ETUDE DETAILLEE TECHNICO-ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT DE LA ROUTE TOMA-TOUGAN : TRONÇON TOMA-BIBA (PK 123+225 AU PK 133+225)

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER D'INGENIEURIE
OPTION **:** GENIE CIVIL

Présenté et soutenu publiquement le 25 Juin 2018 par

Oulsame SORE

Travaux dirigés par :

Mme Marie Thérèse MBENGUE Epse GOMIS (Enseignante-Chercheuse 2iE)

M Traore Mahamadou (Ingénieur des Travaux de Publics de l'Etat)

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Malicki ZOROM**

Membres et correcteurs : **Mme M. T MBEMGUE**

Issa MADOUGOU

Célestin OVONO MEZUI

Promotion [2017/2018]

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à mes parents pour tous les sacrifices consentis tout au long de ma vie et particulièrement à ma mère KANAZOE Bibata et mon défunt père SORE Ousmane (qu'ALLAH lui fasse miséricorde) ; à mes frères et sœurs pour leur soutient multiformes et leurs disponibilités ; à ma fiancé THIEBA Mah Farida pour son soutien ; à mon oncle KANAZOE Baba et tous ses frères pour leurs disponibilités et l'aide fourni dans ma formation.

Qu'ALLAH (SWA), tout puissant, vous gratifie de Son immense miséricorde.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je remercie tout d'abord ALLAH (SWA), le Tout Miséricordieux et le Très Miséricordieux, Maître des cieux, pour Sa bénédiction, Ses innombrables et immenses bienfaits qu'Il m'accorde et par la grâce de qui ce travail a pu être accompli.

Je remercie toutes ces personnes, qui sans leurs concours ce travail aurait été impossible. Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui m'ont assisté, d'une manière ou d'une autre, tant par leurs conseils, leurs soutiens, que leurs savoir-faire au bon déroulement de mon stage et à la rédaction du présent mémoire.

Ces remerciements s'adressent particulièrement à :

- Madame MBENGUE Marie-Thérèse Marame épouse GOMIS, directrice de mémoire et enseignante à 2iE qui a donné le meilleur d'elle-même et a sacrifié de son temps malgré ses diverses autres obligations pour nous orienter ;
- Monsieur TRAORE W Mahamadou, Ingénieur des Travaux de Publics de l'Etat, encadreur au niveau de l'entreprise pour ses précieuses orientations et éclaircissement ;
- El hadj DERRA Abdoul Karim pour ses conseils et soutiens ;
- Toute l'équipe de l'entreprise OK et surtout à Francis Nikiéma, chef labo ;
- Toute l'équipe administrative et le corps professoral de la fondation 2IE ;
- Mes amis et camarades de classe.

RESUME

Le présent mémoire fait l'étude des travaux d'aménagement et de bitumage du tronçon Toma-Biba (PK 123+225 au PK 133+225) de la RN21. Cette étude a pour but de faire la conception et le dimensionnement structural de la chaussée, d'évaluer et solutionner les impacts environnementaux et d'estimer le coût de la zone d'étude.

Pour atteindre les objectifs, plusieurs études ont été menées.

Ainsi l'étude géotechnique nous a permis d'apprécier le sol de plateforme et les matériaux des sites d'emprunt. Il en ressort un sol graveleux latéritiques de différentes classes, inferieure à la classe S4 par endroit, d'où la nécessité d'uniformiser cette plateforme avec une couche de forme de classe S4. Ensuite nous avons, avec un trafic de type T2 et une plateforme de classe S4, déterminé la structure de la chaussée constituée de soixante centimètre (60 cm) de remblais en graveleux latéritiques, de vingt centimètre (20 cm) en couche de fondation, vingt centimètre (20 cm) en couche de base et d'un revêtement en bicouche. Quant à la géométrie routière, elle nous a permis d'avoir le tracé en plan, les profils en long et le profil en travers types de notre zone d'étude. De plus, les études hydrologique et hydraulique ont permis de déterminer les caractéristiques des bassins versants et de dimensionner des ouvrages d'assainissement. Nous dénombrons treize (13) dalots de 100 cm×100 cm et des caniveaux de 60 cm×60 cm long de mille cinquante mètres (1050 m) couvert par des dalettes. Les impacts du projet ainsi que les mesures d'atténuations ont été évoqués par une étude environnementale et sociale. Enfin une estimation financière du coût de la zone d'étude prévoit un budget d'environ **2 476 867 500** FCFA hors taxes, au lieu de **2 532 617 500** FCFA.

Mots clés :

- Tronçon Toma-Tougan ;
- Chaussée ;
- Graveleux latéritique ;
- Assainissement ;
- Environnement.

ABSTRACT

This paper examines the development and tarring of the Toma-Biba section (PK 123 + 225 at PK 133 + 225) of the RN21. The purpose of this study is to make the design and structural sizing of the roadway, to assess and solve environmental impacts and to estimate the cost of the study area.

Several studies have been carried out to achieve the objectives.

So, the geotechnical study allowed us to appreciate the soil and the materials of the borrowing sites. It shows a gravelly soil lateritic of different classes, lower than the class S4 per location, hence the need to standardize this platform with a class S4 shape layer. Then we have, with a T2 type traffic and a class S4 platform, determined the pavement structure consisting of sixty centimeters (60 cm) of embankments in gravelly lateritic twenty centimeters (20 cm) in foundation layer, twenty centimeters (20 cm) in base layer and a bilayer coating. As for the road geometry, it allowed us to have the layout in plan, long profiles and cross profile types of our study area. Then hydrological and hydraulic studies helped to determine the characteristics of watersheds and to size structures. We count 13 scuppers of 100x100 and 60x60 gutters 1050 m long covered by small slabs. The impacts of the project as well as the mitigation measures were evoked by an environmental and social study. Finally, a financial estimate of the cost of the study area provides for a budget of about **2 466 267 500** FCFA instead of **2 479 592 500** FCFA.

Keywords:

- Section Toma-Tougan ;
- Roadway ;
- Gritty lateritic ;
- Sanitation ;
- Environment.

Abréviations

ASEER *:Association Européenne d'Études et d'Équipements Ruraux*

BAEL *:Béton Armé à l'Etat Limite*

BOAD *:Banque Ouest Africaine de Développement*

BTP *:Bâtiments et Travaux Publics*

CBR *:California Bearing Ratio*

CCTP *:Cahier des Clauses Techniques Particuliers*

CEBTP *:Centre d'Expertise du Bâtiments et des Travaux Publics*

CIEH *:Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques*

CIRA *SA :Conseil Ingénierie et Recherche Appliquée*

DAF *:Directeur Administratif et Financier*

EIER *:Ecole Inter-Etats de l'Equipement Rural*

FAO *:Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture*

ICTRAVU *:Institut sur les conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines*

LCPC *:Laboratoire Central des Ponts et Chaussées*

NF *:Norme Française*

OK *:Oumarou KANAZOE*

PASEC-T *:Programme d'Ajustement du Secteur des Transports*

PNDES *: Plan National de Développement Economique et Social*

PST-2 *:Deuxième Programme Sectoriel des Transports*

RN21 *:Route Nationale N°21*

TED *:Technologie Economie Développement*

TIC *:Techniques de l'Information et des Communications*

Sommaire

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL ET DU PROJET 2

I.1 Présentation de l'entreprise Oumarou KANAZOE (OK)..... 2

I.1.1 Historique de l'entreprise 2

I.1.2 La structuration de l'entreprise..... 2

I.1.3. Organigramme de l 'entreprise OK sur le chantier 3

I.2. Présentation du projet 3

I.2.1. Contexte général et justification du projet..... 3

I.2.2. Localisation de la zone de projet 4

I.2.3. Objectif global 5

I.2.4. Objectifs spécifiques..... 5

CHAPITRE II : CONCEPTION TECHNIQUE ROUTIERE 7

II .1. Données topographiques 7

II .2. Conception géométrique 7

II .2.1. Tracé en plan 8

II .2.2. Profil en long..... 8

II .2.3. Profils en travers types 9

II .3. Dimensionnement de la chaussée..... 10

II .3.1. Les spécifications du CCTP 10

II.3.2. Etude géotechnique et dimensionnement de la chaussée 11

II.3.2.2. Choix de la structure de chaussée et Identification des matériaux d'emprunt 12

II.3.2.3. Vérification de la structure de chaussée 14

II.3.2.2.2. Vérification des contraintes et déformations par le logiciel Alizé 14

CHAPITRE III : L'ASSAINISSEMENT ROUTIER..... 17

III .1.1. Estimation des bassins versants 17

III .1.2. Données hydrologiques et hydrauliques 18

III .1.2.1. Pluies maximales journalières 19

III .1.2.2. Procède de calcul par la méthode rationnelle 19

III.2. Les différents types d'ouvrages hydrauliques 23

III.2.1. Ouvrages longitudinaux 23

III.2.2. Ouvrages transversaux 24

III.3. Dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques 24

III.3.1. Dimensionnement des caniveaux 24

III.3.2. Dimensionnement des dalots 26

CHAPITRE IV : SIGNALISATION ROUTIERE 30

IV.1.1. Signalisation horizontale 30

IV.1.2. Signalisation verticale 31

IV.2. Les dispositifs de sécurité 31

CHAPITRE V : ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL 32

V.1. Cadre législatif et institutionnel 32

V.2. Les différents enjeux environnementaux et sociaux 33

V.3. Identification des impacts environnementaux et sociaux 33

V.3.1. Pendant la phase de planification et d'installation de chantier 33

V.3.2. Pendant la Phase de Construction 33

V.3.3. Pendant la phase d'exploitation 35

V.4. Mesures d'atténuation préconisées 35

V.4.1. Mesures pour le milieu physique 35

V.4.1.1. Mesures pour la végétation et la faune 35

V.4.1.2. Mesures pour le sol 35

V.4.1.3. Mesures d'atténuation pour la qualité de l'air 36

V.4.2. Mesures pour le milieu socio-économique 36

V.4.2.1. Pour la santé 36

V.4.2.2. Pour la sécurité 36

CHAPITRE VI : ESTIMATION DU COUT DU PROJET 37

CONCLUSION 40

BIBLIOGRAPHIE 41

ANNEXES 42

ANNEXE 1 : QUELQUES TABULATIONS 43

ANNEXE 2 : PLANS D'AMENAGEMENT DE LA ROUTE 45

ANNEXE 3 : DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE 46

ANNEXE 4 : NOTE DE CALCUL DES OUVRAGES 61

ANNEXE 5 : PLAN DE FERRAILLAGE 81

ANNEXE 6 : SIGNALISATION 82

ANNEXE 7 : ESTIMATION DU PROJET 86

Liste des tableaux

Tableau 1 : Travail à faire et résultats 6
Tableau 2: choix des paramètres géométriques du tracé en plan 8
Tableau 3: choix des paramètres géométriques du profil en long 9
Tableau 4 : Les exigences du CCTP 10
Tableau 5 : structure de chaussée imposée par le CCTP 10
Tableau 6: Choix de la classe de trafic 12
Tableau 7 : Modules de Young des couches 15
Tableau 8 : la vérification de la structure proposée par le CCTP avec Alizé LCPC 15
Tableau 9 : validation de la structure proposée par le CCTP 15
Tableau 10 : vérification de la structure avec Alizé LCPC 15
Tableau 11 : proposition de la structure de chaussée 16
Tableau 12 : Structure retenue 16
Tableau 13 : Les données pluviométriques utilisées dans le cadre de l'étude 19
Tableau 14 : Les Valeurs de débit des bassins versants 21
Tableau 15 : récapitulatif des dalots obtenus 22
Tableau 16 : Récapitulatif des sollicitations de la dallette 26
Tableau 17 : Récapitulatif du ferraillage de la dallette 26
Tableau 18 : Récapitulatif des sollicitations du dalot 100x100 28
Tableau 19: Récapitulatif du ferraillage du dalot 100x100 29
Tableau 20: Estimation du coût du projet 37
Tableau 21 : Estimation du coût du projet avec les suggestions 38

Liste des figures

Figure 1: Organigramme de l 'entreprise OK sur le chantier 3
Figure 2: localisation de la zone de projet 5
Figure 3 : Le profil en travers type 10
Figure 4 : Représentation des bassins versants 18
Figure 5 : Réparation du coût du projet 38
Figure 6 : La nouvelle réparation 39

INTRODUCTION

La route a connu une grande évolution depuis les sentiers autrefois utilisés jusqu'aux ouvrages plus développés et plus durables utilisés de nos jours comme les routes bitumées et les ouvrages d'arts (pont, viaduc, tunnel etc.). Sa construction se fait en fonction du besoin (évacuation de trafic dense ou lourd, amélioration du confort des usagers, désenclavement de zones rurales, rapidité etc.) et participent ainsi au développement de la zone dans laquelle elle est construite. On admet de ce fait que la route du développement passe par le développement de la route. Dans le but d'assurer la continuité des transports à l'intérieur du pays le gouvernement burkinabé a ainsi inscrit dans son vaste programme d'ajustement du secteur des transports l'aménagement et le bitumage de la route nationale n°21 (RN21) Didyr-Toma-Tougan. Ce programme a pour objectif de moderniser le réseau routier et ainsi lutter contre la pauvreté au Burkina Faso. La Boucle du Mouhoun considérée comme le grenier du Burkina Faso du fait de son rôle primordial dans l'agriculture rencontre certaines difficultés quant à l'écoulement des denrées à cause de l'état dégradée de ses routes. Il faut aussi noter que la route existante, en terre, est dégradée par endroit rendant la circulation et l'accès aux différentes agglomérations aléatoires, surtout pendant la saison pluvieuse. Ainsi l'aménagement de ce tronçon participera à améliorer le transport de la production agricole et le développement de la région. Il a donc été imposé par le CCTP un trafic de 600 000 essieux équivalent qui sera considéré au cours de notre étude.

Notre étude, qui porte sur un tronçon de la deuxième phase du projet, s'intitule **Etude technique détaillée des travaux d'aménagement de la route TOMA-TOUGAN : tronçon TOMA-BIBA (PK 123+225 au PK 133+225)**. Les résultats de cette étude, restitués dans ce présent rapport, sont structurés en six (06) chapitres suivant une démarche bien structurée. Ainsi:

- Dans le premier chapitre, nous présenterons la structure d'accueil et le projet suivie ;
- Le second se consacre à la collecte des données, au dimensionnement de la chaussée ;
- Le troisième chapitre concerne l'identification et le dimensionnement des ouvrages ;
- Le quatrième chapitre est consacré aux diverses installations assurant le confort et la sécurité des usagers sur la chaussée ;
- Nous avons consacré le cinquième chapitre à l'étude d'impact environnemental et social ;
- Et enfin le dernier chapitre aborde l'estimation du prix du projet.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL ET DU PROJET

I.1 Présentation de l'entreprise Oumarou KANAZOE (OK)

I.1.1 Historique de l'entreprise

Créée en 1973, l'entreprise **OK** est spécialisée dans le Bâtiments et Travaux Publics (BTP), elle est pionnière dans le domaine du BTP. Elle occupe depuis plusieurs années une place de choix dans le secteur du BTP en Afrique de l'Ouest. L'Entreprise doit son prestige à la qualité remarquable de son travail et à la riche expérience dans le domaine du BTP.

Plus exigeante sur la qualité de ses produits et de ses services, toujours à l'écoute des nouvelles technologies, de l'évolution des envies et des goûts, l'entreprise OK n'a cessé d'innover pour encore mieux répondre aux exigences.

Une des clés de ce succès est l'adaptation des techniques innovantes dans les BTP et celles des Techniques de l'Information et des Communications (TIC) elle met en service ses activités pour le développement du pays en apportant de façon exemplaire sa contribution sur l'économie.

OK est une entreprise œuvrant tant dans les bâtiments que dans les travaux publics, mais nous pouvons dire que l'entreprise s'est beaucoup investit dans les travaux publics notamment dans les routes et les ouvrages d'arts.

Adresse

01 BP 154 Ouagadougou	Email : Oma@kanazoe.com
Tel : (226) 25 43 05 60	Fax : (226) 25 43 00 23

I.1.2 La structuration de l'entreprise

La structure de l'entreprise OK est composée de trois (03) services bien coordonnés qui sont :

- Le service administratif

  Le service administratif dirigé par un Directeur Général et aidé par :

  - Le Directeur Administratif et Financier (DAF) ;
  - Le service de comptabilité ;
  - Une secrétaire de direction ;
  - Le service du personnel ;
  - La logistique.

- Le service technique

  Ce service est chargé des études techniques et financières et de l'exécution des travaux. Il est dirigé par le directeur technique et aidé par des coordonnateurs de travaux, des chefs de chantiers, des chefs d'équipes et des ouvriers permanents.

- Le service mécanique

  Le service mécanique s'occupe de la maintenance et l'entretient des engins, la gestion et la distribution du carburant. Il coordonne avec le service technique. Il est dirigé par un chef d'atelier de garage.

I.1.3. Organigramme de l'entreprise OK sur le chantier

L'organigramme de l'entreprise OK sur le chantier Toma-Tougan est illustré dans la figure 1

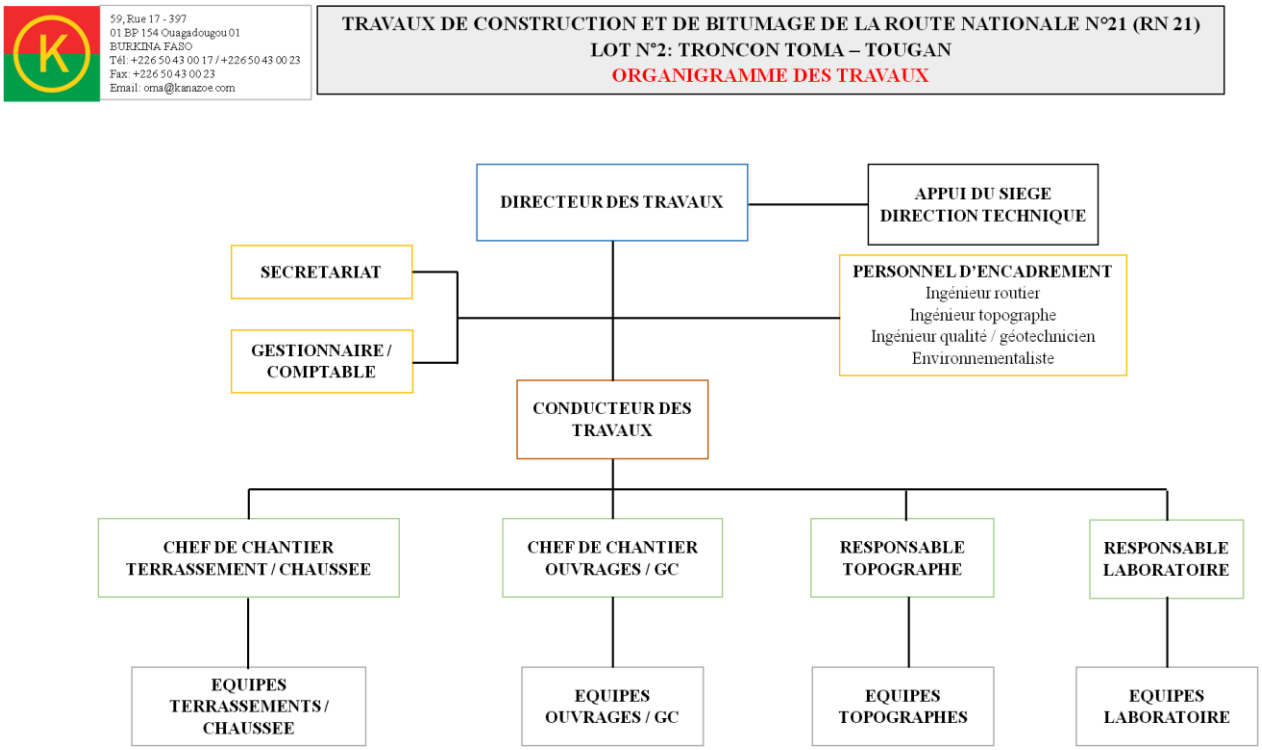


Figure 1: Organigramme de l'entreprise OK sur le chantier

I.2. Présentation du projet

Cette partie se consacrera à la présentation globale du projet, partant des différentes parties du projet et leurs rôles jusqu'aux caractéristiques physiques de la zone de projet en passant par sa situation.

I.2.1. Contexte général et justification du projet

À l'instar des autres pays enclavés de la sous-région, le Burkina Faso a depuis toujours placé le secteur des transports au premier plan des politiques et stratégies nationales de développement

économique et social (PNDES). Il s'agit pour le gouvernement de réduire les coûts sociaux, économiques et financiers des transports, de renforcer les capacités de gestion du secteur des transports et des infrastructures, d'améliorer la mobilité des populations urbaines et rurales et de moderniser le réseau routier national.

La stratégie du secteur des transports au Burkina s'inscrit donc dans une orientation globale de lutte contre la pauvreté. En effet, afin de consolider les acquis du Programme d'Ajustement du Secteur des Transports (PASEC-T), mené de 1993 à 2000, le gouvernement burkinabè a élaboré et adopté par Décret N°2000-235/PRES/PM/MIHU/MTT du 02 juin 2000, le document stratégique du secteur des transports pour la décennie 2000 – 2010. Ce document définit entre autres les orientations du deuxième Programme Sectoriel des Transports (PST-2) assorti de sept axes stratégiques et d'un plan d'actions.

C'est dans ce contexte qu'avec l'appui financier des bailleurs de fonds, notamment la Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD), le gouvernement du Burkina Faso a entrepris de réaliser **les travaux d'aménagement et de bitumage de la Route Nationale N°21 (RN21) Didyr - Toma - Tougan, d'un linéaire d'environ 84 kilomètres.**

I.2.2. Localisation de la zone de projet

La zone du projet se situe sur deux régions à savoir la région du Centre Ouest et celle de la Boucle du Mouhoun. Le projet s'étend de la sortie de Didyr, situé à 58 km de la ville de Koudougou, à la ville de Tougan soit sur un linéaire d'environ 84 kilomètres. Le tronçon est divisé en deux lots qui sont :

- Lot 1 : Didyr-Toma
- Lot 2 : Toma- Tougan

Notre étude portera sur une partie du lot n°2 c'est-à-dire sur le tronçon Toma-Biba (PK 123+225 au PK 133+225) de la RN21 long de 10 km.

Le début de l'étude c'est-à-dire Toma est situé à 100 km de la ville de Koudougou et correspond aux coordonnées 12°45'55'' Nord et 2°53'35'' Ouest. Avec en moyenne 709 mm de précipitation et une température moyenne de 28,7°C, le climat dominant de cette zone est la steppe.

La localisation de la zone d'étude est consignée dans la figure 2

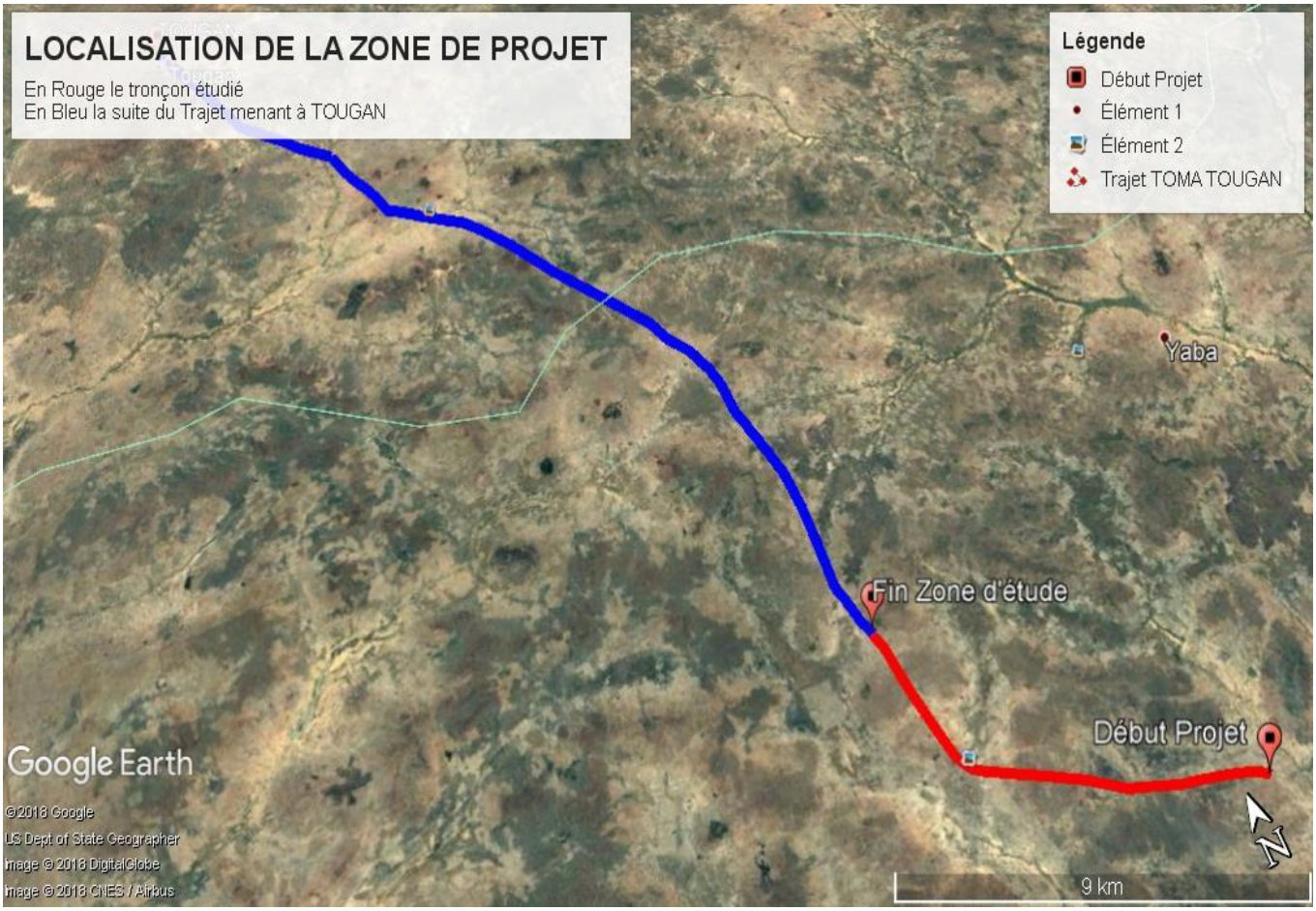


Figure 2: localisation de la zone de projet/ google earth

I.2.3. Objectif global

L'objectif global de ce mémoire est de refaire l'étude complète de la route Toma – Tougan en considérant les dix (10) premiers kilomètres c'est-à-dire le tronçon Toma-Biba (PK 123+225 au PK 133+225) comme zone d'étude.

I.2.4. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques de cette étude sont entre autres :

- Faire une étude géométrique, géotechnique et proposer un dimensionnement de la structure de chaussée ;
- Faire une étude de la structure type des ouvrages hydrauliques ;

- Proposer une signalisation pour assurer la sécurité des usagers ;
- Faire une comparaison avec l'étude existante.

Le travail à faire ainsi que les résultats pour atteindre les objectifs sont consignés dans le tableau1.

Tableau 1 : Travail à faire et résultats

Travail à faire	*Résultats attendus*	*Résultats obtenus*
La conception technique routière	Proposition un tracé en plan du tronçon, un profil en long et en travers type de la chaussée ; Proposition d'une structure de chaussée	Tracé en plan du tronçon, profil en long et en travers type de la chaussée ; Structure de chaussée proposée et dimensionnée
L'assainissement routier	Identification des ouvrages hydrauliques ; Dimensionnement structural des ouvrages	Ouvrages hydrauliques identifiés et dimensionnés avec plan de ferraillage
La sécurité routière	Proposition d'une signalisation de la route	Signalisation routière proposée
Les études environnementale et sociale	Identification des impacts du projet ; Préconisation des mesures d'atténuation	Impacts identifiés et neutralisés
L'estimation du coût	Estimation du budget à prévoir pour le tronçon étudié	Budget estimé et comparé avec le budget déjà sur place

CHAPITRE II : CONCEPTION TECHNIQUE ROUTIERE

II .1. Données topographiques

Les équipes topographiques de l'entreprise OK et de la mission de contrôle Conseil Ingénierie et Recherche Appliquée (CIRA SA) /Technologie Economie Développement (TED) ont réalisé conjointement une étude complète du site afin de matérialiser le relief de la plateforme du projet. Cette étude a concerné :

- L'implantation et le levé de la polygonale de base ;
- Le levé de toutes les contraintes physiques sur la plateforme ;
- Le traitement des données topographiques obtenues.

La reconnaissance du terrain a permis d'implanter la polygonale, de situer de façon précise les zones complémentaires à lever et de repérer les bornes topographiques ou de lotissements existants ainsi que les obstacles dont il va falloir faire face.

Tous les détails rencontrés sur le site du projet et de son entourage ont été levés. On peut citer :

- Les bornes de lotissement et de toute autre nature ;
- Les limites de seuils d'entrées de concession ;
- Les arbres, les puits ;
- Les routes et pistes existantes ;
- Les panneaux d'indications et de publicité ;
- Les supports de réseaux électriques et téléphoniques ;
- Les passages d'eau, les bas-fonds et les monticules.

L'ensemble de ces levés a été rattaché au nivellement général du BF et traité sur ordinateur à l'aide de logiciels tels que AUTOCAD, PISTE, ...

II .2. Conception géométrique

La géométrie routière est l'ensemble défini par le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers d'une route. Elle est définie en fonction de la catégorie de la route, de la sécurité et du confort que l'on souhaite offrir à l'usager. Le choix des différents paramètres fondamentaux de la géométrie routière se fait à partir d'un paramètre principal appelé vitesse de référence notée V_r. Dans cette partie nous déterminerons les caractéristiques géométriques des différents tracés de

notre tronçon. Ces caractéristiques sont fonction de la catégorie de route qui précise la vitesse de référence.

Le choix de cette vitesse se fait en fonction de l'environnement ou du rôle de la route. Dans notre cas il s'agit d'une route interurbaine avec une **vitesse de référence égale à 100 km/h**. Cette vitesse nous permet de classer notre tronçon dans la 1ère catégorie de route stipulant ainsi des exigences à respecter lors de la réalisation de nos différents tracés.

II .2.1. Tracé en plan

Il correspond grossièrement à une vue aérienne de la route. Sur ce document, la route se présente approximativement comme une succession d'alignements droits reliés entre eux par des arcs des courbes circulaires. Les paramètres fondamentaux pris en compte ont été déterminés avec les normes de l'Institut sur les conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (ICTRAVU) suivant les prescriptions du Cahier des Clauses Techniques Particuliers (CCTP). Ces paramètres sont indiqués dans le tableau 2 :

Tableau 2: choix des paramètres géométriques du tracé en plan

Désignation du paramètre		***Rayon en plan RH (m)***					
		Vitesse de référence	***Dévers maximal***	***Minimal absolu (dévers***	***Minimal normal (devers)***	***Au devers minimal***	***Non déversé***
Symbole et unité		Vr (km/h)	$\delta M(\%)$	RHm	$RHN(\delta\%)$	RH (2,5%)	RHnd
Catégorie de la route	***4ème***	40	7	40	120 (5%)	250	400
	3ème	60	7	120	240 (5%)	450	600
	2ème	80	7	240	425 (5%)	650	900
	1ère	100	7	425	665 (4%)	900	1300
	Exceptionnelle	120	7	665	1000 (4%)	1500	1800

II .2.2. Profil en long

Le tracé en plan donne toutes les indications concernant l'orientation en plan du projet routier, mais il ne donne aucun renseignement sur les altitudes et les pentes de la route. Ces renseignements sont donnés par le profil en long. C'est une coupe verticale effectuée en suivant l'axe du tracé en plan. Le choix de ces paramètres se fait en suivant le tableau suivant indiquant des normes ICTAVRU consignés dans le tableau 3.

Tableau 3: choix des paramètres géométriques du profil en long

Désignation du paramètre		***Vitesse de référence***	***Déclivité maximale en rampe***	***Rayon saillant en angle RV (m)***		***Rayon rentrant en angle RV' (m)***	
				Minimal absolu	***Minimal normal***	***Minimal absolu***	***Minimal normal***
Symbole	***Unité***	***Vr (km/h)***	***πM***(%)	***RVm***	***RHN***	***RVm'***	***RVN'***
Catégorie de la route	***4ème***	40	8	500	1500	700	1500
	3ème	60	7	1500	3000	1500	2200
	2ème	80	6	3000	6000	2200	3000
	1ère	100	5	6000	12000	3000	4200
	Exceptionnelle	120	4	12000	12000	4200	6000

II .2.3. Profils en travers types

Les profils en travers sont des coupes verticales effectuées perpendiculairement à l'axe du tracé en plan. Il présente tous les éléments constitutifs de la route c'est-à-dire les largeurs de voies, les ouvrages d'assainissement, les dispositifs de bordure, de sécurité et d'éclairage. On distingue les profils en travers types et les profils en travers courants. Il permet l'exécution des éléments de la route et le calcul des volumes de terrassements (cubatures).

Le profil en travers courant est défini de manière générale pour l'ensemble du projet. Dans notre projet, la chaussée est bidirectionnelle et a les caractéristiques conforme au CCTP. Il est constitué d'une plateforme de largeur 10,2m composée d'une chaussée de 7,2m et d'un accotement de 1,5m de part et d'autre de la chaussée. Ce profil en travers type proposé correspond au profil en travers courant dans les alignements droits.

Le profil en travers type est représenté sur l'image3

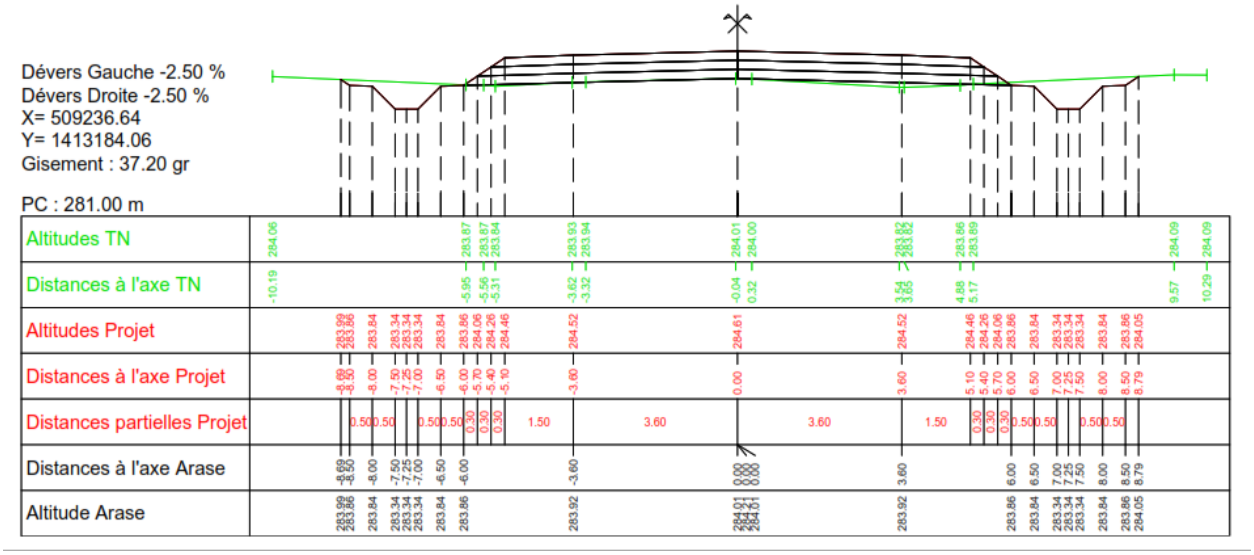


Figure 3 : Le profil en travers type

II .3. Dimensionnement de la chaussée

II .3.1. Les spécifications du CCTP

Le CCTP impose certaines conditions qu'il faut prendre en compte dans la réalisation de la structure de la chaussée. Ces exigences sont consignées dans le tableau 4

Tableau 4 : Les exigences du CCTP

CONTRÔLE GEOTECHNIQUE DES MATERIAUX										
	Analyse granulométrique				***Limites d' ATTERBERG***		***PROCTOR MODIFIE***	***PORTANCE CBR(%OPM)***		
	<10mm	***<2mm***	***80µ (F)***	***D_{max}***	***WL***	***Ip***	***γd_{OPM}***	***95***	***98***	***Gt(%)***
Couche de base	<80	<40	<35	85 à 100	<40	≤15	≥2		≥80	<0,5
Couche de foundation	<80	<40	<35		<40	≤20	≥2	≥30		<0,5
Couche de forme		30 à 80	≤35	≤150		≤20		≥20		
Couche de remblai			≤35	≤100		≤25		≥10		≤1

Ainsi le CCTP propose la structure suivante consignée dans le tableau 5

Tableau 5 : structure de chaussée imposée par le CCTP

Revêtement bicouche	***05cm***
Couche de base en graveleux latéritiques	***20cm***
Couche de fondation en graveleux latéritiques	***20cm***

Cette structure de chaussée sera vérifiée avec le logiciel Alizé LCPC pour voir si elle supporte les contraintes qui lui sont appliquées. Cette vérification est consignée dans le tableau 6.

Nous nous proposons néanmoins de refaire l'étude afin de valider ou non la structure proposer par le CCTP

II.3.2. Etude géotechnique et dimensionnement de la chaussée

II .3.2.1. Etude géotechnique

La construction d'une infrastructure routière nécessite la réalisation des études géotechniques afin d'élaborer des solutions techniques aux problèmes de comportement structural des chaussées et aux traitements des déblais et des remblais dans les travaux de terrassement.

La reconnaissance géotechnique du tracé a consisté à réaliser des sondages ou puits manuels à intervalle régulier, et à prélever des échantillons remaniés pour les essais de laboratoire.

Pour les matériaux de chaussées, des sites d'emprunts ont été choisis le long de la RN 21.

La reconnaissance du tracé et les essais au laboratoire ont été faits par les équipes de l'entreprise OK, contradictoirement avec la Mission de Contrôle (CIRA SA/TED)

L'entreprise OK a procédé, contradictoirement avec la Mission de Contrôle (CIRA SA/TED), à l'étude de sols de la plate-forme de la chaussée existante du Lot 2 Toma – Tougan. Celle-ci a débuté par la réalisation des travaux sur terrain qui consistent à/au :

- L'exécution des puits manuels de 60 cm x 60 cm environ, descendus jusqu'à 1,00 m de profondeur, tous les 500 m sur l'axe de la route existante ;
- Relevé de l'épaisseur de la couche de roulement qui reste sur place ;
- La détermination de la nature visuelle du matériau qui constitue la plate-forme ;
- Relever la profondeur du sondage ;
- Prélèvement d'échantillons au niveau du sol support ou plate-forme.

Les travaux sur terrain ont été suivis par la réalisation des essais en laboratoire. Sur chaque échantillon prélevé, on a effectué les essais complets suivants :

- Analyse granulométrique Norme Française (NF) Page (P) 94 – 056 ;
- Limites d'Atterberg NF P 94 – 051 ;
- Proctor Modifié NF P 94 – 093 ;
- Essai California Bearing Ratio (CBR) NF P 94 – 094.

Cinq (05) classes de portance de sol selon la nomenclature du Centre d'Expertise du Bâtiments et des Travaux Publics (CEBTP) sont considérées pour cette étude de plate-forme :

- S1 CBR ≤ 5 ;
- S2 5 < CBR ≤ 10 ;
- S3 10 < CBR ≤ 15 ;
- S4 15 < CBR ≤ 30 ;
- S5 CBR > 30.

D'après cette classification, les sols de classes **S1**, **S2** et **S3** ont un **CBR ≤ 15** sur lesquels il faut **une couche de forme** avant de mettre en œuvre les différentes couches de la chaussée.

Par ailleurs dans la présente étude nous uniformisons la plateforme en classe **S4**. Cette couche de type S4 doit avoir un CBR ≥ 15.

II.3.2.2. Choix de la structure de chaussée et Identification des matériaux d'emprunt

Le choix d'une structure de chaussée se fait à l'aide du *guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux* en ayant comme paramètres d'entrée la classe de portance du sol en place et la classe de trafic pour laquelle la chaussée sera dimensionnée.

- Trafic
  Initialement, la route était en terre et n'offrait aucune commodité et par conséquent aboutissait à un trafic très léger de type T_1. Mais des analyses ultérieures ont montrées que cette route reliait plus facilement les grands centres des deux régions à savoir la boucle du Mouhoun et le Centre ouest et qu'on pouvait par conséquent l'emprunter pour faire transiter les poids lourds. Il a ainsi été décidé par le CCTP de redimensionner la route pour supporter un trafic de type T_2 (600 000 essieux équivalents de 13 tonnes). Le tableau 6 illustre le choix des différents trafics en fonction du nombre d'essieux.

Tableau 6: Choix de la classe de trafic

Classe de trafic	***N équivalent PL CEBTP***	***Trafic équivalent en Véh/j***
T1	< 5.105	< 300
T2	***5.10^6 à $1,5.10^6$***	***300 à 1 000***
T3	$1,5.10^6$ à 4.10^6	1 000 à 3 000
T4	4.10^6 à 10^7	3000 à 6000
T5	10^7 à 2.10^7	6 000 à 120 000

Etant donné que c'est la seule information que la CCTP nous donne nous nous proposons pour le dimensionnement de la structure :

Prendre une durée de vie n= 15 ans ;

Taux d'accroissement annuel i= 5%.

- Classe de plate-forme

La classification d'un sol se fait en fonction de son indice CBR qui se détermine par des essais au laboratoire. Afin de déterminer cet indice de portance CBR, il a été réalisé sur le sol les essais de portance (Proctor et CBR) dont les résultats sont présentés en Annexe. A l'issue de l'étude géotechnique de la plate-forme des dix (10) premiers kilomètres du tronçon Lot 2 de Toma-Tougan, on peut conclure que la plupart de cette partie étudiée est constituée par des matériaux argileux dont les valeurs du CBR variant entre 4 et 41 avec une moyenne arithmétique de 14,24.

Pour un dimensionnement plus réaliste nous optons de nous mettre dans les conditions dans lesquelles il faut uniformiser la plateforme avec une couche de forme c'est-à-dire prendre **15** comme valeur de CBR correspondant à un sol support de classe S_4.

L'étude du sol de la zone a permis de localiser six (06) sites d'emprunt de graveleux latéritique aux environs du site du projet, et sur les six (06) emprunts localisés, il n'y a que quatre qui puissent servir dans l'approvisionnement de la couche de forme.

Vue la disponibilité du matériau (graveleux latéritiques) dans les zone d'emprunt, en nous appuyant sur le guide de dimensionnement des chaussées des pays tropicaux nous avons la proposition suivante de la structure de chaussée

- Revêtement : 4E ou tri couche
- Couche de base : 15 cm
- Couche de fondation : 20 cm

Cette structure est proche de la structure proposée par le CCTP. On peut comprendre que le CCTP ramène l'épaisseur de la couche de base de 15 cm à 20 cm car d'après le guide de dimensionnement lorsque le trafic dépasse 100 000 essieux la couche de base minimum doit être égale à 20 cm ; par contre quant à la couche de roulement nous proposons de prendre du BB en couche de roulement pour réduire le budget de l'entretien périodique sur le long terme

II.3.2.3. Vérification de la structure de chaussée

II.3.2.3.1 Détermination de valeurs admissibles

Pour la validation de la structure de chaussée retenue plus haut, il est nécessaire de procéder à des vérifications. Compte tenu du fait que le matériau utilisé dans le cas de notre projet est un matériau non traité, ces vérifications vont porter sur les contraintes σ_{zadm} et les déformations verticales admissiblesε_{zadm} .

$\sigma_{\text{zadm}} = \frac{0{,}3\times CBR}{1+0{,}7\log(NE)}$; Expression de la contrainte admissible

$\varepsilon_{zadm} = A \times (NE)^{-0{,}222}$; Expression de la déformation verticale admissible

Avec : CBR= valeur CBR de la plateforme

NE= Tn ×CAM

Tn= trafic pris en compte pour le dimensionnement

CAM= Coefficient d'agressivité moyenne

CAM = 1 car le matériau est du GNT

NE=600000× 1= **600 000**

A=16000 car faible trafic

Ainsi $\sigma_{\text{zadm}} = 0{,}892$ Mpa

$\varepsilon_{zadm} = 834{,}4$ µdef

II.3.2.2.2. Vérification des contraintes et déformations par le logiciel Alizé

Le logiciel ***Alizé*** Laboratoire Central des Ponts et Chaussées ***(LCPC)*** nous permettra de calculer les déformations et contraintes réellement observées au niveau de nos différentes couches, de les comparer aux valeurs admissibles et d'ajuster progressivement les épaisseurs au niveau des couches pour lesquelles les contraintes ne sont pas vérifiées jusqu'à vérification.

Hypothèse de vérification

En considérant une plateforme de type S4 on a son module de Young **E=200Mpa**. Les modules de Young des autres couches sont déterminés par la relation :

$E_n = K \times E_{n-1}$ avec un plafond de **400Mpa** car on a un trafic de catégorie 2 ;

E_n = module de la couche considérée ;

E_{n-1}= module de la couche inferieur ;

K = **2,5** car on a un trafic de catégorie 2 ;

Le module de Young pour chaque couche est inscrit dans le tableau 7.

Tableau 7 : Modules de Young des couches

Couche de chaussée	*Module de Young (Mpa)*
Couche de base	400
Couche de fondation	400
Plateforme	200

La vérification de la structure proposée par le CCTP est consignée dans le tableau 8

Tableau 8 : la vérification de la structure proposée par le CCTP avec Alizé LCPC

COUCHES	*Epaisseurs (cm)*	*Valeurs admissibles*	*Valeurs obtenues*	*validation*
Base (graveleux latéritiques)	20	$\varepsilon_{Zadm} = 834{,}4$ µdef	$\varepsilon_{zsup} = 611{,}3$ µdef $\varepsilon_{zinf} = 614{,}1$ µdef	OK
Fondation (graveleux latéritiques)	20	$\varepsilon_{Zadm} = 834{,}4$ µdef	$\varepsilon_{zsup} = 614{,}1$ µdef $\varepsilon_{zinf} = 316{,}4$ µdef	OK
Plateforme (graveleux latéritiques)		$\varepsilon_{Zadm} = 834{,}4$ µdef $\sigma_{\mathrm{zadm}} = 0{,}892$ Mpa	$\varepsilon_{z} = 463{,}2$ µdef $\sigma_{\mathrm{zadm}} = 0{,}094$ Mpa	OK

Ainsi la structure proposer par le CCTP est valide comme inscrit dans le tableau 9.

Tableau 9 : validation de la structure proposée par le CCTP

Revêtement bicouche	***05cm***	***OK***
Couche de base en graveleux latéritiques	***20 cm***	***OK***
Couche de fondation en graveleux latéritiques	***20 cm***	***OK***

La vérification de la structure proposée par notre étude est illustrée dans le tableau 10

Tableau 10 : vérification de la structure avec Alizé LCPC

COUCHES	***Epaisseurs (cm)***	***Valeurs admissibles***	***Valeurs obtenues***	***Validation***

Roulement (BB)	01	$\varepsilon_{Tadm} = 232{,}0\mu\text{def}$	$\varepsilon_{Tsup} = -184{,}0\mu\text{def}$ $\varepsilon_{TINF} = 24{,}6\ \mu\text{def}$	***OK***
Base (graveleux latéritiques)	20	$\varepsilon_{Zadm} = 834{,}4\mu\text{def}$	$\varepsilon_{zsup} = 801{,}2\mu\text{def}$ $\varepsilon_{zinf} = 568{,}7\mu\text{def}$	***OK***
Fondation (graveleux latéritiques)	20	$\varepsilon_{Zadm} = 834{,}4\mu\text{def}$	$\varepsilon_{zsup} = 568{,}7\mu\text{def}$ $\varepsilon_{zinf} = 303{,}5\mu\text{def}$	***OK***
Plateforme		$\varepsilon_{Zadm} = 834{,}4\mu\text{def}$ $\sigma_{\text{zadm}} = 0{,}892$ Mpa	$\varepsilon_{z} = 443{,}2\mu\text{def}$ $\sigma_{\text{zadm}} = 0{,}09$ Mpa	***OK***

La structure proposée après vérification est inscrite dans le tableau 11

Tableau 11 : proposition de la structure de chaussée

Revêtement (BB)	***01 cm***
Couche de base en graveleux latéritiques	***20 cm***
Couche de fondation en graveleux latéritiques	***20 cm***

Nous constatons que l'épaisseur du BB proposée est inférieur à l'épaisseur minimale que l'on peut avoir, donc le choix de la bicouche comme couche de roulement proposé par le CCTP est logique réfléchi. Ainsi le structure de chaussée retenue est représentée dans le tableau 12.

Tableau 12 : Structure retenue

Revêtement bicouche	***05cm***	***OK***
Couche de base en graveleux latéritiques	***20 cm***	***OK***
Couche de fondation en graveleux latéritiques	***20 cm***	***OK***

CHAPITRE III : L'ASSAINISSEMENT ROUTIER

L'objectif de ces études est de faire le point des débits d'eau des écoulements naturels observés de manière horizontale et verticale à l'emprise de notre chaussée afin de déterminer et de dimensionner les ouvrages hydrauliques nécessaires à l'évacuation de ces eaux. Nous déterminerons donc dans ce chapitre les différentes caractéristiques des bassins versants pour ensuite déterminer les sections hydrauliques des caniveaux et dalots.

III .1. Estimation des bassins versants

L'estimation des bassins versants nous permet de déterminer le débit des eaux environnantes et de la chaussée dont le ruissellement tend vers l'emprise de notre route. Grace au logiciel *Global Mapper*, nous avons procédé à la génération de ces bassins versant et nous constatons que la route est coupée par endroit par des cours d'eau sans grande importance vu la faiblesse de leur débit. Ainsi on se propose de placer les ouvrages sur les lits des cours d'eau qui traversent notre projet.

Les bassins versants sont illustrés dans la figure 4.

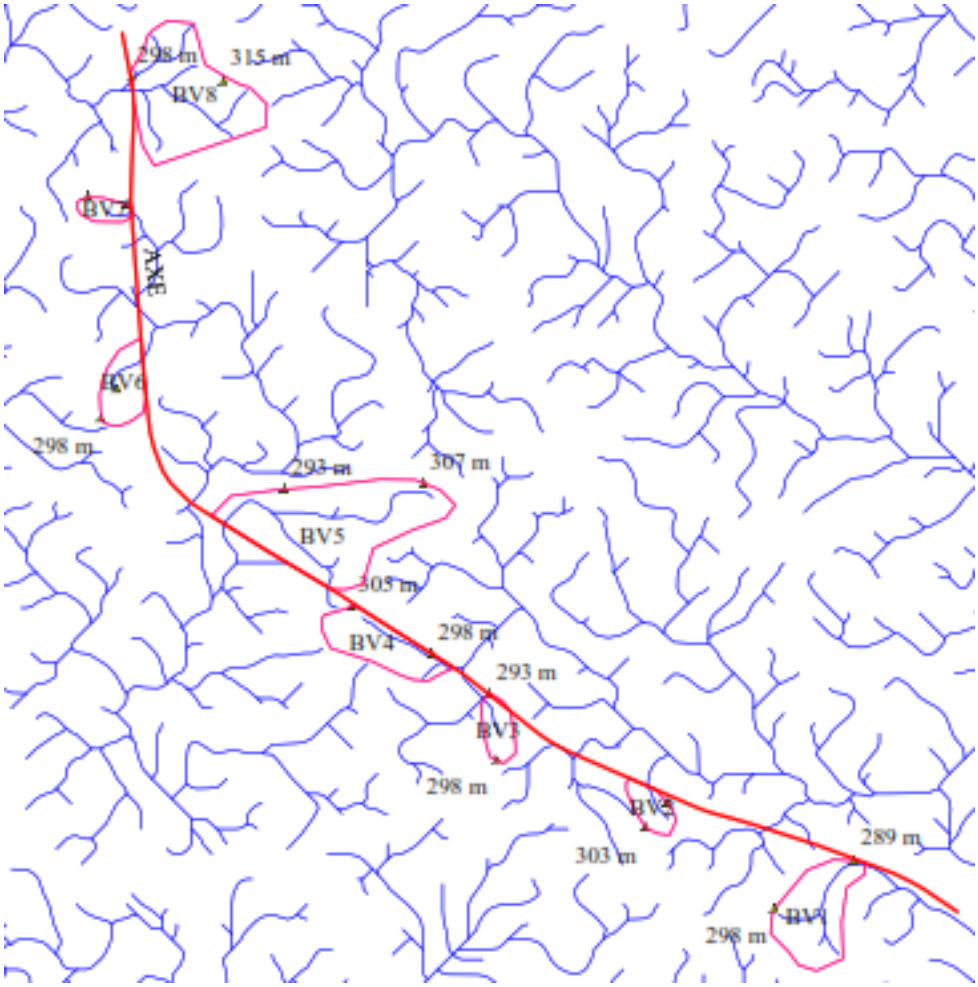


Figure 4 : Représentation des bassins versants

III .2 Données hydrologiques et hydrauliques

Ces données sont issues des résultats d'une étude de 2011 revue en 2017. En ce qui nous concerne nous évoquerons plus les études effectuées en 2017.

Deux missions de reconnaissance des sites des ouvrages ont été effectuées dans le cadre du projet.

La première mission a permis de procéder à une reconnaissance préliminaire des lieux afin de :

- Se faire une idée de l'environnement général du projet ;
- Procéder à un diagnostic détaillé des ouvrages existants ;
- Procéder à un diagnostic des biefs sur lesquels de nouveaux ouvrages sont projetés ;

- Procéder à un repérage des laisses de crues (plus haut niveau atteint et couramment atteint) ;

Au cours de la seconde mission :

- Certaines zones d'ombres ont été clarifiées (concordance entre les constats de la première mission de terrain, les traitements préliminaires effectués au bureau) ;
- Un diagnostic détaillé des lieux a été établi afin de mieux cerner les contraintes et les particularités de la zone du projet.

Les données climatiques utilisées dans l'étude sont pour l'essentiel constituées des relevés aux stations pluviométriques des villes de Koudougou, Réo, Didyr, Toma et Tougan.

III .2.1. Pluies maximales journalières

Les données pluviométriques utilisées dans le cadre de notre étude sont inscrites dans le tableau 13.

Tableau 13 : Les données pluviométriques utilisées dans le cadre de l'étude

Station	***Pan (mm)***	***P_j10 (mm)***	***P_j20 (mm)***	***P_j100 (mm)***
Koudougou	813	94	105	129
Réo	719	104	120	155
Didyr	701	84	94	117
Toma	697	76.2	83.8	101
Tougan	689	75.6	85.7	109

Source : avant-projet définitif/ rapport hydrologique et hydraulique

À l'aide du Modèle Numérique de Terrain de la zone du projet, on a délimité l'ensemble des bassins versants de la route avec le logiciel Global Mapper. Les paramètres physiques de chaque bassin versant ont été calculés à partir des tracés obtenus à l'issue des simulations sous Global Mapper.

III .2.2. Procède de calcul par la méthode rationnelle

La superficie des bassins versants étant inférieure 4 km², leurs débits de crues à l'exutoire seront déterminés par la méthode rationnelle car c'est la méthode a utilisée si la superficie du bassin versant est inférieure à 4 km².

$Q = 0,278 \times C \times i \times A$

C : coefficient de ruissellement ;

A : superficie du bassin versant (Ha) ;

i : intensité de la pluie (mm/h).

i = a × tc ^b avec a = 10 et b = -0,4 (pour H<1 heure) et a = 46,5 et b = -0,9 (pour H<2 heures).Pour une période de retour de 10 ans en vigueur dans cette zone.

Un des paramètres les plus importants pour la détermination de l'intensité de la pluie est le temps de concentration Tc. Il est estimé selon plusieurs méthodes. Nous nous intéresserons à une méthode qui est fiable en ce qui concerne l'état sahélien de notre pays. Il s'agit de la formule de KIRPICH. Mais avant passons en revue le coefficient de ruissellement qui est tout aussi important que l'intensité de la pluie.

- **Coefficient de ruissellement**

Le choix du coefficient de ruissellement est assez difficile en hydrologie. En général, il est choisi de telle manière qu'il soit valable dans une situation future (au moins à moyen terme), même si sa détermination est d'autant plus difficile qu'on ignore souvent quelles seront la nature et la densité de la future occupation des sols au niveau des bassins versants. Pour notre projet il est convenu de prendre un coefficient de ruissellement de 80% puisque les bassins versants se situent pour la plupart en rase campagne.

Nous retenons ainsi un coefficient moyen de C = 0,80 pour les différents bassins le long de notre tronçon routier.

- **Détermination du Temps de Concentration**

Il existe plusieurs méthodes de détermination du temps de concentration. Les plus connus sont celles de KIRPISH et de RICHARDS. Nous présenterons les détails de calcul pour la détermination du temps de concentration et de l'intensité de pluie dans le bassin en considérant la méthode de KIRPISH. On a un temps de concentration Tc = 1,700 mm

Les détails de calculs sont en annexe.

- **Détermination de l'intensité de l'averse :**

Elle est donnée par la formule de MONTANA ; soit :

$$\mathbf{i\,(t, F) = 8,088\ mm/h}$$

- **Calcul du débit de crue décennale par la méthode Rationnelle**

Il faut noter que le détail des calculs se trouve en annexe :

$$Q = 0{,}66\ m^3/s$$

Les valeurs des débits des bassins versants consignées dans le tableau 14.

Tableau 14 : Les Valeurs de débit des bassins versants

BV	*S[km²]*	*Périmètre [km]*	*Z min[m]*	*Z max[m]*	*P[%]*	*Pt + éloigné [km]*	*Tc[min]*	*i[mm/h]*	*Facteur correctif*	*Coeff. Ruissellement*	*Q*
BV1	0,37	2,53	276	298	5,91	0,81	1,700	**8,088**	1,200	0,80	0,66
BV2	0,09	1,24	280	298	7,19	0,36	0,848	**10,680**			0,22
BV3	0,10	1,28	278	293	6,91	0,37	0,878	**10,533**			0,23
BV4	0,27	2,41	286	301	5,55	0,91	1,900	**7,735**			0,47
BV5	0,88	4,31	276	303	5,88	1,61	2,893	**6,538**			1,27
BV6	0,17	1,69	284	307	6,59	0,50	1,124	**9,543**			0,36
BV7	0,06	1,03	289	309	6,95	0,32	0,782	**11,036**			0,15
BV8	0,69	3,41	286	306	5,74	1,03	2,073	**7,471**			1,15

III .1.2.3. Détermination des paramètres hydraulique des dalots (sortie libre)

Le dimensionnement en sortie libre consiste à concevoir le dalot de telle sorte que la hauteur d'eau à l'aval du dalot soit inférieure au bord supérieur du dalot tout en veillant qu'il n'y ait pas de création de ressaut hydraulique.

Le débit déterminé par la Méthode Rationnelle est de **0,66** m^3/s.

Les caractéristiques de la hauteur amont de l'écoulement sont données ci-dessous :

Nous prenons comme premier essai de calcul, un dalot de hauteur D = 1,0 m. La vitesse maximum Vmax = 3 m/s impose une largeur minimum Q/(VD) = 0,22 m. Pour des raisons pratiques de réalisation, nous adopterons B = 1 m.

Nous adoptons un nombre de cellules de **un** (1).

Ainsi les paramètres d'une cellule sont :

B = 1 m et D = 1 m.

- **Calcul de la profondeur d'eau amont de l'ouvrage :**

Pour le débit Q = 0,66 m^3/s soit un débit par dalot de q =0,66 /1 = 0,66 m^3/s la profondeur est parfaitement acceptable pour le présent dalot.

- **Calcul de la vitesse de l'eau dans les dalots**

Pour nous assurer si la vitesse de l'eau dans les dalots reste dans les limites admissibles, il faut passer d'abord par le calcul de la pente critique de l'ouvrage nous aurons ainsi

$$I_c = 2{,}90 * 9{,}8/(67^2 * 1^{\frac{1}{3}}) = 0{,}01$$

Il vient alors pour le calcul de la vitesse

$$V = 0{,}41 * 67 * (0{,}01)^{\frac{1}{2}} * (1)^{\frac{2}{3}} = 2{,}17 \text{ m/s} < 3\text{m/s}.$$

Le tableau 15 fait un récapitulatif des dalots obtenus.

Tableau 15 : récapitulatif des dalots obtenus

Dalot n°	***BV n°***	***Débit(m3/s)***	***Nbre cellules***	***Largeur (m)***	***Hauteur (m)***	***H_{amont} (m)***	***Vitesse (m/s)***
1	***BV1***	0,66	1,00	1,00	1,00	0,58	***2,17***
2	***BV2***	0,22	1,00	1,00	1,00	0,45	***1,57***
3	***BV3***	0,23	1,00	1,00	1,00	0,45	***1,59***
4	***BV4***	0,47	1,00	1,00	1,00	0,52	***1,96***
5	***BV5***	1,27	1,00	1,00	1,00	0,81	***2,62***
6	***BV6***	0,36	1,00	1,00	1,00	0,49	***1,82***
7	***BV7***	0,15	1,00	1,00	0,29	0,43	***1,39***
8	***BV8***	1,15	1,00	0,29	0,81	0,76	***2,54***

- **Crue de projet**

Le passage du débit décennal Q_{10} au débit de projet Q_P se fait par la formule ci-après :

$$Q_P = CxQ_{10}$$

Avec C un coefficient multiplicateur.

Pour le passage de la crue décennale à la crue centennale, plusieurs études font référence aux travaux de G. Maton qui proposent de multiplier par 1,45 la valeur de la crue décennale pour évaluer la crue centennale. Cette valeur est tenue maintenant pour trop faible comme l'atteste les dernières publications de l'ex-EIER (Ecole Inter-Etats de l'Equipement Rural) actuel 2iE et du CIEH (Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques).

L'ASEER (Association Européenne d'Études et d'Équipements Ruraux) recommande un coefficient multiplicateur de 2.

La formule ci-après est proposée dans le Bulletin N°54 de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) pour le calcul du coefficient C.

$$C = 1 + \frac{P_T - P_{10}}{P_{10}} \cdot \frac{(T_b / 24)^{0.12}}{Kr_{10}}$$

Dans laquelle :

- P_{10} : est la précipitation journalière correspondant à une période de retour de 10 ans ;
- P_T : est la précipitation journalière correspondant à une période de retour T ;
- T_b : est le temps de base en heures ;
- Kr_{10} est le coefficient de ruissellement de la crue décennale (exprimé en fraction et non pas en pourcentage).

Dans le projet il sera adopté :

- Un coefficient C de 1,2 pour le passage de la crue décennale à la crue de période de retour 20 ans ;
- Un coefficient C de 2 pour le passage de la crue décennale à la crue centennale.

Les résultats de cette étude a permis de faire un récapitulatif de treize (13) dalots de section 100×100 sur la zone d'étude.

III.3. Les différents types d'ouvrages hydrauliques

III.3.1. Ouvrages longitudinaux

Les ouvrages longitudinaux sont essentiellement les caniveaux qui seront construit de part et d'autre de la chaussée dans la commune de Biba pour évacuer les eaux provenant de la chaussée, des bassins versants environnant et des eaux usées. Ces caniveaux seront déterminés

forfaitairement car il n'y a pas de grand débit à évacuer. Ainsi nous obtenons des caniveaux en perré maçonné de section 60 × 60 couvertes par des dalettes de 70 × 50.

III.3.2. Ouvrages transversaux

Nous aurons à dimensionner dans le cadre de notre projet comme ouvrages transversaux, essentiellement des dalots pour assurer la pérennité des passages naturels des eaux qui coulent vers les exutoires des bassins versants et à évacuer les eaux des caniveaux de part et d'autre de la section transversale de l'emprise de la chaussée dans la commune de BIBA.

Nous avons essentiellement des dalots de décharge de section 100 × 100 car les débits à évacuer ne sont pas énormes.

III.4. Dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques

L'étude de ce chapitre consistera à faire, à l'aide des débits déterminés dans la partie précédente, le dimensionnement structural de nos ouvrages afin de déterminer le ferraillage à mettre en œuvre pour la solidité, l'efficacité et la pérennité de ces ouvrages.

III.4.1. Dimensionnement des caniveaux

Dans cette partie nous auront à dimensionner la dallette qui sera calculée en flexion simple sous l'action de la *charge* B_r concentrée d'une roue isolée de 100 kN conformément au fascicule 61 titre II du Cahier des Prescriptions Communes applicables aux marchés de travaux publics de l'Etat Français.

L'épaisseur étant de 15 cm, il n'y a pas de risque d'excéder la valeur limite de la flèche. Ainsi nous avons opté pour deux nappes d'armature pour éviter la fissuration due au retrait du béton.

Nous avons considéré les hypothèses suivantes :

- Les chargements à considérer sont ceux définis dans le Titre II du fascicule 61 (Conception, Calcul et Epreuves des ouvrages d'Art) du Cahier des Prescriptions Communes applicables aux marchés de travaux publics de l'Etat Français ;
- Les règles de calcul béton armé sont celles définies dans le Béton Armé à l'Etat Limite (BAEL) 91 modifié 99 ;
- Fissuration considérée préjudiciable.

Données du dimensionnement :

Les charges à considérer dans cette partie sont essentiellement le poids propre de la dallette et la charge d'une roue isolée.

- GEOMETRIE
  Portée de la dallette b = 0,70 m ;
  Epaisseur de la dallette d = 0,15 m ;
  Hauteur libre du caniveau e = 0,60 m ;
  Ouverture du caniveau l = 0,60 m ;
  Largeur d'une dallette h = 0,5 m.
- MATERIAUX
  - Béton
    Dosage : 350kg/m3 de CPA 45 ou de classe équivalente ;
    Poids volumique : γbéton = 25 kN/m^3 ;
    Résistance à la compression à 28 jours : fc28 = 25 MPa ;
    Résistance à la traction à 28 jours : ft28 = 2,1 MPa ;
    Coefficient de sécurité γb=1,5 ;
    Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU : fbu = 14,17 MPa ;
    Contrainte limite de béton comprimé à l'ELS σbc=15 MPa.
  - Acier
    Acier à haute adhérence (HA) de nuance FeE400 ;
    Limite d'élasticité fe = 400Mpa ;
    Coefficient de sécurité γs =1,15 ;
    Coefficient d'adhérence : η=1,6 ;
    Contrainte limite des aciers à l'ELS, pour une fissuration préjudiciable est limitée à $\sigma_s = \min\left[\frac{2}{3}f_e\ ;\max\left(0{,}5f_e\ ;110\sqrt{\eta.f_{t28}}\right)\right]$ =201,63
    $\sigma_{st} = 347{,}83\ MPa$
- SOL
  γ= 20 kN/m^3 ;
  Coefficient de poussée des terres : ka=0,33.

N.B : Il faut noter que les détails des calculs sont joints en annexe.

Les tableaux 16 et 17 récapitulent les différentes sollicitations dans chacun des éléments calculés et font le point des sections d'acier à utiliser dans le ferraillage.

Tableau 16 : Récapitulatif des sollicitations de la dallette

Sollicitations	***Dallette***	
	ELU	***ELS***
Moment (KN.m)	26,56	17,73
Effort tranchant (KN/m)	3,375	2,5
Effort normal (KN/m)	-	-

Tableau 17 : Récapitulatif du ferraillage de la dallette

RECAPITULATIF DES FERRAILLAGES		***Armature***	***Espacement***
DALLETTE de50 cm de largeur	***Inférieur***	HA12	15 cm
	Supérieur	HA8	15 cm
	Transversal	HA8	20 cm

III.4.2. Dimensionnement des dalots

Nous déterminerons dans cette partie le ferraillage d'un dalot. On adoptera la même épaisseur pour le tablier, les piédroits et le radier.

L'épaisseur est déterminée par la formule suivante :

$$e = \frac{l}{32} + 0{,}125$$

Où l désigne l'ouverture de l'ouvrage.

$$e = \frac{1{,}5}{32} + 0{,}125 = 0{,}172\ m$$

Prenons $\boldsymbol{e = 0{,}2\ m}$

Largeur nette de passage de l'eau : **L = 1, 5 m;**

Hauteur nette de l'ouverture : **H = 1, 00 m;**

Longueur du dalot : **12 m** ;

Guide-roues en béton armé de section rectangulaire de dimensions $\mathbf{0{,}20\ m \times 0{,}50\ m}$ délimitant la longueur du dalot de part et d'autre.

- Prédimensionnement du Dalot

  Epaisseur de la dalle : e = 0,20 m
  Epaisseur du radier : e = 0,20 m
  Epaisseur des voiles : e = 0,20 m
  Hauteur piédroits : = 1 m

Largeur rouable : r = 10,2 m
Nombre de voies : n = 2
Portée de la travée : = 12 m

Classe de l'ouvrage de franchissement : Première classe car $Lr > 7\ m$

Les différents cas de charges suivantes seront considérés pour le calcul des sollicitations dans les éléments de structure du cadre simple :

- Sous actions permanentes d'une part, et ;
- Sous surcharge d'exploitation d'autre part ;
- Les chargements à considérer sont ceux définis dans le Titre II du fascicule 61(Conception, Calcul et Epreuves des ouvrages d'Art) du Cahier des Prescriptions Communes applicables aux marchés de travaux publics de l'Etat Français ;
- Les règles de calcul béton armé sont celles définies dans le BAEL 91 modifié 99 ;
- Fissuration considérée très préjudiciable (zone en bordure de mer impliquant une agressivité à l'air salé).

<u>Données du dimensionnement :</u>

Les charges à considérer dans cette partie sont :

Le poids propre du tablier, du radier et des piédroits ;

Les charges dues au remblai, à la poussé des terres, la surcharge routière et l'effort de freinage

- MATERIAUX
  - Béton

    Dosage : 350 kg/m^3 de CPA 45 ou de classe équivalente ;

    Poids volumique : γbéton = 25 kN/m^3 ;

    Résistance à la compression à 28 jours : fc28 = 25 MPa ;

    Résistance à la traction à 28 jours : ft28 = 2,1MPa ;

    Coefficient de sécurité γb=1,5 ;

    Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU : fbu=14,17 MPa ;

    Contrainte limite de béton comprimé à l'ELS σbc= 15 MPa.

  - Acier

    Acier à haute adhérence (HA) de nuance FeE400 ;

    Limite d'élasticité fe = 400Mpa ;

    Coefficient de sécurité γs =1,15 ;

    Coefficient d'adhérence : η=1,6 ;

    Contrainte limite des aciers à l'ELS, pour une fissuration préjudiciable :

    $\sigma_s = \min\left[\frac{2}{3}f_e\ ; \max\left(0{,}5f_e\ ; 110\sqrt{\eta.f_{t28}}\right)\right] = 201{,}63$;

$$\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 347,83\ MPa$$

- SOL
  $\gamma = 20\ kN/m^3$;

  Coefficient de poussée des terres : ka=0,33.

Pour chaque cas de charge, nous calculerons les moments fléchissant M aux appuis, les moments en mi- travée et les efforts normaux dans les différents éléments du dalot (piédroits ; tablier et radier).

Il faut noter que les détails des calculs sont joints en annexe.

Les tableaux 18 et 19 récapitulent les différentes sollicitations dans chacun des éléments calculés et font le point des sections d'acier à utiliser dans le ferraillage.

Tableau 18 : Récapitulatif des sollicitations du dalot 100x100

Partie de l'ouvrage	***Sollicitation (KN.m/ml ; KN/ml)***		***Sous charges G***	***Sous charge Q***
Tablier	***Moment sur appui***	M_B	-1,369	-17,07
	Moment en travée	$M_{(BC)}$	1,734	6,24
Radier	***Moment sur appui***	M_A	-2,274	-15,77
	Moment en travée	$M_{(AD)}$	3,336	6,24
Piédroits	***Moment en travée***	$M_{(AB)}$	-0,6	-15,82
	Effort en B	N	16,06	54,95

Tableau 19: Récapitulatif du ferraillage du dalot 100x100

	RECAPITULATIF DES FERRAILLAGES	ARMATURE CHOISIE	ESPACEMENT
TABLIER	Inférieur	HA8	20 cm
	Supérieur	HA12	20 cm
	Transversal	HA8	20 cm
RADIER	Inférieur	HA8	20 cm
	Supérieur	HA12	20 cm
	Transversal	HA8	20 cm
PIEDROITS	Intérieur	HA8	20 cm
	Extérieur	HA12	20 cm
	Transversal	HA8	20 cm

CHAPITRE IV : SIGNALISATION ROUTIERE

La sécurité et le confort des usagers et des riverains étant des facteurs importants dans l'aménagement de toute route, il est nécessaire de prendre un certain nombre de précautions pour pendant et après la réalisation des travaux. Ces précautions passent essentiellement par la signalisation routière et les dispositifs de sécurité.

La signalisation routière, l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine, a pour but de renseigner l'automobiliste pour lui offrir le meilleur confort et la meilleure sécurité. Elle est constituée de deux grands ensembles qui sont la signalisation horizontale caractérisée par des marquages au sol et des plots ainsi que la signalisation verticale qui compte les panneaux, les balises, les bornes et les feux tricolores.

IV.1. Signalisation horizontale

La signalisation horizontale constitue une aide importante à la conduite. Elle permet de canaliser les flux de circulation, de préciser les règles de prescription, de matérialiser le stationnement et guider visuellement les usagers, en particulier la nuit grâce aux plots. Les marquages au sol sont constitués de lignes longitudinales et transversales continues ou discontinues selon le type de modulation. Dans le cas de notre projet la signalisation horizontale sera constituée comme suit :

- Des lignes longitudinales continues infranchissables ;
- Des lignes longitudinales discontinues axiales ou de délimitation des voies ;
- Des lignes longitudinales discontinues d'annonce d'une ligne continue ou de dissuasion ;
- Des lignes longitudinales discontinues de bord de chaussée ;
- Des marquages transversaux continues lignes complétant les panneaux ''Stop'' et discontinues ''Cédez le passage'' ;
- La bande de passage pour piétons : positionnée suivant les points de fortes traversées de la route.

La largeur de chacune de ces lignes est définie par rapport à une largeur unité (u) et varie en fonction du type de routes. Pour notre route, la largeur de référence de la peinture au sol est prise égale à 6 cm.

IV.2. Signalisation verticale

Les panneaux de signalisation, les feux de circulation ainsi que les balises qui constituent la signalisation horizontale servent de complément à la signalisation verticale. Ces éléments sont en général à la limite de l'accotement à une distance suffisante du bord de la chaussée pour qu'ils ne présentent pas des risques pour la circulation. Ils seront placés à une hauteur minimum de 2,25 m au-dessus du niveau de l'accotement et à 5 m de l'axe de la route pour ne pas gêner la circulation des piétons et pour tenir compte des véhicules qui peuvent les masquer.

Dans le cadre de ce projet, les panneaux utilisés pour la signalisation verticale sont :

- Les panneaux de dangers placés à 150m du point ou de la zone à signaler ;
- Les panneaux de prescriptions implantés au voisinage immédiat de la prescription ;
- Les panneaux d'indication, de direction et de repérage placés à 100m de la zone à signaler.

Les différents panneaux utilisés pour la signalisation verticale sont présentés en annexe.

IV.3. Les dispositifs de sécurité

Les dispositifs de retenue sont ceux dont les angles probables de heurt sont inférieurs à 45°. Ils sont qualifiés de simples lorsqu'ils ne sont efficaces que d'un côté (accotement) et de doubles lorsqu'ils peuvent être percutés des deux côtés (terre-plein central). Ils sont dits souples lorsqu'ils se déforment sous le choc d'une voiture et conservent une déformation permanente. Ils sont rigides lorsqu'ils ne subissent ni déformation ni déplacement lors d'un choc. On distingue deux types de dispositif de retenue :

- Les glissières de sécurité : elles retiennent les voitures dans de bonnes conditions de sécurité ;
- Les barrières de sécurité : elles sont capables de retenir les véhicules lourds.

NB : Il faudra souligner l'existence de la signalisation temporaire qui protège les usagers pendant l'exécution des travaux. Cette signalisation regroupe les déviations et les limitations de vitesse et annoncent les différents dangers sur le tronçon.

CHAPITRE V : ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

V.1. Cadre législatif et institutionnel

La protection de l'environnement fait partie des préoccupations majeures de l'État burkinabé. Ainsi, il a mis en place une politique et des institutions, adopté une législation et une réglementation dans l'optique d'atteindre cet objectif. A ce jour, plusieurs textes d'application du code de l'environnement ont été adoptés par le Gouvernement, et traitent à la fois des questions de prévention et de gestion des pollutions de même que le respect des normes environnementales en vigueur. La mise en œuvre du projet devra s'y référer. Il s'appuiera essentiellement sur les textes suivants :

- Le décret n°2001-185/PRE/PM/MEE du 07 mai 2001, portant fixation des normes de rejets des polluants dans l'air, l'eau et les sols ;
- Le décret n°98-322/PRES/PM/MEE/MIHU/MATS/MEF/MEM/MCC/MCIA du 28 juillet 1998 qui fixe les conditions d'ouverture des établissements dangereux, insalubres et incommodes (EDII). L'article 2 de ce décret précise que « les EDII sont ceux présentant des dangers ou des inconvénients, soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé et la sécurité publique, soit pour l'agriculture, le cadre de vie, la conservation des sites, espaces, monuments et la diversité biologique » ;
- Le décret n°2001-342/PRES/PM/MEE du 17 juillet 2001portant champ d'application, contenu et procédure de l'étude et de la notice d'impact sur l'environnement. En effet ce décret a l'avantage d'avoir classé les activités susceptibles d'avoir des impacts significatifs directs ou indirects sur l'environnement en trois (03) catégories :

➢ Catégorie A : activités soumises à une étude d'impact sur l'environnement
➢ Catégorie B : Activités soumises à une notice d'impact sur l'environnement
➢ Catégorie C : Activités qui ne sont pas soumises à une étude d'impact sur l'environnement.

Notre projet se classe en catégorie A (Bitumage de route) et fait l'objet d'une Etude d'Impact Environnemental (EIE).

V.2. Les différents enjeux environnementaux et sociaux

Le projet présente des enjeux majeurs tant sur le plan socio-économique que biophysique. On peut citer principalement :

- Des risques sanitaires liés à la prolifération d'infections sexuellement transmissibles (IST) et du VIH/SIDA ;
- La dépravation des mœurs ;
- Des risques de maladies respiratoires liés au dégagement de poussières ;
- La perturbation de la quiétude des populations du fait des nuisances sonores pendant les travaux ;
- Des risques de dégradation des sols et d'érosion liés aux emprunts et carrières.
- La fluidification de circulation et la réduction des risques d'accidents du fait de la décongestion routière ;
- La création d'emplois directs et indirects ;
- La facilitation du transit et le renforcement du flux économique ;
- L'embellissement du paysage urbain, etc.

Dans la présente étude, pour l'analyse des différents impacts, nous avons utilisé la matrice de Léopold (1971). C'est une matrice d'interrelation, mettant en relation les activités du projet sources d'impacts, avec les composantes de l'environnement du projet. Chaque interrelation identifiée représente un impact probable d'une activité du projet sur une composante de l'environnement.

V.3. Identification des impacts environnementaux et sociaux

V.3.1. Pendant la phase de planification et d'installation de chantier

- Une érosion des sols par mouvements des engins lourds ;
- Une augmentation des niveaux sonores dans la région et une perturbation de la circulation causée par le transfert des engins.

V.3.2. Pendant la Phase de Construction

- Impacts sur le milieu physique
  - *Dégradation de l'environnement*

- ✓ Une augmentation de la concentration des polluants présents dans l'air provenant des gaz d'échappement des véhicules et engins travaillant sur les différentes sections de la voirie ;
- ✓ Le soulèvement des poussières plus ou moins intenses selon les différentes phases et le mode de travaux au niveau des différentes plates-formes d'exécution des travaux ;
- ✓ La formation éventuelle de brouillard photochimique suite à des réactions liées principalement à la présence de mélange d'hydrocarbure et d'oxydes d'azote.

➢ *Erosion des sols*

Les mouvements des engins motorisés risquent d'entraîner l'érosion des sols par compactage. Cet impact est de courte durée, de portée localisée et d'intensité moyenne.

➢ *Pollution sonore*

Les mouvements des engins motorisés vont entraîner une augmentation des niveaux sonores dans la région. Toutefois, cet impact est de courte durée, de portée localisée et d'intensité moyenne.

➢ *Impacts associés à l'ouverture des carrières*

L'exploitation des carrières aura des incidences relativement limitées sur l'évolution pédologique des zones d'emprunts.

➢ *Impact sur la végétation*

Les impacts associés aux zones d'emprunt de matériaux graveleux puisqu'on procède au niveau de ses zones à deux types d'opération : le débroussement de la végétation et le décapage de la terre végétale.

- Les impacts sociaux

➢ *Les impacts sociaux négatifs*

Parmi les impacts sociaux négatifs on distingue :

- ✓ Une nuisance sonore provoquée par les engins et autres outillages qui vont impacter la tranquillité des habitants des villages traversés ;
- ✓ Des nuisances respiratoires provoquer par les échappements des différents engins et qui pourrai entrainer des maladies respiratoires ;
- ✓ Le risque dégradation de santé avec notamment la propagation des maladies sexuellement transmissible.

- *Les impacts sociaux positifs*
  - ✓ La réduction du chômage dans la zone d'impact du projet avec le recrutement de nombreux jeunes dans cette région.
  - ✓ Le développement d'activités génératrices de revenus (restauration, vente de produits du cru comestibles, etc.) aux abords des chantiers.

V.3.3. Pendant la phase d'exploitation

- La pollution de l'air : les gaz produit par les tuyaux d'échappements des différents engins qui circulerons sur la voie vont altère la qualité de l'air dans la zone environnante.
- La pollution sonore : le bruit provoquer par la circulation sur la voie va affecter la vie des riverains de la zone d'impact direct du projet en effet le brui accentué les risques d'obtention de certaines maladies.
- Le risque d'accidents dues aux véhicules.

V.4. Mesures d'atténuation préconisées

V.4.1. Mesures pour le milieu physique

V.4.1.1. Mesures pour la végétation et la faune

La réalisation du projet se fera de sorte à éviter le terrassement d'arbres. Ainsi, l'installation de la base du chantier se fera dans une zone non boisée. Egalement, un accent sera mis sur la sensibilisation des employés au respect des espèces végétales.

La partie de la végétation détruite sera réhabilitée par la plantation d'arbres tous les trente (30) mètre de part et d'autre des voiries. Aussi, des arbres seront plantés autour des zones d'emprunt. Les arbres terrassés ne doivent pas constituer de tas de débris, mais seront retirés pour être valorisés (énergie, artisanat, etc.).

Concernant la faune, un accent sera mis sur la sensibilisation des employés au respect des espèces animales.

V.4.1.2. Mesures pour le sol

Les réserves de carburant seront stockées dans des récipients qui seront protégés et inspectés régulièrement de sorte à éviter et à détecter les éventuelles fuites.

La maintenance des engins sera aussi régulière pour éviter les fuites d'huiles, de carburant ou de bitume.

V.4.1.3. Mesures d'atténuation pour la qualité de l'air

La protection de la qualité de l'air est possible. Pour y parvenir, les zones de terrassement, la chaussée, les pistes d'accès aux zones d'emprunt ainsi que les sites d'emprunt seront régulièrement arrosées. Egalement, il se fera régulièrement l'entretien des engins et véhicules pour réduire l'émission de fumées.

La mise en place d'un filet de protection sur les camions transportant des matériaux et réglage de la teneur en eau des graveleux fournis sur le chantier avant leur déchargement.

V.4.2. Mesures pour le milieu socio-économique

V.4.2.1. Pour la santé

Pour prévenir les nuisances sonores, les engins utilisés devront respecter les normes en matière de bruit. Ainsi, le réglage des moteurs de ces engins devra être surveillé afin de limiter la production de bruit, et il faudra aussi éviter les travaux nocturnes.

Par ailleurs, un accent sera mis sur la sensibilisation des employés à la gestion des déchets générés et au respect des mesures d'hygiène et de protection, afin de prévenir tout mal.

V.4.2.2. Pour la sécurité

La prévention des accidents se fera par la sensibilisation des employés au respect des mesures de sécurité au chantier (port obligatoire des équipements de protection individuelle, etc.) et les conducteurs au ralentissement aux endroits critiques (écoles, …). Ces endroits bénéficieront de panneaux pour la signalisation. Aussi, des aires de stationnement seront réalisées.

CHAPITRE VI : ESTIMATION DU COUT DU PROJET

Cette évaluation de coût a été faite non pas pour l'ensemble du projet mais uniquement pour le tronçon étudié (10 km) avec un coefficient réducteur de 25% pour les séries qui concernent tout le projet et qui ne peuvent pas être étudiées séparément. Le tableau 20 donne le cout total hors taxe (HT) des travaux exécutés sur le terrain. Les montants par série de travail sont consignés dans le tableau 20.

Tableau 20: Estimation du coût du projet

Prix	DESIGNATION	Montant HT (F. CFA)
Série 000	INSTALLATION GENERALE ET REPLI DU CHANTIER	348 500 000
Série 100	TRAVAUX PREPARATOIRES	100 062 500
Série 200	TERRASSEMENTS	382 250 000
Série 300	CHAUSSEE	898 121 000
Série 400	OUVRAGES DE DRAINAGE	513 700 000
Série 500	SIGNALISATION ET SECURITE	228 859 000
Série 600	MESURES ENVIRONNEMANTALES	61 125 000
Montant HT		**2 532 617 500**

La figure 5 illustre la répartition de coût par poste de travail

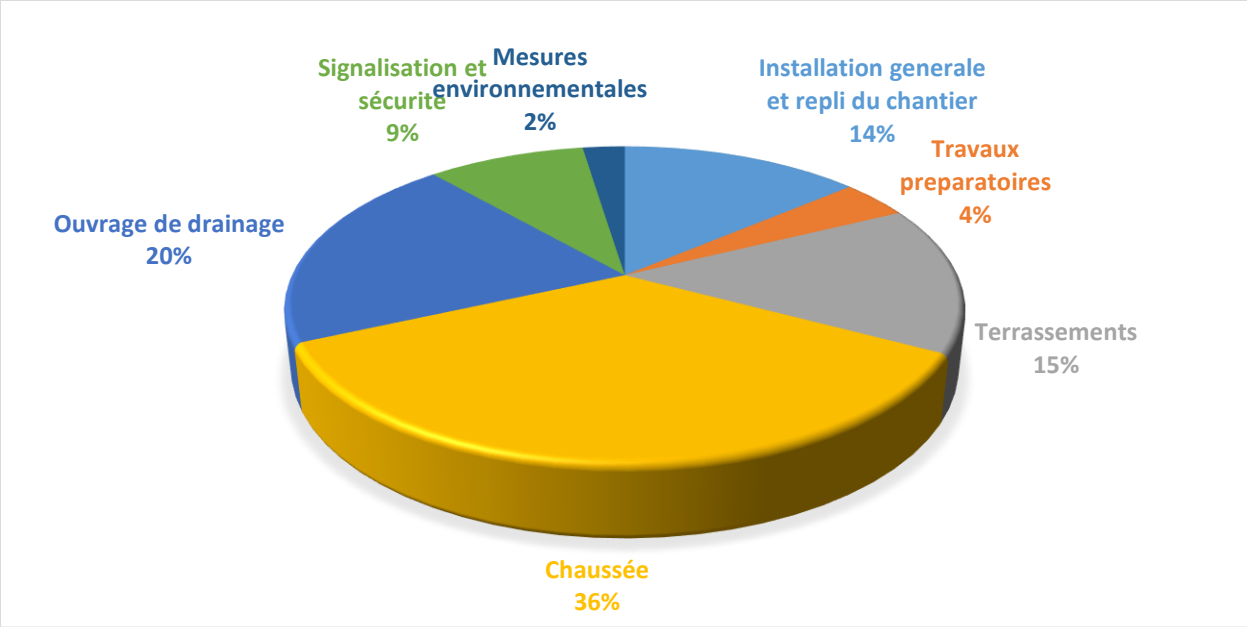


Figure 5 : Réparation du coût du projet

Cette étude nous conduit à une estimation de **253 261 750 FCFA** pour l'aménagement d'un kilomètre de cette route.

Compte tenu du fait que nous avons obtenu des ouvrages de sections différentes de ceux à exécuter sur le terrain nous avons fait une réévaluation du coût en considérant cet aspect des choses. Cette nouvelle estimation est illustrée dans le tableau 21

Tableau 21 : Estimation du coût du projet avec les suggestions

Prix	DESIGNATION	Montant HT (F. CFA)
Série 000	INSTALLATION GENERALE ET REPLI DU CHANTIER	348 500 000
Série 100	TRAVAUX PREPARATOIRES	100 062 500
Série 200	TERRASSEMENTS	382 250 000
Série 300	CHAUSSEE	898 121 000
Série 400	OUVRAGES DE DRAINAGE	457 950 000
Série 500	SIGNALISATION ET SECURITE	228 859 000
Série 600	MESURES ENVIRONNEMANTALES	61 125 000
Montant HT		**2 476 867 500**

La figure 6 fait état de la nouvelle répartition

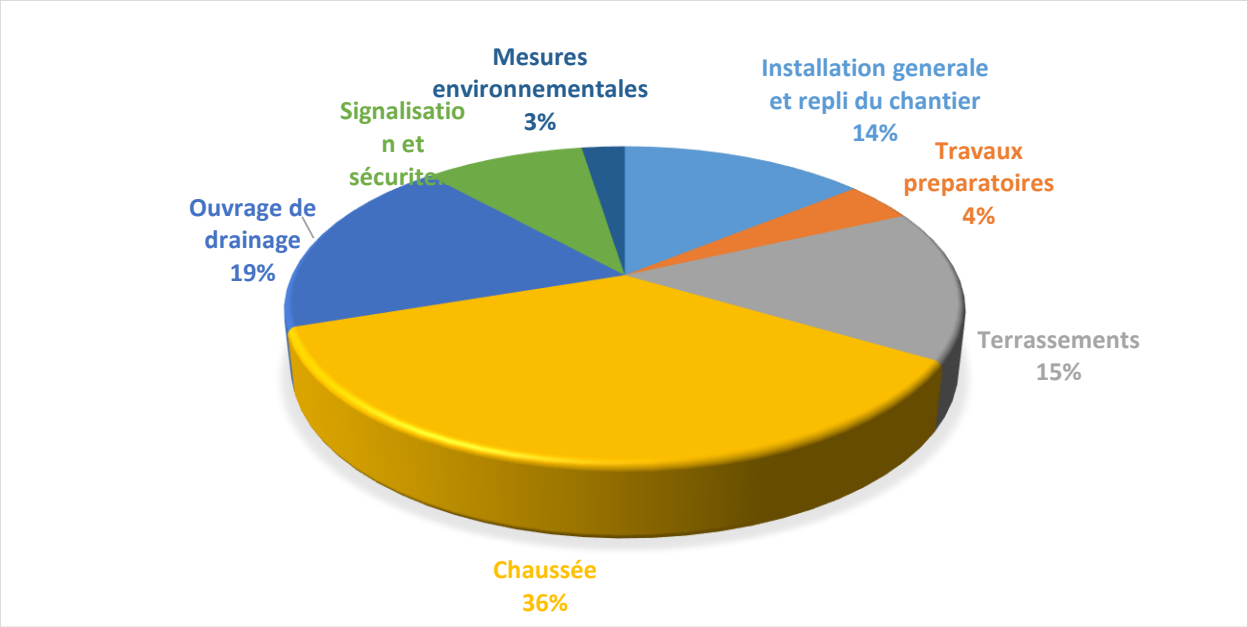


Figure 6 : La nouvelle réparation

De cette étude nous constatons une baisse **55 750 000 F CFA** du coût du projet estimant ainsi un kilomètre de cette route à **247 686 750 FCFA.**

CONCLUSION

L'aménagement des routes constitue de nos jours une réponse aux problèmes de dégradations et d'insuffisance des voies de circulation dont font face certaines localités de notre pays. Les objectifs assignés pour cette étude se résument au dimensionnement de la route, des ouvrages d'assainissement et de franchissement, à l'étude des aspects sécuritaires et environnementaux du projet et enfin à l'évaluation du coût de la zone d'étude.

Au terme de cette étude, plusieurs aspects ont été abordés afin d'atteindre ces objectifs.
En effet les aspects techniques, économiques et environnementaux ont été étudiés, auxquels des solutions appropriées ont été apportées, dans le respect des normes.
Ainsi, suite à l'analyse structurale de la chaussée, il a été proposé une structure dont les caractéristiques se présentent comme suit :

- Un revêtement en enduit superficiel bicouche ;
- Une couche de fondation de 20 cm en graveleux latéritiques ;
- Une couche de base de 20 cm en graveleux latéritiques.

Cette structure a été dimensionnée de telle sorte à supporter le trafic attendu pour une durée de vie de 15 ans.
Toujours dans la même lancée, la partie hydraulique a été abordée. A cet effet treize (13) dalots de même section et 1050 ml de caniveaux sont nécessaires pour assurer l'assainissement du projet. A noter que les dalots projetés sont de sections différentes.

Enfin, après avoir étudiée la signalisation et la sécurité routière qui s'est soldée par la détermination de la nature et du type de signalisation à implanter, il a été proposé des panneaux de signalisation adéquats. Nous avons préconisé des mesures d'atténuation des impacts environnementaux, ce qui contribuera sans nul doute au développement durable des localités concernées par ce projet.
Pour finir une étude quantitative et estimative a été effectuée et nous a permis d'estimer le coût provisionnel de l'étude à **2 476 867 500** FCFA, hors taxes au lieu de **2 532 617 500**FCFA soit une réduction de **55 750 000 F CFA**.

Au regard de ce qui précède, nous pouvons affirmer, sans l'ombre d'un doute que ce projet s'inscrit dans la logique du PNDES du gouvernement burkinabé, puisqu'il permettra d'une part l'accroissement des échanges commerciaux tant sur le plan national que sous régional et d'autre part l'amélioration des conditions de vies des populations locales à travers leur rapprochement aux services sociaux de base.

BIBLIOGRAPHIE

- Cahier des clauses techniques générales – Fascicule 61 titre II - conception, calcul et épreuves des ouvrages d´art - programmes de charges et épreuves des ponts routes, Direction des JO, 08/12/1980 ;
- Direction Générale des Infrastructure et de la Mer, Instruction sur les Conditions techniques d'aménagement des voies rapides urbaines (ICTAVRU), CERTU, Mars 2009 ;
- FAO, Crues et apports, Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche, Mars 1998 ;
- G. LIAUTAUD (CEBTP), Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux, Paris cedex, 1984, 10-155 ;
- Jean-Pierre MOUGIN, Béton Armé aux Etats Limites 91 modifié 99 associé au DTU, EYROLLES, 2000 ;
- Nguyen VAN TUU, HYDRAULIQUE ROUTIERE, Paris, BCEOM, 1981 ;
- SERVICE TECHNIQUE DES ROUTES ET AUTORAUTES, Aménagement des routes principales, 1994 ;
- SERVICE TECHNIQUE DES ROUTES ET AUTORAUTES, Comprendre les principaux paramètres de conception géométriques des routes, Janvier 2006 ;
- SERVICE TECHNIQUE DES ROUTES ET AUTORAUTES, LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES, Conception et dimensionnement des structures de chaussées, Décembre 1994, LCPC ;

ANNEXES

ANNEXE 1 : QUELQUES TABULATIONS

Tableau 22 : Quelques tabulations

Abscisse	*Axe Plan*	*Axe Long*	*Z Tn*	*Z Projet*	*Gisement*	*X*	*Y*	*Dévers*		*Pente*
								Gauche	Droite	
123225	Arc 54	Pente 1	283,46	284,19	44,737	509416,53	1413049,13	2,50	-2,50	0,19
123250	Arc 54	Pente 1	283,68	284,23	43,9	509397,35	1413065,16	2,50	-2,50	0,19
123275	Arc 54	Pente 1	283,68	284,28	43,062	509377,96	1413080,94	2,50	-2,50	0,19
123300	Arc 54	Pente 1	283,49	284,33	42,224	509358,36	1413096,46	2,50	-2,50	0,19
123325	Arc 54	Pente 1	283,65	284,38	41,387	509338,56	1413111,73	2,50	-2,50	0,19
123350	Arc 54	Pente 1	283,69	284,42	40,549	509318,56	1413126,73	2,50	-2,50	0,19
123375	Arc 54	Pente 1	283,81	284,47	39,711	509298,36	1413141,46	2,50	-2,50	0,19
123400	Arc 54	Pente 1	283,80	284,52	38,874	509277,98	1413155,93	2,50	-2,50	0,19
123425	Arc 54	Pente 1	283,87	284,56	38,036	509257,40	1413170,13	2,50	-2,50	0,19
123450	Arc 54	Parabole 1	283,95	284,61	37,198	509236,64	1413184,06	2,50	-2,50	0,21
123475	Arc 54	Parabole 1	284,02	284,67	36,361	509215,70	1413197,71	2,50	-2,50	0,25
123500	Arc 54	Parabole 1	284,07	284,74	35,523	509194,58	1413211,09	2,50	-2,50	0,30
123525	Arc 54	Parabole 1	284,10	284,82	34,685	509173,28	1413224,18	2,50	-2,50	0,34
123550	Arc 54	Parabole 1	284,13	284,91	33,848	509151,82	1413237,00	2,50	-2,50	0,38
123575	Arc 54	Parabole 1	284,15	285,01	33,01	509130,19	1413249,53	2,50	-2,50	0,42
123600	Arc 54	Parabole 1	284,17	285,12	32,172	509108,39	1413261,78	2,50	-2,50	0,46
123625	Arc 54	Pente 2	284,27	285,24	31,335	509086,44	1413273,74	2,50	-2,50	0,47
123650	Arc 54	Pente 2	284,42	285,35	30,497	509064,33	1413285,41	2,50	-2,50	0,47
123675	Arc 54	Pente 2	284,57	285,47	29,659	509042,07	1413296,78	2,50	-2,50	0,47
123700	Arc 54	Pente 2	284,65	285,59	28,822	509019,66	1413307,87	2,50	-2,50	0,47
123725	Arc 54	Pente 2	284,72	285,71	27,984	508997,11	1413318,65	2,50	-2,50	0,47

Abscisse	*Axe Plan*	*Axe Long*	*Z Tn*	*Z Projet*	*Gisement*	*X*	*Y*	*Dévers*		*Pente*
								Gauche	Droite	
123750	Arc 54	Pente 2	284,88	285,82	27,146	508974,41	1413329,14	2,50	-2,50	0,47
123775	Arc 54	Pente 2	284,92	285,94	26,309	508951,58	1413339,33	2,50	-2,50	0,47
123800	Arc 54	Pente 2	284,95	286,06	25,471	508928,62	1413349,22	2,50	-2,50	0,47
123825	Arc 54	Pente 2	285,03	286,18	24,633	508905,53	1413358,81	2,50	-2,50	0,47
123850	Arc 54	Pente 2	285,12	286,29	23,796	508882,32	1413368,09	2,50	-2,50	0,47
123875	Arc 54	Pente 2	285,17	286,41	22,958	508858,99	1413377,07	2,50	-2,50	0,47
123900	Arc 54	Pente 2	285,13	286,53	22,12	508835,54	1413385,73	2,50	-2,50	0,47
123925	Arc 54	Pente 2	285,16	286,65	21,283	508811,98	1413394,09	2,50	-2,50	0,47
123930,7	Arc 54	Pente 2	285,18	286,67	21,092	508806,59	1413395,95	2,50	-2,50	0,47
123950	Droite 55	Pente 2	285,13	286,76	21,092	508788,34	1413402,23	2,50	-2,50	0,47
123975	Droite 55	Pente 2	285,18	286,88	21,092	508764,70	1413410,36	2,50	-2,50	0,47
123990	Droite 55	Pente 2	285,23	286,95	21,092	508750,52	1413415,24	2,50	-2,50	0,47
124000	Droite 55	Pente 2	285,18	287,00	21,092	508741,06	1413418,50	2,50	-2,50	0,47
124025	Droite 55	Pente 2	285,24	287,12	21,092	508717,42	1413426,63	2,50	-2,50	0,47
124050	Droite 55	Pente 2	285,32	287,23	21,092	508693,78	1413434,76	2,50	-2,50	0,47
124075	Droite 55	Pente 2	285,37	287,35	21,092	508670,14	1413442,89	2,50	-2,50	0,47
124100	Droite 55	Pente 2	285,48	287,47	21,092	508646,50	1413451,02	2,50	-2,50	0,47
124125	Droite 55	Pente 2	285,66	287,59	21,092	508622,86	1413459,16	2,50	-2,50	0,47
124150	Droite 55	Pente 2	285,91	287,70	21,092	508599,22	1413467,29	2,50	-2,50	0,47
124175	Droite 55	Pente 2	286,22	287,82	21,092	508575,58	1413475,42	2,50	-2,50	0,47
124188,3	Droite 55	Pente 2	286,42	287,88	21,092	508563,03	1413479,73	2,50	-2,50	0,47
124200	Droite 55	Pente 2	286,11	287,94	21,092	508551,94	1413483,55	2,50	-2,50	0,47
124225	Droite 55	Pente 2	285,85	288,06	21,092	508528,30	1413491,68	2,50	-2,50	0,47
124250	Droite 55	Parabole 2	285,72	288,16	21,092	508504,65	1413499,82	2,50	-2,50	0,29

ANNEXE 2 : PLANS D'AMENAGEMENT DE LA ROUTE

(TRACE EN PLAN, PROFIL EN LONG, PROFIL EN TRAVERS)

ANNEXE 3 : DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE

Afin de déterminer l'indice de portance CBR de la plate-forme, il a été réalisé sur le sol les essais dont les résultats sont dans le tableau

- *Tableau 23 : Résultats des essais géotechniques de la plateforme*

PK	IDENTIFICATION			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR	CLASSE DE PORTANCE
	Dmax (mm)	WL%	IP	γ_{dmax} (kN/m^3)	W_{OPM} (%)	95% OPM	
123+225	**16**	**30**	**15**	**20,2**	**7,9**	**9**	S1
123+725	**16**	**15**	**-**	**23,2**	**5,7**	**22**	**S4**
124+225	**25**	**19**	**3**	**20,35**	**8,6**	**5**	S1
124+725	**20**	**25**	**10**	**20,56**	**8,6**	**10**	S2
125+225	**20**	**25**	**10**	**21,5**	**7,9**	**7**	S2
125+725	**20**	**37**	**-**	**21,4**	**7,2**	**18**	**S4**
126+225	**16**	**20**	**7**	**20,7**	**8,2**	**8**	S2
126+725	**25**	**24**	**6**	**19,35**	**9,5**	**4**	S1
127+225	**20**	**31**	**15**	**18,24**	**12,7**	**4**	S1
127+725	**25**	**19**	**-**	**23,2**	**6,5**	**26**	**S4**
128+225	**25**	**25**	**8**	**24**	**5,8**	**8**	S2
128+725	**25**	**15**	**2**	**22,65**	**7,2**	**14**	S3
129+225	**12,5**	**22**	**-**	**20,3**	**8,6**	**6**	S2
129+725	**20**	**23**	**9**	**19,66**	**8,1**	**5**	S1
130+225	**25**	**19**	**10**	**23,15**	**6,9**	**16**	**S4**
130+725	**20**	**19**	**3**	**22,85**	**6,6**	**39**	**S5**
131+225	**25**	**21**	**-**	**23,32**	**6,5**	**30**	**S4**
131+725	**20**	**22**	**6**	**23,4**	**6,3**	**41**	**S5**
132+225	**20**	**26**	**6**	**19,64**	**12,2**	**7**	S2
132+725	**16**	**20**	**6**	**22,4**	**6,6**	**14**	S3
133+225	**25**	**24**	**10**	**23,1**	**6,2**	**11**	S3

Tableau 24 : Résultats des essais géotechniques des emprunts

N°	LOCALISATION			ANALYSE GRANULOMETRIQUE				LIMITES D'ATTERBERG		PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR(%OPM)			OBSERVATIONS
		Tas n°	PK	<10mm	<2mm	80µ (F)	Dmax	WL	Ip	W_{OPM}(%)	γd_{OPM}	95	98	Gt(%)	
COUCHE DE BASE				**<80**	**<40**	**<35**	**85 à 100**	**<40**	**≤15**		**≥2**		**≥80**	**<0,5**	**(Ic=98%)**
COUCHE DE FONDATION				**<80**	**<40**	**<35**		**<40**	**≤20**		**≥2**	**≥30**		**<0,5**	**(Ic>95%)**
COUCHE DE FORME					**30 à 80**	**≤35**	**≤150**		**≤20**			**≥20**			**(Ic=95%)**
COUCHE DE REMBLAI						**≤35**	**≤100**		**≤25**			**≥10**		**≤1**	**(Ic=90%)**
01	***EMPRUNT N°02***	01	*PK 124 + 650*	76	26	7	90	31,9	14,5	10,2	2,22	123	158	0,06	**BASE**
02		02		66	31	25	99	24,3	10,4	6,8	2,36	45	59	0,12	**FONDATION**
03		03		83	38	17	97	34,4	N	8,5	2,33	151	174	0,04	**REMBLAI**
04		04		69	28	14	97	31,4	14,1	8,4	2,275	75	122	0,11	**BASE**
05		05		83	37	15	97	29,6	8,6	9,5	2,2	111	148	0,04	**BASE**
06		06		84	40	19	99	30,3	N	10	2,14	70	N	0,07	**REMBLAI**

N°	LOCALISATION			ANALYSE GRANULOMETRIQUE				LIMITES D'ATTERBERG		PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR(%OPM)			OBSERVATIONS
		Tas n°	PK	<10mm	<2mm	80µ (F)	Dmax	WL	Ip	W_{OPM}(%)	γd_{OPM}	95	98	Gt(%)	
07		07		80	26	14	98	25	11	7,4	2,27	62	76	0,05	**FONDATION**
08		08		67	15	5	90	30,9	10,8	9,6	2,26	43	62	0,07	**FONDATION**
09		09		74	23	15	99	24,2	7,7	8	2,36	15	18	0,17	**REMBLAI**
10		10		85	46	31	99	27,8	16,2	7,9	2,31	43	54	0,16	**FONDATION**
11		11		82	30	19	98	25,1	9,9	7,6	2,31	20	29	0,03	**FORME**
12		12		70	23	7	91	29,5	14,1	9,9	2,22	40	52	0,09	**FONDATION**
13	DEBLAIS	n°01	124+ (700 à 900)	83	36	23	99	28,2	14,5	8,5	2,19⁵	44	_	0,09	**FONDATION**
14	DEBLAIS	n°02	128+ 500	77	23	13	95	31,4	12,6	8,6	2,28	76	_	0,03	**FONDATION**
15	DEBLAIS	n°03	130+ 175	89	66	36	98	21,1	N	8,5	2,11	34	_	0,42	**REMBLAI**
16	DEBLAIS	n°04	132+ 475	54	19	13	82	22,5	8,6	6,5	2,37⁵	47	_	0,02	**FONDATION**
17	**TAS G.**	n°01	123+ 500	95	53	30	99	33,4	14,5	12,9	1,98⁵	39	_	0,79	**FORME**

N°	LOCALISATION			ANALYSE GRANULOMETRIQUE				LIMITES D'ATTERBERG		PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR(%OPM)			OBSERVATIONS
		Tas n°	PK	<10mm	<2mm	80µ (F)	Dmax	WL	Ip	W_{OPM}(%)	γd_{OPM}	95	98	Gt(%)	
18	EMPRUNT N°01	01	PK 123+500	86	25	14	99	25,2	9,5	8,4	2,16	59	80	0,15	BASE
19		02		88	27	10	99	32,2	14,2	9,6	2,2	49	56	0,11	FONDATION
20		03		74	28	10	97	30,4	12,9	10	2,18	82	106	0,09	BASE
21		04		79	29	18	99	24,9	9,8	5,7	2,35	65	109	0,1	BASE
22		05		89	34	20	99	22,4	8	7,9	2,26	51	74	0,15	FONDATION
23	EMPRUNT N°03	01	PK126+200	56	22	12	88	25,4	10,2	9,2	2,15	31	46	0,12	FONDATION
24		02		65	26	12	98	26	8,7	9,8	2,12	63	82	0,03	BASE
25		03		75	31	20	98	19,4	4,8	6,3	2,24	70	126	0,06	BASE
26		04		65	25	17	95	22,6	6,5	7,6	2,2	78	182	0,09	BASE
27		05		66	20	11	94	27,1	9,9	8,2	2,2	32	35	0,07	FONDATION
28		06		67	23	16	96	22,3	5,2	8	2,2	63	77	0,01	FONDATION
29	TAS G.	n°02	123+500	83	39	22	98	27,4	10,3	10,9	2	39	63	1,5	FORME
30	EMPRUNT N°04	01	PK128+150	64	23	13	93	29,2	12,1	8	2,15	34	42	0,05	FONDATION
31		02		70	22	15	98	24,6	7,5	6,2	2,23	39	57	0,13	FONDATION
32		03		59	16	6	96	34	15,6	8,1	2,15	52	92	0,08	BASE
33		04		55	15	9	91	27,2	11,3	5,9	2,27	95	105	N	BASE
34		05		59	21	10	93	27,8	14,3	7,8	2,2	90	138	N	BASE

N°	LOCALISATION			ANALYSE GRANULOMETRIQUE				LIMITES D'ATTERBERG		PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR(%OPM)			OBSERVATIONS
		Tas n°	PK	<10mm	<2mm	80µ (F)	Dmax	WL	Ip	W_{OPM}(%)	γd_{OPM}	95	98	Gt(%)	
35	**EMPRUNT N°05**	01	131 + 400	78	24	16	93	25,1	13,2	7,3	2,19	54	62	N	**FONDATION**
36		02		75	31	16	99	26,9	10,5	7,5	2,22	62	77	N	**FONDATION**
37		03		71	23	9	99	30,1	14,4	10	2,075	66	76	N	**FONDATION**
38		04		74	32	20	94	22,1	7,1	8,3	2,15	29	33	N	**FONDATION**
39		05		73	39	26	94	28,4	13,2	9	2,11	56	106	N	**BASE**
40	**EMPRUNT N°06**	01	132 + 250	55	18	13	91	25,8	8,6	6,7	2,2	28	32	N	**F0RME**
41		02		65	20	6	95	31,2	19,4	10,4	2,04	57	65	N	**FONDATION**
42		03		53	8	5	93	26,4	10,8	6,7	2,18	47	59	N	**FONDATION**
43		04		58	24	7	90	30,7	15,3	10	2,07	70	74	N	**FONDATION**

Avec ces informations on a qu'une variante de guide de dimensionnement des pays tropicaux qui peut être considère pour notre étude. Cette variante est la suivante :

- Revêtement = 4E ou tri couche ;
- Base= 15cm en graveleux latéritiques ;
- Fondation = 45 cm en graveleux latéritiques.

Vu le trafic il faut au minimum 20cm d'épaisseur pour la couche de Base.

Ainsi la vérification avec Alizée LCPC nous donne les résultats consignés sur les figures

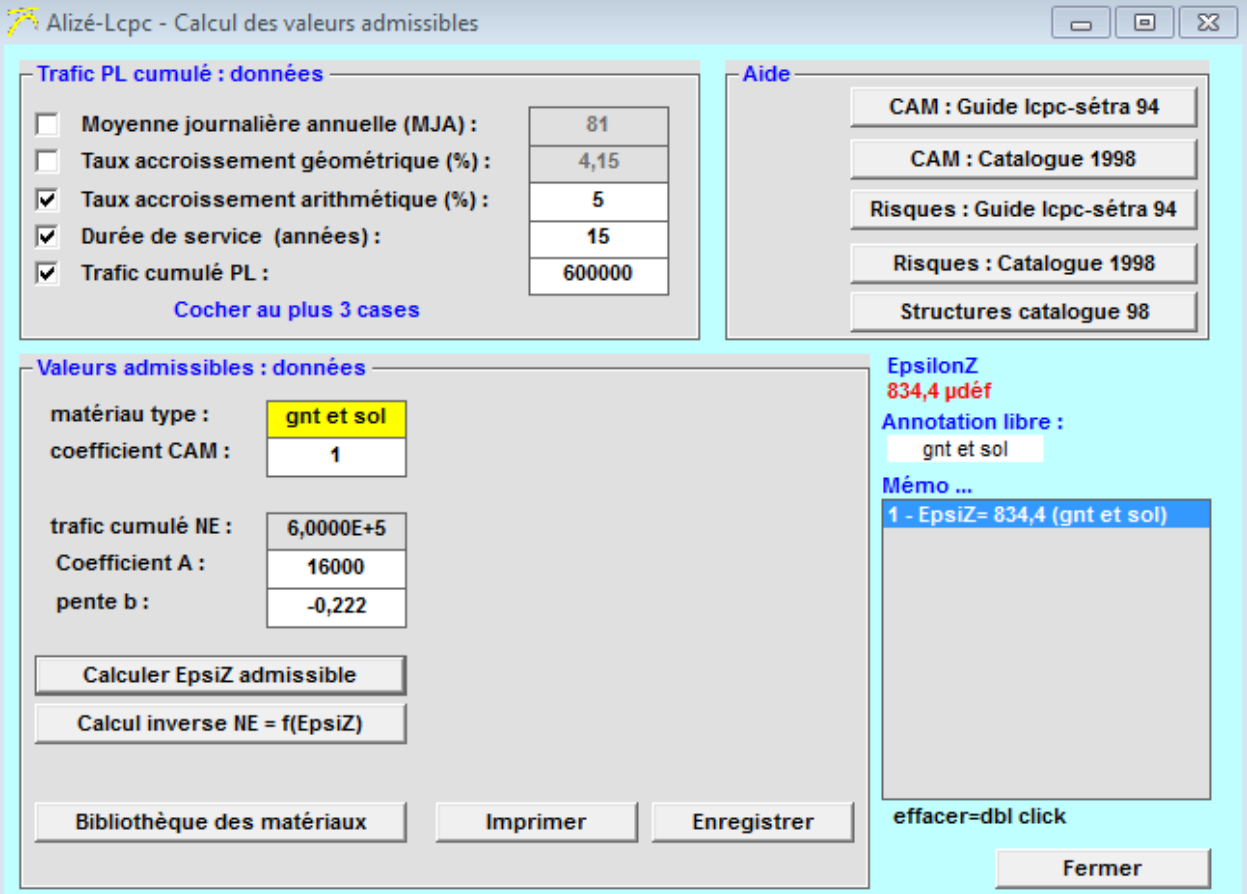


Figure 7 : Les valeurs admissibles de la structure de chaussée

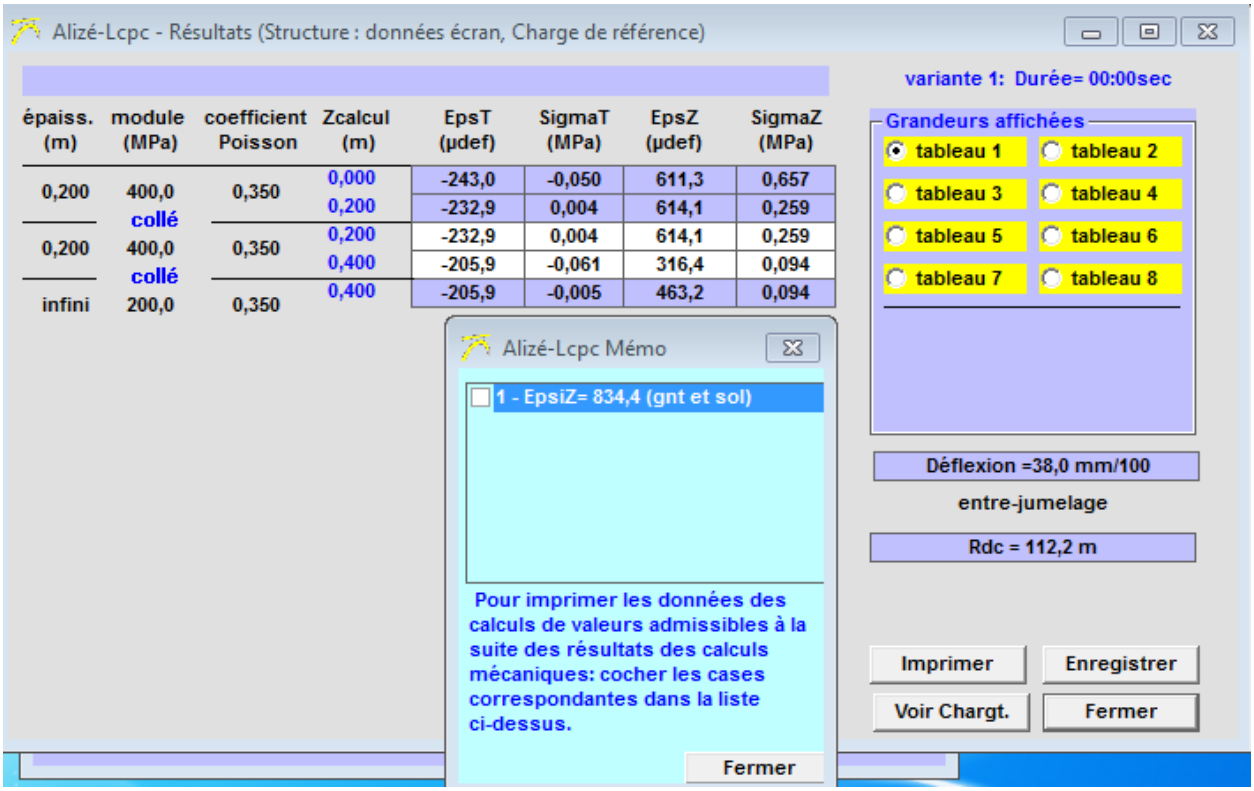


Figure 8 : Les résultats de la vérification de structure proposée

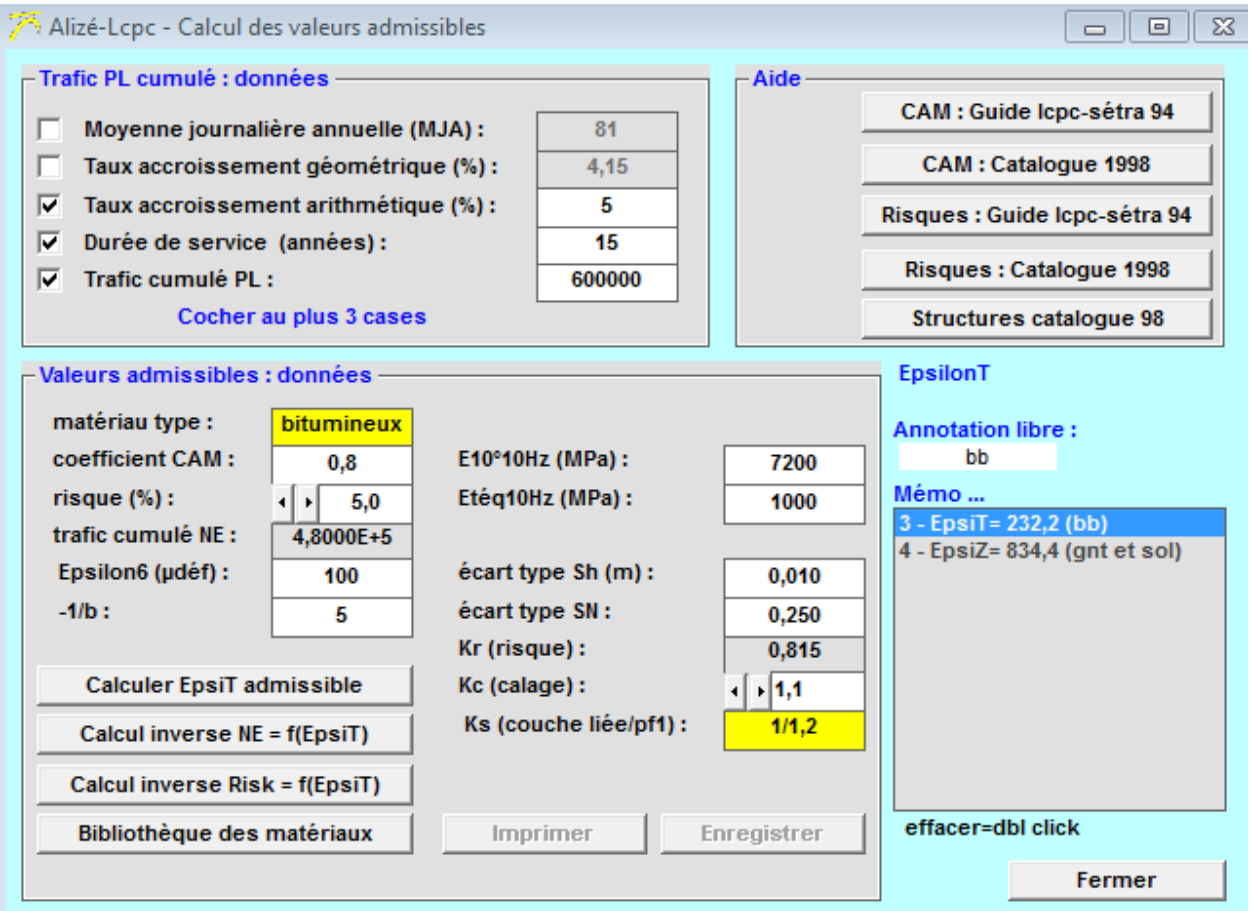


Figure 9 : Les valeurs admissibles en prenant en compte le BB

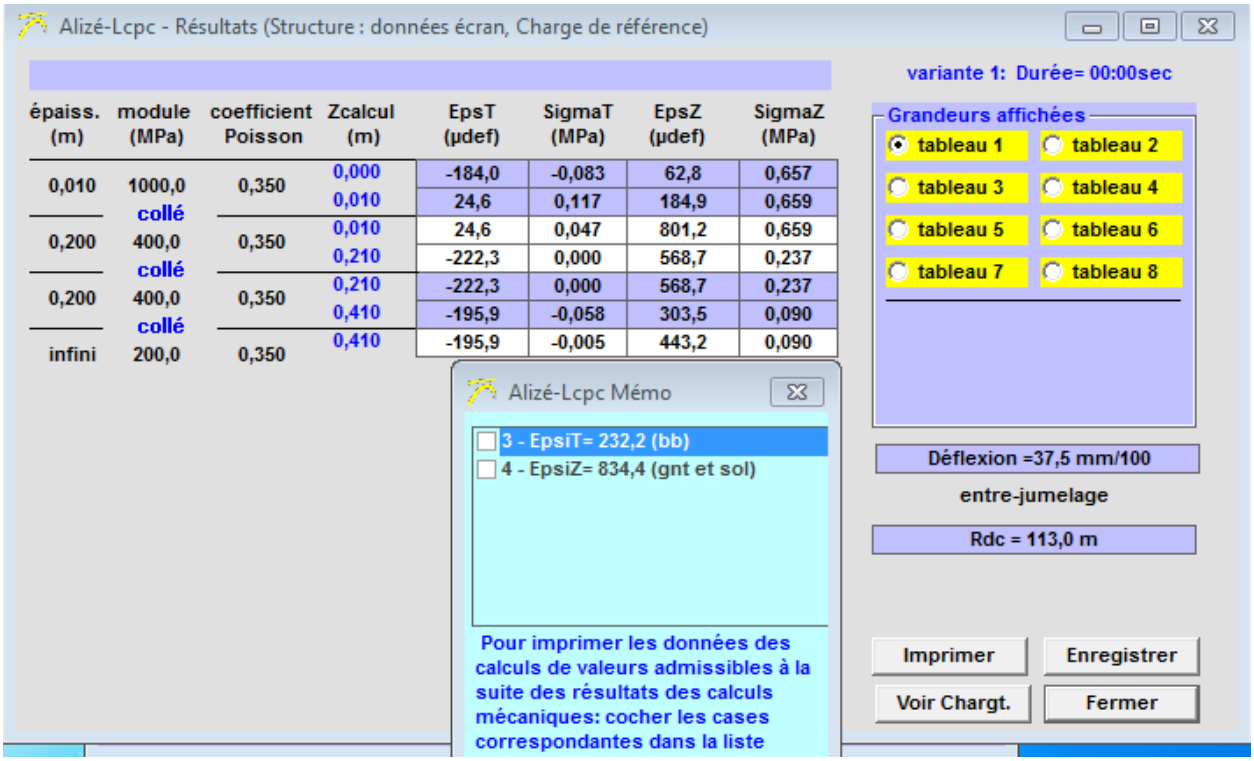


Figure 10 : Les résultats de vérification de la structure avec le BB

ANNEXE 4 : NOTE DE CALCUL DES OUVRAGES

HYPOTHESES

- Les chargements à considérer sont ceux définis dans le Titre II du fascicule 61 (Conception, Calcul et Epreuves des ouvrages d'Art) du Cahier des Prescriptions Communes applicables aux marchés de travaux publics de l'Etat Français ;
- Les règles de calcul béton armé sont celles définies dans le BAEL 91 modifié 99 ;
- Fissuration considérée préjudiciable

DONNEES DU PROBLEME

- MATÉRIAUX
  - Béton
    - Dosage : 350kg/m3 de CPA 45 ou de classe équivalente
    - Poids volumique : γbéton = 25 kN/m3
    - Résistance à la compression à 28 jours : fc28 = 25 MPa
    - Résistance à la traction à 28 jours : ft28 = 2,1MPa ;
    - Coefficient de sécurité γb =1,5
    - Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU : fbu =14,17 MPa
    - Contrainte limite de béton comprimé à l'ELS σbc =15 MPa
  - Acier
    - Acier à haute adhérence (HA) de nuance FeE400
    - Limite d'élasticité fe = 400Mpa
    - Coefficient de sécurité γs =1,15
    - Coefficient d'adhérence : η=1,6
    - Contrainte limite des aciers à l'ELS, pour une fissuration préjudiciable
    - $\sigma_s = \min\left[\frac{2}{3}f_e\,;\max\left(0{,}5f_e\,;110\sqrt{\eta.f_{t28}}\right)\right]$ = 201,63
    - $\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 347{,}83\ MPa$
- SOL
    - γ= 20 kN/m3

- Coefficient de poussée des terres : ka=0.33

I. CALCULS DES ARMATURES

I.1. Dallette

Géométrie

- Portée de la dallette b = 0,70 m ;
- Epaisseur de la dallette d = 0,15 m ;
- Largeur d'une dallette h = 0,5 m.

La dallette sera dimensionnée en flexion simple et les charges à considérer sont les suivantes :

- Le poids propre de la dallette.

$P_d = d \times \gamma_b \times b = 0{,}15 \times 25 \times 0{,}5 = 1{,}875\ kN/ml$

- La charge concentrée d'une roue isolée de 100 kN (voir Titre II de Fascicule 61) : Dans tout ce qui suit cette roue est désignée par Br.

$B_r = 100 \times 1 = 100 kN/ml$

➢ **A l'Etat Limite Ultime (ELU)**

$Pu_d = 1{,}35 P_d = 1{,}35 \times 1{,}875 = 2{,}53\ kN$

$Pu_{B_r} = 1{,}5 B_r = 1{,}5 \times 100 = 150\ kN$

$$Mu_d = \frac{Pu_d \times l^2}{8} + \frac{Pu_{B_r} \times l}{4}$$

$$Mu_d = \frac{2{,}53 \times 0{,}7^2}{8} + \frac{150 \times 0{,}7}{4} = 26{,}405\ kN.m$$

Moment réduit : $\mu_u = \dfrac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}} = \dfrac{26{,}405 \times 10^{-3}}{0{,}5 \times 0{,}135^2 \times 14{,}17} = 0{,}204$

$\mu_u < 0{,}186 \rightarrow pivot\ A \rightarrow pas\ d'aciercomprimé$

$\alpha_u = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}\right) = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0{,}204}\right) = 0{,}288$

$z_u = d(1 - 0{,}4\alpha_u) = 0{,}135(1 - 0{,}4 \times 0{,}288) = 0{,}119m$

$$A_{st} = \frac{M_u}{z_u \times \sigma_s} = \frac{26{,}405 \times 10^{-3}}{0{,}119 \times 347{,}83} = 6{,}38cm^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{stmin} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0{,}23 \times 0{,}5 \times 0{,}135 \times \frac{2{,}1}{400} = 0{,}815\ cm^2$$

$A_{st} > A_{stmin}$; La section d'acier retenu est $A_{st} = \mathbf{6{,}38cm^2}$

➢ **A l'Etat Limite de Service (ELS)**

$Pser_d = P_d = 1 \times 1{,}875 = 1{,}875kN$

$Pser_{B_r} = B_r = 1 \times 100 = 100\ kN$

$$Mu_d = \frac{Pu_d \times l^2}{8} + \frac{Pu_{B_r} \times l}{4}$$

$$M_{ser} = \frac{1{,}875 \times 0{,}7^2}{8} + \frac{100 \times 0{,}7}{4} = 17{,}61\ kN.m$$

$$\overline{\alpha_{ser}} = \frac{n \times \overline{\sigma_{bc}}}{n \times \overline{\sigma_{bc}} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201{,}63} = 0{,}527$$

<u>Fibre neutre :</u>

$y_{ser} = \overline{\alpha_{ser}} \times d = 0{,}527 \times 0{,}135 = 0{,}072m$

$$z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0{,}135 - \frac{0{,}072}{3} = 0{,}111m$$

<u>Moment réduit :</u>

$$M_{serb} = \frac{1}{2} b_0 \times z_{ser} \times \overline{\sigma_{ser}} \times y_{ser} = \frac{1}{2} \times 0{,}5 \times 0{,}111 \times 0{,}072 \times 15 = 29{,}97\ kN.m/ml$$

$M_{ser} < M_{serb} \rightarrow pas\ d'acier\ comprimé$;

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{z_{ser} \times \sigma_s} = \frac{17{,}61 \times 10^{-3}}{0{,}111 \times 201{,}63} = 7{,}85cm^2$$

<u>Condition de non fragilité :</u>

$$A_{stmin} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0{,}23 \times 1 \times 0{,}135 \times \frac{2{,}1}{400} = 1{,}63\ cm^2$$

$A_{st} > A_{stmin}$; La section d'acier retenu est $\underline{A_{st} = \mathbf{7{,}85cm^2}}$

$A_{st} = max\ (A_{st}$ à $ELU;\ A_{st}$ à $ELS) = 7{,}85cm^2$ /ml

Comme nous avons deux (02) nappes alors $\boldsymbol{A_{st} = \frac{7{,}85}{2}}$ **= 3,93**

On a alors $\boldsymbol{A_{st} = 3{,}93cm^2}$

Choix des aciers : 4 HA 12 = 4,52 cm^2 espacé de 15 cm

Tableau 25 : Récapitulatif des ferraillages de la dallette

RECAPITULATIF DES FERRAILLAGES		Armature	Espacement
DALLETTE de 50 cm de largeur	Inférieur	HA12	15 cm
	Supérieur	HA8	15 cm
	Transversal	HA8	20 cm

I .2. Calcul de dalot 100x100

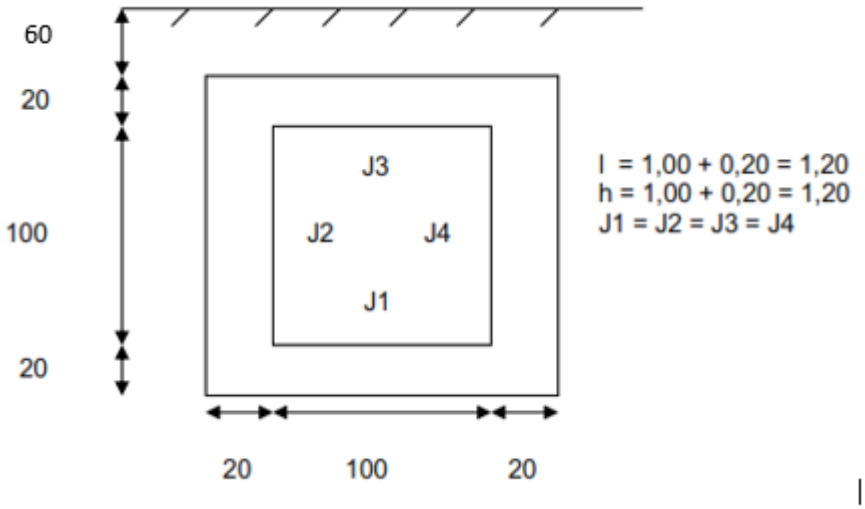


Figure 11 : Dalot type

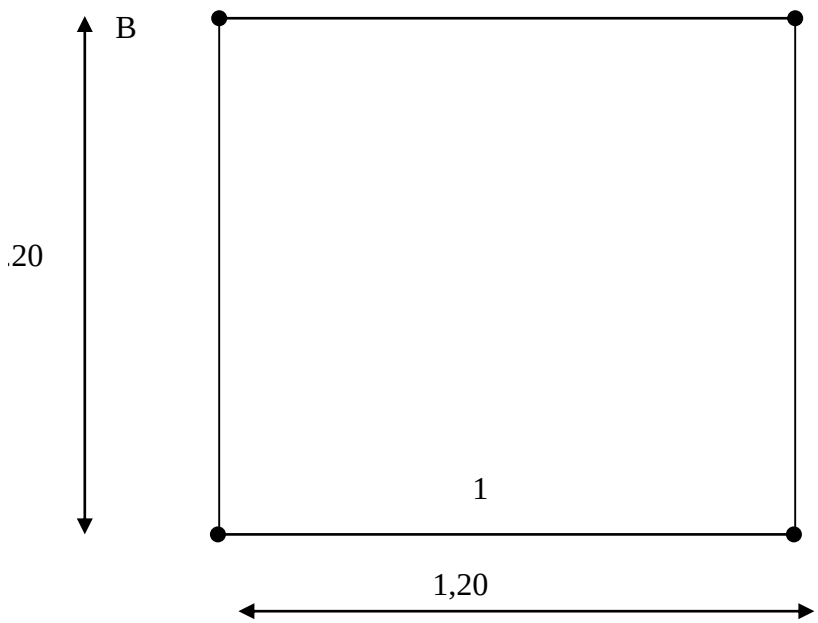


Figure 12 : Schéma statique

$L = 1{,}00 + 2 \times \frac{0{,}20}{2} = 1{,}20$

$h = 1{,}00 + 2 \times \frac{0{,}20}{2} = 1{,}20$

I.2.1. Calcul des sollicitations

Détermination des constantes

$$J_1 = J_2 = J_3 = \frac{BH^3}{12} = \frac{1{,}00 \times 0{,}20^3}{12} = \mathbf{0{,}000667m^4}$$

$$\mathrm{k1} = \frac{\mathrm{J3}}{\mathrm{J1}}$$

$$\mathrm{k1} = \frac{0{,}000667}{0{,}000667} = \mathbf{1{,}00}$$

$$\mathrm{k2} = \frac{\mathrm{J3}}{\mathrm{J2}} \mathrm{x} \frac{h}{L}$$

$$\mathrm{k2} = \frac{0{,}000667}{0{,}000667} \mathrm{x} \frac{1{,}2}{1{,}2} = \mathbf{1{,}00}$$

K1 = 2 k2+3 = **5,00**

K 2 = 3 k1+2 k2 = **5,00**

$$\mathrm{K3} = 3\ \mathrm{k2} + 1 - \frac{k1}{5}$$

$$\mathrm{K3} = 3\mathrm{x}1 + 1 - \frac{1}{5} = \mathbf{3{,}80}.$$

$$K4 = \frac{6k1}{5} + 3\,k2 \quad K4 = \frac{6x1}{5} + 3x1 = \mathbf{4,20}$$

$F_1 = K_1\,K_2 - k_2$

$F_1 = 5x5 - 1 =$ **24,00**

$F_2 = 1 + k_1 + 6\,k2$

$F_2 = 1+1+6 \times 1 =$ **8,00**

Tableau 26 : Valeur des constantes

Constante	**Valeur**
k1	**1**
k2	**1**
K1	**5**
K2	**5**
K3	**3,8**
K4	**4,2**
F1	**24**
F2	**8**

Déterminations des charges, des efforts et des sollicitations

I.2.2. Tablier

Charge permanentes

Poids mort : 0,20 x 1,20 x 25 = 6 kN/ml

Remblai : 0,60 x 1,20 x 20 = 14,4 kN/ml

Poids total P = 20,4 kN/ml

Détermination des inconnues hyperstatiques

$$MA = -\frac{PL^2}{4\,F_1}(k1 \times K1 - k2)$$

$$MA = -\frac{20{,}4x\,1{,}2^2}{4x24}(1x5 - 1) = -1{,}224\ kN.m$$

$M_D = M_A = -1{,}224$ t.m $M_B = M_C = M_A = M_D = -1{,}224$ kN.m

Détermination des moments à mi- portée

$$M_{BC} = -\frac{PL^2}{8} + \frac{\mathbf{M}B + MC}{2}$$

$$M_{BC} = \frac{20{,}4x1{,}2^2}{8} - \frac{1{,}02 + 1{,}02}{2} = \mathbf{2{,}448\ kN.m}$$

$M_{AD\ (RADIER)}$ = $M_{BC\ (TABLIER)}$ = 2,448 kN.m

M_{AB} (Piédroit) = M_A = - 1,224 kN.m

<u>Détermination des efforts normaux</u>

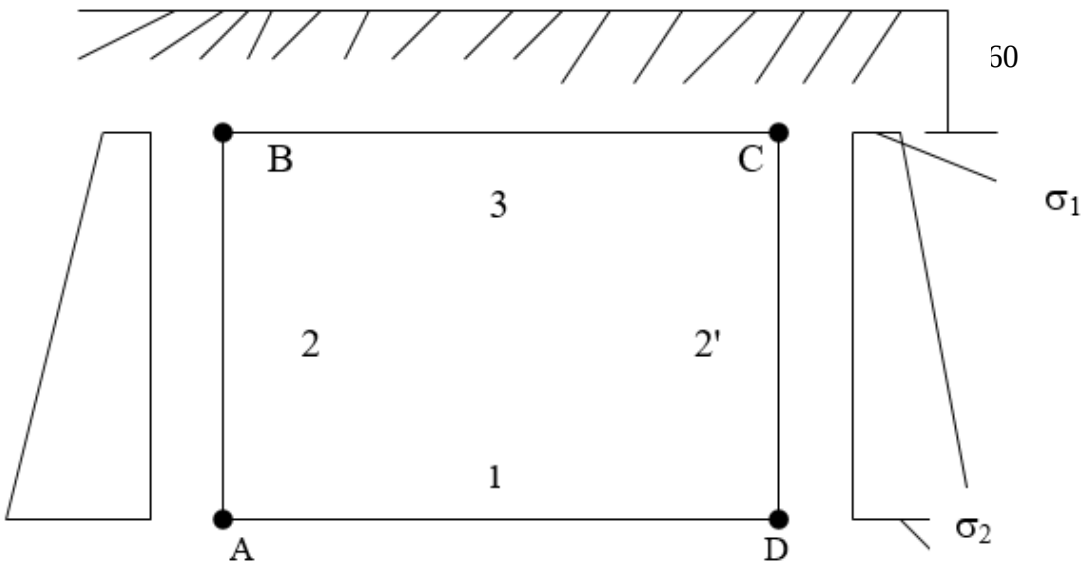
$$\mathbf{N1} = \mathbf{N3} = \frac{\mathbf{1{,}02} - \mathbf{1{,}02}}{1{,}2} = 0$$

$$\mathbf{N2} = \mathbf{N2'} = \frac{PL}{2} + \frac{MB - MA}{h} + \frac{MC - MD}{l}$$

$$\mathbf{N2} = \mathbf{N'2} = \frac{17X1{,}2}{2} = \mathbf{12{,}24\ kN}$$

N_1 = N_3 = 0 et **N_2 = N'_2= 12,24 kN**

I.2.3. Poussée des terres



σ_1 = 0,333 x2 x 6 = **4 kN/m²**

σ_2 = 0,333 x 2 x 18 = **12 kN/m²**

$\Delta\sigma$ = 12 – 4 = 08 kN/m²

Détermination des inconnues hyperstatiques

$$M_A = -\frac{k2(k2+3)}{4\,F_1}\sigma 1\,h^2 - \frac{k2\,(3\,k2\ +8)}{20\,F_1}\Delta\sigma\,h^2$$

$$M_A = -\frac{1(1+3)}{4\,X24}(4X1{,}2^2) - \frac{1\,(3+8)}{20X24}(8X\,1{,}2^2) = -\,\mathbf{0{,}504\ kN.m}$$

M_D = M_A = - 0,504 kN.m

$$M_B = -\frac{k2(3k1+k2)}{4\,F_1}\sigma 1\,h^2 - \frac{k2\,(7k1+2k2)}{20\,F_1}\Delta\sigma\,h^2$$

$$M_B = -\frac{1(3+1)}{4\,X24}(4X1{,}2^2) - \frac{1\,(7+2)}{20X24}(8X\,1{,}2^2) = -\,\mathbf{0{,}456\ kN.m}$$

M_C= M_B = - 0,456 kN.m

Détermination des efforts normaux

$$N1 = \frac{(\sigma 1+2\sigma 2)xh}{6} + \frac{MB-MA}{h} + \frac{MD-MA}{l}$$

$$N1 = \frac{(4+2x12)x1{,}2}{6} + \frac{0{,}504-0{,}456}{1{,}2} + \frac{0{,}456-0{,}456}{1{,}2} = \mathbf{5{,}64\ kN}$$

$$N3 = \frac{(2\sigma 1+\sigma 2)xh}{6} + \frac{MA-MB}{h} + \frac{MD-MA}{l}$$

$$N3 = \frac{(2x4+12)x1{,}2}{6} + \frac{0{,}456-0{,}504}{1{,}2} + \frac{0{,}046-0{,}046}{1{,}2} = \mathbf{3{,}96\ kN}$$

N_2 = N'_2 = 0 kN

Moment à mi- travée

$$M_{AB} = -\frac{\sigma 1\ h^2}{8} + \frac{\Delta\sigma\ h^2}{12} + \frac{\mathbf{M}B+MC}{2}$$

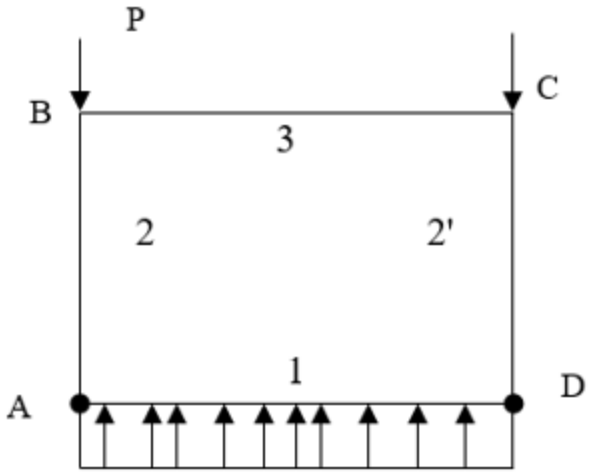
$$M_{AB} = -\frac{4x1{,}2^2}{8} + \frac{8\ x1{,}2^2}{12} - \frac{\mathbf{0{,}456}+0{,}504}{2} = \mathbf{0{,}264\ kN.m}$$

M_{AB} (Piédroit) = 0,264 kN.m

M_{AD} (Radier) = M_A = - 0,504 kN.m

M_{BC} (Tablier) = M_c = - 0,456 kN.m

I.2.4. Poids mort piédroit



$P = 2 \times 1{,}20 \times 25 = 6$ KN

$\sigma = \frac{2x6}{1{,}2} = 10\ \mathrm{KN}/m^2$

$M_A = -\frac{P\,l}{2\,F_1}$ k1xK1

$M_A = -\frac{6x1{,}2}{2x24}$ 1x5= **- 0,75 kN.m**

M_D= M_A - 0,75 kN.m

$M_B = \frac{P\,l}{2\,F_1}$ k1xk2

$M_A = -\frac{6x1{,}2}{2x24}$ 1x1= **0,15 kN.m**

M_C= M_B = 0,15 kN.m

<u>Détermination des efforts normaux</u>

$N1 = \frac{3P\,l}{2h\,F_1}$ k1x(1 + K1)

$N1 = \frac{3x6x1{,}2}{2x1{,}2x24}$ x1x(1 + 1) = **0,75 kN**

N_3 = - N_1 = - 0,75 kN

N_2 = - N'_2 = P = 6 kN

<u>Détermination des moments à mi- portée</u>

$MAD(\text{radier}) = \frac{\sigma l^2}{8}\ \frac{(MA + MD)}{2}$

$MAD(\text{radier}) = \frac{10x1{,}2^2}{8} - \frac{0{,}75+0{,}75}{2}$ = **1,8 kN.m**

MAD(radier)= 1,8 kN.m

$$\text{MAB(Pied droit)} = \frac{(\text{MA} + \text{MB})}{2}$$

$$\text{MAB(Pied droit)} = \frac{(\text{MA} + \text{MB})}{2} = \mathbf{0{,}3\ kN.m}$$

M_{AB} (piédroit)= 0,3 kN.m

M_{BC} (Tablier) = M_B = 0,15 kN.m

I.2.5. Surcharges routières

Charges de type B_{cNIGER}

On admet une diffusion à 35° dans le remblai et de 45° dans le béton

On considère 3 essieux arrière de 13 t chacun soit q = 39 t reparties sur une surface à déterminer.

$$Q = \frac{qxbc}{s}$$

Soit S= Lxl

L=2x + 9

l = 2x + 0,25

x= 0,6tan35° + 0,1tan45°

x= 0,52

Donc L=10,04 et l=1,29

Coefficient bc = 1,1

D'où $Q = \frac{390x1{,}1}{10{,}04X1{,}29}$= 33,12

Q=3,312

Coefficient de majoration dynamique

$$\delta = 1 + \frac{0{,}40}{1+0{,}2 \text{ x L}} + \frac{0{,}6}{1+4\times\frac{G}{S}}$$

L= max (12 ;10,2) =**12**

G=(20x0,6+0,2x25) x1,2=**20,4**

S=390x1,1=**429**

$$\delta = 1 + \frac{0{,}40}{1+0{,}2 \text{ x } 12} + \frac{0{,}6}{1+4\times\frac{20{,}4}{429}} = \mathbf{1{,}62}$$

δ=1,62

D'où Q (δ) = 33,12 x 1,62 = 53,65 kN/ m^2

Q (δ) = 53,65 kN/m²

$M_A = -\frac{Q(\delta)L^2}{4\,F_1}(k1 \times K1 - k2)$

$M_A = -\frac{53,65x1,2^2}{4x24}(1 \times 5 - 1)$ **= - 3,22 kN.m**

M_A = **- 3,22 kN.m**

M_A= M_B =M_C =M_D = - 3,22 kN.m

<u>Les moments à mi- travée</u>

M_{AB} = - 3,22 kN.m

$M_{BC} = \frac{Q(\delta)L^2}{8} - \frac{MB+MC}{2}$

$M_{BC} = \frac{53,65x1,2^2}{8} - \frac{3,22+3,22}{2}$ **= 6,44 kN.m**

M_{AD} = M_{BC} = 6,44 kN.m

M_{AB} = M_A = - 3,22 kN.m

<u>Les efforts normaux</u>

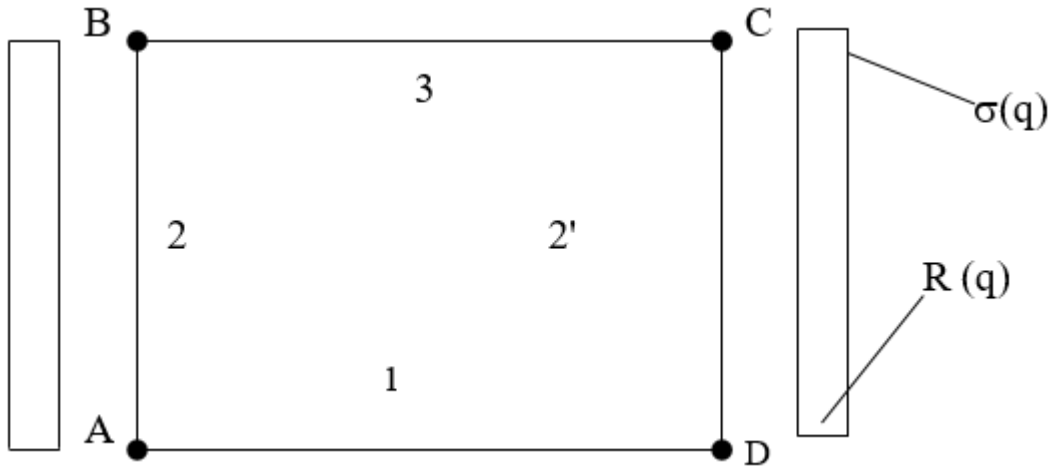
N_1 = N_3 = 0

$N_2 = N`_2 = \frac{q\,(\delta)l}{2}$

$N_2 = N`_2 = \frac{53,65\times1,20}{2}$ **= 32,2 kN**

N_2 = $N`_2$ = 32,2 kN

I.2.6. Surcharges routières sur remblai



σ (q) = 0,333 x10 = 3,33 kN/m²

R(q) =σ (q) x h = 3,33 x 1.20 = 4kN/ m^2

$M_A = -\frac{\sigma(q)h^2}{4F_1}(k2 \times (k2+3))$

$M_A = -\frac{3,33x1,2^2}{4x24}(1 \times (1+3))$ = **- 0,20 kN.m**

M_A = - 0,20 kN.m

$M_D = M_B = M_C = M_A$ = - 0,20 kN.m

<u>Les moments à mi- portée</u>

$MAB = \frac{\sigma(q)h^2}{8} + \frac{(MA + MB)}{2}$

$MAB = \frac{3,33x1,2^2}{8} - \frac{(0,02 + 0,02)}{2}$ = **0,40 kN.m**

M_{AB} = 0,40 kN.m

$M_{DC} = M_{AB}$ =0,40 kN.m

$M_{BC} = M_{AD} = M_A$ = - 0,20 kN.m

<u>Les efforts normaux</u>

$N1 = N3 = \frac{q(\delta)l}{2}$

$N1 = N3 = \frac{3,33x1,2}{2}$ = **2 kN**

$N_1 = N_3$= 2 kN

$N_2 = N'_2$ = 0

I.2.7. Effort de freinage

On considère 3 essieux porteurs de 13 t soit 390kN

$F = \frac{390}{9}$ = 43,3kN

F=43,3kN

Les inconnues hyperstatiques

$M_A = -\frac{FxhxK3}{2F_2}$

$M_A = -\frac{43,33x1,2x3,8}{2x8} = \mathbf{-12,35\ kN.m}$

M_A= -12,35 kN.m

$M_D = M_A$= -12,35 kN.m

$$M_B = -\frac{\text{FxhxK4}}{2F_2}$$

$$M_A = -\frac{43{,}33\text{x}1{,}2\text{x}3{,}8}{2\text{x}8} = \mathbf{-13{,}65\ kN.m}$$

M_B= -13,65 kN.m

M_B= M_C= -13,65 kN.m

<u>Les moments à mi- travée</u>

M_{AD} = M_{BC} =0

$$\text{MAB} = \frac{(\text{MA} + \text{MB})}{2}$$

$$\text{MAB} = -\frac{(13{,}65 + 12{,}35)}{2} = \mathbf{-13\ kN.m}$$

M_{AB}= -13 kN.m

<u>Les efforts normaux</u>

$$\text{N1} = \text{N3} = \frac{\text{F}}{2}$$

$$\text{N1} = \text{N3} = \frac{43{,}33}{2} = \mathbf{21{,}67\ kN}$$

N_1 = N_3= 21,67 kN

$$\mathbf{N_2} = \mathbf{N'_2} = -\frac{\text{FxhxK4}}{1F_2}$$

$$\mathbf{N_2} = \mathbf{N'_2} = -\frac{43{,}33\text{x}1{,}2\text{x}4{,}2}{1{,}2\text{x}8} = \mathbf{22{,}75kN}$$

N_2 = N'_2 = 22,75kN

Tableau 27 : Récapitulatif des sollicitations

		M_A	M_{AB}	M_B	M_{BC}	M_C	M_{AD}	M_D	N_1	N_2	$N`_2$	N_3
	1	-1,02	-1,02	-1,02	2,04	-1,02	2,04	-1,02	0	10,2	10,2	0
	2	-0,75	0,3	0,15	0,15	0,15	1,8	-0,75	0,75	6	6	-0,75
	3	-0,504	0,12	-0,456	-0,456	-0,456	-0,504	-0,504	5,64	0	0	3,96
	4	-3,22	-3,22	-3,22	6,44	-3,22	6,44	-3,22	0	32,2	32,2	0
	5	-0,2	0,4	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	2	0	0	2
	6	-12,35	-13	-13,65	0	-13,65	0	-12,35	21,67	22,75	22,75	21,67

		M_A	M_{AB}	M_B	M_{BC}	M_C	M_{AD}	M_D	N_1	N_2	$N`_2$	N_3
A	**1+2+3**	-2,274	-0,6	-1,326	1,734	-1,326	3,336	-2,274	6,39	16,2	16,2	3,21
B	**4+5+6**	-15,77	-15,82	-17,07	6,24	-17,07	6,24	-15,77	23,67	54,95	54,95	23,67
C	**A+B**	-18,04	-16,42	-18,39	7,974	-18,39	9,576	-18,04	30,06	71,15	71,15	26,88

I.2.8. Détermination des armatures

<u>**D**onnées :</u> b = 1,20 m ; h = 0,20 m ; d = 0,18 m

F_{c28} = 25 MPa ; F_{bu} = 14,17 MPa

F_e = 400 MPa σ_s = 347,83 MPa ; σ_{st}= 201,63

μ_l= 0,186

- **Pour le tablier**

LIT INFERIEUR

$Mu = 1{,}35x2{,}142 + 1{,}60x6{,}24 = 12{,}876$

$\boldsymbol{Mu = 12{,}876}$

$\mu_u = \frac{Mu}{bxd^2xFbu}$

$\mu_u = \frac{\mathbf{12{,}325}.10^{-3}}{1{,}2 \times 0{,}18^2 \times 14{,}17} = 0{,}023$

$\mu_u = \mathbf{0{,}023}$

$\mu_u < 0{,}186 \rightarrow pivot\ A \rightarrow pas\ d'aciercomprimé$

$\alpha_u = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}\right) = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0{,}023}\right) = 0{,}029$

$z_u = d(1 - 0{,}4\alpha_u) = 0{,}18(1 - 0{,}4 \times 0{,}029) = 0{,}178m$

$$A_{st} = \frac{M_u}{z_u \times \sigma_s} = \frac{12{,}876 \times 10^{-3}}{0{,}178 \times 347{,}83} = 2{,}08cm^2$$

<u>Condition de non fragilité :</u>

$$A_{stmin} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0{,}23 \times 1{,}2 \times 0{,}18 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}6\ cm^2$$

$A_{st} < A_{stmin}$; La section d'acier retenu est $\underline{A_{st} = \mathbf{2{,}6cm^2}}$

- **A l'Etat Limite de Service (ELS)**

$M_{ser} = 2{,}142 + 1{,}20x6{,}24 = 9{,}63$

$\boldsymbol{M_{ser} = 9{,}63}$

$$\overline{\alpha_{ser}} = \frac{n \times \overline{\sigma_{bc}}}{n \times \overline{\sigma_{bc}} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201{,}63} = 0{,}527$$

$$y_{ser} = \overline{\alpha_{ser}} \times d = 0{,}53 \times 0{,}18 = 0{,}095m$$

$$z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0{,}18 - \frac{0{,}095}{3} = 0{,}148m$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} b_0 \times z_{ser} \times \overline{\sigma_{ser}} \times y_{ser} = \frac{1}{2} \times 1{,}2 \times 0{,}148 \times 0{,}095 \times 15 = 126{,}54\ kN.m/ml$$

$M_{ser} < M_{serb} \rightarrow pas\ d'acier\ comprimé$;

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{z_{ser} \times \sigma_s} = \frac{9{,}63 \times 10^{-3}}{0{,}148 \times 201{,}63} = 3{,}23cm^2$$

<u>Condition de non fragilité :</u>

$$A_{stmin} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0{,}23 \times 1{,}2 \times 0{,}18 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}6\ cm^2$$

$A_{st} > A_{stmin}$; La section d'acier retenu est $\underline{A_{st} = \mathbf{3{,}23cm^2}}$

$A_{st} = max\ (A_{st}\ \text{à}\ ELU;\ A_{st}\ \text{à}\ ELS) = 3{,}23cm^2$ /ml

Choix des aciers : 7 HA 8 = 3,92 cm^2 espacé de 20 cm

LIT SUPERIEUR

$Mu = 1{,}35x1{,}53 + 1{,}60x17{,}07 = 29{,}378$

$\boldsymbol{Mu} = \mathbf{29{,}378}$

$$\mu_u = \frac{Mu}{bxd^2xFbu}$$

$$\mu_u = \frac{\mathbf{29{,}378}.10^{-3}}{1{,}2 \times 0{,}18^2 \times 14{,}17} = 0{,}053$$

$$\mu_u = \mathbf{0{,}053}$$

$\mu_u < 0{,}186 \rightarrow pivot\ A\ \rightarrow pas\ d'aciercomprimé$

$$\alpha_u = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}\right) = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0{,}053}\right) = 0{,}068$$

$$z_u = d(1 - 0{,}4\alpha_u) = 0{,}135(1 - 0{,}4 \times 0{,}028) = 0{,}175m$$

$$A_{st} = \frac{M_u}{z_u \times \sigma_s} = \frac{29{,}378 \times 10^{-3}}{0{,}178 \times 347{,}83} = 4{,}74cm^2$$

<u>Condition de non fragilité :</u>

$$A_{stmin} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0{,}23 \times 1{,}2 \times 0{,}18 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}6\ cm^2$$

$A_{st} < A_{stmin}$; La section d'acier retenu est $\underline{A_{st} = \mathbf{2{,}6cm^2}}$

- **A l'Etat Limite de Service (ELS)**

$M_{ser} = 1{,}53 + 1{,}20x17{,}07 = 22{,}014$

$\boldsymbol{M_{ser}}$ **=22,014**

$$\overline{\alpha_{ser}} = \frac{n \times \overline{\sigma_{bc}}}{n \times \overline{\sigma_{bc}} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201{,}63} = 0{,}527$$

$$y_{ser} = \overline{\alpha_{ser}} \times d = 0{,}53 \times 0{,}18 = 0{,}095m$$

$$z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0{,}18 - \frac{0{,}095}{3} = 0{,}148m$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} b_0 \times z_{ser} \times \overline{\sigma_{ser}} \times y_{ser} = \frac{1}{2} \times 1{,}2 \times 0{,}148 \times 0{,}095 \times 15 = 126{,}54\ kN.m/ml$$

$M_{ser} < M_{serb} \rightarrow pas\ d'acier\ comprimé$;

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{z_{ser} \times \sigma_s} = \frac{22{,}014 \times 10^{-3}}{0{,}148 \times 201{,}63} = 7{,}38cm^2$$

<u>Condition de non fragilité :</u>

$$A_{stmin} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0{,}23 \times 1{,}2 \times 0{,}18 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}6\ cm^2$$

$A_{st} > A_{stmin}$; La section d'acier retenu est $\underline{A_{st} = \mathbf{7{,}38cm^2}}$

$A_{st} = max\ (A_{st}\ \text{à}\ ELU;\ A_{st}\ \text{à}\ ELS) = 7{,}38cm^2$ /ml

Choix des aciers : 7 HA 12 = 7,92 $\boldsymbol{cm^2}$ espacé de 20 cm

- **Pour le radier**

LIT INFERIEUR

$Mu = 1{,}35x3{,}744 + 1{,}60x6{,}24 = 15{,}038$

$\boldsymbol{Mu}$ **=15,038**

$$\mu_u = \frac{Mu}{bxd^2xFbu}$$

$$\mu_u = \frac{15{,}038.10^{-3}}{1{,}2 \times 0{,}18^2 \times 14{,}17} = 0{,}027$$

$\mu_u = \mathbf{0{,}027}$

$\mu_u < 0{,}186 \rightarrow pivot\ A \rightarrow pas\ d'aciercomprimé$

$$\alpha_u = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}\right) = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0{,}027}\right) = 0{,}034$$

$$z_u = d(1 - 0{,}4\alpha_u) = 0{,}135(1 - 0{,}4 \times 0{,}034) = 0{,}178m$$

$$A_{st} = \frac{M_u}{z_u \times \sigma_s} = \frac{15{,}038 \times 10^{-3}}{0{,}178 \times 347{,}83} = 2{,}43cm^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{stmin} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0{,}23 \times 1{,}2 \times 0{,}18 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}6\ cm^2$$

$A_{st} < A_{stmin}$; La section d'acier retenu est $\underline{A_{st} = \mathbf{2{,}6cm^2}}$

- **A l'Etat Limite de Service (ELS)**

$M_{ser} = 3{,}744 + 1{,}20x6{,}24 =$11,232

$\boldsymbol{M_{ser}}$ **=11,232**

$$\overline{\alpha_{ser}} = \frac{n \times \overline{\sigma_{bc}}}{n \times \overline{\sigma_{bc}} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201{,}63} = 0{,}527$$

Fibre neutre :

$$y_{ser} = \overline{\alpha_{ser}} \times d = 0{,}53 \times 0{,}18 = 0{,}095m$$

$$z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0{,}18 - \frac{0{,}095}{3} = 0{,}148m$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} b_0 \times z_{ser} \times \overline{\sigma_{ser}} \times y_{ser} = \frac{1}{2} \times 1{,}2 \times 0{,}148 \times 0{,}095 \times 15 = 126{,}54\ kN.m/ml$$

$M_{ser} < M_{serb} \rightarrow pas\ d'acier\ comprimé$;

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{z_{ser} \times \sigma_s} = \frac{11{,}232 \times 10^{-3}}{0{,}148 \times 201{,}63} = 3{,}76cm^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{stmin} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0{,}23 \times 1{,}2 \times 0{,}18 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}6\ cm^2$$

$A_{st} > A_{stmin}$; La section d'acier retenu est $\underline{A_{st} = \mathbf{3{,}76cm^2}}$

$A_{st} = max\ (A_{st}$ à $ELU;\ A_{st}$ à $ELS) = 3{,}76cm^2$ /ml

Choix des aciers : 7 HA 8 = 3,92 $\boldsymbol{cm^2}$ espacé de 20 cm

LIT SUPERIEUR

$Mu = 1{,}35x2{,}478 + 1{,}60x15{,}77 =$28,577

$\boldsymbol{Mu}$ **=28,577**

$$\mu_u = \frac{Mu}{bxd^2xFbu}$$

$$\mu_u = \frac{28{,}577.10^{-3}}{1{,}2 \times 0{,}18^2 \times 14{,}17} = 0{,}052$$

$\mu_u = \mathbf{0,052}$

$\mu_u < 0{,}186 \rightarrow pivot\ A\ \rightarrow pas\ d'aciercomprimé$

$\alpha_u = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}\right) = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0{,}052}\right) = 0{,}067$

$z_u = d(1 - 0{,}4\alpha_u) = 0{,}178(1 - 0{,}4 \times 0{,}067) = 0{,}173m$

$$A_{st} = \frac{M_u}{z_u \times \sigma_s} = \frac{28{,}577 \times 10^{-3}}{0{,}173 \times 347{,}83} = 4{,}75cm^2$$

<u>Condition de non fragilité :</u>

$$A_{stmin} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0{,}23 \times 1{,}2 \times 0{,}18 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}6\ cm^2$$

$A_{st} < A_{stmin}$; La section d'acier retenu est $\underline{A_{st} = \mathbf{4,75cm^2}}$

- A l'Etat Limite de Service (ELS)

$M_{ser} = 2{,}478 + 1{,}20x15{,}77 = 21{,}402$

$\boldsymbol{M_{ser}}$ **=21,402**

$$\overline{\alpha_{ser}} = \frac{n \times \overline{\sigma_{bc}}}{n \times \overline{\sigma_{bc}} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201{,}63} = 0{,}527$$

<u>Fibre neutre :</u>

$y_{ser} = \overline{\alpha_{ser}} \times d = 0{,}53 \times 0{,}18 = 0{,}095m$

$$z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0{,}18 - \frac{0{,}095}{3} = 0{,}148m$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} b_0 \times z_{ser} \times \overline{\sigma_{ser}} \times y_{ser} = \frac{1}{2} \times 1{,}2 \times 0{,}148 \times 0{,}095 \times 15 = 126{,}54\ kN.m/ml$$

$M_{ser} < M_{serb} \rightarrow pas\ d'acier\ comprimé$;

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{z_{ser} \times \sigma_s} = \frac{21{,}402 \times 10^{-3}}{0{,}148 \times 201{,}63} = 7{,}17cm^2$$

<u>Condition de non fragilité :</u>

$$A_{stmin} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0{,}23 \times 1{,}2 \times 0{,}18 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}6\ cm^2$$

$A_{st} > A_{stmin}$; La section d'acier retenu est $\underline{A_{st} = \mathbf{7,17cm^2}}$

$A_{st} = max\ (A_{st}$ à $ELU;\ A_{st}$ à $ELS) = 7{,}17cm^2$ /ml

Choix des aciers : 7 HA 12 = 7,92 $\boldsymbol{cm^2}$ espacé de 20 cm

- **Pour les piédroits**

Les pieds droits seront dimensionnés en flexion composé

Calcul à l'ELU

$Mu = 1{,}35x0{,}804 + 1{,}60x15{,}82$ =26,397

$\boldsymbol{Mu}$ **=26,397**

$Nu = 1{,}35x18{,}24 + 1{,}60x54{,}95$ =109,79

$\boldsymbol{Nu}$ **=112,544**

$e_1 = \frac{Mu}{Nu} = \frac{26{,}397}{112{,}544} = 0{,}234m$ = 234cm

$e_2 = d - \frac{h}{2} = 0{,}18 - \frac{0{,}2}{2} = 0{,}08$

$M = Mu + Nu$ x e_2 = 26,397 + 112,544 x 0,08 = 35,4

$\boldsymbol{M}$ **=35,4**

$\mu_u = \frac{Mu}{bxd^2xFbu}$

$\mu_u = \frac{35{,}4.10^{-3}}{1{,}2 \times 0{,}18^2 \times 14{,}17} = 0{,}064$

$\mu_u = \mathbf{0{,}064}$

$\mu_u < 0{,}186 \rightarrow pivot\ A \rightarrow pas\ d'aciercomprimé$

$\alpha_u = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}\right) = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0{,}064}\right) = 0{,}083$

$z_u = d(1 - 0{,}4\alpha_u) = 0{,}18(1 - 0{,}4 \times 0{,}083) = 0{,}174m$

$$A_{st} = \frac{M_u}{z_u \times \sigma_s} = \frac{35{,}4 \times 10^{-3}}{0{,}174 \times 347{,}83} = 5{,}85cm^2$$

<u>Condition de non fragilité :</u>

$$A_{stmin} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0{,}23 \times 1{,}2 \times 0{,}18 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}6\ cm^2$$

$A_{st} < A_{stmin}$; La section d'acier retenu est $\underline{A_{st} = \mathbf{5{,}85cm^2}}$

A L'ELS

$Mser = 0{,}804 + 1{,}20x15{,}82$ =19,788

$\boldsymbol{Mser}$ **=19,788**

$Nser = 18{,}24 + 1{,}20x54{,}95$ =84,18

$\boldsymbol{Nser}$ **=84,18**

$$\overline{\alpha_{ser}} = \frac{n \times \overline{\sigma_{bc}}}{n \times \overline{\sigma_{bc}} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201{,}63} = 0{,}527$$

$y_{ser} = \overline{\alpha_{ser}} \times d = 0{,}53 \times 0{,}18 = 0{,}095m$

$$z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0{,}18 - \frac{0{,}095}{3} = 0{,}148m$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} b_0 \times z_{ser} \times \overline{\sigma_{ser}} \times y_{ser} = \frac{1}{2} \times 1{,}2 \times 0{,}148 \times 0{,}095 \times 15 = 126{,}54\ kN.m/ml$$

$M_{ser} < M_{serb} \rightarrow pas\ d'acier\ comprimé$;

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{z_{ser} \times \sigma_s} = \frac{19{,}788 \times 10^{-3}}{0{,}148 \times 201{,}63} = 6{,}63cm^2$$

<u>Condition de non fragilité :</u>

$$A_{stmin} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0{,}23 \times 1{,}2 \times 0{,}18 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}6\ cm^2$$

$A_{st} > A_{stmin}$; La section d'acier retenu est $\underline{\boldsymbol{6{,}63cm^2}}$

$A_{st} = max\ (A_{st}\ \text{à}\ ELU;\ A_{st}\ \text{à}\ ELS) = \underline{\boldsymbol{6{,}63cm^2}}$

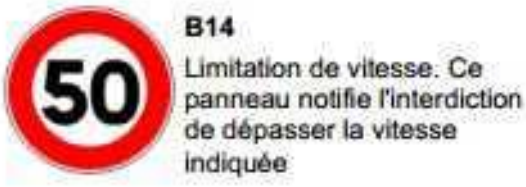
Choix des aciers : 6 HA 12 = 6,79 cm^2 espacé de 20 cm

Tableau 28 : Récapitulatif du ferraillage du dalot

	RECAPITULATIF DES FERRAILLAGES	ARMATURE CHOISIE	ESPACEMENT
TABLIER	Inférieur	HA8	20 cm
	Supérieur	HA12	20 cm
	Transversal	HA8	20 cm
RADIER	Inférieur	HA8	20 cm
	Supérieur	HA12	20 cm
	Transversal	HA8	20 cm
PIEDROITS	Intérieur	HA8	20 cm
	Extérieur	HA12	20 cm
	Transversal	HA8	20 cm

ANNEXE 5 : PLAN DE FERRAILLAGE

ANNEXE 6 : SIGNALISATION



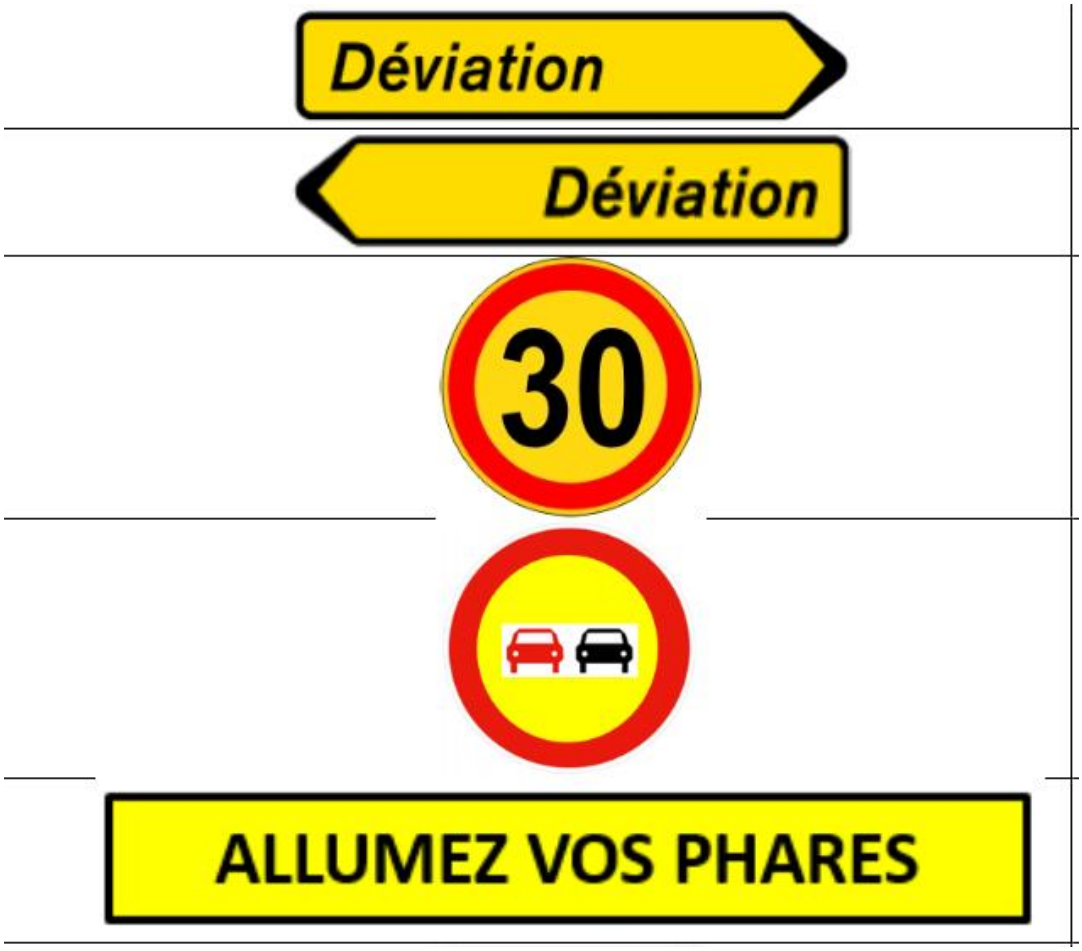


Figure 13: signalisation temporaire

DÉSIGNATION DES MARQUES	MODULATION	LARGEUR
A. - Lignes longitudinales axiales		
1. - Lignes continues (cas général) :		
Ligne axiale ou de délimitation des voies	continue	2u (1)
Ligne axiale sur chaussée à 4 voies (article 114-2 et 114-5)…	continue	5u
Ligne séparant les sens de circulation opposés sur les routes à trois voies situées hors agglomération, avec deux voies affectées à un sens de circulation (article 114-1) et ligne oblique marquant un rétrécissement de route de trois à deux voies (article 116-2)	continue	3u
2. - Lignes discontinues de type T1 :		
Ligne axiale ou de délimitation de voie en rase campagne (articles 114, 114-1 et 114-2)	T1	2u
Ligne axiale ou de délimitation de voie en agglomération (article 114-5) ou de piste cyclable (article 118-1.B)	T1, T'1ou T3	2u
3. - Lignes discontinues de type T3 :		
Ligne d'annonce d'une ligne continue (article 115.3)	T3	2u
Ligne de dissuasion en remplacement d'une ligne continue (art. 116.A.4)	T3	2u
Ligne d'annonce d'une ligne continue sur les routes à trois voies situées hors agglomération, avec deux voies affectées à un sens de circulation (art. 114-1)	T3	3u
4. - Lignes mixtes :		
La ligne mixte est constituée par une ligne continue doublée par une ligne discontinue de type T1 ou T3 (2)	T1 ou T3	2u (3)
5. - Interruption d'une ligne continue pour permettre l'accès direct aux propriétés riveraines. (art. 114-3 et 114-5)	T'2	2u – 3u

(1) A porter à 3u à l'approche d'un îlot (article 115-4)

(2) Cela se produit par exemple aux abords d'un point d'inflexion ou d'un point bas entre deux dos-d'âne rapprochés (schémas A1 et A2 en annexe).

(3) Chacune (espacement entre les lignes : 2u).

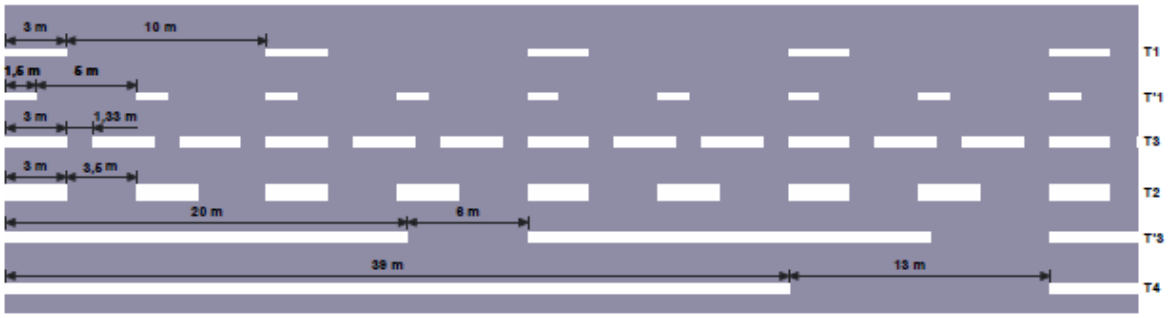
Figure 14 : Valeur de u pour la largeur des bandes

DÉSIGNATION DES MARQUES	MODULATION	LARGEUR
B. - Lignes longitudinales de rives ou de délimitation de certaines voies		
1. - Lignes discontinues de type T2		
Ligne de rive de chaussée (art. 114-4.A)	T2	3u
Ligne de délimitation des voies de décélération, d'insertion ou d'entrecroisement (art. 117-3)	T2	5u
Ligne d'entrée et de sortie des voies pour véhicules lents (art. 114-3)	T2	5u
2. - Lignes discontinues de type T3 :		
Ligne de délimitation de voies pour véhicules lents (art. 114-3)	T3	5u
Ligne de délimitation dans certains cas d'un couloir réservé aux autobus (art. 114-3)	T3	5u
Ligne de délimitation de bandes cyclables (art. 114-3)	T3	5u
Ligne de rive aux approches de certains carrefours et dans les bretelles de raccordement (art. 114-4)	T'3	3u
3. - Lignes discontinues de type T4 :		
Ligne délimitant une bande d'arrêt d'urgence, en section courante (hors bretelles de raccordement) sur autoroutes et routes à chaussées séparées et à carrefours dénivelés (art. 114-4.B)	T4	3u
C. - Lignes transversales		
1. Ligne « STOP » (art. 117-4)	continue	50 cm
2. Ligne « CÉDEZ LE PASSAGE » (art. 117-4)	T'2	50 cm
3. Ligne « CÉDEZ LE PASSAGE » pour les pistes cyclables (art. 118-1.C)	25cm	25 cm
4. Ligne d'effet des feux (article 117-4)	T'2	15 cm
5. Ligne de guidage en intersection Tourne à gauche à l'indonésienne – Carrefour en baïonnette (art. 117-1)	T'2	10 cm
D. - Lignes continues délimitant le T.P.C., les îlots ou certains couloirs réservés		
1. Ligne de délimitation de terre-plein central (art. 114-4 et 114-2)	continue	3u
2. Ligne de délimitation du contour des îlots (art. 117-2.B)	continue	3u
3. Ligne de délimitation de certains couloirs réservés (art. 114-3)	continue	5u ou 3u
4. Interruption d'une ligne continue pour permettre l'accès direct aux propriétés riveraines. (article 114-3 et 114-5)	T'2	2u – 3u
E. - Marques relatives au stationnement		
1. Ligne délimitant les places de stationnement (blanche ou bleue, art 118-2)	T'2 ou continue	2u
2. Ligne confirmant ou indiquant l'interdiction de stationner (jaune, art. 118-2)	T'2	2u
3. Ligne confirmant ou indiquant l'interdiction de s'arrêter (jaune, art. 118-2)	continue	2u
4. Ligne marquant l'emplacement d'un arrêt d'autobus (jaune, art. 118-3)	continue zigzag	2u
5. Ligne marquant l'emplacement réservé pour les véhicules effectuant un chargement ou déchargement de marchandises (jaune, art. 118-2.C)	T'2 ou continue	2u

Figure 15 : Valeur de u pour la largeur des bandes

TYPE de marquage	TYPE de modulation	LONGUEUR du trait (en m)	INTERVALLE entre 2 traits successifs (en m)	RAPPORT plein/vide
Axial longitudinal	T1 T'1 T3	3 1,5 3	10 5 1,33	1/3 1/3 3
Rive	T2 T'3 T4	3 20 39	3,5 6 13	1 3 3
transversal	t'2	0,5	0,5	1

Lignes longitudinales



Lignes transversales

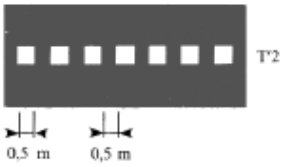


Figure 16 : Matérialisation règlementaire de chaque ligne de marquage

ANNEXE 7 : ESTIMATION DU PROJET

Tableau 29 : DEVIS ESTIMATIF MIS EN OEUVRE

DEVIS QUANTITAF ET ESTIMATIF					
N° de prix	**Désignations**	**Unités**	**Quantité**	**Prix unitaire HT**	**Montant HT**
000	SERIE 000: INSTALATION GENERALE ET REPLI DU CHANTIER				
001	Installation générale du chantier et amenée du matériel	Fft	1	700000000	700000000
002	Repli des installations et du matériel	Fft	1	100000000	100000000
003	Ouverture et entretien de Déviation de la route existante	mois	15	14000000	210000000
004	Laboratoire de la MDC et de l'Admiration	Fft	1	66000000	66000000
005	Bureaux de la MDC et de l'Administration	Fft	1	75000000	75000000
006	Logement de la MDC et de l'Admiration	u	5	25000000	125000000
007	Logement pour chauffeur de l'Administration	Fft	1	30000000	30000000
008	Véhicules de la MDC et de l'Admiration				0
008-a	Tout terrain 4x4 diesel type station wagon	u	0	50000000	0
008-b	Tout terrain 4x4 diesel type pick-up double cabine	u	4	22000000	88000000
008-c	Tout terrain 4x4 diesel type pick-up simple cabine	u	0	20000000	0
TOTAL SERIE 000: INSTALATION GENERALE ET REPLI DU CHANTIER					**1394000000**
	SERIE 100: TRAVEAUX PREPARATOIRES				
101	Débroussaillage et nettoyage de l'emprise	m²	160750	300	48225000
102	Déplacement réseau SONABEL	prov	0,25	100000000	25000000

103	Déplacement réseau ONATEL	prov	0,25	50000000	12500000
104	Déplacement réseau ONEA	prov	0,25	25000000	6250000
105	Démolition de construction existante	m3	62	10000	620000
106	Démolition de buses métalliques	ml	62	25000	1550000
107	Démolition d'ouvrages existants en béton armé	m3	172	15000	2580000
108	Démolition d'ouvrages existants en béton ou maçonnerie	m3	196	12500	2450000
109	Abattage d'arbre de circonférence ≥ 1,00m	u	25	27500	687500
110	Enlèvement de panneaux de circulations existants	u	10	10000	100000
111	Enlèvement de bornes kilométriques existants	u	10	10000	100000
TOTAL SERIE 100: TRAVEAUX PREPARATOIRES					**100062500**
	SERIE 200: TERRASSEMENTS				
201	Décapage de la terre végétale	m²	8750	600	5250000
203	Déblais meuble ou zippable mis en dépôt	m3	9750	2800	27300000
204	Déblais rocheux mis en dépôt	m3	400	15000	6000000
205	Remblais provenant d'emprunt	m3	60000	5000	300000000
206	Remblais provenant de déblais	m3	2250	3400	7650000
207	Exécution de redans	m3	450	5000	2250000
208	Fournitures et pose de géotextile	m²	13000	2600	33800000
TOTAL SERIE 200: TERRASSEMENTS					**382250000**
	SERIE 300: CHAUSSEE				
301	Couche de forme	m3	28250	5500	155375000
302	Scarification de la chaussée existante	m²	0	800	0
303	Couche de fondation en graveleux latéritiques (ép:20)	m3	5625	6000	33750000

304	Couche de base en graveleux latéritiques (ép:20)	m3	22000	7000	154000000
305	Plus-value de transport aux prix 301, 303 et 304	m3xkm	427500	300	128250000
306	Fourniture et transport de liant cut-back 0/1 pour imprégnation	t	122	550000	67100000
307	Fourniture et transport de bitume pour enduit superficiel	t	300	600000	180000000
308	Fourniture et transport de granulats pour enduit superficiel	m3	2000	30000	60000000
309	Mise en œuvre de l'imprégnation	m²	102260	500	51130000
310	Mise en œuvre de l'enduit superficiel monocouche (accotement)	m²	30660	600	18396000
311	Mise en œuvre de l'enduit superficiel bicouche (chaussée)	m²	71600	700	50120000
312	Aménagement de trottoir en pavés	m²	0	16000	0
TOTAL SERIE 300: CHAUSSEE					**898121000**
	SERIE 400: OUVRAGES DE DRAINAGES (DALOTS)				
401	Corps de dalot de 100x100	ml	90	400000	36000000
403	Corps de dalot de 2x150x100	ml	60	975000	58500000
409	Ouvrage de tète de dalot de 100x100	u	8	1650000	13200000
411	Ouvrage de tète de dalot de 2x150x100	u	14	2275000	31850000
417	Maçonnerie en moellons	m3	60	26000	1560000
418	Gabions	m3	80	26000	2080000
419	Fourniture et pose de bordure T2	ml	1250	14000	17500000
420	Fourniture et pose de bordure arasée de type T1	ml	220	13000	2860000
421	Curage de fossés existants	ml	1000	750	750000

422	Fossé triangulaire	ml	3600	1600	5760000
423	Fossé triangulaire	ml	500	25000	12500000
424	Fossé trapézoïdal	ml	3400	2500	8500000
425	Fossé trapézoïdal	ml	4650	38000	176700000
426	Dalettes série lourde pour fossé revêtu	m²	360	30000	10800000
427	Rectification de lit de cours d'eau	m3	2000	3700	7400000
428	Enrochement	m3	780	15000	11700000
431	Caniveau manchonné 60x60	ml	1050	46000	48300000
432	Exécution de dalettes pour caniveau 60x60 en BA	ml	2258	30000	67740000
TOTAL SERIE 400: OUVRAGES DE DRAINAGE (DALOTS)					**513700000**
	SERIE 500: SIGNALISATION – SECURITE				
501	Ligne d'axe continue largeur 10 cm	ml	2600	500	1300000
502	Ligne d'axe discontinue module T1 largeur 10 cm	ml	1600	500	800000
503	Ligne de rive module T2 largeur 15 cm	ml	9000	1200	10800000
504	Marquage spécial pour piétons	m²	50	8000	400000
505	Marquage spécial des flèches de rabattements	m²	35	8000	280000
506	Marquage embranchements et carrefours	m²	18	8000	144000
507	Fourniture et mise en œuvre de borne Kilométrique	u	10	25000	250000
508	Fourniture et mise en œuvre de borne penta kilométrique	u	1	45000	45000
509	Fourniture et mise en œuvre de balise	u	10	22000	220000
510	Panneau de signalisation type A	u	12	160000	1920000
511	Panneau de signalisation type AB	u	12	160000	1920000
512	Panneau de signalisation type B et C	u	10	160000	1600000
513	Panneau de signalisation type D	u	4	160000	640000
514	Panneau de signalisation type EB	u	5	180000	900000

515	Panneau de signalisation type J5	u	4	160000	640000
516	Fourniture et mise en œuvre de garde-corps métallique	ml	0	160000	0
517	Fourniture et mise en œuvre de glissière de sécurité	ml	0	46000	0
518	Fourniture et pose d'extrémité rabaissée de glissière	u	0	100000	0
519	Ralentisseur type dos d'âne y compris avertisseur	u	2	3500000	7000000
520	Construction de poste de péage	Fft	1	200000000	200000000
TOTAL SERIE 500: SIGNALISATION – SECURITE					**228859000**
	SERIE 600: MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES				
601	Fourniture et plantation d'arbres y compris l'entretien	u	1250	11700	14625000
602	Remise en état des emprunts	ha	7	1500000	10500000
603	Remise en état des carrières	ha	1	3000000	3000000
604	Réalisation de forage positif équipé	u	1	15000000	15000000
605	Construction de mur de clôture pour école et/ou centre de santé	ml	500	36000	18000000
TOTAL SERIE 600: MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES					**61125000**
	MONTANT TOTAL DES TRAVAUX HT-HD				**2532617500**

Tableau 30 : DEVIS ESTIMATIF DE L'ETUDE

DEVIS QUANTITAF ET ESTIMATIF					
N° de prix	**Désignations**	**Unités**	**Quantité**	**Prix unitaire HT**	**montant HT**
000	SERIE 000: INSTALATION GENERALE ET REPLI DU CHANTIER				
001	Installation générale du chantier et amenée du matériel	Fft	1	700000000	700000000
002	Repli des installations et du matériel	Fft	1	100000000	100000000
003	Ouverture et entretien de Déviation de la route existante	mois	15	14000000	210000000
004	Laboratoire de la MDC et de l'Admiration	Fft	1	66000000	66000000
005	Bureaux de la MDC et de l'Administration	Fft	1	75000000	75000000
006	Logement de la MDC et de l'Admiration	u	5	25000000	125000000
007	Logement pour chauffeur de l'Administration	Fft	1	30000000	30000000
008	Véhicules de la MDC et de l'Admiration				0
008-a	Tout terrain 4x4 diesel type station wagon	u	0	50000000	0
008-b	Tout terrain 4x4 diesel type pick-up double cabine	u	4	22000000	88000000
008-c	Tout terrain 4x4 diesel type pick-up simple cabine	u	0	20000000	0
TOTAL SERIE 000: INSTALATION GENERALE ET REPLI DU CHANTIER					**1394000000**
	SERIE 100: TRAVEAUX PREPARATOIRES				
101	Débroussaillage et nettoyage de l'emprise	m²	160750	300	48225000
102	Déplacement réseau SONABEL	prov	0,25	100000000	25000000
103	Déplacement réseau ONATEL	prov	0,25	50000000	12500000
104	Déplacement réseau ONEA	prov	0,25	25000000	6250000

105	Démolition de construction existante	m3	62	10000	620000
106	Démolition de buses métalliques	ml	62	25000	1550000
107	Démolition d'ouvrages existants en béton armé	m3	172	15000	2580000
108	Démolition d'ouvrages existants en béton ou maçonnerie	m3	196	12500	2450000
109	Abattage d'arbre de circonférence ≥ 1,00m	u	25	27500	687500
110	Enlèvement de panneaux de circulations existants	u	10	10000	100000
111	Enlèvement de bornes kilométriques existants	u	10	10000	100000
TOTAL SERIE 100: TRAVEAUX PREPARATOIRES					**100062500**
	SERIE 200: TERRASSEMENTS				
201	Décapage de la terre végétale	m²	8750	600	5250000
203	Déblais meuble ou rippable mis en dépôt	m3	9750	2800	27300000
204	Déblais rocheux mis en dépôt	m3	400	15000	6000000
205	Remblais provenant d'emprunt	m3	60000	5000	300000000
206	Remblais provenant de déblais	m3	2250	3400	7650000
207	Exécution de redans	m3	450	5000	2250000
208	Fournitures et pose de géotextile	m²	13000	2600	33800000
TOTAL SERIE 200: TERRASSEMENTS					**382250000**
	SERIE 300: CHAUSSEE				
301	Couche de forme	m3	28250	5500	155375000
302	Scarification de la chaussée existante	m²	0	800	0
303	Couche de fondation en graveleux latéritiques (ép:20)	m3	5625	6000	33750000
304	Couche de base en graveleux latéritiques (ép:20)	m3	22000	7000	154000000

305	Plus-value de transport aux prix 301, 303 et 304	m3xkm	427500	300	128250000
306	Fourniture et transport de liant cut-back 0/1 pour imprégnation	t	122	550000	67100000
307	Fourniture et transport de bitume pour enduit superficiel	t	300	600000	180000000
308	Fourniture et transport de granulats pour enduit superficiel	m3	2000	30000	60000000
309	Mise en œuvre de l'imprégnation	m²	102260	500	51130000
310	Mise en œuvre de l'enduit superficiel monocouche (accotement)	m²	30660	600	18396000
311	Mise en œuvre de l'enduit superficiel bicouche (chaussée)	m²	71600	700	50120000
312	Aménagement de trottoir en pavés	m²	0	16000	0
TOTAL SERIE 300: CHAUSSEE					**898121000**
	SERIE 400: OUVRAGES DE DRAINAGES (DALOTS)				
401	Corps de dalot de 100x100	ml	160	400000	64000000
403	Corps de dalot de 2x150x100	ml	0	975000	0
409	Ouvrage de tète de dalot de 100x100	u	12	1650000	19800000
411	Ouvrage de tète de dalot de 2x150x100	u	0	2275000	0
417	Maçonnerie en moellons	m3	60	26000	1560000
418	Gabions	m3	80	26000	2080000
419	Fourniture et pose de bordure T2	ml	1250	14000	17500000
420	Fourniture et pose de bordure arasée de type T1	ml	220	13000	2860000
421	Curage de fossés existants	ml	1000	750	750000
422	Fossé triangulaire	ml	3600	1600	5760000
423	Fossé triangulaire	ml	500	25000	12500000

424	Fossé trapézoïdal	ml	3400	2500	8500000
425	Fossé trapézoïdal	ml	4650	38000	176700000
426	Dalettes série lourde pour fossé revêtu	m²	360	30000	10800000
427	Rectification de lit de cours d'eau	m3	2000	3700	7400000
428	Enrochement	m3	780	15000	11700000
431	Caniveau manchonné 60x60	ml	1050	46000	48300000
432	Exécution de dalettes pour caniveau 60x60 en BA	ml	2258	30000	67740000
TOTAL SERIE 400: OUVRAGES DE DRAINAGE (DALOTS)					**457950000**
	SERIE 500: SIGNALISATION – SECURITE				
501	Ligne d'axe continue largeur 10 cm	ml	2600	500	1300000
502	Ligne d'axe discontinue module T1 largeur 10 cm	ml	1600	500	800000
503	Ligne de rive module T2 largeur 15 cm	ml	9000	1200	10800000
504	Marquage spécial pour piétons	m²	50	8000	400000
505	Marquage spécial des flèches de rabattements	m²	35	8000	280000
506	Marquage embranchements et carrefours	m²	18	8000	144000
507	Fourniture et mise en œuvre de borne Kilométrique	u	10	25000	250000
508	Fourniture et mise en œuvre de borne penta kilométrique	u	1	45000	45000
509	Fourniture et mise en œuvre de balise	u	10	22000	220000
510	Panneau de signalisation type A	u	12	160000	1920000
511	Panneau de signalisation type AB	u	12	160000	1920000
512	Panneau de signalisation type B et C	u	10	160000	1600000
513	Panneau de signalisation type D	u	4	160000	640000
514	Panneau de signalisation type EB	u	5	180000	900000
515	Panneau de signalisation type J5	u	4	160000	640000

516	Fourniture et mise en œuvre de garde-corps métallique	ml	0	160000	0
517	Fourniture et mise en œuvre de glissière de sécurité	ml	0	46000	0
518	Fourniture et pose d'extrémité rabaissée de glissière	u	0	100000	0
519	Ralentisseur type dos d'âne y compris avertisseur	u	2	3500000	7000000
520	Construction de poste de péage	Fft	1	200000000	200000000
TOTAL SERIE 500: SIGNALISATION – SECURITE					**228859000**
	SERIE 600: MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES				
601	Fourniture et plantation d'arbres y compris l'entretien	u	1250	11700	14625000
602	Remise en état des emprunts	ha	7	1500000	10500000
603	Remise en état des carrières	ha	1	3000000	3000000
604	Réalisation de forage positif équipé	u	1	15000000	15000000
605	Construction de mur de clôture pour école et/ou centre de santé	ml	500	36000	18000000
TOTAL SERIE 600 : MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES					**61125000**
	MONTANT TOTAL DES TRAVAUX HT-HD				**2476867500**