

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES RELATIVES AUX  
TRAVAUX DE REHABILITATION DE LA ROUTE NATIONALE  
N°2 (RN2) DU TRONÇON EBOLOWA-AMBAM AU CAMEROUN  
(LONGUEUR : 91.788 KM).**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC  
GRADE DE MASTER  
**SPECIALITE GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE**

Présenté et soutenu publiquement le 01 Juillet 2019 par :

**ZOGANG Justin (20150378)**

**Encadrant 2iE : M. Amadou SIMAL (enseignant en Génie Civil à 2IE)**

Titre : Enseignant 2IE,

**Maître de stage : M. MBELE OMBE BENOIT**

Titre : Ingénieur en Génie Civil à C.E.T.P Sarl

Structure d'accueil du stage : **C.E.T.P Sarl**

**Jury d'évaluation :**

Président du jury : Dr. Daniel YAMEGEU

Rapporteurs : Dr. Seick Omar SORE

M. Ousmane ZOUNGRANA

**Promotion [2018/2019]**

## DEDICACE

Ce document est dédié à :

TOUTE MA FAMILLE

## CITATION

*« Choisissez un travail que vous aimez et vous n'aurez pas à travailler un seul jour de votre vie ».*

*Confucius*

## REMERCIEMENTS

La réalisation de ce rapport n'aurait pas été possible sans le concours multiforme de nombreuses personnes. Je voudrai ici remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Ainsi je remercie :

- ❖ L'éternel tout puissant qui n'a jamais cessé de se manifester dans ma vie et dont j'ai bénéficié de ses grâces pour la réalisation de ce document ;
- ❖ Pr. Mady KOANDA, Directeur Général de 2ie pour m'avoir accordé le privilège d'effectuer mes études au sein de 2ie ;
- ❖ Dr. Abdou LAWANE chef de département Génie-civil et Hydraulique pour sa disponibilité et ses orientations ;
- ❖ Pr. Adamah MESSAN, de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau de l'Environnement (2IE) pour ses multiples conseils.
- ❖ AMADOU Simal, mon directeur de mémoire pour son soutien pendant cette période de stage ;
- ❖ Madame GOMIS Marie Thérèse, assistante d'enseignement à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau de l'Environnement (2IE) pour ses directives.
- ❖ M. MBATAKOU Augustin, Directeur Général de la société C.E.T.P Sarl pour l'accueil et toute l'attention accordée à mon égard durant mon séjour dans son entreprise ;
- ❖ M. MBELLE OMBE Benoit, mon maître de stage pour son encadrement en entreprise,
- ❖ Dr. TSUANYO David, enseignant à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau de l'Environnement (2IE).
- ❖ Les enseignants du département Génie-civil de 2ie qui n'ont jamais failli à leur tâche d'éducateur et de formateur ;
- ❖ A tout le personnel de C.E.T.P Sarl pour toute l'assistance à mon endroit pendant mon séjour dans cette structure
- ❖ Ma famille pour leur soutien et les efforts consentis pour mon éducation ;
- ❖ Mes amis et camarades de promotion ;
- ❖ Tous ceux qui m'ont apporté leur précieux soutien tout au long de ma formation et qui n'ont pas été évoqués ici, je tiens à leurs adresser mes sincères remerciements.

## **RESUME**

Notre étude s'inscrit dans le cadre de l'exécution du Projet de Réhabilitation de la route nationale N°2 du Cameroun (RN2), plus particulièrement l'aménagement du tronçon entre EBOLOWA et AMBAM (91.788 km). Suite au problème de dégradation accentué de la route nous avons relevé quatre types de pathologies (les fissures, les arrachements du béton bitumineux, les nids de poules et l'orniérage); et le vieillissement des ouvrages d'art due au manque d'entretien. Ainsi, il a été proposé un ouvrage de type dalot pour assurer l'assainissement de la route étant donnée l'importance du débit que ce dernier doit transiter ; en vue de favoriser l'écoulement des eaux. La présente étude porte sur les études relatives à la réhabilitation de cette route. L'objectif est de réaliser l'étude de la Route principale en dimensionnant l'ouvrage de franchissement qui est le dalot. D'après l'étude hydrologique, le débit à l'entrée du dalot est de  $Q = 38,66 \text{ m}^3$ , ce qui nous a permis de faire le choix d'un dalot de  $2 \times 1 \times 1 \text{ m}$ , soit (01) module de deux (02) ouvertures sur une largeur de 2,75 m. A partir de la classe de trafic T4 la route a ainsi été dimensionnée par la méthode du CEBTP et vérifiée par le logiciel Alizé – LCPC, elle est constituée d'une plateforme de type S4, d'une couche de fondation de 20 cm en graveleux latéritique rougeâtre, une couche de base en grave bitume de 20 cm et une couche de roulement de 7 cm en Béton bitumineux. L'estimation globale du projet s'élève à Soixante-dix milliard cinq cent trente-six millions cinq cent quatre-vingt-dix-huit mille deux cent quatre-vingt-quatre **70 536 598 284 FCFA TTC.**

## **Mot clés**

- 1- Débit;**
- 2- Dégradation**
- 3- Réhabilitation**
- 4- Route EBOLOWA-AMBAM**

## ABSTRACT

Our study is part of the implementation of the Rehabilitation Project of the Cameroon National Road N ° 2 (RN2), especially the development of the section between EBOLOWA and AMBAM (91,788 km) Following the problem of accentuated degradation From the road we have identified four types of pathologies (cracks, stripping of bituminous concrete, potholes and rutting); and the aging of engineering structures due to lack of maintenance. Thus, it was proposed a scupper-type work to ensure the sanitation of the road given the importance of the flow that it must pass; to promote the flow of water. This study focuses on studies related to the rehabilitation of this road. The objective is to carry out the study of the main road and by dimensioning the crossing work which is the scupper. According to the hydrological study, the flow at the inlet of the culvert is  $Q = 36.66 \text{ m}^3$ , which allowed us to obtain a culvert of  $2 \times 1 \times 1 \text{ m}$ , ie (01) modulus of two (02) openings over a length of 2.75 m. From the T4 traffic class, the road has been dimensioned by the CEBTP method and verified by the Alizé-LCPC software. It consists of a S4 type platform and a 20 cm foundation layer. Reddish lateritic gravelly, a 20 cm thick bitumen base layer and a 7 cm bituminous concrete wearing course. The overall estimate of the project is Seventy billion five hundred thirty six million five hundred fourteen ten eight thousand two hundred four twenty four **70 536 598 284 FCFA**

## Keywords

- 1 –Flow**
- 2 - Degradation**
- 3 - Rehabilitation**
- 4 –EBOLWA-AMBAM Road**

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

2IE : Institut International d'Ingénierie, de l'Eau et de l'Environnement

APD : Avant-Projet Détaillé

BA : Béton Armé

BAEL : Béton Armé aux États Limites

BRECG : Bureau de Recherches et d'Études et de contrôle géotechniques

CBR : Californie Bearing Ratio

CCTG : Cahier de Clauses Techniques Générales

CEBTP : Centre d'Expertise du Bâtiment et Travaux Publics

CETP : Centrale d'études et des travaux publics

EIES : Étude d'Impact Environnemental et Social

ELS : État Limite de Service

ELU : État limite Ultime

GNL : Grave Non Traité

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

MINTP : Ministère des Travaux Publics

MINE : Ministère de l'Eau et de l'Énergie

MINPAT : Ministère de la Planification et de l'Administration territorial

RN2 : Route Nationale N°2

SARL : Société A Responsabilité Limité

SETRA : Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes

## SOMMAIRE

DEDICACE.....	i
CITATION .....	ii
REMERCIEMENTS .....	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT .....	v
LISTE DES ABREVIATIONS .....	vi
LISTE DES FIGURES .....	3
LISTE DES TABLEAUX .....	4
INTRODUCTION GENERALE.....	5
I.    Contexte et problématique .....	5
II.    Objectifs de l'étude .....	6
CHAPITRE 1 : GENERALITES .....	7
I.    Présentation de la structure d'accueil.....	7
II.    Présentation de la zone d'étude .....	9
III.    Présentation du projet .....	11
IV.    Méthodologie de conception .....	12
CHAPITRE 2 : ETUDES GEOTECHNIQUES.....	13
I.    Evaluation de l'état de la chaussée.....	13
II.    Etude de matériaux constitutifs de la route .....	20
CHAPITRE 3 : ETUDE TECHNIQUE DE L'OUVRAGE D'ART .....	23
I. Diagnostic des ouvrages existants.....	23
II. Conception de l'ouvrage .....	25
III. Etudes hydrologique et hydraulique .....	27
IV. Dimensionnement du dalot.....	32
4.1. Pré dimensionnement du dalot .....	32
4.2. Caractéristiques des matériaux utilisés.....	33
4.3. Calcul des charges qui s'appliquent sur l'ouvrage .....	34
4.4. Calcul des sollicitations .....	37
4.5. Plans d'exécutions et métré.....	43



CHAPITRE 4 : DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSE ET LA ROUTIERERE .....	SIGNALISATION
	44
I.    Conception géométrique .....	44
II.    Signalisation routière.....	46
III.    Dimensionnement de la chaussé.....	47
CHAPITRE 5: ESTIMATION DU PROJET ET ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE .....	52
5.1.    Notice d'impact Environnementale.....	52
5.2.    Devis quantitatif et estimatif .....	54
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....	56
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	57



## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme fonctionnel de la CETP Sarl .....	8
Figure 2 : situation de la zone d'étude .....	9
Figure 3 : Diagramme ombrothermique d'Ebolowa (source : climate-data.org) .....	10
Figure 4: Schéma illustrative de la fissure .....	14
Figure 5 : illustration de l'arrachement du béton bitumineux .....	14
Figure 6: illustration de la déformation .....	15
Figure 7 : illustration nids de poule .....	15
Figure 8 : illustration de l'ornierage .....	16
Figure 9 : Bras de mesure de l'appareil de Benkelman .....	16
Figure 10 : Coupe transversale de la chaussé en place .....	21
Figure 11 : Buse envasées et ensablée .....	23
Figure 12 : Dalots non entretenus .....	24
Figure 13 : Carte des BV des Ouvrages d'art .....	28
Figure 14 : Fonctionnement en sortie noyée .....	31
Figure 15 : Fonctionnement en Sortie libre .....	31
Figure 16: diffusion des charges induites par les roues sur le remblai .....	36
Figure 17: Charges sur le dalot .....	38
Figure 18 : plan de ferraillage du dalot 2x1x1 .....	40
Figure 19: pré dimensionnement du mur en retour .....	40
Figure 20: Schéma de pré dimensionnement du mur en retour .....	41
Figure 21: Figure : Semelle avec les charges agissantes .....	42

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : données climatique d'Ebolowa .....	11
Tableau 2: Fissuration et origines .....	13
Tableau 3 : arrachement et origines .....	14
Tableau 4 : déformation et origines.....	14
Tableau 5: Nids de poule et origine .....	15
Tableau 6 : orniérage et origine.....	15
Tableau 7: classe de déflection (source : Manuel pour le renforcement des chaussées) .....	17
Tableau 8 : Mésure de deflexion en fonction de l'état apparent .....	18
Tableau 9 : Résultat des mesures de déflection .....	18
Tableau 10 : Calcul des épaisseurs des couches de renforcement de la chaussée .....	20
Tableau 11 : Structure de la chaussée existante .....	20
Tableau 12 : Résultats des essais sur matériaux d'emprunt.....	22
Tableau 13: classe de plate-forme en fonction du CBR.....	22
Tableau 14 : avantages et inconvénients des ponts cadres et portiques .....	27
Tableau 15 : Tableau récapitulatif des débits par la méthode Rationnelle.....	30
Tableau 16: dimensions et classe de l'ouvrage.....	33
Tableau 17: Caractéristiques du béton .....	34
Tableau 18: Caractéristiques de l'acier.....	34
Tableau 19: Contrainte limite de l'acier .....	34
Tableau 20 : Recapitulatif des charges permanentes sur le tablier .....	35
Tableau 21: Récapitulatif des charges permanentes sur le radier .....	35
Tableau 22: Récapitulatif des charges permanentes horizontales .....	36
Tableau 23: Récapitulatif des charges routières sur le radier.....	37
Tableau 24 : Surcharge due a la poussée sur les piédroits .....	37
Tableau 25 : Moment en travée et en appui sur le Tablier, Radier et piédroits .....	38
Tableau 26: Tableau récapitulatif de sollicitations sur le dalot.....	39
Tableau 27 : Récapitulatif des sections d'armatures.....	39
Tableau 28: section d'armature sur semelle.....	42
Tableau 29: sollicitations sur le mur en retour .....	43
Tableau 30: Section d'armature sur le mur en Retour .....	43
Tableau 31:Tableau des Variantes proposées pour la chaussée (CEBTP, 1984).....	48
Tableau 32: coefficient d'agressivité moyen des différentes couches .....	49
Tableau 33:Caractéristiques mécaniques des matériaux .....	50
Tableau 34: vérification des contraintes sur Alizé .....	51
Tableau 35: devis quantitatif et estimatif .....	55

## INTRODUCTION GENERALE

### I. Contexte et problématique

Le réseau routier national camerounais est constitué de 5133 Km de routes revêtues et de 12799 Km de routes en terres. La plupart des routes revêtues ont été construites il y'a plus de 30 ans. Il n'est donc pas exclu de voir que certaines de ces routes revêtues présentent des dégradations considérables nécessitant des travaux de réhabilitation.

C'est ainsi que depuis quelques années le Ministère des Travaux Publics, en charge du réseau routier au Cameroun, organise plusieurs campagnes de réhabilitation de certains axes routiers permettant de redonner aux chaussées un niveau de service acceptable pour améliorer les conditions de mobilité des personnes et des biens. Ce qui est le cas de la section EBOLOWA-AMBAM de la Route Nationale N°2 ; avec le lancement des études techniques à cet effet.

Le tronçon de route EBOLOWA-AMBAM long d'environ 91,87km s'est au fil des années vue détériorer sous l'action d'un accroissement du trafic et d'autres facteurs liés à sa forte sollicitation et son faible entretien. Compte tenu son importance dans les échanges entre plusieurs régions du Cameroun ainsi que les pays voisin à l'instar du Gabon et la Guinée Equatoriale.

L'entreprise C.E.T.P Sarl en charge de ce projet d'étude nous offre, dans le cadre de stage de fin de formation de participer au projet de réhabilitation de la route EBOLOWA-AMBAM qui a motivé notre thème de mémoire «**Études techniques détaillées relatives aux travaux de réhabilitation de la route nationale 2 (RN2) du tronçon Ebolowa-Ambam au Cameroun**»

Il sera donc nécessaire de faire une analyse des dégradations, une maîtrise du nouveau trafic, une analyse du réseau d'assainissement assortie d'un diagnostic des ouvrages. Afin d'aboutir à un redimensionnement de la chaussée et la reconstruction des ouvrages d'assainissement en cas de besoin. Pour atteindre nos objectifs, nous exploiterons les Termes de Références de l'étude mis à la disposition de l'entreprise par le Maître d'Ouvrages (MINTP) d'une part et les résultats d'essai en Laboratoire d'autre part.



## **II. Objectifs de l'étude**

### **2.1.Objectif global**

L'objectif global de notre étude est de contribuer à l'amélioration du transport des biens et des personnes entre les différentes régions du Cameroun d'une part et d'autre part entre le Cameroun, le Gabon et la Guinée Equatoriale.

Il s'agira de réaliser l'étude du Tronçon EBOLOWA-AMBAM en proposant et en dimensionnant Les ouvrages de franchissement notamment le dalot et la chaussée

### **2.2. Objectif spécifiques**

L'objectif global se décline en quatre (04) objectifs spécifiques, à savoir :

- ❖ Etudier et dimensionner les ouvrages de franchissements sur la Route;
- ❖ Faire des études géotechniques
- ❖ Etudier et dimensionner la chaussée
- ❖ Faire une étude d'impact environnementale et sociale (EIES) et une estimation du coût du projet.

Le présent document s'articulera autour de cinq chapitres :

- ❖ Le premier chapitre porte sur les généralités notamment sur la présentation de la structure d'accueil, de la zone d'étude et du projet ;
- ❖ Le deuxième chapitre est consacré à l'étude géotechnique ;
- ❖ Le troisième chapitre traite de l'étude technique de l'ouvrage d'art ;
- ❖ Le quatrième chapitre est orienté vers le dimensionnement de la chaussé et la signalisation routière ;
- ❖ Cinquième chapitre traite de l'étude d'impact environnementale et social (EIES) et de l'estimation du coût du projet ;
- ❖ La conclusion et les recommandations .



## **CHAPITRE 1 : GENERALITES**

### **I. Présentation de la structure d'accueil**

La société C.E.T.P Sarl (Centrale d'Etudes et Travaux Publics) est une société spécialisée dans les Études, la construction, l'assistance technique et la Maintenance. Elle met à la disposition de ses clients, une expérience et des équipements de haute technologie. (Machinerie numérique, engins de construction de routes, engins de levage de dernière génération, grues...etc) C.E.T.P Sarl détient par devers lui un matériel complet et polyvalent. L'objectif de la société est de rechercher en permanence, la réponse technique la mieux adaptée à un projet et à son environnement, en intégrant l'ensemble des contraintes technique, socio-économique, environnementales et financières.

#### **1.1.Domaines de compétence**

La centrale d'étude et travaux publics est compétente dans le domaine du génie civil notamment le bâtiment la route et les ouvrages d'art, le domaine de l'énergie (électricité Basse et moyenne tension) et le domaine de développement en terme de formation professionnelle.

#### **1.2.Organisation de CETP Sarl**

Dans le cadre des orientations générales de L'entreprise et afin d'améliorer ses prestations, la CETP Sarl a développé son propre système de Management de la qualité pour organiser, gérer et suivre ses prestations de services, d'études, de maîtrise d'œuvre et d'assistance technique. Cette politique qualité a pour objectif:

- ❖ De satisfaire la clientèle de CETP Sarl par une réponse à ses besoins et attentes,
- ❖ D'améliorer en permanence la qualité des prestations et services de CETP Sarl,
- ❖ De mettre en place une organisation interne pertinente et efficace,
- ❖ D'optimiser les ressources et de définir clairement les responsabilités

L'Organigramme de CETP Sarl est présenté à la **figure 1** ci-dessous.

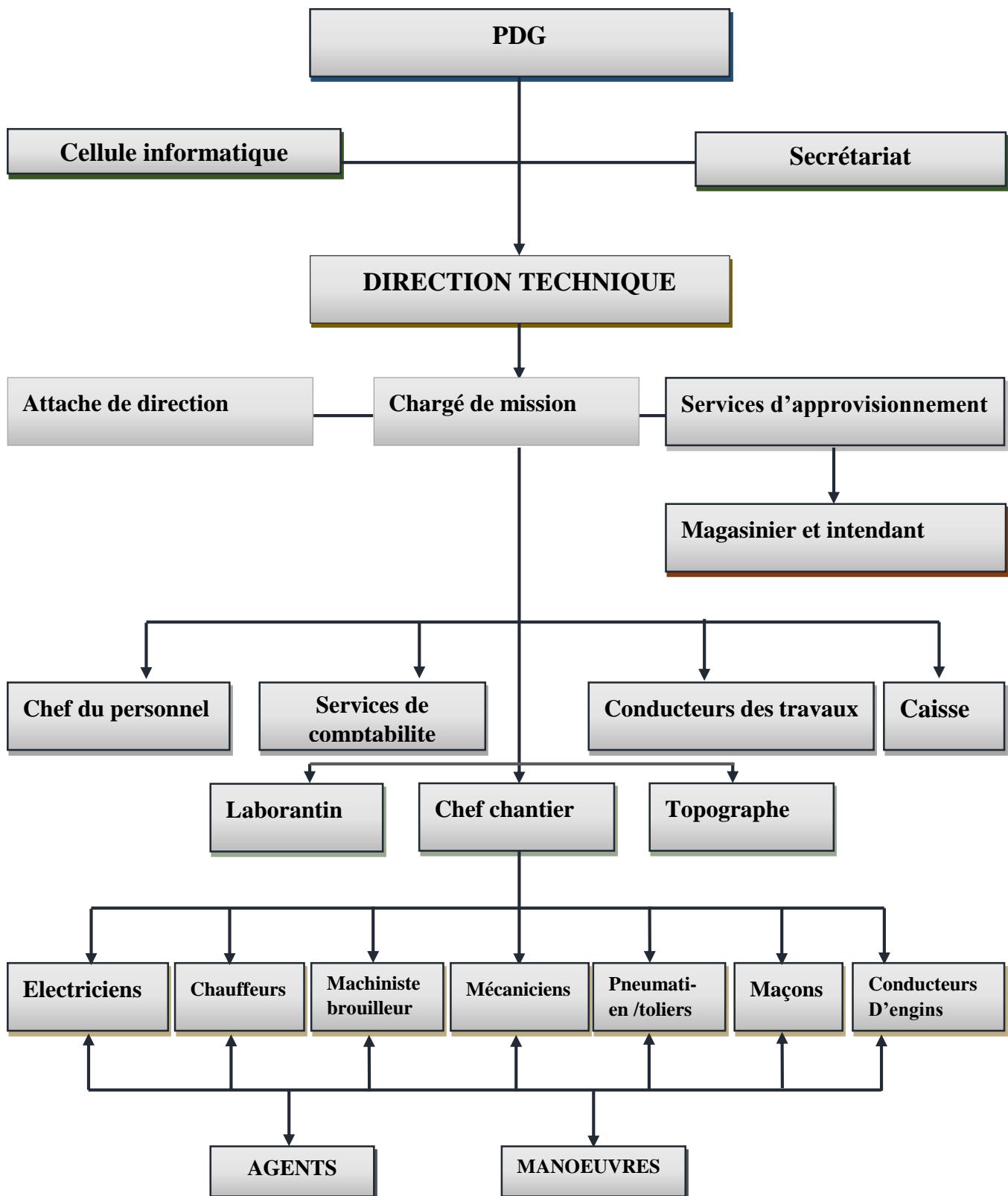


Figure 1 : Organigramme fonctionnel de la CETP Sarl

## II. Présentation de la zone d'étude

La zone du projet se situe dans la région du Sud Cameroun dont le chef-lieu est EBOLOWA, département de la Mvila à environ 92 kilomètres au Nord de la commune d'AMBAM. On peut y accéder par la route nationale n°2 reliant Yaoundé à Mbalmayo, entièrement bitumée. La zone d'étude est située à une latitude de  $2^{\circ}53'259''$ Nord et a une longitude de  $11^{\circ}09'00''$ Ouest. La localisation du site est présentée sur la Figure 2 ci-dessous

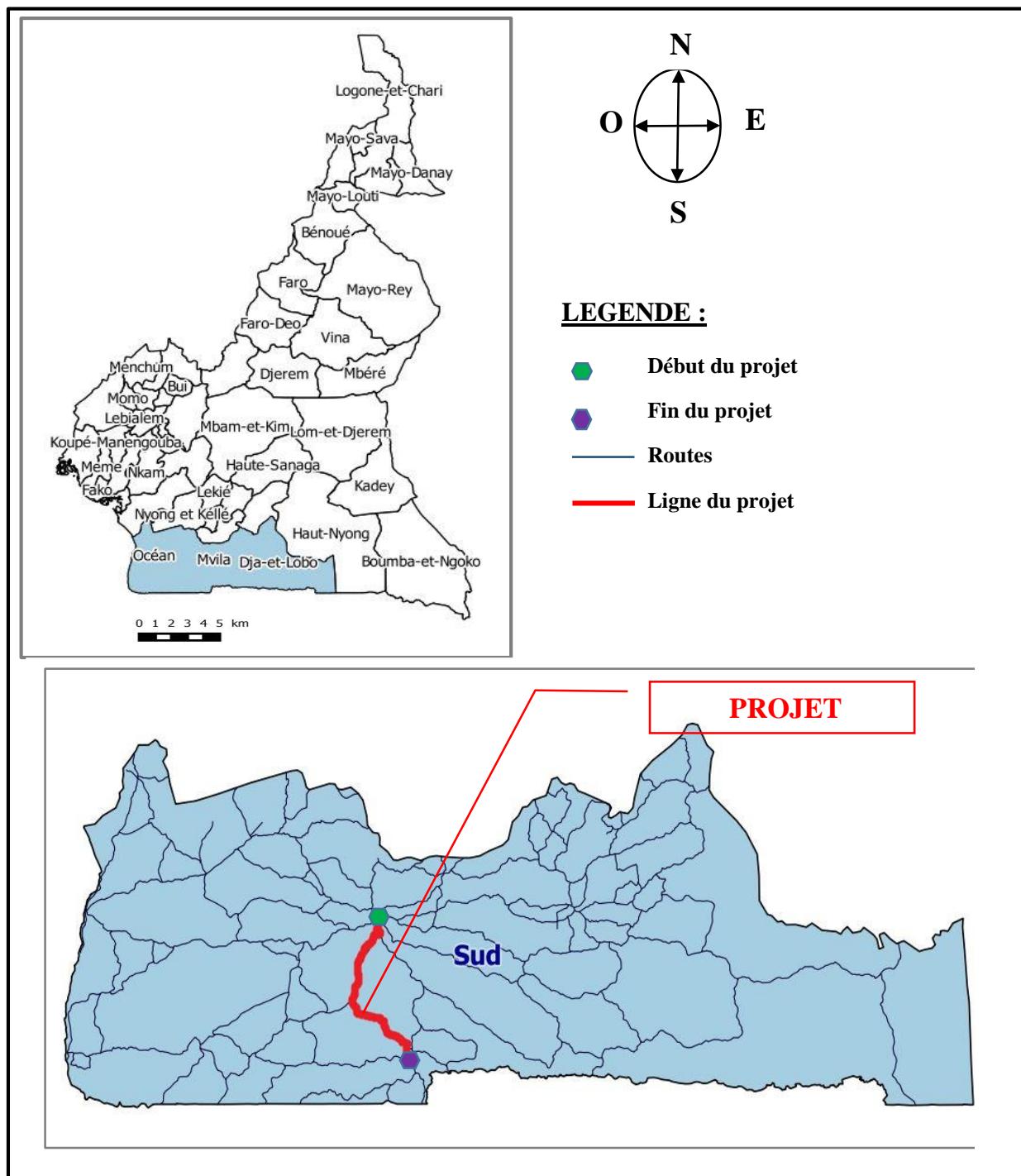
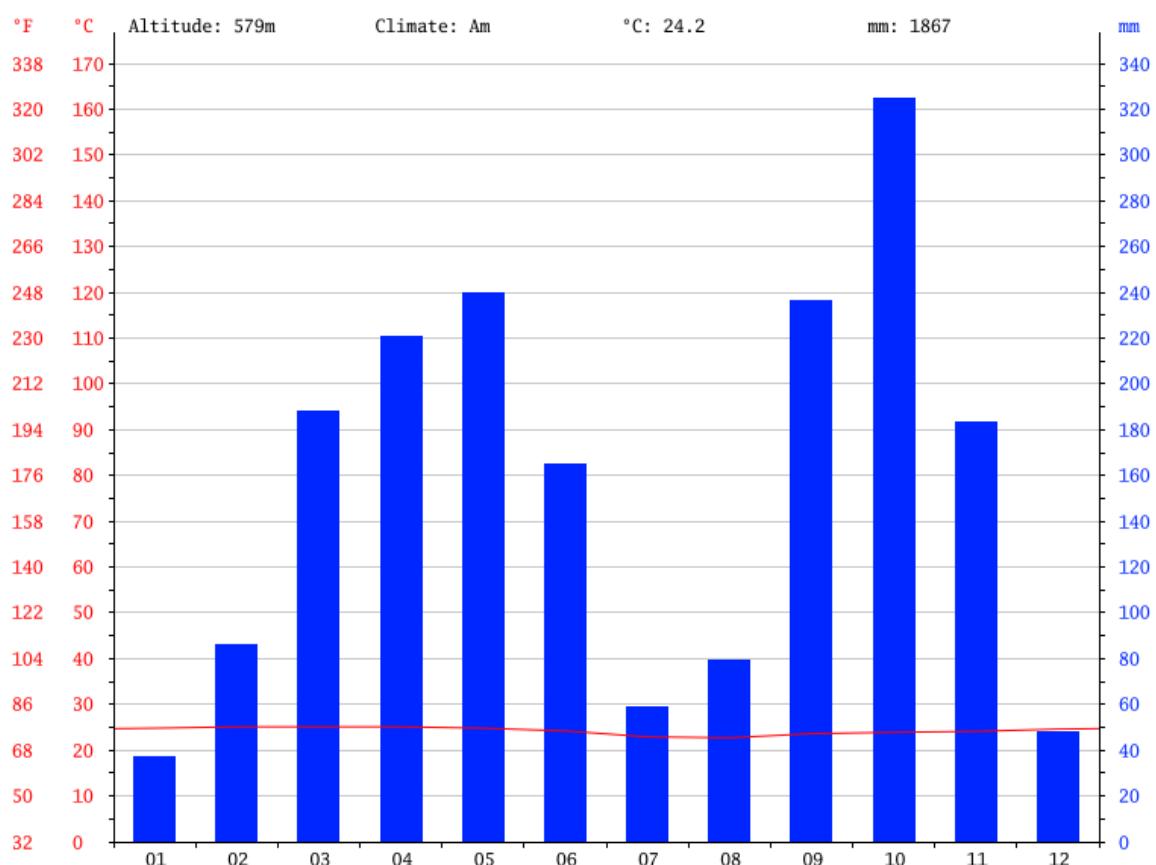


Figure 2 : situation de la zone d'étude

## 2.1. Climat et pluviométrie

Ebolowa bénéficie d'un climat tropical. Cette ville est caractérisée par de nombreux mois de pluies fortes. Il n'y a qu'une courte saison sèche et celle-ci est peu marquée. Elle affiche 24.2 °C de température en moyenne sur toute l'année. Les précipitations annuelles moyennes sont de 1867 mm, Une différence de 288 mm est enregistrée entre le mois le plus sec et le mois le plus humide. On note également Une différence de 2.4 °C existe entre la température la plus basse et la plus élevée sur toute l'année. Février est le mois le plus chaud de l'année. La température moyenne est de 25.1 °C à cette période et le mois d'Août est le plus froid avec une température moyenne de 22.7 °C



**Figure 3 : Diagramme ombrothermique d'Ebolawa (source : [climate-data.org](http://climate-data.org))**

Une différence de 288 mm est enregistrée entre le mois le plus sec et le mois le plus humide. Une différence de 2.4 °C existe entre la température la plus basse et la plus élevée sur toute l'année. **Le tableau 1** ci-dessous présente les données climatiques de la ville d'Ebolowa.

	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Température moyenne (°C)	24.8	25.1	25.1	25.1	24.8	24.2	22.9	22.7	23.6	23.9	24.1	24.6
Température minimale moyenne (°C)	20.4	20.4	20.3	20.2	20.3	20.3	19.3	18.9	19.8	19.7	19.9	20.4
Température maximale (°C)	29.2	29.8	29.9	30	29.3	28.1	26.5	26.6	27.4	28.2	28.4	28.9
Précipitations (mm)	37	86	188	221	240	165	59	79	236	325	183	48

**Tableau 1 : données climatique d'Ebolowa (source : climate-data.org)**

## 2.2. Hydrographie

Les bassins versants drainent des grands cours d'eaux qui traversent la zone du projet, ces cours d'eau sont à l'origine de la construction des ponts tels que le pont sur le Mboro et le Seng. On dénombre également 16 retenues d'eau dont quelques unes sont quasi permanentes, des retenues d'eau routière et localement par les mares et les micros dépressions.

## 2.3. Végétation

La végétation dans cette zone est dominée par la forêt dense. Au-delà de cette bordure s'étend en zones plus ou moins compactes la grande forêt, où abondent des variétés d'arbres aux essences très variées : *acajous, irokos, bongossis, ébéniers, fromagers, okoumés, paddocks...* etc. Mais en d'autres endroits, généralement quand la densité humaine est plus forte, les arbres caractéristiques de ces régions restent le palmier à huile, le cacao et l'hévéa.

## III. Présentation du projet

Le projet de notre étude est concentré sur le tronçon Ebolowa-Ambam de la route nationale 2 (RN2). Il est question d'étudier la Route principale avec une longueur de 91.788 m avec ses ouvrages. Sur ce tronçon de la route, on peut dénombrer les ouvrages suivants :

- 02 doubles dalots (2 x 3 m x 3 m) pour le drainage des eaux de ruissellement,
- 10 doubles dalots (2x2x1.5) pour le drainage des eaux de ruissellement
- 02 dalots doubles de 2x4x4 pour le franchissement d'un cours d'eau,
- 02 ponts pour le franchissement d'un cours d'eau,
- 16 buses Ø1200 pour l'écoulement des eaux,



- 12 buses Ø1400 pour la traversée des eaux,

#### **IV. Méthodologie de conception**

Pour atteindre ces objectifs la méthodologie adoptée rassemble les différentes prestations telles que :

- Revue de la littérature ;
- La reconnaissance détaillée du site;
- Les travaux topographiques;
- Les études géotechniques ;
- Les études hydrauliques;
- La conception et le calcul structural des ouvrages d'art et hydraulique;
- Le dimensionnement de la chaussée;
- Les études d'impacts environnementaux et sociaux;

L'élaboration des plans d'exécution des ouvrages et élaboration du devis estimatif.

**Conclusion partielle :** Ce chapitre porte sur les généralités de notre étude et présente la structure d'accueil dans son ensemble, elle présente également la zone d'étude en terme de climat, végétation, et hydrographie ainsi que la présentation du projet en ce qui concerne les d'ouvrages. L'intérêt de ce chapitre est de permettre au lecteur d'avoir une connaissance globale du projet, de l'entreprise ainsi que l'ensemble des travaux à mettre en exécution dans le cadre du projet. Après avoir eu connaissance du projet dans sa globalité nous passerons aux études géotechniques.

## CHAPITRE 2 : ETUDES GEOTECHNIQUES

L'étude géotechnique qui fait partie du projet de réhabilitation de la route Ebolowa-Ambam est centré sur plusieurs points à savoir :

- ❖ Evaluation de l'état et de la portance de la chaussée ;
- ❖ Etude des matériaux de la plate-forme
- ❖ L'analyse des résultats des essais sur les matériaux de la plate-forme
- ❖ Proposition des diverses solutions (renforcement, reconstruction, traitement etc.)
- ❖ Études des sols de fondation des principaux ouvrages d'art.

Il sera question dans cette étude, d'exploiter et d'analyser les résultats des essais géotechniques et des mesures de déflexions afin de proposer des solutions capables de palier au problème de dégradation de la chaussée.

### I. Evaluation de l'état de la chaussée

#### I.1 Relevé des dégradations

Pendant la période du diagnostic des ouvrages, nous avons procédé aux relevés des dégradations de la chaussée par observation visuelle en continue le long de la chaussée. L'objectif de cette phase était d'avoir plus des données sur les différents tronçons afin de proposer des solutions de renforcement ou d'amélioration de la chaussée. Nous avons classé les dégradations selon leur degré (fissuration, déformation, nid de poules, arrachement, etc.

Dégradations	Origines et causes
<b>Fissures</b>	Trafic élevé
La <i>fissure</i> est un « défaut » ou une discontinuité brutale apparaissant sur la chaussée	Mauvaises Conditions Climatiques
	Epaisseur insuffisante par rapport au trafic
	Mauvaise mise en œuvre
	Mauvais système d'assainissement
	Vieillissement des matériaux

Tableau 2: Fissuration et origines

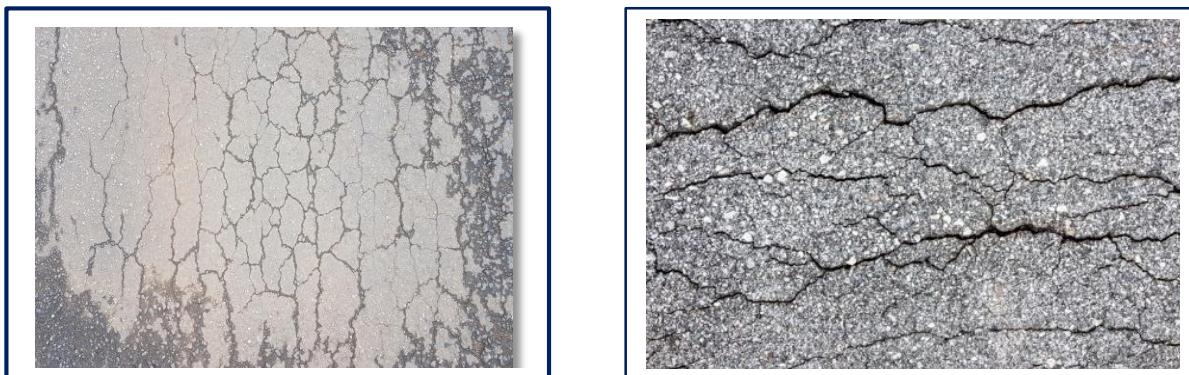


Figure 4: Schéma illustrative de la fissure

Dégradations	Origines et causes
<p><b>Arrachement du Béton bitumineux</b> absence localisée ou arrachement des matériaux par plaque laissant apparaître la couche inférieure ou l'imprégnation.</p>	<p>Trafic élevé sur la route Conditions Climatiques Qualité insuffisante de liant Mauvaise mise en œuvre Mauvais système d'assainissement Vieillissement des matériaux</p>

Tableau 3 : arrachement et origines



Figure 5 : illustration de l'arrachement du béton bitumineux

Dégradations	Origines et causes
<p><b>Déformation</b> C'est la <u>flexion</u> des couches de la structure d'une chaussée sous l'effet des charges roulante</p>	<p>Trafic élevé Conditions climatiques Mauvais système d'assainissement Chocs dûs aux accidents,</p>

Tableau 4 : déformation et origines



Figure 6: illustration de la déformation

Dégradation	Causes et origines
<p><b>Nid de poules</b></p> <p>Un nid de poule est une cavité dans la chaussée aux bords découpés qui se crée lorsque le revêtement routier s'effrite et que les matériaux constitutifs du revêtement (enrobés bitumineux) se dispersent</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Trafic élevé</li> <li>-Chocs</li> <li>-Action de l'eau</li> </ul>

Tableau 5: Nids de poule et origine



Figure 7 : illustration nids de poule

Dégradation	Causes et origines
<p><b>L'orniérage</b></p> <p>C'est une déformation permanente longitudinale de la <u>chaussée</u> caractérisée par un tassement de celle-ci qui se crée sous le passage répété des roues</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Trafic élevé</li> <li>-Quantité de liant insuffisante</li> <li>-Vieillissement de la chaussé</li> </ul>

Tableau 6 : orniérage et origine



Figure 8 : illustration de l'orniérage

## I. 2 Auscultation de la route (essai de déflexion)

L'osculation de la route est une technique utilisée pour évaluer l'état de déformabilité d'une chaussée. Elle détecte les déformations qui sont invisibles à l'œil nu et relève aussi toutes les imperfections liées à l'uni et les déflexions. La déflexion donne une indication sur la portance et la rigidité d'une chaussée. Elle intervient comme critère de décision pour le choix de l'épaisseur de renforcement des chaussées et dans l'évaluation de la qualité des chaussées. L'osculation de la route se mesure à l'aide d'un appareil appelé la poutre de Benkelman.

### 1. Principe de fonctionnement de la poutre BENKELMAN

Ce matériel permet de mesurer la déflexion ponctuelle, à l'aide d'un comparateur mécanique, d'une structure de chaussée sous un essieu de véhicule. La poutre Benkelman est composée de deux Parties :

- Le bâti en partie fixe, constitué d'une poutre de 1.50 m environ ;
- Le fléau en partie mobile qui se compose d'une poutre de 3.75 m environ pouvant osciller autour de l'axe porté par le bâti ;



Figure 9 : Bras de mesure de l'appareil de Benkelman

## 2. Description de la mesure de la déflexion

La campagne de mesure des déflexions à l'aide de la POUTRE BENKELMAN s'est faite par deux équipes sous camion normal de deux essieux (avec essieu arrière jumelé lesté à **13 tonnes** et l'essieu avant à **6 tonnes**) pour chacune des équipes. La réalisation de cet essai nous a donné une distance totale d'environ **91km**. Les mesures des déflexions ont été effectuées tous les 25m en quinconce (gauche - axe - droite). Les coefficients des poutres utilisées pour le calcul de déflection est de 4 pour la première équipe et de 2 pour la deuxième équipe. Elle intervient comme critère de décision pour le choix de l'épaisseur de renforcement des chaussées et dans l'évaluation de la qualité des chaussées. Cet essai, à la poutre Benkelman avec comparateur, est effectué selon les prescriptions de la norme NF P 98 200-2.

### ❖ Classe de déflexion : Di

Les déflexions mesurées au deflectographe Lacroix sous essieu de 13T permettent d'obtenir par sections homogènes : Dm en 1/100 mm déflexion moyenne de la section, d'écart type autour de Dm. On détermine alors :  $D90 = Dm + 1,3 d$

### ❖ Coefficient d'homogénéité = $d/Dm$

On classe alors les sections suivant le tableau à partir de la plus élevée des 2 valeurs mesurées (axe ou rive).

D90 en 1/100 mm sur la trace la plus élevée	< 100	100 à 150	150 à 200	> 200
Classe Di	D1	D2	D3	D4

Tableau 7: classe de déflexion.

Si  $\sigma/Dm > 0,35$ , augmenter d'une classe

$$Di' = Di + 1$$

De plus la prise en compte de l'effet de bord, permet d'apprécier d'éventuels élargissements ou de défauts de drainage interne.

## 3. Interprétation des résultats pour la mesures de déflexion et de relevés de dégradation

La méthode de détermination de la qualité apparente de la chaussée utilisée est la méthode du « *Manuel pour le renforcement des chaussées souple en pays tropicaux* » (CEBTP LCPC, Mai 1985) dont les principes préconisent que la qualité (Qi) de la chaussée est déterminée par le couple

(déflexion, état apparent de la structure). Chaque valeur de  $Q_i$  correspond à une solution de remise en état comme présenté dans le tableau ci-dessous. (i) varie de 1 à 5 comme indiqué.

- ❖  $Q_1$  indique une chaussée en bonne état,
- ❖  $Q_2$  nécessite un enrobé courant,
- ❖  $Q_3$  et  $Q_4$  un renforcement de la structure
- ❖  $Q_5$  une reconstruction de la structure

Dans le tableau suivant,  $d1=50/100^e\text{mm}$  et  $d2=80/100$

Etat apparente	Déflexion		Elevée
	Faible	D <sub>1</sub>	
Bon	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>
Fissuré non déformé	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>
Déformé et fissuré	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>

**Tableau 8 : Mésure de deflexion en fonction de l'état apparent**

- ❖ **d1:** est une valeur au-dessous de laquelle on considère que la structure se comporte d'une façon satisfaisante. Considérons  $d1 (1/100\text{mm}) = 50$  pour un trafic T4 et  $d1 (1/100\text{mm}) = 40$  pour un trafic T3 (*Recommandation pour la réalisation des bétons bitumineux – 30.003-R. Mars 1987*).
- ❖ **d2:** est une valeur au-dessus de laquelle on considère que la structure présente de sérieux défauts de portance. Considérons  $d2 (1/100\text{mm}) = 80$ .

Traffic	Qualité de structure	D90 (1/100 <sup>e</sup> mm)	Eléments complémentaires	Recommandations
Traffic T4	Q <sub>3</sub>	43,7	-	$(D90) > 40/100^e\text{mm}$ Nécessité de renforcement

	Q4	61,3	Présence des nids de poule	(D90) > 38/100 <sup>e</sup> mm Nécessité de renforcement + traitement des nids de poule
Trafic T4	Q5	202	Nids de poule+deformation+fissures	Reconstruction de la chaussé

Au vu des résultats des mesures de déflections et des relevés des dégradations, nous proposons comme solution dans un premier temps le **renforcement de la chaussée avec traitement de nids de poules sur tout le tronçon Ebolowa-Ambam ce qui est déjà en cours de réalisatio**

#### 4. Evaluation de l'épaisseur de renforcement

La Méthode de (*Recommandation MINTP pour la réalisation des bétons bitumineux N°-30.003-R. Mars 1987*) : prenant en compte uniquement les valeurs des déflections obtenues sur le terrain, permet de calculer les épaisseurs de matériaux bitumineux de renforcement à mettre en œuvre sur la structure actuelle à l'aide de la formule logarithmique ci-après.

$$E_P = k \log \left( \frac{(d_2 - d)}{(d_1 - d)} \right)$$

Avec : **d**=25/100mm, **d2**=D90=déflexion actuelle,

**d1** = déflexion visée après renforcement = 40/100mm pour un trafic T3 ; **k** = 40

**e<sub>1</sub>**: épaisseur de renforcement (d<sub>2</sub>= D90= valeurs du tableau ci-dessus)

Nous obtenons les différentes épaisseurs calculées et les épaisseurs retenues pour chaque tronçon dans le tableau ci-dessous après considération des hypothèses ci-après:

#### Hypothèse :

- 1- L'épaisseur de renforcement obtenue par la formule correspond à l'épaisseur de matériaux bitumineux à mettre en œuvre à savoir la somme de l'épaisseur de béton bitumineux et celle du grave bitume ;
- 2- Les épaisseurs de renforcement ont été retenues en prenant en compte les considérations suivantes :
- 3- L'épaisseur de béton bitumineux pouvant supporter les sollicitations induites par un trafic T4 ;
- 4- L'épaisseur technologique minimale à respecter pour chaque matériau :

est de 5Cm pour Béton bitumineux 0/10 – 0/14 et 8Cm pour la Grave bitume 0/20 – 0/31.5

Les calculs des épaisseurs des couches de renforcement sont regroupés dans le **tableau 10** ci-dessous :

Ti	k	D <sub>1</sub> = défexion visée	d <sub>2</sub> = défexion actuelle	d=25/ 100	ep (cm) (renforcement)	Solutions proposées	Epaisseurs retenues suivant cette méthode
T4	40	40	61.4	25	15	Renforcement	<b>5BB+10GB</b>

**Tableau 10 : Calcul des épaisseurs des couches de renforcement de la chaussée**

Nous pouvons donc conclure à partir du tableau ci-dessous que la solution de renforcement de la chaussée sur tout le tronçon est : **5BB+10GB** et pour les zones d'élargissement de la route, Mais au vu des résultats obtenus sur tout le tronçon, nous proposons **une reconstruction de l'ensemble de la chaussée**. Le tableau des mesures de déflections se trouve en **annexe 9**

## II. Etude de matériaux constitutifs de la route

### 1. Etude de l'emprunt et caractérisation de la plateforme

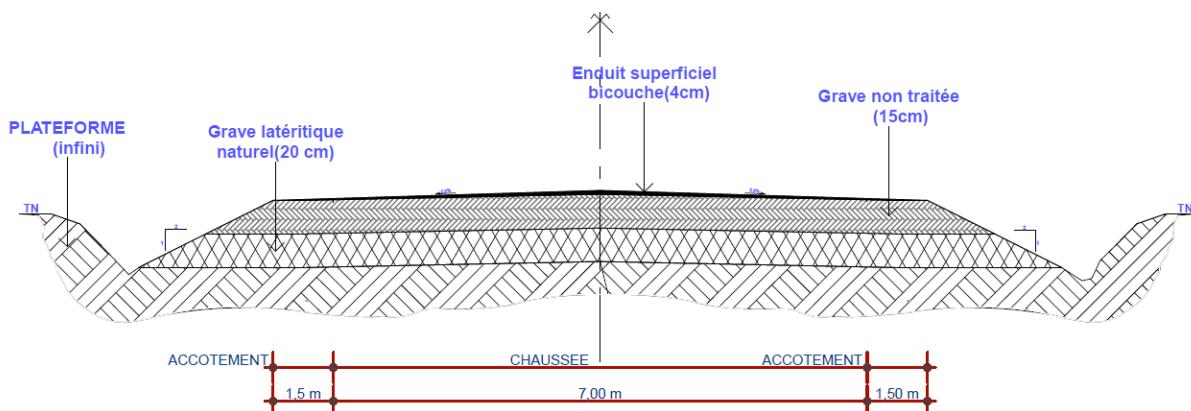
Les essais qui ont été faits sur le tronçon Ebolowa-Ambam au niveau des zones d'élargissement sont :

- ❖ L'analyse granulométrique
- ❖ La teneur en eau
- ❖ Le CBR
- ❖ Le Proctor
- ❖ La densité sèche

De cette campagne, un ensemble de résultats a été obtenu auprès du laboratoire géotechnique. BRECG les épaisseurs des couches en place sont consignées dans le **tableau 11** suivant :

Couche	Epaisseurs(Cm)	Matériaux
<b>Revêtement</b>	4	Enduit superficiel Bicouche
<b>Couche de base</b>	15	Grave Non Traité
<b>Couche de fondation</b>	20	Grave latéritique rougeâtre
<b>Plate-forme</b>	-	Argile sableuse

**Tableau 11 : Structure de la chaussée existante**



Coupé transversale de la route en place

Figure 10 : Coupe transversale de la chaussé en place

### 1.1. Caractérisation de la plateforme

### 1.2. CBR de la plate-forme

D'après les essais géotechniques, la recherche de matériaux pour couches de la piste a été menée selon le programme suivant :

- Prospection de matériaux latéritiques dans les environs immédiats du site ;
- Implantation de sondages manuels par maille de 50 m x 50 m pour les emprunts latéritiques
- Exécution des sondages jusqu'à une profondeur de 500mm permettant de traverser les couches exploitables ;
- Relevé de la coupe géotechnique de chaque sondage et des évènements ponctuels ;
- Prélèvement d'un échantillon remanié global de couche exploitable dans chaque sondage ;
- Constitution d'un ou plusieurs échantillons pour essais de laboratoire (Analyse granulométrique, limites d'Atterberg, Proctor modifié, CBR) par mélange homogène d'échantillons globaux ;
- Établissement du plan de situation de l'emprunt.

Ces recherches ont permis d'identifier 4 sites d'emprunts latéritiques. Ci-dessous le **Tableau 12** présente les résultats des essais de laboratoire sur ces matériaux d'emprunt.

Emp runt s	Volume Exploit able (m <sup>3</sup> )	Distance Morte (m)	Analyse granulométrique passants(%)				Limites D'Atterberg		Proctor modifié		Portance CBR	
			0.08 mm	1.6 Mm	5 mm	10 Mm	W <sub>l</sub>	I <sub>p</sub>	W opm	J opm	95% opm	98% opm
Ep <sub>1</sub>	13 500	800	18,5	25	40,4	68	35	17	10,3	2,1	17	22
Ep <sub>2</sub>	10 500	1180	23,8	30,7	52,1	78,6	31	18	8,1	2,24	28	48
Ep <sub>3</sub>	10 500	750	14,4	26,4	48	76,9	32	15	8,1	2,17	58	90
Ep <sub>4</sub>	13 500	160	13,2	24,6	45	75	31	15	8,6	2,15	42	53

Tableau 12 : Résultats des essais sur matériaux d'emprunt.

L'emprunt Ep<sub>3</sub> convient pour la couche de fondation car la portance CBR à 95% de l'OPM Proctor est supérieure à 30. L'emprunt (Ep<sub>2</sub>) ne peut pas être utilisés pour la couche de fondation mais pourra servir pour la plateforme pour le support de la route, ils conviennent comme matériau de remblai, nous retiendrons le CBR à 95% (OPM) de l'emprunt Ep<sub>2</sub>, donc **CBR = 28**

### 1.3.Classe de la plate-forme

En fonction de l'indice de portance CBR, on distingue 5 classes de sol en pays tropicaux tel que montré sur le **Tableau 13** ci-dessous

Classes	CBR
S1	CBR < 5
S2	5 < CBR < 10
S3	10 < CBR < 15
S4	15 < CBR < 30
S5	CBR > 30

Tableau 13: classe de plate-forme en fonction du CBR

Avec un CBR = 28 on aura une classe de la plate-forme de type S4.

**Conclusion partielle :** Ce chapitre est basé sur les études géotechniques et présente l'étude du sol et des matériaux dans son ensemble, nous d'abord fait un diagnostic visuel afin de répertorier les dégradations présentes sur la chaussée ; par la suite nous avons fait l'essai de déflexion à partir du déflectographe Lacroix et à partir de ces données nous avons pu calculer l'épaisseur de renforcement de la chaussée qui était de 5 cm pour la couche de roulement et de 10 cm pour la couche de base . Les essais fait in situ et en laboratoire sont l'essai Proctor, l'essai d'analyse granulométrique, l'essai CBR la limite de plasticité et de liquidité, la teneur en eau. Une fois les caractéristiques du sol support et des matériaux connues, nous pourront donc à l'étude du dalot.

## CHAPITRE 3 : ETUDE TECHNIQUE DE L'OUVRAGE D'ART

Dans le présent chapitre, nous allons inspecter les ouvrages d'art et en vue de la réhabilitation de la route Ebolowa-Ambam de 91.788km. Il sera question, tout d'abord de faire le diagnostic des ouvrages d'art et des ouvrages hydrauliques. Ensuite, présenter les actions à entrevoir et des travaux à envisager pour la réhabilitation de ces ouvrages et enfin nous seront amenés à calculer les ouvrages nécessitant une reconstruction complète.

### I. Diagnostic des ouvrages existants

Lors de cette campagne d'étude, nous avons procédé aux relevés des dégradations des ouvrages d'art par observation visuelle en continu le long de la chaussée. L'objectif de cette phase était d'avoir plus des données sur les différents tronçons afin de proposer des solutions de réparations ou d'entretiens. Les dégradations relevées sur le terrain sont :

#### ❖ Dalot et Buses

- Envasement, ensablement, obstruction par des débris
- Erosion du lit à la sortie des dalots et buses
- Tassement et fissures
- Buses métalliques attaquées par la rouille



**Figure 11 : Buse envasées et ensablée**



**Figure 12 : Dalots non entretenus**

❖ **Les travaux à envisager pour la réhabilitation des ponts**

Les travaux envisagés pour la réhabilitation des ouvrages d'arts sont définis comme suit :

- Le nettoyage en surface des piles, des culées et des poutres pour les ponts notamment le pont sur le seng et le pont sur le Mboro ;
- La reconstruction, des descentes d'eau et des caniveaux d'assainissement au niveau des culées des ponts ;
- Le désherbage des bordures des ponts ;
- Le remplacement des garde-corps (Type T2) au niveau des tabliers du pont sur le seng
- Le remplacement des glissières de sécurité par endroits au niveau des rampes d'accès de tous les ouvrages d'art,
- Le colmatage des culées et des piles pour des ponts ;
- La pose des gabions sur les remblais d'accès des ponts ;
- Le renforcement de la couche supérieure des ponts en Béton bitumineux ;
- Refaire la signalisation horizontale sur tout le tronçon et la signalisation verticale au niveau de tous les virages;
- Appliquer une couche de peinture anti corrosive sur les gardes corps de tous les ponts.

❖ **Les travaux à envisager pour la réhabilitation des dalots et buses**

Les travaux envisagés pour la réhabilitation des ouvrages d'arts sont définis comme suit :

- Traitement de l'usure et nettoyages des parements
- Remplacement des murs en aile existants par des murs en béton armé
- Pose des grilles à l'entrée des buses et des dalots
- Réparation des érosions
- Remplacement de certaines buses métalliques par des buses en béton
- Remplacement de certaines buses par les dalots

Le diagnostic des différents ouvrages d'arts et hydrauliques a été effectués et nous avons regroupés d'une part les ouvrages qui nécessitent uniquement un curage et d'autre part, des ouvrages qu'il faudra obligatoirement remplacer compte tenu de leur inadéquation à drainer les débits d'eaux provenant des bassins versant. Le tableau comportant tous ces éléments se trouvent en **annexe 1**.

## **II. Conception de l'ouvrage**

Après avoir recueilli l'ensemble des données relatives à l'ouvrage, il convient de rechercher les solutions techniquement envisageables en évaluant leur coût et leur aspect architectural. Pour aboutir au meilleur choix, à la fois sur les plans technique, économique et esthétique, il faut bien connaître l'éventail des solutions possibles, avec leurs sujétions et leurs limites.

### **2.1. Analyse des variantes**

#### **2.1.1 Variante 1 : Radiers submersibles**

Les radiers submersibles sont établis sur le fond des rivières ou au niveau de la route et laissent passer l'eau exclusivement par-dessus. Ils sont employés dans les rivières qui restent à sec pendant une partie importante de l'année. Ce type d'ouvrage convient donc pour des zones sahéliennes ou désertiques où l'on enregistre des crues fortes et brèves. Mais on peut aussi l'utiliser en zone tropical dans le cas où le débit d'eau n'est pas important. Cette solution semble techniquement facile à réaliser et très économiquement abordable, mais l'inconvénient majeur est l'interruption de la circulation en période de crue en cas de pluie abondante dans la région.

#### **2.1.2 Variante 2 : Ponts cadres PICF**

C'est un tube rectangulaire constitué d'une traverse encastrée sur deux piédroits, eux-mêmes encastrés sur un radier de fondation. Une solution qui convient bien dans le cas d'un remblai de faible hauteur, est celle du pont-cadre en béton armé, complété par des murs en ailes. Le domaine d'emploi du cadre fermé couvre des ouvertures allant de 2 à 12m environ.

### ❖ Avantages

Cette solution est souvent plus économique qu'une simple dalle en travée indépendante, nécessitant des culées plus coûteuses que les piédroits d'un portique. L'exécution des ponts cadres ne pose pas de problème particulier à conditions de respecter quelques règles élémentaires de bonne construction et en particulier le remblaiement symétrique des piédroits avec de matériaux de bonne qualité, compactés à l'aide de moyens adaptés.

### ❖ Inconvénients

Sous l'effet des charges, le tablier a tendance à se déformer, provoquant la déformation des piédroits, qui ont tendance à repousser les remblais.

En combinant les avantages et les inconvénients de ces deux variantes, tout en restant objectif, nous retenons la variante 2 car elle est plus adaptable et malgré que la variante 1(radier submersible) reste économique, le facteur de perturbation de la circulation en cas de déversement des eaux reste déterminant.

## 2.2. Conception définitive

Les dalots sont des éléments à section rectangulaire simple ou multiple qui ne nécessitent pas forcement de remblai, ils peuvent constituer directement une plateforme pour les charges roulantes à condition de prendre en compte leur poids lors de la construction de ces dalots. Dans tous les cas, les dalots n'admettent pas une grande épaisseur de remblai (cette épaisseur ne dépasse guère les 2 m), Exposées dans l'hydraulique routière-BCEOM. On distingue :

- ❖ Les dalots ordinaires constitués de piédroits verticaux fondés sur semelles ou radier et sur lesquels repose une dalle en béton armé ;
- ❖ Les ponts cadres (dans lesquels la dalle, les piédroits et le radier constituent une structure rigide en béton armé formant donc un cadre);
- ❖ Les dalots portiques (analogues aux dalots cadres, mais sans radier, les piédroits verticaux sont fondés sur semelles).

Pour faire le choix définitif de l'ouvrage à adopter, il nous convient de donner les avantages et les inconvénients de ces deux types d'ouvrages cités ci-dessus afin d'être objectif dans notre choix. Le **Tableau 14** ci-dessous nous renseigne sur ces avantages et inconvénients des dalots cadre et des dalots portiques.

DESIGNATION	AVANTAGES	INCONVENIENTS
<b>Dalots cadres</b>	- Facilité d'exécution -Moins sensible aux tassements -Structure rigide	-Moins économique -Inadaptés au franchissement des cours d'eaux
<b>Dalots Portique</b>	-Permet de franchir plus de portée que les autres -l'absence du radier rend cette solution plus économique	-Demande plus d'entretien surtout au niveau des appareils d'appuis -Sensibles aux tassements -Inadaptés à des sols affouillables

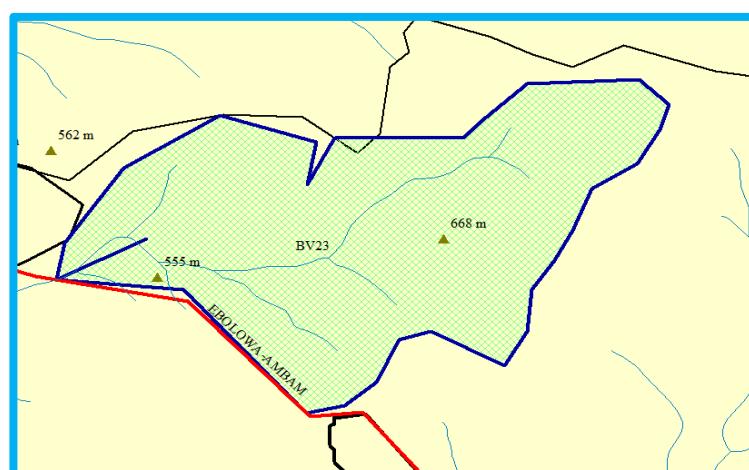
**Tableau 14 : avantages et inconvénients des ponts cadres et portiques**

Dans le cadre de notre projet, Notre choix a été porté sur le dalot cadre car cette solution est souvent plus économique qu'une simple dalle en travée indépendante, nécessitant des culées plus coûteuses que les piédroits d'un portique. L'exécution des ponts cadres ne pose pas de problème particulier à conditions de respecter quelques règles élémentaires de bonne construction et en particulier le remblaiement symétrique des piédroits avec de matériaux de bonne qualité, compactés à l'aide de moyens adaptés.

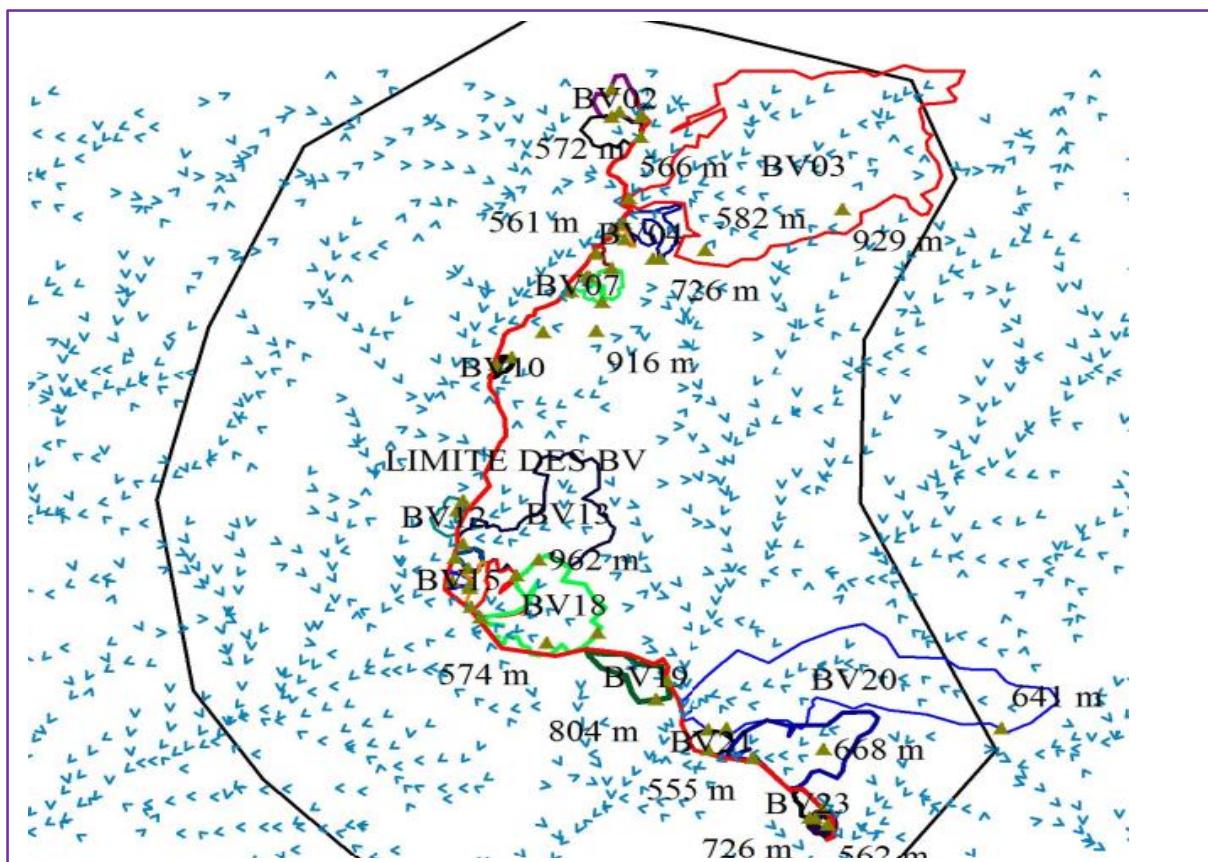
### III. Etudes hydrologique et hydraulique

#### 3.1. Etude hydrologique

Les études hydrologiques effectuées au niveau des ouvrages d'art ont consisté à caractériser l'ensemble des Bassins Versant et de calculer leur débit enfin de permettre un dimensionnement hydraulique approprié des ouvrages. Pour cela, les logiciels tels que GOOGLE EARTH et GLOBAL MAPPER ont été utilisé pour effectuer respectivement la localisation et la délimitation des Bassins Versant. La carte de ces BV est présentée dans la **figure 13** ci-dessous.



**Figure 13: Bassin versant 23 de la carte**



**Figure 14 : Carte des BV des Ouvrages d'art sur le tronçon**

### 3.2. Déterminations du débit d'apport pour le dimensionnement des ouvrages d'arts

La délimitation des BV nous a permis de faire le choix exact de la méthode à appliquée pour la détermiation des débits. Ainsi nous avions opter pour les  $BV < 2 \text{ Km}^2$  la formule de la méthode rationnelle (***BCEOM hydraulique routière***) et pour les  $BV > 2 \text{ Km}^2$  la formule du CIEH et ORSTOM

## ❖ La méthode rationnelle

La formule correspondante à la détermination du débit par la méthode rationnelle est la suivante :

$$O = 0.278 \times CIA$$

## C : Coefficient de ruissellement

I : Intensité de pluie en (mm/h)

**A** : Superficie du bassin versant en (Km<sup>2</sup>)

Q= Débit de crue décennale en (m<sup>3</sup>/s)

Le coefficient de ruissellement de notre projet sera pris à la moyenne de 0,5 correspondant au coefficient de ruissellement des terres pour aménagements collectifs.

$$I = a \times T_c^{-b}$$

a et b sont les coefficients de Montana qui sont fonction de la période de retour et de la zone du projet. Pour les ouvrages d'arts, la période de retour a été fixée à 100 ans.

Par ailleurs, étant donné que les ajustements statistiques des courbes IDF sont souvent définis pour  $T=10$  ans et on ne dispose pas toujours d'ajustement pour  $T \neq 10$  ans (surtout pour  $T > 10$  ans), nous allons déterminer le débit pour la période de retour de 10 ans et à l'aide de la formule de GRADEX, déterminer le débit pour la période de retour de 100 ans. Ainsi notre  $a_{10\text{ans}} = 6,8$  et  $b_{10\text{ans}} = -0,7$  pour la zone de Ebolawa. Le temps de concentration sera calculé à l'aide de la formule de KIRPICH.

$$T_c = \frac{1}{52} \times \frac{L^{1,15}}{H^{0,38}} \text{ ou } T_c = 0,01947 \times \frac{L^{0,77}}{i^{0,38}}$$

L : longueur du plus long chemin hydraulique en (m) pris à  $2\sqrt{S}$ .

H : la dénivellation du BASSIN VERSANT en (m)

i : la pente moyenne de BASSIN VERSANT pris à  $H/\sqrt{S}$

$T_c$  : Le temps de concentration en (mn)

$$C_{100} = 1 + \frac{P100 - P10}{P10} \times \frac{\left(\frac{Tc}{24}\right)^{0,12}}{C}$$

### ❖ La méthode ORSTOM

La méthode actualisée et révisée, publiée en 1996, s'applique aux bassins versants ayant des superficies comprises entre quelques dizaines d'hectares à 1500 km<sup>2</sup>.

La formule générale est :

$$Q_{10} = kQ_{r10}$$

$Q_{10}$  : débit de crue décennale

k = coefficient majorateur d'écoulement prenant en compte le débit d'écoulement, il varie de l'ordre de 1,03 à 1,15 en fonction de la perméabilité des bassins.

$$Q_{r10} = A \times P_{10} \times K_{r10} \times \alpha_{10} \times S/Tb_{10}$$

Q<sub>10</sub> : débit de pointe de ruissellement superficiel de la crue décennale

A : coefficient d'abattement

S : superficie du bassin versant

P<sub>10</sub> : pluie décennale journalière

K<sub>r10</sub> : coefficient de ruissellement décennal

α<sub>10</sub> : coefficient de pointe de la crue décennale (généralement =2,6)

### ❖ La méthode du CIEH

La formulation retenue pour retrouver l'expression de la crue décennale, est basée sur un schéma de régression multiple et se présente sous la forme

$$Q_{10} = a \times S^s \times P_{an}^p \times I_g^g \times K_{r10}^k \times D_d^d \dots$$

a, s, p, g, k, d... des coefficients de la régression multiple  
 S : surface du Bassin versant  
 Pan : pluviométrie annuelle  
 Ig : Indice globale de pente  
 Kr10 : Coefficient de ruissellement décennal  
 Dd : Densité de drainage (Km<sup>-1</sup>)

Les débits obtenus par la méthode rationnelle se trouvent dans le **tableau 15** suivant et l'intégralité des débits avec toutes les méthodes en **annexe 2**

		Débit en m <sup>3</sup> /s					
No BV	Surface en Km <sup>2</sup>	Méthode rationnelle	ORSTO M	CIEH	Débit Projet	Ouvrage à mettre en place	
BV5	0,91	13,17	/	/	13,17	Dalot	
BV10	1,03	14.30	/	/	14,30	Dalot	
BV24	1,588	19,60	/	,/	19,60	Batterie de Buse métallique Ø1200	

Tableau 15 : Tableau récapitulatif des débits par la méthode Rationnelle

Le bassin versant BV24 nous donne un débit de 19,24 m<sup>3</sup>/s, ce qui impose naturellement un dalot mais nous avons orienté notre choix vers la mise en place d'une batterie de 2(Ø1200) ; à cause de la hauteur de remblais qui est de 1,3m au-dessus de la buse. Les bassins versants BV 5 et 10 peuvent admettre des dalots de petites sections (1x1x1).

### 3.2. Etude hydraulique

Deux types de fonctionnement des ouvrages hydrauliques sont envisageables :

- ❖ La **sortie sera dite noyée** lorsque le niveau de l'eau à l'exutoire immédiat de l'ouvrage dépasse le bord supérieur de l'ouvrage. On aura un remous de type surélévation du niveau à l'amont, et de ce fait l'écoulement se fera en charge. Ce type de sortie s'observe dans les ouvrages situés zones inondables ou dans le cas des ouvrages qui subissent les marées en zones littorales. **La figure 13** ci-dessous nous donne plus de précision ;

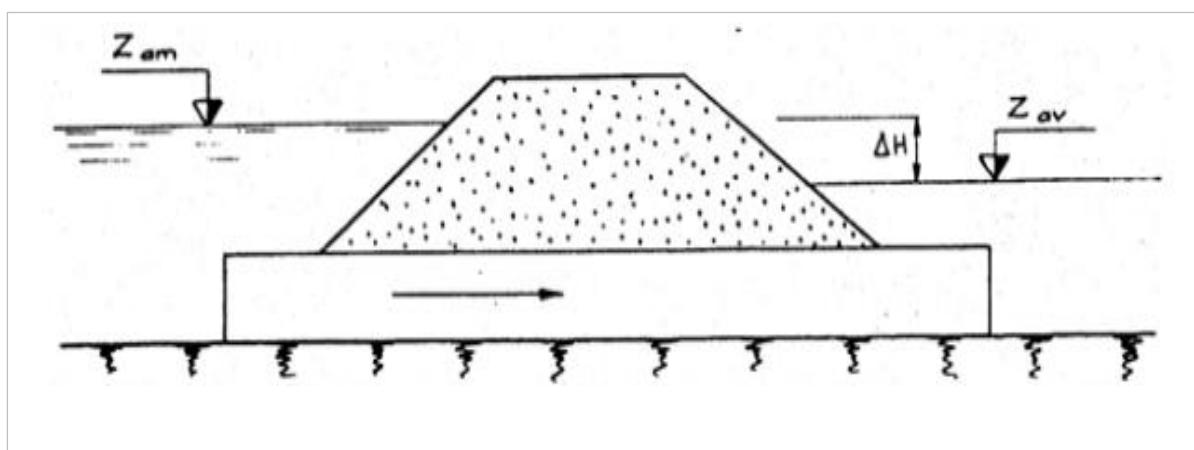


Figure 15 : Fonctionnement en sortie noyée

- ❖ Lorsque le niveau d'eau à l'exutoire immédiat de l'ouvrage est en dessous du bord supérieur de l'ouvrage, on dira que la sortie est libre. Dans ce dernier cas, l'écoulement dépendra du niveau amont, deux cas sont possibles:

- Si  $H_1 \leq 1,25D$  alors l'écoulement se fait en surface libre et la sortie est libre
- Si  $H_1 > 1,25D$  alors l'écoulement se fait en charge et la sortie est libre.

$$\left\{ \begin{array}{l} H_1 = \text{hauteur d'eau en amont} \\ D = \text{hauteur sous tablier du dalot} \end{array} \right\}$$

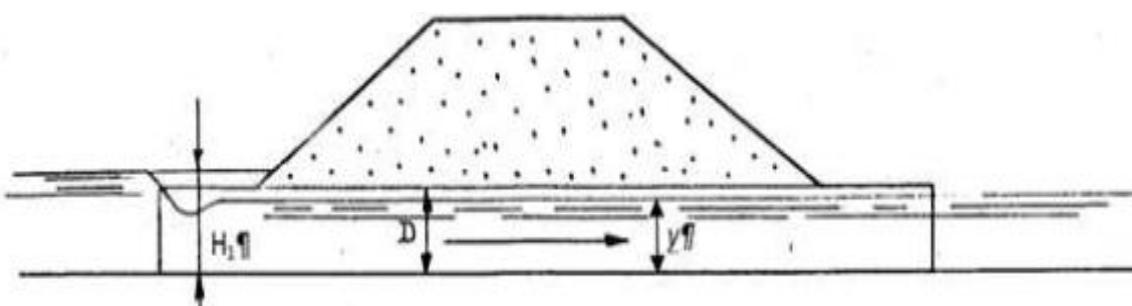


Figure 16 : Fonctionnement en Sortie libre

Le dimensionnement du dalot sera effectué par : les méthodes du BCEOM (exposées dans l'hydraulique routière-BCEOM 1981). Prenant en compte les indications sur les conditions



d'écoulement d'eau en aval de l'ouvrage, nous avons proposé de dimensionner le dalot à sortie dénoyée (libre) avec  $H_1 \leq 1,25D$ .

Les calculs hydrauliques d'un dalot se font à deux niveaux différents d'approximations successives. Connaissant  $Q$ , on se donne une première valeur de la hauteur  $D$  admissible pour le dalot, compte tenu des caractéristiques géométriques du projet au droit de l'ouvrage. On se fixe alors la largeur  $B$  du dalot tel que la vitesse  $V = Q/BD$  ne dépasse pas la vitesse maximale de 3 m/s. les valeurs de  $B$ ,  $D$  et  $Q$  étant connues, on calcule  $Q^* = Q/BD\sqrt{2gD}$  ou on détermine  $Q^*$  grâce au graphique à points alignés de la figure 1 en **Annexe 3**. La figure 2 de l'annexe 3 donne alors  $H_i^* = H_i/D$  dont on vérifiera la compatibilité avec le projet. Le tableau de la même annexe synthétise le pré dimensionnement de la section hydraulique et montre aussi la vérification de la vitesse cette section.

## IV. Dimensionnement du dalot

### 4.1. Pré dimensionnement du dalot

#### ❖ Épaisseur du tablier-piédroit-radier.

D'après le guide de conception SETRA traitant les ponts cadres et portiques, l'épaisseur est obtenue par l'expression :  $e = \sup(0,30 ; L/32 + 0,125)$ ,  $L = 1,00m$ :

$$\begin{cases} L = \text{longueur d'une cellule} \\ e = \text{épaisseur du tablier, piedroit et radier} \end{cases}$$

$$e = \sup(0,30 ; 1/32 + 0,125)$$

**e = 0,30m** Nous prendrons **e = 0.25m**

**Justification du choix de l'épaisseur :** Car la résistance du matériau choisie étant de 30Mpa, nous pouvons donc réduire la section de coffrage et faire le choix des aciers en tenant compte du fait que l'épaisseur des piédroits, tablier et radier ont été ramenées à 0.25 cm) et nous aurons évité de surdimensionner l'ouvrage.

❖ Description de l'ouvrage à étudier

Les dimensions et classe de l'ouvrage sont récapitulées dans le **tableau 16** suivant :

DESIGNATIONS	DIMENSIONS
Epaisseur de la dalle, radier, piédroits	$e = 0,25 \text{ m}$
Hauteur piédroits	$h = 1\text{m}$
Largeur roulable	$L_r = 7\text{m}$
Largeur chargeable	$L_c = L_r = 7\text{m}$
Nombre de voies	$n = \text{partie entière de } \frac{L_c}{3} = \frac{7}{3} = 2$
Portée de la travée	<b>1m</b>
Ouverture hydraulique	<b>(2x1x1)</b>
Classe du pont	<b>Classe1 (<math>L_R \geq 7 \text{ m}</math>)</b>

Tableau 16: dimensions et classe de l'ouvrage

## 4.2. Caractéristiques des matériaux utilisés

Le béton armé étant le matériau utilisé les caractéristiques ci-dessous sont celles de ses constituants qui sont le béton et l'acier.

### a) Béton

Le béton utilisé aux caractéristiques suivantes :

CARACTERISTIQUES	SYMBOLE	VALEURS
Résistance caractéristique à la compression	$f_{c28}$	<b>30 MPa</b>
Résistance caractéristique à la traction	$f_{t28}$	<b>2.4 MPa</b>
module de déformation longitudinale instantanée = $11000 \times (f_{c28})^{\frac{1}{3}}$	$E_i$	<b>34179,56M</b>
module de déformation longitudinale différée = $3700 \times (f_{c28})^{\frac{1}{3}}$	$E_v$	<b>11496,76M</b>
Coefficient de poisson	$\gamma$	<b>0.20</b>
ELS : $\sigma_{b,adm} = 0,6 \times f_{c28}$	$\sigma_{b,adm}$	<b>18 MPa</b>
ELU fréquent : $\sigma_{b,adm} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\theta \times 1,5}$	$\sigma_{b,adm}$	<b>17 MPa</b>

ELU <sub>accidentel</sub> : $\sigma_{b,adm} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\theta x,15}$	$\sigma_{b,adm}$	<b>22,17 MPa</b>
Poids volumique du béton armé	$\gamma_b$	<b>25 kN/m<sup>3</sup></b>
Coefficient de dilatation thermique du béton		<b>10<sup>-5</sup>/ °C</b>

Tableau 17: Caractéristiques du béton

### a) Aciers

#### ❖ Nuance et contraintes limites

La fissuration est considérée comme **préjudiciable**, les caractéristiques sont répertoriées dans le tableau suivant :

CARACTERISTIQUES	SYMBOLES	VALEURS
Nuance de l'acier	Fe E 500	<b>500 MPa</b>
Limite d'élasticité	$f_e$	<b>500 MPa</b>
Coefficient de fissuration	$\eta$	<b>1,6 pour HA</b>
Coefficient de scellement	$\Psi_s$	<b>1,5 pour HA</b>

Tableau 18: Caractéristiques de l'acier

#### ❖ Contraintes limites

ELU		ELS
Fondamentaux	Accidentels	Fissuration préjudiciable $\eta = 1,6$
$\frac{f_e}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$	$\frac{f_e}{1} = 500 \text{ MPa}$	Min $\left( \frac{2}{3} f_e ; \text{Max} \left( 0,5 f_e; 110 \sqrt{\eta \cdot f_{tj}} \right) \right)$ = 250 MPa

Tableau 19: Contrainte limite de l'acier

**NB :** L'enrobage minimal des aciers passifs est de 4cm.

### 4.3. Calcul des charges qui s'appliquent sur l'ouvrage.

Les charges à évaluées ici sont : les charges permanentes et d'exploitations. Il est à noter que les calculs se feront pour un mètre linéaire de dalot.

## 1. Evaluation des charges permanentes

Les actions permanentes à prendre en compte dans le calcul de notre ouvrage seront évaluées sur chaque éléments de notre ouvrage (dalle ; radier ; les piédroits). Les matériaux de remblai seront des graves latéritiques aux caractéristiques géo-mécaniques suivantes :

- Poids volumique : 20 KN/m<sup>3</sup>
- Poids volumique déjaugée : 11kN/m<sup>3</sup>
- Angle de frottement interne : 30°

La poussée des terres s'exerce selon la théorie de Rankine.sa valeur est déterminée par la formule suivante :  $k_a = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right)$

Où,  $\phi$  = angle de frottement interne =;  $k_a$  = coef de poussée des terres, etat actif

### ❖ Charges verticales

N°	DESIGNATIONS	FORMULE	RESULTAT(KN/ml)
1	Poids propre du Tablier	$e_1 \times \gamma_b \times b$	<b>6.25</b>
2	Poids remblai+ revêtement	$e_2 \times \gamma_d \times b + (e_3 \times \gamma_b \times b)$	<b>11.1</b>
3	Poids propre des guides roues(C)	$\frac{2(e \times h \times \gamma_b \times L)}{l_{radier}}$	<b>0.9</b>
Total G1			<b>18.25</b>

Tableau 20 : Récapitulatif des charges permanentes sur le tablier

N°	DESIGNATIONS	FORMULE	RESULTAT(KN/ml)
1	Poids propre du radier	$e_1 \times \gamma_b \times b$	<b>6.25</b>
2	Poids propre de la dalle(A)	$e_1 \times \gamma_b \times b$	<b>6.25</b>
3	Poids remblai+ revêtement	$e_2 \times \gamma_d \times b + (e_3 \times \gamma_b \times b)$	<b>11.1</b>
4	Poids propre des piedroits	$P_{ra} = \frac{(n+1) \times H \times e \times \gamma_b}{n \times L + (n+1) \times e}$	<b>6.81</b>
5	Poids propre des guides roues(C)	$\frac{2(e \times h \times \gamma_b \times L)}{l_{radier}}$	<b>0.9</b>
Total G2			<b>31.31</b>

Tableau 21: Récapitulatif des charges permanentes sur le radier

❖ Charges horizontales

N°	DESIGNATIONS	FORMULE	APPLICATION NUMERIQUE	RESULTAT (KN/ml)
1	Charge inférieure	$Ka \times \rho_t \times z$	$0.333 \times 20 \times 0.3$	<b>6 ,66</b>
2	Charge supérieure	$Ka \times p_t \times z$	$0.333 \times 20 \times 1$	<b>1,99</b>

Tableau 22: Récapitulatif des charges permanentes horizontales

## 2. Evaluation des charges d'exploitation

Les charges d'exploitations sont essentiellement composées des charges routières définies à partir du Fascicule 61 titre II. Il en existe plusieurs systèmes de charges et ceux pris en compte lors de nos calculs sont :

- Le système A ;
- Le système B (Bc, Bt) ;
- Les charges militaires (Me80, Me120, Mc80 et **MC 120**).

Il convient de noter que, les charges à prendre en compte pour le dimensionnement des éléments de notre ouvrage seront les max des charges générées par les systèmes de charge.

**Note :** Les charges induites par les roues sont diffusées dans l'épaisseur du remblai selon un angle de 35°. Elles se diffusent dans le remblai de la façon suivante :

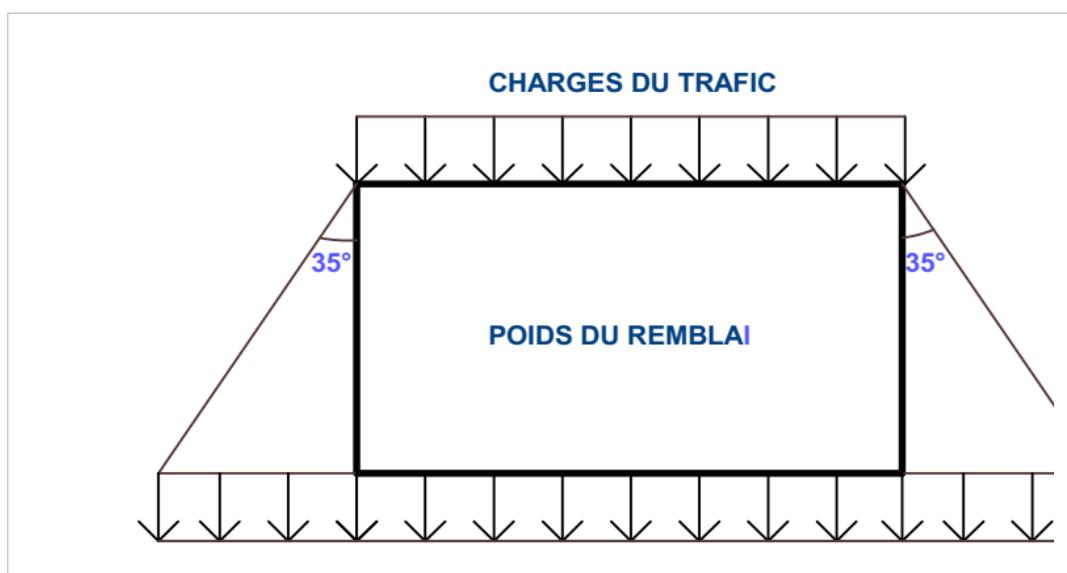


Figure 17: diffusion des charges induites par les roues sur le remblai

Le tableau suivant récapitule les charges d'exploitations sur le Dalot et la méthode d'évaluation de ces charges se trouve se trouve en **Annexe 4**

Désignation	Système Bc	Système Bt	Système Br	Système Mc120
<b>G en kN</b>	73	73	73	73
<b>Q en kN</b>	240	320	100	1100
<b><math>\delta</math></b>	1,41	1,45	1,3	1,61
<b>Q en kN/ml</b>	<b>122,05</b>	91,39	65,65	67,52
<b>Choix</b>	La charge du système Bc est la plus défavorable avec <b>Q = 122.05kN/ml</b>			

Tableau 23: Récapitulatif des charges routières sur le radier.

#### ❖ Surcharges due à la poussée sur les piédroits

Le système qui génère une charge max est le système Bt. La Poussée due aux surcharges sur les piédroits pour ce système est récapitulée dans le tableau suivant :

ELEMENTS	SYSTÈME Bt		Qbt (KN/ml)
	Formule	Application	
Piédroit (rive)	$Q_{\text{piedroit}} = K_a \gamma h$	$Q_2 = 0,33 \times 20 \times 1,50$	9,9

Tableau 24 : Surcharge due à la poussée sur les piédroits

## 4.4. Calcul des sollicitations

### 4.4.1. Sollicitations sur le Dalot

Il est questions ici de déterminer les différentes sollicitations sur notre ouvrage sur les le tablier, les piédroits et le radier, entre autres, nous pouvons citer :

- Les moments fléchissant ;
- Les efforts tranchants ;
- Les efforts normaux.

Apres modélisation de notre structure dans le logiciel **pyBar** avec les charges combinées déterminées comme le montre la **Figure 18** ci-dessous.

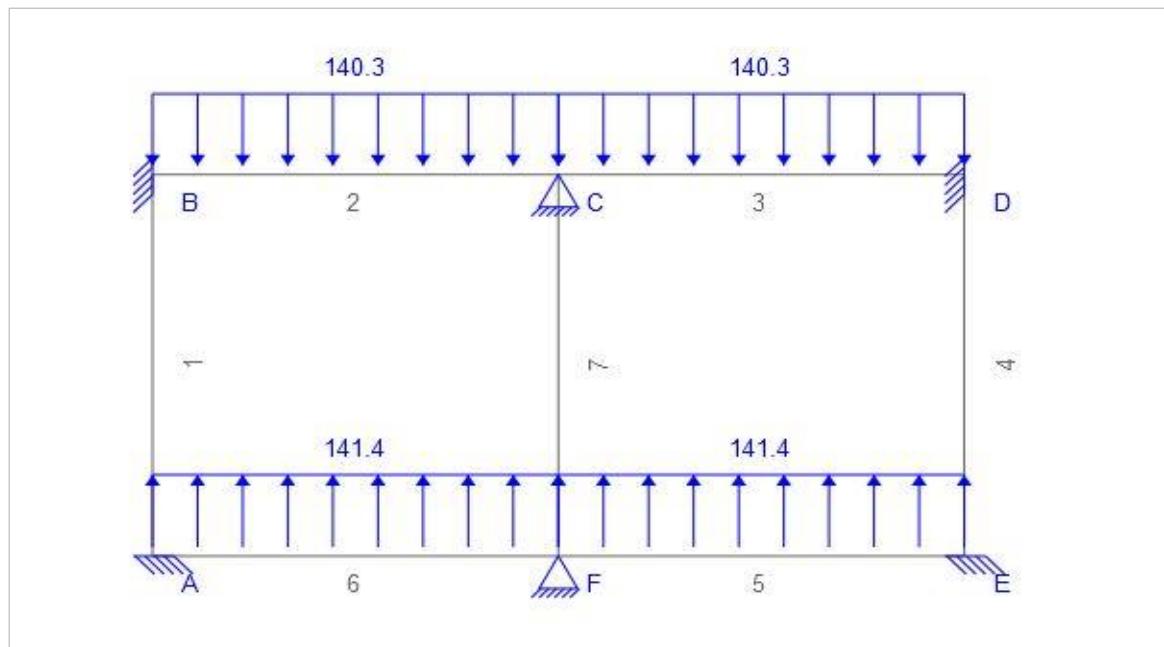


Figure 18: Charges sur le dalot

Suite à cette modélisation, nous avons obtenu les résultats des différentes sollicitations qui sont consignés dans les **Tableau 25 et 26**

La méthode de calcul des différentes sollicitations sur le dalot est consignée en **annexe 5**

Les sollicitations sur le tablier, radier et piédroit sont résument au tableau suivant :

Partie d'ouvrage	Sollicitations KN.m		Sous charges G	sous charge Q
<b>TABLIER</b>	Moment sur appui	$M_A$	1,52	11,7
		$M_B$	1,52	11,7
		$M_C$	1,52	11,7
	Moment en travée	$M_{BC}$	-4.32	-52.2
		$M_{CD}$	-4.32	-52.2
	Réaction d'appui	$R_B$	9,10	70,2
		$R_C$	18,2	140,3
		$R_D$	9,10	70,2
<b>RADIER</b>	Moment sur appui	$M_B$	-2,61	-11,8
		$M_C$	-2,61	-11,8
		$M_D$	-2,61	-11,8
	Moment en travée	$M_{AF}$	1.30	5.89
		$M_{FE}$	1.30	5.89
	Réaction d'appui	$R_A$	-15.7	-70,7
		$R_F$	-31.3	-141,4
<b>PIEDROITS</b>	Effort en B	$N = R_B$	31,3	141,4
	Effort en C	$N = R_C$	18,2	140,3
	Effort en D	$N = R_D$	9,10	70,2

Tableau 25 : Moment en travée et en appui sur le Tablier, Radier et piédroits

	Sollicitations	Charges		Charges $M_Q$	ELU	ELS			
		$M_G$			$1.35M_G + 1.6M_Q$	$M_G + 1.2M_Q$			
TABLIER	Mmax en appui	1,52		11,7	<b>20,772</b>	<b>15,56</b>			
	Mmax en travée	-1,35		-6,1	<b>-11,58</b>	<b>-8,67</b>			
RADIER	Mmax en appui	-15,7		-70,7	<b>-134,32</b>	<b>-100,54</b>			
	Mmax en travée	1,3		5,89	<b>11,18</b>	<b>8,37</b>			
		Charges G		Charges Q		ELU		ELS	
PIEDROITS		$M_G$	$N_G$	$M_Q$	$N_Q$	$1.35M_G + 1.6M_Q$	$1.35N_G + 1.6N_Q$	$M_G + 1.2M_Q$	$N_G + 1.2N_Q$
KN/ml									
Piédroit de rive		31,1	3,11	38,3	141,4	<b>103,27</b>	<b>230,44</b>	<b>77,06</b>	<b>172,79</b>
Piédroits intermédiaires			18,2		140,3		<b>249,05</b>		<b>186,56</b>

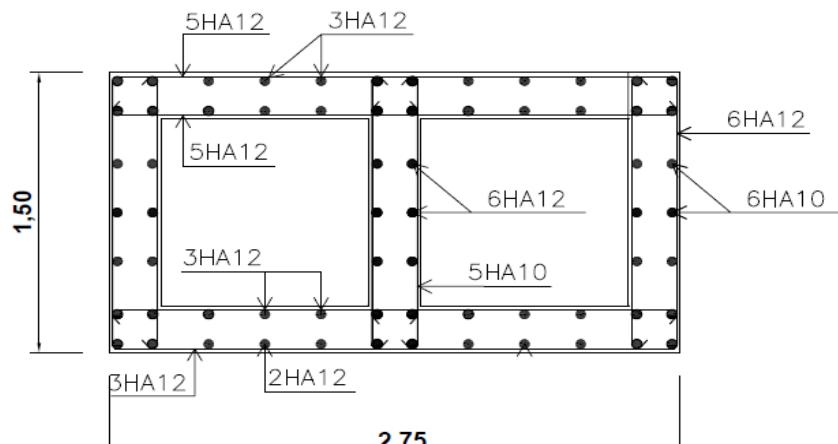
Tableau 26: Tableau récapitulatif de sollicitations sur le dalot

#### 4.4.2. Calcul des sections d'armatures

Le détail du calcul des sections d'acières est présenté en **annexe 6**. Le tableau suivant récapitule les sections d'acières obtenus, sur le Tablier, le radier et sur les piédroits.

Partie d'ouvrage		Dimensions (cm)		Section d'acières (cm <sup>2</sup> )			Esp (cm)
		B	H	Théoriques	Choix	Adoptée	
Tablier	En travée	100	25	2,77	2x3HA12	3,39	10
	Sur appuis	100	25	5,39	2x5HA12	5,65	20
Radier	En travée	100	25	2,17	2x2HA12	2,27	10
	Sur appuis	100	25	2,77	2x3HA12	3,39	10
Piédroits de rive		100	25	6.10 soit 3.05/face	Av : 2x6HA12	6,79	15
					A <sub>H</sub> : 2x6HA10	3,93	20
Piédroits intermédiaires		100	25	6,10 soit 3,05 /face	Av : 2x6HA12	6,79	15
					A <sub>H</sub> : 2x5HA10	3,93	20

Tableau 27 : Récapitulatif des sections d'armatures



PLAN DE FERAILLAGE DU DALOT 2x1x1

Figure 19 : plan de ferraillage du dalot 2x1x1

#### 4.4.3. Calcul du mur en aile

Les murs en aile sont calculés comme étant des murs de soutènement. Les murs supportent un terrain végétal ordinaire dont les caractéristiques sont :

- angle du talus naturel  $f = 45^\circ$
- poids spécifique des terres  $\gamma = 14,5 \text{ kN/m}^3$
- surcharge routière sur le terrain  $q = 10 \text{ KN/m}^2$

##### ❖ Pré dimensionnement

Le pré dimensionnement du mur doit respecter les conditions telles que montrer sur la **Figure 20** ci-dessous.

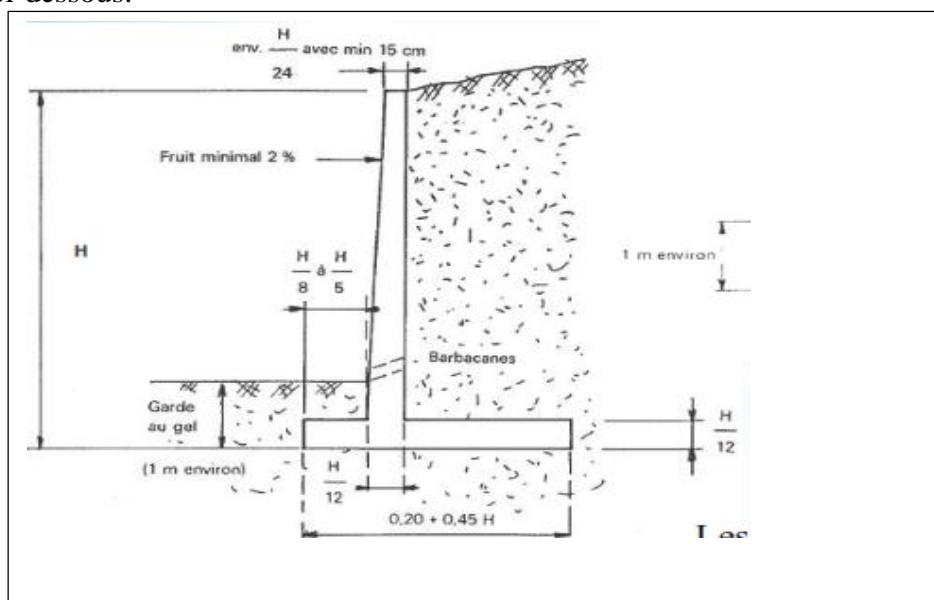


Figure 20: pré dimensionnement du mur en retour

- ❖ hauteur totale du mur (voile + semelle)  $H = 1,5 \text{ m}$

- ❖ épaisseurs  $e_1 = e_2 = \frac{H}{12} = 0,12m$  on prendra  $e_1 = e_2 = 0,2m$
- ❖ largeur patin  $b = \frac{H}{8} = 0,18m$  on prendra  $b = 0,25m$
- ❖ largeur semelle  $B = (0.2 + 0,45 \times H) \times 1,15 = 1m$
- ❖ largeur talon  $b' = B - b - e = 0,55 m$

Le mur est à section constante donc le fruit est égal à 0%, la **figure 21** dessous montre les dimensions retenues pour le pré dimensionnement du mur

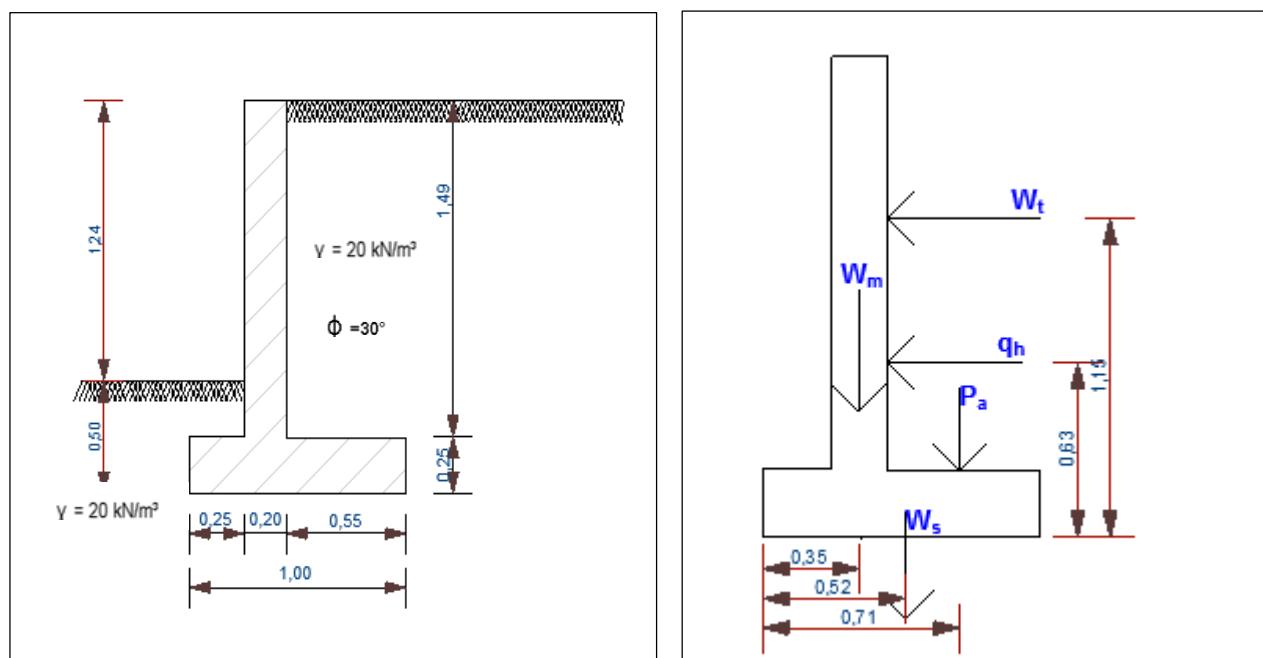


Figure 21: Schéma de pré dimensionnement du mur en retour

### 1.1.1. Vérification de la stabilité interne et externe du mur

Nous étudierons cette stabilité par rapport au point A comme sur la figure ci-dessus.

- ❖ Étude de la semelle

-Calcul du moment résultant :  $M_R = M_V - M_H$

$$M_R = 20,08 - 7,05 = 13,03 \text{ kN.m}$$

$$\begin{cases} M = 13,03 \text{ kN.m} \\ N = 122,05 \text{ kN} \end{cases}$$

-Calcul de l'excentricité  $e_A = \frac{M}{N} = \frac{13,03}{122,05} = 0.11m$

$$\frac{B}{3} = 0,34m, \quad \frac{2B}{3} = 0,66$$

Le point A étant considéré comme l'origine, si :  $\frac{B}{3} \leq e_A \leq \frac{2B}{3}$ , alors la résultante des forces se trouve dans le tiers central et par conséquent la section est considérée comme entièrement comprimée.

$$0,34 \leq e_A = 0,11 \leq 0,66$$

Donc la section est entièrement comprimée et la répartition des contraintes sous la fondation est trapézoïdale, et cette contrainte se calcule de la manière suivante :

- $\sigma = \frac{\sum Fv}{2 \times e_A} = \frac{34,25}{2 \times 0,11} = 155,68 \text{ kN/m}^2$

- Charges sur le talon

$$P = 20 \times 1 + 10 = 30 \text{ kN/m}^2$$

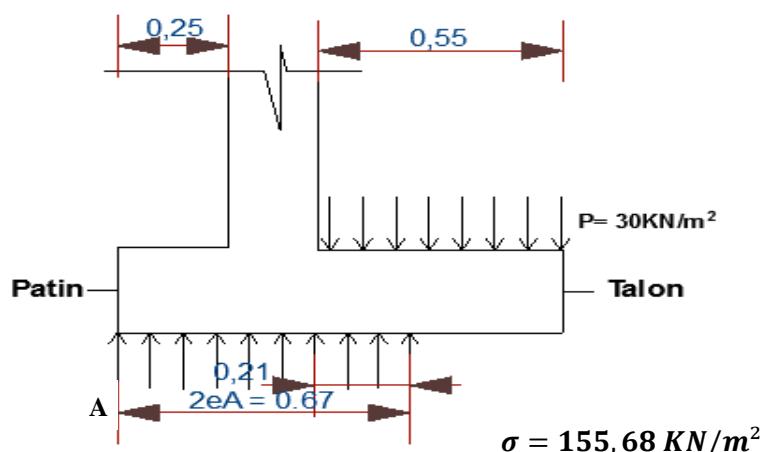


Figure 22: Figure : Semelle avec les charges agissantes

Désignation	PATIN	TALON
Moment (kN.m)	9,53	13,03
Section d'armature (cm <sup>2</sup> )	3.73	12.53

Tableau 28: section d'armature sur semelle

Le Tableau 28 ci-dessous nous donne les sollicitations sur le mur en aile et les détails de calcul sont présentés en annexe 7

Désignation	Section (m <sup>2</sup> )	Bras de levier(m)	Force verticale (kN/ml)	Moments verticaux (kN.m)	Forces horizontales (kN/ml)	Moments horizontaux (kN.m)
Mur	0,3	0,35	7,5	2,63		
Semelle	0,25	0.52	6.25	3.25		
Terre derrière le mur	0.82	0,71	20,5	14,2		
poussée de terre		0,50			3.3	1,65
Surcharge q		0,54			10	5,4
<b>Total</b>			<b>34,25</b>	<b>20,08</b>	<b>13,3</b>	<b>7.05</b>

Tableau 29: sollicitations sur le mur en retour

Le dimensionnement du mur en aile a donné les résultats dont les valeurs sont consignés dans le tableau 30 ci-dessous.

Désignation	Moments (kN.m)	Effort de compression (kN)	section de calcul (cm)	Armature longitudinale (cm <sup>2</sup> )	Choix retenu	Section d'armature transversale (cm <sup>2</sup> )	Choix retenu
<b>Voile</b>	28,51	122,136	100 x 25	5.74	6HA 12	3.14	4HA10 Esp 15 cm
<b>Patin</b>	9.53		100 x 25	3.73	4HA12 esp 20cm	4.72	4HA12 e =20 cm
<b>Talon</b>	13.03		100 x 25	12.52	9HA14 esp = 10 cm	13.85	9HA 14 esp = 10 cm

Tableau 30: Section d'armature sur le mur en Retour

#### 4.5. Plans d'exécutions et méttré

Le dimensionnement structural du dalot a abouti à l'établissement des plans d'exécution constituant les résultats de la présente étude. Ces plans sont regroupés dans à l'Annexe 12

Ce dossier plan comprend :

- Une vue en plan de l'ouvrage
- Une vue Isométrique du Dalot
- Le plan de ferraillage du cadre
- Le plan de ferraillage d'un mur en aile

## CHAPITRE 4 : DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSÉE ET LA SIGNALISATION ROUTIERE

### Introduction

La construction de la route requiert un certain nombre d'exigences qui doivent être satisfaites pour qu'une chaussée en bitume remplisse son rôle de façon satisfaisante : Son épaisseur doit rester suffisante pour éviter le poinçonnement de la plate-forme et Les matériaux qui la constituent doivent posséder des qualités acceptables.

Les caractéristiques géométriques et géotechniques à donner à des routes revêtues dépendent de l'aménagement prévu à moyen terme. Dans ce chapitre, il est question de s'appesantir sur la conception géométrique, faire un résumé sur la signalisation routière et le dimensionnement de la chaussée.

### I. Conception géométrique

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

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

La route doit permettre à un usager normal, circulant à une vitesse inférieure ou égale à la vitesse de sécurité choisie, de parcourir son trajet dans des conditions satisfaisantes de sécurité, de confort, de stabilité et d'économie. Cela implique naturellement l'adoption par l'auteur de projet des caractéristiques géométriques qui sous-entendent des conditions de visibilité et de progressivité dans les modifications de trajectoires autorisant, notamment, un freinage sans risque anormal en cas d'imprévu et une limitation des risques en cas d'intempéries, notamment de pluie.

Un autre élément, moins immédiatement décelable, est la nécessité d'éviter la monotonie, reprochée souvent, avec raison, aux longs tracés autoroutiers rectilignes. Les longues lignes droites, à première vue économiques et sûres diluent l'attention, d'une part, et, d'autre part, peuvent poser des problèmes d'éblouissement non négligeables (que des plantations appropriées peuvent cependant souvent limiter). Trois éléments caractérisent cette conception géométrique donc nous pouvons citer : le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers.

### I.1. Tracé en plan

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

Les coordonnées de l'axe en plan qui ont servi au tracé en plan sont consigné en **Annexe 10**.

La disposition générale du tracé est dans ses grandes lignes déterminée par un ensemble de contraintes identifiées dans le cadre des études préalables et relevant des domaines de l'environnement, de la topographie, de la géologie ou de l'habitat croisées avec les fonctionnalités attendues de la voie (localités à desservir, points de passage obligés pour le tracé, etc.). Le tracé en plan est profondément marqué par l'influence de la dynamique des véhicules : leur stabilité n'est acquise qu'à condition de respecter les lois liant vitesse du véhicule, rayon de courbure du tracé en plan et dévers de chaussée (comprenant l'effet des forces centrifuges). Il faut tenir compte également de l'influence des facteurs physiologiques intervenant lors de la conduite et éventuellement des problèmes de visibilité (il faut rendre visible une certaine longueur de trajet pour pouvoir conduire). Nous pouvons retrouver ce tracé en plan en **annexe 12** sur le profil combiné.

### I.2. Profil en long

Le profil en long se caractérise par une succession de déclivités liées par des raccordements circulaires. Ces raccordements peuvent être en forme des pentes ou rampes. Le code de la voirie routière a imposé que les profils en long et en travers des routes soient établis de manière à permettre l'écoulement des eaux pluviales et l'assainissement de la plate-forme. En conséquence, s'il n'existe généralement pas de valeur minimale pour les déclivités. Nous pouvons retrouver ce profil en long en **annexe 12** sur le profil combiné.

### I.3. Profil en travers

Les profils en travers représentent les coupes verticales du terrain en élévant de la perpendiculaire à l'équerre optique, de part et d'autre de l'axe du projet. Il illustre essentiellement la largeur de la chaussée et celle des accotements, il indique aussi les pentes transversales, toutes les variations sur le profil transversal sont identifiées (largeur de couche de roulement, couche de roulement, les accotements et les pentes du talus). La piste a une largeur de 7 m sans accotements, pour plus de précision, retrouvons ce profil en travers en **annexe 12**

## II. Signalisation routière

La signalisation routière est dans un sens général classée en deux grands groupes : la signalisation horizontale et la signalisation verticale. Dans notre cas espèce, seule la signalisation verticale nous intéresse car notre piste est non revêtue. Cette signalisation verticale est matérialisée par des panneaux de signalisation. Les panneaux de signalisation routière sont des éléments de la signalisation routière. Ils désignent à la fois le dispositif sur lequel sont implantés un signal routier et le signal proprement dit. Placés sur le côté des routes, ils ont pour fonction de :

- Rendre plus sûre la circulation routière en informant les usagers d'éventuels dangers qu'ils peuvent rencontrer ;
- Faciliter cette circulation, en indiquant par exemple les directions à suivre ;
- Indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police ;
- Donner des informations relatives à l'usage de la route

### II.1. Catégorisation

La Convention de Vienne sur la signalisation routière, adoptée le 8 novembre 1968, reconnaît que l'uniformité internationale des signaux et symboles routiers et des marques routières est nécessaire pour faciliter la circulation routière internationale et pour accroître la sécurité sur la route. Dans son annexe1 huit catégories de signaux sont définies :

- A. Signaux d'avertissement de danger;
- B. Signaux de priorité;
- C. Signaux d'interdiction ou de restriction;
- D. Signaux d'obligation;
- E. Signaux routiers de prescriptions particulières;
- F. Signalisation routière d'information, d'installation ou de service;
- G. Signaux de direction, de jalonnement ou d'indication;
- H. Panneaux additionnels (placés sous les signaux).

### II.2. Types de panneaux de signalisation utilisés

Nos panneaux utilisés sont essentiellement les panneaux d'avertissement de danger (panneaux triangulaires), nous pouvons avoir :

- ❖ Les panneaux qui indiquent un virage inattendu serré ou qui se referme ou une série de virages, ils peuvent indiquer :
  - Virage à droite (A1b) ;
  - Virage à gauche (A1a) ;

- Série de virages dont le premier est à droite (A1d) ;
  - Série de virages dont le premier est à gauche (A1c).
- ❖ Les panneaux qui indiquent le rétrécissement de la piste, surtout au niveau des ouvrages de franchissement. Dans ce cas, nous avons un rétrécissement à l'entrée de l'ouvrage et un élargissement de la piste à la sortie de l'ouvrage.

### III. Dimensionnement de la chaussé

#### III.1. Choix de la méthode de dimensionnement

Il existe plusieurs méthodes pour le dimensionnement structural d'une chaussée parmi lesquelles on distingue trois grandes catégories à savoir :

- Les méthodes empiriques, qui sont entre autre, la méthode CBR, AASHTO, Asphalt Institut etc... ;
- Les méthodes semi empirique, parmi lesquelles on peut citer la méthode CEBTP, guide LCPC ;
- Enfin, les méthodes rationnelles basée sur différentes théories, notamment la théorie de Burmister, de Boussinesq, d'Ivanov etc.

#### III.2. Choix de la structure de la chaussée/variantes

A partir des données obtenues au point précédent et en considérant le rapport géotechnique faisant état des caractéristiques des matériaux (carrières les plus proches), le « Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux » du CEBTP nous a permis de retenir six (04) variantes pour notre chaussée ainsi présentées dans le **tableau 31** ci-dessous.

numéro des variantes	couches de chaussé	épaisseur des couches (cm)	MATERIAU CONSTITUTIFS DES COUCHES
1	Revêtement	10	<b>Béton bitumineux</b>
	Base	22	<b>Grave ciment</b>
	Fondation	25	<b>graveleux latéritique naturel ou grave naturel O/D</b>
2	Revêtement	7	<b>Béton bitumineux</b>
	Base	18	<b>Grave ciment</b>
	Fondation	30	<b>graveleux latéritique naturel ou grave naturel O/D ou tout venant de concassage</b>

3	Revêtement	7	<b>Béton bitumineux</b>
	Base	35	<b>Grave ciment</b>
	Fondation	35	<b>Sable argileux ou grave amélioré</b>
4	<b>Revêtement</b>	<b>7</b>	<b>Béton bitumineux</b>
	<b>Base</b>	<b>20</b>	<b>Grave bitume</b>
	<b>Fondation</b>	<b>20</b>	<b>Graveleux latéritique Argileux rougeâtre</b>

**Tableau 31:Tableau des Variantes proposées pour la chaussée (CEBTP, 1984)**

DESIGNATION	AVANTAGES	INCONVENIANTS
<b>Grave bitume</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilite de mise en œuvre</li> <li>• Matériau imperméable</li> </ul>	couteux
<b>Grave ciment</b>	<b>Moins couteux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en œuvre très délicate</li> <li>• Apparition fréquente des fissures et décollage à long terme de la chaussée.</li> </ul>

**Tableau 32 : Justification du choix de la variante**

### **III.3. Vérification des contraintes et déformations avec le logiciel ALIZE-LCPC**

Pour le dimensionnement de la structure de chaussée, nous avons utilisé la méthode CEBTP, qui est une méthode semi empirique. Il y'a lieu alors d'effectuer une vérification des déformations de la structure retenue pour s'assurer de la fiabilité du dimensionnement en l'occurrence par la méthode rationnelle. C'est dans cette optique que nous utiliserons le logiciel Alizé-LCPC. Le principe consiste à calculer les contraintes et les déformations qu'engendre le trafic dans les différentes couches et le sol support. Ensuite procéder à la comparaison de ces valeurs aux valeurs limites dites valeurs admissibles.

#### **4.4.1 Hypothèses de Dimensionnement**

La modélisation sur Alizé-LCPC a été faite en considérant les hypothèses suivantes :

- ❖ Les épaisseurs des couches H considérées sont celles retenues lors du dimensionnement avec la méthode CEBTP,
- ❖ Le coefficient de poisson  $\nu$  sera pris égal à 0,35 pour toutes les couches ;
- ❖ Toutes les interfaces entre les couches seront considérées collées.

#### **4.4.2 Les données de calculs**

- ❖ **Classe de la portance**

Le sol en place sera remplacé par les matériaux de l'emprunt de



CBR = 28 et ayant une classe de portance S4 ( $15 < \text{CBR} < 30$ ) selon le classement CEBTP et PF3 selon le classement LCPC ( $E = 5 \times \text{CBR} = 5 \times 25 = 140 \text{ MPa}$  compris entre 120 MPa et 200 MPa).

#### ❖ Trafic

Nous avons effectué un comptage en vue d'obtenir la classe de trafic et nous avons obtenu une classe de trafic T3 pour notre tronçon étant donné la fermeture des frontières entre la Guinée équatoriale et le Cameroun. Vous aurez un exemplaire de fiche de comptage en **annexe 11**. Nous considérons une classe de trafic T4 comme précisé dans le TDR. Le guide pratique de dimensionnement des chaussées des pays tropicaux nous a permis de choisir les différentes épaisseurs de notre chaussée en fonction des matériaux disponibles, de la classe de portance de notre plate-forme et du trafic.

#### ❖ Trafic en nombre cumulé de poids lourds

Le guide pratique de dimensionnement des chaussées des pays tropicaux donne pour la classe de trafic T4, un trafic en nombre cumulé de poids lourds compris entre  $4 \times 10^6$  et  $10^7$ . Pour notre dimensionnement, nous prendrons la valeur centrale de cet intervalle égale à  $\text{NPL} = 7 \times 10^6$  poids lourds

#### ❖ Coefficient d'Agressivité Moyen (CAM)

Le **tableau 32** ci-dessous du guide de dimensionnement des chaussées nous donne les valeurs des coefficients d'Agressivité Moyen en fonction de la nature du trafic et des matériaux. Les valeurs obtenues sont consignées dans les tableaux ci-dessous.

COUCHE	BB	GB	GLAR	Sol support
CAM	0,8	0,8	1	1

Tableau 33: coefficient d'agressivité moyen des différentes couches

#### ❖ Nombre d'essieux : $\text{NE} = \text{N} \times \text{CAM}$

COUCHE	BB	GB	GLAR	Sol support
CAM	$5,6 \times 10^6$	$5,6 \times 10^6$	$7 \times 10^6$	$7 \times 10^6$

Matériaux	E(10°C) (MPa)	E(40°C) (MPa)	v	-1/b	ε6(10 <sup>-6</sup> )	SN	Sh	kc
BB	7200	1000	0,35	100	5	0,25	0,01	1,1
GB	12300	1000	0,35	90	5	0,3	0,025	1,3

Tableau 34:Caractéristiques mécaniques des matériaux

#### ❖ Risque de calcul

Compte tenu du fait qu'aucun document ne nous donne la valeur du risque d'un trafic de classe T4, nous opterons dans le cadre de notre dimensionnement pour un risque de 5%.

Pour le Grave non traités et sol support, nous avons ici du graveleux latéritique naturel ou grave non traité (GNT). A = 12000 et b = - 0,222.

Toutes ces valeurs ont été tirées du document intitulé « Conception et dimensionnement des Structures de chaussées » aux pages 257-259. Le tableau suivant présente le résultat des valeurs des contraintes calculées,

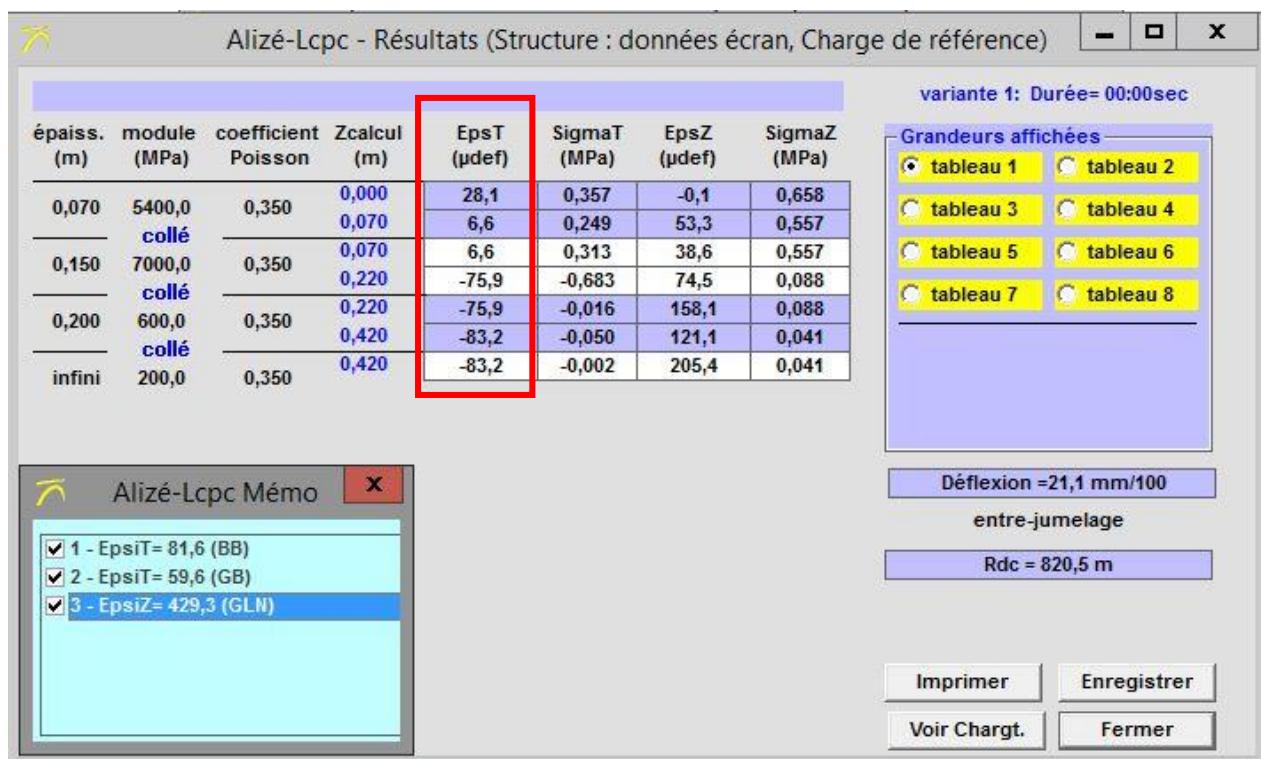


Figure 23: valeurs des contraintes calculées

Les valeurs des contraintes nous montrent que l'épaisseur de grave bitume n'est pas vérifiée à 15 cm. Nous allons donc augmenter cette épaisseur en la faisant varier jusqu'à ce qu'on obtienne une valeur de la contrainte qui sera inférieure à la valeur admissible

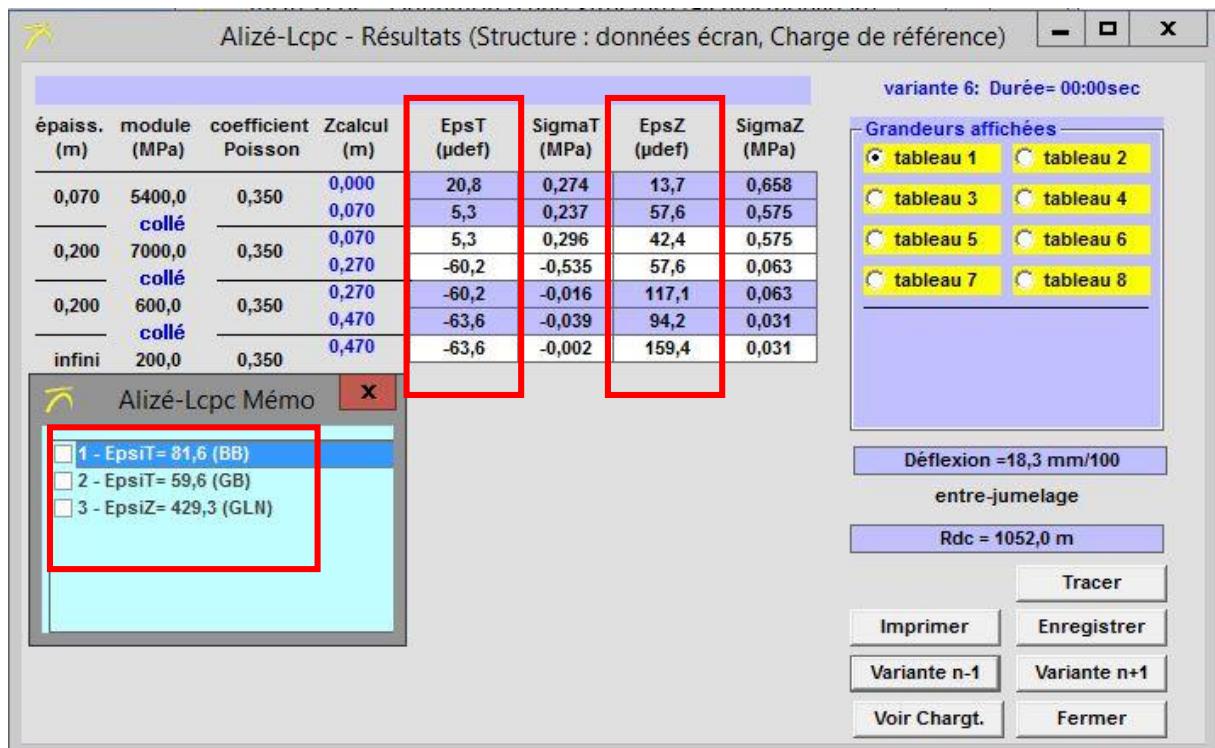


Figure 24 : vérification des contraintes admissibles.

Désignation	Valeur calculées	Valeurs admissibles	Observations
$\epsilon_{z,(\text{sol support})}(\text{en } \mu\text{def})$	205,4	410,1	OK
$\epsilon_{t,(\text{GLAR fondation})}(\text{en } \mu\text{def})$	94,2	429,3	OK
$\epsilon_{Z,adm \text{ GB pour base}}(\text{en } \mu\text{def})$	57,6	59,6	OK
$\epsilon_{T,adm \text{ (BB)}}(\text{en } \mu\text{def})$	5,3	81,6	OK

Tableau 35: vérification des contraintes et déformation Alizé

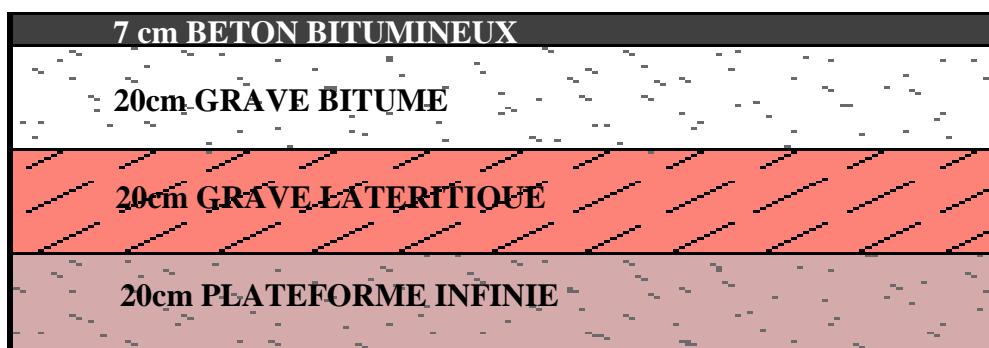


Figure 25: structure de la chaussé

## **CHAPITRE 5: ESTIMATION DU PROJET ET ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE**

### **5.1. Notice d'impact Environnementale**

#### **5.1.1. Cadre institutionnel et juridique de l'étude**

Plusieurs intervenants sont impliqués dans la mise en œuvre de la procédure de l'EIES au Cameroun et selon la nature et l'importance du projet. Dans le cadre du présent projet, le cadre institutionnel concerne les Institutions Publiques Nationales, notamment les Ministères des Travaux Publics (MINTP) ; de l'Eau et de l'Energie (MINEE); des Forêts et de la Faune (MINFOF); de l'Agriculture et du Développement Rural (MINADER); de l'Economie, des Affaires Sociales (MINAS) ; de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (MINEPAT); de l'Environnement, de la Protection de la Nature et du Développement Durable (MINEPDED); des Transports. La réalisation de ce projet s'appuie sur le cadre défini dans la politique nationale en matière de protection de l'environnement qui situe les enjeux environnementaux au Cameroun et les textes législatifs et réglementaires tels que :

- ❖ la loi cadre n° 96/12 du 5 Août 1996 relative à la gestion de l'environnement. Complétée par le décret N° 2013/0103/PM du 14 février 2013 qui fixent les modalités de réalisation des EIE au Cameroun ;
- ❖ la loi n° 94/01 du 20 janvier 1994 portant Régime des Forêts, de la Faune et de la pêche ;
- ❖ la loi n°96/67 du 08 avril 1996 portant protection du patrimoine routier national ;
- ❖ le décret n°2003/418/PM du 25 Février 2003 fixant les tarifs des indemnités ;
- ❖ l'arrêté N°00001 /MINEPDED du 08 Février 2016 qui fixe les différentes catégories d'opérations soumises à la réalisation d'une étude d'impact détaillée ;

A ces textes nationaux, il faut ajouter les conventions, les accords et les traités internationaux relatifs à l'environnement signés et ratifiés par le Cameroun.

#### **5.1.2 Impact négatifs**

Il ressort de l'analyse et des traitements des données collectées que les principaux impacts négatifs potentiels liés aux travaux de réhabilitation de la route principale (EBOLOWA-AMBAM) sont :

- ❖ Pollution de l'air par les gaz et les poussières;
- ❖ Modification/dégradation du paysage/pollution visuelle ;
- ❖ Risque de Pollution des eaux de surfaces et souterraines;

- ❖ Risque d'ensablement des eaux de surfaces par les rebus de chantier (rabotas)
- ❖ Nuisances sonores;
- ❖ Perte du couvert végétal et perturbation de l'habitat de la faune ;
- ❖ Contribution aux changements climatiques par le rejet dans la nature des gaz à effet de serre ;
- ❖ Risque de démolition des mises en valeur des populations, Expropriations et déplacements involontaires des populations ;
- ❖ Risque d'augmentation des IST /SIDA et de Contraction des maladies hydriques et infections respiratoires ;
- ❖ Risque d'accident de travail ;
- ❖ Risque de conflits entre les entreprises et les populations riveraines;
- ❖ Perturbation du trafic ;
- ❖ Destruction des accès riverains
- ❖ Opportunités d'emplois et d'affaires;
- ❖ Pertes de source de revenu des populations riveraines ;
- ❖ Endommagement potentiel des réseaux d'AEP et de Fibre optique ;
- ❖ Amélioration des conditions de vie des populations locales.

### **5.1.3 Impact positifs**

Il s'agit ici des impacts positifs résultant de l'exécution du projet.

- ❖ Amélioration des conditions de circulation et Réduction des couts d'entretien des véhicules, couts de voyage ;
- ❖ Augmentation du trafic et réduction d'accidents de circulation;
- ❖ Dynamisation des activités économiques et développement des localités;
- ❖ Amélioration des conditions de transport et accès aux services publics de base;

### **5.1.4 Mesures d'atténuations et d'optimisations**

Les principales mesures préconisées pour atténuer ou optimiser ces impacts sont :

- ❖ Assurer la compensation des biens détruits ;
- ❖ Réutiliser les rabotas issus du rabotage des couches de chaussées affaiblies ;
- ❖ Sensibiliser les employés et les populations riveraines ;
- ❖ Faire des formations environnementales des riverains ;
- ❖ Limiter les émissions de poussières et de gaz toxiques ;

- ❖ Limiter la destruction du couvert végétal et de l'habitat de la faune ;
- ❖ Protéger les populations et les ouvriers ;
- ❖ Limiter la pollution par les hydrocarbures ;
- ❖ Limiter les bruits et protéger contre ceux-ci ;
- ❖ Elaborer une politique transparente de recrutement ;
- ❖ Construire des ralentisseurs de vitesse aux endroits de forte concentration ;
- ❖ Elargir la chaussée le long des fortes pentes,
- ❖ Exécuter des gardes corps et/ou glissières de sécurité au-dessus des ouvrages et le long des points sensibles ;
- ❖ Mettre en œuvre des bandes d'arrêt d'urgence, des ralentisseurs de vitesse dans toutes les agglomérations traversées par le projet,
- ❖ Recruter en préférence la main d'œuvre locale et appliquer la même grille salariale que la main d'œuvre étrangère ;
- ❖ Dédoubllement des voies dans les agglomérations à forte fréquentations ;

## 5.2. Devis quantitatif et estimatif

Après avoir faire l'avant métré de notre projet, nous avons pu évaluer le devis quantitatif et estimatif, un résumé du devis est présenté sur le **Tableau 34** ci-dessous. Le devis détaillé ne pouvant être fournis à cause de la confidentialité de l'entreprise.

N°	Prix	Désignation	Prix Total
Série 000		<b>PRIX GENERAUX</b>	
		<b>TOTAL SERIE 000</b>	<b>491 150 000</b>
Série 100		<b>DEGAGEMENT D'EMPRISE</b>	
		<b>TOTAL SERIE 100</b>	<b>1 464 200 000</b>
Série 200		<b>TERRASSEMENTS GENERAUX</b>	
		<b>TOTAL SERIE 200</b>	<b>9 309 173 500</b>
Série 300		<b>CHAUSSEE &amp; ACCOTEMENT</b>	

	<b>TOTAL SERIE 300</b>	<b>68 157 069 000</b>
<b>SERIE 400</b>	<b>SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS DE SECURITE</b>	
	<b>TOTAL SERIE 400</b>	<b>2 100 282 000</b>
<b>SERIE 500</b>	<b>AMENAGEMENTS CONNEXES</b>	
	<b>TOTAL SERIE 500</b>	<b>6 803 000 000</b>
	<b>TOTAL GENERAL HT</b>	<b>59 181 369 700</b>
	<b>IMPREVUS ET ALEAS (0%)</b>	<b>0</b>
	<b>TOTAL GENERAL HT y compris imprévus et aléas</b>	<b>59 181 369 700</b>
	<b>TVA (19,25%)</b>	<b>11355228584</b>
	<b>COÛT TOTAL TTC</b>	<b>70 536 598 284</b>

Tableau 36: devis quantitatif et estimatif

Le présent devis étant réalisé, nous pouvons dire que le montant total tout taxe compris est élevé par rapport au linéaire du projet qui est d'environ 92km, cela peut s'expliquer par la présence de nombreux ouvrages d'art de type dalot que nous aurons à mettre en place pendant la réalisation du projet.

## **CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

Au terme de cette étude où il était question de faire une Etude technique détaillée pour la réhabilitation du tronçon Ebolowa –Ambam de la Nationale 2 au Cameroun, nous avons commencé par faire le diagnostic de la route et des ouvrages en vue de proposer des solutions concrètes aux dégradations présentes sur le tronçon . Pour l'étude de l'ouvrage d'art, nous avons procédé à une étude hydrologique et hydraulique afin d'obtenir le débit et la section capable de véhiculer ce débit en toute sécurité; Le fond topographique qui nous a été fourni avec tous ses éléments caractéristiques nous a permis à l'aide du logiciel Piste ; de tracer le profil en long et la vue en plan combiné d'une part et d'autre part et nous avons produit les profils en travers de cette route avec un devers de 2.5%. En ce qui concerne le volet géotechnique, nous avons étudié et dimensionné la chaussée à travers les études géotechniques faites in situ et au laboratoire ce dimensionnement nous donne une chaussée avec une couche de fondation de 20cm en Graveleux latéritique, 20cm de grave bitume a la couche de base et une épaisseur de 7cm de béton bitumineux pour la couche de roulement et enfin nous avons fait une estimation du cout du projet en tenant compte des prix pratiqués dans La sous-région Afrique Centrale et enfin une étude d'impact environnementale et sociale du projet (EIES). Nous pouvons donc dire que les objectifs préalablement fixés ont été atteint au vu des résultats obtenus. Malgré des difficultés rencontrées dans le choix des méthodes. Enfin L'étude de la réhabilitation d'une route est extrêmement complexe et compliquée vue la prise en compte de divers aspects, le temps qui nous est imparti pour aborder l'étude. Enfin nous recommandons au maître de l'ouvrage un entretien courant sur la route réhabilité, nous recommandons également à l'entreprise de veiller au respect des règles de sécurité.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- « conception et dimensionnement de structure de chaussée » du SETRA, édition 1998,
- « convention sur la signalisation Routière » signé à vienne le 08 novembre 1968
- La Méthode de (Recommandation MINTP pour la réalisation des bétons bitumineux N°– 30.003-R. Mars 1987)
- Les méthodes du BCEOM (1981). « Exposées dans l'hydraulique routière-BCEOM » 177p. par NGUYEN VAN TUU, Ministère de la coopération et du développement 1981.
- Manuel De Dimensionnement De Chaussées Pour Les Pays Tropicaux (Octobre 1972)
- « Manuel pour le renforcement des chaussées souple en pays tropicaux » (CEBTP LCPC, Mai 1985)
- Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites-BAEL 91 révisé 99
- SETRA (1991) « Ponts cadres et portiques en béton armé: Programme de calcul PICF-EL » (110 p)
- SETRA (1992). « Ponts cadres et portiques : Guide de conception » (112 p)

## ANNEXES

**ANNEXE 1 : Fiche de diagnostic des ouvrages et solutions à envisager**

	Localisation	Type d'ouvrage	Dimensions	Etat	Observation
EBOLOWA- NKOEMVONE	<b>PK2+100</b>	dalot	2*3*3	bon	nécessite un entretien courant
	<b>PK3+700</b>	batterie de buse métallique	2*Ø1200	mauvais état	à remplacer
	<b>PK4+700</b>	buse métallique	Ø1200	mauvais état	à remplacer
	<b>PK11+100</b>	pont sur le SENG	20 m	bon	nécessite un entretien courant
NKOEMVONE- AMBAM	<b>PK2+600</b>	buse métallique	Ø1200	mauvais état	à remplacer
	<b>PK13+700</b>	buse métallique	Ø1200	mauvais état	à remplacer
	<b>PK15+400</b>	buse métallique	Ø1200	mauvais état	à remplacer
	<b>PK17+400</b>	dalot	2*4*4	bon	nécessite un entretien courant
	<b>PK23+00</b>	buse métallique	Ø1500	mauvais état	à remplacer
	<b>PK24+240</b>	buse métallique	Ø1000	mauvais état	à remplacer
	<b>PK29+500</b>	buse métallique	Ø1000	mauvais état	à remplacer
	<b>PK34+00</b>	buse métallique	Ø1000	mauvais état	à remplacer
	<b>PK35+400</b>	buse métallique	Ø1200	mauvais état	à remplacer
	<b>PK37+100</b>	buse métallique	Ø1000	mauvais état	à remplacer
	<b>PK37+600</b>	batterie de buse métallique	2Ø1000	mauvais état	à remplacer
	<b>PK38+100</b>	buse métallique	Ø1000	mauvais état	à remplacer
	<b>PK39+400</b>	buse métallique	Ø1000	bon	nécessite un entretien courant
	<b>PK41+100</b>	buse métallique	Ø1000	bon	nécessite un entretien courant
	<b>PK44+300</b>	buse métallique	Ø1200	bon	nécessite un entretien courant
	<b>PK45+200</b>	buse métallique	Ø1000	bon	nécessite un entretien courant

	<b>PK46+800</b>	buse métallique	Ø1000	mauvais état	à remplacer
	<b>PK47+600</b>	buse métallique	Ø1000	bon	nécessite un entretien courant
	<b>PK48+800</b>	buse métallique	Ø1000	mauvais état	à remplacer
	<b>PK49+300</b>	buse métallique	Ø1000	bon	nécessite un entretien courant
	<b>PK50+200</b>	buse métallique	Ø1000	mauvais état	à remplacer
	<b>PK52+400</b>	buse métallique	Ø1200	bon	nécessite un entretien courant
	<b>PK55+900</b>	pont sur le MBORO	Ø1000	mauvais état	à remplacer
	<b>PK56+100</b>	dalot	2*3*3	moyen	nécessite un entretien courant
	<b>PK57+400</b>	buse métallique	Ø1200	mauvais état	à remplacer
	<b>PK59+100</b>	buse métallique	Ø1000	mauvais état	à remplacer
	<b>PK60+300</b>	buse métallique	Ø1200	mauvais état	à remplacer
	<b>PK60+500</b>	buse métallique	Ø1000	mauvais état	à remplacer
	<b>pk63+200</b>	buse métallique	Ø1000	mauvais état	à remplacer
	<b>pk66+200</b>	dalot	2*3*3	Moyen	à remplacer
	<b>pk67+625</b>	buse métallique	Ø1400	mauvais état	à remplacer
	<b>pk71+00</b>	dalot	2*1*1	Moyen	nécessite un entretien courant
	<b>pk71+00</b>	dalot	1*1.5*1.5	moyen	nécessite un entretien courant

**ANNEXE 2 : Tableau récapitulatif des débits obtenus en fonction des Bassins versants  
Et études hydrologique.**

		Débit en m3/s				
No BV	Surface en Km <sup>2</sup>	Méthode rationnelle	ORSTO M	CIEH	Débit Projet	Ouvrage à mettre en place
BV1	7,6	/	106,95	20,77	106,95	Dalot
BV2	7,2	/	101,78	19,93	101,95	Dalot
BV3	216,3	/	2210,98	80,15	2210,98	Pont
BV4	6,88	/	97,62	19,57	97,62	Dalot
BV5	0,91	13,17	/	/	13,17	Dalot
BV6	2,5	/	38,37	14,66	38,39	Dalot
BV7	6,26	/	89,50	19,04	89,50	Buse métallique
BV10	1,03	14,30	/	/	14,30	Dalot
BV12	4,27	/	62,92	17,15	62,92	Dalot
BV13	48,02	/	574,33	40,83	574,33	dalot
BV14	2,094	/	32,57	14,13	32,57	Dalot
BV15	1,69	20,48	/	/	20,48	Dalot
BV 16	3,884	/	57,74	16,58	57,74	Dalot
BV17	9,39	/	129,88	20,28	129,88	Dalot
BV18	5,46	/	78,92	17,84	78,92	Dalot
BV19	10,2	/	140,12	22,75	118,35	Dalot
BV20	117,45	/	1284,28	60,35	1284,28	Pont
BV21	4,092	/	61,13	40,3	60,50	Dalot
BV22	32,905	/	407,82	35,08	407,82	Dalot
BV23	2,52	/	38,66	14,81	38,66	Dalot
BV24	1,588	19,60	/	/	19,60	Buse métallique ≤1200

Superficie du Bassin Versant (Km <sup>2</sup> )		2,52
Périmètre (Km)		6,98
Indice de Gravelius (KG)	$K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}}$	1,24
Longueur du rectangle équivalent	$L = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16S}}{4}$	2,47
Longueur des affluents (Km)	$\sum L_t$	8,93
Densité de drainage (Km/Km <sup>2</sup> )	$D_d = \frac{\sum L_t}{S}$	3,5
Pente moyenne (m/Km)	$I = \frac{\Delta H}{S^{0,5}}$ en %	36,54
Indice Global de pente Ig (m/Km)	$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L_{eq}}$	6,9
Pente transversale It (m/Km)	$It = \text{moyenne de 4 pentes transversales (global-mapper)}$	0,00
Ig corrigé (m/Km)	$I_{gcorr} = \frac{(n - 1)I_g + It}{n}$	0,15
Ig corrigé (m/Km)	<i>Valeur retenue</i>	6,88
Coefficient d'abattement	$A = 1 - \left[ \frac{(161 - 0,042 \times P_{an})}{1000} \times \log(S) \right]$	0,94
Pluie décennale P10 (mm)	<i>Donnée pluviométrique</i>	84,80
Pluie moyenne décennale Pm10 (mm)	$P_m 10 = A \times P10$	79,32
Coefficient de ruissellement pour P = 70 mm Kr70	<i>valeur trouvées par extrapolation(RI)</i>	21,90
Coefficient de ruissellement pour P = 100 mm Kr100	<i>valeur trouvées par extrapolation(RI)</i>	20,11
Coefficient de ruissellement Kr10	Interpolation	25,48
Temps de base Tb10 (min)	Interpolation	358,00

Tableau des Paramètres hydrologique du Dalot

Equations	a	s	p	i	k	d	S (km²)	Pm10 (mm)	Ig	Kr10 (%)	Q10 (m³/s)
39	0,41	0,425	/	/	0,923	/	2,52	79,32	6,88	25,48	12,057
40	0,254	0,462	/	0,101	0,976	/	2,52	79,32	6,88	25,475	11,150
41	0,407	0,532	/	/	0,941	/	2,52	79,32	6,88	25,48	14,005
42	0,912	0,643	/	0,399	1,019	/	2,52	79,32	6,88	25,48	96,654
43	35600	0,342	-1,808				3,54	77,30	4,90	25,48	21,153
44	203	0,459	-1,301	/	0,813		3,54	77,30	4,90	25,48	17,628
45	22400	0,363	-1,748	/	/	/	2,52	79,32	6,88	25,48	14,991
$C_{50} = 1 + \frac{P_{50} - P_{10}}{P_{10}} \times \frac{(\frac{Tb}{24})^{0,12}}{Kr10} \times \frac{S}{2,52}$											Q10
$C_{50} = 1 + \frac{P_{50} - P_{10}}{P_{10}} \times \frac{(\frac{Tb}{24})^{0,12}}{Kr10} \times \frac{S}{2,52}$											C50
$Q_{50} = C_{50} \times Q_{10}$											Q50
$Q_{50} = C_{50} \times Q_{10}$											14,806

Tableau des résultats du calcul du débit par la méthode du CIEH

Méthode ORSTOM							
	A	P10(mm)	Kr10	α10	S(km²)	Tb10(min)	P50(mm)
	0,94	84,80	25,48	2,6	2,52	358,00	108,00
Qr10	36,98						
Q10=m*Qr10	38,09						
$C_{50} = 1 + \frac{P_{50} - P_{10}}{P_{10}} \times \frac{(\frac{Tb}{24})^{0,12}}{Kr10}$	1,01						
Q50=c*Q10	38,66						

Tableau des résultats du calcul du débit par la méthode ORSTOM

CARACTERISTIQUE DES BASSINS VERSANTS				
	SURFACE (Km²)	PERIMETRE(Km)	Zmax (m)	Zmin(m)
BV1	0,910	4,700	350	289
Paramètres				Résultats
coefficients de Montana				
a		9,4		
b		0,5		
L		1,908		
coefficients de r	C	0,500		
Dénivélée H				61
Temps de concentration Tc				0,008
Intensité de pluie I				102,100
Débit Q10				12,91
$Q_{50} = C_{50} \times Q_{10}$				13,17

Tableau des résultats du calcul du débit par la méthode Rationnelle

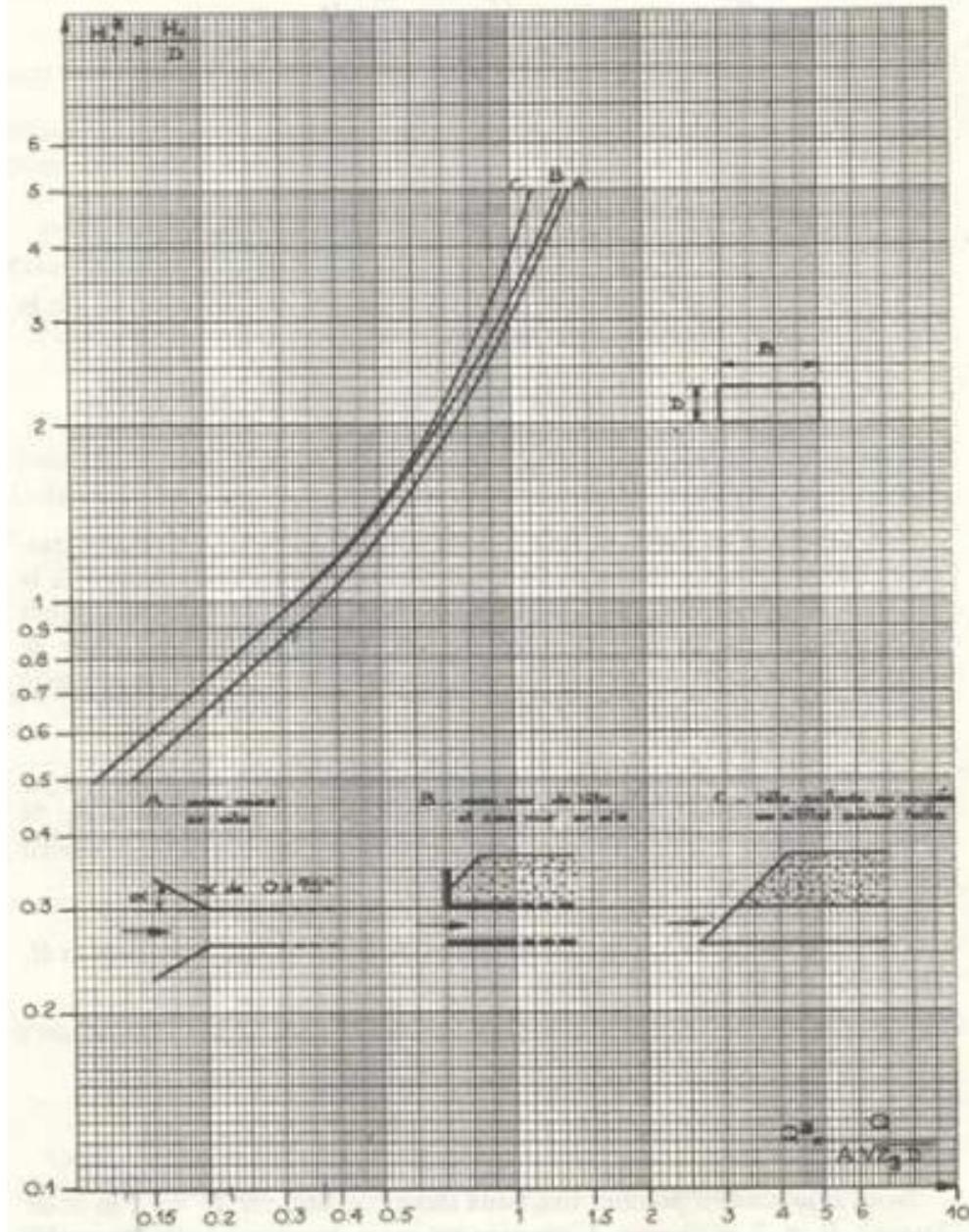
**ANNEXE 3 : Abaques de dimensionnement hydraulique du dalot.****Sortie libre : Dalots rectangulaires**

Figure 2: Calcul hydraulique du dalot

ETAPE 1: CALCUL DE LA HAUTEUR AMONT H1	
Q(m <sup>3</sup> /s)	38,66
Vmax (m/s)	3
Ks (béton)	67
n (nombre de cellule)	2
q: débit par cellule	19,33
A: section muoillée d'une cellule	1,00
B: Largeur de la cellule	1,0
D: hauteur de la cellule	1,0
Q*	4,37
H*(abaque hydraulique routière Fig 77)	0,52
H1=DxH*( hateur amont)	0,52
ETAPE 2: CALCUL DE LA PENTE CRITIQUE	
Q*	6,17
Ic* (abaque hydraulique routière Fig 82)	2,68
Ic(pente critique de l'ouvrage)	0,006
ETAPE3: CALCUL DE LA VITESSE et vérification	
Q*	3,77
V*(abaque hydraulique routière Fig 84)	0,32
V( vitesse de l'ouvrage)	1,64
	Condition de vitesse vérifiée
	on retiendra un dalot de 2x1xx1

BV<sub>1</sub>

## ANNEXE4 : Evaluation des charges d'exploitation sur le dalot

### 1. Calcul Des Charges Générées Par Le Système A

Le système A, composé d'une charge uniformément répartie variable avec la longueur chargée. Dans le cadre de notre projet, la portée  $\leq 200$ m, la chaussée supporte une charge uniforme d'intensité  $A(l)$  coefficients :  $A(l) = 230 + \frac{36.000}{L+12}$  ; Avec  $L$ =longueur chargée en m.

$$A(l) = 230 + \frac{36.000}{2,75+12} = 26,706 \text{ kPa}$$

$A_1$  s'applique en surface sur un rectangle de 7.50 m x 2,75 m (20,62 m<sup>2</sup>) avec une intensité de 26,70 kPa.

**La hauteur de diffusion prise en compte est de 0.70 m.** La valeur de  $S$  est alors :

$$S = (2,75 + 2 \times \text{tg } 35^\circ \times 0.7) \times (7,50 + 2 \times \text{tg } 35^\circ \times 0.7)$$

$$S = 12,21 \text{ m}^2$$

Soit :  $A_2 = 26,70 \times 20,62 / 12,21$

$$A_2 = 45,09 \text{ kPa}$$

$$(400 - 0,2l) = 396,45 \text{ kg/m}^2$$

Comparaison de  $A(l) \cdot a_1$  à  $(400 - 0,2l)$ . Avec  $a_1 = 1$ ,  $A > (400 - 0,2l)$

Nous allons déterminer  $a_2$

$$a_2 = \frac{V_0}{V} \text{ où } V = \text{largeur d'une voie} \quad \text{et} \quad V_0 = \begin{cases} 3,5 \text{ m} \rightarrow 1 \text{ eCl} \\ 3,0 \text{ m} \rightarrow 2 \text{ eCl} \\ 2,75 \text{ m} \rightarrow 3 \text{ eCl} \end{cases}$$

$$a_2 = \frac{3,50}{3,60} = 0,97$$

$$A_2 = a_1 \cdot a_2 \cdot A \quad \rightarrow \quad A_2 = 1 \times 0,97 \times 12.72 = 12.34 \text{ kPa}$$

$$A_2 = 12.34 \text{ Kn/m}^2$$

### 2. Calcul Des Charges Générées Par Le Système B (Bc, Bt)

Le système B comprend 3 sous-systèmes dont les effets pour chaque élément des dalots sont examinés indépendamment. Ladite note de calcul prendra en compte 2 sous-système à savoir :

- Le système Bc composé de camions types ;
- Le système Bt composé de groupes de 2 essieux, dénommés essieux – tendeurs.



❖ Calcul du coefficient de majoration dynamique  $\delta$  du système B

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2xL} + \frac{0,6}{1 + 4 * \frac{G}{Q}}$$

L = longueur de l'élément en m

G = charge permanente de l'élément

Q = la charge maximale B de l'élément, la valeur des charges à introduire étant obtenue après application des coefficients bc et bt

❖ Calcul des coefficients bc et bt

Le coefficient bc est fonction de la classe du pont et du nombre de voies = f (classe pont, nombre files). L'ouvrage étudié ici est de classe 1 et de 2 voies d'où le coef 1,10.

Nombre files		1	2	3	4	$\geq 5$
Classe pont	1° cl	1,20	1,10	0,95	0,8	0,7
	2° cl	1	1	-	-	
	3° cl	1	0,8			

Le coefficient bt en fonction de la classe de notre ouvrage et du nombre de voies de notre route est égal à 1. Ici les charges se calculent de manière analogue au cas du système Bc.

Classe du pont .....	Première.	Deuxième.
Coefficient .....	1,0	0,9

Calcul de G (charge permanente de l'élément) = (dalle) + remblai + (revêtement) et (piédroit)

$$G = 25 \times 0,25 \times 2,75 \times 1 + 20 \times 0,68 \times 3 \times 1 + 25 \times 0,07 \times 7 \times 3 + \frac{25 \times 0,25 \times 0,5 \times 1 \times 2}{2,75 + 2 \times 0,35} = 97,53 \text{ KN}$$

$$Q_{bc} \times bc = 480 \times 1,1 = 528 \text{ KN}$$

$$Q_{bc} \times bc = 640 \times 1 = 640 \text{ KN}$$

$$\delta(bc) = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 7} + \frac{0,6}{1 + 4 * \frac{640}{528}} = 1,10$$



$$\delta(bc) = 1,75$$

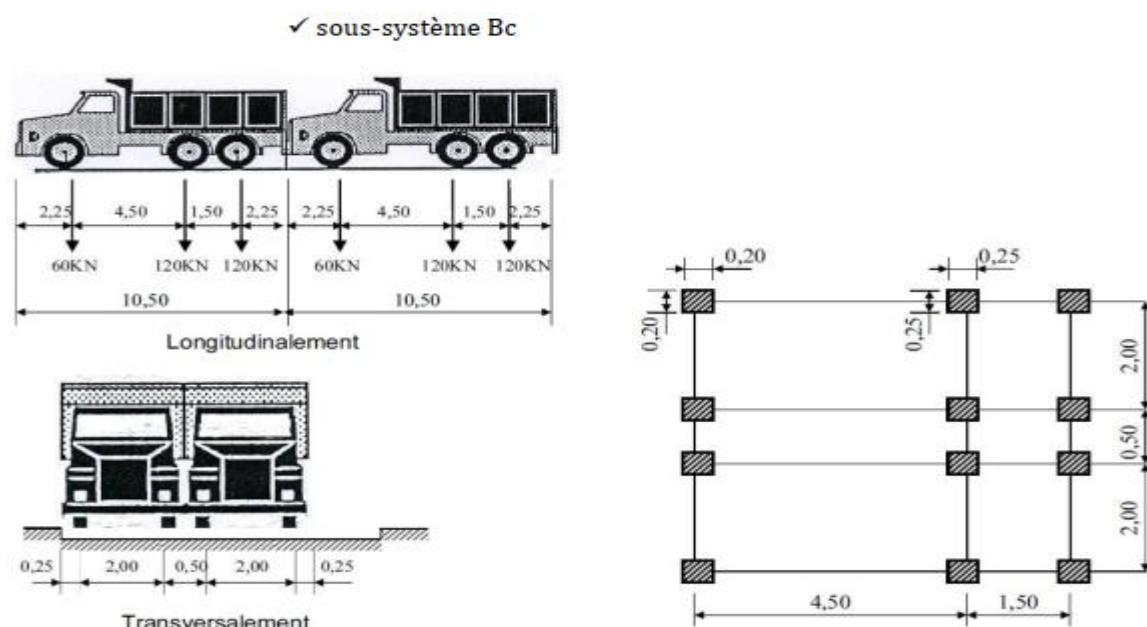
$$\delta(\mathbf{bt}) = 1 + \frac{0,4}{1+0,2x7} + \frac{0,6}{1+4*\frac{0,97}{640}}$$

$$\delta(bt) = 1.77$$

$$\underline{\delta = \max(\delta(bc); \delta(bt)) = 1,77}$$

**NB** : Les surfaces d'encombrement ici sont les emprises occupées par les véhicules de chaque système. Mais étant donné l'effet diffusion (angle 35°) Cette surface d'impact est plus élevée sur la dalle que sur la chaussée.

## ❖ Calcul de charge proprement dite pour le Système Bc



Il convient de noter que, Dans le cas des surcharges routières du système Bc, le cas le plus défavorable est celui où l'on se retrouve avec les huit roues de nos deux files de camions sur la même travée. Pour le calcul de nos différents moments, nous allons transformer ces charges les plus défavorables en charge de surface. Le schéma ci-dessous nous montre une disposition des roues des deux files de camions sur une travée.

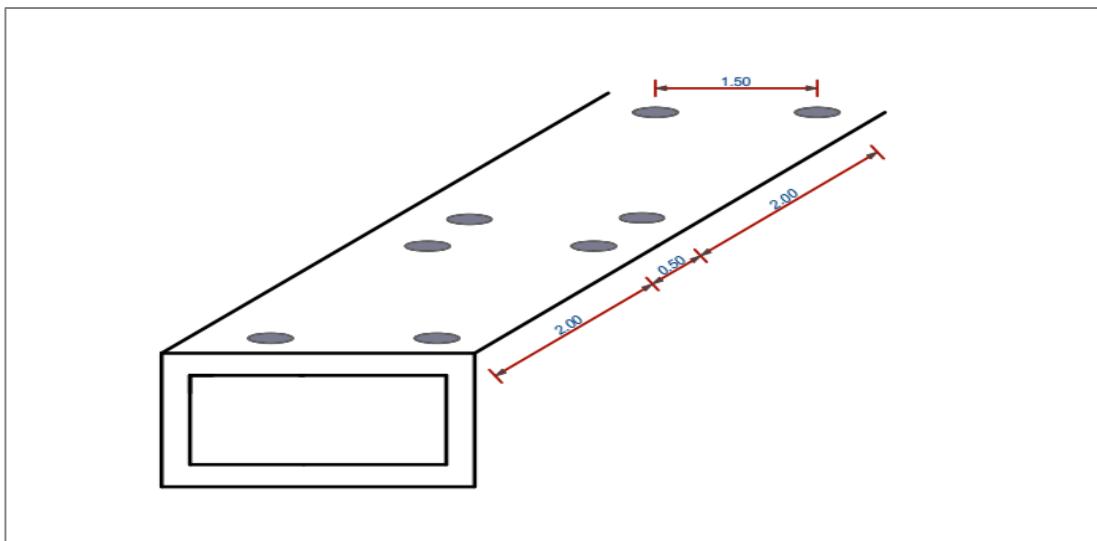


Figure : Représentation de la répartition des charges routières sur une travée

Les valeurs des charges générées par le système Bc sont multipliées par le coefficient **Bc**

Les charges dues au système civil Bc l'ouvrage sont déterminées à partir de la formule suivante :

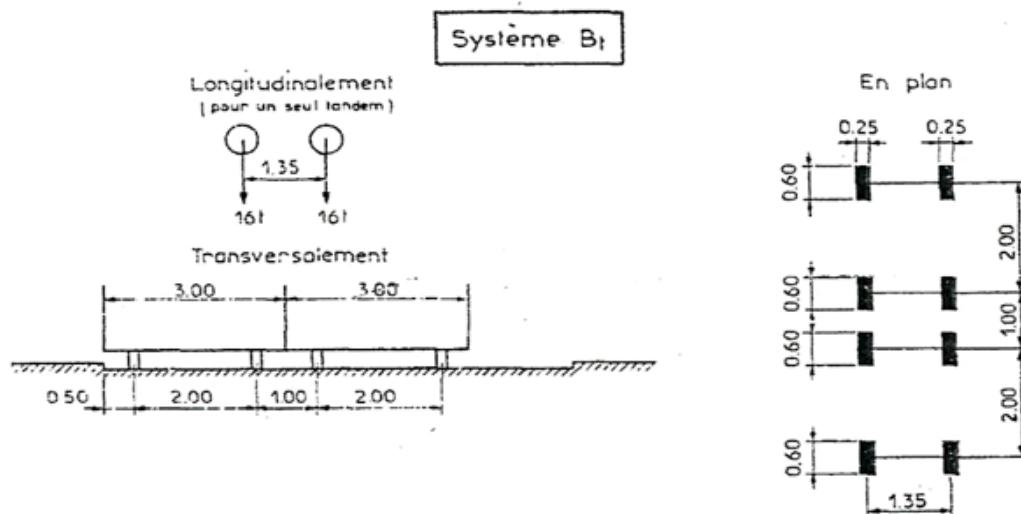
$$Q_1 = \frac{\delta Q \, bc}{\text{Sencombr tablier}} \quad \text{avec } Q_1 = \text{charge sur le tablier (radier)}$$

il convient de noter que , bc est fonction (classe du pont; nombre de files ) = 1,1

$$Q_{bc} = \delta Q_i, \quad \delta = 1,77$$

ELEMENTS	SYSTÈME Bc		Qbc (KN/m <sup>2</sup> )
	Charges	Surface d'encombrement	
Tablier	240	$(6.25 + 2 * \text{tg } 35^\circ \times 0.7) * (4.75 + 2 * \text{tg } 35^\circ \times 0.7) = 44.14$	122.04

### Calcul Des Charges Sous Le Système Bt





Le coefficient  $B_t$  est fonction de la classe de notre ouvrage et du nombre de voies, et est égal à

Les charges dues au système civil  $B_t$  sur l'ouvrage sont déterminées de la manière suivante :

$$Q_1 = \frac{\delta Q \cdot b t}{\text{Sencombr tablier}} \quad \text{Avec } Q_1 = \text{charge tablier}$$

$$b t = \text{fonction}(\text{classe du pont; nombre de files}) = 1$$

ELEMENTS	SYSTÈME $B_t$		Qbt (KN/m <sup>2</sup> )
	Charges	Surface d'encombrement	
Tablier	640	$(1,6+2 \cdot \text{tg } 35^\circ \times 0,7) \times (5,6+2 \cdot \text{tg } 35^\circ \times 0,7) = 9,16$	91,39

### 3. Calcul des charges militaires (MC 120)

Les charges dues au système civil Mc120 sur l'ouvrage sont déterminées à partir de la formule

$$\text{suivante : } Q_1 = \frac{Q \cdot mc120}{\text{Sencombr tablier}} \quad \text{avec } Q_1 = \text{charge tablier}$$

ELEMENTS	SYSTÈME Mc120		Q Mc120 (KN/ml)
	Charges	Surface d'encombrement	
Tablier	1100	$(6,1+2 \cdot \text{tg } 35^\circ \times 0,7) \times (4,3+2 \cdot \text{tg } 35^\circ \times 0,7) = 12,36$	67,52

Désignation	Système Bc	Système $B_t$	Système Br	Système Mc120
G en kN	73	73	73	73
Q en kN	240	320	100	1100
$\Delta$	1,41	1,45	1,3	1,61
Q en kN/ml	122,05	91,39	65,65	67,52
Choix	La charge Bc est la plus défavorable avec Q = 122.05kN/ml			

Tableau récapitulatif des charges d'exploitations

## ANNEXE 5 : Modélisation de la structure et Calcul des sollicitations

La modélisation de la structure a été effectuée par le logiciel pybar afin d'obtenir les efforts nécessaires au calcul de notre dalot les figures suivantes pressentent les différentes valeurs de ces sollicitations (réactions aux appuis, Effort tranchant, moments fléchissant)

### 1- Sollicitations sous charges permanentes

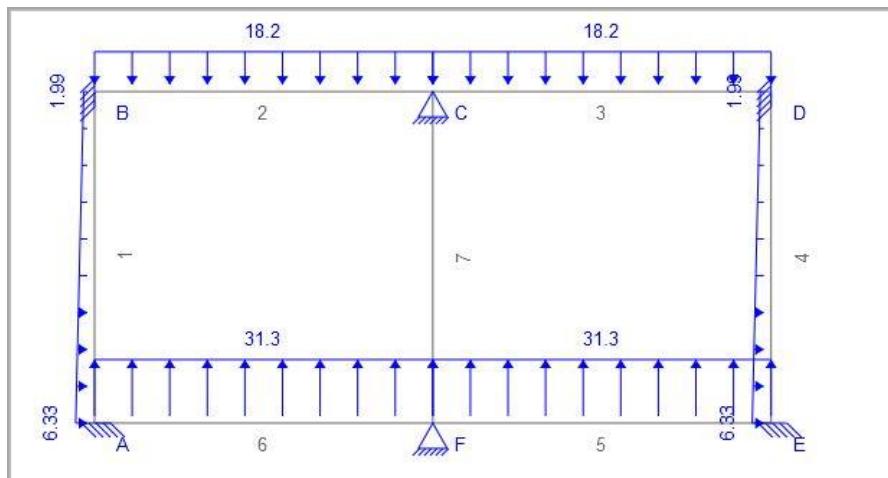


Figure: Modélisation de la structure sous charges permanentes

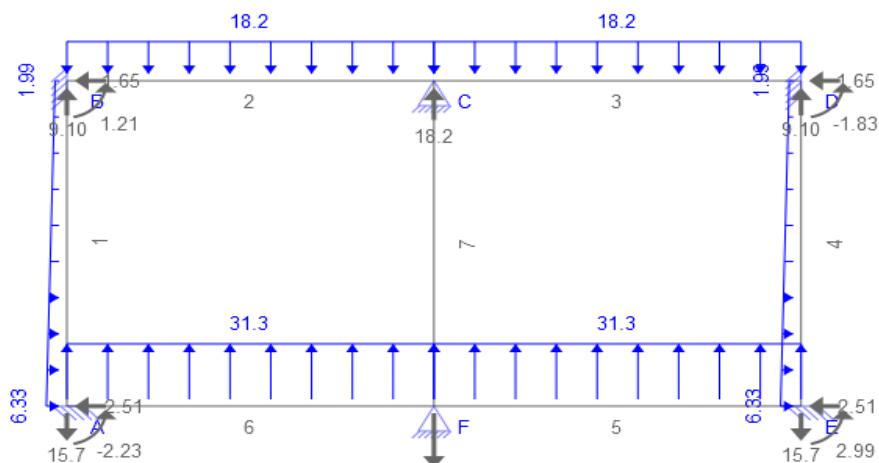


Figure: Réactions sous charges permanentes

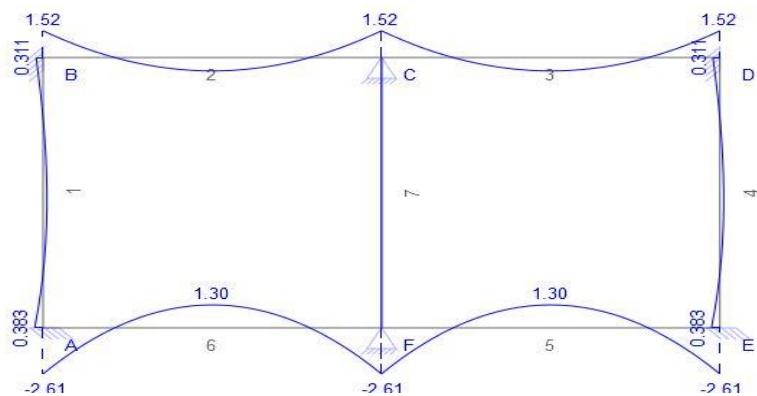


Figure : Sollicitations dues aux charges permanentes

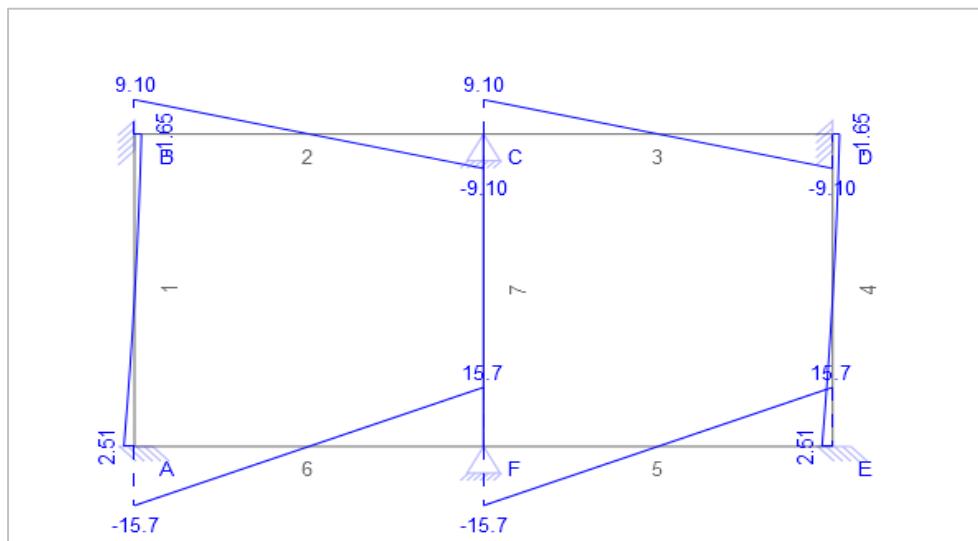


Figure : Effort tranchant sous charges permanentes

## 1. Sollicitations Sous charges d'exploitations

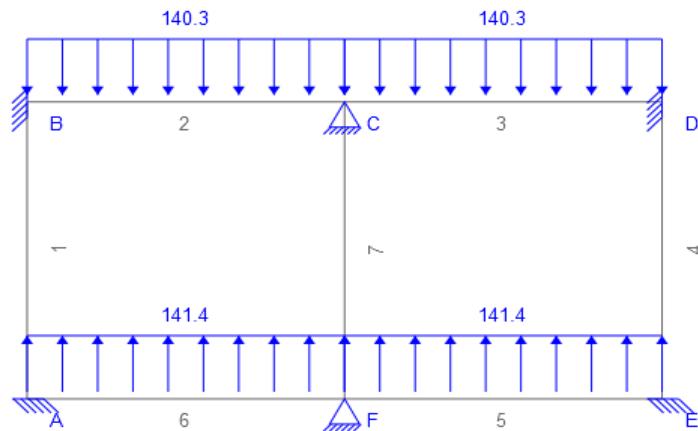


Figure : Modélisation de la structure sous charges permanentes

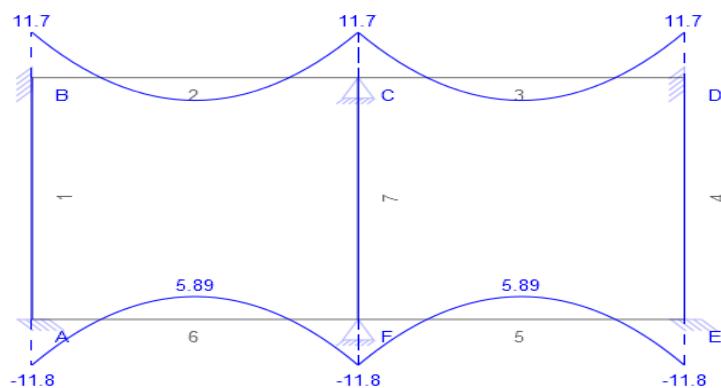


Figure Sollicitations sous charges d'exploitations

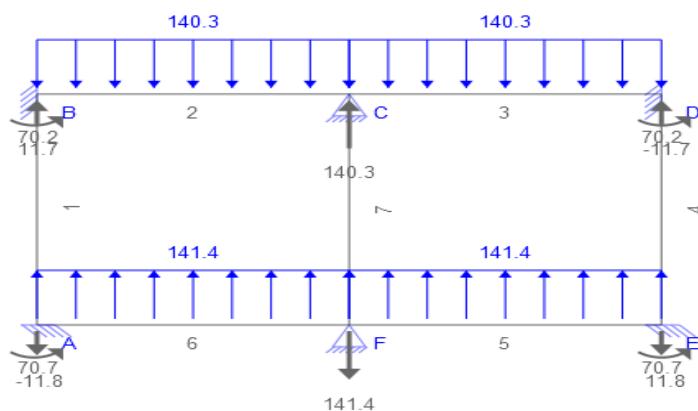


Figure : Réactions sous charges d'exploitations

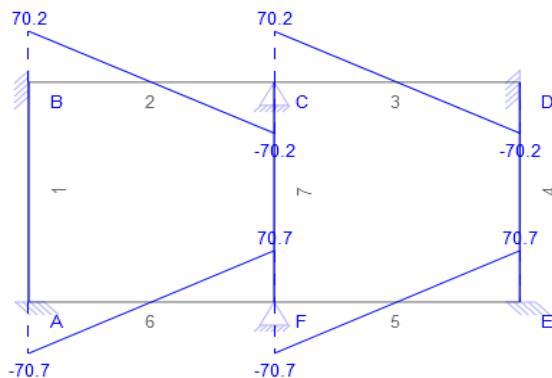


Figure: Effort tranchant sous charges d'exploitations

### Combinaison à ELU et ELS

	Sollicitations	Charges		Charges M <sub>Q</sub>	ELU	ELS
		M <sub>G</sub>	M <sub>Q</sub>			
Tablier	Mmax en appui	1,52		11,7	<b>20,772</b>	<b>15,56</b>
	Mmax en travée	-1,35		-6,1	<b>-11,58</b>	<b>-8,67</b>
Radier	Mmax en appui	-15,7		-70,7	<b>-134,32</b>	<b>-100,54</b>
	Mmax en travée	1,3		5,89	<b>11,18</b>	<b>8,37</b>
<hr/>						
	Charges G		Charges Q		ELU	ELS
Piédroits	M <sub>G</sub> KN.m/ml, KN/ml	N <sub>G</sub>	M <sub>Q</sub>	N <sub>Q</sub>	1.35M <sub>G</sub> + 1.6M <sub>Q</sub>	1.35N <sub>G</sub> + 1.6N <sub>Q</sub>
KN.m/ml, KN/ml					M <sub>G</sub> + 1.2M <sub>Q</sub>	N <sub>G</sub> + 1.2N <sub>Q</sub>
Piédroit de rive	28,51	122,13	38,3	141,4	<b>99,76</b>	<b>226,15</b>
Piédroits intermédiaires		18,2		140,3		<b>249,05</b>
						<b>186,56</b>

Tableau Récapitulatif des moments et efforts en appuis et en travée

## ANNEXE 6: Calcul des sections de ferraillage sur le dalot

### ❖ PIEDROIT

Pour la Détermination des Armatures du piédroit en flexion composée le calcul est fait à partir du moment et de l'effort normal de service suivant :

$$M_{ser} = 0,018 \text{ MN/m}$$

$$N_{ser} = 0,01533 \text{ MN}$$

Données		
Dimensions du poteau	Grand côté du poteau	$b = 1,00 \text{ m}$
	Petit côté du poteau	$h = 0,25 \text{ m}$
Contrainte de l'acier utilisé		$F_e = 400 \text{ MPa}$
Contrainte du béton à 28 jours		$F_{cj} = 30 \text{ MPa}$
Moment		$M = 0,018 \text{ MN.m}$
Effort ultime= $G + Q$		$N_{ser} = 0,015336 \text{ MN}$
Hauteur etage	$l_0$	$l_0 = 2,2 \text{ m}$
Poteau de rive si oui (1) si non (2)		
$N_u/2$ appliq. avt 28 j $\implies K = 1.2$	On remplace $F_{c28}$ par $F_{cj}$	
$\implies K = 1.1$		
$N_u/2$ appliq. avt 90 j $\implies K = 1.1$		
$N_u/2$ appliq. aps 90 j $\implies K = 1.1$		
		Coefficient réducteur $K = 1,1$

Résultats		
Excentricité	$e = M / N$	$e = 1,17 \text{ m}$
Comparaison		flexioncomposée
effort resistant de compression	$N_{bmax} = (a \times b) \times f_{bu}$	$N_{bmax} = 5,1000 \text{ MN}$
Coefficient de remplissage du beton	$\varphi_1 = N / N_{bmax}$	$\varphi_1 = 0,0030$
Comparaison		$\varepsilon = \text{continue}$
	$e_{NC} = \varepsilon * h$	$e_{NC} = 0,1666$
Excentricité critique relative	$e_a = \max(2cm; \frac{l_0}{250})$	$e_a = 0,0500$
Excentricité additionnelle		$e_2 = 0,02$
Longueur de flambement	si poteau de rive : $l_f = l_0$ , sinon $l_f = 0,7 l_0$	$l_f = 1,54 \text{ m}$
$e_2 = (3l_f^2 * (2 + \alpha * \emptyset)) / 10000h$		$e_2 = 0,001$
Excentricité totale	$e = e_1 + e_a + e_2$	$e = 1,1943 \text{ m}$
Comparaison	$(l_f / i)$	partiellement comprimée
	$e_A = e + (d - 0,5h)$	$e_A = 1,31$
Moment fictif	$M_f = e_A \times N$	$M_f = 0,020$
Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	$b = 1,00 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers tendus	$d = 0,21 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers comprimés ( si nécessaire )	$d' = 0,05 \text{ m}$
Contrainte de l'acier utilisé		$F_e = 400 \text{ MPa}$
Contrainte du béton à 28 jours		$F_{c28} = 30 \text{ MPa}$
Moment de service		$M_{ser} = 0,020 \text{ MN.m}$

Conditions de fissuration ( 1 ) FP , ( 2 ) FTP

Type :

<b>Calcul des contraintes admissibles</b>		
Contrainte de compression du béton	( 0.6 x Fc28 )	$\sigma_{bc} =$ 18 MPa
Contrainte limite de traction du béton	0.6 + ( 0.06 x Fc28 )	$Ft28 =$ 2,40 MPa
Contrainte limite de traction des aciers	$FP = \min( 2/3 Fe ; \max( 1/2 Fe ; 110 \times (\eta \times Ftj)^{1/2} ) )$ $FTP = 0.80 \times \sigma_{st} ( FP )$	
		$\sigma_{st} =$ 172,44 MPa

<b>Paramètres caractéristiques de la section</b>		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / ( \sigma_{bc} + ( \sigma_{st} / 15 ) )$	$\alpha =$ 0,610
Ordonnée de la fibre neutre	$d \times \alpha$	$y =$ 0,128 m
Bras de levier du couple interne	$d - ( y / 3 )$	$Zb =$ 0,167 m
Moment résistant du béton de service	$0.5 \times \sigma_{bc} \times b \times \alpha ( 1 - ( \alpha / 3 ) ) \times d^2$	$Mrbser =$ 0,193 MN.m
Etat limite de compression du béton	si $Mrbser > Mser$ $\Rightarrow$ Pas d'aciers comprimés si $Mrbser < Mser$ $\Rightarrow$ Aciers comprimés nécessaires	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés

<b>Détermination des sections théoriques d'aciers</b>		
Section des aciers tendus acier min	si pas d'aciers comprimés $\Rightarrow$ $Mser / ( \sigma_{st} \times Zb )$ si aciers comprimés nécessaires $\Rightarrow$ [ $Mrbser / ( \sigma_{st} \times Zb ) ] + [ ( Mser - Mrbser ) / ( \sigma_{st} \times ( d - d' ) ) ]$	$Ast =$ 6,10 cm <sup>2</sup> $As \text{ min} = \max( bh/10000; 0,23 \times b \times d \times f_t / f_{c28} )$ $As \text{ min} =$ 2,90
Choix d'une section commerciale	Lit n° 1 Lit n° 2 Lit n° 3	Choix 1 : 6HA10 Choix 2 : Choix 3 :
Contrainte des aciers comprimés	$15 \times [ ( \sigma_{bc} \times ( y - d' ) ) / y ]$	$\sigma_{sc} =$ 0,00 MPa
Section des aciers comprimés	$( Mser - Mrbser ) / ( \sigma_{sc} \times ( d - d' ) )$	$Asc =$ 0,00 cm <sup>2</sup>
Choix d'une section commerciale	Lit n° 1 Lit n° 2 Lit n° 3	Choix 1 : Choix 2 : Choix 3 :
Aciers de peau	Uniquement si $h > 70$ cm $FP = ( 3 \text{ cm}^2 \text{ par mètre de parement } )$ $FTP = ( 5 \text{ cm}^2 \text{ par mètre de parement } )$	Choix :
Vérification	$Mser - Mrbser < 0.4 \times Mser$	vérifié
		<b>Ast réelle = 6,79 cm<sup>2</sup></b>

### ❖ TABLIER(EN APPUI)

La détermination des sections d'armature en travée sur le tablier est calculée en flexion simple.

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	b = 1,00 m
	Hauteur utile des aciers tendus	d = 0,21 m
	Hauteur utile des aciers comprimés ( si nécessaire )	d' = 0,05 m
Contrainte de l'acier utilisé	Fe =	400 MPa
Contrainte du béton à 28 jours	Fc28 =	30 MPa
Moment de service	Mser =	0,01556 MN.m
Conditions de fissuration ( 1 ) FP , ( 2 ) FTP	Type :	2

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	( 0,6 x Fc28 )	σbc = 18 MPa
Contrainte limite de traction du béton	0,6 + ( 0,06 x Fc28 )	Ft28 = 2,40 MPa
Contrainte limite de traction des aciers	FP = mini ( 2/3 Fe ; maxi ( 1/2 Fe ; 110 x ( η x Ftj ) <sup>1/2</sup> )) FTP = 0,80 x σst ( FP )	σst = 172,44 MPa

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	σbc / ( σbc + ( σst / 15 ) )	α = 0,610
Ordonnée de la fibre neutre	d x α	y = 0,128 m
Bras de levier du couple interne	d - ( y / 3 )	Zb = 0,167 m
Moment résistant du béton de service	0,5 x σbc x b x α ( 1 - ( α / 3 ) ) x d <sup>2</sup>	Mrbser = 0,193 MN.m
Etat limite de compression du béton	si Mrbser > Mser => Pas d'aciers comprimés si Mrbser < Mser => Aciers comprimés nécessaires	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés => Mser / ( σst x Zb ) si aciers comprimés nécessaires => [ Mrbser / ( σst x Zb ) ] + [ ( Mser - Mrbser ) / ( σst x ( d - d' ) ) ]	Ast = 5,39 cm <sup>2</sup>
Choix d'une section commerciale	Lit n° 1 Lit n° 2 Lit n° 3	Choix 1 : 5HA 12 Choix 2 : Choix 3 :
Contrainte des aciers comprimés	15 x [ ( σbc x ( y - d' ) ) / y ]	σsc = 0,00 MPa
Section des aciers comprimés	( Mser - Mrbser ) / ( σsc x ( d - d' ) )	Asc = 0,00 cm <sup>2</sup>
Choix d'une section commerciale	Lit n° 1 Lit n° 2 Lit n° 3	Choix 1 : Choix 2 : Choix 3 :
Aciers de peau	Uniquement si h > 70 cm FP = ( 3 cm <sup>2</sup> par mètre de parement ) FTP = ( 5 cm <sup>2</sup> par mètre de parement )	Choix :
Vérification	Mser - Mrbser < 0,4 x Mser	vérifié
		Ast réelle = 5,65 cm <sup>2</sup>

❖ TABLIER EN TRAVEE (Flexion simple)

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	b = 1,00 m
	Hauteur utile des aciers tendus	d = 0,21 m
	Hauteur utile des aciers comprimés ( si nécessaire )	d' = 0,05 m
Contrainte de l'acier utilisé	Fe =	400 MPa
Contrainte du béton à 28 jours	Fc28 =	30 MPa
Moment de service	Mser =	0,008 MN.m
Conditions de fissuration ( 1 ) FP , ( 2 ) FTP	Type :	2

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	( 0,6 x Fc28 )	σbc = 18 MPa
Contrainte limite de traction du béton	0,6 + ( 0,06 x Fc28 )	Ft28 = 2,40 MPa
Contrainte limite de traction des aciers	FP = mini ( 2/3 Fe ; maxi ( 1/2 Fe ; 110 x ( η x Ftj )^1/2 ) ) FTP = 0,80 x σst ( FP )	σst = 172,44 MPa

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	σbc / ( σbc + ( σst / 15 ) )	α = 0,610
Ordonnée de la fibre neutre	d x α	y = 0,128 m
Bras de levier du couple interne	d - ( y / 3 )	Zb = 0,167 m
Moment résistant du béton de service	0,5 x σbc x b x α ( 1 - ( α / 3 ) ) x d²	Mrbser = 0,193 MN.m
Etat limite de compression du béton	si Mrbser > Mser => Pas d'aciers comprimés si Mrbser < Mser => Aciers comprimés nécessaires	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés => Mser / ( σst x Zb ) si aciers comprimés nécessaires => [ Mrbser / ( σst x Zb ) ] + [( Mser - Mrbser ) / ( σst x ( d - d' ) )]	Ast = 2,77 cm²
Choix d'une section commerciale	Lit n° 1 Lit n° 2 Lit n° 3	Choix 1 : 3 HA 12 Choix 2 : Choix 3 :
Contrainte des aciers comprimés	15 x [ ( σbc x ( y - d' ) ) / y ]	σsc = 0,00 MPa
Section des aciers comprimés	( Mser - Mrbser ) / ( σsc x ( d - d' ) )	Asc = 0,00 cm²
Choix d'une section commerciale	Lit n° 1 Lit n° 2 Lit n° 3	Choix 1 : Choix 2 : Choix 3 :
Aciers de peau	Uniquement si h > 70 cm FP = ( 3 cm² par mètre de parement ) FTP = ( 5 cm² par mètre de parement )	Choix :
Vérification	Mser - Mrbser < 0,4 x Mser	vérifié
		Ast réelle = 3,39 cm²

❖ RADIER EN TRAVEE (flexion simple)

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	b = 1,00 m
	Hauteur utile des aciers tendus	d = 0,21 m
	Hauteur utile des aciers comprimés ( si nécessaire )	d' = 0,05 m
Contrainte de l'acier utilisé	Fe =	400 MPa
Contrainte du béton à 28 jours	Fc28 =	30 MPa
Moment de service	Mser =	0,008 MN.m
Conditions de fissuration ( 1 ) FP , ( 2 ) FTP	Type :	1

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	( 0,6 x Fc28 )	σbc = 18 MPa
Contrainte limite de traction du béton	0,6 + ( 0,06 x Fc28 )	Ft28 = 2,40 MPa
Contrainte limite de traction des aciers	FP = mini ( 2/3 Fe ; maxi ( 1/2 Fe ; 110 x ( η x Ftj )^1/2 ) ) FTP = 0,80 x σst ( FP )	σst = 215,56 MPa

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	σbc / ( σbc + ( σst / 15 ) )	α = 0,556
Ordonnée de la fibre neutre	d x α	y = 0,117 m
Bras de levier du couple interne	d - ( y / 3 )	Zb = 0,171 m
Moment résistant du béton de service	0,5 x σbc x b x α ( 1 - ( α / 3 ) ) x d²	Mrbser = 0,180 MN.m
Etat limite de compression du béton	si Mrbser > Mser => Pas d'aciers comprimés si Mrbser < Mser => Aciers comprimés nécessaires	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés => Mser / ( σst x Zb ) si aciers comprimés nécessaires => [ Mrbser / ( σst x Zb ) ] + [( Mser - Mrbser ) / ( σst x ( d - d' ) )]	Ast = 2,17 cm²
Choix d'une section commerciale	Lit n° 1 Lit n° 2 Lit n° 3	Choix 1 : 2HA12 Choix 2 : Choix 3 :
Contrainte des aciers comprimés	15 x [ ( σbc x ( y - d' ) ) / y ]	σsc = 0,00 MPa
Section des aciers comprimés	( Mser - Mrbser ) / ( σsc x ( d - d' ) )	Asc = 0,00 cm²
Choix d'une section commerciale	Lit n° 1 Lit n° 2 Lit n° 3	Choix 1 : Choix 2 : Choix 3 :
Aciers de peau	Uniquement si h > 70 cm FP = ( 3 cm² par mètre de parement ) FTP = ( 5 cm² par mètre de parement )	Choix :
Vérification	Mser - Mrbser < 0,4 x Mser	vérifié
		Ast réelle = 2,27 cm²

❖ RADIER EN APPUI (flexion simple)

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	b = 1,00 m
	Hauteur utile des aciers tendus	d = 0,21 m
	Hauteur utile des aciers comprimés ( si nécessaire )	d' = 0,05 m
Contrainte de l'acier utilisé	Fe =	400 MPa
Contrainte du béton à 28 jours	Fc28 =	30 MPa
Moment de service	Mser =	0,01 MN.m
Conditions de fissuration ( 1 ) FP , ( 2 ) FTP	Type :	1

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	( 0,6 x Fc28 )	σbc = 18 MPa
Contrainte limite de traction du béton	0,6 + ( 0,06 x Fc28 )	Ft28 = 2,40 MPa
Contrainte limite de traction des aciers	FP = mini ( 2/3 Fe ; maxi ( 1/2 Fe ; 110 x ( η x Ftj )^1/2 ) ) FTP = 0,80 x σst ( FP )	σst = 215,56 MPa

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	σbc / ( σbc + ( σst / 15 ) )	α = 0,556
Ordonnée de la fibre neutre	d x α	y = 0,117 m
Bras de levier du couple interne	d - ( y / 3 )	Zb = 0,171 m
Moment résistant du béton de service	0,5 x σbc x b x α ( 1 - ( α / 3 ) ) x d²	Mrbser = 0,180 MN.m
Etat limite de compression du béton	si Mrbser > Mser => Pas d'aciers comprimés si Mrbser < Mser => Aciers comprimés nécessaires	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés => Mser / ( σst x Zb ) si aciers comprimés nécessaires => [ Mrbser / ( σst x Zb ) ] + [( Mser - Mrbser ) / ( σst x ( d - d' ) )]	Ast = 2,71 cm²
Choix d'une section commerciale	Lit n° 1 Lit n° 2 Lit n° 3	Choix 1 : 3HA12 Choix 2 : Choix 3 :
Contrainte des aciers comprimés	15 x [ ( σbc x ( y - d' ) ) / y ]	σsc = 0,00 MPa
Section des aciers comprimés	( Mser - Mrbser ) / ( σsc x ( d - d' ) )	Asc = 0,00 cm²
Choix d'une section commerciale	Lit n° 1 Lit n° 2 Lit n° 3	Choix 1 : Choix 2 : Choix 3 :
Aciers de peau	Uniquement si h > 70 cm FP = ( 3 cm² par mètre de parement ) FTP = ( 5 cm² par mètre de parement )	Choix :
Vérification	Mser - Mrbser < 0,4 x Mser	vérifié
		Ast réelle = 3,39 cm²

## ANNEXE 7: Calcul des sections d'armature du mur en aile

### ❖ Calcul du mur en aile à l'ELS

$$\begin{cases} N_{ser} = 122,136 \text{ KN/ml} \\ M_{ser} = 28,513 \text{ KN.m/ml} \end{cases}$$

$$e_{0ser} = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = 0,233 \text{ m}$$

- Sollicitation au centre de gravité des aciers tendus.

$$e_A = e_{0ser} + \left( d - \frac{h}{2} \right) = 0,233 + 0,225 - \frac{0,25}{2} = 0,36 \text{ cm}$$

$$M_{serA} = N_{ser} \times e_A = 122,136 \times 0,36 = 44 \text{ KN.m/ml}$$

-Calcul des aciers en flexion simple

-Moment réduit limite :  $\gamma_M = \frac{M_{uA}}{M_{serA}} = \frac{53,23}{44} = 1.20$

$$10^4 \mu_{lu} = 3440 \theta \gamma_M + 49 \frac{f_{c28}}{\theta} = 3440 \times 1 \times 1,20 + 49 \frac{17}{1}$$

$$\mu_{lu} = 0.2721$$

On a :  $\mu_{uA} < \mu_{lu} \rightarrow \text{pas d'acières comprimés}$

-Paramètre de déformation :

$$\alpha_{uA} = 1.25 \left( 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{uA}} \right) = 1.25 \left( 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,11} \right) = 1,1$$

Bras de levier :  $Z_u = d(1 - 0,4\alpha_{uA}) = 0.225(1 - 0,4 \times 1,1) = 0.126 \text{ m}$

$$A = \frac{M_{uA}}{Z_u \sigma_s} = \frac{0,05323}{0,266 \times 347,83} = 5,75 \text{ cm}^2$$

-Section théorique d'acier :

$$A_u = A - \frac{N_u}{\sigma_s} = 5,75 - \frac{0,122236 \times 10}{347,83}$$

$$A_u = 5,74 \text{ cm}^2$$

-Condition de non fragilité :

$$A_{min} = 0,23 \frac{f_{t28}}{f_e} b_0 d = 0,23 \times \frac{2,4}{400} \times 1 \times 0,225 = 3,10 \text{ cm}^2$$

Section d'acier retenue :

**$A_u = 5.74 \text{ cm}^2$  Soit  $2.87 \text{ cm}^2 / \text{ml/face}$**

Choix : 2HA14 soit  $3,08 \text{ cm}^2 / \text{face}$  espacement 15 cm.

## ANNEXE 8 : Dimensionnement de la chaussée

### Données de base pour les calculs

Alizé-Lcpc - Définition d'une Structure (Fichier/nouveau)

Fichier Calculer Valeurs admissibles Bibliothèques Configurer Alizé Fenêtre ?

Titre :

Structure de base

	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériaux type
collé	0,07	5400	0,350	bb
collé	0,15	7000	0,350	gb1
collé	0,20	600	0,350	gnt1
collé	infini	200	0,350	pf4

Modifier la structure  
nb de couches : 4

Ajouter 1 couche  
Supprimer 1 couche

Série de calculs  
nb de calculs : 1

Voir/gérer les variantes  
Supprimer les variantes

Niveaux de calcul  
Modifier les niveaux

Aide -  
Nature des interfaces  
Epaisseurs mini-maxi

Calcul direct (charge réf.)

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

variante 1: Durée= 00:00sec

épaisseur (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)
0,070	5400,0	0,350	0,000	28,1	0,357	-0,1	0,658
			collé	6,6	0,249	53,3	0,557
0,150	7000,0	0,350	0,070	6,6	0,313	38,6	0,557
			collé	-75,9	-0,683	74,5	0,088
0,200	600,0	0,350	0,220	-75,9	-0,016	158,1	0,088
			collé	-83,2	-0,050	121,1	0,041
infini	200,0	0,350	0,420	-83,2	-0,002	205,4	0,041

Grandeurs affichées -

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

Déflexion = 21,1 mm/100 entre-jumelage

Rdc = 820,5 m

Imprimer Enregistrer  
Voir Chargé Fermer

## Couche Béton Bitumineux

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

**Trafic PL cumulé : données**

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	520
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	5
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	6,27
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	15
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	4,0956E+6

**Valeurs admissibles : données**

matériau type :	bb
coefficient CAM :	0,8
risque (%) :	5,0
trafic cumulé NE :	3,2765E+6
Epsilon6 (μdéf) :	100
-1/b :	5

**Calculs**

- [Calculer EpsiT admissible](#)
- [Calcul inverse NE = f\(EpsiT\)](#)
- [Calcul inverse Risk = f\(EpsiT\)](#)
- [Bibliothèque des matériaux](#)

**Informations**

Pour modifier les valeurs standard : cliquer sur "bb"

**Aide**

- [CAM : Guide lcpc-sétra 94](#)
- [CAM : Catalogue 1998](#)
- [Risques : Guide lcpc-sétra 94](#)
- [Risques : Catalogue 1998](#)
- [Structures catalogue 98](#)

**EpsilonT**  
81,6 μdéf

Annotation libre : BB

Mémo ...

1 - EpsiT = 81,6 (BB)

effacer=dbl click

Fermer

## Couche de grave bitume

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

**Trafic PL cumulé : données**

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	520
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	5
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	6,27
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	15
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	4,0956E+6

**Valeurs admissibles : données**

matériau type :	gb1
coefficient CAM :	0,8
risque (%) :	5,0
trafic cumulé NE :	3,2765E+6
Epsilon6 (μdéf) :	70
-1/b :	5

**Calculs**

- [Calculer EpsiT admissible](#)
- [Calcul inverse NE = f\(EpsiT\)](#)
- [Calcul inverse Risk = f\(EpsiT\)](#)
- [Bibliothèque des matériaux](#)

**Informations**

Pour modifier les valeurs standard : cliquer sur "gb1"

**Aide**

- [CAM : Guide lcpc-sétra 94](#)
- [CAM : Catalogue 1998](#)
- [Risques : Guide lcpc-sétra 94](#)
- [Risques : Catalogue 1998](#)
- [Structures catalogue 98](#)

**EpsilonT**  
59,6 μdéf

Annotation libre : GB

Mémo ...

1 - EpsiT = 81,6 (BB)  
2 - EpsiT = 59,6 (GB)

effacer=dbl click

Fermer

## Couche de fondation

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

**Trafic PL cumulé : données**

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	520
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	5
<input type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	6,27
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	15
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	4,0956E+6

**Valeurs admissibles : données**

matériau type :	gnt et sol	(gnt sous chaussées bb/gb)
coefficient CAM :	0,8	
trafic cumulé NE :	3,2765E+6	
Coefficient A :	12000	
pente b :	-0,222	

**Calculer EpsiZ admissible**

**Calcul inverse NE = f(EpsiZ)**

**Aide**

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

**EpsilonZ**  
429,3  $\mu$ def

**Annotation libre :**  
GLN

**Mémo ...**

1 - EpsiT= 81,6 (BB)  
2 - EpsiT= 59,6 (GB)  
3 - EpsiZ= 429,3 (GLN)

effacer=dbl click

**Fermer**

Désignation	Valeur calculées	Valeurs admissibles	Observations
$\varepsilon_{z,(sol suppot)}(en \mu def)$	205,4	410,1	OK
$\varepsilon_{t,(GLAR fondation)}(en \mu def)$	94,2	429,3	OK
$\varepsilon_{Z,adm GB pour base}(en \mu def)$	57,6	59,6	OK
$\varepsilon_{T,adm (BB)}(en \mu def)$	5,3	81,6	OK

Tableau 37: vérification des contraintes sur Alizé

**ANNEXE 9 : Résultat de mesure de la valeur de la déflexion**

Section	PK	D90 (1/100 mm)	Qualité de la déflexion	Portance	Qualité de la structure
1	0+000-5+575	202	forte	faible	Mauvaise
2	5+587,5- 17+362,5	218	forte	faible	Mauvaise
3	17+375 23+975	- 140	forte	faible	Mauvaise
4	23+987,5 33+637,5	- 151	forte	faible	Mauvaise
5	33+675 60+075	- 184	forte	faible	Mauvaise
6	60+087,5 64+925	- 190	forte	faible	Mauvaise
7	64+937,5 70+787,5	- 153	forte	faible	Mauvaise
8	70+788 70+800	- 61.3	forte	faible	mauvais
9	70+800 74+812,5	- 204	forte	faible	Mauvaise
10	74+825 81+375	- 216	forte	faible	Mauvaise
11	81+387,5 84+275	- 134	forte	faible	Mauvaise
12	84+287,5 91+337,5	- 186	forte	faible	Mauvaise

Tableau 38: Tableau des résultats de mesure de la déflexion

## ANNEXE 10 : Coordonnées de l'axe en plan de la Route

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	829391.986	327521.885
D1	GIS = 272.523g	146.136	146.136	829259.252	327460.751
C1	XC= 829213.235 YC= 327560.663 R = -110.000	31.534			
D2	GIS = 290.773g	389.945	177.670	829229.123	327451.816
C2	XC= 828698.832 YC= 328385.009 R = -1000.000	259.014	567.615	828843.267	327395.495
D3	GIS = 307.262g	264.009	826.628	828585.007	327391.508
			1090.637	828322.714	327421.559
C3	XC= 828220.271 YC= 326527.409 R = 900.000	312.106	1402.743	828012.716	327403.149
D4	GIS = 285.185g	270.607	1673.350	827749.403	327340.742
C4	XC= 827680.218 YC= 327632.656 R = -300.000	156.483	1829.833	827594.749	327345.088
D5	GIS = 318.392g	713.124	2542.958	826911.178	327548.255
C5	XC= 826654.771 YC= 326685.553 R = 900.000	382.930	2925.888	826532.231	327577.172
D6	GIS = 291.305g	1317.517	4243.405	825226.984	327397.786
C6	XC= 825104.445 YC= 328289.405 R = -900.000	581.227	4824.632	824665.691	327503.596
D7	GIS = 332.419g	208.172	5032.804	824483.932	327605.081
C7	XC= 824313.305 YC= 327299.488 R = 350.000	262.907	5295.711	824229.451	327639.295
D8	GIS = 284.598g	552.113	5847.824	823693.418	327507.019
C8	XC= 823621.544 YC= 327798.282 R = -300.000	105.368	5953.192	823588.821	327500.072

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
D9	GIS = 306.958g	348.505	6301.697	823242.395	327538.085
C9	XC= 823209.673 YC= 327239.875 R = 300.000	233.366	6535.063	823023.708	327475.283
D10	GIS = 257.436g	420.009	6955.072	822694.130	327214.926
C10	XC= 822498.866 YC= 327462.105 R = -315.000	439.971	7395.043	822289.240	327226.984
D11	GIS = 346.355g	435.127	7830.169	821964.455	327516.553
C11	XC= 821698.262 YC= 327217.987 R = 400.000	326.310	8156.480	821663.252	327616.452
D12	GIS = 294.421g	637.019	8793.499	821028.678	327560.696
C12	XC= 821094.322 YC= 326813.575 R = 750.000	511.093	9304.592	820572.708	327352.480
D13	GIS = 251.038g	376.342	9680.934	820302.291	327090.740
C13	XC= 819328.612 YC= 328096.696 R = -1400.000	517.065	10197.999	819873.491	326807.082
D14	GIS = 274.550g	1200.735	11398.734	818767.431	326339.756
C14	XC= 819370.690 YC= 324911.968 R = 1550.000	330.439	11729.173	818479.002	326179.798
D15	GIS = 260.978g	365.056	12094.229	818180.403	325969.788
C15	XC= 818007.819 YC= 326215.174 R = -300.000	302.604	12396.833	817892.174	325938.360
D16	GIS = 325.193g	561.754	12958.587	817373.835	326154.906
C16	XC= 817238.916 YC= 325831.956 R = 350.000	264.560	13223.147	817115.569	326159.500
D17	GIS = 277.072g	1221.883			

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			14445.029	815972.080	325728.886
C17	XC= 815831.112 YC= 326103.223 R = -400.000	446.570			
			14891.599	815556.627	325812.262
D18	GIS = 348.146g	1654.379			
			16545.979	814353.231	326947.519
C18	XC= 813907.192 YC= 326474.709 R = 650.000	507.509			
			17053.487	813891.261	327124.514
D19	GIS = 298.439g	1680.154			
			18733.642	812211.611	327083.333
C19	XC= 812227.543 YC= 326433.528 R = 650.000	217.842			
			18951.484	811998.775	327041.941
D20	GIS = 277.104g	1493.270			
			20444.754	810601.046	326516.384
C20	XC= 810354.681 YC= 327171.597 R = -700.000	446.871			
			20891.625	810162.084	326498.614

## ANNEXE 11 : Photos du chantier



**Photo 01** : Opération de diagnostic des ouvrages (buses métallique) sur le terrain



**Photo 02** : Réalisation de l'essai de densitomètre à membrane in situ



**Photo 03** : Dalot de dimension 2x1x1 exécuté



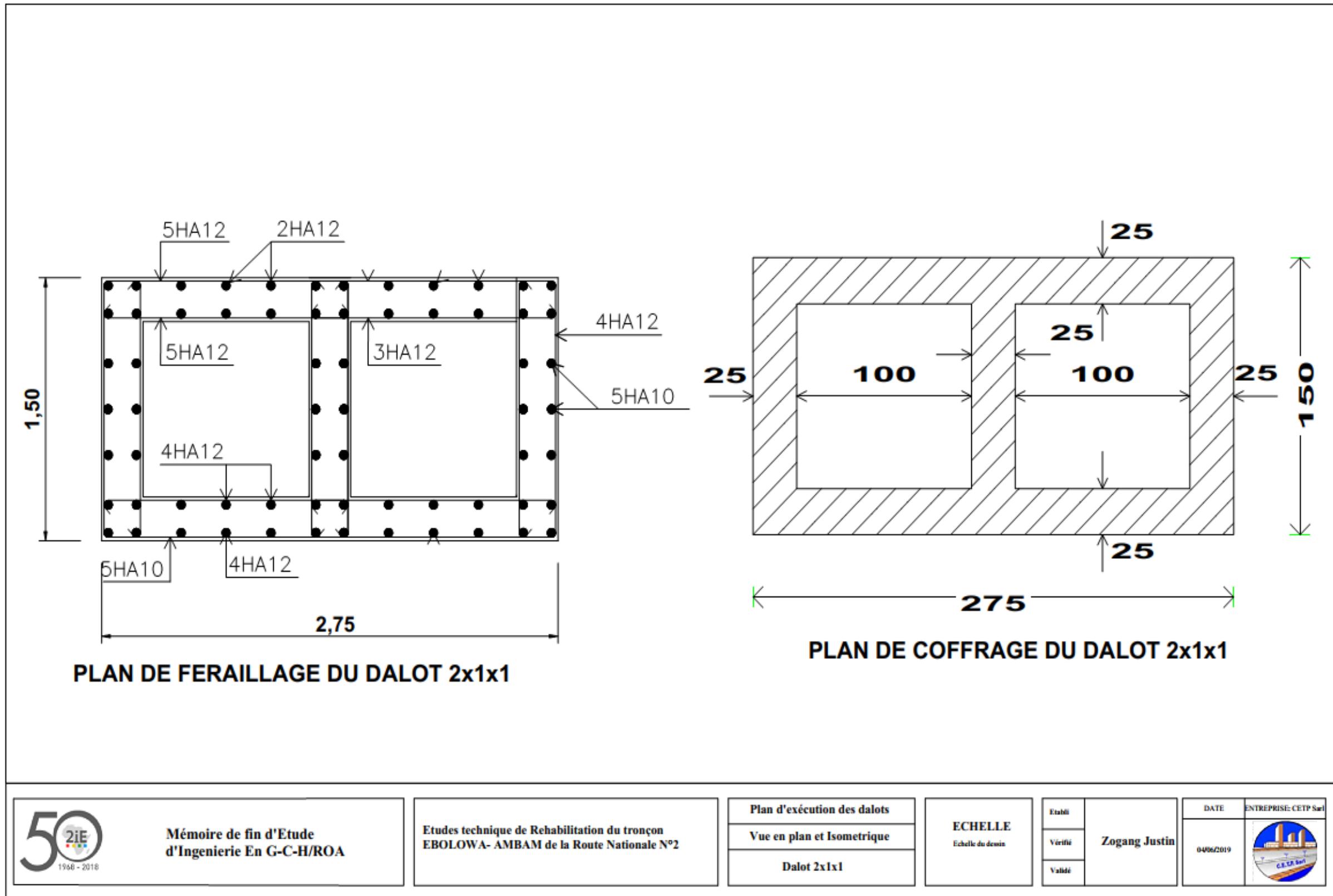
**Photo 04** : Plaque signalétique du chantier

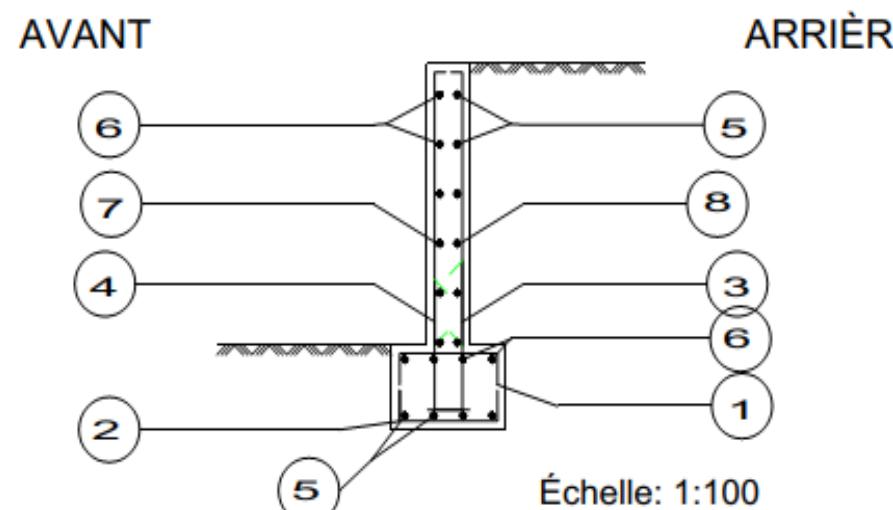
Region		Sud cameroun		EBOLOWA-AMBAM			
Date		12/03/2019(mardi)					
Fiche de comptage du trafic							
sens 1 ( OUEST vers EST)		→		sens 2 ←			
Tranche	Type de véhicule	Nombre					
7h00-10h00	Gros porteur et grands bus	12	63	17	70		
	Camionnettes et mini bus	17		12			
	camion (PL)	18		23			
	Véhicule de touriste	16		18			
10h00-13h00	Gros porteur et grands bus	14	75	13	71		
	Camionnettes et mini bus	18		20			
	camion (PL)	27		20			
	Véhicule de touriste	16		18			
13h00-16h00	Gros porteur et grands bus	13	90	17	84		
	Camionnettes et mini bus	17		20			
	camion (PL)	35		32			
	Véhicule de touriste	25		15			
16h00-19h00	Gros porteur et grands bus		61		70		
	Camionnettes et mini bus	10		18			
	camion (PL)	20		25			
	Véhicule de touriste	31		27			
19h00-22h00	Gros porteur et grands bus	18	71	23	91		
	Camionnettes et mini bus	16		17			
	camion (PL)	17		30			
	Véhicule de touriste	20		21			
22h00-01h00	Gros porteur et grands bus	17	80	12	77		
	Camionnettes et mini bus	23		18			
	camion (PL)	25		35			
	Véhicule de touriste	15		12			
01h00-04h00	Gros porteur et grands bus	10	66	12	68		
	Camionnettes et mini bus	20		17			
	camion (PL)	27		32			
	Véhicule de touriste	9		7			
04h00-07h00	Gros porteur et grands bus	0	55	0	57		
	Camionnettes et mini bus	12		13			
	camion (PL)	28		36			
	Véhicule de touriste	15		8			
<b>total</b>			<b>561</b>		<b>588</b>		
<b>NPL sens 1</b>	<b>172</b>				<b>233</b>		

## ANNEXE 12

### Plan d'exécution du dalot et profils(en long et en travers) de la route

- Plan de ferraillage du dalot
- Plan de coffrage du Dalot
- Plan de ferraillage du Mur en aile
- Plan de ferraillage tablier, Radier et mur en aile
- Vue en Plan et isométrique du Dalot
- Profils en long de la route
- Profils en travers de la route





### Ferraillage mur en aile de sortie et d'entrée gauche et droite

Mur en aile d'entrée gauche, Mur en aile d'entrée droite, Mur en aile de sortie gauche et Mur en aile de sortie droite

POSITION	Ø mm	NBRE. PIÈCES	LONGUEUR m	FAÇONNAGE L=cm	LONGUEUR TOTAL m	POIDS kg/m	POIDS kgf
1	10	24 (4x6)	0.69 - 3.20	40 - 291	47.00	0.62	28.98
2	10	24 (4x6)	0.72 - 3.20	43 - 291	47.53	0.62	29.30
3	12	16 (4x4)	3.17	291	50.75	0.89	45.06
4	12	16 (4x4)	3.17	291	50.75	0.89	45.06
5	10	52 (4x13)	0.29 - 1.33	18 - 121	43.27	0.62	26.68
6	10	52 (4x13)	0.75 - 1.03	55 - 83	51.37	0.62	31.67
7	12	52 (4x13)	0.31 - 1.34	18 - 121	44.17	0.89	39.22
8	12	52 (4x13)	0.75 - 0.93	55 - 73	47.31	0.89	42.01
9	12	52 (4x13)	0.82	56	42.54	0.89	37.76
10	12	52 (4x13)	0.82	56	42.54	0.89	37.76
				HA10	189.17	0.62	116.63
				HA12	278.06	0.89	246.87
Fe E500				Poids total		363.50	
				Poids total avec chutes (10.00%)		399.85	



Mémoire de fin d'Etude  
d'Ingenierie En G-C-H/ROA

Etudes technique de Rehabilitation du tronçon  
EBOLOWA- AMBAM de la Route Nationale N°2

Plan d'exécution des dalots  
Vue en plan et Isométrique  
Dalot 2x1x1

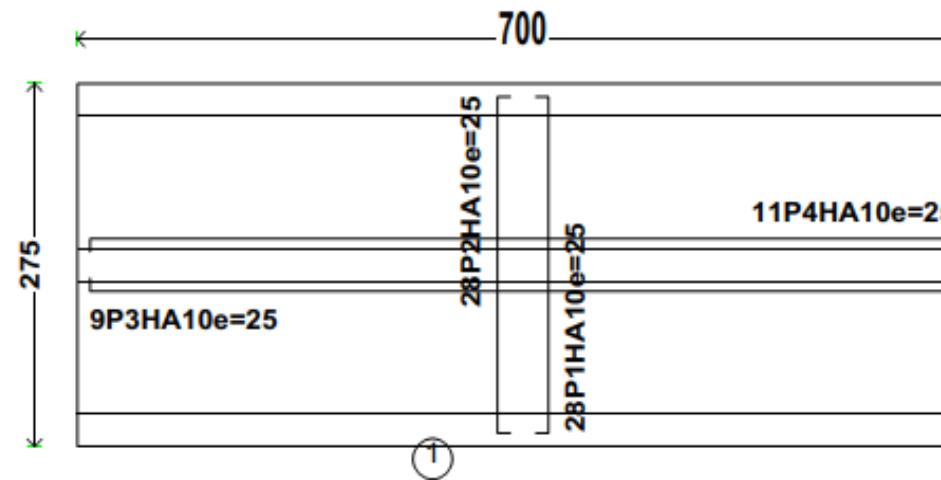
ECHELLE  
Echelle du dessin  
Etabli  
Vérifié  
Validé

Zogang Justin

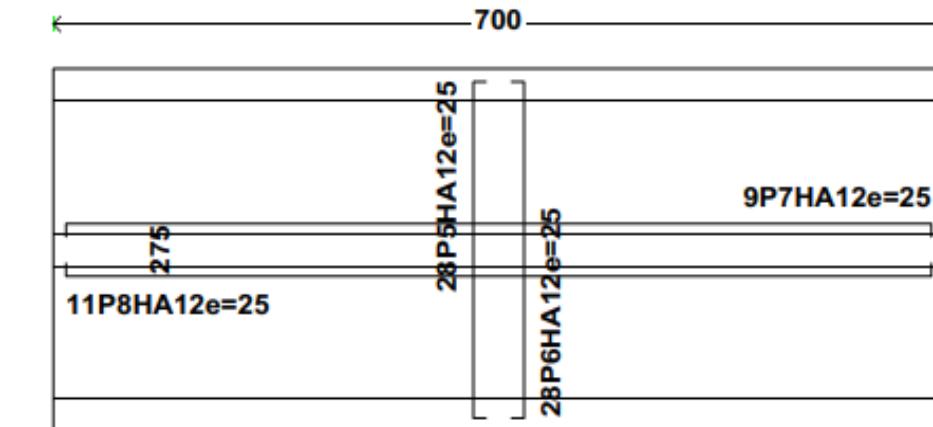
DATE 04/06/2019  
ENTREPRISE: CETP Sari



### Ferraillage tablier



### Ferraillage Radier



### Ferraillage Mur en Aile



Mémoire de fin d'Etude  
d'Ingenierie En G-C-H/ROA

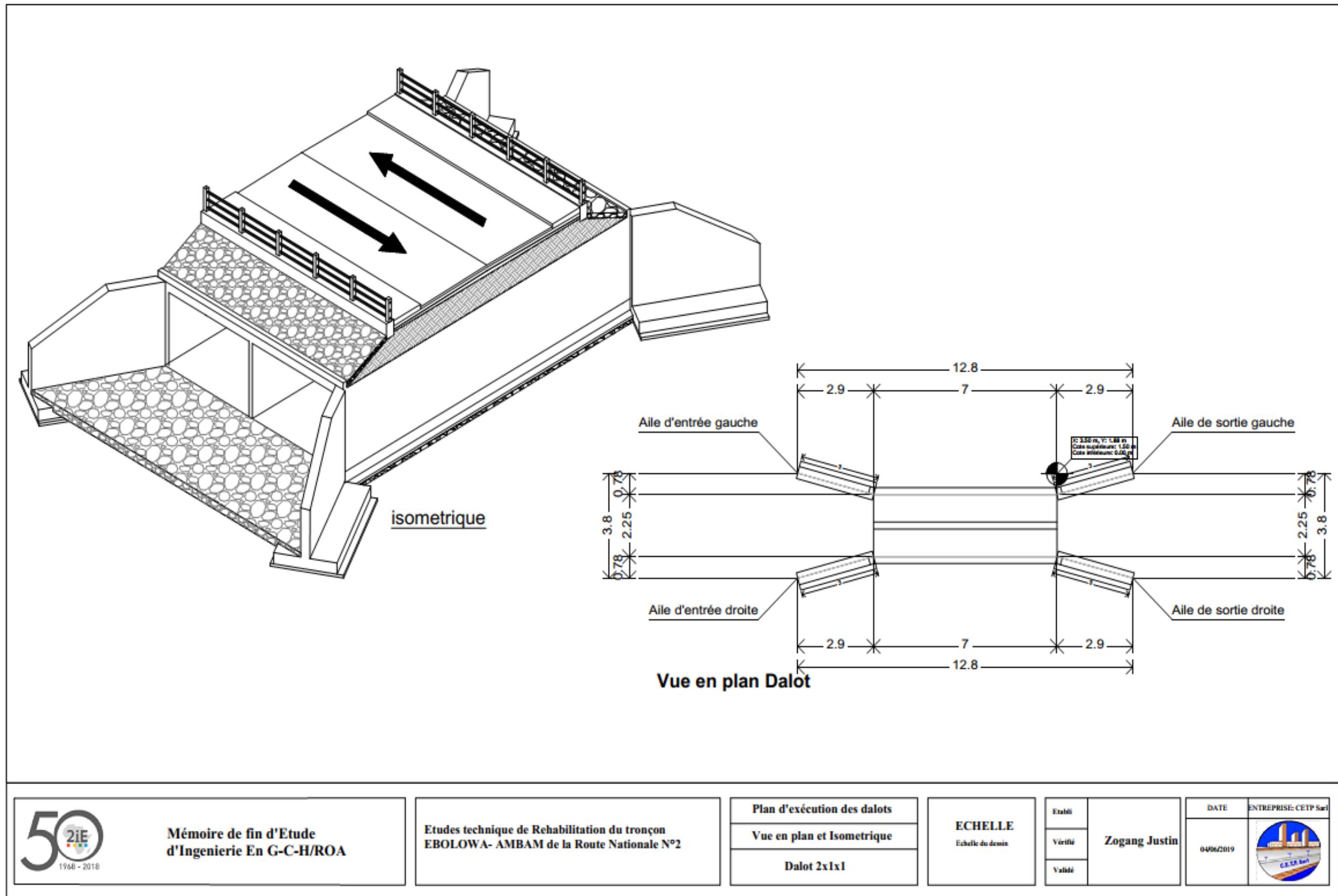
Etudes technique de Rehabilitation du tronçon  
EBOLOWA- AMBAM de la Route Nationale N°2

Plan d'exécution des dalots
Vue en plan et Isométrique
Dalot 2x1x1

ECHELLE
Echelle du dessin

Etabli	Zogang Justin
Vérifié	
Validé	

DATE	ENTREPRISE: CETP Sarl
04/06/2019	



Mémoire de fin d'Etude  
d'Ingenierie En G-C-H/ROA

Etudes technique de Rehabilitation du tronçon  
EBOLOWA- AMBAM de la Route Nationale N°2

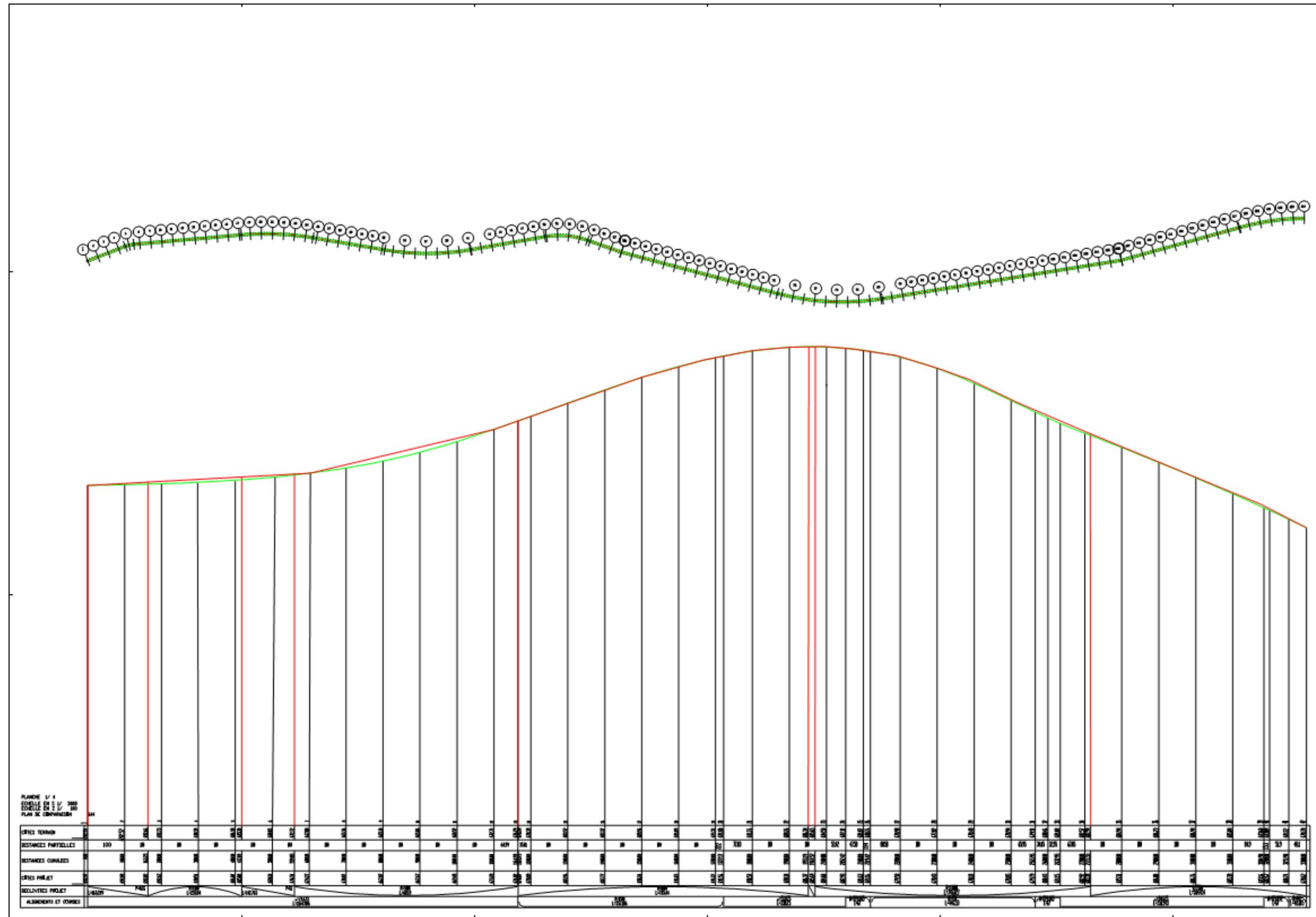
Plan d'exécution des dalots  
Vue en plan et Isométrique  
Dalot 2x1x1

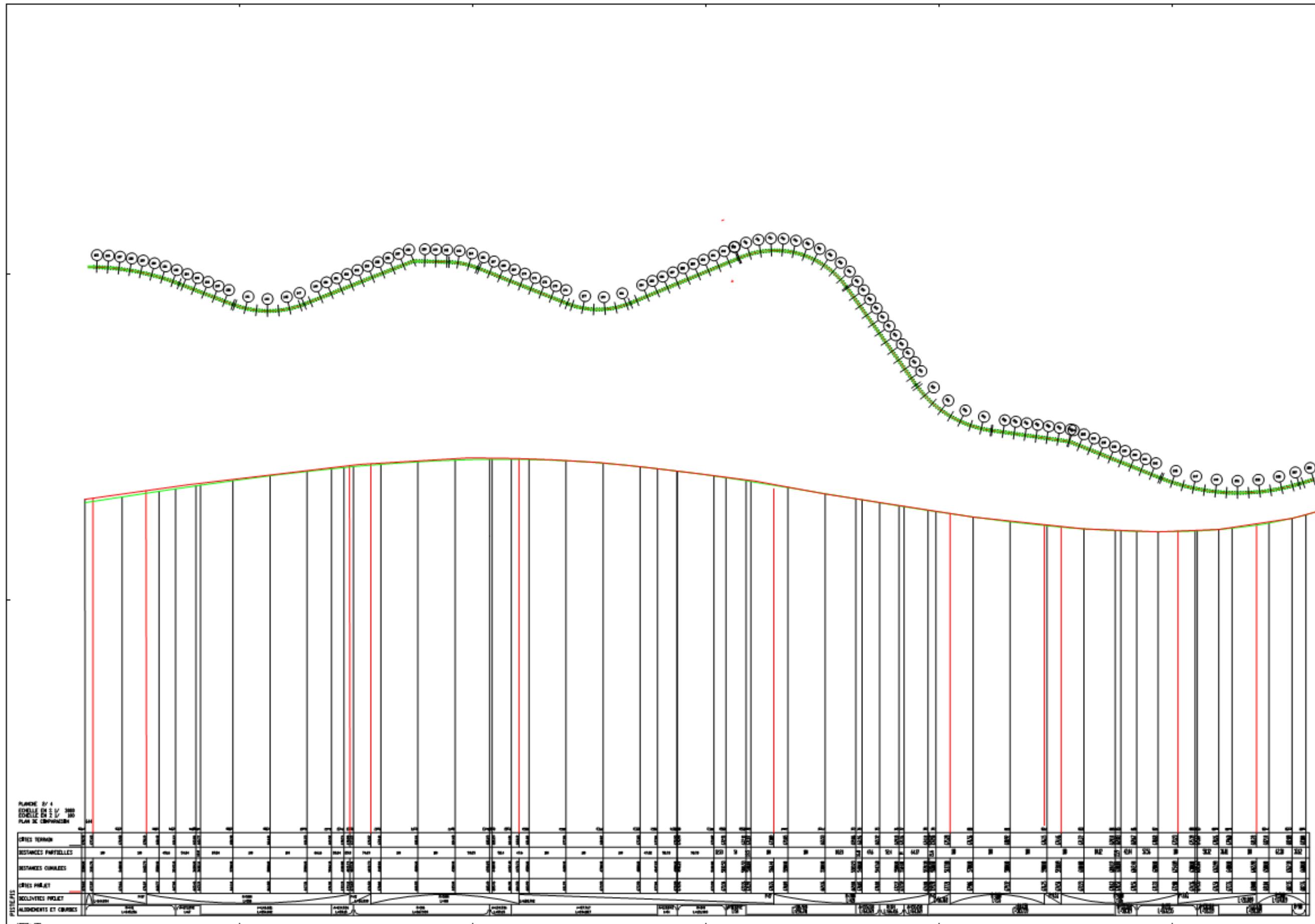
ECHELLE  
Echelle du dessin

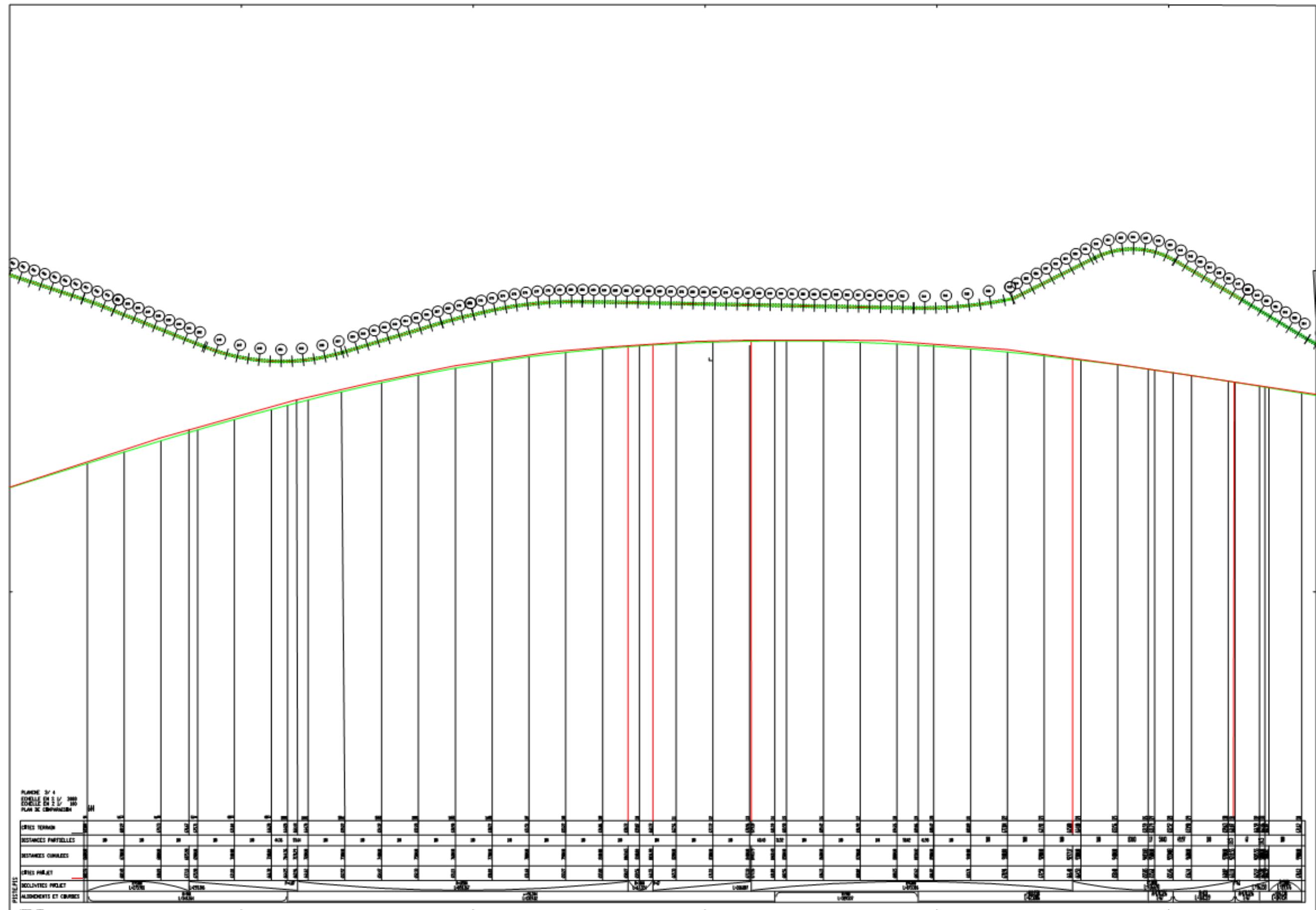
Etabli  
Vérifié  
Validé

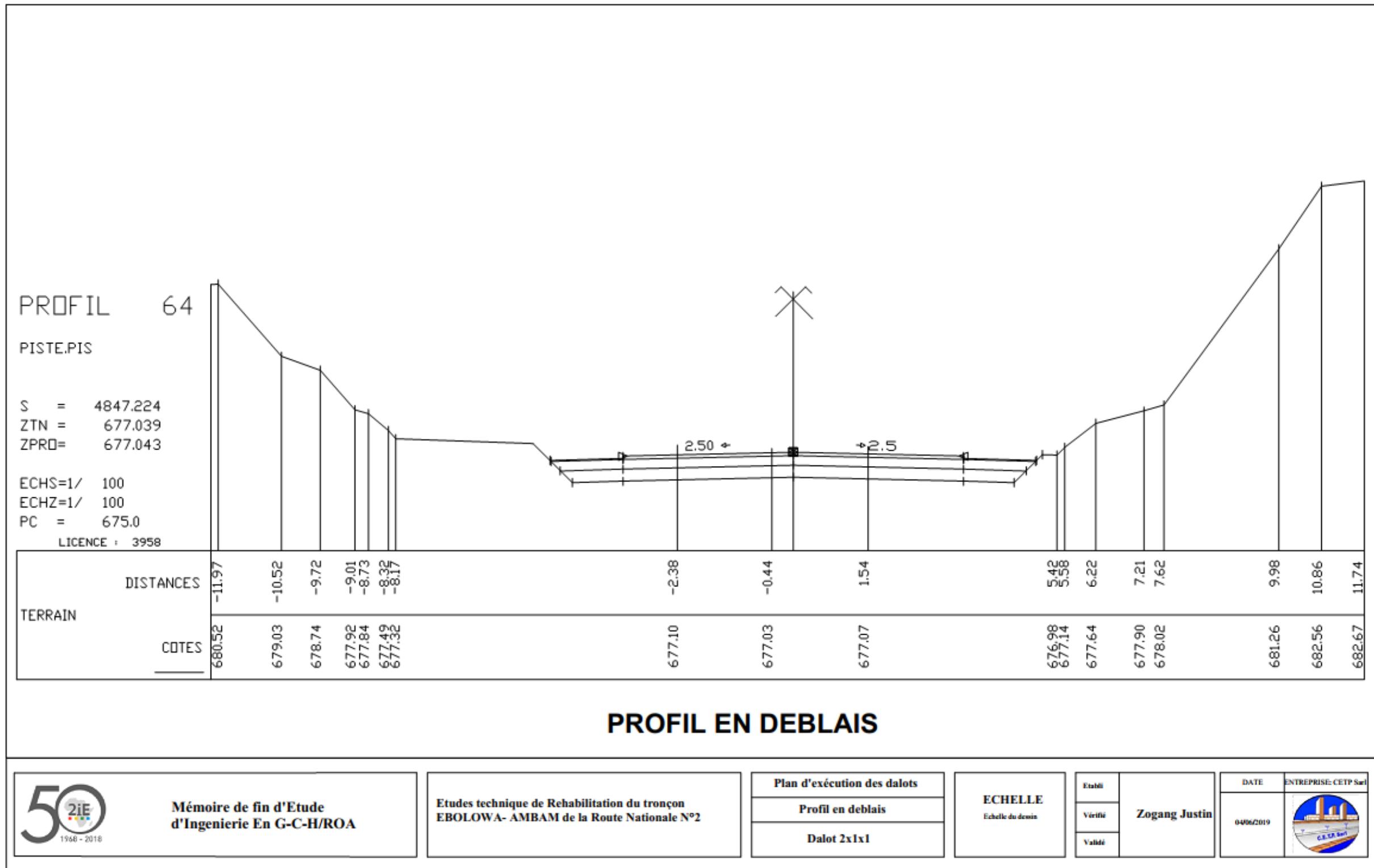
Zogang Justin

DATE  
04/06/2019







Mémoire de fin d'Etude  
d'Ingenierie En G-C-H/ROAEtudes technique de Rehabilitatiion du tronçon  
EBOLOWA- AMBAM de la Route Nationale N°2

Plan d'exécution des dalots

Profil en deblais  
Dalot 2x1x1ECHELLE  
Echelle du dessin

Établi

Vérifié

Validé

DATE : 04/06/2019  
ENTREPRISE: CETP Srl

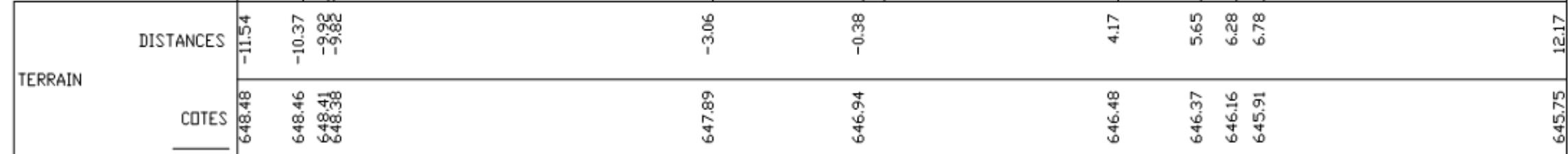


## PROFIL 150

PISTE.PIS

S = 11100.000  
ZTN = 646.904  
ZPRO = 647.406

ECHS=1/ 100  
ECHZ=1/ 100  
PC = 644.0  
LICENCE : 3958



## PROFIL EN REMBLAI DEBLAIS

Mémoire de fin d'Etude  
d'Ingenierie En G-C-H/ROAEtudes technique de Rehabilitation du tronçon  
EBOLOWA- AMBAM de la Route Nationale N°2

Plan d'exécution des dalots

Profil en debais

Dalot 2x1x1

ECHELLE  
Echelle du dessin

Etabli

Vérifié

Validé

Zogang Justin

DATE  
04/06/2019

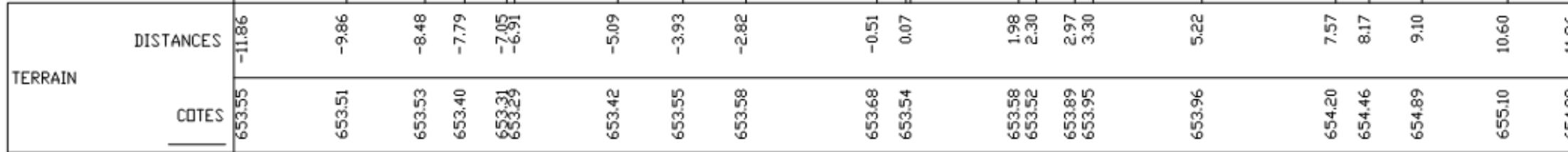


## PROFIL 125

PISTE.PIS

S = 9400.000  
 ZTN = 653.555  
 ZPRO = 658.403

ECHS=1/ 100  
 ECHZ=1/ 100  
 PC = 652.0  
 LICENCE : 3958



## PROFIL EN REMBLAIS

Mémoire de fin d'Etude  
d'Ingenierie En G-C-H/ROAEtudes technique de Rehabilitation du tronçon  
EBOLOWA- AMBAM de la Route Nationale N°2

Plan d'exécution des dalots

Profil en déblais

Dalot 2x1x1

ECHELLE  
Echelle du dessin

Etabli

Vérifié

Validé

Zogang Justin

DATE ENTREPRISE: CETP Sarl

04/06/2019

