



**ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE  
FRANCHISSEMENT (DALOT 4X3X2.5) ET SES VOIES  
D'ACCES EN TERRE DANS LA REGION DU SAHEL AU  
BURKINA FASO**

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

**SPECIALITE : GENIE CIVIL  
OPTION : ROUTES ET OUVRAGES D'ARTS**

**Présenté et soutenu publiquement le 10 janvier 2019 par  
Narcisse Boris WANGUE (2015 0403)**

Directeur de mémoire : **Dr Abdou Lawane GANA**, *enseignant chercheur 2IE*

Maître de stage : **Christian HALTEBAYE**, *Ingénieur de Génie Civil Global Construction Afrique*

**Jury d'évaluation du stage :**

Président : **Pr. Adamah MESSAN**, **Président du jury**

Membres et correcteurs : **Mr. Celestin OVONO MEZUI**, **rapporteur**  
**Mr. Moussa FAYE**, **rapporteur**

**Promotion [2018/2019]**



*ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO*



**GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE**

**CITATION**

*<<Lorsque tu sous-estimes ce que tu fais, le monde sous estimera qui tu es>>*

*Oprah Winfrey*





*ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO*



GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE

## AVANT PROPOS

L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) est sans doute l'une des plus grandes écoles d'ingénierie du continent africain qui s'est donnée pour mission la formation des ingénieurs compétents dans le domaine de l'Eau, de l'Environnement, de l'Énergie et du Génie Civil. C'est une école d'ingénieur dont les diplômes de Master d'Ingénierie sont accrédités depuis juillet 2009, par la Commission des Titres d'Ingénieur (CTI-France) et dans l'ensemble de l'espace européen à travers le label EUR-ACE.

Cette grande école née de la fusion de l'Ecole des Ingénieurs de l'Équipement Rural (EIER) et de l'Ecole des Techniciens Supérieurs de Hydraulique et de l'Équipement Rural (ETSHER) en 2005 et désormais appelée institut 2iE, a vite su adopté une stratégie alliant la pratique et la théorie dans ces programmes de formation de jeunes compétentes dynamiques. C'est pourquoi, le travail pratique sous forme de stage a été instauré dans le programme académique. A la fin du cycle de Master, chaque étudiant, candidat au diplôme d'ingénieur de conception doit effectuer un stage dans une structure de son choix.

Le stage doit permettre non seulement à l'étudiant d'embrasser un milieu professionnel de son choix mais aussi et surtout d'arriver à rédiger son mémoire de fin de cycle qu'il soutiendra publiquement devant un jury en vue d'obtenir le diplôme de Master en ingénierie de conception de l'eau et de l'environnement.

C'est dans le cadre de ce mémoire que le thème : « Etude détaillé d'un ouvrage de franchissement (dalot 4x3x2.5) et ses voies d'accès » nous a été proposé au sein de l'entreprise GCA (Global Construction Afrique).

Ce sujet qui fait l'objet du présent mémoire vient couronner notre formation de Master d'Ingénierie en Génie Civil





## REMERCIEMENTS

- ❖ Nous ne saurons commencer ces remerciements sans rendre grâce et gloire à celui sans qui nous n'aurions pu effectuer ce travail à savoir le **DIEU TOUT PUISSANT**.
- ❖ Pr Mady KONDA, Directeur Général de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau de l'Environnement (2IE).
- ❖ Dr Lawane GANA, enseignant chercheur à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau de l'Environnement (2IE) pour avoir pris le temps d'encadrer et diriger ce mémoire.
- ❖ Monsieur Adou Cogno DIOP, Directeur Général de Global Construction Afrique pour m'avoir donné l'opportunité d'effectuer ce stage aussi enrichissant au sein de son entreprise et pour tous ses conseils.
- ❖ Monsieur Christian HALTEBAYE, Responsable Technique de Global Construction Afrique pour toute son attention particulier à ce mémoire.
- ❖ Pr Adama Messan, l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau de l'Environnement (2IE) pour toutes les directives fournies pour l'élaboration de ce mémoire.
- ❖ Madame GOMIS Marie Thérèse, assistante d'enseignement à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau de l'Environnement (2IE) pour ses directives.
- ❖ Dr TSUANYO David, enseignant chercheur à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau de l'Environnement (2IE)
- ❖ A tous le corps professoral de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau de l'Environnement (2IE) pour leur conseil et enseignement qui font de nous des ingénieurs compétitifs
- ❖ A tout le personnel de Global Construction Afrique
- ❖ Tous mes camarades de promotion
- ❖ A tous mes frères et sœurs **MERVEILLE, CALIXTE, JOSPIN, DONALD**

Tous ceux qui de près ou de loin qui ont contribuées à mon épanouissement durant ma formation au 2IE



**ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO**



**GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE**

**DEDICACE**

*Ce travail est dédié à :*

*Mon père*

***M. NGUEKENG JEAN CLAUDE***

***Et à***

*Ma mère*

***Mme NGUEKENG CHANTAL NEE TSAFACK***





## **RESUME**

La présente étude dont le thème s'intitule « **ÉTUDE DETAILLE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT (DALOT 4x3x2.5) ET SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS LA REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO**», s'articule autour de deux points fondamentaux à savoir l'aménagement de la route en terre et du dimensionnement d'un ouvrage de franchissement. Cette étude s'inscrit dans le cadre du programme des travaux d'aménagement de 400km de pistes rurale dans les 10 régions du Burkina Faso. Elle vise à permettre au réseau de jouer pleinement son rôle dans le développement des échanges dans le pays ;

Pour atteindre cet objectif la méthodologie adoptée rassemble les différentes prestations telles que : la reconnaissance détaillée du site, les travaux topographiques, les études géotechniques, les études hydrologiques et hydrauliques, les aspects environnementaux et sociaux, la conception géométrique et dimensionnement de la chaussée, la conception et le calcul structural des ouvrages de franchissement, l'élaboration des plans d'exécution des ouvrages et élaboration du devis estimatif. La structure de chaussée ainsi aménagée est constituée d'une couche de roulement de 15cm en graveleux latéritique posée sur une couche de forme de 20cm d'épaisseur en graveleux latéritique et un remblai de hauteur variable mais suffisante pour la mise hors d'eau de la route. L'étude hydrologique a donné un débit de 34.61m<sup>3</sup>/s permettant l'obtention d'un dalot de dimensions 4 x 3 x 2,5. Le coût du projet est estimé à 277 213 718 FCA

### **Mots clés :**

---

- **Route en terre**
- **Ouvrage de franchissement**
- **Hydraulique**
- **Sollicitations**
- **Dimensionnement**



## **ABSTRAT**

The present study, whose theme is "DETAILED STUDY OF A CROSSING WORK (DALOT 4x3x2.5) AND ITS ROUTES" is based on two fundamental points namely the development of the earth road and dimensioning of a crossing structure. This study is part of the development program of 400km of rural tracks in the 10 regions of Burkina Faso. It aims to:

- enable the network to play its full role in the development of trade in the country;
- design a road that meets administrative, technical, economic and environmental standards;
- ensure permanent viability.

To achieve these objectives, the adopted methodology brings together various services such as detailed site reconnaissance, topographic work, geotechnical studies, hydrological and hydraulic studies, environmental and social impact studies, geometric design and dimensioning of the site. Pavement, the design and structural calculation of engineering structures and hydraulics, the development of plans for the execution of works and the elaboration of the estimate.

The pavement structure thus laid out consists of a 15cm gravelous lateritic wearing course laid on a layer of 20cm thick gravel laterite and an embankment of variable height but sufficient to put water out of the water road. The hydrological study gave a flow of 34.61m<sup>3</sup> / s to obtain a channel of dimensions 4 x 3 x 2.5

### **Keys Words :**

---

- **Earth road**
- **Crossing work**
- **Hydraulics**
- **Solicitations**
- **Sizing**



## **LISTE DES ABBREVIATIONS**

- BA : Béton Armé
- CEBTP : Centre Expérimental de Recherche et d'Etude du Bâtiment et Travaux Publics
- CIEH : Comité Interafricain d'Etude Hydraulique
- ELS : Etats Limites de Services
- ELU : Etats limites Ultime
- GCA : Global Construction Afrique
- KN : Kilo Newton
- KN.m : Kilo Newton Mètre
- MJA: Moyenne journalière annuelle
- NE : Nombre Equivalent
- ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer
- PHE : Plus Haute Eaux
- PK : Point Kilométrique
- RH : Rayon Hydraulique
- RH' : Rayon non déversé
- RH" : Rayon au dévers minimal
- RHm : Rayon minimal absolu
- RHN : Rayon minimal normal
- RVm : Rayon en angle saillant minimal absolu
- RVN : Rayon en angle saillant minimal normal
- RVm' : Rayon en angle rentrant minimal absolu
- SETRA : Service d'Etude Techniques de Routes et d'Autoroutes
- Tpl : nombre de poids lourds
- Vr : vitesse de référence





## Table de matière

CITATIONS .....	i
AVANT PROPOS .....	ii
REMERCIEMENTS.....	1
DEDICACE.....	2
RESUME.....	3
ABSTRAT .....	4
LISTE DES ABBREVIATIONS.....	5
Table de matière .....	6
LISTE DE FIGURE .....	9
LISTE DE TABLEAU .....	10
INTRODUCTION .....	11
CHAPITRE 1 : Présentation générale du projet et de l'entreprise d'accueil .....	13
INTRODUCTION .....	13
I. Présentation de l'entreprise .....	13
I.1. Présentation de l'entreprise .....	13
I.2. Domaines d'intervention .....	13
I.3. Organisation.....	14
II. Présentation du projet.....	14
II.1 Contexte générale .....	14
II.2 Problématique.....	15
II.3 Objectif du projet .....	15
II.4. Zone de l'étude.....	16
II.5. Présentation de la zone du projet.....	17
II.6. Méthodologie.....	17
Conclusion.....	19
CHAPITRE 2 : ETUDE DES VOIES D'ACCES .....	20
INTRODUCTION.....	20
I. PRINCIPES DE BASE POUR LES ETUDES TECHNIQUES .....	20
I.1 Etudes topographiques .....	20



**ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO**



**GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE**

<b>I.2 Conception géométrique des routes</b> .....	20
<b>I.2.1. Tracé en plan</b> .....	21
<b>I.2.2 Profil en long</b> .....	22
<b>I.2.3 Homogénéité et coordination du profil en long et du tracé en plan</b> .....	23
<b>I.2.4 Profil en travers</b> .....	24
<b>I.3 Etude de la sécurité et de la signalisation routière</b> .....	25
<b>I.4 Signalisation horizontale</b> .....	25
<b>I.5 Signalisation verticale</b> .....	25
<b>I.6 Etudes géotechniques des matériaux d'emprunts</b> .....	25
<b>II. Dimensionnement des structures de chaussées</b> .....	26
<b>II.1 Calcul du Trafic</b> .....	27
<b>II.2 Détermination de l'épaisseur minimale de la couche de roulement</b> .....	28
<b>CONCLUSION</b> .....	29
<b>CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT DE L'OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT</b> .....	30
<b>INTRODUCTION</b> .....	30
<b>I. ETUDE HYDOLOGIQUE ET HYDRAULIQUE</b> .....	30
<b>I.1 Etude hydrologique</b> .....	30
<b>I.2 Etude Hydraulique</b> .....	33
<b>2.1 Vérification du fonctionnement de l'ouvrage en sortie libre</b> .....	35
<b>II. Dimensionnement du dalot et du mur en aile</b> .....	36
<b>II.1 Calcul structural du dalot</b> .....	36
<b>II.2 Calcul des sollicitations</b> .....	43
<b>II.3. Calcul des sections d'armatures</b> .....	45
<b>III. Dimensionnement du mur en aile</b> .....	45
<b>III.1 Pré dimensionnement des épaisseurs</b> .....	46
<b>III.2 Dimensionnement du mur en aile</b> .....	48
<b>III.3 Calcul des sections d'acier et ferrailage du mur</b> .....	53
<b>IV. Plans d'exécutions et métré</b> .....	53
<b>CONCLUSION</b> .....	54
<b>CHAPITRE 4 : ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE</b> .....	55
<b>INTRODUCTION</b> .....	55
<b>I. Impacts potentiels</b> .....	55
<b>I.1 Les impacts négatifs</b> .....	55
<b>I.2 Les impacts positifs</b> .....	56





**ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO**



**GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE**

<b>II. Mesures d'atténuations et de bonification .....</b>	<b>57</b>
<b>CONCLUSION ET RECOMANDATIONS .....</b>	<b>58</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>59</b>
<b>ANNEXE I : Signalisation verticale.....</b>	<b>61</b>
<b>ANNEXE II : Etude hydrologique de la piste.....</b>	<b>62</b>
<b>ANNEXE III : Abaque pour déterminer la hauteur réduite.....</b>	<b>64</b>
<b>ANNEXE IV : Vérification des sections hydraulique .....</b>	<b>57</b>
<b>ANNEXE V : Vérification des contraintes réelle et admissible sur le logiciel ALIZE.....</b>	<b>58</b>
<b>ANNEXE VI : Les types de chargement .....</b>	<b>60</b>
<b>ANNEXE VII : Déterminations des sollicitations dû aux charges permanentes et d'exploitation .....</b>	<b>62</b>
<b>ANNEXE VIII : Détermination des sections d'armature du dalot.....</b>	<b>66</b>
<b>ANNEXE IX : Calcul des sections d'armatures du mur en aile.....</b>	<b>72</b>
<b>ANNEXES X : Tracé en plan et en long.....</b>	<b>77</b>
<b>ANNEXES XI : Tracé en plan et en long.....</b>	<b>78</b>
<b>ANNEXES XII : PHOTOS DU CHANTIER.....</b>	<b>79</b>
<b>ANNEXES XIII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF .....</b>	<b>80</b>





## LISTE DE FIGURE

Figure 1: Organigramme du chantier .....	14
Figure 2 : Zone d'étude du projet .....	16
Figure 3 : Localisation du projet.....	17
Figure 4 : Organigramme de la démarche de l'étude .....	18
Figure 5 : Carte des bassins versants.....	31
Figure 6 : Délimitation de bassin versant.....	31
Figure 7: Fonctionnement en sortie noyée .....	34
Figure 8 : fonctionnement en sortie libre ou dénoyée .....	35
Figure 9 : modélisation de l'ouvrage.....	37
Figure 10 : schéma statique .....	39
Figure 11: schéma équivalent de chargement.....	39
Figure 12 : Chargement permanent appliqué à l'ouvrage.....	40
Figure 13 : Schéma du mur .....	46
Figure 14 : Dimension du mur en aile .....	48
Figure 15 : Modélisation de la structure sur charges permanente .....	62
Figure 16: Sollicitations sous charges permanentes .....	62
Figure 17 : Réactions sous charges permanentes .....	63
Figure 18 : Effort tranchant sous charges permanentes.....	63
Figure 19 : Modélisation sous charges d'exploitations.....	64
Figure 20 : Sollicitations sous charges d'exploitations.....	64
Figure 21 : Réactions sous charges d'exploitations .....	64
Figure 22 : Effort tranchant sous charges d'exploitations.....	65



## LISTE DE TABLEAU

<b>Tableau 1 : paramètres fondamentaux du tracé en plan</b> .....	21
<b>Tableau 2 : paramètres fondamentaux du Profil en long</b> .....	23
<b>Tableau 3 : emprunts pour couche de roulement</b> .....	26
<b>Tableau 4 : Classification des sols</b> .....	26
<b>Tableau 5 : Typologie des véhicules comptés</b> .....	27
<b>Tableau 6 : résultats des enquêtes</b> .....	27
<b>Tableau 7 : classes de trafics (classification CEBTP)</b> .....	28
<b>Tableau 8 : Détermination de l'épaisseur minimale de la chaussée</b> .....	29
<b>Tableau 9 : paramètres physique du bassin versant</b> .....	32
<b>Tableau 10 : Paramètres hydrologique</b> .....	32
<b>Tableau 11 : Calcul de débit de crue</b> .....	33
<b>Tableau 12 : dimensionnement des goussets (Source : SETRA, décembre 1992)</b> .....	37
<b>Tableau 13 : récapitulatif des charges routières sur le tablier</b> .....	43
<b>Tableau 14 : récapitulatif des charges routières sur le radier</b> .....	43
<b>Tableau 15 : Récapitulatif des sollicitations</b> .....	44
<b>Tableau 16 : Récapitulatif des moments et efforts en appuis et en travée</b> .....	44
<b>Tableau 17 : Récapitulatif des sections d'armatures</b> .....	45
<b>Tableau 18 : Récapitulatif des actions appliquées au mur</b> .....	50
<b>Tableau 19 : vérification au glissement et au non poinçonnement</b> .....	52
<b>Tableau 20 : Récapitulatif des sections d'armatures du mur en aile</b> .....	53



## INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, le secteur du génie civil connaît un essor considérable au Burkina Faso. Plusieurs ouvrages ont été réalisés. On peut citer la construction des routes, des ponts, des radiers, des buses, des échangeurs. Et les projets de réhabilitation qui sont en cours d'évolution.

La route du développement passe par le développement de la route, dit-on, le Burkina Faso qui a fait sienne de cette pensée y a ajouté une autre dimension en faisant de la route un outil important dans la conduite de son processus de décentralisation et de désenclavement. Ainsi, des nombreux projets de construction de route ou de réhabilitation sont initiés par le Gouvernement burkinabè pour renforcer le réseau routier desservant de nombreuses villes.

Par ailleurs, dans la construction routière, des niveaux d'exigences sont définis et la démarche qualité est permanente afin de construire vite, solide, économique, beau et agréable à voir. Le bon dimensionnement est l'une de ces exigences.

Pour garantir ce niveau d'exigence, le Gouvernement burkinabè a sollicité l'expertise de Global Construction Afrique – GCA pour la réalisation de la route Tigou – Foulgou - Dori après un long processus de passation de marché permettant de garantir la capacité technique de l'adjudicataire.

Ce projet de route vise à améliorer les échanges commerciaux entre les villes de Tigou, Foulgou et Dori. Ce projet de route en terre de 30km comporte également la réalisation des ouvrages hydrauliques (dalots et radiers submersibles).

Les études techniques de ce tronçon ont été réalisées par le bureau d'étude CETRI. Cependant, lors de la mise en œuvre, la nécessité d'une actualisation s'est imposée au vue de certaines insuffisances ou manque de données dans la précédente étude. C'est ainsi que Global Construction Afrique – GCA a jugé nécessaire de reprendre les études techniques. D'où le thème de notre mémoire : **«Etudes techniques d'un ouvrage de franchissement (cas d'un dalot 4 x 3 x 2.5) et ses voies d'accès en terre sur le tronçon Dori – Foulgou – Tigou »**

Le présent mémoire qui restitue cette étude réalisée lors de notre stage dans l'entreprise Global Construction Afrique – GCA est organisé en quatre (04) chapitres :



*ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO*



**GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE**

- Le premier présente la structure d'accueil, le projet et la méthodologie de l'étude
- Le deuxième chapitre aborde l'étude des voies d'accès à l'ouvrage de franchissement
- Le troisième chapitre traite le dimensionnement de l'ouvrage de franchissement (dalot)
- Le quatrième s'attaque à l'étude d'impact environnementale et à l'évaluation du coût du projet.





## **CHAPITRE 1 : Présentation générale du projet et de l'entreprise d'accueil**

### **INTRODUCTION**

Dans ce chapitre, il sera présenté dans un premier temps la structure d'accueil ensuite le projet dans sa globalité et enfin il se terminera par la méthodologie.

#### **I. Présentation de l'entreprise**

##### **I.1. Présentation de l'entreprise**

GLOBAL CONSTRUCTIONS AFRIQUE se positionne comme étant l'une des sociétés africaines les plus performantes spécialisées dans les Études, la construction, l'assistance et la Maintenance dans les domaines miniers, industriels et de la construction. Elle met à la disposition de ses clients, une expérience et des équipements de haute technologie. Machinerie numérique, engins de levage de dernière génération, grues, nacelles, crics, élévateurs ; GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE détient par devers lui un matériel complet et polyvalent.

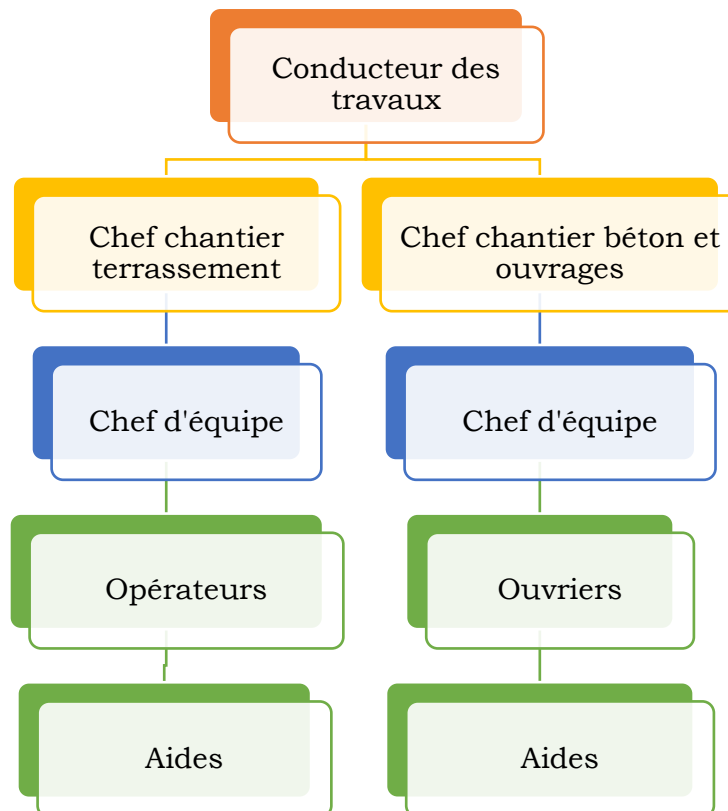
##### **I.2. Domaines d'intervention**

- Terrassement
- Adduction d'eau potable
- Génie civil et bâtiment
- Réservoir verticale de stockage
- Charpente métallique et hangar
- Tuyauterie
- Etc.



### I.3. Organisation

L'organisation de l'entreprise suit cet organigramme :



*Figure 1: Organigramme du chantier*

## II. Présentation du projet

### II.1 Contexte générale

Dans le cadre de la politique du Gouvernement du Burkina Faso en matière de désenclavement des villes et la facilitation des déplacements des usagers par le mise en place d'infrastructures routières, le ministère des infrastructures a lancé les travaux d'aménagement d'environ 400 km de pistes dans dix (10) régions du Burkina Faso.



*ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO*



GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE

Les travaux sont constitués de 20 lots qui consistent en l'exécution des travaux d'aménagement. Nous allons nous focaliser sur le lot 20 dans la province de Séno pour la réalisation de notre ouvrage de franchissement sur le tronçon de Tigou-Foulgou-Dori (situé au PK13+590) et ses voies d'accès.

Au Burkina Faso, comme dans tous les pays en voie de développement, la route constitue un maillon essentiel dans la vie économique. Dans la construction d'une route, les ouvrages d'arts sont les éléments les plus délicats. Ils sont les points de passage des crues, le bon fonctionnement de la route est tributaire de leur bonne exécution et surtout d'une étude préalable de qualité. En effet, l'eau constitue une des conséquences premières des problèmes de dégradations des voies. Ces dégradations sont majeures lors du franchissement par la route des cours d'eau et l'écoulement des eaux de pluies. Pour y remédier, la solution la plus adaptée est la mise en place des ouvrages de franchissement à savoir dalot, buse, radiers submersibles, pont. L'ouvrage de franchissement soumis à notre étude est un dalot de 4×3×2.5.

## **II.2 Problématique**

Le projet, objet de la présente étude, se situe dans une zone où l'absence d'infrastructure de transport crédible, constitue un facteur limitant au développement des potentialités agricoles de la zone traversée par la route.

L'état de maillage constitué essentiellement de routes en terre, non carrossables pendant la saison des pluies, réduit la mobilité des personnes et des produits, ce qui ralentit le déroulement normal de la campagne agricole.

Le bon dimensionnement de ce dalot contribuera d'une manière générale à l'évacuation du débit de crue. Il contribuera au désenclavement de la région du sahel et plus précisément la province de Séno ; soit le développement des activités des populations, la diminution des durées de transport. Comment faire pour réussir le dimensionnement et savoir apprécier ces deux résultats ?

## **II.3 Objectif du projet**

Le présent projet s'inscrit dans le cadre du programme des actions prioritaires en matière d'infrastructures routières du Gouvernement Burkinabé. Ce programme doit permettre de disposer d'un réseau routier offrant un niveau de service acceptable à l'utilisateur et participer de ce fait au développement socio-économique local et national du pays. Ainsi, dans les perspectives de désenclavement des zones importantes du pays, le Gouvernement du Burkina Faso lancé son vaste



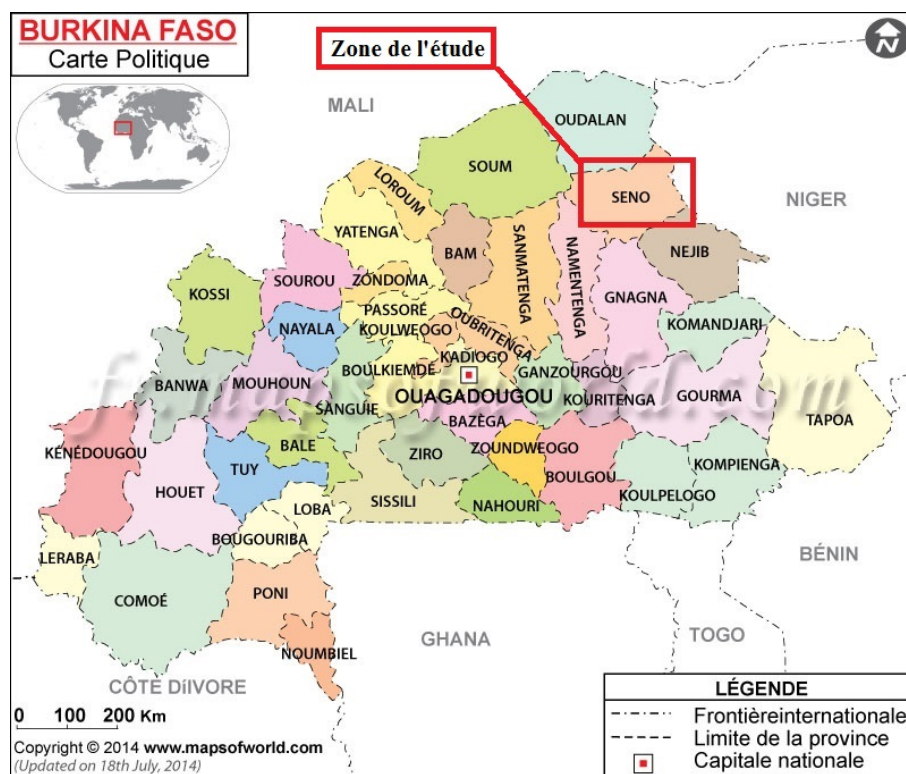
programme de travaux d'aménagement de 400 km de piste rurale dans les 10 régions du Burkina Faso.

Objectif du projet est de :

- Permettre au réseau de jouer pleinement son rôle dans le développement des échanges dans le pays ;
- concevoir une route qui respecte les normes administratives, techniques, économiques, environnementales ; assurer une viabilité permanente

#### II.4. Zone de l'étude

La présente étude est située dans la région du Sahel au Burkina Faso précisément dans la province de Séno et dont les coordonnées géographiques sont 14°02' Nord, 0°02' Ouest. La figure de la page suivante présente la zone de ladite étude.



**Figure 2 : Zone d'étude du projet**

## II.5. Présentation de la zone du projet

Le dalot, objet de la présente étude, se trouve sur la route de Tigou – Peoukoye – Foulgou - Dangade-Dori qui a une longueur totale de 28 Km plus précisément sur le tronçon de Tigou – Foulgou - Dori (situé au PK13+590).



*Source : Google earth*

**Figure 3 : Localisation du projet**

## II.6. Méthodologie

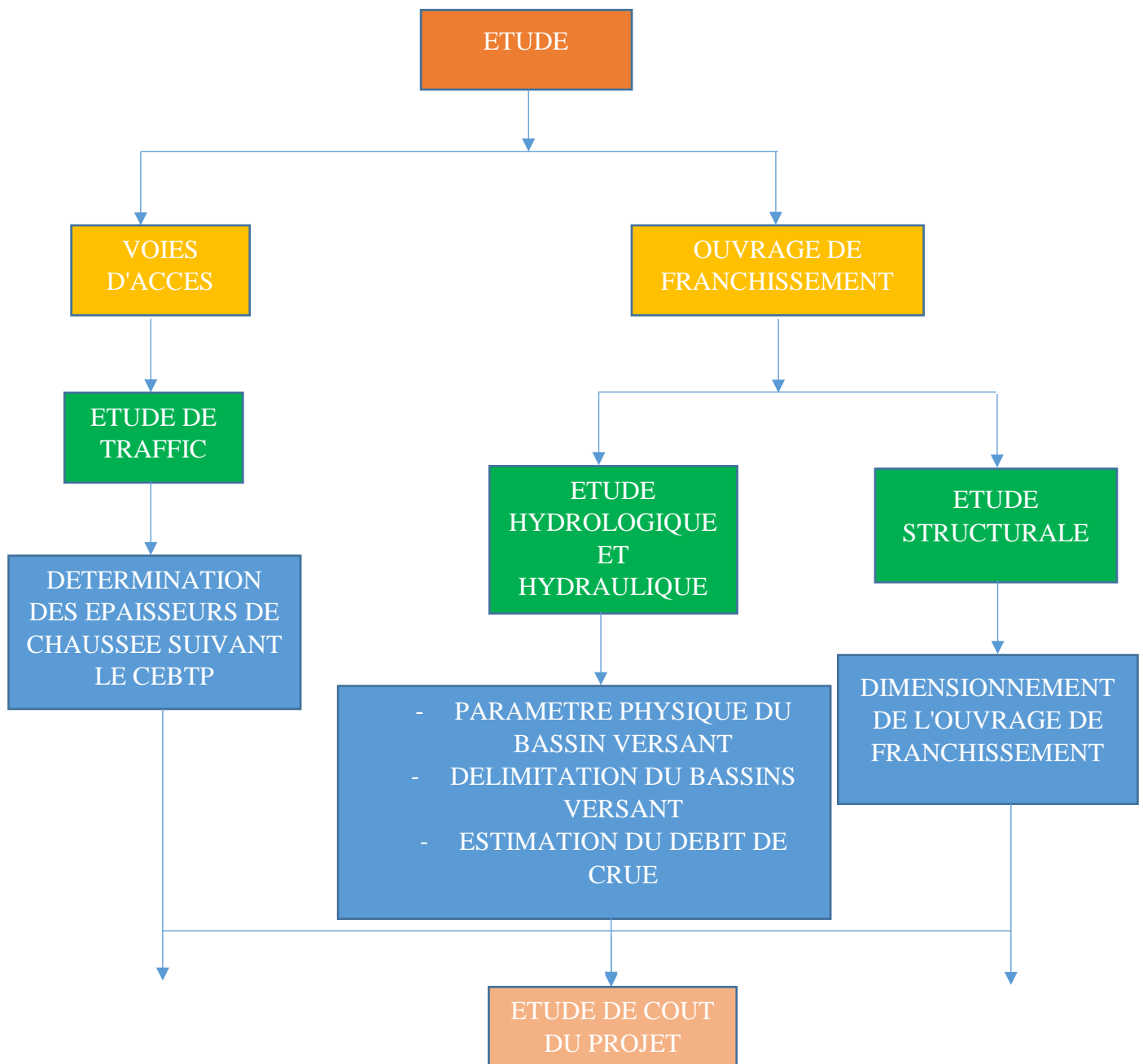
La méthodologie de l'étude se présente comme suit :

Les voies d'accès sont essentiellement une route en terre. Grace aux résultats des essais géotechniques nous ferons le choix des épaisseurs des couches (couches de roulement et couche de fondation) suivant la méthode et recommandation du CEBTP-LCPC.

L'ouvrage de franchissement est un dalot dont la conception obéit à celui d'un pont cadre. La détermination des sections hydraulique passe par la caractérisation du bassin versant afin d'en trouver le débit à évacuer. la détermination de ce débit sera fait par la méthode ORSTOM, CEIH et la méthode RATIONNELLE.

Une fois le débit déterminé, nous déterminerons la section hydraulique optimale qui nous conduira à la détermination des sections d'armatures suivant les règles du BAEL 91 modifié 99 (Béton Armé au Etats Limites)

La figure ci-après récapitule l'essentiel de la démarche.



**Figure 4 : Organigramme de la démarche de l'étude**



*ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO*



**GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE**

## **Conclusion**

Au terme de ce premier chapitre, il était question pour nous présenter la structure d'accueil, le projet dans sa globalité ainsi que la méthodologie à suivre.

Ainsi le projet situé dans son environnement, la route étant une partie intégrante de cette étude, comment la concevoir afin qu'elle réponde aux normes en vigueur ? Aux spécifications techniques et surtout qu'elle soit économique et facile à entretenir ?





## CHAPITRE 2 : ETUDE DES VOIES D'ACCES

### INTRODUCTION

La route est une succession d'alignement droit et d'alignement courbe. L'étude d'un tel ouvrage nécessite un ensemble d'étude tel que : étude topographique, l'étude du trafic, les études géotechniques sur les matériaux et le dimensionnement des épaisseurs de chaussées.

Le projet s'étend sur un linéaire de 28 km mais dans le cadre de cette étude, nous nous limiterons aux voies d'accès à l'ouvrage de franchissement dont 2km (soit 1km de part et d'autre de l'ouvrage à franchir).

### I. PRINCIPES DE BASE POUR LES ETUDES TECHNIQUES

#### I.1 Etudes topographiques

Les levés topographiques de la polygonale et de détails ont été exécutés aux abords des lits du cours d'eau (lit mineur et majeur). La densité de points, ainsi que leur alignement, permettront de dresser des profils en travers et en long des cours d'eau dans la zone d'influence de l'ouvrage et de la voie existante. Les points singuliers tels que grands arbres, axe et rives de la voie existante sont également levés. Des repères précis des points de sondages géotechniques sont posés sur le site.

Quant aux échelles des plans, elles sont indiquées ci-dessous.

- le tracé en plan à l'échelle 1/2000 ;
- le profil en long aux échelles : en longueur = 1/2000, en hauteur = 1/200 ;
- les profils en travers aux échelles 1/100 et 1/50.

#### I.2 Conception géométrique des routes

Pour faciliter les choix de solutions techniques d'aménagement, les routes sont classées en 3 types (les routes principales, les routes secondaires et les routes tertiaires) et en catégories à l'intérieur des types.

En fonction de l'adéquation de la route aux fonctions que l'on veut assurer, les routes principales interurbaines sont classées en 3 types :

- **Les routes de types L** : routes de grande liaison, ce sont les autoroutes.

- **Les routes de type T** : pour lesquelles la fonction d'écoulement du trafic de transit à moyenne et grande distance est privilégiée : ce sont les routes express à une chaussée.
- **Les routes de type R** : qui constituent la majorité des routes principales de rase campagne sont multifonctionnelles : ce sont les artères interurbaines et les routes.

Notre route se situant en rase campagne, et pour les raisons économiques et trafic, nous obtenons pour une route en terre dont la catégorie et la vitesse de référence sont les suivantes :

### I.2.1. Tracé en plan

Pour le tracé en plan, le paramètre fondamental est le rayon de courbure RH dont les valeurs minimales figurent dans le tableau 1 ci-après. Les valeurs des rayons sont des minimums correspondant au dévers maximum de 7%. Elles sont suffisantes pour la stabilité et le confort de conduite du véhicule dans des conditions moyennes. Avec une vitesse de référence de 60km/h nous avons :

- Rayon horizontale de courbe non déversée  $RH' = 600m$  ;
- Rayon horizontale minimale normale  $RHN = 240m$  ;
- Rayon minimale absolu  $RHm = 120m$

*Il sera retenu pour le raccordement progressif (clothoïde) un rayon  $RH = RHN = 240m$  tel que  $RH < RH'$ . C'est le rayon en dessous duquel il ne faudrait pas descendre dans le cas normal sauf cas particulier. Ce rayon assure un confort et une sécurité plus grande et correspond à la vitesse  $Vr + 20Km/h$ .*

Les paramètres fondamentaux du tracé en plan se résument dans le tableau suivant

**Tableau 1 : paramètres fondamentaux du tracé en plan**

Vitesse de référence		$Vr(Km/h)$	40	60	80
Dévers maximal		$\delta M(\%)$	7	7	7
Rayon de courbure	Minimal absolu (dévers $dM$ )	$RHm$	40	120	240
	Minial normal (dévers)	$RHN$	120	240	425
			5%	5%	5%
	Au dévers minimal	$RH''(2,5\%)$	250	450	650
		$RH''(2\%)$	300	500	700
Non déversé	$RH'$	400	600	900	

Par ailleurs, dans la conception du tracé en plan, nous avons recherché les conditions optimales suivantes :



- ✚ Adopter si possible le rayon minimal normal ;
- ✚ Passer de façon perpendiculaire le cours d'eau ;
- ✚ Éviter l'embouchure de l'affluent ;
- ✚ Choisir la zone la plus favorable sur le cours d'eau ; c'est-à-dire le point où convergent toutes les eaux du bassin versant (exutoire)
- ✚ Éviter des sections de tracé en plan rectiligne de trop grande longueur, car elles sont monotones le jour (perte de vigilance du conducteur) et gênantes la nuit à cause de l'éblouissement des phares. Nous avons ainsi recherché une alternance harmonieuse entre les alignements droits et les courbes ;
- ✚ Ne pas placer les courbes aux abords du dalot, pour assurer la visibilité et la sécurité en ce point délicat du tracé ;
- ✚ Raccorder les sections circulaires et rectilignes du tracé en plan par des éléments à courbure progressive (clothoïde) ;
- ✚ Éviter la succession de deux arcs de cercle de même sens.
- ✚ 50 m minimum entre deux courbes de sens contraire ;

### **I.2.2 Profil en long**

Elément déterminant pour les volumes de terrassement (déblai/remblai), le profil en long est sans doute l'un des facteurs principaux intervenant dans le coût du projet. En effet, un profil en long économique suivra au plus près le profil du terrain naturel. Toutefois, une situation de léger remblai est préférable au léger déblai qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage. Les caractéristiques du profil en long sont définies par la vitesse de référence dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2 : paramètres fondamentaux du Profil en long**

<b>Vitesse de référence</b>	<b>Vr(Km/h)</b>	40	<b>60</b>	80	
<b>Déclivité maximal en rampe</b>	d(%)	8	<b>7</b>	6	
<b>Rayon en angle saillant RV (m)</b>	Minimal absolu	RVm	500	<b>500</b>	3000
	Minimal normal	RVN	1500	<b>3000</b>	6000
<b>Rayon en angle rentrant RV (m)</b>	Minimal absolu	RVm'	700	<b>1500</b>	2200
		RVN'	1500	<b>2200</b>	3000
<b>Rayon assurant la distance minimale de visibilité de dépassement sur route à 2 ou 3 voies</b>	<b>RVD (m)</b>	2500	<b>6500</b>	11000	

Pour la vitesse de référence de 60 km/h les rayons minimaux des courbes sont :

- ✚ Rayon en angle rentrant  $RV' = 2200$  m minimum ;
- ✚ Rayon en angle saillant  $RV = 4500$  m minimum.

Le calage de la ligne rouge au droit du franchissement est imposé par celui de l'ouvrage d'art à y construire. Cette ligne rouge prend en compte le niveau de la P.H.E définie par l'étude hydraulique ainsi que les paramètres géométrique.

### **I.2.3 Homogénéité et coordination du profil en long et du tracé en plan**

Il est indispensable que la route présente des caractéristiques homogènes sur des sections de longueur suffisante. Les changements de caractéristiques doivent donc se faire en des points tels qu'ils puissent être normalement anticipés par l'utilisateur (traversée d'une agglomération, modification du relief du terrain). Nous avons coordonné, le profil en long et le tracé en plan de telle manière que la route apparaisse à l'utilisateur sans discontinuité gênante de tracé, lui permettant de prévoir son évolution et de distinguer clairement les dispositions des points singuliers, notamment les carrefours, etc.

La visibilité en plan et la visibilité en profil en long sont réalisées dans des conditions de

sécurité égale.

A vitesse de référence de 60 Km/h et sur des chaussées bidirectionnelles, les valeurs minimales suivantes doivent être respectées :

Distance de visibilité minimale nécessaire au dépassement = 250m ;

#### **I.2.4 Profil en travers**

##### **a- Caractéristiques transversales de la chaussée**

- Largeur de la plateforme = 7 m ;
- Largeur de la chaussée = 7 m ;
- largeur des accotements = néant ;
- revêtement = néant ;
- circulation = chaussée bidirectionnelle 2x3m
- emprise = 40.00m
- caniveaux de part et d'autre de la chaussée : fossés triangulaires
- pente transversale route en terre = 3%
- pente des talus : 2V/3H
- protection contre érosion : perrés maçonnés, enrochements, gabions

##### **b- Calcul de dévers**

Le déversement des chaussées traduit l'inclinaison de la chaussée en profil en travers par rapport à l'horizontale. La route faisant l'objet de notre étude sera déversée pour les raisons suivantes :

- en alignement droit, un angle de déversement de faible valeur permet l'évacuation de l'eau de pluie sur les accotements et bordures des chaussées
- En courbe, le déversement de la chaussée vers l'intérieur de la courbe a pour effet de faire jouer à la pesanteur un rôle actif. Compte tenu du fait que les conducteurs exagèrent avec la vitesse en campagne, la route sera déversée pour leur éviter le déguerpissement.

Soit  $d$  le dévers de la partie circulaire, chaque catégorie de la route possède son dévers par la formule

$$d = \frac{RH' - RH}{RH' - RHm}$$

### **I.3 Etude de la sécurité et de la signalisation routière**



Cette étude devra permettre l'amélioration de la signalisation et de la sécurité routière. Ceci se fera à travers les équipements de sécurité identifiés et mis en œuvre judicieusement le long des routes. Il s'agit notamment des signalisations horizontales et verticales et d'autres équipements divers tels les glissières de sécurité et les balises indispensables dans des points singuliers du tracé tels que les virages dangereux. Cette signalisation respecte l'instruction interministérielle sur la signalisation routière française- édition novembre 2008.

### **I.4 Signalisation horizontale**

Etant donné que l'axe routier en projet est en terre, aucune signalisation horizontale ne sera réalisée.

### **I.5 Signalisation verticale**

Les équipements doivent être aussi bien visibles de jour comme de nuit. La signalisation verticale permanente qui sera mise en place à l'achèvement des travaux concernera l'implantation des panneaux tels que :

-  Les panneaux A1a, A1b, A1c et A1d dans les virages dangereux ;
-  Le panneau E32 indiquant le cours d'eau franchi. (**Voir Annexe 1**)

### **I.6 Etudes géotechniques des matériaux d'emprunts**

Ces études ont consisté à des reconnaissances géotechniques à travers la réalisation de puits à ciel ouvert sur les sites des ouvrages à la recherche de gîtes d'emprunt pour matériaux de remblai et couche de roulement. Trois sites d'emprunt de graveleux latéritique ont été identifiés et soumis aux essais d'identification et Proctor/CBR pour couche de roulement.

**Tableau 3 : emprunts pour couche de roulement**

EMPRUNTS	ANALYSE GRANULOMETRIQUE						LIMITES D'ATTERBERG		PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR (%)	
	< 0,08 mm	< 0,40 mm	< 2 mm	< 5 mm	< 10 mm	D (mm)	w <sub>L</sub>	I <sub>p</sub>	ω <sub>OPM</sub> (%)	γ <sub>d</sub> OPM (t/m <sup>3</sup> )	95	98
1	11	20	27	46	81	20	29	15	6,8	2,14	32	60
2	15	22	24	37	57	40	28	14	6,8	2,10	46	66
3	22	28	33	47	72	25	46	22	8,0	2,03	16	24

**Interprétation des résultats**

Les caractéristiques géotechniques des emprunts 1 et 2 sont satisfaisantes pour la couche de roulement.

L'emprunt 3 sera utilisé pour les remblais et la couche de forme.

Il ressort que les emprunts possèdent un CBR supérieur à 30.

**Tableau 4 : Classification des sols**

Classe de sol	
S1	CBR < 5
S2	5 < CBR < 10
S3	10 < CBR < 15
S4	15 < CBR < 30
S5	CBR > 30

*Source : CEBTP-GUIDE PRATIQUE DE DIMENSIONNEMENT DE CHAUSSEES POUR LES PAYS TROPICAUX*

**Ceci permet donc de les classer parmi les sols de type S4.**

**II. Dimensionnement des structures de chaussées**

Le présent paragraphe propose des structures de chaussée pouvant être mises en œuvre sur l'axe routier en terre. Afin de justifier les structures de chaussée proposées, la méthode utilisée sera celle des abaques du C.E.B.T.P dans le guide de dimensionnement des chaussées dans les pays tropicaux, Edition 1984.

Cette méthode permet la détermination de l'épaisseur minimale de matériau nécessaire pour éviter le poinçonnement du sol de la plateforme. A cette épaisseur s'ajoute la surépaisseur utile en fonction des rechargements périodiques pour parer à l'usure due au trafic.

- durée de vie de la route : 5 ans
- charge maximum à l'essieu 13 tonnes

**Tableau 5 : Typologie des véhicules comptés**

Moyens intermédiaires de transport	Charrettes, Motocyclettes, bicyclettes
Véhicules légers	Voitures particuliers, camionnettes, véhicules tout terrain et mini-bus
Poids lourds	Bus, cars, autocars, camions à 2 et 3 essieux, camions remorques, semi-remorques

## II.1 Calcul du Trafic

D'après le <<le manuel pour le dimensionnement des chaussées souple en pays tropicaux CEBTP LCPC>>, dans les pays en développement, lorsqu'on ne dispose pas d'information précise sur l'évolution du trafic, on retient un taux compris entre 7% et 10%.

Sur la base de l'évolution démographique et agricole de la zone un taux d'accroissement annuel moyen de 7% a été considéré pour le trafic routier entre 2011-2020. Pour le calcul des structures de chaussées, le trafic cumulé et le nombre cumulé d'essieux standards sont utilisables.

**Tableau 6 : résultats des enquêtes**

Tronçon	Véhicules Légers	Véhicules Lourds	MJA
Dori - Foulgou - Tigou	40	25	60

- **Facteur de cumul**

$C = 365 \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{n \times i} \right]$  << Manuel du renforcement des chaussées souples en pays tropicaux CEBTP LCPC, page 26 >>

i : le taux de croissance annuel pris égale à 7%

n : la durée de service en nombre année pris à 5 ans

$$C = 419,80 \text{ soit } 420$$

- **Trafic cumulé**

**Trafic poids lourd à la 1<sup>ère</sup> année :  $T = TMJA \times (1 + i\%)(n) \times 30\% = 60 \times (1 + 0,07)(1) \times 0,3 = 19,26$**

$$T_{pl} = 365 \times 60 \times 0,3 \times \frac{(1+0,07)^5 - 1}{0,07} = 37\,783$$

$$NE = 19,26 \times 37\,783 = 727\,700 = 7,27 \times 10^5$$

**Tableau 7 : classes de trafics (classification CEBTP)**

Nombre d'essieu équivalent de 13 tonnes		
	T1	$< 5. 10^5$
$5. 10^5 <$	T2	$< 1,5. 10^6$
$1,5. 10^6 <$	T3	$< 4. 10^6$
$4. 10^6 <$	T4	$< 10^7$
$10^7 <$	T5	$2. < 10^7$

Source : CEBTP-GUIDE PRATIQUE DE DIMENSIONNEMENT DE CHAUSSEES POUR LES PAYS TROPICAUX

La classe de trafic retenue est T2 d'après le tableau ci-dessous.

## II.2 Détermination de l'épaisseur minimale de la couche de roulement

L'épaisseur dépend du CBR de plateforme et du trafic prévu. Le C.E.B.T.P recommande un CBR de 20 pour un trafic lourd inférieur à 30 véhicules/jour. En fonction de ce CBR et conformément au tableau 4 ci-dessus, le sol de plateforme à mettre en œuvre doit être de type S4.

### Choix des Variantes.

Deux principales variantes s'offrent à notre portée :

Le tableau 8 de la page suivante explique le choix de la variante retenue

**Tableau 8 : Détermination de l'épaisseur minimale de la chaussée**

Traffic			S4		Observations
			T1	T2	
1 <sup>ere</sup> variante	B	Graveleux latéritique naturelle	15	15	Cette variante est beaucoup plus économique car les matériaux utilisés sont à l'état naturel
	F	Graveleux latéritique naturelle	20	20	
2 <sup>e</sup> variante	B	Graveleux latéritique ou graves naturelle amélioré au ciment	15	15	Cette variante beaucoup plus onéreuse. Elle présente de bonne caractéristique sur le plan résistance mais présente un défaut sur le phénomène de retrait
	F	Graveleux latéritique naturelle ou grave naturelle O/D	20	20	
<b>Variante retenue</b>	<b>Couche de base et fondation en graveleux latéritique respectivement de 15cm et 20cm</b>				

### Structure de chaussée

Pour que les épaisseurs des couches soient retenues, les contraintes dans ces couches doivent être inférieures à la contrainte admissible. Une vérification des contraintes des couches a été ensuite effectuée avec le Logiciel *ALIZE LCPC* (voir *Annexe 5*) dans le but d'apprécier leur évolution sur la fibre inférieure et supérieure par rapport à la contrainte admissible. Les résultats sont présentés en annexes 5.

### CONCLUSION

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement de la structure de la route. Il ressort que nous avons une route en terre dont la structure du corps de chaussée est de 20cm de graveleux latéritique en couche de fondation et 15cm de graveleux en couche de base.

Toute fois notre tracé comporte un ouvrage de franchissement qui nécessite lui aussi une attention particulière. Ce qui sera étudié dans le chapitre suivant.





## **CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT DE L'OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT**

### **INTRODUCTION**

Le dimensionnement hydrologique et hydraulique d'un ouvrage passe par l'étude la caractérisation des bassins. C'est ainsi dans les lignes qui suivent nous ferons cette caractérisations.

### **I. ETUDE HYDOLOGIQUE ET HYDRAULIQUE**

#### **I.1 Etude hydrologique**

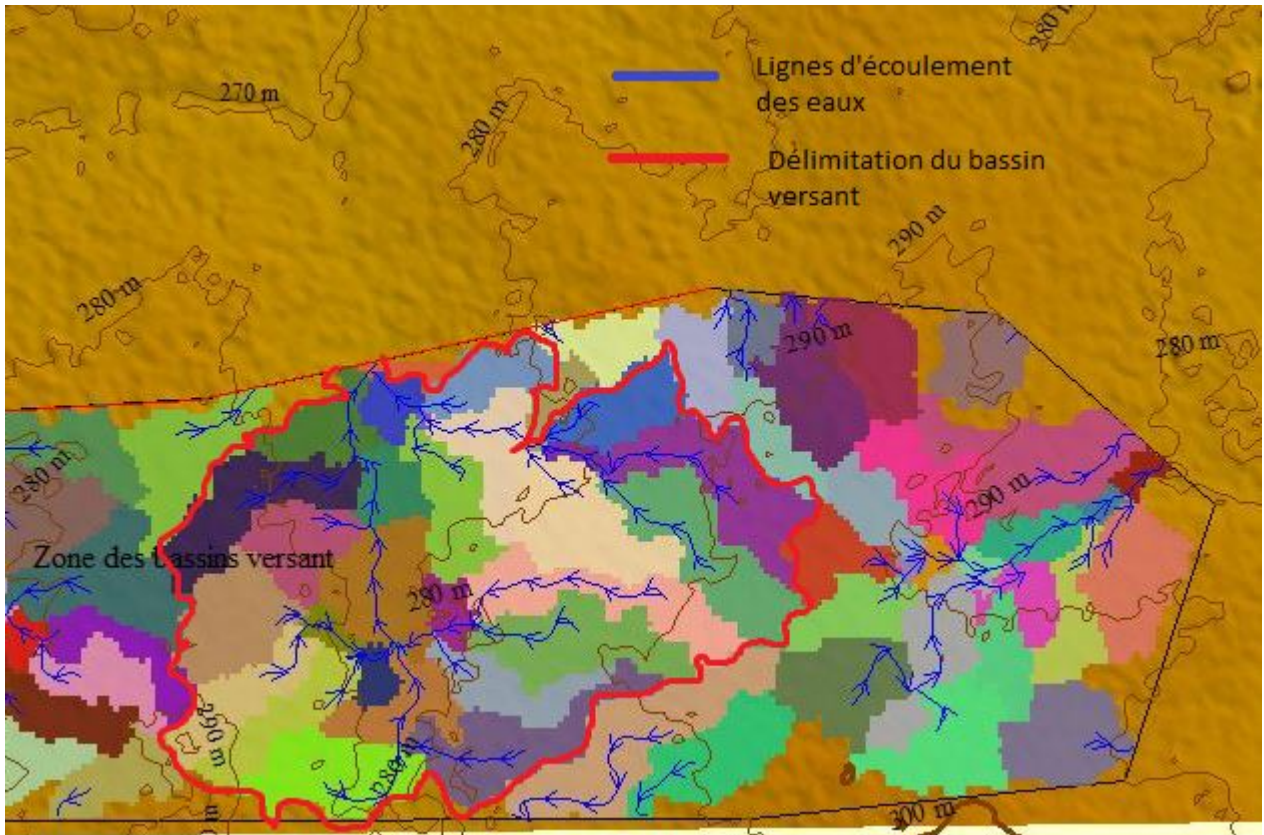
L'étude hydrologique a pour objectif l'estimation du débit de la crue au niveau du site d'implantation de l'ouvrage. Pour ce projet nous avons adopté l'approche par les méthodes déterministes pour l'évaluation du débit de projet : *CIEH et ORSTOM* par manque de données hydrométriques. Les données de pluviométrie mensuelle et journalière ont été fournies par la direction de la météo nationale et concernent les périodes d'observation s'étalant sur au moins 30 ans.

##### **I.1.1 Evaluation du débit de crue**

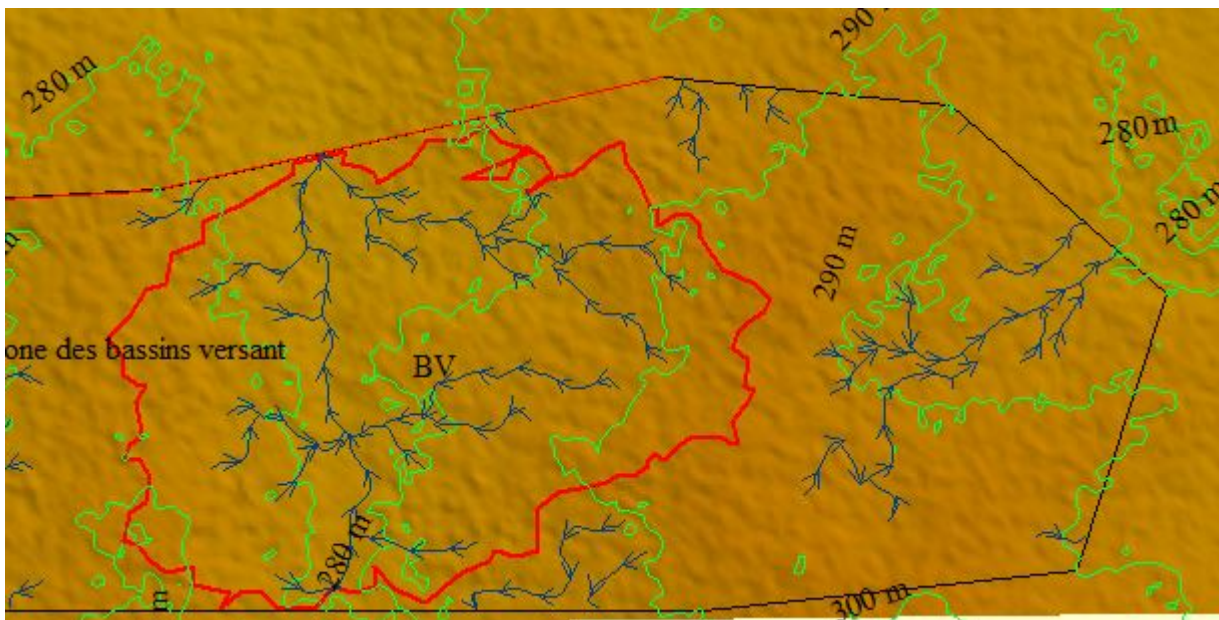
###### **I.1.1.1 Délimitation et évaluation du bassin versant**

Un **bassin versant** est l'espace drainé par un cours d'eau et ses affluents. L'ensemble des eaux qui tombent dans cet espace convergent vers un même point de sortie appelé exutoire : cours d'eau, lac, mer, océan, etc.

Le découpage est présenté par la figure ci-dessous (voir page suivante)



**Figure 5 : Carte des bassins versants**



**Figure 6 : Délimitation de bassin versant**

### I.1.1.2 Détermination des paramètres physiques du bassin versant

Les paramètres physiques du bassin versant désignent un ensemble de caractéristiques physiographiques, obtenues à partir de données cartographiques ou de mesures de terrain et donnent un certain nombre d'information sur ce dernier :

Les paramètres physiques du Bassin versant sont présentés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 9 : paramètres physique du bassin versant**

<b>Paramètres physiques du bassin versant</b>		
Superficie (km <sup>2</sup> )	$S =$	118,21
Périmètre	$P =$	76,04
Ic (indice de compacité)	$Ic = 0,282 * P / \text{racine}(S)$	1,97225973
Long rect equi (km)	$L = (P + \text{racine}(P^2 - 16S)) / 4$	34,6039123
Larg equiv (km)	$I = S / L$	3,41608773
Longeur talweg : Lt (km)		34,6039123
Altitude max (Hmax)		308,9
Altitude min (Hmin)		278,2
Altitude moyenne (Hmoy)	$Hmoy = (H80 + H20) / 2$	293,55
Indice de pente global Ig (m/km)	$Ig = (H80 - H20) / L \text{ rect equi}$	0,88718292
Indice de pente global	$Ig = 0,26 * S^{0,5}$	2,82683498

**Tableau 10 : Paramètres hydrologique**

<b>Paramètres</b>	<b>Valeurs</b>
m=	1,04
$A = 1 - ((161 - 0,042 * P_{moy}) / 1000) \text{Log} S$	0,67292207
Alpha 10 =	2,6
Pluie maximale décennale P10 (mm)	96
Pluie maximale de projet retenue	96
Pluie moyenne annuelle	750
Coefficient de ruissellement Kr10 (%)	12,1672
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> )	136,37
Temps de base Tb(mn)	1994,94
Indice global de pente (Ig)	1,66

**Tableau 11 : Calcul de débit de crue**

Méthode ORSTOM	Valeur
$Q_{max10} = m \cdot A \cdot \alpha \cdot P_{10} \cdot k_r \cdot S / T_b$ $Q_{max10} \text{ (m}^3\text{/s)} =$	<b>26,04</b>
<b>Méthode CIEH</b>	
Formules empirique au Burkina Faso	
$Q_{10} = 0,41 \cdot S^{0,425} \cdot k_r^{0,923}$	33,24
$Q_{10} = 0,254 \cdot S^{0,462} \cdot I_g \cdot k_r^{0,976}$	29,69
<b>Q10 moyen (méthode CIEH)</b>	<b>31,465</b>
<b>Méthode rationnelle</b>	
<b>Paramètres</b>	
Coefficient de ruissellement : Cr	0,7
Temps de concentration en mm(Tc) : formule de KIRPLICH $T_c = L^{1,15} / (52 \cdot H^{0,38})$	0,24
Coefficient de Montana : A	39
Coefficient de Montana : B	0,9
Intensité de la pluie I (mm/h)	2,35
$Q_{10} = 0,278 \cdot Cr \cdot I \cdot S$	62,26
Q10 moyen (méthode rationnelle)	31,46
Débite décennale retenu :	31,46
Coefficient majorateur C	1,1
<b>Débit de projet</b>	
$Q_{projet} = C \cdot Q_{10} \text{ décennale retenu}$	<b>34,61</b>

## I.2 Etude Hydraulique

L'étude hydraulique est la partie où le dimensionnement hydraulique se fait et représente la partie de l'étude dans laquelle le choix de l'ouvrage de franchissement ainsi que celui de ses dimensions s'effectuent.

L'ouvrage à dimensionné est un dalot (car le débit est supérieur à 10m<sup>3</sup>) ; sa section hydraulique doit être suffisante pour évacuer le débit de crue.

En connaissant le débit de projet, les dimensions de l'ouvrage (hauteur, épaisseur et largeur) sont déterminées en tenant compte des normes afférentes des dalots.

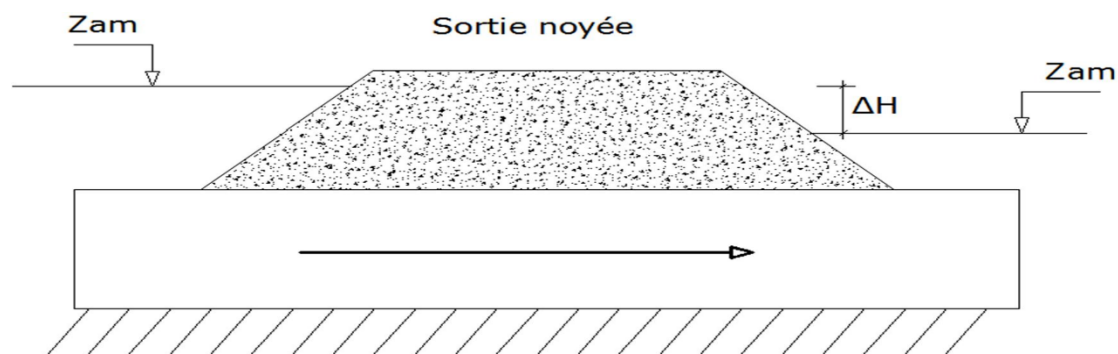
Ensuite, la profondeur d'eau en amont de l'ouvrage **H** sera déterminé, par le calcul des variables adimensionnelles **Q'** et **H'**.

Enfin la détermination de la vitesse réelle d'écoulement **V**, en calculant les variables adimensionnelles **Q'** et **V'** met fin à la partie dimensionnement hydraulique.

Par ailleurs, Lorsque cette vitesse réelle d'écoulement **V** est inférieure ou égale à 2 m/s, le dimensionnement hydraulique est validé et l'on peut passer au dimensionnement structural de l'ouvrage. Sinon, le dimensionnement hydraulique est à reprendre afin d'obtenir une vitesse adéquate.

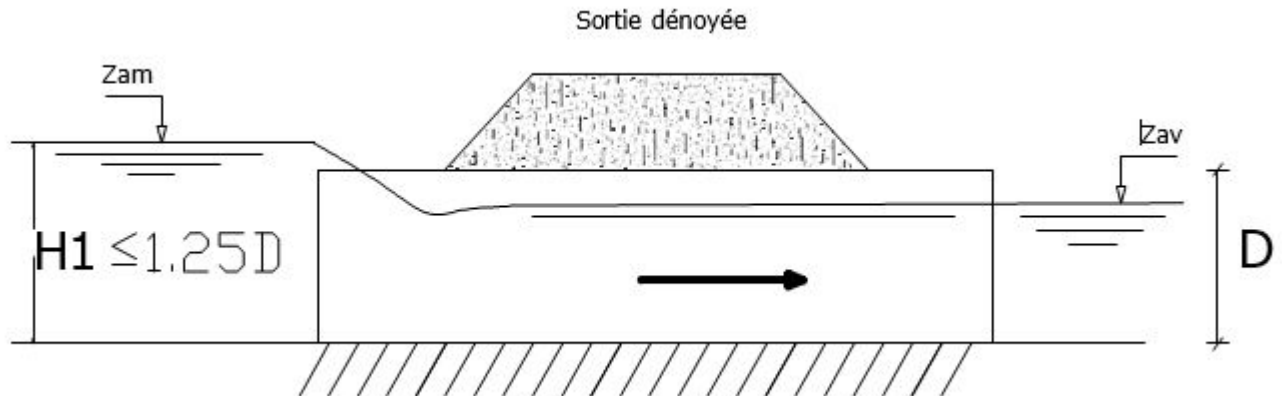
Pour ce type d'ouvrage, deux modes de fonctionnement se présentent :

- **La sortie noyée** : le niveau d'eau à l'exutoire immédiat de l'ouvrage dépasse le bord supérieur de l'ouvrage.



**Figure 7: Fonctionnement en sortie noyée**

- **La sortie libre ou dénoyée** : la sortie à l'exutoire immédiat de l'ouvrage est en dessous du bord supérieur de l'ouvrage.



**Figure 8 : fonctionnement en sortie libre ou dénoyée**

Dans le cas de la sortie aval libre, le type d'écoulement dépend alors du niveau amont :

- L'écoulement dans l'ouvrage se fait avec une surface libre si le niveau est tel que si  $H1/H \leq 1,25$ , avec H la hauteur du dalot. C'est un écoulement avec une section de contrôle à l'amont.
- Si le niveau amont est tel que  $H1/D > 1,25$ , l'écoulement dans l'ouvrage se fait en surface libre ou à pleine section la longueur de l'ouvrage, après une forte concentration à l'amont semblable au passage d'une à fond.

Dans le cas présent l'ouvrage fonctionne en sortie libre.

### 2.1 Vérification du fonctionnement de l'ouvrage en sortie libre

Il ne s'agit pas de reprendre le dimensionnement hydraulique pour aboutir à une section acceptable mais de vérifier si la section de 4x3x2,5 permet d'évacuer le débit du projet.

L'ouvrage est muni de murs en aile incliné de 30° par rapport à la perpendiculaire à l'axe de l'ouvrage, à l'entrée et à la sortie. Il fonctionne en sortie libre.

Le débit de projet de l'ouvrage est  $Q_p = 34,61 \text{ m}^3/\text{s}$ , ce qui donne un débit par ouverture :

$$q = Q/4 = 8.525 \text{ m}^3/\text{s}$$

Avec une vitesse admissible de  $V_{max} = 2 \text{ m/s}$  (protection à l'amont et à l'aval de l'ouvrage). La

section théorique d'une ouverture vaut :  $S_{th} = \frac{q}{V} = \frac{8.525}{2} = 4,26 \text{ m}^2$

La hauteur possible de l'ouvrage est :  $Z_{projet} - Z_{TN} = 287.58 - 289.89 = 2.2 \text{ m}$

La hauteur de l'ouvrage  $D = 2.5\text{m} > 2.2\text{m}$  est acceptable

La section théorique par l'ouverture est :  $B_{th} = \frac{S_{th}}{D} = \frac{4.26}{2.5} = 1.7\text{m}$  le choix de l'ouverture du dalot  $B = 3\text{m}$  sera bien convenable.

Pour une seule ouverture, la section pratique à plein écoulement vaut  $S_{sp} = 3 \times 2.5 = 7.5\text{ m}^2$  et le débit correspondant est  $q = 8.525\text{ m}^3/\text{s}$

En retenant comme paramètre de calcul : l'accélérateur de la pesanteur  $g = 10\text{ m/s}^2$  et un coefficient de rugosité de Manning – Strickler  $K_s = 67$  (pour le béton), on a :

❖ Calcul du débit réduit

$$Q' = \frac{q}{B * D * \sqrt{2 * g * D}} = \frac{8.525}{3 * 2.5 * \sqrt{2 * 10 * 2.5}} = 0.161\text{ m}^3/\text{s}$$

De l'abaque des dalots rectangulaires à sortie libre avec de mur en tête,  $30^\circ$  (courbe A), on a : lire la hauteur réduite :  $H_1' = 0.6\text{m}$  (**voir annexe 3**)

La hauteur d'eau à l'amont est donc :  $\frac{H_1}{D} = 0.6 \rightarrow H_1 = 0.6 * D = 0.6 * 2.5 = 1.5\text{ m}$

Cette hauteur  $H_1$  est compatible à celle de l'ouvrage car elle est inférieure à la hauteur du projet  $H = 2.5\text{ m}$ .

Comme  $H_1^* = 0.6 * D = 1.5\text{m} < 1.25D = 3.125\text{m}$ , l'écoulement est à surface libre à l'amont.

Nous retenons ainsi un de dalot de  $4 \times 3 \times 2,5$ .

**Le résumé de l'étude hydraulique est en annexe 4**

## II. Dimensionnement du dalot et du mur en aile

### II.1 Calcul structural du dalot

❖ Ouverture hydraulique ( $l = 3\text{ m}$  et  $h = 2.5\text{ m}$ )

❖ Epaisseur =  $\max\left(\frac{l}{32} + 0.125; 0.3\text{m}\right) = \max\left(\frac{3}{32} + 0.125 = 0.218\text{m}; 0.3\text{m}\right)$ , où  $l$  désigne l'ouverture biaise.

Donc  $e = 0.25\text{m} = 25\text{cm}$

- ❖ Hauteur du dalot H = 3.1 m
- ❖ Pont de 1ere classe car la largeur (L = 7m) est supérieure ou égale à 7m
- ❖ Gousset

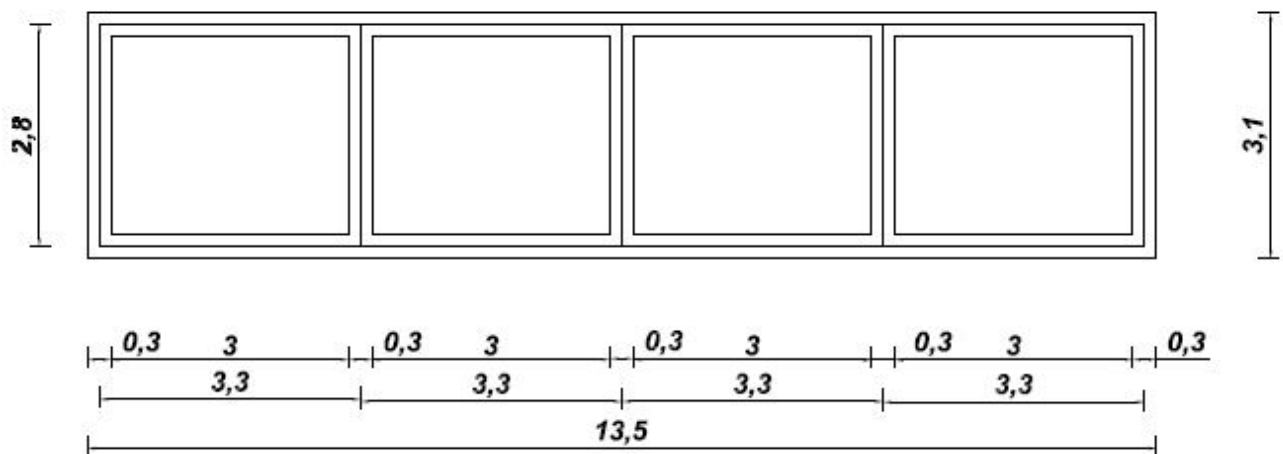
**Tableau 12 : dimensionnement des goussets (Source : SETRA, décembre 1992)**

Ouverture	gousset supérieur	gousset inférieur (cadres)
≤ 2 m	0,20 x 0,20 ou chanfrein	0,20 x 0,20 ou chanfrein
2 à 4 m	0,20 x 0,20 à 0,30 x 0,30	0,20 x 0,20 à 0,40 x 0,40
≥ 4 m	0,30 x 0,30 à 0,40 x 0,40	0,40 x 0,40 à 0,50 x 0,50

Les goussets sont destinés à améliorer l'encastrement des traverses sur les piédroits, à résorber les concentrations de contraintes et à atténuer les effets des pics de moments. Ils améliorent de plus l'esthétique des ouvrages en rendant plus perceptible leur fonctionnement, surtout pour les portées importantes.

<<Lorsque, pour une raison impérieuse (problème lié au gabarit par exemple), des goussets ne peuvent être prévus, il sera nécessaire d'épaissir les traverses et les piédroits. >>extrait tiré du SETRA, ponts-cadre et portiques, guide de conception, page 44.

Nous prendrons donc  $e = 0.3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$



**Figure 9 : modélisation de l'ouvrage**



### II.1.2 Méthode de calcul

Les calculs sont effectués pour une bande de un mètre d'ouvrage ( $B = 1.00 \text{ m}$ ) suivant la largeur de celui-ci.

Pour tenir compte de la symétrie de géométrie de l'ouvrage et de la non-symétrie de chargement, il convient que les piédroits intermédiaires soient dimensionnés en compression simple, ce qui permet d'annuler le moment au niveau de ces piédroits. Cette hypothèse justifie la possibilité d'utiliser la méthode des rotations pour l'étude de l'équilibre de chaque nœud du schéma statique.

Le théorème des trois moments s'écrit de la forme suivante :

$$b_i M_{i-1} + (a_{i+1} + c_i) M_i + b_{i+1} M_{i+1} = \varphi'_{io} - \varphi''_{io}$$

En considérant la rigidité  $EI$  constant on a les coefficients de souplesse utilisé suivant :

$$a_i = \frac{l_i}{3EI} ; a_{i+1} = \frac{l_{i+1}}{3EI} ; b_i = \frac{l_i}{6EI} ; c_i = \frac{l_i}{3EI}$$

L'expression des rotations autour des appuis sont :

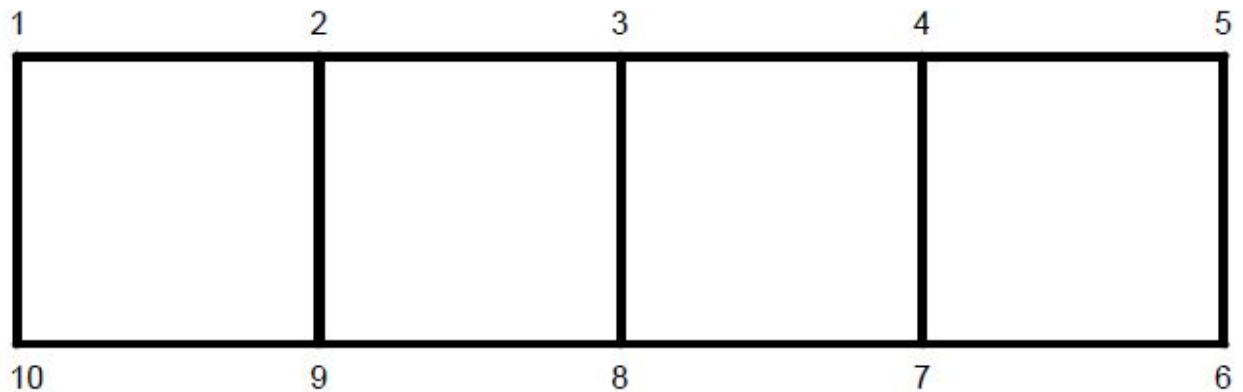
$$\varphi'_{io} = \int_0^{L_i} \frac{x}{L_i} * \frac{M_{iso}(x)}{EI} dx \text{ et } \varphi''_{io} = \int_0^{L_i} (1 - \frac{x}{L_i}) * \frac{M_{iso}(x)}{EI} dx$$

❖ Pour une poutre isostatique sur deux appuis,  $\varphi'_{io} = -\frac{q \cdot l^3}{24EI}$  et  $\varphi''_{io} = \frac{q \cdot l^3}{24EI}$

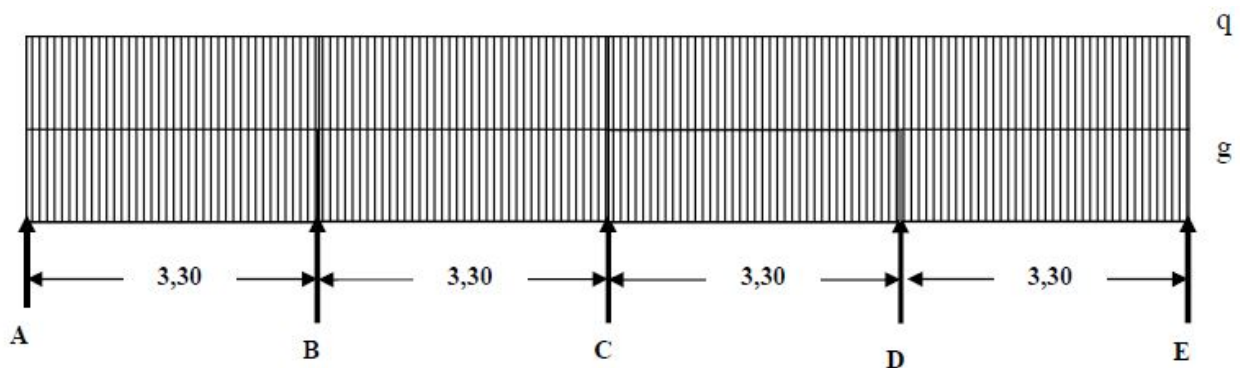
Le moment et effort tranchant en travée sont donnés par :

$$M(x) = M_{io} + M_A + \frac{M_B - M_A}{l} x \text{ et } T(x) = T_0(x) + \frac{M_B - M_A}{l}$$

Le schéma statique de la structure ainsi modélisée est la suivante :



*Figure 10 : schéma statique*



*Figure 11: schéma équivalent de chargement*

### II.1.3 Evaluation des charges appliquées à l'ouvrage

#### II.1.3.1 Charges permanentes

##### Au niveau du tablier

- Poids propre du tablier =  $0.3 \times 25 \times 1 = 7,5 \text{ KN/ml}$
- Chape d'étanchéité de 3cm d'épaisseur avec une densité de  $22 \text{ KN/m}^3$  :  $0.03 \times 22 \times 1 = 0.66 \text{ KN/ml}$
- Guides roue de dimensions  $0.2 \times 0.4$  :  $25 \times 0.2 \times 0.4 \times 2 \times 2.5 / (7+2 \times 0.2) = 1.35 \text{ KN/ml}$

*Soit au total une charge permanente  $g_1 = 9.51 \text{ KN/ml}$*

##### Au niveau du radier

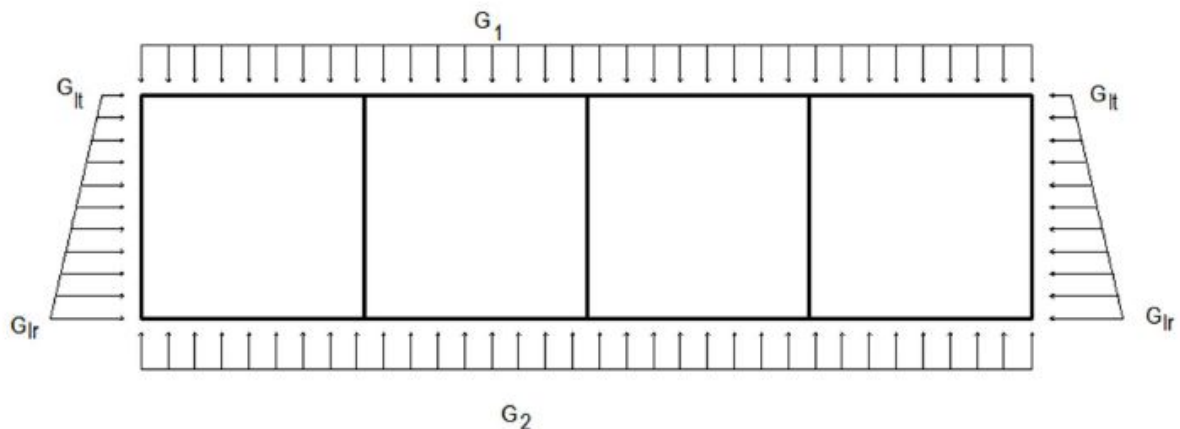
- Poids propre du radier =  $0.3 \times 25 \times 1 = 7,5 \text{ KN/ml}$

- charge totale sur tablier  $g_1 = 9.51 \text{ KN/ml}$
- Poids propre piédroits =  $5 \times 25 \times 0.3 \times 2.5/13.5 = 23.15 \text{ KN/ml}$

**Soit au total une charge permanente  $g_2 = 40.16 \text{ KN/ml}$**

**Poussée Latérales  $G_l = K_a * \gamma * h$**

- ❖ Au niveau de la traverse :  $G_{lt} = 0.33 \times 20 \times 0.3 = 1.98 \text{ KN/ml}$
- ❖ Au niveau du radier :  $G_{lr} = 0.33 \times 20 \times (0.3 + 2.5) = 18.48 \text{ KN/ml}$



**Figure 12 : Chargement permanent appliqué à l'ouvrage**

### II.1.3.2 Charges d'exploitations

#### ➤ Système Bc

##### Au niveau du tablier

On peut disposer sur une travée, deux (02) files de deux (02) essieux de 120 KN chacun soit 480 KN. Charge répartie :

Surface d'encombrement =  $(1.5 + 0.25) \times (2 \times 2 + 0.5 + 0.25) = 8.31 \text{ m}^2$

$$q_1 = \frac{Q * bc}{\text{section d'encombrement}} = \frac{480 * 1.1}{8.31} = 63.53 \text{ KN/m}^2$$

$$G = 3 \times 9.51 = 28,53 \text{ KN}$$

$$S = 240 \text{ KN}$$

Coefficient de majoration dynamique  $\delta = 1.57$  d'où une surcharge uniformément répartie

$$Q_{Bc} = \delta \times q_1 = 1.57 \times 63.74 = 99.74 \text{ KN/ml}$$

##### Au niveau du radier

On considère deux (02) files de deux (02) essieux de 12 t soit 48.

Charge répartie sur radier :

$$q_1 = \frac{Q * bc}{section\ d'encombremment} = \frac{480 * 1.1}{8.31} = 63.53\ KN/m^2$$

$$G = 3 \times 40.16 = 120.48\ KN/ml$$

$$S = 240\ KN/ml$$

Coefficient de majoration dynamique  $\delta = 1.36$  d'où une surcharge uniformément répartie

$$Q_{Bc} = \delta \times q_1 = 1.36 \times 63.53 = 86.4\ KN/ml$$

### ➤ Système Bt

#### Au niveau du tablier

On peut disposer sur une travée, deux (02) tandems de deux essieux, équivalent à deux (02) essieux de 16t chacun, soit 640 KN. Charge répartie :

$$Section\ d'encombremment = (1.35+0.25) \times (5+0.6) = 8.96\ m^2$$

$$q_1 = \frac{Q * bt}{section\ d'encombremment} = \frac{640 * 1}{8.96} = 71.43\ KN/m^2$$

$$G = 3 \times 9.51 = 28.53\ KN$$

$$S = 320\ KN$$

Coefficient de majoration dynamique  $\delta = 1.61$  d'où une surcharge uniformément répartie  $Q_{Bt}$

$$\delta \times q_1 = 1.61 \times 71.43 = 115\ KN/m$$

#### Au niveau du radier

On considère deux (02) tandems de deux essieux, équivalent à deux (02) essieux de 16t chacun, soit 640KN.

Charge répartie sur radier :

$$q_1 = \frac{Q * bt}{section\ d'encombremment} = \frac{640 * 1}{8.96} = 71.43\ KN/m^2$$

$$G = 3 \times 40.16 = 120.48\ KN$$

$$S = 320\ KN$$

Coefficient de majoration dynamique  $\delta = 1.41$  d'où une surcharge uniformément répartie

$$Q_{Bt} = \delta \times q_1 = 1.41 \times 6.77 = 100.72\ KN/m$$

### ➤ Système Br



Il est généralement utilisé pour la vérification au poinçonnement de la dalle.

On peut disposer une charge ponctuelle de 10 t de surface d'impact. Avec la méthode de BOUSINESSQ on détermine une surface d'impact =  $(0.3 + 0.3/2 + 0.50) \times (0.6 + 0.3/2 + 0.50) = 1.187 \text{ m}^2$ .

#### **Au niveau du tablier**

$$\text{Charge répartie : } q_1 = \frac{100 \times 1}{1.187} = 84.25 \text{ KN/m}^2$$

$$G = 3 \times 9.51 = 28.53 \text{ KN/m}$$

$$S = 100 \text{ KN}$$

Coefficient de majoration dynamique  $\delta = 1.44$  d'où une surcharge uniformément répartie

$$Q_{Br} = \delta \times q_1 = 1.44 \times 84.25 = 121.32 \text{ KN/ml}$$

#### **Au niveau du radier**

$$\text{Charge répartie sur radier : } q_1 = \frac{100 \times 1}{1.187} = 84.25 \text{ KN/m}$$

$$G = 3 \times 40.16 = 120.48 \text{ KN/m}$$

$$S = 100 \text{ KN}$$

Coefficient de majoration dynamique  $\delta = 1.27$  d'où une surcharge uniformément répartie

$$q_{Br} = \delta \times q_1 = 1.27 \times 84.25 = 106.99 \text{ KN/ml soit } 107 \text{ KN/ml}$$

#### **➤ Système Mc 120**

Un véhicule type du système Mc 120 comporte deux chenilles de masse totale 110t avec une longueur de 6,10 m. et une largeur 1 m par chenille ; la distance d'axe en axe des deux chenilles est de 3,30 m. Le rectangle d'impact de chaque chenille est supposé uniformément chargé. La charge correspondant est alors :

$$\text{Charge répartie : } q_1 = \frac{1100}{6.10 \times 3.3} = 54.6448 \text{ KN/m}^2$$

$$G = 3 \times 9.51 = 28.53 \text{ KN/m}$$

$$S = 1100 \text{ KN}$$

Coefficient de majoration dynamique  $\delta = 1.71$  d'où une surcharge uniformément répartie

$$Q_{Br} = \delta \times q_1 = 1.26 \times 54.6448 = 68.85 \text{ KN/ml}$$

#### **Au niveau du radier**

$$\text{Charge répartie sur radier : } q_1 = \frac{1100}{6.10 \times 3.3} = 54.6448 \text{ KN/m}$$

$$G = 3 \times 40.16 = 120.48 \text{ KN/m}$$

$$S = 1100 \text{ KN}$$

Coefficient de majoration dynamique  $\delta = 1.58$  d'où une surcharge uniformément répartie

$$q_{Br} = \delta \times q_1 = 1.58 \times 54.6448 = 86.33 \text{ KN/ml}$$

Les tableaux suivant récapitulent l'ensemble des charges routières sur le tablier et sur le radier.

**Tableau 13 : récapitulatif des charges routières sur le tablier**

Désignations	Système Bc	Système Bt	Système Br	Système Mc120
Q en KN/m <sup>2</sup>	63.53	71.43	84.25	54.6448
G en KN	28.53	28.53	28.53	28.53
S en KN	480	640	100	1100
$\delta$	1.57	1.36	1.44	1.71
Q en KN/ml	99.74	115	121.32	68.85
Choix	La charge Bt est la plus défavorable avec <b>Q = 115 KN/ml</b>			

**Tableau 14 : récapitulatif des charges routières sur le radier**

Désignations	Système Bc	Système Bt	Système Br	Système Mc120
Q en KN/m <sup>2</sup>	63.53	71.43	84.25	54.6448
G en KN	120.48	120.48	120.48	120.48
S en KN	480	640	100	1100
$\delta$	1.36	1.41	1.27	1.55
Q en KN/ml	86.4	100.72	107	86.33
Choix	La charge B <sub>t</sub> est la plus défavorable avec <b>Q = 100.72 KN/ml</b>			

## II.2 Calcul des sollicitations

Le calcul des différentes sollicitations est consigné en annexes 7.

### II.2.1 Résultats des sollicitations

Les sollicitations sur le mur en aile se résument au tableau suivant :

(Voir page suivante)

**Tableau 15 : Récapitulatif des sollicitations**

Partie d'ouvrage	Sollicitations KN.m, KN		Sous charges G	Sous charges Q
TABLIER	Moment sur appui	$M_A = M_E$	8.63	104.4
		$M_B = M_D$	8.63	104.4
		$M_C$	8.63	104.4
	Moment en travée	$M_{AB} = M_{DE}$	-4.32	-52.2
		$M_{BC} = M_{CD}$	-4.32	-52.2
	Réaction d'appui	$R_A = R_E$	15.7	189.7
		$R_B = R_D$	31.4	379.5
		$R_C$	31.4	379.5
	RADIER	Moment sur appui	$M_A = M_E = 0$	-36.4
$M_B = M_D$			-36.4	-91.4
$M_C$			-36.4	-91.4
Moment en travée		$M_{AB} = M_{DE}$	18.2	45.7
		$M_{BC} = M_{CD}$	18.2	45.7
Réaction d'appui		$R_A = R_E$	-66.3	-176.5
		$R_B = R_D$	-132.5	-332.5
		$R_C$	-132.5	-332.5
Piédroit		Effort en C	$N = R_C$	132.5
	Effort en B et D	$N = R_B = R_D$	132.5	379.5
	Effort en A et E	$N = R_A = R_E$	66.3	176.5
	Effort en moment en A et E	$M_{max} =$	9.51	15.85

**Combinaison à ELU et ELS**

**Tableau 16 : Récapitulatif des moments et efforts en appuis et en travée**

	Sollicitations		Charges $M_G$	Charges $M_Q$	ELU $1.35M_G + 1.6M_Q$	ELS $M_G + 1.2M_Q$
Tablier	Mmax appui	en	8.63	104.4	<b>178.69</b>	<b>133.91</b>
	Mmax travée	en	-4.32	-52.2	<b>-89.35</b>	<b>-68.472</b>
Radier	Mmax appui	en	-36.4	-91.4	<b>-195.38</b>	<b>-146.08</b>
	Mmax travée	en	18.2	45.7	<b>97.69</b>	<b>73.04</b>
	Charges G		Charges Q		ELU	
Piédroits KN.m/ml, KN/ml	$M_G$	$N_G$	$M_Q$	$N_Q$	$1.35M_G + 1.6M_Q$	$1.35N_G + 1.6N_Q$
					ELS	
					$M_G + 1.2M_Q$	$N_G + 1.2N_Q$

Piédroit de rive	9.51	63.3	15.85	176.5	<b>33.44</b>	<b>367.86</b>	<b>28.53</b>	<b>275.1</b>
Piédroits intermédiaires		132.5		379.5		<b>786.07</b>		<b>578.9</b>

### II.3. Calcul des sections d'armatures

Le calcul des sections d'aciers est présenté en **annexe 8**.

Le tableau suivant récapitule les sections d'aciers obtenus

**Tableau 17 : Récapitulatif des sections d'armatures**

Partie d'ouvrage		Dimensions (cm)		Section d'aciers (cm <sup>2</sup> )			Espacement (cm)
		b	h	Théoriques	Choix	Adoptée	
Tablier	En travée	100	30	12.28	2x8HA10	12.56	12.5
	Sur appuis	100	30	24.019	2x8HA14	24.62	12.5
Radier	En travée	100	30	13.10	2x9HA10	27.7	10
	Sur appuis	100	30	26.2	2x9HA14	27.7	10
Piédroits de rive		100	30	9.64 soit 4.82/face	Av : 2x4HA14	10.78	15
					AH : 2x4HA12	9.05	20
Piédroits intermédiaires		100	30	10.4 soit 5.2 /face	Av : 2x5HA12	11.3	15
					AH : 2x5HA10	7.93	15

### III. Dimensionnement du mur en aile

Le mur en aile sera considéré comme un mur de soutènement de type cantilever. Le rôle de cet ouvrage de soutènement est de retenir un massif de terre. L'étude de ce mur de forme trapézoïdale nécessite une méthode spécifique d'étude et de contrôle du dimensionnement dans le but d'assurer sa stabilité.

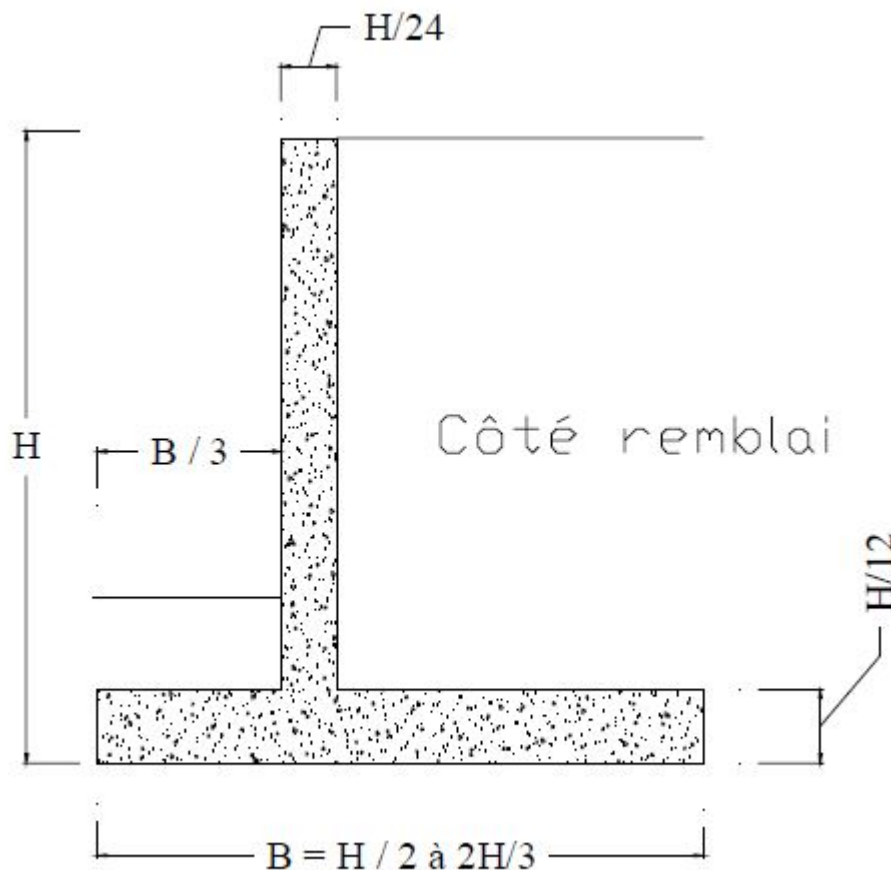


Le mur cantilever en béton armé qui, doté d'une base élargie encastrée à la partie supérieure du sol, fonctionne sous l'effet du poids du remblai ; c'est un ouvrage rigide.

Le calcul du mur et ses vérifications demande une succession de calculs cohérents et itératifs.

Il est important de pré-dimensionner de la manière rigoureuse les caractéristiques géométriques du mur dans le but d'arriver de la façon rapide aux bons résultats.

L'utilisation de quelques règles simples pour les murs-cantilever «courants» en béton armé permet de choisir rapidement les dimensions du mur.



*Figure 13 : Schéma du mur*

### III.1 Pré dimensionnement des épaisseurs

#### ➤ Hauteur du mur

$$H = 3\text{m}$$



**ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO**



GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE

- **Epaisseur  $e_1$  à la base et tête du mur  $e_0$**

$$e_0 = \frac{H}{24} = 12.5 \text{ cm}$$

Choix :  $e_0 = 30 \text{ cm}$  pour des raisons de bon bétonnage.

$$e_1 = e_2 = e_0 = 30 \text{ cm}$$

- **Largeur de la semelle B**

$$\frac{H}{2} \leq B \leq \frac{2H}{3} \rightarrow \frac{3}{2} \leq B \leq \frac{2 \cdot 3}{3} \rightarrow 1.5 \leq B \leq 2$$

Choix : **B = 200 cm**

- **Largeur du patin  $b_1$**

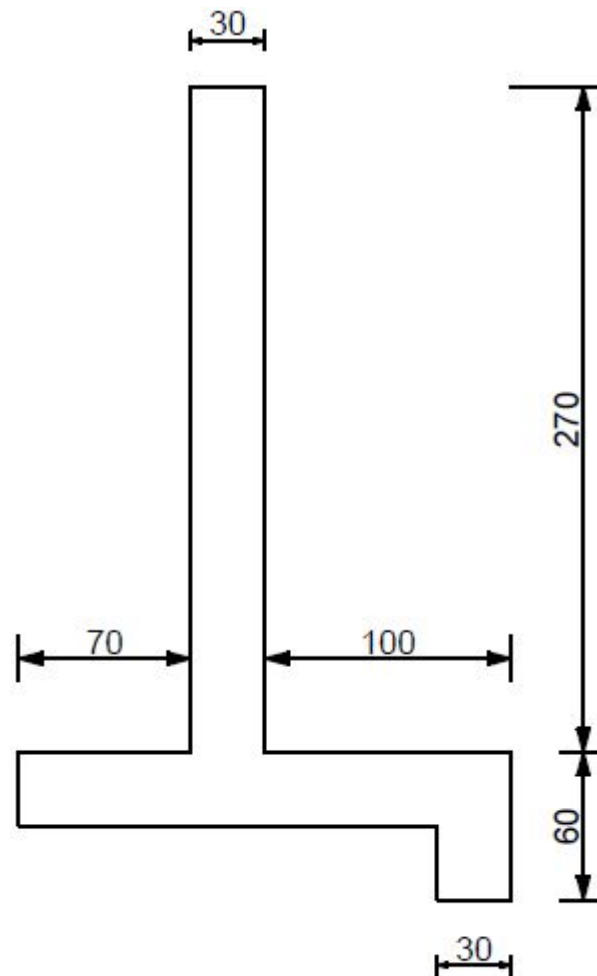
$$\text{Elle vaut } b_1 = \frac{B}{3} = \frac{200}{3} = 66.67 \text{ cm}$$

On prend  **$b_1 = 70 \text{ cm}$**

- **Largeur du talon  $b_2$**

$$\text{Elle se déduit } b_2 = B - (b_1 + e_1) = 100 \text{ cm}$$





Plan de coffrage du mur en aile

*Figure 14 : Dimension du mur en aile*

### III.2 Dimensionnement du mur en aile

Les calculs sont effectués pour une bande de 1m de mur.

#### III.2.1 Paramètres de calcul

Pour le remblai, les caractéristiques sont :

- Cohésion  $c = 0$
- Poids volumique des terres :  $\gamma_s = 18KN/m^3$
- Angle de frottement interne :  $\phi = 30^\circ$
- Poussée passive nulle sur l'avant du patin
- Terre-plein horizontale non chargé
- Coefficient de poussée

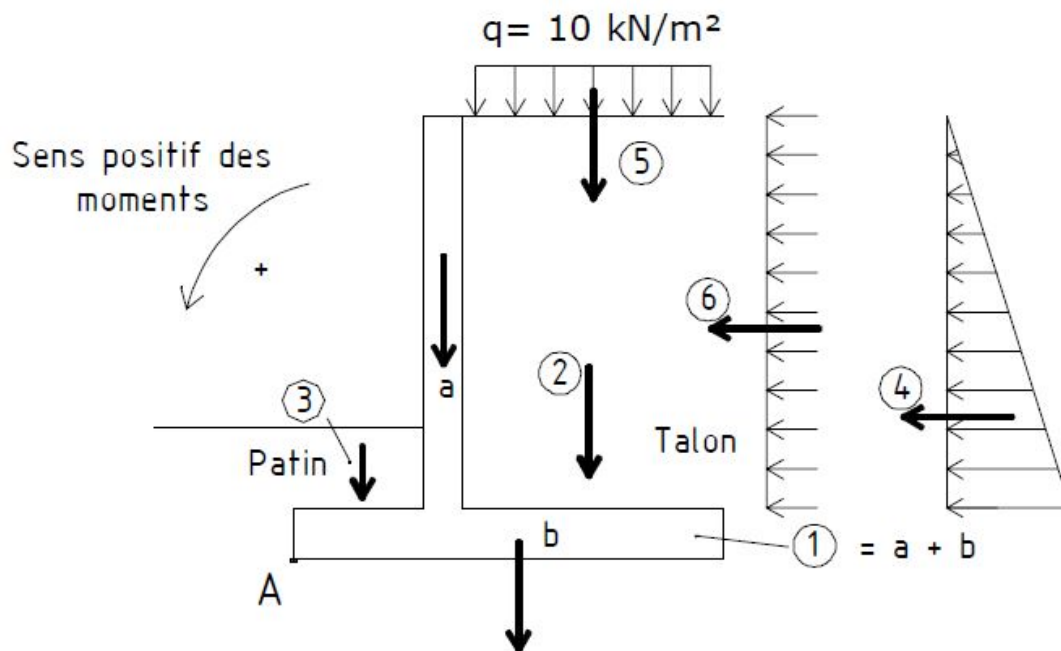
- Horizontale  $K_{ah} = \tan^2 = \left(45 - \frac{\phi}{2}\right) = 0.33$
- Verticale  $K_{av} = 0$
- Hauteur de remblai sur le remblai  $h = 0.5\text{m}$

Pour le sol de fondation sous semelle (remblai compacté), on a :

- Contrainte de sol :  $\sigma_0 = 1.3 \text{ bar} = 130 \text{ KN/m}^2$
- Cohésion  $c' = 0$

### III.2.2 Evaluation des forces et moments

Le schéma ci-après inventorie les charges appliquées au mur en aile.



**Figure : Inventaires des forces appliquées au mur**

Calcul des sollicitations

**Tableau 18 : Récapitulatif des actions appliquées au mur**

				Actions horizontale $R_H = P_G$ ou $P_Q$ en KN/ml		Actions verticale $R_v$ $= G$ en KN/ml	Bras de levier	$M_A$ en KN.m /ml	
Charges G	Poids du mur	a	Voile			$2.7 \times 0.3 \times 25$	20.25	0.85	<b>-17.21</b>
		b	Semelle			$2 \times 0.3 \times 25$	15	1	<b>-15</b>
		c	bêche			$0.6 \times 0.3 \times 25$	4.5	2.3	<b>-10.35</b>
		1	Mur (a+b+c)				39.75		<b>-42.56</b>
		2	Terre (talon)			$1 \times 2.7 \times 20$	54	1.5	<b>-81</b>
		3	Terre (patin)			$0.5 \times 0.7 \times 20$	7	0.35	<b>-2.45</b>
		4			$\frac{0.33 \times 20 \times 3^2}{2}$	29.7		$\frac{3}{3} = 1$	<b>29.7</b>
Charges Q	Charges d'exploitation	5				$10 \times 1$	10	1.5	<b>-15</b>
	Poussée due à la surcharge d'exploitation	6		$0.33 \times 10 \times 3$	9.9			$\frac{3}{2} = 1.5$	<b>14.85</b>

Les combinaisons d'action à prendre en compte à l'ELS : G + Q

C1 : 1+2+3+4+5+6

C2 : 1 + 2 + 4 + 5 + 6 (terres sur le patin non prise en compte)

C3 : 1 + 2 + 4 (terres sur le patin non prise en compte)

✓ Sous la combinaison C1

$$M_A = -32.21 - 81 - 2.45 + 29.7 - 15 + 14.85 = 96.46 \text{ KN.m}$$

$$R_v = 35.25 + 54 + 7 + 10 = 110.75 \text{ KN}$$

$$R_H = 29.7 + 9.9 = 39.6 \text{ KN}$$

✓ Sous la combinaison C2

$$M_{/A} = -32.21 - 81 + 29.7 - 15 + 14.85 = 94.01 \text{ KN.m}$$

$$R_v = 35.25 + 54 + 10 = 103.75 \text{ KN/ml}$$

$$R_H = 29.7 + 9.9 = 39.6 \text{ KN}$$

✓ Sous la combinaison C3

$$M_{/A} = -32.21 - 81 + 29.7 = -93.86 \text{ KN.m}$$

$$R_v = 35.25 + 54 = 93.75 \text{ KN}$$

$$R_H = 29.7 \text{ KN}$$

### III.2.3 Vérification de la stabilité du mur

De façon générale le mur de soutènement se trouve soumis à un effort de poussée P et un effort de butée B (considérée comme stabilisante).

#### ❖ Vérification au renversement

La stabilité est définie comme le rapport du moment des forces stabilisatrices sur le moment des forces de renversement, moments évalués par rapport au point A.

Forces de renversement : poussée Pt, résultante éventuelle des sous-pressions de l'eau U.

Force stabilisatrices : poids Pi, butée B.

Le coefficient de sécurité au renversement est donné par :

$$F_r = \frac{\sum \text{moment des forces stabilisatrice}}{\sum \text{moment des forces rerversantes}} = \frac{M_s}{M_r} \geq 1.5$$

La vérification au non renversement est effectuée sous la combinaison C2 en prenant pas en compte la butée sur le patin.

$$\text{Moment stabilisant : } M_s = 32.21 + 81 + 15 = 128.21 \text{ KN.m}$$

$$\text{Moment renversant : } M_r = 29.7 + 14.85 = 44.55 \text{ KN.m}$$

$$F_r = \frac{128.21}{44.55} = 2.88 \geq 1.5$$

**Le mur est donc stable au renversement**

#### ❖ Stabilité au non glissement et non poinçonnement du sol d'assise

Le coefficient de sécurité au non glissement est :  $F_g = \frac{c' * b + R_v \tan \theta}{R_H} \geq 1.5$

Avec :

- $b = 2 \text{ m}$ , la largeur du mur a sa base
- $\theta = 20^\circ$ , angle de frottement
- $R_v$  = composante horizontale de la résultante des forces

-  $R_H$  = composante horizontale de la résultante des forces

$$F_g = \frac{R_V \tan\theta}{R_H} \geq 1.5$$

La justification du non-poinçonnement consiste à s'assurer que la contrainte verticale de référence  $\sigma_{ref}$  au quart de la largeur comprimée est au plus égale à la contrainte de calcul  $q_{ser}$ , et convenablement corrigée pour tenir compte de l'excentricité et de l'inclinaison  $\delta_R$  sur la verticale de la résultante R des actions appliquées. La condition suivante doit être vérifiée :

$$\sigma_{ref} \leq \overline{\sigma_{ser}} = \sigma_0 * \delta_R$$

Les sollicitations de calcul (résultantes des forces verticales et horizontales, moment résultant de ces forces au point A) permettent la détermination des contraintes verticales exercées par la semelle du mur sur le terrain d'assise.

Le sol d'assise est supposé élastique, et la semelle infiniment rigide. Il en résulte que le diagramme des contraintes sur le sol peut valablement être supposé linéaire.

**Tableau 19 : vérification au glissement et au non poinçonnement**

	Combinaison C1	Combinaison C2	Combinaison C3
M/A (KN.m/ml)	96,46	94,01	93,86
Rv (KN/ml)	110,75	103,75	93,75
RH ( KN/ml)	39,6	39,6	29,7
Coefficient de sécurité au glissement $F_g = R_v * \tan\theta / R_H \geq 1,5$	1,62	1,51	1,82
<b>Vérification <math>F_g &gt; 1,5</math></b>	<b>la condition est vérifiée</b>	<b>la condition est vérifiée</b>	<b>la condition est vérifiée</b>
Excentricité $e_A = M/A/R_v$	0,87	0,91	1,00
Tiers centrale $b/3 = 0,67$ ; $2b/3 = 2$	La résultante R passe dans le tiers central	La résultante R passe dans le tiers central	La résultante R passe dans le tiers central
$\sigma_{ref} = \frac{5R_V}{2b} (1 - 1.2 \frac{e_A}{b})$	66,0925	59,18	46,7925
$\tan\delta_R = \frac{R_H}{R_V}$	0,358	0,382	0,317
$\delta_R$ en radian	0,344	0,365	0,307

$e^{-\delta_R}$	0,709	0,694	0,736
$\overline{\sigma_{ser}} = \sigma_0 e^{-\delta_R}$	92,16	90,25	95,63
<b>condition de non poinçonnement</b>	<b>la condition au poinçonnement est vérifiée</b>	<b>la condition au poinçonnement est vérifiée</b>	<b>la condition au poinçonnement est vérifiée</b>

Le non glissement du mur est vérifié sous les trois (03) combinaisons.

### III.3 Calcul des sections d'acier et ferrailage du mur

Le détail du calcul des sections d'aciers est consigné en **annexe 9**.

Le tableau ci-dessous récapitule les aciers obtenus.

**Tableau 20 : Récapitulatif des sections d'armatures du mur en aile**

			Choix des aciers	Espacement (cm)
Voile	Face remblayée	Aciers principaux	6HA12	15
		Aciers de répartitions	5HA12	20
	Face vue	Aciers principaux	5HA10	20
		Aciers de répartitions	5HA10	20
Semelle	Patin	Aciers principaux	4HA10	20
		Aciers de répartitions	4HA10	20
	Talon	Aciers principaux	4HA12	20
		Aciers de répartitions	4HA10	20

## IV. Plans d'exécutions et métré

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 en **annexe 13** :

- une vue en plan de l'ouvrage
- une vue principale (vue de côté)
- une coupe transversale





*ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO*



GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE

- une coupe longitudinale
- le plan de ferrailage du cadre
- le plan de ferrailage d'un mur en aile

## CONCLUSION

Au terme de ce chapitre, il était question de dimensionner notre ouvrage de franchissement. Les études hydrologiques ont conduit à un débit de 34.61 m<sup>3</sup> à évacuer. Ce qui a permis de trouver un dalot de type 4 x 3 x 2.5. Il ressort que notre ouvrage est stable tant sur le plan fonctionnelle que structurale.

Ainsi la route aménagée avec son ouvrage de franchissement étudié s'adapte elle à son environnement ? Le chapitre suivant rendra compte de son impact tant sur les populations que pour l'environnement.



## CHAPITRE 4 : ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE

### INTRODUCTION

Ces études consisteront à présenter les impacts positifs et négatifs de la construction de l'ouvrage de franchissement, de l'aménagement de la piste, sur les milieux biophysique et humain. Les descriptions couvrent les impacts attendus durant les phases de préparation, de construction et d'exploitation de la route. Il sera par la suite présenté les mesures de bonification et d'atténuation proposées pour accroître les bénéfices en termes de coût- efficacité et/ou prévenir, minimiser, atténuer ou compenser les impacts négatifs, ainsi que le programme de suivi. Le tronçon de route à réaliser s'étend sur une longueur totale de 28km.

### I. Impacts potentiels

#### I.1 Les impacts négatifs

##### ➤ Phase de chantier

La phase de préparation est importante pour l'installation des bases et la mobilisation des engins. Les premières atteintes physiques à l'environnement et au milieu humain sont enregistrées au cours de celle-ci et sont suivies par celles de la phase de construction.

**Perturbation des activités :** pendant la phase de préparation et ensuite de réalisation du projet, une partie des activités exercées dans le voisinage immédiat du projet sera perturbée. Les activités commerciales, et agricoles seront arrêtées ou réduites du fait de l'exécution des travaux, ce qui constituera une perte en matière d'emplois et de revenus directs.

**Gêne des circulations et des accès :** les travaux provoqueront une perturbation de la circulation des véhicules et des piétons augmentée des risques d'accident liés :

- Aux déplacements des engins et véhicules de chantier tout comme sur les voies de déviation, qui seront encombrées ou inondées pendant les saisons des pluies
- Stationnement des véhicules le long de la route

L'impact sera relativement important pendant les travaux, la pollution de l'atmosphère par des engins de terrassement, va constituer une gêne temporaire et locale pour les populations riveraines et surtout pour les services, les habitations.

**Erosion des sols:** l'exploitation des zones d'emprunt existantes peut augmenter l'érosion des sols. Les zones d'emprunt non réhabilitées sont susceptibles de favoriser la stagnation d'eau

insalubre et la prolifération de vecteurs de maladies tels que les moustiques.

**Pollutions** : les installations d'enrobage comportent également un potentiel de pollution de l'air par les poussières et les émissions liées à la combustion. Les bases de chantiers peuvent engendrer une pollution par les eaux usées ou la mauvaise gestion des déchets.

➤ **Phase d'exploitation**

**Milieu biologique** : étant donné que la zone de réalisation du projet est dense, les travaux affecteront la faune et la flore.

Le milieu ambiant ne sera pas sans reste avec le soulèvement de la poussière en saison sèche due au passage des véhicules dont la vitesse aura augmentée considérablement.

**Pollution sonore** : en phase d'exploitation, la vitesse de référence de la route sera de 60km/h. Les trafics y seront en constante augmentation. La nuisance sonore sera exacerbée par l'action combinée des véhicules plus nombreux à emprunter cette route et la proximité des riverains.

**Population et vie sociale** : la période d'adaptation au fonctionnement de la nouvelle voie affectera certains usagers liés à la circulation piétonne.

## **I.2 Les impacts positifs**

Les améliorations de la route permettront une circulation de véhicules mieux structurée, plus fluide, les déplacements moins onéreux. Les avantages attendus se déclinent principalement par :

- **Une réduction des temps de parcours** : la réalisation de la route permettra des vitesses moyennes de parcours pendant toutes les saisons de l'année.
- **Création d'emploi** : dans les phases chantier, d'exploitation et ultérieure d'entretien, le nombre et les qualifications seront fixés par les entreprises et leurs sous-traitants en fonction de leurs besoins. Les populations environnantes constituent de main d'œuvre potentielle, notamment pour le gardiennage, les agents liés à la circulation en alternance et l'exécution manuelle de terrassement, ou de désherbages ponctuels. Le recrutement de plusieurs cadres moyens et supérieurs, au nombre desquels on peut citer des conducteurs des travaux (ingénieurs), des chefs d'équipes (techniciens supérieurs), et des topographes (techniciens supérieurs).
- **Une meilleure intégration environnementale** : l'amélioration des ouvrages hydrauliques et des réseaux de drainage des eaux pluviales contribuera à la lutte contre l'érosion des sols, à la protection des ressources en eau, à la mise hors inondations des riverains, et à la pérennité de la route en soi.

- **Le développement des activités socio-économiques** : L'installation du personnel de chantier dans la zone va accroître la demande en logement. La demande en équipement pourrait inciter les propriétaires des maisons à améliorer l'état de leurs constructions ; ce qui aura un impact positif sur le cadre de vie. Durant les travaux, la population de la zone du projet (Dori) va connaître un accroissement, aussi bien par la présence du personnel de l'entreprise que par celle des personnes venues exercer des activités commerciales. L'autorité du Chef sera renforcée pendant la phase des travaux par leur implication dans les engagements pris par les différentes parties (promoteur, entreprise et population), et sera un gage de cohésion sociale. De plus, le flux temporaire de travailleurs vers la zone des travaux entraînera l'augmentation de la consommation de plusieurs produits de base tels que le carburant, des vivres, donc des revenus plus grands pour les gérants d'activités.

## **II. Mesures d'atténuations et de bonification**

### ➤ **Mesures compensatoires liées à la libération des emprises**

**L'acquisition de parcelles et le déplacement** : prévoir un montant pour compenser les indemnités des pertes de revenus.

### ➤ **Mesures d'atténuation durant la phase des travaux**

Les principales mesures d'atténuation seront principalement axées sur l'organisation des travaux et l'équipement des bases vie.

**Installation de chantiers** : les aires des chantiers seront installées dans des endroits à enclaves ouvertes dont l'accès aura été facilité, non utilisables à des fins agricoles, de sites archéologiques ou religieux. Les bases de vie doivent être à l'écart des puits et cours d'eau de manière à éviter tout risque de pollution de la ressource ; aucun dépôt de matériel pouvant libérer des matières polluantes ne sera autorisé en deçà d'un périmètre de sécurité. Les horaires de travail seront modulés de manière à limiter le dérangement des populations riveraines. La vitesse des engins sera limitée sur les chantiers et les sites des travaux localisés.

**Plan de circulation et de déviation** : un plan de circulation des engins sera élaboré de manière à permettre la plus grande mobilité et l'accessibilité des riverains. Il devra être évolutif en fonction du phasage prévu pour les travaux. Ce plan sera renforcé par la pose de panneaux de signalisation et d'information. Les aires de travaux seront clairement balisées.

**Installation de dépôt de carburant et de lubrifiants** : les unités de stockage des produits



hydrocarbonés seront des réservoirs placés dans les zones de confinement appropriées afin d'éviter tout déversement ou rupture du réservoir et un minimum de risques d'incendie. Des équipements de nettoyage de tout déversement seront prévus.

**Coupe d'arbres et haies vive** : la coupe des arbres sans valeur écologique particulière aux abords de la route existante requière des autorisations préalables auprès de la Direction de l'Environnement avant de procéder aux coupes. Le bois coupé sera obligatoirement valorisé.

En compensation, des plantations et des ensemencements seront effectués dans l'emprise des travaux (après achèvement) au titre des mesures visant l'embellissement des espaces urbains. Cette action permettra d'éviter des érosions au droit des surfaces dénudées temporairement.

**Les mouvements des terres** : les sites de prélèvement (carrières) ou destinés aux dépôts excédentaires seront choisis de manière à ne pas générer des impacts paysagers ou à présenter des dangers, ils seront remis en état à l'issue des travaux.

**Emission de poussières** : afin de réduire les émissions de poussière provenant des circulations d'engins et du transport des matériaux, les responsables de chantier effectueront des actions d'arrosage sur les pistes adjacentes aux zones habitées. Les dépôts provisoires de remblais ou déblais pourraient également nécessiter leur humidification.

**Les rejets liquides, les risques de pollution des eaux, les rejets solides** : en fonction du dimensionnement des sous chantiers, les effluents provenant des installations seront collectés et évacués suivant leur composition : dans les fosses septiques étanches ou des systèmes de collecte mobile.

### III. COUT DU PROJET

Le coût du projet regroupe l'ensemble du déboursé sec, la préparation et la mobilisation des matériels pour le site des travaux.

Le présent projet s'élève à un montant de **deux cent soixante-dix-sept millions deux cent treize mille sept cent dix-huit francs CFA (277 213 718 F CFA TTC)**. Le détail de ce montant en **annexe 13**

## CONCLUSION ET RECOMANDATIONS



*ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO*



GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE

Au terme de notre travail, il était question d'étudier un ouvrage de franchissement et ses voies d'accès.

L'analyse des résultats géotechnique à travers les méthodes CEBTP nous a conduits au choix des épaisseurs de chaussées dont ils sont respectivement 15cm pour la couche de base et 20cm pour la couche de fondation pour un trafic de classe T2.

Quant à l'ouvrage de franchissement, les études hydrologique ont conduit à un débit de crue de 34.61 m<sup>3</sup> ce qui a permis de faire le choix d'un dalot cadre et les vérifications hydrauliques ont confirmé une section de 4 x 3 x 2.5.

**Recommandation sur la structure de la chaussée :** avant la mise en place de la couche de roulement de 15 cm, il est nécessaire de mettre en place une couche de forme de 30 cm ayant les mêmes caractéristiques structurelles qu'une couche de remblai.

**Recommandations sur l'exécution du dalot :** l'exécution ne pose pas de problème particulier à condition de respecter les règles élémentaires de bonne construction et en particulier le remblaiement symétrique des piédroits avec des matériaux de bonne qualité, compacté à l'aide de moyens adaptés.

**Recommandation sur l'entretien des ouvrages :** en ce qui concerne la route, nous recommandons un entretien périodique de la piste afin de lui redonner toutes ses caractéristiques tant sur le plan structurelle que sur le plan fonctionnelle. Et pour le dalot nous recommandons à la commune de ladite région de procéder à d'éventuels curages et nettoyage du lit du dalot afin qu'il puisse toujours évacuer les débits pour lequel il a été conçu.

## BIBLIOGRAPHIE





*ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO*



GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE

- CEBTP-LCPC, Manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux, la documentation française
- Fascicule 61, titre II, Programmes de Charges et Epreuve des Ponts Routes
- J. LE ROHELLEC. 1980, CEBTP GUIDE PRATIQUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES POUR LES PAYS TROPICAUX, ministère de la coopération
- Jean COURBON et Jean -Noel T, Résistance des matériaux
- Jean Perchat et Jean Roux, Pratique du BAEL 91, cours avec exercices corrigés
- Les règles du BAEL 91 modifiés 99 aux états limites
- SETRA. 1992, pont-cadre et portique, guide de conception.
- VAN TUU et coll. 1972, Hydraulique routière



## ANNEXE I : Signalisation verticale

### Panneaux de signalisation



A1a  
Virage à droite



A1b  
Virage à gauche



A1c  
Succession de virages dont le  
premier est à droite



A1d  
Succession de virages dont le  
premier est à gauche



E32  
Localisation d'un cours d'eau



**ANNEXE II : Etude hydrologique de la piste**

<b>Paramètres physiques du bassin versant</b>		
Superficie (km <sup>2</sup> )	S =	118,21
Périmètre	P=	76,04
Ic (indice de compacité)	Ic = 0,282*P/racine(S)	1,97225973
Long rect equi (km)	L = ( P+racine(P <sup>2</sup> -16S))/4	34,6039123
Larg equiv (km)	I = S/L	3,41608773
Longeur talweg : Lt (km)		34,6039123
Altitude max (Hmax)		308,9
Altitude min (Hmin)		278,2
Altitude moyenne (Hmoy)	Hmoy = (H80+H20)/2	293,55
Indice de pente global Ig (m/km)	Ig = (H80-H20)/L rect equiv	0,88718292
Indice de pente global Ig = 0,26*S <sup>0,5</sup>		2,82683498
Classe de relief	R=	R1
Infiltrabilité	I =	RI

<b>Paramètres</b>	<b>Valeurs</b>
m=	1,04
A = 1-((161-0,042*Pmoy)/1000)LogS	0,67292207
Alpha 10 =	2,6
Pluie maximale décennale P10 (mm)	96
Pluie maximale de projet retenue	96
Pluie moyenne annuelle	750
Coefficient de ruissellement Kr10 (%)	12,1672
Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> )	136,37
Temps de base Tb(mn)	1994,94
Indice global de pente (Ig)	1,66

<b>Méthode ORSTOM</b>	<b>Valeur</b>
$Q_{max10} = m * A * \alpha * P_{10} * k_{r10} * S / T_b$ $Q_{max10} (m^3/s) =$	<b>26,04</b>
<b>Méthode CIEH</b>	
Formules empirique au Burkina Faso	
$Q_{10} = 0,41 * S^{0,425} * k_r^{0,923}$	33,24
$Q_{10} = 0,254 * S^{0,462} * I_g * k_r^{0,976}$	29,69
<b>Q10 moyen (méthode CIEH)</b>	<b>31,465</b>
<b>Méthode rationnelle</b>	



**ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO**



**GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE**

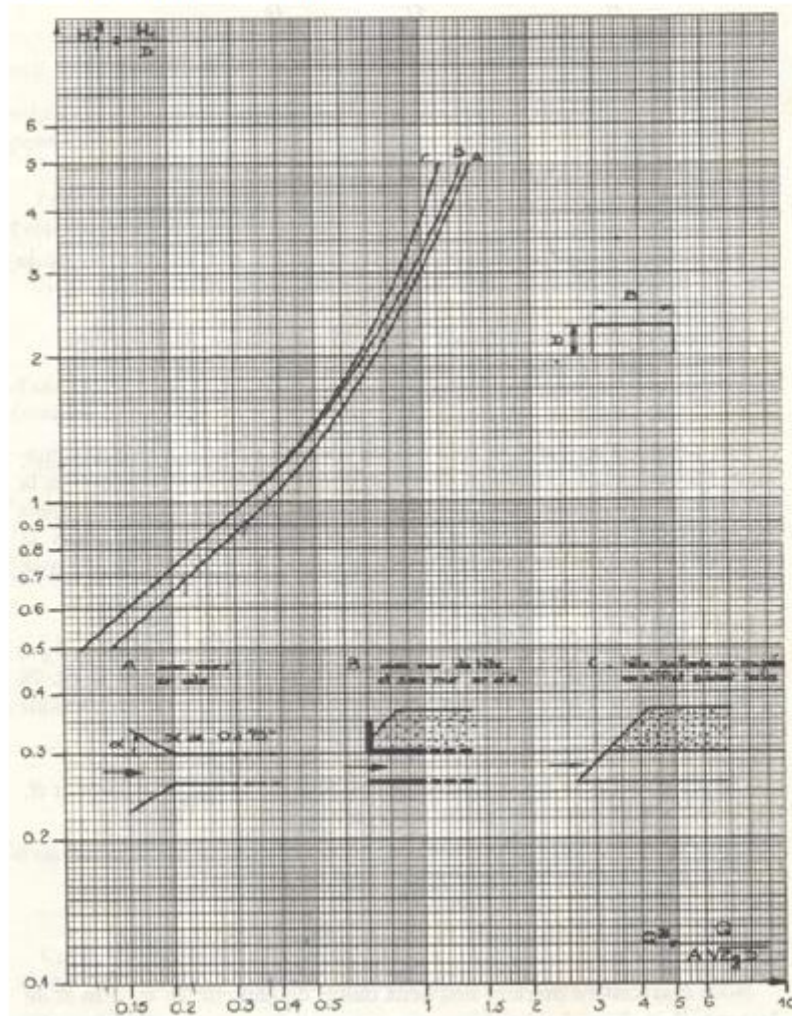
<b>Paramètres</b>	
Coefficient de ruissellement : Cr	0,7
Temps de concentration en mm(Tc) : formule de KIRPLICH $Tc = L^{1,15} / (52 * H^{0,38})$	0,24
Coefficient de Montana : A	39
Coefficient de Montana : B	0,9
Intensité de la pluie I (mm/h)	2,35
$Q_{10} = 0,278 * Cr * I * S$	62,26
Q10 moyen (méthode rationnelle)	31,46
Débite décennale retenu :	31,46
Coefficient majorateur C	1,1
<b>Débit de projet</b>	
$Q_{projet} = C * Q_{10} \text{ décennale retenu}$	34,61

RI	Méthode analytique			
lg	coefficients en zone sahélienne			
		a	b	c
3	Kr70	164	17.0	10.5
	Kr100	250	20.0	12.0
	Kr 70	239	17.7	14.5
7	Kr 100	300	20	15



## ANNEXE III : Abaque pour déterminer la hauteur réduite

Sortie libre : Dalots rectangulaires



A- Avec mur de tête, B- Avec mur de tête et sans mur en aile, C- tête saillant ou coupée en sifflet suivant la pente du talus

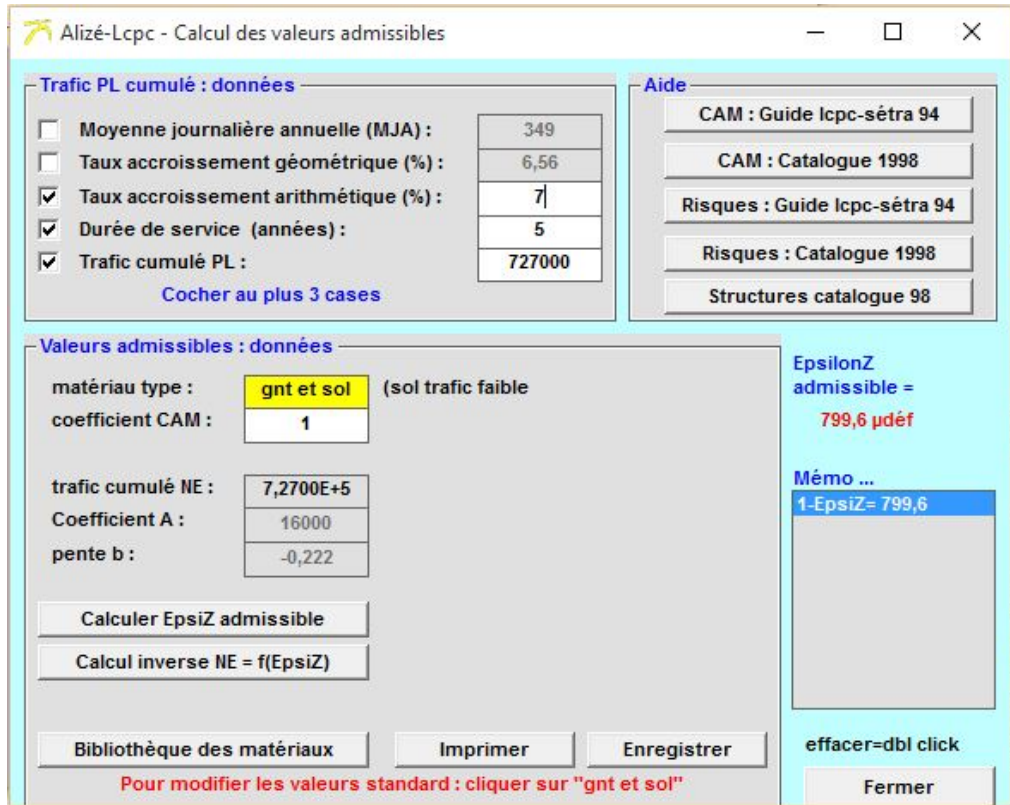
ANNEXE IV : Vérification des sections hydraulique

Section hydraulique

Débit (m3/s)	Vitesse de référence Vr(m/s)	surface (m2)	hauteur (m)	largeur (m)	surf' (m2)	Nbre de cellule	Débit par cellule Qp (m3/s)	Vitesse d'écoulement d'une cellule Vp (m/s)	vérification $V_p < V_r$	Observations
34,61	2	17,305	2,5	2,5	6,25	3	11,537	1,846	OK	Section hydraulique vérifiée, la vitesse Vp d'une cellule satisfait les conditions d'auto curage et les limitations de sédimentation, néanmoins on risque le phénomène d'affouillement qui pourrait arracher les particules dans le radier car Vp proche de Vr
34,61	2	17,305	2,5	3,5	8,75	4	8,653	0,989	OK	Section hydraulique vérifiée, la vitesse Vp d'une cellule pourrait ne pas satisfaire les conditions d'auto curage et les limitations de sédimentation, car Vp proche de 0,5m/s
34,61	2	17,305	2,5	3	7,5	4	8,653	1,154	OK	Section hydraulique vérifiée, la vitesse Vp d'une cellule satisfait les conditions d'auto curage et les limitations de sédimentation

## ANNEXE V : Vérification des contraintes réelle et admissible sur le logiciel ALIZE

Calcul des valeurs admissibles



The screenshot shows the 'Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles' window. It is divided into several sections:

- Trafic PL cumulé : données**: A table with input fields and checkboxes.
 

<input type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	349
<input type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	6,56
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	7
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	5
<input checked="" type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	727000

Below the table is a button: **Cocher au plus 3 cases**
- Aide**: A vertical list of buttons for selecting standards:
  - CAM : Guide lcpc-sétra 94
  - CAM : Catalogue 1998
  - Risques : Guide lcpc-sétra 94
  - Risques : Catalogue 1998
  - Structures catalogue 98
- Valeurs admissibles : données**: Input fields for material type and coefficients.
 

matériau type :	gnt et sol (sol trafic faible)
coefficient CAM :	1
trafic cumulé NE :	7,2700E+5
Coefficient A :	16000
pente b :	-0,222

Buttons: **Calculer EpsiZ admissible**, **Calcul inverse NE = f(EpsiZ)**
- Results and Actions**:
  - EpsilonZ admissible = 799,6 µdéf**
  - Mémo ...**: 1-EpsiZ= 799,6
  - Buttons: **Bibliothèque des matériaux**, **Imprimer**, **Enregistrer**, **effacer=dbl click**, **Fermer**
  - Footer text: **Pour modifier les valeurs standard : cliquer sur "gnt et sol"**

Calcul des contraintes réelles



**ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO**



**GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE**

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

variante 1 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT ( $\mu$ déf)	SigmaT (MPa)	EpsZ ( $\mu$ déf)	SigmaZ (MPa)
0,150	600,0	0,350	0,000	-127,5	-0,015	367,9	0,657
			collé 0,150	-176,0	0,023	534,4	0,353
0,200	600,0	0,350	0,350	-176,0	0,023	534,4	0,353
			collé 0,350	-213,0	-0,118	268,5	0,096
infini	200,0	0,350	0,350	-213,0	-0,005	468,6	0,096

**Grandeurs affichées**

tableau 1    tableau 2

tableau 3    tableau 4

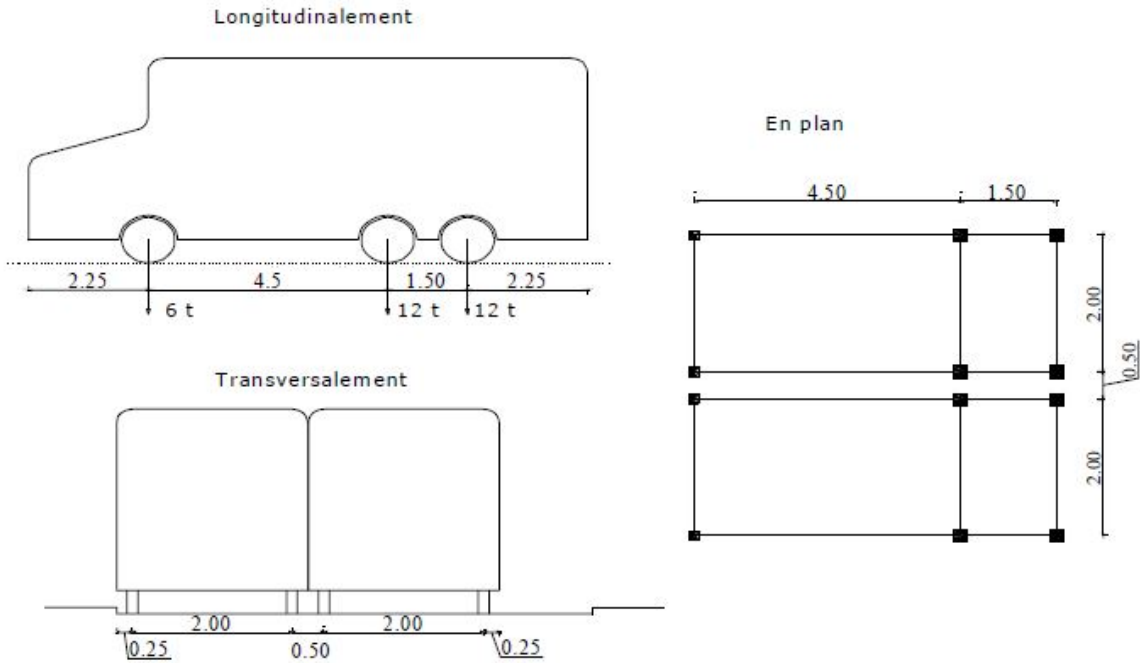
Alizé-Lcpc M... X

1-EpsiZ= 799,6

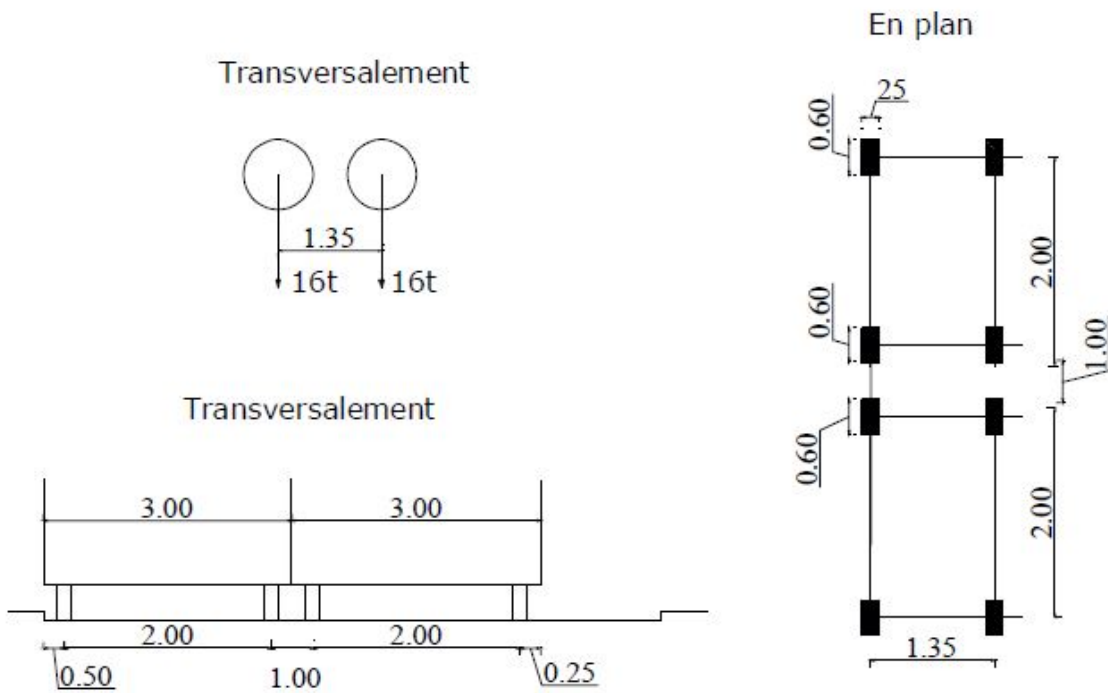
effacer=dble click  
Pour imprimer les données des calculs de valeurs admissibles à la suite des résultats des calculs mécaniques: cocher les cases correspondantes dans la liste ci-dessus.



**ANNEXE VI : Les types de chargement**

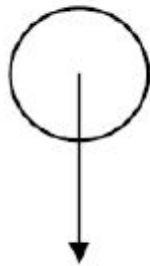


**Système type Bc**



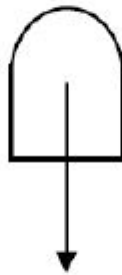
**Système type Bt**

Longitudinalement



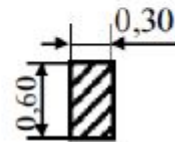
100 KN

Transversalement



100 KN

En plan

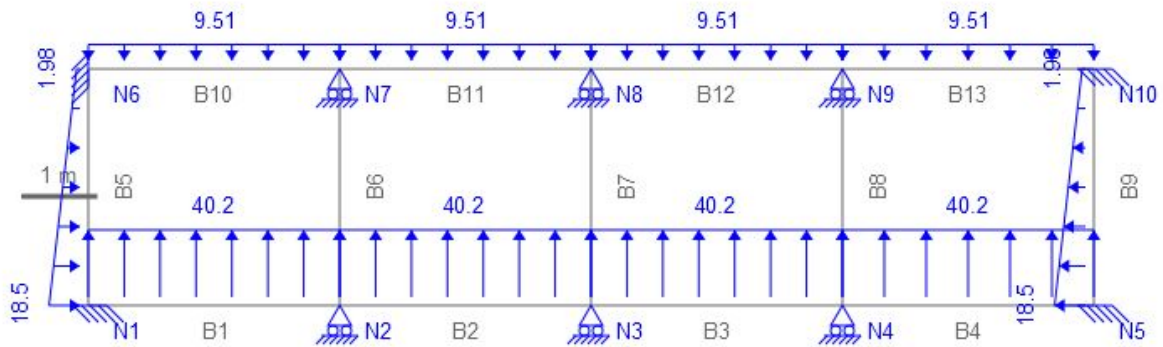


Système type Br

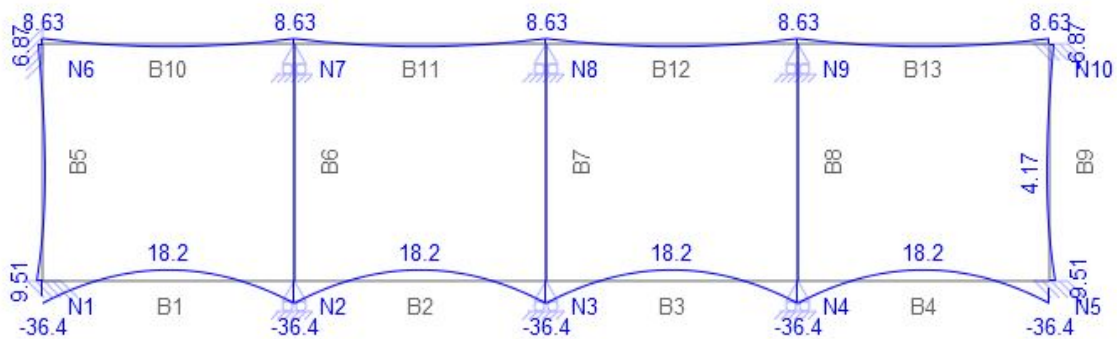


## ANNEXE VII : Déterminations des sollicitations dû aux charges permanentes et d'exploitation

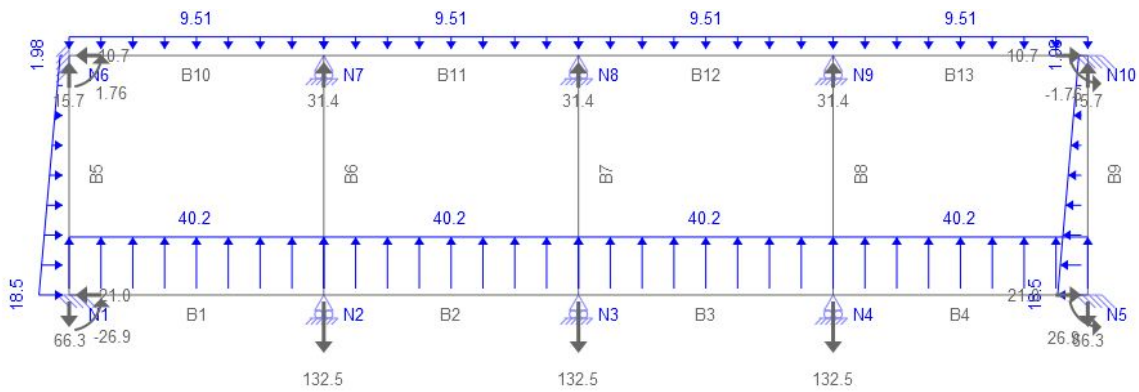
### 1. Sous charges permanentes



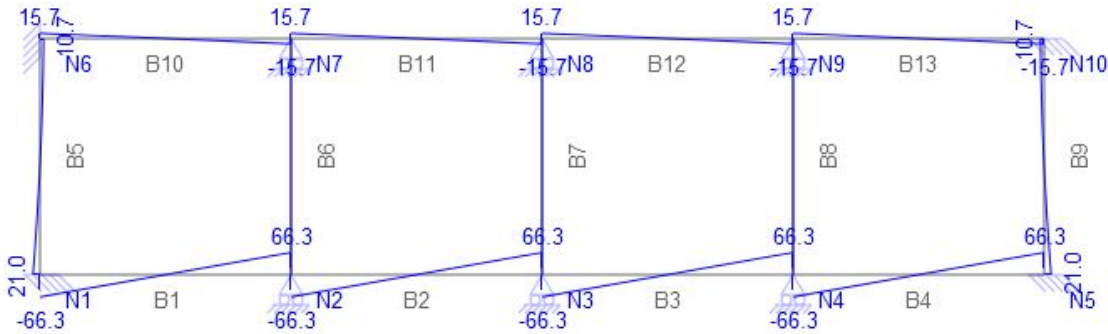
**Figure 15 : Modélisation de la structure sur charges permanente**



*Figure 16: Sollicitations sous charges permanentes*

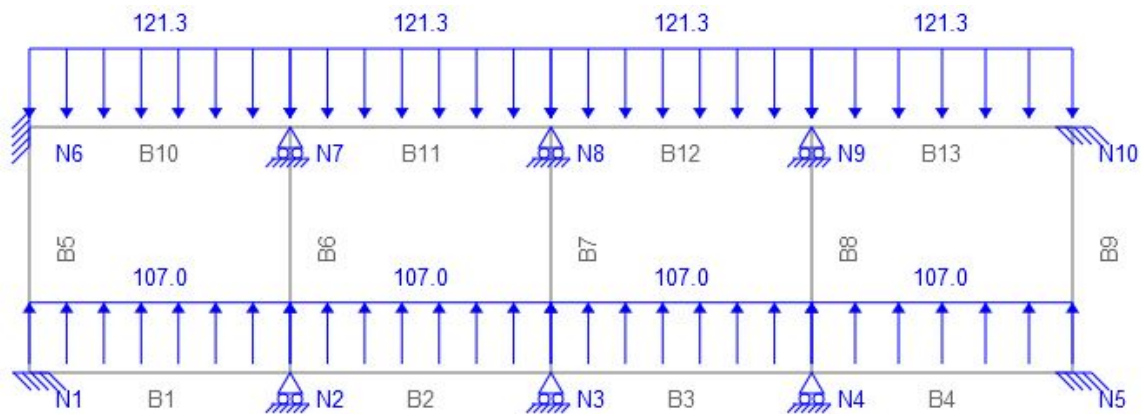


**Figure 17 : Réactions sous charges permanentes**

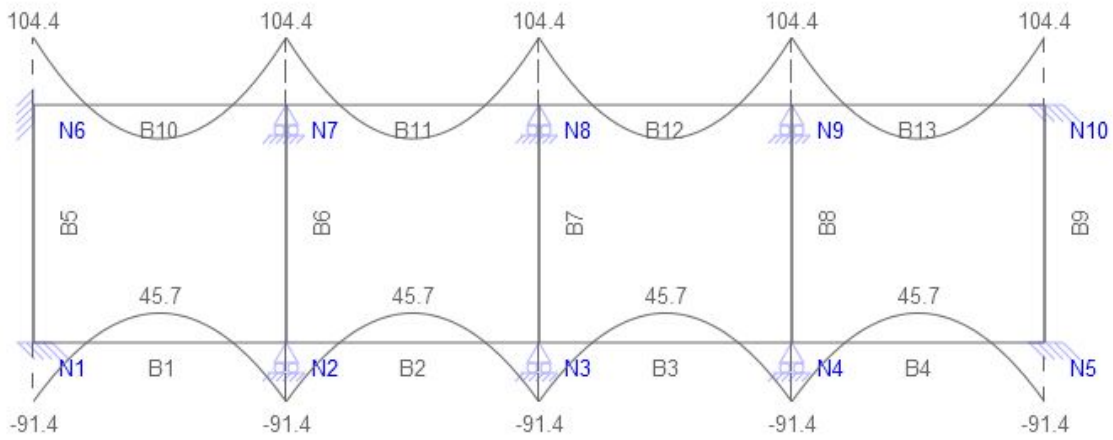


**Figure 18 : Effort tranchant sous charges permanentes**

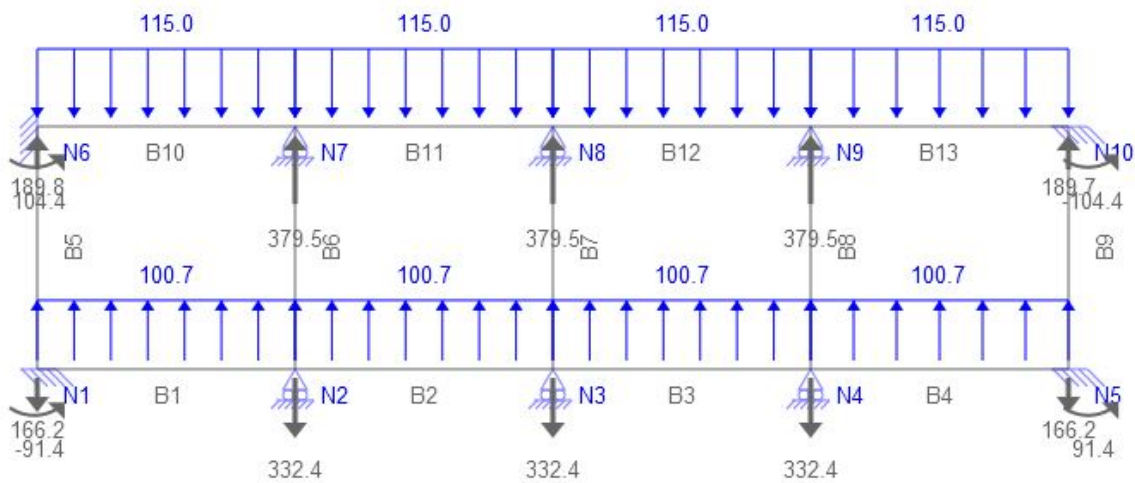
**2. Sous charges d'exploitations**



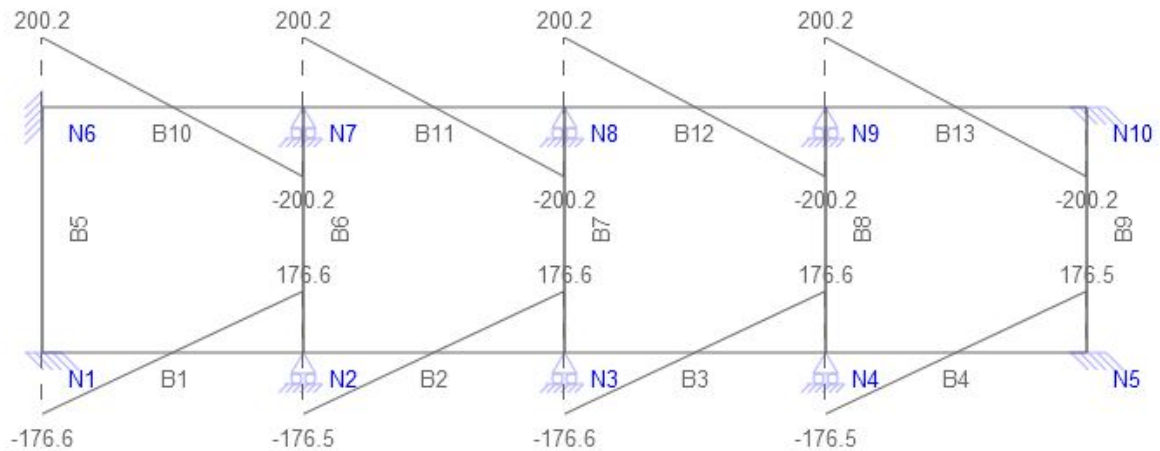
**Figure 19 : Modélisation sous charges d'exploitations**



**Figure 20 : Sollicitations sous charges d'exploitations**



**Figure 21 : Réactions sous charges d'exploitations**



**Figure 22 : Effort tranchant sous charges d'exploitations**

Partie d'ouvrage	Sollicitations KN.m, KN		Sous charges G	Sous charges Q
TABLIER	Moment sur appui	$M_A = M_E$	8.63	104.4
		$M_B = M_D$	8.63	104.4
		$M_C$	8.63	104.4
	Moment en travée	$M_{AB} = M_{DE}$	-4.32	-52.2
		$M_{BC} = M_{CD}$	-4.32	-52.2
	Réaction d'appui	$R_A = R_E$	15.7	189.7
		$R_B = R_D$	31.4	379.5
		$R_C$	31.4	379.5
	RADIER	Moment sur appui	$M_A = M_E = 0$	-36.4
$M_B = M_D$			-36.4	-91.4
$M_C$			-36.4	-91.4
Moment en travée		$M_{AB} = M_{DE}$	18.2	45.7
		$M_{BC} = M_{CD}$	18.2	45.7
Réaction d'appui		$R_A = R_E$	-66.3	-176.5
	$R_B = R_D$	-132.5	-332.5	
	$R_C$	-132.5	-332.5	
Piédroit	Effort en C	$N = R_C$	132.5	379.5
	Effort en B et D	$N = R_B = R_D$	132.5	379.5
	Effort en A et E	$N = R_A = R_E$	66.3	176.5
	Effort en moment en A et E	$M_{max} =$	9.51	15.85

## ANNEXE VIII : Détermination des sections d'armature du dalot

Les calculs sont menés à l'Etat Limite de Service car la fissuration est jugée préjudiciable.

### ➤ Armature du tablier

Données : H = 2.5 m, b = 1m, h = 0.3m, c = 3 cm, d = 0.9h = 27cm

Calcul de la section en flexion simple.

#### • Sur appui

Moment à l'ELS :  $M_{ser} = 133.91 \text{ KN.m}$

Paramètre de déformation :  $\overline{\alpha}_{ser} = \frac{n\sigma_{bc}}{n\sigma_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0.474$

Moment :  $M_{rser} = \frac{b_0 d^2}{2} \sigma_{bc} \overline{\alpha}_{ser} \left(1 - \frac{\overline{\alpha}_{ser}}{3}\right) = \frac{1 \times 0.27^2}{2} * 15 * 0.474 * \left(1 - \frac{0.474}{3}\right) * 1000$

$$M_{rser} = 218.21 \text{ KN.m}$$

$$M_{ser} < M_{rser} \longrightarrow A_{sc} = 0$$

Il n'y a pas nécessité d'utilisé les aciers comprimés car le béton seul suffit pour reprendre la sollicitation.

$$\text{Section : } A_s = \frac{M_{ser}}{\sigma_{st} * \overline{Z}_{ser}}$$

Avec  $\overline{Z}_{ser} = d - \frac{\gamma_{ser}}{3}$  (bras de levier) et  $\gamma_{ser} = d * \overline{\alpha}_{ser} = 0.27 * 0.474 = 0.13$

$$\overline{Z}_{ser} = 0.223 \text{ m}$$

$$A_s = 24.019 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

#### Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = 0.23 b_0 d \frac{f_{t28}}{f_e} = 0.23 * 1 * 0.27 * \frac{2.4}{400} 10^4$$

$$A_{min} = 3.72 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Section retenue : A = max (Amin ; As) = 24.019 cm<sup>2</sup> /ml

**Choix 2x8HA14 → 24.62 cm<sup>2</sup>/ml espacement 12.5 cm**

#### • En travée

Moment à l'ELS :  $M_{ser} = 68.472 \text{ KN.m}$

Paramètre de déformation :  $\overline{\alpha}_{ser} = \frac{n\sigma_{bc}}{n\sigma_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0.474$

Moment :  $M_{rser} = \frac{b_0 d^2}{2} \sigma_{bc} \overline{\alpha}_{ser} \left(1 - \frac{\overline{\alpha}_{ser}}{3}\right) = \frac{1 \times 0.27^2}{2} * 15 * 0.474 * \left(1 - \frac{0.474}{3}\right) * 1000$

$$M_{rser} = 218.21 \text{ KN.m}$$

$$M_{ser} < M_{rser} \longrightarrow A_{sc} = 0$$

Il n'y a pas nécessité d'utilisé les aciers comprimés car le béton seul suffit pour reprendre la sollicitation.

$$\text{Section : } A_s = \frac{M_{ser}}{\sigma_{st} \cdot \bar{Z}_{ser}}$$

$$\text{Avec } \bar{Z}_{ser} = d - \frac{\gamma_{ser}}{3} \text{ (bras de levier) et } \gamma_{ser} = d * \alpha_{ser} = 0.27 * 0.474 = 0.13$$

$$\bar{Z}_{ser} = 0.223 \text{ m}$$

$$A_s = 12.28 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

**Condition de non fragilité de la section**

$$A_{min} = 0.23 b_0 d \frac{f_{t28}}{f_e} = 0.23 * 1 * 0.27 * \frac{2.4}{400} 10^4$$

$$A_{min} = 3.72 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Section retenue : A = max (Amin ; As) = 12.28 cm<sup>2</sup> /ml

**Choix 2x8HA10  $\longrightarrow$  12.56 cm<sup>2</sup>/ml espacement 12.5 cm**

➤ **Armature radier**

De façon analogue, le calcul est mené en flexion simple.

Données : H = 2.5 m, b = 1m, h = 0.3m, c = 3 cm, d = 0.9h = 27cm

• **Sur appui**

$$\text{Moment à l'ELS : } M_{ser} = 146.08 \text{ KN.m} \longrightarrow A_s = 26.2 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

**Choix 2x9HA14  $\longrightarrow$  27.7 cm<sup>2</sup>/ml espacement 10 cm**

• **En Travée**

$$\text{Moment à l'ELS : } M_{ser} = 73.04 \text{ KN.m} \longrightarrow A_s = 13.10 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

**Choix 2x9HA10  $\longrightarrow$  14.14 cm<sup>2</sup>/ml espacement 10 cm**

➤ **Armatures piédroits intermédiaires**

Les calculs sont effectués pour un piédroit considéré au mètre linéaire comme un poteau de section 1mx0.3m soumis à une compression simple centrée.

Données : H = 3.1 m, b = 1m, h = 0.3m, c = 3 cm, d = 0.9h = 27cm.

Efforts sollicitant le piédroit : Nu = 786.07 KN/ml, Nser = 578.9 KN/ml.

Section réduite : Br = ( h - 2c ) ( b - 2c ) = (30-2x3)(100-2x3) = 2256 cm<sup>2</sup> = 0.2256 m<sup>2</sup>.



**ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO**



GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE

Longueur de flambement (piédroit bi encastéré) :  $l_f = 0.5 * l_0 = 0.5 * 3.1 = 1.55m$ .

Moment quadratique et rayon de giration :

$$I = \frac{b * h^3}{12}, i = \sqrt{\frac{I}{bh}} = \frac{h}{\sqrt{12}}$$

Elancement :  $\lambda = \frac{l_f}{i} = \sqrt{12} * \frac{1.55}{0.3} = 17.89$

$$\lambda < 50 \rightarrow \alpha = \frac{0.85}{1 + 0.2 \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2} = 0.81$$

En considérant que plus de la moitié des charges sont appliquée avant 90 jours, on a :

$$\alpha' = \frac{\alpha}{1.1} = 0.736$$

$$A_{sc} = \left( \frac{N_{ser}}{\alpha'} - \frac{Br * f_{c28}}{0.9 \gamma_b} \right) \left( \frac{\gamma_s}{f_e} \right) = \left( \frac{0.78607}{0.736} - \frac{0.2256 * 30}{0.9 * 1.5} \right) \left( \frac{1.15}{400} \right) * 10^4 = -113.42 < 0$$

Section minimale :  $A_{min} = \max \left( 4u ; \frac{0.2B}{100} \right)$

$$4u = 4 * 2 * (1 + 0.3) = 10.4 \text{ cm}^2$$

$$0.2B/100 = 6 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 10.4 \text{ cm}^2$$

Calcul de la section maximale :  $A_{max} = \frac{5B}{100} = 150 \text{ cm}^2$

$$A_{min} < A_{max}$$

**Donc  $A_{sc} = A_{min} = 10.4 \text{ cm}^2$  soit  $5.2 \text{ cm}^2$  sur chaque face.**

**Choix : 5HA12 → 5.65 cm<sup>2</sup>/ml/face.**

Espacement :  $s_t \leq \min (h + 10 \text{ cm} ; 40 \text{ cm}) \leq 40 \text{ cm}$

On prendra:  $s_t = 15 \text{ cm}$ .

**Armatures transversales**

$$\frac{1}{3} \phi l \leq \phi t \leq \phi l \leftrightarrow \frac{1}{3} * 12 \leq \phi t \leq 12$$

$$4 \leq \phi t \leq 12$$

On prend  $\phi t = 10 \text{ mm}$

**Choix : 5HA10 → 3.93 cm<sup>2</sup>/ml**

Espacement  $s_t \leq \min (15\phi t ; h + 10 \text{ cm} ; 40 \text{ cm})$



$$s_t \leq 40 \text{ cm}$$

On prendra :  $s_t = 15 \text{ cm}$ .

➤ **Armature piédroit de rive**

Les calculs sont effectués pour un piédroit considéré au mètre linéaire comme un poteau 100cmx30cm en flexion composée

	M (KN.m/ml)	N (KN/ml)
ELU	33.44	367.86
ELS	28.53	275.1

- Calcul à l'ELU

$M = 33.44 \text{ KN.m/ml}$  et  $N = 367.86 \text{ KN/ml}$

$$\text{Excentricité additionnel : } e_a = \max \left\{ \frac{2cm}{\frac{H}{250}} \rightarrow \max \left\{ \frac{280}{250} = 1.12cm \rightarrow e_a = 2cm \right. \right.$$

$$e_1 = \frac{33.44}{367.86} + 0.02 = 0.111 \text{ m}$$

**Sollicitations ultime corrigées pour le flambement**

Elancement :  $l_f = 0.7l_0 = 0.7 \times 2.8 = 1.96 \text{ m}$  (poteau encasté)

Type de calcul

Pièces chargé de calcul

$$\frac{l_f}{h} < \max \left( 15; 20 \frac{e_1}{h} \right) = \left( 15; 20 \times \frac{0.111}{0.3} \right)$$

$$\frac{1.96}{0.3} < \max \left( 15; 20 \frac{e_1}{h} \right) = \left( 15; 20 \times \frac{0.111}{0.3} \right)$$

$$6.53 < 15$$

Calcul en flexion composée en tenant compte, de façon forfaitaire, de l'excentricité de 2<sup>nd</sup> ordre.

$$\alpha = \frac{33.44}{33.44 + 28.53} = 0.539$$

$$e_2 = \frac{3l_f^2}{10^4 h} (2 + \Phi \alpha) = \frac{3 \times 1.96^2 (2 + 2 \times 0.539)}{10^4 \times 0.3} = 0.0118 \text{ m} = 1.18 \text{ cm}$$

Avec  $\Phi = 2$  (cas courant)

Sollicitation corrigées pour le calcul en flexion composée



$$\begin{cases} N_u = N_i \\ M_{uG0} = N_u(e_1 + e_2) \\ e_0 = e_1 + e_2 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} N_u &= 367.86 \text{ KN/ml} \\ \rightarrow M_{uG0} &= 367.86(0.111 + 0.0118) = \text{KN.m/ml} \\ e_0 &= e_1 + e_2 = 0.1228 \text{ m} = 12.28 \text{ cm} \end{aligned}$$

### Sollicitation au centre de gravité des aciers tendus

$$\begin{cases} e_A = e_0 + \left(d - \frac{h}{2}\right) = 12.28 + 27 - \frac{30}{2} = 24.28 \text{ cm} \\ M_{uA} = 367.86 \times 0.2428 = 89.32 \text{ KN.m/ml} \end{cases}$$

Moment de référence :  $\mu_{BC} = \frac{0.8h}{d} \left(1 - \frac{0.4h}{d}\right) = \frac{0.8 \times 0.3}{0.27} \left(1 - \frac{0.4 \times 0.3}{0.27}\right) = 0.494$

Moment agissant  $\mu_{uA} = \frac{M_{uA}}{b_0 d^2 f_{bu}} = \frac{0.09832}{1 \times 0.27^2 \times 17} = 0.072$

$\mu_{uA} < \mu_{BC} \rightarrow$  section partiellement tendue

Calcul à l'ELS

$$\begin{cases} N_{ser} = 275.1 \text{ KN/ml} \\ M_{ser} = 28.53 \text{ KN.m/ml} \end{cases}$$

$e_{0ser} = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = 0.104 \text{ m}$

Sollicitation au centre de gravité des aciers tendus.

$$\begin{aligned} e_A &= e_{0ser} + \left(d - \frac{h}{2}\right) = 0.104 + 0.27 - \frac{0.30}{2} = 0.224 \text{ m} \\ M_{serA} &= N_{ser} \times e_A = 275.1 \times 0.224 = 61.62 \text{ KN.m/ml} \end{aligned}$$

Calcul des aciers en flexion simple

Moment réduit limite :  $\gamma_M = \frac{M_{uA}}{M_{serA}} = \frac{89.32}{61.62} = 1.45$

$$10^4 \mu_{lu} = 3440 \theta \gamma_M + 49 \frac{f_{c28}}{\theta} = 3440 \times 1 \times 1.45 + 49 \frac{17}{1}$$

$\mu_{lu} = 0.2721$

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

Paramètre de déformation :

$\alpha_{uA} = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{uA}}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.072}) = 0.093$

Bras de levier :  $Z_u = d(1 - 0.4\alpha_{uA}) = 0.27(1 - 0.4 \times 0.093) = 0.266 \text{ m}$



**ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO**



GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE

$$A = \frac{M_{uA}}{Z_u \sigma_s} = \frac{0.08932}{0.266 \times 347.83} = 9.65 \text{ cm}^2$$

Section théorique d'acier :

$$A_u = A - \frac{N_u}{\sigma_s} = 9.65 - \frac{0.36786 \times 10}{347.83}$$
$$A_u = 9.64 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{min} = 0.23 \frac{f_{t28}}{f_e} b_0 d = 0.23 \times \frac{2.4}{400} \times 1 \times 0.27 = 3.73 \text{ cm}^2$$

Section d'acier retenue :

**$A_u = 9.64 \text{ cm}^2$  Soit  $4.82 \text{ cm}^2$  /ml/face**

Choix : 2x4HA14 soit  $6.16 \text{ cm}^2$  / face espacement 15 cm.

Armatures transversales :  $\frac{1}{3} \phi_l \leq \phi_t \leq \phi_l \rightarrow 4.67 \leq \phi_t \leq 14$

On prendra :  $\phi_t = 10 \text{ mm}$

Choix : 4HA12 espacement 15 cm

## ANNEXE IX : Calcul des sections d'armatures du mur en aile

### 1. Calcul des sollicitations

#### Contraintes

Pour  $Z = 3\text{m}$  :  $0.33 \times 20 \times 3 = 19.8 \text{ KN/m}^2$

Pour  $Z = H/3 = 1\text{m}$  :  $0.33 \times 20 \times 1 = 6.6 \text{ KN/m}^2$

Pour  $Z = H/2 = 1.5\text{m}$  :  $0.33 \times 20 \times 1.5 = 9.9 \text{ KN/m}^2$

Pour  $Z = 2H/3 = 2\text{m}$  :  $0.33 \times 20 \times 2 = 13.2 \text{ KN/m}^2$

Charge sur terre-plein :  $0.33 \times 10 = 3.3 \text{ KN/m}^2$

Section	S1 (h= 3m) voile encasté dans la semelle	S5 (h = 1.5m) à la mi-hauteur du voile
N (KN/ml)	$0.3 \times 3 \times 25 = 22.5$	$0.3 \times 1.5 \times 25 = 11.25$
V (KN/ml)	$19.8 \times 3/2 = 29.7$	$9.9 \times 1.5/2 = 7.425$
M <sub>G</sub> (KN.m/ml) poussée des terres	$29.7 \times 3/3 = 29.7$	$3.3 \times 1.5/3 = 1.65$
V (KN/ml) surcharge	$3.3 \times 3 = 9.9$	$3.3 \times 1.5 = 4.5$
M <sub>G</sub> (KN.m/ml) surcharge	$9.9 \times 3/2 = 14.85$	$4.5 \times 1.5/2 = 3.375$
<b>Moment de service</b>	<b>34.65</b>	<b>5.025</b>
Section	S4 (h= 2m) au 2/3 de la hauteur du voile	S6 (h = 1m) au tier de la hauteur du voile
N (KN/ml)	$0.3 \times 2 \times 25 = 15$	$0.3 \times 1 \times 25 = 7.5$
V (KN/ml)	$13.2 \times 2/2 = 13.2$	$6.6 \times 2/2 = 6.6$
M <sub>G</sub> (KN.m/ml) poussée des terres	$13.2 \times 2/3 = 8.8$	$6.6 \times 1/3 = 2.2$
V (KN/ml) surcharge	$3.3 \times 2 = 6.6$	$3.3 \times 1 = 3.3$
M <sub>G</sub> (KN.m/ml) surcharge	$6.6 \times 2/2 = 6.6$	$3.3 \times 1/2 = 1.65$
<b>Moment de service</b>	<b>15.4</b>	<b>3.85</b>

## 2. Ferrailage du voile

Le moment dans la section critique S1 et déterminant pour le calcul des armatures verticales du voile du côté du remblai. Cette section sera donc utilisée afin d'harmoniser les armatures du voiles.

- Sur le côté du remblayé du mur, on a :

Moment à l'état de service :  $M_{ser} = 34.65 \text{ KN.m}$

$$\text{Paramètre de déformation : } \overline{\alpha}_{ser} = \frac{n\sigma_{bc}}{n\sigma_{bc} + \sigma_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 250} = 0.474$$

$$\text{Moment : } M_{rser} = \frac{b_0 d^2}{2} \sigma_{bc} \overline{\alpha}_{ser} \left(1 - \frac{\overline{\alpha}_{ser}}{3}\right) = \frac{1 \times 0.27^2}{2} * 15 * 0.474 * \left(1 - \frac{0.474}{3}\right) * 1000$$

$$M_{rser} = 218.21 \text{ KN.m}$$

$$M_{ser} < M_{rser} \longrightarrow A_{sc} = 0$$

Il n'y a pas nécessité d'utilisé les aciers comprimés car le béton seul suffit pour reprendre la sollicitation.

$$\text{Section : } A_s = \frac{M_{ser}}{\sigma_{st} * \overline{Z}_{ser}}$$

$$\text{Avec } \overline{Z}_{ser} = d - \frac{\gamma_{ser}}{3} \text{ (bras de levier) et } \gamma_{ser} = d * \overline{\alpha}_{ser} = 0.27 * 0.474 = 0.13$$

$$\overline{Z}_{ser} = 0.223 \text{ m}$$

$$A_s = 6.22 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

**Condition de non fragilité de la section**

$$A_{min} = 0.23 b_0 d \frac{f_{t28}}{f_e} = 0.23 * 1 * 0.27 * \frac{2.4}{400} 10^4$$

$$A_{min} = 3.72 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Section retenue :  $A = \max (A_{min} ; A_s) = 6.22 \text{ cm}^2 / \text{ml}$

**Choix 6HA12  $\longrightarrow$  6.79 cm<sup>2</sup>/ml espacement 15 cm**

**Acier de répartition :**

$$A_r = 0.1 x e_1 = 0.1 x 30 = 3 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

**Choix : 5HA12  $\longrightarrow$  soit 5.65 cm<sup>2</sup>/ml, espacement 20 cm**

- Aciers complémentaires sur la face avant du mur



Il vient d'adopter sur ce côté une disposition forfaitaire d'armatures de peau dans le sens vertical  $A_V$  et horizontal  $A_H$ .

- Armatures verticales :  $A_V = 0.1xe_1 = 0.1 \times 30 = 3 \text{ cm}^2/\text{ml}$

**Choix : 5HA10 soit 3.93 cm<sup>2</sup>/ml, espacement 20 cm**

- Armatures horizontales :  $A_H = 0.075xe_1 = 0.075 \times 30 = 2.25 \text{ cm}^2/\text{ml}$

**Choix : 5HA10 soit 3.93cm<sup>2</sup>/ml, espacement 20 cm<sup>2</sup>**

✓ Nécessité d'armatures transversales

Vérification à l'effort tranchant au niveau de la section S1

Condition à vérifier :

$$\frac{V_u}{b_0 d} \leq \frac{0.07 d f_{c28}}{\gamma_b} \text{ avec } V_u = 1.35 \times 29.7 + 1.5 \times 9.9 = 54.945 \text{ KN/ml}$$

$$\frac{54.945}{1 \times 0.27} \leq \frac{0.07 \times 0.27 \times 30 \times 10^3}{1.5} \rightarrow 203.5 \leq 378$$

La condition est donc vérifiée, il n'est donc pas nécessaire d'utiliser les armatures transversales dues à l'effort tranchant.

### Calcul des armatures de la semelle

$d = 27 \text{ cm}$ ,  $b_0 = 100 \text{ cm}$ ,  $h = 30 \text{ cm}$

✓ Patin (section S2)

Il est considéré comme une poutre (console) encadrée dans le voile et à la réaction du sol (le poids des terres aval au-dessus du patin est considéré négligeable)

Le moment d'encastrement (section S2) vaut :

$$\text{Contrainte : } \sigma = \frac{\sum F_V}{2e_A} = \frac{110.75}{2 \times 0.87} = 63.65 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Moment d'encastrement} = 63.65 \times 0.7^2 / 2 = 15.59 \text{ KN.m}$$

$$A_s = \frac{M}{Z \sigma_{st}} = \frac{15.59 \times 10^3}{0.223 \times 250} = 2.79 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

**Choix : 4HA10** soit 3.14 cm<sup>2</sup> espacement 25 cm

**Acier de répartition :**

$$A_r = 0.1xe_1 = 0.1x 30 = 3 \text{ cm}^2/ml$$

**Choix : 4HA10 → soit 3.14 cm<sup>2</sup>/ml, espacement 20 cm**

✓ Talon (section S3)

$$P_1 = 2.7x20 + 10 = 64 \text{ KN/m}^2 \text{ (contrainte sur le talon)}$$

$$P_2 = 63.65 \text{ KN/m}^2 \text{ (contrainte sous le talon)}$$

Moment d'encastrement

$$M = 64x \frac{1^2}{2} - 63.65x \frac{0.5^2}{2} = 24.04 \text{ KN.m}$$

**Section d'acier principale**

$$A_s = \frac{M}{Z\sigma_{st}} = \frac{24.04x10^3}{0.223x250} = 4.31 \text{ cm}^2/ml$$

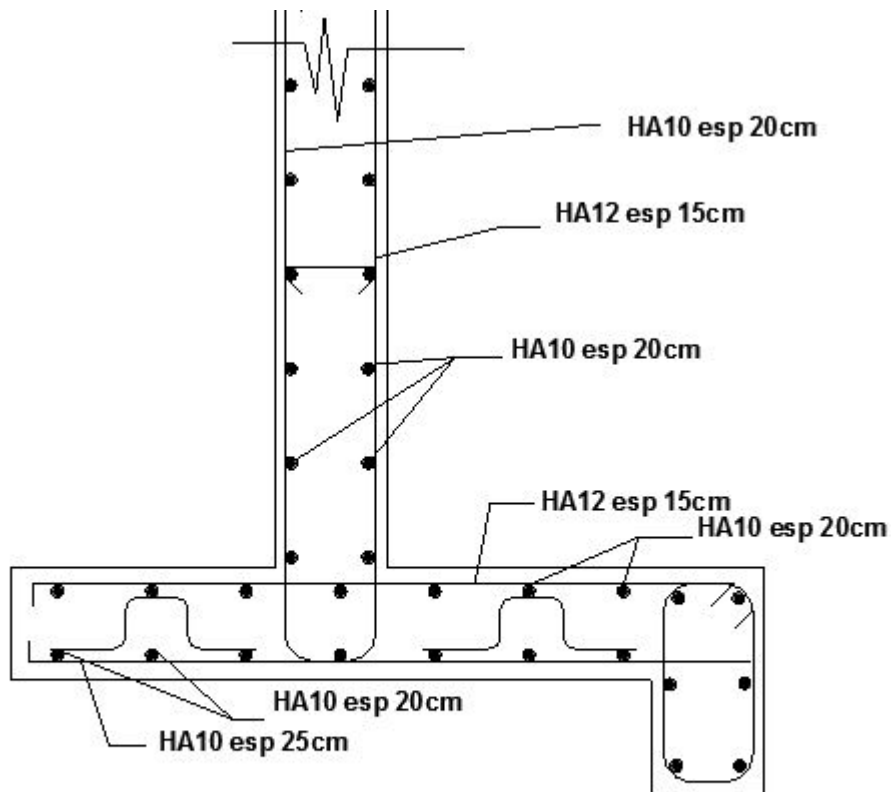
Choix : 4HA12 soit 4.52cm<sup>2</sup>/ml espacement 20cm

**Section d'acier de répartition**

$$A_r = 0.1xe_1 = 0.1x 30 = 3 \text{ cm}^2/ml$$

**Choix : 4HA10 → soit 3.14 cm<sup>2</sup>/ml, espacement 20 cm**

			Choix des aciers	Espacement (cm)
Voile	Face remblayée	Aciers principaux	6HA12	15
		Aciers de répartitions	5HA12	20
	Face vue	Aciers principaux	5HA10	20
		Aciers de répartitions	5HA10	20
Semelle	Patin	Aciers principaux	4HA10	20
		Aciers de répartitions	4HA10	20
	Talon	Aciers principaux	4HA12	20
		Aciers de répartitions	4HA10	20



Plan de ferrailage mur en aile



*ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO*



**GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE**

**ANNEXES X : Tracé en plan et en long**







*ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO*



**GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE**

**ANNEXES XI : Tracé en plan et en long**



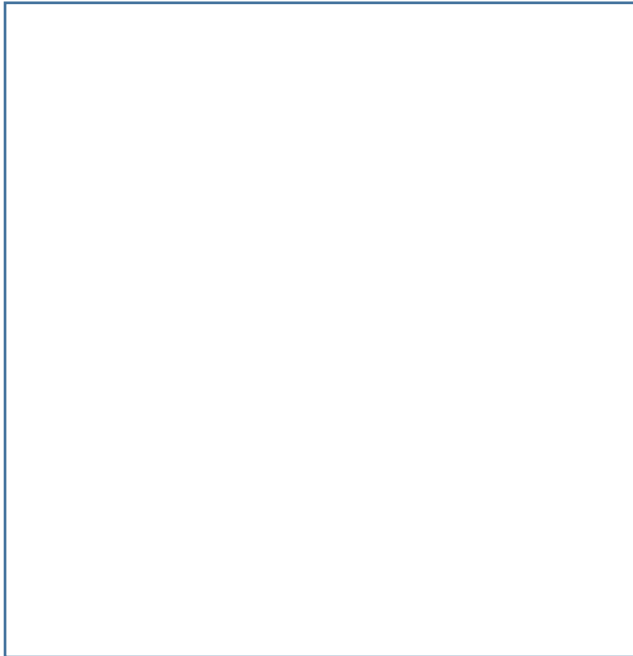
**ANNEXES XII : PHOTOS DU CHANTIER**



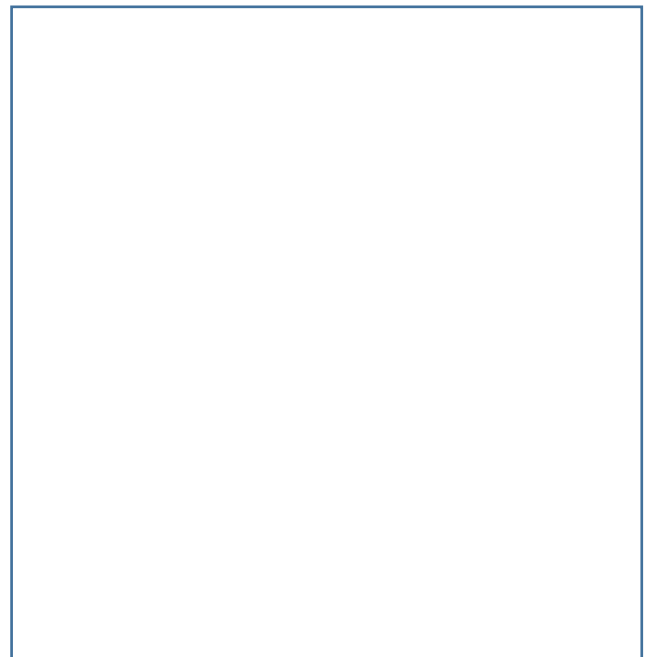
**Travaux de Chaussée (piste)**



**Plaque signalétique du chantier**



**Ferrailage dalot**



**Coulage radier**

**ANNEXES XIII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF**

N° Prix	Désignation	Unité	Montant total THVA		
			Quantités	Prix unitaires HTVA	
<b>100</b>	<b>Travaux préparatoires</b>				
101	Installation de chantier et amenée du matériel	Forfait	1	15 500 000	15 500 000
102	Replètement de chantier	Forfait	1	5 000 000	5 000 000
	<b>Total Série 100</b>				<b>20 500 000</b>
<b>200</b>	<b>Travaux préliminaires</b>				
201	Débroussaillage et abatage d'arbres de circonférence ≤ 1m	m <sup>2</sup>	42 000	75	3 150 000
202	Décapage de la terre végétale	m <sup>2</sup>	42 000	75	3 150 000
203	Abattage d'arbre de circonférence > 1.00m	u	-	-	-
	<b>Total Série 200</b>				<b>6 300 000</b>
<b>300</b>	<b>Terrassements</b>				
301	Déblais mis en dépôt définitif	m <sup>3</sup>	2 534,0	2 100	5 321 400
302	Remblai provenant d'emprunt	m <sup>3</sup>	9 366,0	3 300	30 907 800
303	Mise en forme, réglage et compactage de la plateforme	m <sup>2</sup>	144 550	100	14 455 000
304	Remblai provenant de déblai	m <sup>3</sup>	PM	2 000	
<b>400</b>	<b>Chaussée</b>				
401	Mise en place de la couche de forme	m <sup>3</sup>	PM	3 500	
402	Mise en place de la couche de roulement	m <sup>3</sup>	22 400	3 500	78 400 000
	<b>Total Série 400</b>				<b>78 400 000</b>
<b>500</b>	<b>Assainissement</b>				
501	Fossés et divergents de section triangulaire	ml	8 484	150	1 272 600
502	Fossé de garde	ml	140	500	70 000
503	Cordons pierreux	ml	747	7 600	5 677 200
505	Fossés maçonnés 90x60x60x60 m	ml	20	15 000	300 000
506	Fossés maçonnés 120x80x80 m	ml	15	20 000	304 000
	<b>Total Série 500</b>				<b>7 623 800</b>
<b>600</b>	<b>Ouvrages</b>				
<b>601</b>	<b>Dalots</b>				
601-1	Fouille	m <sup>3</sup>	1 498	2 100	3 145 800
601-2	Béton de propreté dosé à 150kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	92,8	45 000	4 173 750
601-5	Béton dosé à 350kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	601,0	80 000	48 080 000
601-6	Aciers pour béton armé	kg	70 000,0	850	59 500 000
601-7	Remblais d'ouvrage	m <sup>3</sup>	373,3	3 500	1 306 550
601-8	Enrochements	m <sup>3</sup>	93,3	6 000	559 980
601-9	Perrés maçonnés	m <sup>2</sup>	120,0	12 000	1 440 000
601-11	Parements enterrés	m <sup>2</sup>	658,00	500	329 000
	<b>Total Série 600</b>				<b>118 535 080</b>



**ETUDE DETAILLEE D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT  
(DALOT 4 X 3 X 2.5) AVEC SES VOIES D'ACCES EN TERRE DANS  
LE REGION DU SAHEL AU BURKINA FASO**



**GLOBAL CONSTRUCTION AFRIQUE**

700	Mesures environnementales et sociales				
701	Remise en état des emprunts	Forfait	1	1 000 000	1 000 000
702	Plantation et entretien d'arbres	u	630	3 600	2 268 000
703	Suivi de la mise en œuvre	ff	1	300 000	300 000
	<b>Total Série 800</b>				<b>3 568 000</b>
	<b>TOTAL GENERAL HTVA</b>				<b>234 926 880</b>
	<b>TVA (18%)</b>				<b>42 286 838</b>
	<b>TOTAL GENERAL TTC</b>				<b>277 213 718</b>

