Cocher au plus 3 cases](#)

Aide

- CAM : Guide lcpc-sétra 94
- CAM : Catalogue 1998
- Risques : Guide lcpc-sétra 94
- Risques : Catalogue 1998
- Structures catalogue 98

Valeurs admissibles : données

matériau type :	bitumineux	E10 ¹⁰ Hz (MPa) :	7200
coefficient CAM :	0,8	Etéq10Hz (MPa) :	1300
risque (%) :	5,0	écart type Sh (m) :	0,01
trafic cumulé NE :	3,9230E+6	écart type SN :	0,25
Epsilon6 (µdéf) :	100	Kr (risque) :	0,815
-1/b :	5	Kc (calage) :	1,1
		Ks (couche liée/pf2) :	1/1,1

Calculer EpsiT admissible
 Calcul inverse NE = f(EpsiT)
 Calcul inverse Risk = f(EpsiT)
 Bibliothèque des matériaux

EpsilonT

Annotation libre : BB

Mémo ...
 2 - EpsiT= 145,9 (BB)

effacer=dbl click

Imprimer Enregistrer

- Grave concassé pour couche de base :

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

Trafic PL cumulé : données

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	500
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	3
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	3,62
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	4,9038E+6

Cocher au plus 3 cases

Aide

CAM : Guide lcpc-sétra 94

CAM : Catalogue 1998

Risques : Guide lcpc-sétra 94

Risques : Catalogue 1998

Structures catalogue 98

Valeurs admissibles : données

matériau type : **gnt et sol**

coefficient CAM : **1**

trafic cumulé NE : **4,9038E+6**

Coefficient A : **12000**

penne b : **-0,222**

Calculer EpsiZ admissible

Calcul inverse NE = f(EpsiZ)

EpsilonZ

Annotation libre : gnt et sol

Mémo ...

2 - EpsiT= 145,9 (BB)
3 - EpsiZ= 392,5 (gnt et sol)

Résultats des valeurs admissibles et sollicitations

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

variante 1: Durée= 00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,050	1300,0 collé	0,350	0,000	-133,5	0,107	-249,9	0,658
			0,050	-163,1	-0,019	444,8	0,566
0,150	400,0 collé	0,350	0,050	-163,1	0,080	1055,3	0,566
			0,200	-799,5	-0,370	909,9	0,135
0,250	70,0 collé	0,350	0,200	-799,5	-0,005	1902,4	0,135
			0,450	-391,7	-0,006	918,1	0,062
infini	65,0	0,350	0,450	-391,7	-0,003	960,8	0,062

Grandeurs affichées

- tableau 1
- tableau 2
- tableau 3
- tableau 4
- tableau 5
- tableau 6
- tableau 7
- tableau 8

Déflexion = 107,2 mm/100
entre-jumelage

Rdc = 69,3 m

Alizé-Lcpc Mémo

- 1 - EpsT= 145,9 (bitumineux)
- 2 - EpsZ= 392,5 (gnt et sol)

Pour imprimer les données des

ANNEXE 2 : Résultats du dimensionnement de la variante 2

- Béton Bitumineux

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

Trafic PL cumulé : données		Aide	
<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	500	CAM : Guide lcpc-sétra 94	
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	3	CAM : Catalogue 1998	
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	3,62	Risques : Guide lcpc-sétra 94	
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20	Risques : Catalogue 1998	
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	4,9038E+6	Structures catalogue 98	
Cocher au plus 3 cases			

Valeurs admissibles : données		EpsilonT	
matériau type :	bitumineux	145,9 µdéf	
coefficient CAM :	0,8	Annotation libre :	BB
risque (%) :	5,0	Mémo ...	1 - EpsiT= 145,9 (BB)
trafic cumulé NE :	3,9230E+6		
Epsilon6 (µdéf) :	100		
-1/b :	5		
E10 ¹⁰ Hz (MPa) :	7200		
Etéq10Hz (MPa) :	1300		
écart type Sh (m) :	0,01		
écart type SN :	0,25		
Kr (risque) :	0,815		
Kc (calage) :	1,1		
Ks (couche liée/pf2) :	1/1,1		

effacer=dbl click

- Sable silteux amélioré au ciment

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

Trafic PL cumulé : données

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	500
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	3
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	3,62
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	4,9038E+6

Cocher au plus 3 cases

Aide

CAM : Guide lcpc-sétra 94

CAM : Catalogue 1998

Risques : Guide lcpc-sétra 94

Risques : Catalogue 1998

Structures catalogue 98

Valeurs admissibles : données

matériau type :	mtlh
coefficient CAM :	1,3
risque (%) :	5,0
trafic cumulé NE :	6,3749E+6
Sigma6 (MPa) :	0,30
-1/b :	12

1/Kd (discontinuité) :	1
écart type Sh (m) :	0,025
écart type SN :	0,8
Kr (risque) :	0,729
Kc (calage) :	1,5
Ks (couche liée/pf2) :	1/1,1 (pf2)

Calculer SigmaT admissible

Calcul inverse NE = f(SigmaT)

Calcul inverse Risk = f(SigmaT)

Bibliothèque des matériaux

Imprimer Enregistrer

SigmaT
0,256 MPa

Annotation libre :
Silteux traité au c

Mémo ...

1 - EpsiT= 145,9 (BB)

3 - SigmaT= 0,256 (Silteux traité)

effacer=dbl click

- Sable Silteux

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

Trafic PL cumulé : données

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	500
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	3
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	3,62
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	4,9038E+6

Cocher au plus 3 cases

Aide

CAM : Guide lcpc-sétra 94

CAM : Catalogue 1998

Risques : Guide lcpc-sétra 94

Risques : Catalogue 1998

Structures catalogue 98

Valeurs admissibles : données

matériau type :	gnt et sol
coefficient CAM :	1
trafic cumulé NE :	4,9038E+6
Coefficient A :	12000
pente b :	-0,222

Calculer EpsiZ admissible

Calcul inverse NE = f(EpsiZ) 1/1,1 (pf2) ▼

Bibliothèque des matériaux Imprimer Enregistrer

EpsilonZ
392,5 µdéf

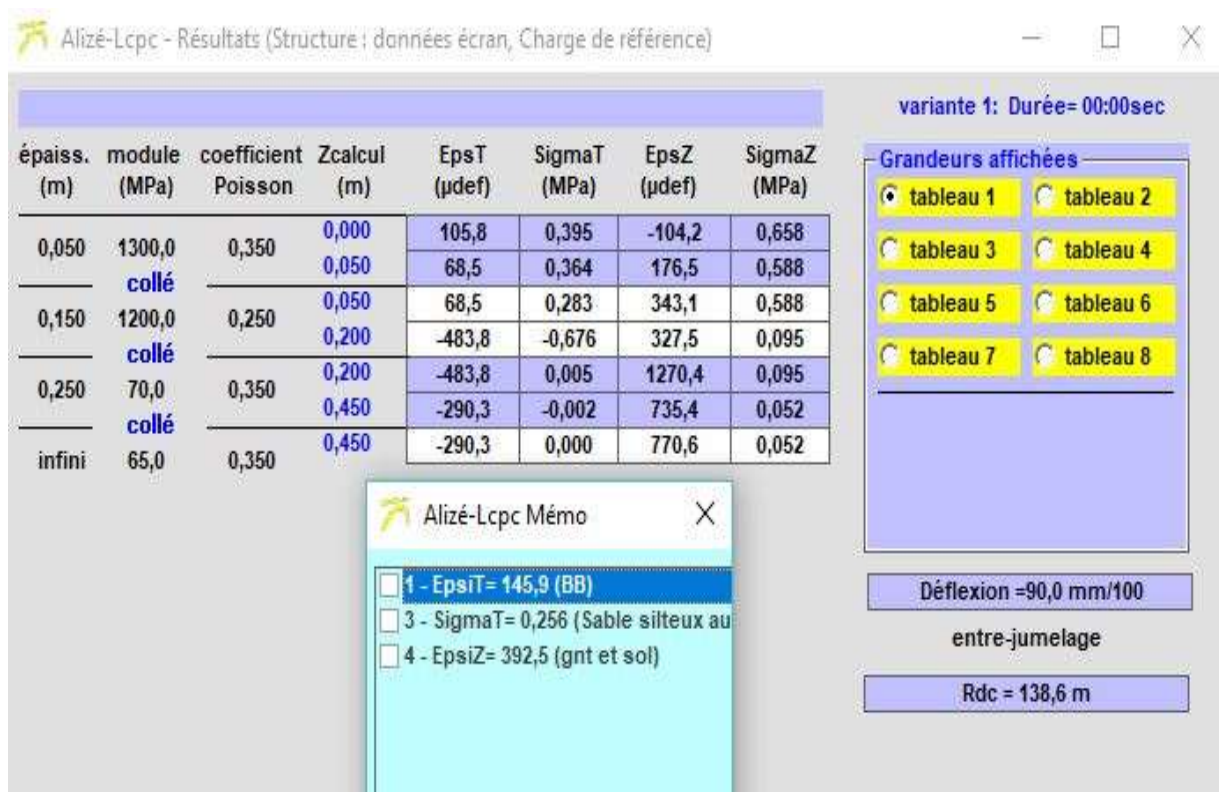
Annotation libre :
gnt et sol

Mémo ...

1 - EpsiT= 145,9 (BB)
3 - SigmaT= 0,256 (Silteux traité)
4 - EpsiZ= 392,5 (gnt et sol)

effacer=dbl click

Résultats des valeurs admissibles et sollicitations



ANNEXE 3 : Résultats du dimensionnement de la structure proposée

- Béton Bitumineux

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

Trafic PL cumulé : données

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	500
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	3
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	3,62
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	4,9038E+6

Cocher au plus 3 cases

Aide

CAM : Guide lcpc-sétra 94

CAM : Catalogue 1998

Risques : Guide lcpc-sétra 94

Risques : Catalogue 1998

Structures catalogue 98

Valeurs admissibles : données

matériau type :	bitumineux		
coefficient CAM :	0,8	E10*10Hz (MPa) :	7200
risque (%) :	5,0	Etéq10Hz (MPa) :	1300
trafic cumulé NE :	3,9230E+6	écart type Sh (m) :	0,01
Epsilon6 (µdéf) :	100	écart type SN :	0,25
-1/b :	5	Kr (risque) :	0,815
		Kc (calage) :	1,1
		Ks (couche liée/pf2) :	1/1,1

Calculer EpsiT admissible

Calcul inverse NE = f(EpsiT)

Calcul inverse Risk = f(EpsiT)

Bibliothèque des matériaux

Imprimer Enregistrer

EpsilonT
145,9 µdéf

Annotation libre :
BB

Mémo ...
1 - EpsiT= 145,9 (BB)

effacer=dbl click

Fermer

- Grave Bitume 2

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

Trafic PL cumulé : données

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	500
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	3
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	3,62
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	4,9038E+6

Cocher au plus 3 cases

Aide

CAM : Guide lcpc-sétra 94

CAM : Catalogue 1998

Risques : Guide lcpc-sétra 94

Risques : Catalogue 1998

Structures catalogue 98

Valeurs admissibles : données

matériau type :	bitumineux
coefficient CAM :	0,8
risque (%) :	5,0
trafic cumulé NE :	3,9230E+6
Epsilon6 (µdéf) :	80
-1/b :	5

Calculer EpsiT admissible

Calcul inverse NE = f(EpsiT)

Calcul inverse Risk = f(EpsiT)

Bibliothèque des matériaux

E10 ¹⁰ Hz (MPa) :	12300
Etéq10Hz (MPa) :	2700
écart type Sh (m) :	0,016
écart type SN :	0,3
Kr (risque) :	0,773
Kc (calage) :	1,3
Ks (couche liée/pf2) :	1/1,1

Imprimer

Enregistrer

EpsilonT

Annotation libre : GB2

Mémo ...

1 - EpsiT= 145,9 (BB)
2 - EpsiT= 118,7 (GB2)

effacer=dbl click

Fermer

- Grave concassé au ciment

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

Trafic PL cumulé : données

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	500
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	3
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	3,62
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	4,9038E+6

Cocher au plus 3 cases

Aide

CAM : Guide lcpc-sétra 94

CAM : Catalogue 1998

Risques : Guide lcpc-sétra 94

Risques : Catalogue 1998

Structures catalogue 98

Valeurs admissibles : données

matériau type :	mtlh	1/Kd (discontinuité) :	1
coefficient CAM :	1,3	écart type Sh (m) :	0,03
risque (%) :	5,0	écart type SN :	1
trafic cumulé NE :	6,3749E+6	Kr (risque) :	0,712
Sigma6 (MPa) :	0,75	Kc (calage) :	1,4
-1/b :	15	Ks (couche liée/pf2) :	1/1,1

Calculer SigmaT admissible

Calcul inverse NE = f(SigmaT)

Calcul inverse Risk = f(SigmaT)

Bibliothèque des matériaux

Imprimer Enregistrer

SigmaT
0,601 MPa

Annotation libre :
mtlh

Mémo ...

- 1 - EpsiT= 145,9 (BB)
- 2 - EpsiT= 118,7 (GB2)
- 3 - SigmaT= 0,601 (mtlh)

effacer=dbl click

Fermer

Résultats des valeurs admissibles et sollicitations

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

variante 1: Durée= 00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μ def)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μ def)	SigmaZ (MPa)
0,050	1300,0 collé	0,350	0,000	64,3	0,170	175,3	0,658
			0,050	44,7	0,192	245,0	0,632
0,100	2700,0 collé	0,350	0,050	44,7	0,380	87,9	0,632
			0,150	-15,5	0,103	95,9	0,350
0,200	3000,0 collé	0,350	0,150	-15,5	0,106	87,8	0,350
			0,350	-133,3	-0,547	125,6	0,028
infini	65,0	0,350	0,350	-133,3	0,003	386,4	0,028

Grandeurs affichées

tableau 1 tableau 2
 tableau 3 tableau 4
 tableau 5 tableau 6
 tableau 7 tableau 8

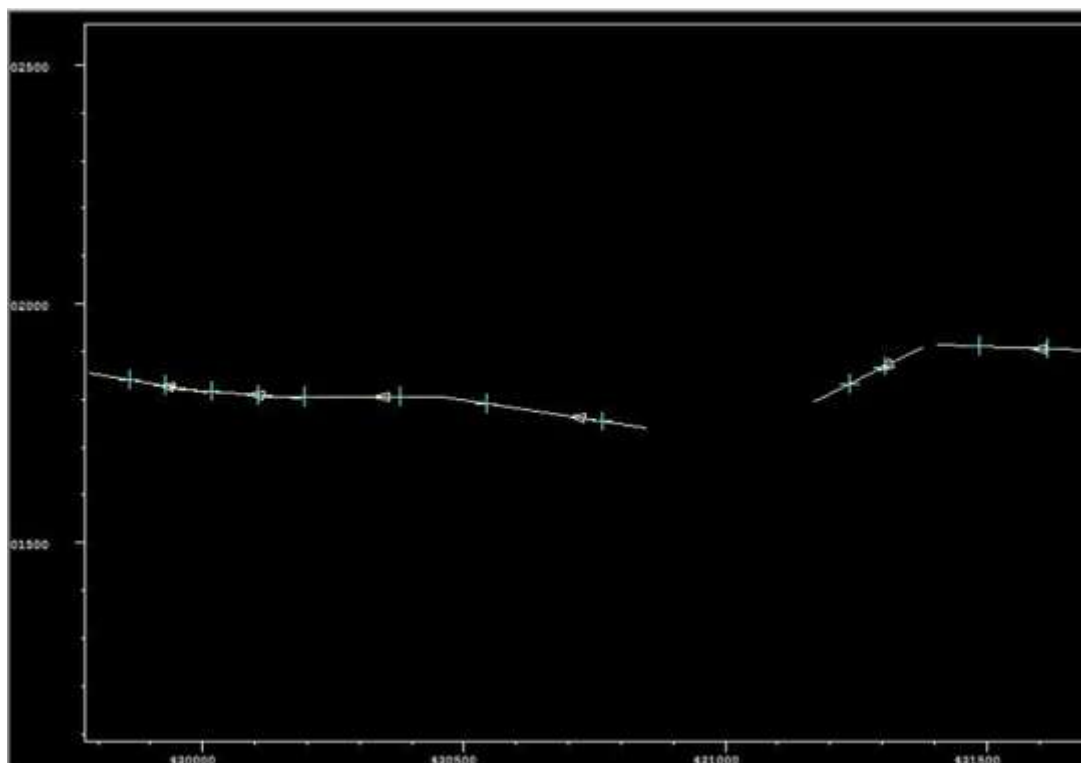
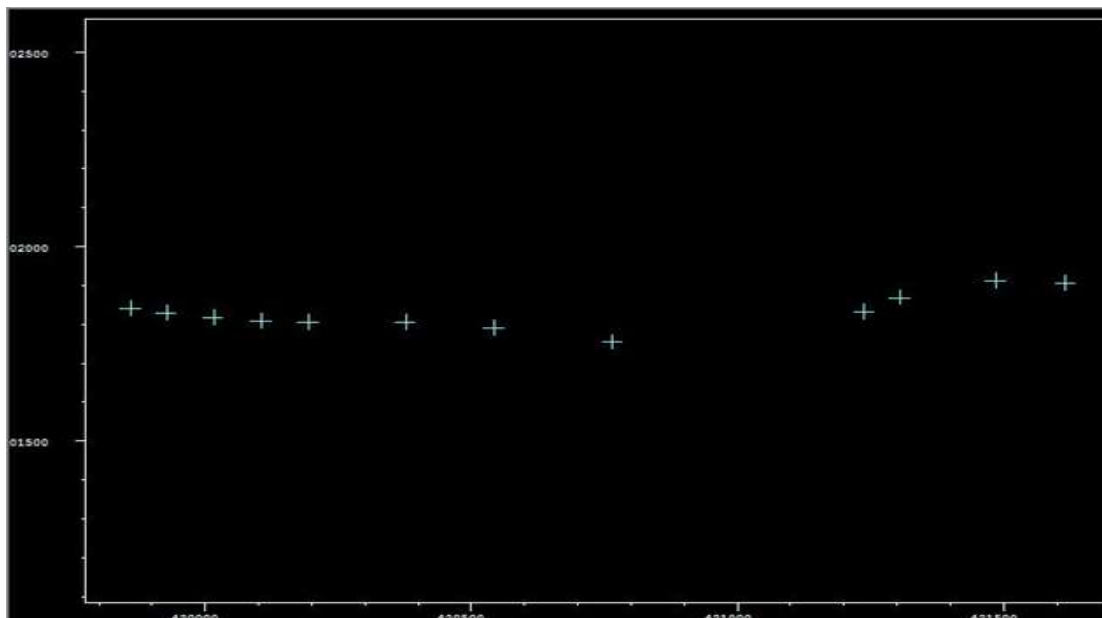
Déflexion = 48,2 mm/100
entre-jumelage

Rdc = 556,3 m

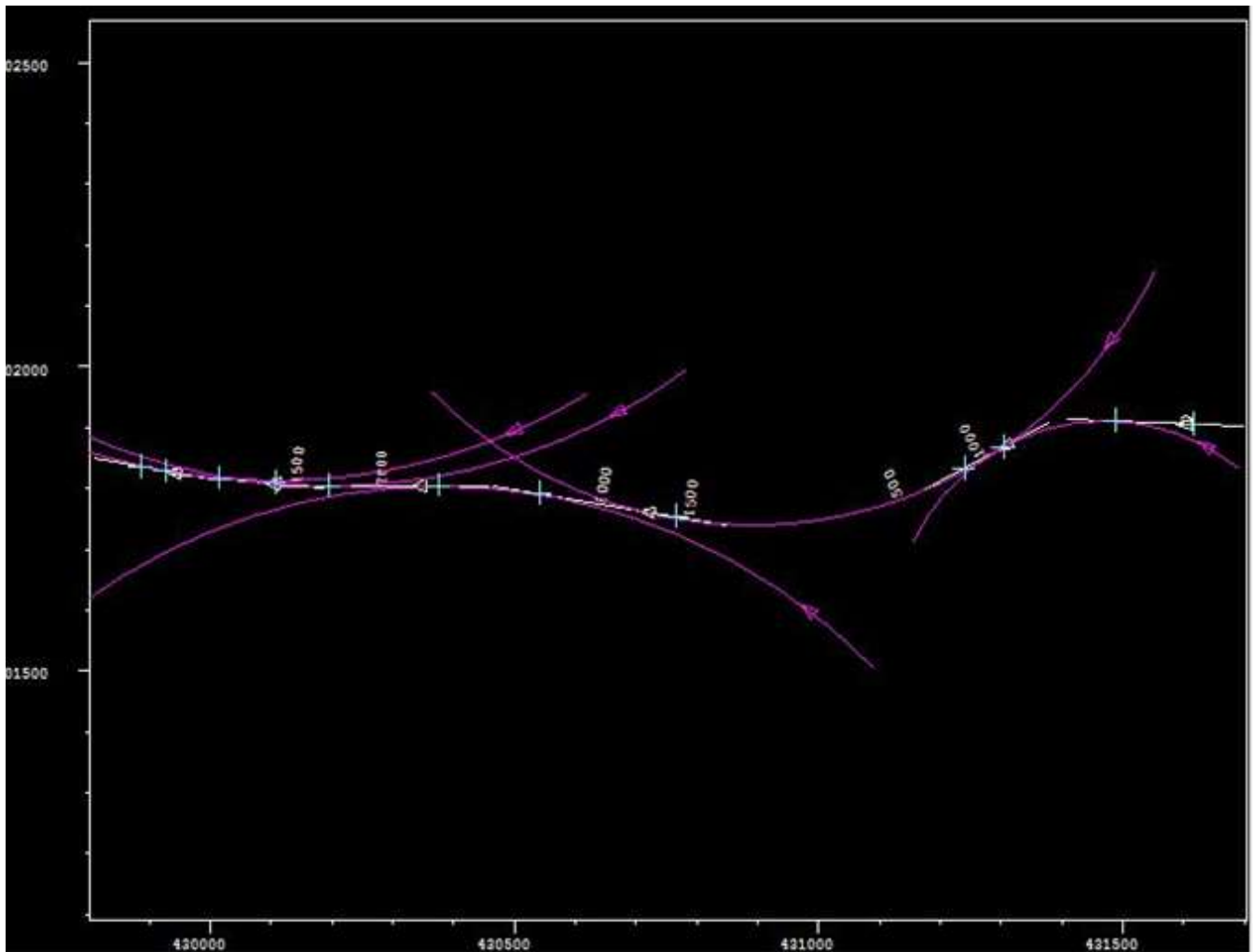
Alizé-Lcpc Mémo

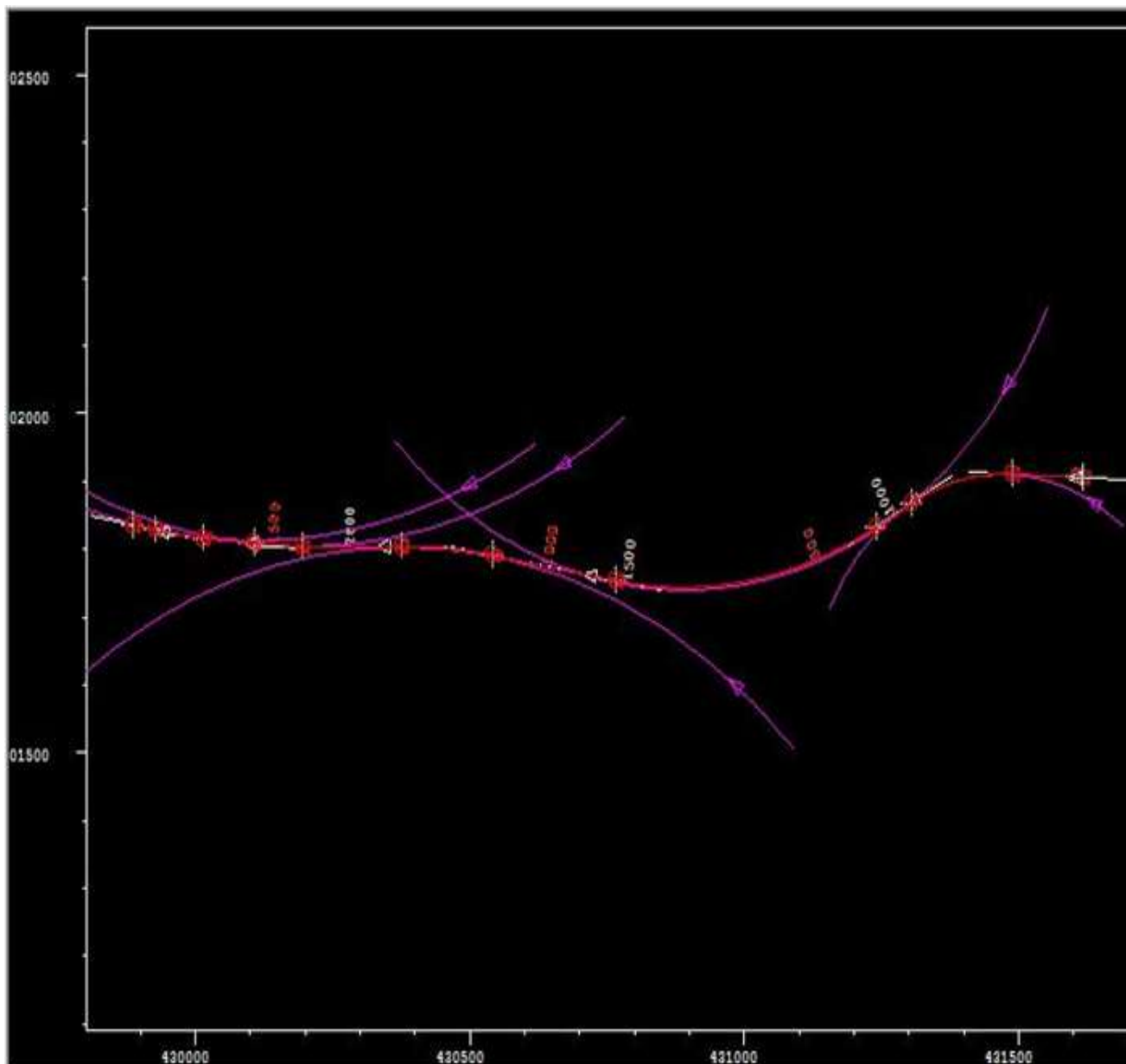
- 1 - EpsiT= 145,9 (BB)
- 2 - EpsiT= 118,7 (GB2)
- 3 - SigmaT= 0,601 (GC)
- 4 - EpsiZ= 392,5 (gnt et sol)

ANNEXE 4 : Construction des points et droites de l'axe en Plan



ANNEXE 5: Construction des éléments de liaison de l'axe en Plan



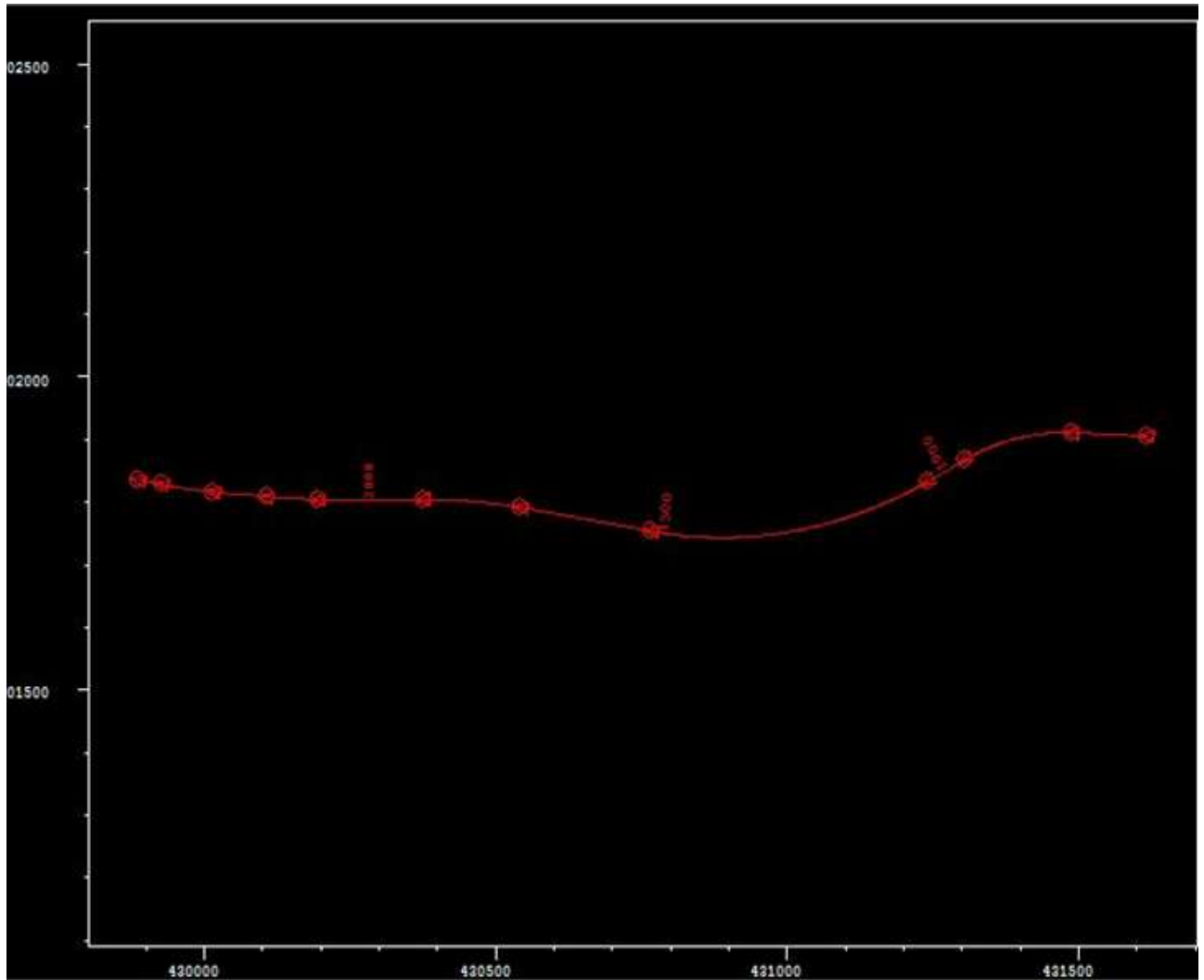


ANNEXE 6: Eléments de l'axe Plan

AXE EN PLAN : AXE1					
Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			650.000	431617.556	701904.897
D1	G = 302.702g	130.539			
			780.539	431487.134	701910.436
C1	XC= 431472.284 YC= 701560.780 R = 349.971	188.783			
			969.322	431305.428	701868.414
D2	G = 268.361g	75.312			
			1044.634	431239.226	701832.507
C2	XC= 430887.988 YC= 702480.088 R = -736.701	488.557			
			1533.191	430766.119	701753.537
D3	G = 310.580g	226.368			
			1759.559	430542.870	701790.984
C3	XC= 430377.444 YC= 700804.761 R = 1000.000	166.932			
			1926.491	430376.702	701804.761
D4	G = 299.953g	181.812			
			2108.303	430194.890	701804.626
C4	XC= 430194.147 YC= 702804.626 R = -1000.000	88.439			
			2196.742	430106.563	701808.469
D5	G = 305.583g	91.047			
C5	XC= 430103.450 YC= 702812.600 R = -1000.000	89.482			
			2377.271	429927.197	701828.255
D6	G = 311.280g	40.509			
			2417.780	429887.322	701835.395
LONGUEUR DE L'AXE 1767.780					



ANNEXE 7 : Résultats du calcul de l'axe



Annexe 8 : Résultats de la tabulation de l'axe en plan

TABULATION DE L'AXE EN PLAN						
Profil	Elément	Abscisse	X	Y	Gisement	
1	D1	650.000	431617.556	701904.897	2.702g	
2	D1	675.000	431592.579	701905.958	2.702g	
3	D1	700.000	431567.601	701907.019	2.702g	
4	D1	725.000	431542.624	701908.079	2.702g	
5	D1	750.000	431517.646	701909.140	2.702g	
6	D1	775.000	431492.669	701910.201	2.702g	
TANG	D1	780.539	431487.134	701910.436	2.702g	
7	C1	800.000	431467.678	701910.721	399.162g	
8	C1	825.000	431442.713	701909.500	394.614g	
9	C1	850.000	431417.899	701906.500	390.067g	
10	C1	875.000	431393.363	701901.736	385.519g	
11	C1	900.000	431369.229	701895.234	380.971g	
12	C1	925.000	431345.620	701887.026	376.424g	
13	C1	950.000	431322.658	701877.153	371.876g	
TANG	C1	969.322	431305.428	701868.414	368.361g	
14	D2	975.000	431300.437	701865.707	368.361g	
15	D2	1000.000	431278.461	701853.788	368.361g	
16	D2	1025.000	431256.485	701841.869	368.361g	
TANG	D2	1044.634	431239.226	701832.507	368.361g	
17	C2	1050.000	431234.500	701829.966	368.825g	
18	C2	1075.000	431212.243	701818.584	370.985g	
19	C2	1100.000	431189.613	701807.963	373.146g	
20	C2	1125.000	431166.635	701798.117	375.306g	
21	C2	1150.000	431143.336	701789.055	377.467g	
22	C2	1175.000	431119.743	701780.789	379.627g	
23	C2	1200.000	431095.884	701773.329	381.787g	
24	C2	1225.000	431071.785	701766.682	383.948g	
25	C2	1250.000	431047.474	701760.857	386.108g	
26	C2	1275.000	431022.980	701755.860	388.268g	
27	C2	1300.000	430998.330	701751.697	390.429g	
28	C2	1325.000	430973.553	701748.372	392.589g	

29	C2	1350.000	430948.678	701745.891	394.749g
30	C2	1375.000	430923.733	701744.254	396.910g
31	C2	1400.000	430898.747	701743.465	399.070g
32	C2	1425.000	430873.748	701743.524	1.231g
33	C2	1450.000	430848.765	701744.431	3.391g
34	C2	1475.000	430823.828	701746.186	5.551g
35	C2	1500.000	430798.965	701748.785	7.712g
36	C2	1525.000	430774.204	701752.226	9.872g
TANG	C2	1533.191	430766.119	701753.537	10.580g
37	D3	1550.000	430749.541	701756.317	10.580g
38	D3	1575.000	430724.886	701760.453	10.580g
39	D3	1600.000	430700.230	701764.588	10.580g
40	D3	1625.000	430675.575	701768.724	10.580g
41	D3	1650.000	430650.919	701772.860	10.580g
42	D3	1675.000	430626.264	701776.995	10.580g
43	D3	1700.000	430601.608	701781.131	10.580g
44	D3	1725.000	430576.952	701785.267	10.580g
45	D3	1750.000	430552.297	701789.402	10.580g
TANG	D3	1759.559	430542.870	701790.984	10.580g
46	C3	1775.000	430527.622	701793.420	9.597g
47	C3	1800.000	430502.861	701796.865	8.005g
48	C3	1825.000	430478.022	701799.690	6.414g
49	C3	1850.000	430453.120	701801.894	4.822g
50	C3	1875.000	430428.171	701803.474	3.231g
51	C3	1900.000	430403.190	701804.430	1.639g
52	C3	1925.000	430378.193	701804.761	0.048g
TANG	C3	1926.491	430376.702	701804.761	399.953g
53	D4	1950.000	430353.193	701804.744	399.953g
54	D4	1975.000	430328.193	701804.725	399.953g
55	D4	2000.000	430303.193	701804.706	399.953g
56	D4	2025.000	430278.193	701804.688	399.953g
57	D4	2050.000	430253.193	701804.669	399.953g
58	D4	2075.000	430228.193	701804.651	399.953g
59	D4	2100.000	430203.193	701804.632	399.953g
TANG	D4	2108.303	430194.890	701804.626	399.953g



Véfication de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à Cotonou au Bénin : Phase 1

60	C4	2125.000	430178.193	701804.753	1.016g
61	C4	2150.000	430153.204	701805.464	2.607g
62	C4	2175.000	430128.240	701806.800	4.199g
TANG	C4	2196.742	430106.563	701808.469	5.583g
63	D5	2200.000	430103.317	701808.754	5.583g
64	D5	2225.000	430078.414	701810.944	5.583g
65	D5	2250.000	430053.510	701813.133	5.583g
66	D5	2275.000	430028.606	701815.323	5.583g
TANG	D5	2287.789	430015.865	701816.443	5.583g
67	C5	2300.000	430003.709	701817.587	6.360g
68	C5	2325.000	429978.867	701820.391	7.952g
69	C5	2350.000	429954.103	701823.815	9.543g
70	C5	2375.000	429929.433	701827.857	11.135g
TANG	C5	2377.271	429927.197	701828.255	11.280g
71	D6	2400.000	429904.824	701832.261	11.280g
72	D6	2417.780	429887.322	701835.395	11.280g



ANNEXE 9 : Résultats du calcul des devers

Profil 1	S= 650.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 2	S= 675.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 3	S= 700.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 4	S= 725.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 5	S= 750.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 6	S= 775.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 7	S= 800.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 8	S= 825.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 9	S= 850.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 10	S= 875.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 11	S= 900.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 12	S= 925.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 13	S= 950.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 14	S= 975.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 15	S= 1000.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 16	S= 1025.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 17	S= 1050.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 18	S= 1075.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 19	S= 1100.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 20	S= 1125.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 21	S= 1150.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 22	S= 1175.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 23	S= 1200.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 24	S= 1225.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 25	S= 1250.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 26	S= 1275.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 27	S= 1300.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%



Véification de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à Cotonou au Bénin : Phase 1

Profil 28	S= 1325.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 29	S= 1350.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 30	S= 1375.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 31	S= 1400.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 32	S= 1425.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 33	S= 1450.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 34	S= 1475.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 35	S= 1500.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 36	S= 1525.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 37	S= 1550.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 38	S= 1575.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 39	S= 1600.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 40	S= 1625.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 41	S= 1650.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 42	S= 1675.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 43	S= 1700.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 44	S= 1725.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 45	S= 1750.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 46	S= 1775.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 47	S= 1800.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 48	S= 1825.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 49	S= 1850.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 50	S= 1875.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 51	S= 1900.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 52	S= 1925.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 53	S= 1950.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 54	S= 1975.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 55	S= 2000.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 56	S= 2025.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%



Véification de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à Cotonou au Bénin : Phase 1

Profil 57	S= 2050.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 58	S= 2075.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 59	S= 2100.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 60	S= 2125.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 61	S= 2150.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 62	S= 2175.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 63	S= 2200.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 64	S= 2225.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 65	S= 2250.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 66	S= 2275.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 67	S= 2300.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 68	S= 2325.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 69	S= 2350.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 70	S= 2375.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 71	S= 2400.00	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%
Profil 72	S= 2417.78	Dévers gauche	2.50%	droit	-2.50%

Dévers stockés par zones

ANNEXE 10 : Résultats interpolation du terrain

LECTURE D'UN FICHER DE PROFILS TERRAIN

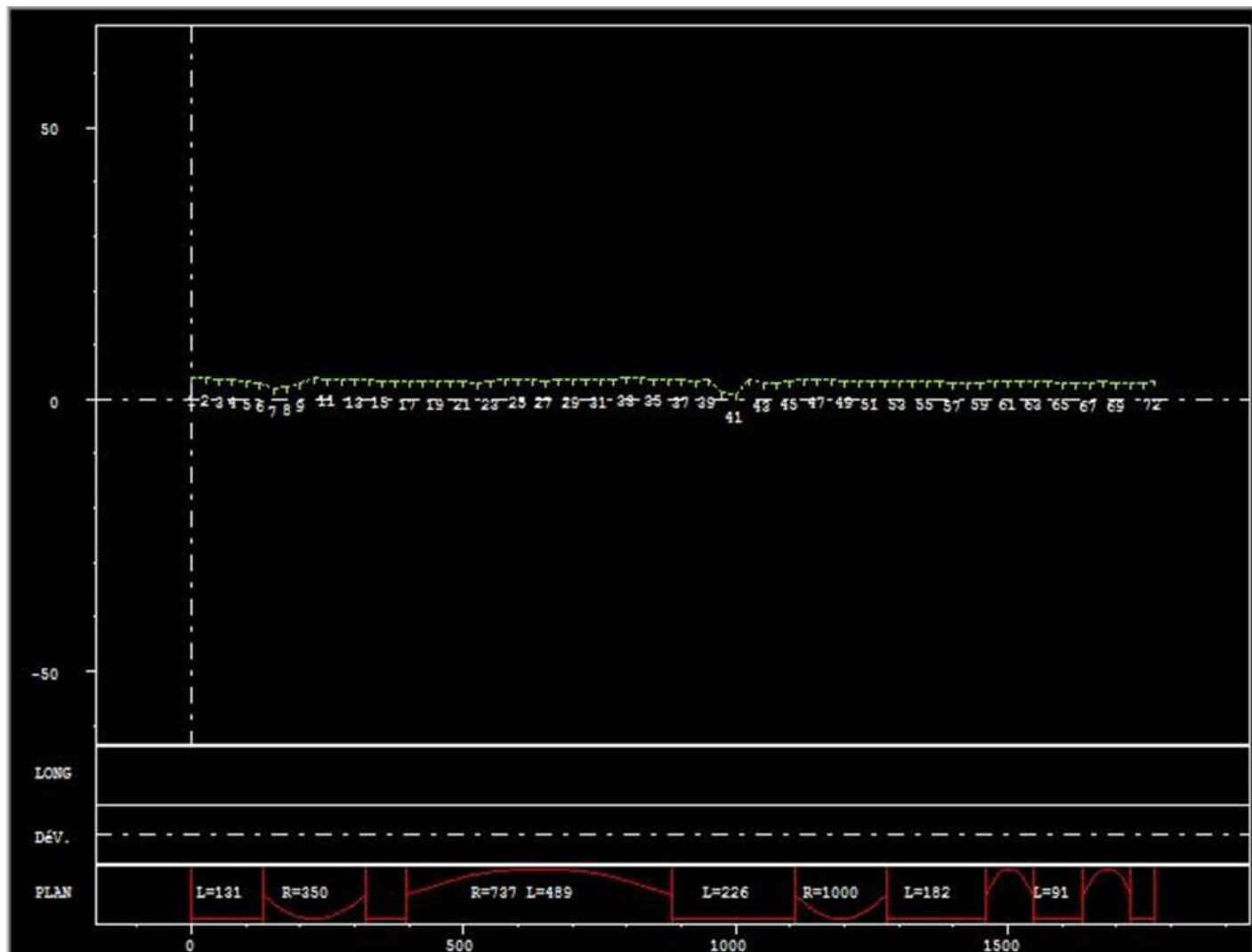
Profil N°	1	S=	650.00	11	points terrain
Profil N°	2	S=	675.00	12	points terrain
Profil N°	3	S=	700.00	11	points terrain
Profil N°	4	S=	725.00	12	points terrain
Profil N°	5	S=	750.00	10	points terrain
Profil N°	6	S=	775.00	9	points terrain
Profil N°	7	S=	800.00	8	points terrain
Profil N°	8	S=	825.00	10	points terrain
Profil N°	9	S=	850.00	9	points terrain
Profil N°	10	S=	875.00	13	points terrain
Profil N°	11	S=	900.00	14	points terrain
Profil N°	12	S=	925.00	11	points terrain
Profil N°	13	S=	950.00	12	points terrain
Profil N°	14	S=	975.00	14	points terrain
Profil N°	15	S=	1000.00	18	points terrain
Profil N°	16	S=	1025.00	17	points terrain
Profil N°	17	S=	1050.00	17	points terrain
Profil N°	18	S=	1075.00	19	points terrain
Profil N°	19	S=	1100.00	21	points terrain
Profil N°	20	S=	1125.00	25	points terrain
Profil N°	21	S=	1150.00	22	points terrain
Profil N°	22	S=	1175.00	22	points terrain
Profil N°	23	S=	1200.00	17	points terrain
Profil N°	24	S=	1225.00	21	points terrain
Profil N°	25	S=	1250.00	24	points terrain
Profil N°	26	S=	1275.00	23	points terrain
Profil N°	27	S=	1300.00	20	points terrain
Profil N°	28	S=	1325.00	22	points terrain
Profil N°	29	S=	1350.00	24	points terrain
Profil N°	30	S=	1375.00	17	points terrain
Profil N°	31	S=	1400.00	19	points terrain
Profil N°	32	S=	1425.00	14	points terrain
Profil N°	33	S=	1450.00	19	points terrain
Profil N°	34	S=	1475.00	19	points terrain
Profil N°	35	S=	1500.00	20	points terrain



Véification de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à Cotonou au Bénin : Phase 1

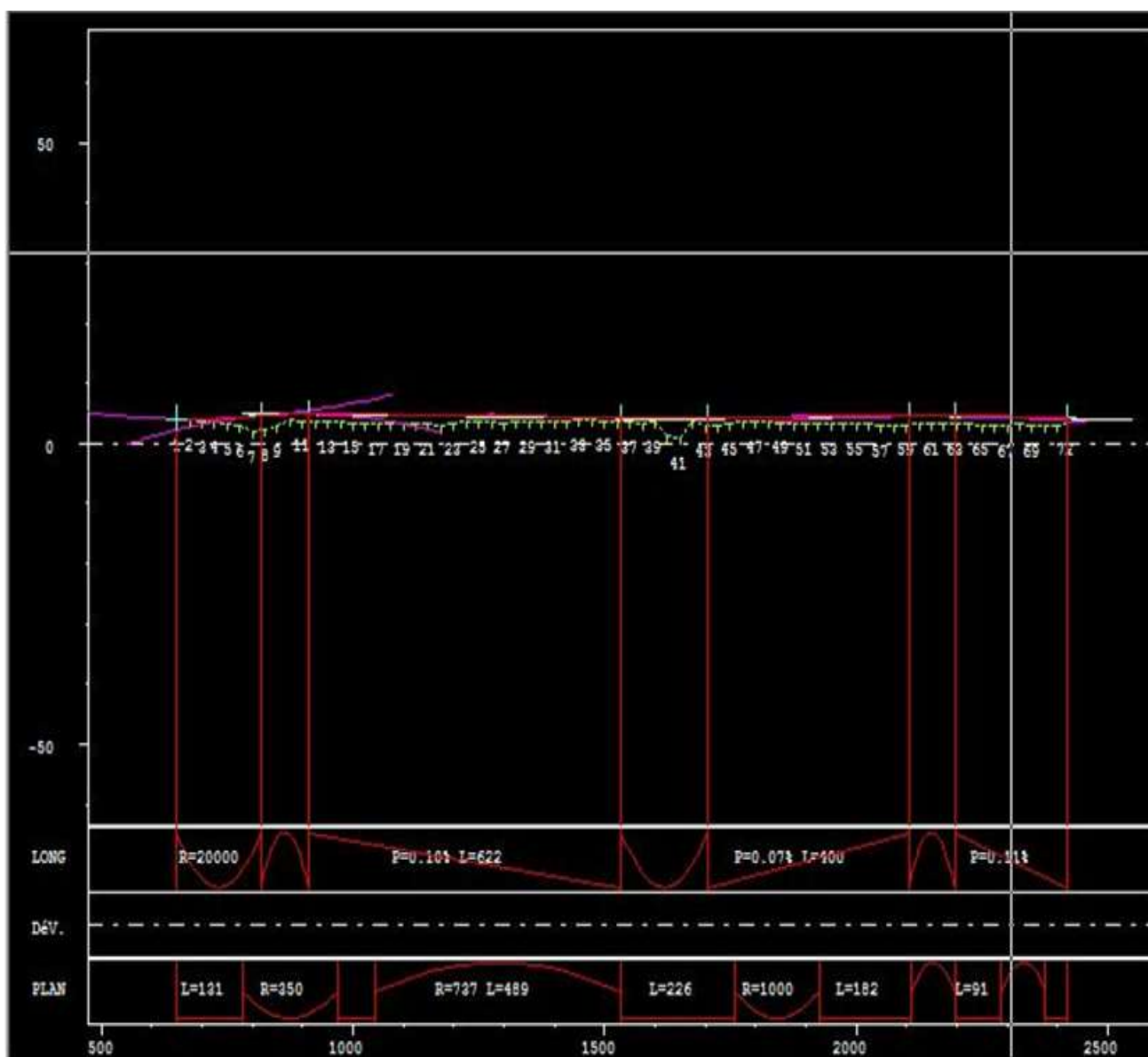
Profil N°	36 S=	1525.00	22 points terrain
Profil N°	37 S=	1550.00	22 points terrain
Profil N°	38 S=	1575.00	21 points terrain
Profil N°	39 S=	1600.00	25 points terrain
Profil N°	40 S=	1625.00	20 points terrain
Profil N°	41 S=	1650.00	31 points terrain
Profil N°	42 S=	1675.00	17 points terrain
Profil N°	43 S=	1700.00	17 points terrain
Profil N°	44 S=	1725.00	17 points terrain
Profil N°	45 S=	1750.00	17 points terrain
Profil N°	46 S=	1775.00	11 points terrain
Profil N°	47 S=	1800.00	11 points terrain
Profil N°	48 S=	1825.00	10 points terrain
Profil N°	49 S=	1850.00	11 points terrain
Profil N°	50 S=	1875.00	11 points terrain
Profil N°	51 S=	1900.00	11 points terrain
Profil N°	52 S=	1925.00	11 points terrain
Profil N°	53 S=	1950.00	10 points terrain
Profil N°	54 S=	1975.00	13 points terrain
Profil N°	55 S=	2000.00	8 points terrain
Profil N°	56 S=	2025.00	10 points terrain
Profil N°	57 S=	2050.00	10 points terrain
Profil N°	58 S=	2075.00	10 points terrain
Profil N°	59 S=	2100.00	8 points terrain
Profil N°	60 S=	2125.00	8 points terrain
Profil N°	61 S=	2150.00	10 points terrain
Profil N°	62 S=	2175.00	11 points terrain
Profil N°	63 S=	2200.00	9 points terrain
Profil N°	64 S=	2225.00	11 points terrain
Profil N°	65 S=	2250.00	8 points terrain
Profil N°	66 S=	2275.00	9 points terrain
Profil N°	67 S=	2300.00	10 points terrain
Profil N°	68 S=	2325.00	9 points terrain
Profil N°	69 S=	2350.00	7 points terrain
Profil N°	70 S=	2375.00	5 points terrain
Profil N°	71 S=	2400.00	7 points terrain
Profil N°	72 S=	2417.78	13 points terrain

ANNEXE 11 : Construction de la ligne rouge Projet par rapport au terrain naturel

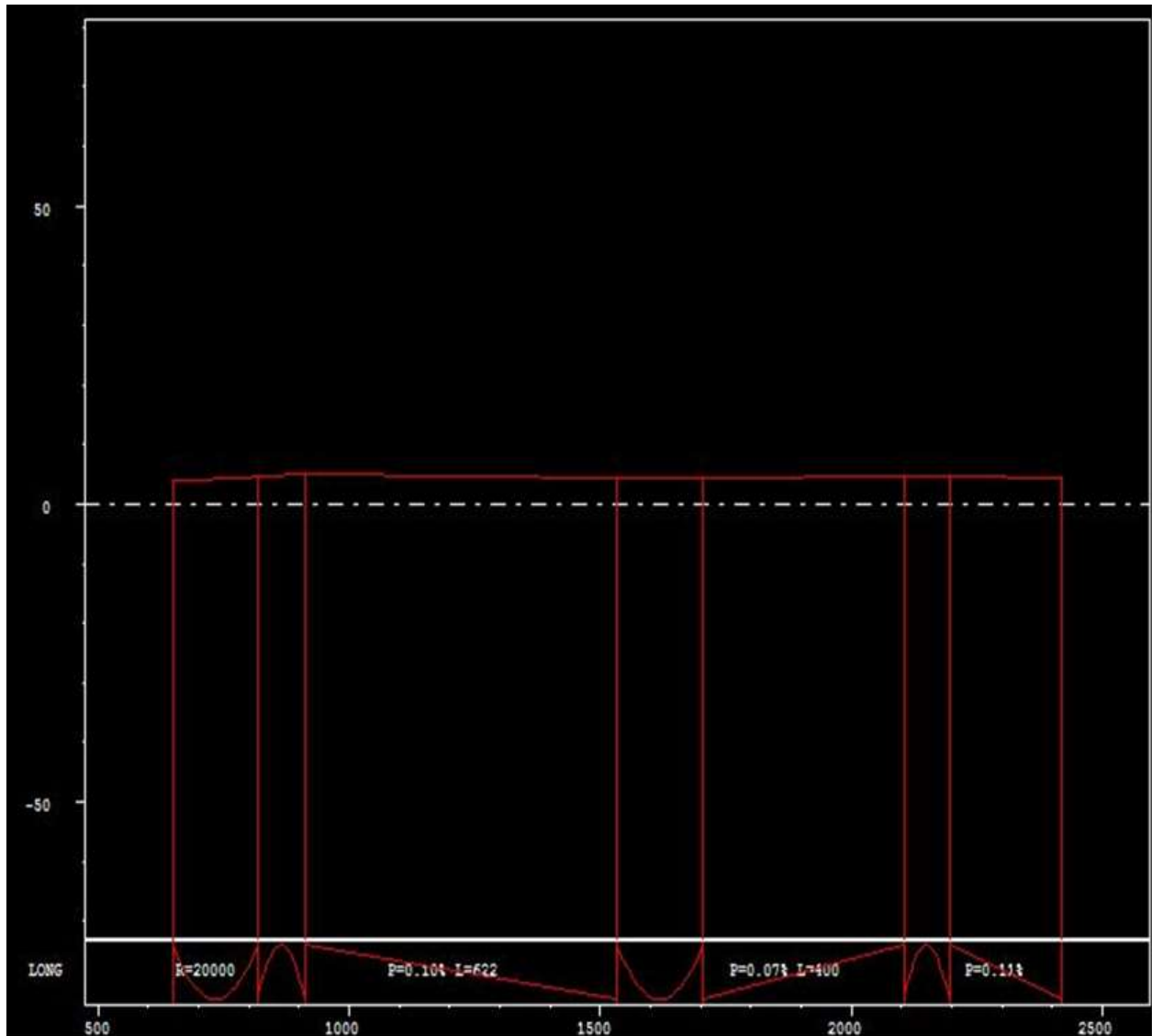




Véification de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à Cotonou au Bénin : Phase 1



Annexe 12 : Profil en long projet



ANNEXE 13 : Résultats du calcul de l'axe du profil en long projet

PROFIL EN LONG				
Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Cote
			650.000	4.120
PAR1	SS= 678.360 ZS= 4.100 RS = 20000.000	167.091		
			817.091	4.581
PAR2	SS= 900.330 ZS= 4.870 RS = -12000.000	94.971		
			912.062	4.864
D1	PENTE= -0.098 ‰	621.805		
			1533.867	4.256
PAR3	SS= 1631.635 ZS= 4.208 RS = 100000.000	170.778		
			1704.645	4.235
D2	PENTE= 0.073 ‰	400.024		
			2104.670	4.527
PAR4	SS= 2141.174 ZS= 4.540 RS = -50000.000	90.673		
			2195.342	4.511
D3	PENTE= -0.108 ‰	222.438		
			2417.780	4.270
LONGUEUR DE L'AXE 1767.780				

ANNEXE 14 : Résultats de la tabulation du Profil en long

TABULATION DU PROFIL EN LONG						
Profil	Elément	Abscisse	Cote	Pente	Rayon	
1	PAR1 PAR	650.000	4.120	-0.142%	20000.060	
2	PAR1 PAR	675.000	4.100	-0.017%	20000.001	
3	PAR1 PAR	700.000	4.112	0.108%	20000.035	
4	PAR1 PAR	725.000	4.154	0.233%	20000.163	
5	PAR1 PAR	750.000	4.228	0.358%	20000.385	
6	PAR1 PAR	775.000	4.333	0.483%	20000.700	
7	PAR1 PAR	800.000	4.470	0.608%	20001.110	
TANG	PAR1 PAR	817.091	4.581	0.694%	20001.443	
8	PAR2 PAR	825.000	4.633	0.628%	-12000.709	
9	PAR2 PAR	850.000	4.764	0.419%	-12000.317	
10	PAR2 PAR	875.000	4.843	0.211%	-12000.080	
11	PAR2 PAR	900.000	4.870	0.003%	-12000.000	
TANG	PAR2 PAR	912.062	4.864	-0.098%	-12000.017	
12	D1 DRO	925.000	4.851	-0.098%	9999999.999	
13	D1 DRO	950.000	4.827	-0.098%	9999999.999	
14	D1 DRO	975.000	4.802	-0.098%	9999999.999	
15	D1 DRO	1000.000	4.778	-0.098%	9999999.999	
16	D1 DRO	1025.000	4.754	-0.098%	9999999.999	
17	D1 DRO	1050.000	4.729	-0.098%	9999999.999	
18	D1 DRO	1075.000	4.705	-0.098%	9999999.999	
19	D1 DRO	1100.000	4.680	-0.098%	9999999.999	
20	D1 DRO	1125.000	4.656	-0.098%	9999999.999	
21	D1 DRO	1150.000	4.631	-0.098%	9999999.999	
22	D1 DRO	1175.000	4.607	-0.098%	9999999.999	
23	D1 DRO	1200.000	4.582	-0.098%	9999999.999	
24	D1 DRO	1225.000	4.558	-0.098%	9999999.999	
25	D1 DRO	1250.000	4.534	-0.098%	9999999.999	
26	D1 DRO	1275.000	4.509	-0.098%	9999999.999	
27	D1 DRO	1300.000	4.485	-0.098%	9999999.999	
28	D1 DRO	1325.000	4.460	-0.098%	9999999.999	
29	D1 DRO	1350.000	4.436	-0.098%	9999999.999	

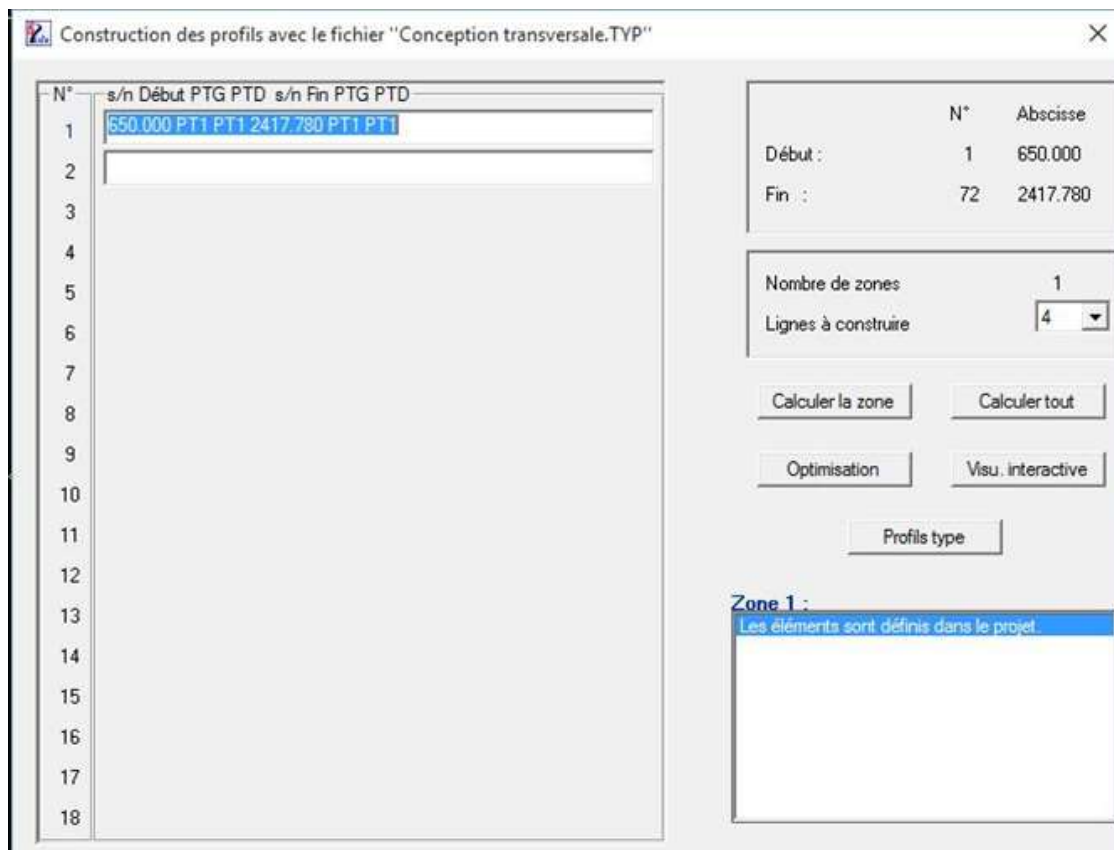
30	D1 DRO	1375.000	4.411	-0.098%	9999999.999
31	D1 DRO	1400.000	4.387	-0.098%	9999999.999
32	D1 DRO	1425.000	4.363	-0.098%	9999999.999
33	D1 DRO	1450.000	4.338	-0.098%	9999999.999
34	D1 DRO	1475.000	4.314	-0.098%	9999999.999
35	D1 DRO	1500.000	4.289	-0.098%	9999999.999
36	D1 DRO	1525.000	4.265	-0.098%	9999999.999
TANG	D1 DRO	1533.867	4.256	-0.098%	9999999.999
37	PAR3 PAR	1550.000	4.242	-0.082%	100000.100
38	PAR3 PAR	1575.000	4.224	-0.057%	100000.048
39	PAR3 PAR	1600.000	4.213	-0.032%	100000.015
40	PAR3 PAR	1625.000	4.209	-0.007%	100000.001
41	PAR3 PAR	1650.000	4.210	0.018%	100000.005
42	PAR3 PAR	1675.000	4.218	0.043%	100000.028
43	PAR3 PAR	1700.000	4.232	0.068%	100000.070
TANG	PAR3 PAR	1704.645	4.235	0.073%	100000.080
44	D2 DRO	1725.000	4.250	0.073%	9999999.999
45	D2 DRO	1750.000	4.268	0.073%	9999999.999
46	D2 DRO	1775.000	4.286	0.073%	9999999.999
47	D2 DRO	1800.000	4.305	0.073%	9999999.999
48	D2 DRO	1825.000	4.323	0.073%	9999999.999
49	D2 DRO	1850.000	4.341	0.073%	9999999.999
50	D2 DRO	1875.000	4.359	0.073%	9999999.999
51	D2 DRO	1900.000	4.378	0.073%	9999999.999
52	D2 DRO	1925.000	4.396	0.073%	9999999.999
53	D2 DRO	1950.000	4.414	0.073%	9999999.999
54	D2 DRO	1975.000	4.432	0.073%	9999999.999
55	D2 DRO	2000.000	4.451	0.073%	9999999.999
56	D2 DRO	2025.000	4.469	0.073%	9999999.999
57	D2 DRO	2050.000	4.487	0.073%	9999999.999
58	D2 DRO	2075.000	4.505	0.073%	9999999.999
59	D2 DRO	2100.000	4.524	0.073%	9999999.999
TANG	D2 DRO	2104.670	4.527	0.073%	9999999.999
60	PAR4 PAR	2125.000	4.538	0.032%	-50000.008



Véfication de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à Cotonou au Bénin : Phase 1

61	PAR4 PAR	2150.000	4.540	-0.018%	-50000.002
62	PAR4 PAR	2175.000	4.529	-0.068%	-50000.034
TANG	PAR4 PAR	2195.342	4.511	-0.108%	-50000.088
63	D3 DRO	2200.000	4.506	-0.108%	9999999.999
64	D3 DRO	2225.000	4.479	-0.108%	9999999.999
65	D3 DRO	2250.000	4.452	-0.108%	9999999.999
66	D3 DRO	2275.000	4.425	-0.108%	9999999.999
67	D3 DRO	2300.000	4.398	-0.108%	9999999.999
68	D3 DRO	2325.000	4.371	-0.108%	9999999.999
69	D3 DRO	2350.000	4.343	-0.108%	9999999.999
70	D3 DRO	2375.000	4.316	-0.108%	9999999.999
71	D3 DRO	2400.000	4.289	-0.108%	9999999.999
72	D3 DRO	2417.780	4.270	-0.108%	9999999.999

ANNEXE 15 : Construction du demi-profil type



ANNEXE 16 : Construction de la structure de chaussée

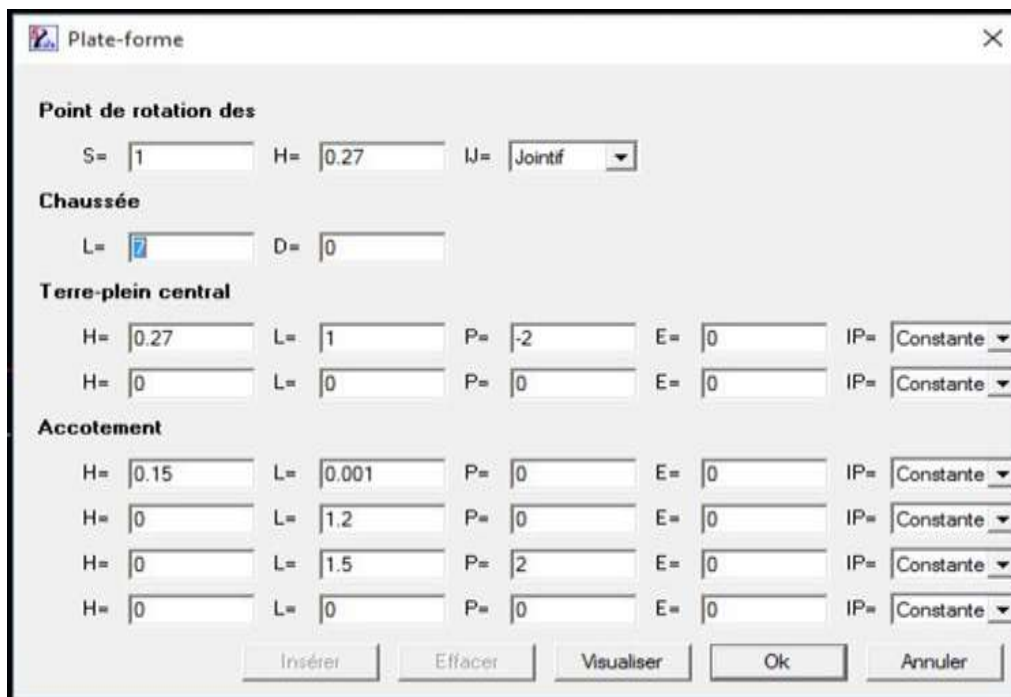


Plate-forme

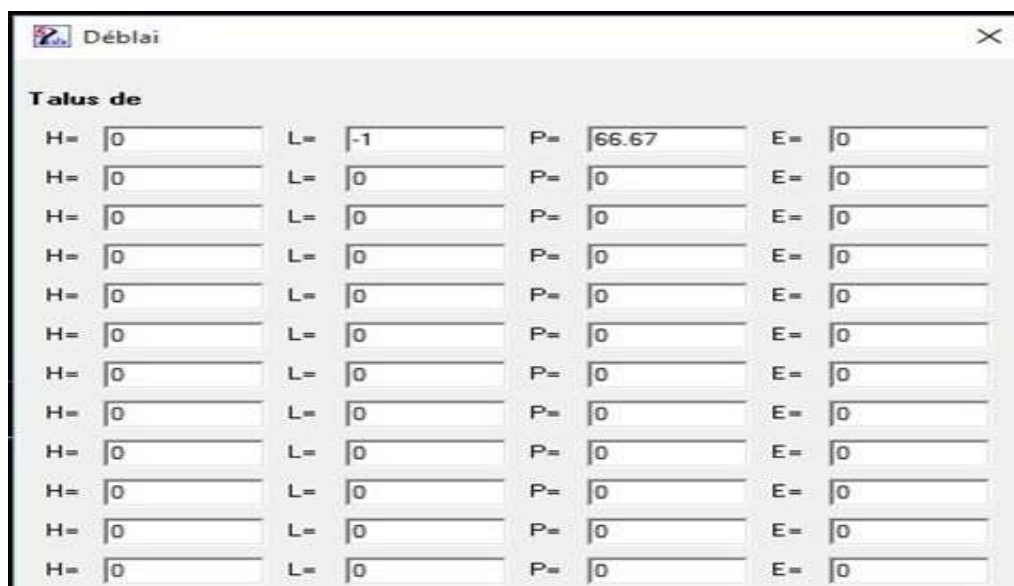
Point de rotation des
 S= 1 H= 0.27 W= Jointif

Chaussée
 L= 7 D= 0

Terre-plein central
 H= 0.27 L= 1 P= -2 E= 0 IP= Constante
 H= 0 L= 0 P= 0 E= 0 IP= Constante

Accotement
 H= 0.15 L= 0.001 P= 0 E= 0 IP= Constante
 H= 0 L= 1.2 P= 0 E= 0 IP= Constante
 H= 0 L= 1.5 P= 2 E= 0 IP= Constante
 H= 0 L= 0 P= 0 E= 0 IP= Constante

Insérer Effacer Visualiser Ok Annuler



Déblai

Talus de

H= 0	L= -1	P= 66.67	E= 0
H= 0	L= 0	P= 0	E= 0
H= 0	L= 0	P= 0	E= 0
H= 0	L= 0	P= 0	E= 0
H= 0	L= 0	P= 0	E= 0
H= 0	L= 0	P= 0	E= 0
H= 0	L= 0	P= 0	E= 0
H= 0	L= 0	P= 0	E= 0
H= 0	L= 0	P= 0	E= 0
H= 0	L= 0	P= 0	E= 0
H= 0	L= 0	P= 0	E= 0

Remblai

Talus de remblai

H=	0	L=	-1	P=	-66.67	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0
H=	0	L=	0	P=	0	E=	0

Fossé de pied de

L=	0	P=	0		
P1=	0	L0=	0	P2=	0
H1=	0	H2=	0		
L=	0	P=	0		

Edition de la couche d'assise

ASSISE sous

E=	0.98	P=	0	SG=	0	SD=	0	ID=	Minimum
----	------	----	---	-----	---	-----	---	-----	---------

ASSISE sous accotement

E=	1.25	L=	1.2	P=	0
E=	0.46	L=	1.5	P=	2
E=	0	L=	0	P=	0

ASSISE sous T.P.C.

E=	0.1	L=	1	P=	-2
----	-----	----	---	----	----

Edition de la couche de forme

FORME sous
 E= P= SG= SD= ID=

FORME sous accotement
 E= L= P=
 E= L= P=
 E= L= P=

FORME sous T.P.C.
 E= L= P=

Edition de la couche de base

BASE sous
 E= P= SG= SD= ID=

BASE sous accotement
 E= L= P=
 E= L= P=
 E= L= P=

BASE sous T.P.C.
 E= L= P=



ANNEXE 17 : Résultat calcul des profils types

CONSTRUCTION DES PROFILS PROJET AVEC LE FICHER CONCEP~1.TYP

Zone 1 : 650.000 PT1 PT1 2417.780 PT1 PT1
Profil N° 1 S= 650.000 calculé avec solution de secours
Projet : Pente ajustée à gauche
Projet : Longueur ajustée à droite

Profil N° 2 S= 675.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à droite
Assise : Segment 1/1 à gauche

Profil N° 3 S= 700.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à droite

Profil N° 4 S= 725.000 calculé

Profil N° 5 S= 750.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 6 S= 775.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 7 S= 800.000 calculé avec solution de secours
Projet : Pente ajustée à gauche
Projet : Longueur ajustée à droite

Profil N° 8 S= 825.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 9 S= 850.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 10 S= 875.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite



Profil N° 11 S= 900.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 12 S= 925.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 13 S= 950.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 14 S= 975.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 15 S= 1000.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 16 S= 1025.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 17 S= 1050.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 18 S= 1075.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 19 S= 1100.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 20 S= 1125.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 21 S= 1150.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 22 S= 1175.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 23 S= 1200.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 24 S= 1225.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 25 S= 1250.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 26 S= 1275.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 27 S= 1300.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 28 S= 1325.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 29 S= 1350.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 30 S= 1375.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 31 S= 1400.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 32 S= 1425.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 33 S= 1450.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à droite

Profil N° 34 S= 1475.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à droite

Profil N° 35 S= 1500.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 36 S= 1525.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 37 S= 1550.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 38 S= 1575.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 39 S= 1600.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 40 S= 1625.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 41 S= 1650.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 42 S= 1675.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 43 S= 1700.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 44 S= 1725.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 45 S= 1750.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 46 S= 1775.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 47 S= 1800.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 48 S= 1825.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 49 S= 1850.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 50 S= 1875.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 51 S= 1900.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 52 S= 1925.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 53 S= 1950.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 54 S= 1975.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 55 S= 2000.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 56 S= 2025.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 57 S= 2050.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 58 S= 2075.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 59 S= 2100.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 60 S= 2125.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 61 S= 2150.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 62 S= 2175.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 63 S= 2200.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 64 S= 2225.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 65 S= 2250.000 calculé avec solution de secours
Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 65 S= 2250.000 calculé avec solution de secours
 Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 66 S= 2275.000 calculé avec solution de secours
 Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 67 S= 2300.000 calculé avec solution de secours
 Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 68 S= 2325.000 calculé avec solution de secours
 Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 69 S= 2350.000 calculé avec solution de secours
 Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 70 S= 2375.000 calculé avec solution de secours
 Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 71 S= 2400.000 calculé avec solution de secours
 Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Profil N° 72 S= 2417.780 calculé avec solution de secours
 Projet : Longueur ajustée à gauche et à droite

Ligne	Solution de secours	Gauche	Droite
Projet	Pente ajustée	2	
Projet	Longueur ajustée	130	6
Assise	Segment 1/1	1	

ANNEXE 18 : Cubatures

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	650.000	37.9	104.3	0.0	0.0
2	675.000	102.2	188.4	0.0	0.0
3	700.000	113.8	131.5	0.0	0.0
4	725.000	137.9	103.7	0.0	0.0
5	750.000	217.4	80.9	0.0	0.0
6	775.000	277.7	45.3	0.0	0.0
7	800.000	478.7	35.7	0.0	0.0
8	825.000	487.8	2.5	0.0	0.0
9	850.000	436.4	3.1	0.0	0.0
10	875.000	429.9	1.6	0.0	0.0
11	900.000	422.4	1.6	0.0	0.0
12	925.000	295.3	8.7	0.0	0.0
13	950.000	318.3	3.3	0.0	0.0
14	975.000	323.6	2.9	0.0	0.0
15	1000.000	436.8	0.0	0.0	0.0
16	1025.000	460.0	0.0	0.0	0.0
17	1050.000	528.0	0.0	0.0	0.0
18	1075.000	553.5	0.0	0.0	0.0
19	1100.000	555.8	0.0	0.0	0.0
20	1125.000	501.5	0.0	0.0	0.0
21	1150.000	532.9	0.0	0.0	0.0
22	1175.000	549.7	0.0	0.0	0.0
23	1200.000	402.3	5.4	0.0	0.0
24	1225.000	273.8	6.3	0.0	0.0
25	1250.000	242.5	10.4	0.0	0.0
26	1275.000	204.3	26.5	0.0	0.0
27	1300.000	254.0	11.1	0.0	0.0
28	1325.000	221.7	13.0	0.0	0.0
29	1350.000	169.3	20.4	0.0	0.0
30	1375.000	145.3	41.6	0.0	0.0
31	1400.000	107.6	89.1	0.0	0.0
32	1425.000	99.6	121.3	0.0	0.0
33	1450.000	80.9	156.6	0.0	0.0



Véfication de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à Cotonou au Bénin : Phase 1

34	1475.000	81.7	157.0	0.0	0.0
35	1500.000	117.7	105.9	0.0	0.0
36	1525.000	177.0	50.6	0.0	0.0
37	1550.000	161.0	61.6	0.0	0.0
38	1575.000	349.2	33.5	0.0	0.0
39	1600.000	299.7	58.3	0.0	0.0
40	1625.000	1139.4	3.9	0.0	0.0
41	1650.000	1822.4	0.0	0.0	0.0
42	1675.000	177.2	62.4	0.0	0.0
43	1700.000	373.7	3.8	0.0	0.0
44	1725.000	362.8	3.4	0.0	0.0
45	1750.000	173.7	24.0	0.0	0.0
46	1775.000	148.6	37.5	0.0	0.0
47	1800.000	154.5	32.8	0.0	0.0
48	1825.000	181.3	24.8	0.0	0.0
49	1850.000	215.7	17.0	0.0	0.0
50	1875.000	282.8	8.9	0.0	0.0
51	1900.000	310.1	7.1	0.0	0.0
52	1925.000	245.1	12.8	0.0	0.0
53	1950.000	352.8	3.5	0.0	0.0
54	1975.000	356.5	5.6	0.0	0.0
55	2000.000	444.4	0.0	0.0	0.0
56	2025.000	427.4	0.0	0.0	0.0
57	2050.000	593.2	0.0	0.0	0.0
58	2075.000	540.2	0.0	0.0	0.0
59	2100.000	495.9	0.0	0.0	0.0
60	2125.000	505.0	0.0	0.0	0.0
61	2150.000	485.2	0.0	0.0	0.0
62	2175.000	404.3	2.2	0.0	0.0
63	2200.000	408.2	1.6	0.0	0.0
64	2225.000	397.6	2.8	0.0	0.0
65	2250.000	417.6	0.4	0.0	0.0
66	2275.000	433.2	0.0	0.0	0.0
67	2300.000	392.2	0.0	0.0	0.0
68	2325.000	378.2	0.0	0.0	0.0
69	2350.000	426.2	0.0	0.0	0.0
70	2375.000	351.1	3.5	0.0	0.0
71	2400.000	341.9	0.1	0.0	0.0
72	2417.780	109.9	2.4	0.0	0.0
		25434	1943	0	0

Annexe 19 : Abaque donnant l'épaisseur de la chaussée en fonction du CBR et de la charge P

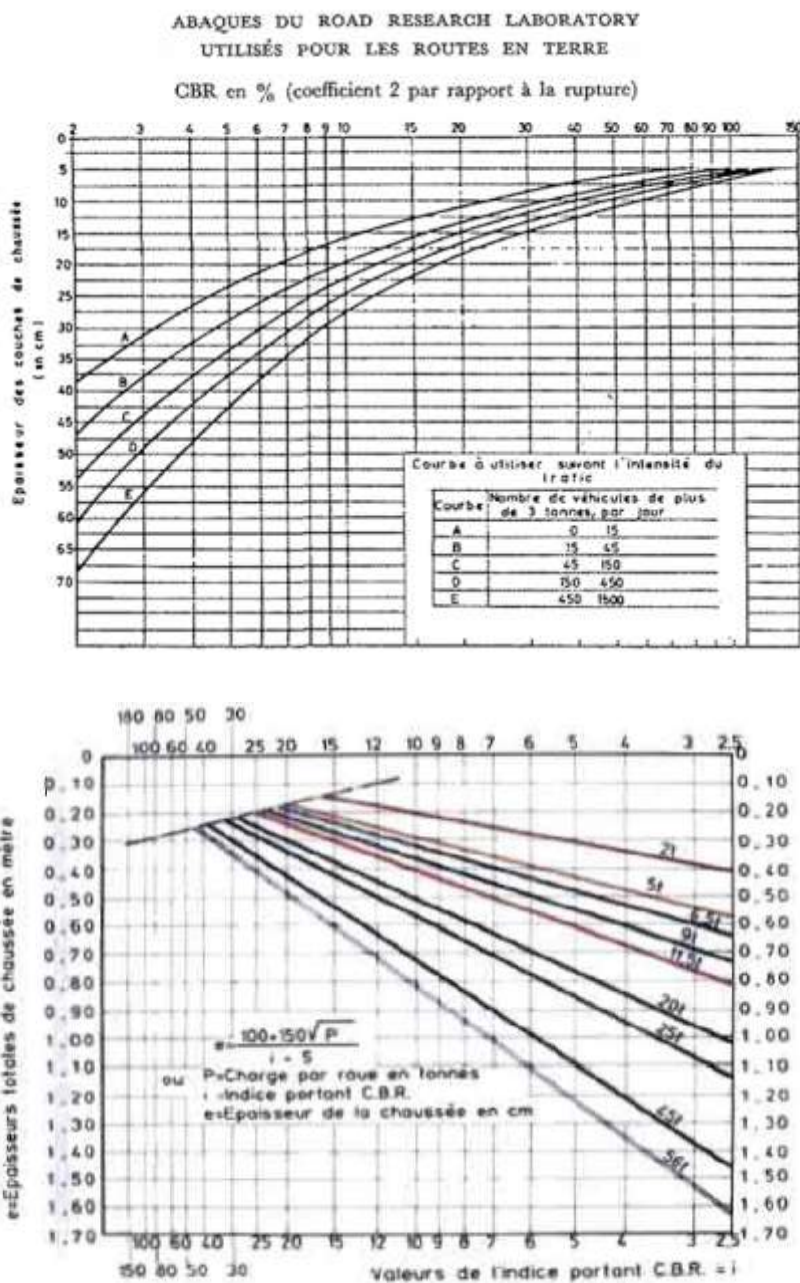


Figure 12 : Abaques donnant l'épaisseur de la chaussée en fonction du CBR et de la charge P (LCPC)
[1]

Annexe 20 : Moyens utilisés et contrôles effectués pour le terrassement

- **Moyen utilisés**

Personnel	Matériel
1 Directeur des travaux	1 Bull D7
1 Conducteur des travaux	1 Pelle
1 Chef chantier	2 Niveleuses
2 Chefs d'équipe	15 Camions bennes
9 Ouvriers spécialisés	1 Chargeuse à pneus
15 Manœuvres	1 Compacteur sur pneus
7 Conducteurs d'engin	1 Compacteur vibrant
17 Chauffeurs de camions	2 Camions citerne
Chef Labo et son équipe	Matériel topographique
Chef Topo et son équipe	Matériel de laboratoire

- **Contrôle interne**

Nature du contrôle et mode opératoire	Contrôleur	Fréquence
Vérification implantation des limites	Chef Topo	1 par profil en travers
Définition quantités et positions	Chef Topo + CT	Vue en plan
Compacités	Chef Labo + CT	A tous les 50m

- **Contrôle externe**

Nature du contrôle et mode opératoire	Contrôleur	Fréquence
Vérification implantation des limites	IAQ	Mensuelle
Compacité	IAQ	Mensuelle

Annexe 21 : Moyens utilisés et contrôles effectués pour la couche de fondation

• **Moyens utilisés**

Personnel	Matériel
1 Conducteur des travaux	2 Niveleuse
1 chef chantier	1 Chargeuse
2 chefs d'équipe	15 Camions Benne
9 Manœuvres	1 Citerne à eau
06 conducteurs d'engins	2 compacteurs roulant vibrant
15 chauffeurs de camions benne	2 Compacteur pneumatique
06 drapeautiers	1 Malaxeur
1 équipe labo	
1 équipe topo	
1 Electricien pour malaxeur	
1 Mécanicien pour malaxeur	
2 régleurs	

• **Contrôle interne**

Nature du contrôle et mode opératoire	Control	Fréquence	Spécifications
Couche de fondation en concassé 0/31,5 amélioré à 3% de ciment			
Essais de compactage et de portance (NF P 94-078)	Labo	1/250ml	CBR à 95% de l'OPM ≥ 160
Mesure de compacité (NF P 94-050)	Labo	1/50ml	$\geq 95\%$ de l'OPM
Déflexion à la poutre Benkelman (NF P 98-200-2)	Labo	1/50ml	DC < 100
Dévers	Topo	par profil	$\pm 0,5\%$

Annexe 22 : Moyens utilisés et contrôles effectués pour l'imprégnation de la couche de fondation

- **Moyens utilisés**

Personnel	Matériel
1 Conducteur des travaux	1 Epandeur de liant équipé de lance
1 Chef Labo et son équipe	1 Tracteur à balai mécanique
1 Chef Topo et son équipe	1 Camion-Citerne
6 Conducteurs	Petits matériels (arrosoirs, pelles, brouettes,...)
4 Ouvriers spécialisés	1 lot de matériel de géotechnique : plaques métalliques, balances, thermomètres, viscosimètre, étuve, pénétromètre,.
1 Chef chantier	1 lot de matériel topographique : Station totale, GPS, chaînes, mire, jalons

- **Contrôle interne**

Nature du contrôle et mode opératoire	Contrôleur	Fréquence	Spécifications
Pseudo-viscosité orifice à 4 mm, à 25°C	Labo	1 tous les 25T	<30s
Régularité transversale du répandage	Labo	Début travaux	<0,15
Dosage du liant (NF P 98-275-1)	Labo	tous les 1.500 m ²	1,2 kg/m ² ±0,1

- **Contrôle externe**

Nature du contrôle et mode opératoire	Contrôleur	Fréquence	Spécifications
Vérifications des modes opératoires	IAQ	Mensuelle	PAQ
vérification des fréquences d'essais	IAQ	Mensuelle	PAQ

Annexe 23 : Moyens utilisés et Contrôle effectué pour la couche de base

▪ Moyens utilisés

Personnel	Matériel
1 Conducteur des travaux	1 Centrale d'enrobé
1 Chef d'application des enrobés	1 Finisseur
1 Régleur de finisseur	1 Balayeuse mécanique
Conducteurs camions	Compacteur à pneu
Conducteurs d'engin	Compacteur rouleau lisse
Ouvriers spécialisés	Répandeuse de bitume
Manceuvres	Camions bennes avec bâche
1 Chef Labo et son équipe	1 lot de matériel de géotechnique
1 Chef Topo et son équipe	1 lot de matériel topographique
	1 lot de petit matériel de travaux

▪ Contrôle interne

Nature du contrôle et mode opératoire	Contrôleur	Fréquence	Spécification
Mélange bitumineux			
Température de répandage	Labo	Plusieurs fois / jour	150 à 190°C
Température de fabrication	Labo	Plusieurs fois / jour	150 à 190°C
Compacité par carottage par rapport au MVA Marshall	Labo	1 série de 3 tous les 500ml	≥98%
Epaisseur in situ (carottage)	Labo	1 série de 3 tous les	10cm
Compacité Marshall	Labo	1 série de 3 par jour	>95%
Fluage	Labo	1 série de 3 par jour	2 à 4mm
Bitume 15/25			
Pénétrabilité à 25°C	Labo		15/25
Point de ramollissement bille et anneau	Labo		58/68
Contrôle agrégats			
Coefficient d'aplatissement	Labo	200 m ³	< 15
Los Angeles	Labo	500 m ³	<35
Micro Duval humide	Labo	500 m ³	<25

▪ **Contrôle externe**

Nature du contrôle et mode opératoire	Contrôleur	Fréquence
Vérification identification matériaux	IAQ	Mensuelle
Vérification étude de composition	IAQ	Avant démarrage échelon
Vérification fréquence des essais	IAQ	Mensuelle

Annexe 24 : Moyens utilisés et contrôles effectués pour la couche de roulement

▪ **Moyens utilisés**

Personnel	Matériel
1 Directeur des travaux	1 Centrale d'enrobé
1 Conducteur des travaux	1 Finisseur
1 Chef d'application des enrobés	1 Balayeuse mécanique et un compresseur avec raccord
1 Régleur de finisseur	Compacteur à pneu
Conducteurs camions	Compacteur rouleau lisse
Conducteurs d'engin	Répandeuse de bitume
Ouvriers spécialisés	Camions bennes avec bâche
Manceuvres	1 lot de matériel de géotechnique
1 Chef Labo et son équipe	1 lot de matériel topographique
1 Chef Topo et son équipe	1 lot de petit matériel de travaux

▪ **Contrôle interne**

Nature du contrôle et mode opératoire	Contrôleur	Fréquence	Spécifications
Mélange bitumineux			
Température de répandage	Labo	Plusieurs fois / jour	150 à 170°C
Température de fabrication	Labo	Plusieurs fois / jour	150 à 190°C
Compacité par carottage par rapport au MVA Marshall (NF P98-251-2)	Labo	1 série de 3 tous les 500ml	≥ 98%
Epaisseur in situ (carottage)	Labo	1 tous les 100ml	1,50%
Compacité Marshall (NF P98-251-2)	Labo	1 série de 3 par jour	> 96%
Fluage (NF P98-251-2)	Labo	1 série de 3 par jour	2 à 5mm
Teneur en bitume (Extraction au Kumagawa)	Labo	1 série de 2 / jour	6%
Analyse granulométrique après extraction	Labo	1 série de 2 / jour	Insertion parfaite dans le fuseau de référence

▪ **Contrôle agrégats**

Coefficient d'aplatissement	Labo	200 m ³	< 15
Los Angeles	Labo	500 m ³	≤ 35
Micro Duval humide		500 m ³	≤ 25

- **Contrôle externe**

Nature du contrôle et mode opératoire	Contrôleur	Fréquence
Vérification identification matériaux	IAQ	Mensuelle
Vérification étude de composition	IAQ	Avant démarrage échelon
Vérification fréquence des essais	IAQ	Mensuelle

Annexe 25 : Caractéristique des matériaux de la Plateforme

Tableau XII: Caractéristiques des matériaux de la plateforme

PK		0+600	2+000	4+000	6+000	8+000	10+000	12+000	14+000	16+000	18+000	20+000
Puits N°		1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21
Couche prélevée (cm/cm)		30/ 100	20/100	55/100	30/110	20/110	15/105	30/105	25/115	42/115	20/110	20/105
Analyse granulométrique	Tamis											
	12,5											
	10											
	8											
	5			100,0	100,0	100,0	100,0					
	2,5	100,0	100,0	99,5	99,7	99,8	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1,25	99,3	99,2	97,2	96,5	97,6	97,1	98,5	98,3	98,6	100,0	99,4
	0,5	86,6	81,7	65,5	74,7	97,1	74,9	77,3	84,8	81,6	99,5	83,6
	0,315	18,4	24,2	6,5	14,7	9,7	11,2	10,7	18,7	14,4	90,7	10,0
	0,16	1,9	3,7	1,2	3,0	3,5	2,0	2,3	5,2	4,2	4,2	2,8
0,08	0,2	0,3	0,5	1,0	2,4	0,9	0,7	1,8	2,1	1,3	0,3	
Equivalent de sable	ES(%)	96,1	95,1	96,6	94,8	95,9	94,3	95,3	93,4	96,5	95,9	54,9
Classification	LPC / USCS	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm
	HRB	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3
Proctor Modifié	ρ_{dmax} (t/m ³)	1,67	1,705	1,73	1,71	1,75	1,79	1,76	1,69	1,77	1,66	1,80
	w _{opt} (%)	11,50	11,30	8,00	8,10	9,00	9,50	11,50	11,20	11,10	10,80	8,60
CBR après 96h d'imbibition	95 % OPM	10	13	14	18	9	13	23	9	13	11	22
	w après imbibition	20,00	20,29	17,27	16,52	15,90	15,33	16,18	17,26	16,82	15,79	13,35
	% de gonflement	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Véification de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à Cotonou au Bénin : Phase 1

PK	22+000	24+000	26+000	28+000	30+000	32+000	33+430	35+430	37+000	39+000	22+000	
Puits N°	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	23	
Couche prélevée (cm/cm)	35/120	35/120	25/110	25/100	20/120	18/100	32/120	25/115	30/120	15/110	35/120	
Analyse granulométrique	12,5											
	10											
	8											
	5	100,0									100,0	
	2,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	
	1,25	98,6	99,0	100,0	100,0	98,9	100,0	99,5	99,6	99,3	99,5	98,6
	0,5	76,6	81,3	97,7	99,4	86,7	96,7	90,0	85,8	88,7	83,7	76,6
	0,315	9,7	12,2	16,9	96,3	15,4	20,7	18,8	14,0	16,8	16,8	9,7
	0,16	2,1	2,4	5,1	20,8	6,0	3,3	4,0	4,8	5,5	6,3	2,1
0,08	0,6	1,5	2,9	6,5	1,8	0,4	2,0	3,8	2,7	3,3	0,6	
Equivalent de sable	ES(%)	96,5	91,5	87,4	96,8	95,7	91,4	93,9	92,0	95,8	95,0	96,5
Classification	LPC / USCS	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm	Sm
	HRB	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3	A-3
Proctor Modifié	ρ_{dmax} (t/m ³)	1,74	1,67	1,75	1,75	1,77	1,74	1,74	1,75	1,71	1,77	1,74
	w _{opt} (%)	11,10	10,80	10,20	10,70	11,30	11,00	9,40	10,50	11,40	9,00	11,10
CBR après 96 h d'imbibition	95 % OPM	16	13	15	11	16	11	11	20	19	13	16
	W après imbibition	16,95	15,68	16,34	15,05	16,20	17,61	17,57	16,50	5,49	16,49	16,95
	% de gonflement	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

[6]

Annexe 26 : Résultat des essais sur la carrière de sable silteux

Tableau XIII: Résultats des essais réalisés sur le sable silteux

Carrière		AWICODJI
Analyse granulométrique (pourcentage de passant au tamis)	8	
	5	
	2,5	100,0
	1,25	99,3
	0,63	92,7
	0,315	45,0
	0,16	18,5
	0,08	13,5
Equivalent de Sable	ES (%)	20,6
Classification	LPC / USCS	SL
	HRB	A-2-4 (0)
Proctor Modifié	ρ_{dmax} (t/m ³)	2,02
	w _{opt} (%)	9,30
CBR après 96 h d'imbibition	95 % OPM	33
	w après imbibition	14,21
	% de gonf	0,29

[6]

Annexe 27: Résultats des essais sur la carrière de grave latéritique

Tableau XIV: Résultats des différents essais réalisés sur les graveleux latéritiques

Carrière	Carrière n°1	Carrière n°2
Analyse granulométrique (pourcentage de passant au tamis)	40	100
	31,5	99
	25	97
	20	100
	16	98,5
	12,5	96,5
	8	82
	5	57
	2	39,5
	1,25	37
	0,4	25,5
	0,315	21,5
	0,16	17,5
	0,08	14
Limites d'Atterberg	WI (%)	27
	IP	10
Classification	LPC / USCS	GA
	HRB	A-1-a (0)
Proctor Modifié	ρ_{dmax} (t/m ³)	2,145
	w _{opt} (%)	7,4
CBR après 96 h d'imbibition	95 % OPM	47
	w après imbibition	12
	% de gonf	0,142

[6]



Annexe 28 : Données du trafic cumulé en nombre d'essieux

Tableau XV: Résultats de comptages de trafic

Trafic moyen journalier annuel (TMJA)					Trafic annuel	Coefficient d'équivalence	Coefficient de répart transv	NESE
Autobus	Camions 2E	Camions 3E	Ensembles art	Total PL				
				0		1.9	0.5	
Total volumes trafics normal et induit								
2	13	16	2	33	11 987			11 388
2	13	17	2	35	12 635			12 003
2	14	18	2	36	13 320			12 654
2	15	19	2	38	14 045			13 343
3	16	20	2	41	14 813			14 073
3	17	21	3	43	15 627			14 845
3	18	22	3	45	16 488			15 663
3	19	23	3	48	17 400			16 530
3	20	25	3	50	18 366			17 447
3	21	26	3	53	19 389			18 420
3	22	27	3	56	20 474			19 450
4	23	29	3	59	21 623			20 542
4	24	31	4	63	22 841			21 699
4	26	32	4	66	24 132			22 925
4	27	34	4	70	25 501			24 226



Véification de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à Cotonou au Bénin : Phase 1

Trafic moyen journalier annuel (TMJA)					Trafic annuel	Coefficient d'équivalence	Coefficient de répartition transv	NESE
Autobus	Camions 2E	Camions 3E	Ensembles art	Total PL				
				0		1.9	0.5	
Total volumes trafics normal et induit								
4	29	36	4	74	26 952			25 604
5	31	38	4	78	28 490			27 066
5	32	40	5	83	30 122			28 616
5	34	43	5	87	31 853			30 260
5	36	45	5	92	33 688			32 004
							Total NESE	398 759
							Classe de trafic	T1

Annexe 29 : Zone d'étude du Projet

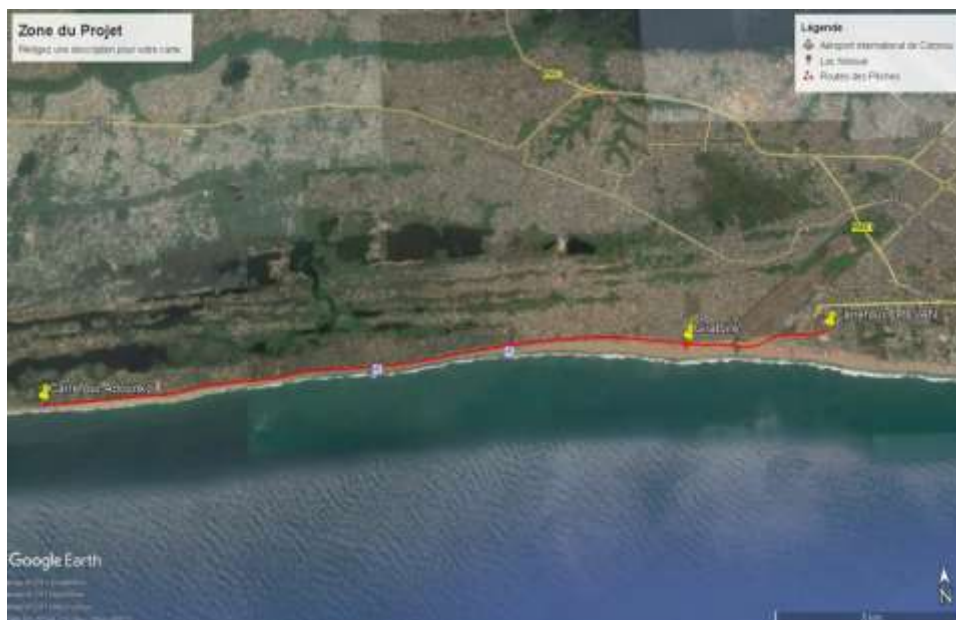


Figure 13 : Présentation de la zone d'étude
[13]

Annexe 30: Caractéristiques d'entrées des matériaux

Tableau XVI: Récapitulatif des caractéristiques d'entrée des matériaux

Matériaux	e (cm)	CBR	CAM	Module de rigidité E (MPa)	Coefficient de Poisson	ε_6 (μm)	σ_6	Sh (cm)	1/b	SN	kc	r (%)	u	c (cm^{-1})	ks	kd
Béton bitumineux	5	-	0,8	1 300	0,35	100	-	1	5	0,25	1,1	35	-0,385	0,02	1/1,1	
Grave Bitume	-	-	0,8	2 000	0,35	80	-	1,6	5	0,3	1,3	35	-0,385	0,02		
Grave Ciment	-	-	1,3	-	0,25	-	0,75	3	15	1	1,4	25	-0,674	0,02	1/1,1	1
Graveleux latéritique amélioré au ciment	-	-	1,3	1 500	0,25	-	0,42	2,5	10,9	0,7	1,4	25	-0,674	0,02	1/1,1	1
Concassé	-	-	1	*	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sable silteux traité au ciment	-	-	1,3	1 200	0,25	-	0,30	2,5	12	0,8	1,5	25	-0,674	0,02	1/1,1	1
Sable silteux (Couche de forme)	-	20	1	60	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plateforme	-	-	1	-	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



*Véfication de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à
Cotonou au Bénin : Phase 1*

*Concassé de classe 0/20, son module dépend des modules de la plateforme et des couches sous-jacentes



Véfication de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à Cotonou au Bénin : Phase 1

Annexe 31 : Tracé en Plan



Annexe 32 : Profil en Long



Véfication de la structure de chaussée et suivi des travaux d'aménagement et de bitumage de la route des pêches et de ses bretelles d'accès à Cotonou au Bénin : Phase 1

Annexe 33 : Profil en Travers