



ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE VOIRIES ALLANT DE SONDOGO A BOASSA (5,200KM) AU BURKINA FASO

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER
SPECIALITE GENIE CIVIL / ROUTE ET OUVRAGE D'ART**

Présenté et soutenu publiquement le 02 juillet 2019 par

Yamogo Moussa GOÏTA (20120055)

Directeur de mémoire : Pr. Adamah MESSAN

Enseignant-chercheur 2iE

Maître de stage : M.Taofik Alao Olatoundji Ulrich ONIFADE, Ingénieur hydraulicien

Chef Département Eau et Environnement

Structure d'accueil du stage : Technologie Economie Développement (TED)

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Pr. Igor OUEDRAOGO

**Membres et correcteurs : M. Issa MADOUGOU
M. Christian RAMADJI**

Promotion [2018 /2019]

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

DEDICACES

Je dédie ce mémoire :

 A mes chers parents **Nian François GOÏTA** et **Aminata Marie Thérèse TRAORE** pour tous les conseils et sacrifices consentis à mon égard.

 A mon oncle **Salif SAMAKE** et à ma Tante **Fatoumata dite Tenin CISSE** pour tous les conseils et l'hospitalité durant mon séjour au Burkina Faso.

 A mes Frères et sœurs pour leur soutien moral.

 A toute la famille **GOÏTA** à travers le monde.

DIEU VOUS BENISSE

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier vivement tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à l'aboutissement de ce travail. Nous tenons particulièrement à remercier pour leurs conseils et disponibilités tout au long de notre stage pratique, les personnes dont les noms suivent :

✓ A Monsieur le Directeur général de la Fondation 2ie et ses collaborateurs, l'administration, les professeurs pour leurs sacrifices sans cesse pour notre éducation et la transmission de leurs savoirs ;

✓ Au Professeur Adamah MESSAN, directeur de mémoire, enseignant-chercheur à 2ie qui a su donner le meilleur de lui-même ;

✓ A l'ensemble du personnel de la structure d'accueil **TED Sarl** pour le soutien et l'atmosphère propice à notre apprentissage et de qui nous avons reçu encouragements, conseils et réponses à nos questions ;

✓ A Monsieur Taofik Alao Olatoundji Ulrich ONIFADE, Ingénieur hydraulicien, Chef de Département Eau et Environnement à TED, notre maître de stage pour son entière disponibilité.

✓ A Monsieur Salif SAMAKE, Directeur Général de TED, qui a été d'une grande aide à l'obtention de notre stage et d'un grand soutien ;

✓ A Madame Ghislaine OUEDRAOGO, Secrétaire à TED ;

✓ A Monsieur Hilaire OUATTARA, Ingénieur Génie Civil à TED pour sa disponibilité ;

✓ A Monsieur Pascal et Oumou ZOUNGRANA pour leurs conseils et encouragements ;

✓ A Monsieur Jacques Tibila ROUAMBA pour ses conseils ;

✓ A Monsieur Eliezer YANOGO pour sa disponibilité ;

✓ A Monsieur Lionnel Hervé ZOUNGRANA pour ses conseils ;

✓ A Mademoiselle Nafichatou SAWADOGO pour ses soutiens et encouragements ;

✓ A Monsieur Ahmed SAWADOGO pour sa disponibilité ;

✓ A Monsieur Soumaila ZABRE pour ses soutiens et encouragements ;

✓ A nos amis et camarades Lamine FORGO, Faridah KABORE, Pulchérie KIEMA, Abdallah ZOMBRE, Illola ZOMA, Abdoul Razack BASSOLE, Clément PALENFO, Alexis KABORE, Steve BAKALA, Boris OUEDRAOGO, Taoudine COULIBALY qui ont su nous soutenir et nous encourager.

RESUME

Le projet faisant l'objet de notre étude s'inscrit dans le cadre du programme de modernisation des réseaux routiers urbains burkinabés. A l'issu des études menées, nous faisons ressortir de façon exhaustive les résultats suivants :

- Les études hydrologiques et hydrauliques nous ont permis de proposer un système d'assainissement adéquat sur toute la longueur du projet.
- Une conception géométrique nous a permis d'avoir l'axe en plan de la voie, le profil en long ainsi que le profil en travers en vue d'estimer les cubatures.
- Les études géotechniques donnant une classe de portance S4 pour la plateforme avec du Graveleux Latéritique Naturel comme corps de chaussée, et un trafic de type T2 .A la base du guide de dimensionnement du CEBTP, notre choix a porté sur une structure de chaussée constituée d'un revêtement en enduit superficiel tri couche, une couche de base de 20 cm d'épaisseur et une couche de fondation de 20 cm.
- Une étude d'impact environnemental et social est faite en vue de présenter les impacts sur le projet, et de proposer des mesures d'atténuations.
- Un devis estimatif nous a permis de ressortir un budget qui s'élève à **deux milliards huit cent soixante-quatorze million six cent vingt-sept mille neuf cent cinquante un** toutes taxes comprises (2.874.627.951 FCFA TTC).

Mots Clés :

1 - Voirie

2 - Chaussée

3 – Bassin Versant

4 – Impact Environnemental

5 - Aménagement

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

ABSTRACT

The project we are studying is part of the program to modernize our urban road networks. At the end of the studies carried out, we draw the following conclusions in a comprehensive way:

- Hydrological and hydraulic studies have enabled us to propose an adequate sanitation system throughout the project.
- A geometric design allowed us to have the axis in plane of the track, the profile along and the profile across in order to estimate the cubatures.
- Geotechnical studies giving a lift class S4 for the platform with gravel natural laterite as a pavement body, and traffic type T2 . At the base of the CEBTP sizing guide, we chose a pavement structure consisting of a tri-layer surface coating, a 20 cm thick base layer and a 20 cm foundation layer.
- An environmental and social impact assessment is conducted to present the impacts on the project, and to propose mitigation measures.
- An estimate has enabled us to reveal a budget of two billion eight hundred and seventy-four million six hundred and twenty-seven thousand nine hundred and fifty one all taxes included (2.874.627.951 FCFA TTC).

Key words:

1 - Road

2 - Pavement

3 - Watershed

4 –Environnemental Impact

5 – Amenagement.

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

LISTE DES ABREVIATIONS

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

ARP : Aménagements des Routes Principales

BAEL : Béton Armé aux Etats Limites

BVD : Bassin Versant Droit

BVG : Bassin Versant Gauche

CBR : California Bearing Ratio

CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières

CEBTP : Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics.

EIES : Etude d'Impact Environnemental et Social

GAL : Grave Argileux Latéritique

GLN : Graveleux Latéritique Naturel

ICTARN : Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Routes Nationales

ICTAVRU : Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines

KM : Kilo Mètre

KM/H : Kilomètre par Heure

LCPC : Laboratoire Centrale des Ponts et Chaussée

OPM : Optimum Proctor Modifié

PGES : Plan de Gestion Environnementale et Sociale

PK : Point Kilométrique

SETRA : Service d'Etude Technique des Routes et Autoroutes

TDR : Termes De Référence

TED : Technologie Economie Développement

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

SOMMAIRE

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS.....	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES ABREVIATIONS	v
LISTE DES TABLEAUX	4
LISTE DES FIGURES	5
I. INTRODUCTION GENERALE.....	6
II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE	7
2.1 Présentation de la structure d'accueil :.....	7
2.1.1 Historique et mission de TED Sarl.....	7
2.1.2 Domaines d'Intervention.....	7
2.1.3 Organigramme.....	8
III. PRESENTATION DU PROJET.....	9
3.1 Contexte et Justification du projet.....	9
3.2 Objectif du projet.....	9
3.3 Situation de la zone de projet	9
3.4 Cadre physique du milieu.....	11
IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION	12
4.1 Matériels.....	12
4.2 Méthodologie de conception :	12
V. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE	14
5.1 Etudes hydrologique et hydraulique.....	14
5.1.1 Etude hydrologique	14
5.1.2 Délimitation des bassins versants.....	14
5.1.3 Détermination des caractéristiques de bassins versants	15
5.1.4 Détermination des débits de projets	19
5.1.5 Résultats de Calcul des débits	20
5.2 Etudes hydrauliques:	22

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

5.2.1	Dimensionnement hydraulique des caniveaux :	22
5.2.2	Dimensionnement hydraulique des Dalots	25
5.2.3	Dimensionnement hydraulique du Radier submersible	26
5.3	Etudes géotechniques	28
5.3.1	Caractéristiques des matériaux d'emprunt	28
5.3.1	Caractéristiques du sol de la plateforme	30
5.3.2	Classification du sol de la plateforme :	31
5.3.3	Dimensionnement de la chaussée	32
5.4	Etudes topographiques et conception géométrique	38
5.4.1	Etudes topographiques	38
5.4.2	Conception géométrique	39
5.5	Dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques	43
5.5.1	Dimensionnement des caniveaux	43
5.5.2	Dimensionnement des dalots	45
5.6	Signalisation routière et éclairage public	47
5.6.1	Signalisation routière	47
5.6.2	Eclairage public	48
VI.	ETUDE DE FAISABILITE FINANCIERE	50
VII.	ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL	51
6.1	Cadre législatif et institutionnel	51
6.2	Identification et évaluation des impacts	52
6.2.1	Identification des impacts du projet	52
6.2.2	Mesures d'atténuation	52
•	Mesures pour le milieu biophysique	53
•	Mesures pour le milieu socio-économique	53
VIII.	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	55
	Bibliographie	56
	http://www.signaletique.biz/boutique/images_produits/b0-z . Consulté le 24/05/2019	56
	ANNEXES	57
	Annexe I : Etudes hydrologiques et Hydrauliques	58
	Annexe II : Extrait du tableau donnant le dimensionnement des chaussées correspondant aux classes de trafic t1 – t2 en fonction du sol support	68
	Annexe III : Notes de calcul de caniveaux	71

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Annexe IV : Notes de calcul du Dalot : $2 \times 3 \times 1$	88
Annexe V: Différents panneaux de signalisation routière utilisées	115
Annexe VI : Estimation financière	117
Annexe VII: Etude d'impact environnemental.....	120
Annexe VIII: Conception géométrique	123
Les coordonnées (X, Y) du terrain naturel de la route Sondogo-Boassa.....	123
La tabulation de la route Sondogo-Boassa.	124
Annexe IX: Les plans de ferrailage.....	135

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: ETAT DES LIEUX DE LA ROUTE SONDOGO-BOASSA.....	11
TABLEAU 2: LES COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT EN FONCTION DES ZONES.	16
TABLEAU 3: RECAPITULATIF DES CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS	17
TABLEAU 4: COEFFICIENTS DE MONTANA POUR LA VILLE DE OUAGADOUGOU	19
TABLEAU 5: RECAPITULATIF DES DEBITS DE PROJET	21
TABLEAU 6: PARAMETRES EQUIVALENTS D'UN GROUPEMENT DE BASSINS.....	21
TABLEAU 7: DIMENSIONS RETENUES DES CANIVEAUX.....	23
TABLEAU 8: VERIFICATION EN SORTIE LIBRE.	26
TABLEAU 9: RESUME DES DIMENSIONS DU RADIER SUBMERSIBLE	27
TABLEAU 10 : RECAPITULATIF DES RESULTATS GEOTECHNIQUES DES EMPRUNTS.....	29
TABLEAU 11: RECAPITULATIF DES RESULTATS DU CONTROLE GEOTECHNIQUE	31
TABLEAU 12: CLASSIFICATION DES SOLS DE PLATE-FORME	32
TABLEAU 13: TRAFIC CUMULE DES POIDS LOURDS (PL)	33
TABLEAU 14: RECAPITULATIF DES VALEURS ADMISSIBLES	34
TABLEAU 15: RECAPITULATIF DES RESULTATS DES DEFORMATIONS ET CONTRAINTES.....	35
TABLEAU 16: RECAPITULATIF DES RESULTATS DES DEFORMATIONS ET CONTRAINTES.....	36
TABLEAU 17: CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU PROJET	40
TABLEAU 18: PARAMETRES DU TRACE EN PLAN/SOURCE ICTAVRU.....	41
TABLEAU 19: PARAMETRES DU PROFIL EN LONG	41
TABLEAU 20: RECAPITULATIF DES SOLlicitATIONS DU CANIVEAU	45
TABLEAU 21: RECAPITULATIF DU FERRAILLAGE DES CANIVEAUX.....	45
TABLEAU 22: RECAPITULATIF DES SOLlicitATIONS DU DALOT	46
TABLEAU 23: RECAPITULATIF DES FERRAILLAGES.....	46
TABLEAU 24: RECAPITULE LES DIFFERENTS MONTANTS DES SOUS-TRAVAUX.....	50
TABLEAU 26: RECAPITULATIF DES DEBITS DE PROJET	59
TABLEAU 27: RECAPITULATIF DES DEBITS DE LA DEMI-CHAUSSEE.....	60
TABLEAU 28: ASSEMBLAGE DES BASSINS VERSANTS.....	61
TABLEAU 29 : COEFFICIENT DE DEGRESSIVITE TRANSVERSALE (α_1)	91
TABLEAU 30: COEFFICIENT DE PONDERATION (α_2)	92
TABLEAU 31: COEFFICIENT DE PONDERATION (β_c)	93
TABLEAU 32: RECAPITULATIF DES SURCHARGES SUR LE TABLIER	100
TABLEAU 33 : RECAPITULATIF DES CHARGES	101
TABLEAU 34: RECAPITULATIF DES SOLlicitATIONS.....	103
TABLEAU 35 : RESUME DE QUELQUES PANNEAUX DE SIGNALISATION HORIZONTALE	115
TABLEAU 36: L'ESTIMATION GLOBALE DU PROJET	117
TABLEAU 37: MATRICE DE LEOPOLD.....	121
TABLEAU 38: MATRICE DE FECTEAU	122
TABLEAU 40 : PLAN DE RADIER SUBMERSIBLE.....	136
TABLEAU 41: PLAN DE FERRAILLAGE DU CANIVEAU.....	137
TABLEAU 42: PLAN DE COFFRAGE.....	138
TABLEAU 43: PLAN TYPE DU DALOT A 2 CELLULES	139
TABLEAU 44: FERRAILLAGE DU CORPS DU DALOT	140

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: ORGANIGRAMME DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	8
FIGURE 2: LOCALISATION DE LA COMMUNE DE OUAGADOUGOU/SOURCE : ARCGIS	10
FIGURE 3:IMAGE SATELLITAIRE DE LA ZONE DU PROJET/SOURCE : GOOGLE EARTH.....	10
FIGURE 4: ORGANIGRAMME DE L'ETUDE	13
FIGURE 5: DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS/SOURCE : GLOBAL MAPPER.....	14
FIGURE 6: PROFIL EN TRAVERS TYPE.....	42
FIGURE 7: CHARGEMENT DALLETTTE.....	44
FIGURE 8: PRINCIPE DE CHARGEMENTS DU PIEDROIT	44
FIGURE 9: PRINCIPE DE CHARGEMENTS DU RADIER.....	44
FIGURE 10: LAMPE CANDELABRE SOLAIRE.	49
FIGURE 11: SOUS SYSTEME BC/ SOURCE : FASCICULE 61, TITRE II.....	93
FIGURE 12: DISPOSITIF DES ESSIEUX SUR LE DALOT/ SOURCE : FASCICULE 61, TITRE II.....	94
FIGURE 13: CHARGEMENT DU SOUS-SYSTEME BC/ SOURCE : AUTOCAD.....	95
FIGURE 14: DISPOSITIF DES SURCHARGES BT /SOURCE : FASCICULE 61, TITE II	96

I. INTRODUCTION GENERALE

La route utilisée comme moyen de communication entre les hommes, les quartiers, les villes, les pays. Elle est un puissant facteur de civilisation et de développement. Elles facilitent le déplacement des personnes et des biens à l'intérieur de la ville d'un pays (mobilité urbaines).

Les infrastructures routières occupent une place cruciale dans tout programme de développement d'un pays, comme le dit le Professeur Prud'homme: « la route du développement passe par le développement de la route ». En effet, l'infrastructure routière est un facteur de développement économique d'un pays. Au vu de cette importance le gouvernement Burkinabé a décidé de désenclaver les grands centres du territoire national, en particulier les voies principales pour assurer une continuité de transport à l'intérieur du pays. Notre devoir, en tant qu'ingénieur est de proposer une étude technique détaillée d'une route dans toutes ses composantes et tout ceci en respectant strictement les normes en vigueur et surtout dans les règles de l'art.

Face à l'impraticabilité avancée de la route Sondogo-Boassa longue de 5,200km, les usagers sont confrontés à un problème de mobilité qui s'accroît en saison hivernale.

Pour remédier à ce problème de mobilité, le revêtement de la route Sondogo-Boassa en enduit superficiel et la réalisation des ouvrages d'assainissement sont nécessaires.

Notre travail a pour objectif global est de faire une vérification entre nos résultats de notre étude avec ceux qui sont réellement exécutés.

Au cours de notre travail, nous aurons à aborder plus spécifiquement les points suivants :

- Etudes hydrologique et hydraulique ;
- Etudes géotechniques ;
- Etudes topographiques et conception géométrique ;
- Dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques ;
- Signalisation routière et éclairage public ;
- Estimation financière du coût du projet ;
- Etudes d'impact environnemental et social ;

II. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 Présentation de la structure d'accueil :

2.1.1 Historique et mission de TED Sarl

Technologie, Economie, Développement (TED) est un bureau d'études de droit burkinabè dont le siège est à Ouagadougou.

Créé en Février 2006, TED offre des services dans le domaine des Infrastructures de Transport, des Bâtiments et des aménagements hydro agricoles dans plusieurs pays de l'Afrique.

TED intervient dans toutes les étapes du cycle des projets, pour en assurer une exécution efficace, viable et réussie :

- Etudes de faisabilité de projet ;
- Etudes d'Avant-Projet Sommaire (APS) ;
- Etudes d'Avant-Projet Détaillé (APD) ;
- Etudes techniques d'exécution et élaboration de Dossiers d'Appel d'Offres (DAO) ;
- Etudes d'exécution pour le compte des Entreprises ;
- Contrôle, Surveillance et Coordination des travaux ;
- Assistance

2.1.2 Domaines d'Intervention

- Infrastructures de transport ;
- Bâtiments ;
- Aménagements hydro agricoles ;
- Aménagements Urbains ;
- Assainissement et Etudes d'Impact Environnementales (EIE) ;
- Voiries et Réseaux Divers (VRD).

2.1.3 Organigramme

La structure d'accueil TED comprend une direction générale et cinq (05) départements comme le montre la figure 1.

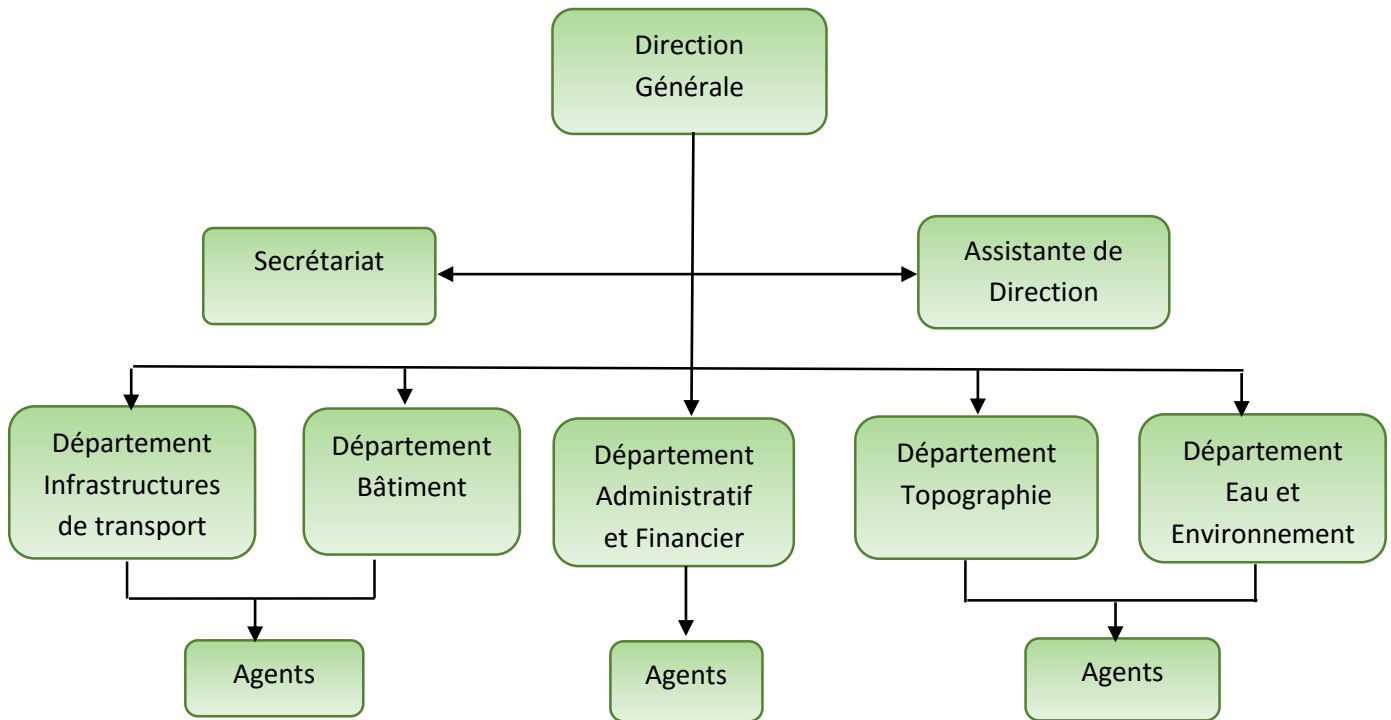


Figure 1: Organigramme de la structure d'accueil

III. PRESENTATION DU PROJET

3.1 Contexte et Justification du projet

En vue de répondre à l'éternelle problématique de mobilité et de fluidité du trafic sur nos axes routiers mais également de la sécurité des usagers de la route et des riverains, le Gouvernement a dans son programme de modernisation de nos réseaux routiers urbains, engagé des actions diverses dont l'aménagement et la construction de plusieurs voies de desserte dans le pays. C'est ainsi que le Ministère des Infrastructures, envisage la réalisation des travaux d'aménagement et de bitumage de voiries allant de Sondogo à la cité des logements sociaux de Boassa (5,200km).

3.2 Objectif du projet

La mise en œuvre de ce projet a pour objectif principal la fluidification du transport urbain de la ville de Ouagadougou. Cet aménagement vise à permettre une bonne structuration du réseau de voiries urbaines dans la ville de Ouagadougou.

A cet objectif global s'ajoutent les objectifs spécifiques suivants :

- L'obtention de gain de temps pour les usagers ;
- L'accroissement de la sécurité routière ;
- L'amélioration du bien-être des riverains et usagers de la voie ;
- La lutte contre la pauvreté.

3.3 Situation de la zone de projet

La zone du projet se situe dans la Province du Kadiogo plus précisément dans la Commune de Ouagadougou, région du centre, BURKINA FASO. Le site du projet prend son origine à la fin de la rue bitumée de Sondogo (PK 0+00) jusqu'à la cité des logements sociaux de Boassa (PK 5+200). Les figures 2 et 3 nous montrent un aperçu de la zone du projet

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE VOIRIES
ALLANT DE SONDOGO A LA CITE DES LOGEMENTS SOCIAUX DE BOASSA (5,200KM)**

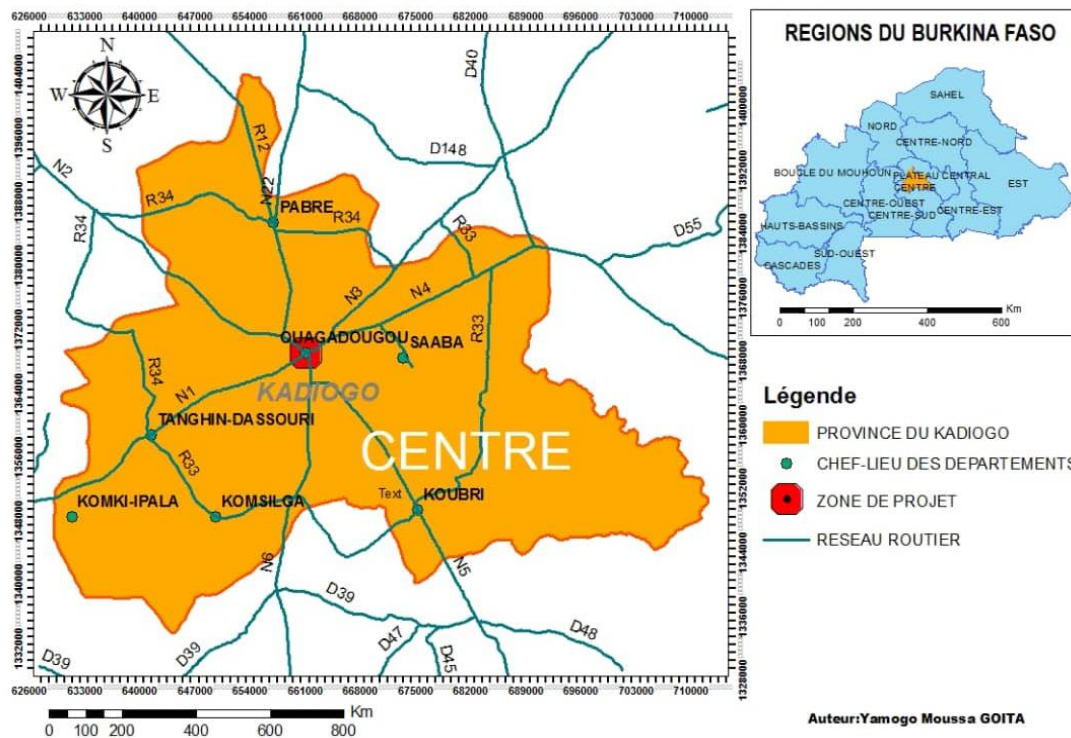


Figure 2: Localisation de la commune de Ouagadougou/Source : Arcgis



Figure 3: Image satellitaire de la zone du projet/Source : Google earth

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

❖ **Etat des lieux**

La visite détaillée du tracé de la voie a permis de décrire son état que nous présentons dans le tableau 1.

Tableau 1: Etat des lieux de la route Sondogo-Boassa.

Désignation de la route	Longueur (ml)	Type de route	Etat des lieux
Voie allant de Sondogo à Boassa	5200	Route en terre	C'est une route en terre avec une couche de roulement en graveleux latéritique très usée. Le profil rase le terrain naturel. Elle est dépourvue de caniveaux latéraux. Nous notons la présence de cuirasse latéritique tout le long. Le relief de la voie est caractérisé par deux pentes dont l'une orientée vers le PK 0 et l'autre vers la fin du projet au PK 5+200

Source : Le laboratoire national du bâtiment et des travaux public (LNBTP)

3.4 Cadre physique du milieu

❖ **Climat**

Le climat de Ouagadougou est du type soudanien caractérisé par l'alternance d'une saison sèche et d'une saison pluvieuse. Le rythme des saisons est déterminé par le déplacement de la trace du sol du Front Intertropical (FIT). De par sa grande variabilité spatio-temporelle, la pluie est le principal climatique qui influe de façon notable sur la production (Comité Permanent Inter-Etats de Lutte contre la sécheresse dans le sahel, 1996).

❖ **Sols**

Les sols qui sont aperçus sont en général les sols latéritiques qui caractérisent la zone de projet. Certaines voies sont situées dans des zones argilo-sableuse tapissant la cuirasse latéritique en dessous. (LNBTP, 2018)

IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

4.1 Matériels

Pour cette étude un certain nombre de matériels ont été utilisés allant de la collecte au traitement des données. Les matériels utilisés sont :

- GPS pour relever les coordonnées des points importants sur de la route.
- Google earth et Global mapper pour la délimitation des bassins versant
- Arcgis
- Autocad 2016 pour les plans d'exécutions des ouvrages hydrauliques.
- Piste.5 pour la conception géométrique.
- Alizé LCPC pour la vérification des contraintes et déformation.
- Excel et Word (Office) pour les différents calculs et la rédaction du rapport.
- Pybar.

4.2 Méthodologie de conception :

La méthodologie adoptée pour la réalisation des études est présentée sur l'organigramme de la figure 4.

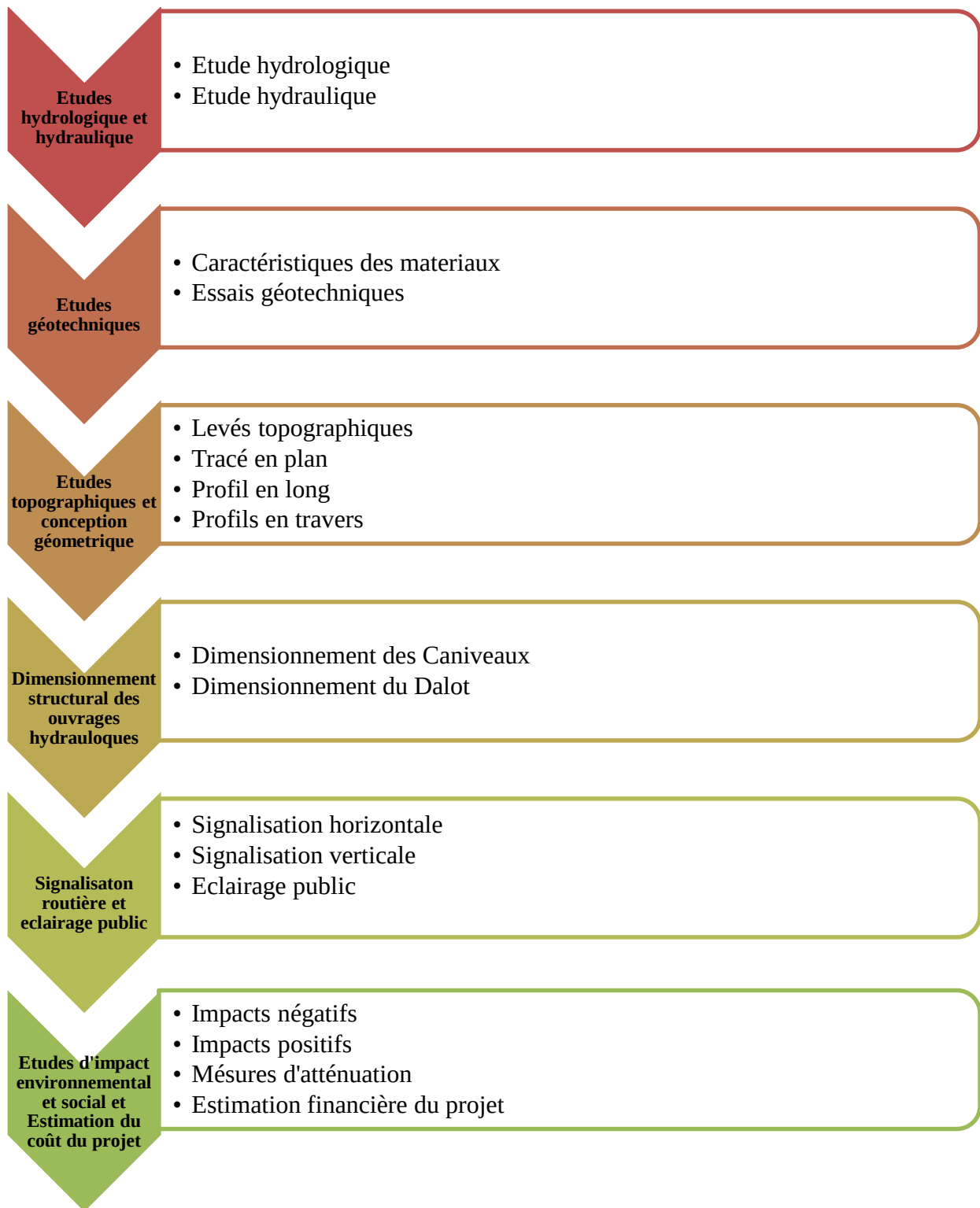


Figure 4: Organigramme de l'étude

V. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE

5.1 Etudes hydrologique et hydraulique

5.1.1 Etude hydrologique

L'étude hydrologique a pour but de déterminer les débits de crue pour chaque bassin versant du projet. Pour mener à bien cette étude, il sera question de délimiter les bassins versants afin d'avoir leurs caractéristiques. Pour la délimitation des bassins versants, nous avons utilisé les logiciels de Système d'Information Géographique (SIG) que sont Google Earth et Global Mapper.

5.1.2 Délimitation des bassins versants

Le bassin versant en une section droite d'un cours d'eau, est défini comme la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de cette section. Il est entièrement caractérisé par son exutoire, à partir duquel nous pouvons le délimiter. La délimitation se fait en suivant les lignes de crêtes définissant les bassins versants. La figure 5 représente la délimitation des bassins versants.

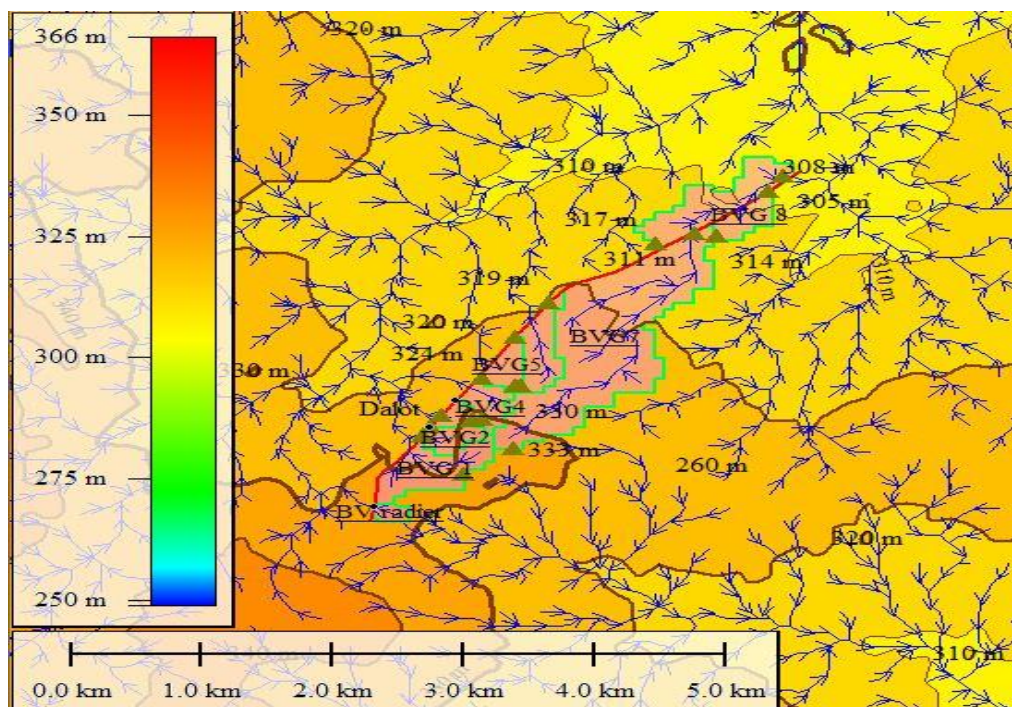


Figure 5: Délimitation des bassins versants/Source : Global Mapper

5.1.3 Détermination des caractéristiques de bassins versants

Les caractéristiques des bassins versants à déterminer sont : les surfaces, les périmètres, les longueurs du chemin hydraulique qui ont été déterminés à l'aide du logiciel Global Mapper, les pentes moyennes, les coefficients de Gravelius, les coefficients de ruissèlement et les temps de concentration qui seront déterminés par ci-dessous.

➤ **Surface (S)**

C'est l'aire totale, incluant éventuellement ceux des sous bassins, drainé par l'écoulement et circonscrite par les lignes de partages des eaux. On classe les bassins versants en général relativement à leur surface :

- Très petit bassin versant : $0 \leq S \leq 10 \text{ km}^2$
- Petit bassin versant : $10 \leq S \leq 200 \text{ km}^2$
- Grand bassin versant : $200 \leq S \leq 2000 \text{ km}^2$
- Très grand bassin versant : $S > 2000 \text{ km}^2$

➤ **Périmètre (P)**

C'est le contour des surfaces des bassins versants.

➤ **Longueur du chemin hydraulique**

La distance entre le point le plus éloigné du bassin et l'exutoire.

➤ **Pente moyenne (I_{moy})**

Elle se définit sur le profil en long du cours d'eau principal. C'est aussi le rapport entre la différence des altitudes correspondantes et la longueur du cours d'eau. Elle se définit selon l'équation(1).

$$I_{\text{moy}} = \frac{\Delta H}{L} \quad (1)$$

I_{moy} : Pente moyenne [m/m]

ΔH : Différence d'altitude maximum sur le bassin [m]

L : Longueur du chemin hydraulique [m]

➤ Coefficient de Gravelius (K_G)

On classe la forme des bassins suivant le coefficient de compacité de Gravelius K_G qui se définit selon l'équation(2).

$$K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} \quad (2)$$

P : est le périmètre en km

S : la surface en km²

❖ K_G = 1 → Bassin circulaire

❖ K_G >> 1 → Bassin allongé

➤ Coefficient de ruissellement (C_r)

Ce coefficient qui caractérise la couverture de chaque bassin, intégrant la nature du sol, le couvert végétal, et surtout du type d'urbanisation, est obtenu par la pondération des coefficients des différentes surfaces élémentaires (sol nu, espace vert, rue bitumée, rue en latérite, toiture, cours, etc.). Les coefficients de ruissellement dépendent étroitement de l'imperméabilisation des zones considérées. Les coefficients de ruissellement en fonction des zones sont résumés dans le tableau 2.

Tableau 2: les coefficients de ruissellement en fonction des zones.

Désignation du type d'urbanisation ou d'occupation du sol	Coefficient de ruissellement moyen *
Centre ville d'agglomération importante, habitat très dense, "Vieille ville"	0.80 - 0.95
Zones d'habitat collectif, banlieue sans jardins ni espaces verts	0.60 - 0.80
Zones d'habitat semi-collectif, quartiers récents avec espaces verts	0.40 - 0.60
Zones résidentielles ou pavillonnaires	0.25 - 0.45
Centre d'agglomération rurale	0.15 - 0.35
Zone artisanale	0.30 - 0.80
Zone industrielle	0.50 - 0.80
Zone portuaire	0.70 - 0.90
Zone ferroviaire	0.20 - 0.35
Terrain de sports et de jeux	0.20 - 0.40
Cimetières	0.4
Chaussées, parkings, voies piétonnes	0.70 - 0.90
Espaces verts	0.10 - 0.25
Jardins et parcs	0.05 - 0.20
Bocage	0.04 - 0.08
Zones cultivées	0.06 - 0.10
Forêts, terrains incultes	0.01 - 0.10

Source : Internet

Pour le choix du coefficient de ruissellement, nous avons choisi C= 0,4 car notre projet d'études se réalise dans un quartier à zones d'habitat semi-collectif.

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

➤ **Temps de concentration**

Le temps de concentration est le temps mis par la goutte d'eau tombant sur le point hydrauliquement le plus éloigné pour arriver à l'exutoire. Plusieurs méthodes sont utilisées pour calculer ce temps, parmi lesquelles on a :

- La formule de KIRPICH :

$$T_C = 0.01947 \frac{L^{1.15}}{I^{0.385}} \quad (3)$$

T_c : Temps de concentration en mn ;

L : Longueur du plus long cheminement hydraulique en m ;

I : Pente moyenne en m/m.

Les caractéristiques des différents bassins versants de notre projet sont résumées dans le tableau 3.

Tableau 3: Récapitulatif des caractéristiques des bassins versants

N° DES BV	Superficies (km ²)	Périmètres (Km)	Altitudes max (m)	Altitudes min (m)	Longueurs hydrauliques (m)	Coefficients de Gravelius	Pente moyenne I (m/m)	Dénivelée (m)
BVG1	0,3633	3,543	334	327	885	1,892	0,008	7
BVG2	0,1106	1,676	332	327	520	0,494	0,010	5
BVG3	0,0629	1,157	332	326	275	0,257	0,022	6
BVG4	0,15	2,17	332	324	650	0,745	0,012	8
BVG5	0,1342	1,785	330	322	475	0,579	0,017	8
BVG6	0,2441	3,121	330	319	945	1,366	0,012	11
BVG7	1,654	8,544	333	311	3030	9,736	0,007	22
BVG 8	0,1489	1,889	314	308	441	0,646	0,014	6
BVD 1	0,4165	4,134	317	305	1349	2,364	0,009	12
BV radier	0,04833	0,90082	334	331	310	0,175	0,010	3

➤ **Méthode de calcul des débits de projets**

De nos jours, les principales méthodes les plus utilisées pour l'estimation des débits d'un projet sont des méthodes déterministes à savoir : les méthodes ORSTOM, CIEH, Superficielle de Caquot et Rationnelle.

✓ **Méthode ORSTOM**

Cette méthode permet le calcul du débit de crue décennal, elle s'applique à des bassins dont la superficie se situe entre quelques dizaines de kilomètre carré (km²) à 1500km².

✓ **Méthode CIEH**

C'est une méthode statistique proposée par Puech et Chabi-Gonni, dont la formulation retenue pour retrouver le débit de pointe Q_{10} est basé sur un schéma de régression multiple. Cette méthode est applicable aux bassins versants de superficie $\leq 1000 \text{ km}^2$

✓ **Méthode Rationnelle**

Cette méthode est très utilisée en hydraulique urbaine pour la projection des ouvrages d'assainissement routier (fossés latéraux ou caniveaux) et pour les petits bassins versants de superficie $S \leq 4 \text{ km}^2$.

✓ **Méthode Superficielle de Caquot**

La méthode superficielle de Caquot est plus récente que celle rationnelle, elle est utilisée pour les bassins versants urbanisés. La méthode superficielle de Caquot permet de déterminer explicitement le débit de pointe de période de retour donnée en tout point d'un réseau.

Conditions d'application :

- la superficie inférieure à 200 ha ;
- la pente moyenne est comprise entre $0,002 < I < 0,05$
- le coefficient de ruissellement est compris entre 0,2 et 1.

➤ **Méthodes retenues**

Pour le choix des méthodes, nous nous sommes basés sur les critères que définit chaque méthode. Après analyse de nos différentes superficies, nous convenons d'utiliser la **méthode Rationnelle et la méthode Superficielle de Caquot** qui sont des méthodes utilisées dans les zones urbaines. Les deux méthodes nous donnent un aperçu des débits dont la condition la plus défavorable sera choisie à savoir celle présentant le plus grand débit à évacuer.

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

5.1.4 Détermination des débits de projets

➤ Méthode rationnelle

$$Q_{10} = 0.278.C.I.A \quad (4)$$

C : le coefficient de ruissellement ;

I : intensité de l'averse décennal en mm/h ;

A : la superficie du bassin versant en km² ;

Q₁₀ : le débit décennal a l'exutoire.

Avec l'intensité de l'averse décennale I qui peut être déterminé à partir de la formule suivante :

$$I = a.T_C^{-b} \quad (5)$$

a et b étant les coefficients de Montana dépendant du lieu et de la fréquence pluviométrique sont résumés dans le tableau 4.

Tableau 4:Coefficients de Montana pour la ville de Ouagadougou

Pays	Villes	Pluie < 1 heure					Pluie < 2 heures				
		a				b	a				b
		(1 an)	(2 ans)	(5 ans)	(10 ans)	(1 an)	(1 an)	(2 ans)	(5 ans)	(10 ans)	(1 an)
						(10 ans)					(10 ans)
	Ouaga	5.60	6.02	7.29	9.40	0.50	31.00	31.89	34.56	39.00	0.90

Source : Station synoptique de Ouagadougou

➤ Méthode superficielle de Caquot

$$Q_{10} = K_u^{\frac{1}{u}} \times I_u^{\frac{v}{u}} \times C_u^{\frac{1}{u}} \times A_u^{\frac{w}{u}} \quad (6)$$

Avec

Q₁₀ : débit de pointe en (m³/s)

I : la pente moyenne du sous bassin selon le plus long chemin hydraulique en %

C : le coefficient de ruissellement

A : aire du sous bassin en (ha)

K : coefficient de correction

u, v, w sont des coefficients qui varient selon la fréquence et la région pluviométrique considérée et dépendent des coefficients de Montana a et b.

K, u, v et w s'obtiennent respectivement par les formules suivantes :

$$u = 1 + 0.287 \times b(T) \quad (7)$$

$$v = -0.41 \times b(T) \quad (8)$$

$$w = 0.95 + 0.507 \times b(T) \quad (9)$$

$$K = \frac{0.5^{b(T)} \cdot a(T)}{6.6} \quad (10)$$

L'application de la formule de Caquot et l'acceptation des résultats sont conditionnées par une valeur de l'allongement (M) du bassin versant. Dans le cas échéant on corrige le débit obtenu par un coefficient d'influence (m). L'allongement « M » est défini comme étant le rapport du plus long cheminement hydraulique sur la racine carrée de la surface du bassin versant.

$$M = \frac{L}{\sqrt{A}} = 2 \quad (11)$$

Dans le cas contraire le débit sera corrigé en le multipliant par le coefficient d'influence (m). Le coefficient d'influence (m) traduit quantitativement le fait que, pour une même surface A, le débit varie à l'inverse de l'allongement M du bassin.

$$m = \left(\frac{M}{2}\right)^{0.7 \times b(T)} \quad (12)$$

5.1.5 Résultats de Calcul des débits

Pour chaque bassin versant, après le calcul des paramètres hydrologiques, par application de la méthode rationnelle et de la méthode superficielle de Caquot, les résultats de calcul des débits décennaux sont consignés dans le tableau 5.

Tableau 5: Récapitulatif des débits de projet

N° DES BV	Tc (mn)	I (mm/h)	M	m	Cr	Méthode Rationnelle (m3/s)	Méthode superficielle de Caquot (m3/s)	Méthode superficielle de Caquot Corrigé (m3/s)	Débits de projet (m3/s)
BVG1	23,32	116,79	1,47	1,11	0,4	4,72	4,53	5,05	5,05
BVG2	14,36	148,82	1,56	1,09	0,4	1,83	1,8	1,97	1,97
BVG3	6,42	222,68	1,1	1,23	0,4	1,56	1,39	1,71	1,71
BVG4	15,51	143,21	1,68	1,06	0,4	2,39	2,45	2,61	2,61
BVG5	10,8	171,65	1,3	1,16	0,4	2,56	2,42	2,81	2,81
BVG6	21,14	122,67	1,91	1,02	0,4	3,33	3,6	3,65	3,65
BVG7	62,17	71,529	2,36	0,94	0,4	13,16	15,23	14,38	14,38
BVG 8	11,07	169,52	1,14	1,22	0,4	2,81	2,5	3,04	3,04
BVD 1	30,84	101,57	2,09	0,98	0,4	4,7	5,21	5,13	5,13
BV radier	9,62	181,84	1,41	1,13	0,4	0,98	0,92	1,04	1,04

- Les Paramètres équivalents d'un groupement de bassins

Une fois les bassins élémentaires déterminés, avec toutes leurs caractéristiques, nous allons les regrouper en fonction qu'ils soient en série ou en parallèle. Les formules pour l'assemblage des bassins en série ou en parallèle sont consignées dans le tableau 6.

Tableau 6: Paramètres équivalents d'un groupement de bassins

Bassin	Surface Equivalente A_{equ}	longueur Equivalente L_{equ}	Pente Equivalente I_{equ}	Allongement Equivalente M_{equ}	Coefficient de ruissellement
Bassin en séries	$\sum A_i$	$\sum L_i$	$\left[\frac{\sum L_i}{\sum \frac{L_i}{\sqrt{I_i}}} \right]^2$	$\frac{\sum L_i}{\sum \sqrt{A_i}}$	$\frac{\sum C_i \times A_i}{\sum A_i}$
Bassin en parallèles	$\sum A_i$	$Max(L_i)$	$\frac{\sum I_i \times Q_i}{\sum Q_i}$	$\frac{L_i \times Q_{max}}{\sqrt{\sum A_i}}$	$\frac{\sum C_i \times A_i}{\sum A_i}$

Source : Internet

Les différents bassins en série et en parallèle sont en **Annexe I**

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

5.2 Etudes hydrauliques:

Les études hydrauliques ont pour but de dimensionner les ouvertures des ouvrages capables d'évacuer l'eau hors de la chaussée. Pendant la période de crue importante, ces ouvrages permettent d'assainir la route et d'éviter la dégradation de celle-ci.

5.2.1 Dimensionnement hydraulique des caniveaux :

Pour le calcul des sections, nous convenons d'utiliser la formule de Manning-Strickler à partir des débits décennaux :

$$Q = K_s \times S \times R_h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

Avec

Q : est le débit en m³/s ;

K_s : le coefficient de rugosité ; K_s= 70 car les ouvrages sont en béton armé ;

S : la section mouillée en m² ;

R_h : le rayon hydraulique en m avec

$$R_h = \frac{S}{P} \quad (14)$$

P : le périmètre ;

I : la pente du canal en % ;

Les caniveaux sont de sections rectangulaires avec le débit Q :

$$Q = \frac{K_s \times S^{\frac{5}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}}{P^{\frac{2}{3}}} \quad (15)$$

Avec

$$S = b \times h \quad (16)$$

$$P = b + 2h \quad (17)$$

Donc le débit Q sera :

$$Q = \frac{K_s \times (b \times h)^{\frac{5}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}}{(b + 2h)^{\frac{2}{3}}} \quad (16)$$

Le calcul des dimensions (b et h) des caniveaux se fait en fixant une valeur de b et par itération on obtient celui de h.

En tirant h on obtient :

$$h = \frac{Q^{\frac{3}{5}} \times (b + 2h)^{\frac{2}{5}}}{(K_s \times \sqrt{I})^{\frac{3}{5}} \times b} \quad (17)$$

Une fois h calculé, nous ajoutons à la valeur de h une revanche.

r : revanche ; la revanche est prise r = 0,20 m

Nous résumons les résultats de notre itération dans le tableau 7.

Tableau 7: Dimensions retenues des caniveaux

Débits de projet (m³/s)	Caniveaux	Longueur (m)	Ks	b (m)	h (m)	I (m/m)	V (m/s)	r (m)	Sections retenues	
7.02	C1G	715	70	1,4	1,23	0,01	3,89	0,2	1,40	1,40
0.12	C1D	715	70	0,6	0,14	0,01	1,47	0,2	0,80	0,80
1.82	C2G	330	70	1	0,61	0,01	2,96	0,2	1,00	0,80
0.11	C2D	330	70	0,6	0,13	0,01	1,41	0,2	0,80	0,80
9.21	C3G	1110	70	1,6	1,31	0,01	3,92	0,2	1,60	1,60
0.13	C3D	1110	70	0,6	0,15	0,01	1,50	0,2	0,80	0,80
19.03	C4G	2840	70	2	1,60	0,01	3,97	0,2	2,00	1,80
5.81	C4D	2840	70	1,3	1,15	0,01	3,89	0,2	1,40	1,40

NB : le critère le plus communément rencontré dans le domaine de l'assainissement est d'adopté : une section minimale de 0,8 m×0,8 m pour les caniveaux pour faciliter les opérations de curage.

Nous avons obtenu 5 types de sections de caniveaux que sont :

C1= 1,40 m x 1, 40 m (côté droit)

C2=0,80 m x 0, 80 m (côté droit)

C3= 1,00 m x 0,80 m (côté gauche)

C4= 1,60 m x 1,60m (côté gauche)

C5= 2, 00 m x 1, 80 m (qui joue en même temps le rôle de collecteur)

L'assainissement de la route a été fait sur un linéaire total :

L = **3950 ml** sur les deux (02) côtés de la route entre PK0+00 et PK 3+950 et **1045 ml** de PK3+950 à PK4+995

Comparativement aux types de sections de caniveaux du Bureau d'études que sont :

C1=0,80 m x 0, 80 m (côté droit)

C2=1,00 m x 0,80 m (côté droit).

C3= 1,200 m x 1,00 m (côté gauche)

C4= 1,50 m x 1, 50 m (qui joue en même temps le rôle de collecteur)

L'assainissement de la route sur un linéaire total de :

L= **2855 ml** du côté gauche entre PK0+00 et PK2+855

L= **1410 ml** du côté droit entre PK0+00 et PK1+410

Discussion : une large différence de sections se remarque au niveau des caniveaux qui jouent le rôle des collecteurs. Cela est dû à l'accumulation des volumes d'eaux écoulés sur une longueur de drainage inégale de la route.

NB : Lorsque nous nous mettons dans la même condition que le Bureau d'études à savoir : drainer la chaussée sur le même linéaire total (L=2855ml du côté gauche et L=1410ml du côté droit), nous obtenons les sections de caniveaux suivants :

C1=1,200 m x 1,00 m

C2=1,80 m x 1, 80 m (qui joue en même temps le rôle de collecteur)

C3=0,80 m x 0, 80 m (côté droit)

C4=1,00 m x 0,80 m (côté droit).

Commentaire : Dans la même logique, nous avons à peu près les mêmes sections de caniveaux que propose le Bureau d'études. Cette légère différence est due aux paramètres entrant dans la détermination des débits (Cr, Pente).

5.2.2 Dimensionnement hydraulique des Dalots

Pour les dalots du projet la plupart sont des dalots de traversés sur les prolongements des caniveaux, donc ces dalots auront les mêmes sections au droit des caniveaux. Il y'aura un dalot au PK 4+286.

✓ **Vérification en sortie libre**

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

Hypothèse de calcul :

- Vitesse maximale admissible $V_{max}=4\text{m/s}$ (SETRA intitulé Assainissement routier)
- Vitesse de sortie $V_s \leq V_{max}$
- K =coefficient de Manning avec $K=70$ (béton)
- Pente longitudinale : 1%
- En rappel le débit de dimensionnement retenu est $Q = 9,12 \text{ m}^3/\text{s}$ Pour le PK 4+286
- Soit un dalot de type $N \times B \times D$

Avec N : le nombre d'ouvertures ; B : la largeur d'une cellule et D : la hauteur.

Les valeurs fixées pour la vérification doivent être supérieures aux valeurs déterminées. Les caractéristiques du dalot retenu sont consignées dans le tableau 8.

Tableau 8: Vérification en sortie libre.

Dalot (Dimensions)	Vitesse (m/s)		Pente (%)		Hauteur (m)	
2x3x1	Vitesse maximale	Vitesse déterminée	Pente fixée	Pente déterminée	Hauteur fixée	Hauteur déterminée
	4	3,3	1	0,8	1	0,95
	Condition vérifiée		Condition vérifiée		Condition vérifiée	

Nous avons obtenu un dalot de dimensions : 2x3x1

Comparativement à celui du Bureau d'études de dimensions : **1x3x1**

Discussion : Notre étude nous a conduit à un dalot 2 fois plus large que celui que propose le Bureau d'études. La différence de dimensions se traduit par le fait que nous avons pris en compte le débit transité par le Caniveau 1 (C1) qui n'a pas été le cas pour le Bureau d'études car il n'y a pas de caniveau à ce niveau du projet.

NB : Dans la même logique que le Bureau d'études nous avons obtenu un dalot de dimensions : **1x3x1, 20**

Commentaire : Nous obtenons un dalot qui est sensiblement égal au dalot proposé par le Bureau d'études.

Pour le dimensionnement structural de ces ouvrages hydrauliques, nous allons dimensionner les ouvrages de nos propres résultats.

5.2.3 Dimensionnement hydraulique du Radier submersible

Lorsque le profil en travers du cours d'eau est peu marqué au niveau du franchissement, il est intéressant de faire épouser au radier la forme du lit. Dans ce cas, le fait que le radier est totalement submergé ne perturbe pas l'écoulement des eaux puisque les seuls changements locaux de pente et de rugosité n'ont pas le temps d'être perçus par l'écoulement.

Connaissant le débit d'eau à évacuer, la hauteur d'eau au-dessus du radier submersible au PK5+150 peut être déterminée par approximation successives à l'aide de la formule de Manning-Strickler.

$$Q = K_s \times S \times R_h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

Avec

$$S = h(b + mh) \quad (18)$$

$$P = b + 2h\sqrt{1 + m^2} \quad (19)$$

Le calcul des dimensions (b et h) du radier submersible se fait exactement comme pour les caniveaux en fixant une valeur de b et par itération on obtient celui de h.

En tirant h on obtient :

$$h = \frac{Q^{\frac{3}{5}} \times (b + 2h\sqrt{1 + m^2})^{\frac{2}{5}}}{(K_s \times \sqrt{I})^{\frac{3}{5}} \times (b + mh)} \quad (20)$$

Les dimensions du radier submersible sont résumées dans le tableau 9.

Tableau 9: Résumé des dimensions du radier submersible

Q (m³/s)	b (m)	h (m)	m	Ks	r (m)	Dimensions retenues		Radier de 20m : Longueur déversante=10m; Rampe =2x5m avec pente de 8%
						b	h	
1,04	10	0,08	12,5	70	0,2	10	0,28	

Nous avons un radier submersible de dimensions identiques que celui du Bureau d'études.

5.3 Etudes géotechniques

Les études géotechniques visent à reconnaître au droit d'un aménagement existant ou à construire :

- La nature et la répartition des terrains
- L'identification des sites de carrière pour granulats
- Les caractéristiques et comportements des matériaux
- La classification des sols
- Condition de mise en place des matériaux
- La définition des caractéristiques de portance de sols d'assise de la chaussée
- Contrôle qualité et réception de la plate-forme sur chantier
- L'étude du trafic que va supporter la chaussée
- Le dimensionnement de la structure de la chaussée.

5.3.1 Caractéristiques des matériaux d'emprunt

Les matériaux entrant dans la constitution des différentes couches de la structure de la chaussée ont bien été spécifiés selon leurs caractéristiques physiques et mécaniques dans le cahier des clauses techniques particulières. Sur cette base l'entreprise a choisi un site d'emprunt répondant aux caractéristiques attendues des couches de fondation et de base.

La campagne de reconnaissance géotechnique sur les matériaux d'emprunt des travaux de construction et de bitumage de la route Sondogo-Boassa a été réalisée par le laboratoire ACIT Géotechnique au compte de l'entreprise ECR-BTP.

Le laboratoire a mis en œuvre des équipements nécessaires à la réalisation des essais suivants en référence aux normes ci-dessous :

- Analyse granulométrique : NF P 94 056
- Limites d'Atterberg : NF P 94 051
- Proctor modifié : NF P 94 093
- Portance CBR : NF P 94 078

Le tableau 10 présente les résultats des caractéristiques géotechniques des matériaux obtenus lors de cette étude.

Tableau 10 : Récapitulatif des résultats géotechniques des emprunts

EMPRUNTS	NATURE	ANALYSE GRANULOMETRIQUE (PASSANTS%)				LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		CBR	
		5 mm	1.6 mm	0.4 mm	0.08 mm	Wl	Wp	Ip	Wopm (%)	γ_d opm	95%	98%
EMPRUNT N°1	GAL	27	15	11	9	49	20	29	9,2	2,10	63	92
EMPRUNT N°2	GAL	26	13	6	3	43	21	22	9,8	2,06	60	83
EMPRUNT N°3	GAL	27	15	10	7	43	20	23	11,4	1,950	25	30
EMPRUNT N°4	GAL	17,0	9	5	3	33	18	15	10	2,03	97	114

Le cahier des clauses techniques particulières impose les caractéristiques suivantes pour :

- La couche de base, un matériau qui a :
 - ✓ Un indice portant californien (CBR) supérieur ou égal à 80 (≥ 80) à 98% de l'OPM, après 4 jours d'immersion.
 - ✓ Une densité sèche de l'OPM : supérieure ou égale à 2t/m³
- Pour une couche de fondation, un matériau qui a :
 - ✓ Un indice CBR à 95% de la densité sèche maximum du Proctor modifié après 4 jours d'imbibition supérieur ou égal à 30 (≥ 30)
 - ✓ Une densité sèche de l'OPM : supérieure ou égale à 2.05t/m³

Au vu des spécifications techniques des couches de base et de fondation et des résultats des études géotechniques, nous pouvons :

- Avec un pourcentage de fine compris entre 3 et 9%, un indice de plasticité qui varie de 15 à 29, les matériaux d'emprunt N°1 et 4 ont un indice portant CBR qui varie de 63 à 97 à 95% de l'OPM et de 92 à 114 à 98% de l'OPM. Ces

emprunts présentent donc des caractéristiques suffisantes pour la couche de base de la route.

- Avec un pourcentage de fine de 3%, un indice de plasticité de 22, le matériau de l'emprunt N°2, a un indice portant CBR de 55 à 95% de l'OPM et de 78 à 98% de l'OPM. Cet emprunt présente donc des caractéristiques géotechniques suffisantes pour la couche de fondation de la route.
- Avec un pourcentage de fine de 7%, un indice de plasticité de 23, le matériau de l'emprunt N°3, a un indice portant CBR de 25 à 95% de l'OPM et de 30 à 98% de l'OPM. Cet emprunt peut être utilisé en remblai pour couche de forme ou pour la reconstitution du sol dans les zones de purge éventuelle.

5.3.1 Caractéristiques du sol de la plateforme

Le sol de la plate-forme constitue le sol support sur lequel repose le corps de la chaussée. Pour bien remplir son rôle, il est souhaitable qu'il possède un certain nombre de qualités. Pour ce projet, la reconnaissance du sol support a été effectuée par exécution des sondages manuels sur la chaussée à tous les 250 m pour les 8 premiers, puis à tous les 500m pour le reste à la demande de la mission de contrôle. Tout au long de la route Sondogo-Boassa, quatorze (14) sondages ont été effectués sur la plate-forme avec prélèvements d'échantillons pour des essais en laboratoire par le Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Public (LNBTP). Les résultats sont récapitulés dans le tableau 11.

Tableau 11: récapitulatif des résultats du contrôle géotechnique

PLATE-FORME	ANALYSE GRANULOMETRIQUE						LIMITES D'ATTERBERG			PROCTOR MODIFIE		PORTANCE CBR (% OPM)	
	<0,08 mm	<0,40 mm	< 2 mm	< 5 mm	< 10 mm	D mm	Wl	Wp	Ip	WOPM (%)	γ_{dOPM}	95	98
Nombres de valeurs	14	14	14	14	14	14	14	14	14	4	4	3	3
Valeur minimale	20	26,5	35	50	71	1,6	17	9	8	7,7	1,96	15	6
Valeur maximale	70,5	83	96	98	99	20	50	25	25	10,6	2,12	19	34
Valeur moyenne	35,5	44,6	58,8	71,3	87,2	13,3	30,9	15,7	15,1	9,6	2,04	12,7	19,7
Ecart type estimé (%)	15,6	18,8	21,3	18,2	10,7	6,7	10,1	4,8	5,4	1,3	0,06	7,8	14
Coefficient de variation (%)	43,9	42,1	36,2	25,6	12,3	50,7	32,8	30,5	35,6	13,6	3,1	61,3	71,2

Les résultats des caractéristiques géotechniques obtenus tout au long du projet à savoir les indices portant californien (CBR à 95%) indiquent que la plate-forme est de bonne qualité dans son ensemble. Cependant les sols de mauvaise qualité seront substitués par au moins 50cm de matériaux de meilleure portance ou on traitera le sol support.

5.3.2 Classification du sol de la plateforme :

De tout ce qui précède, nous pouvons faire le choix du type de classe de la plateforme. Selon le guide pratique de dimensionnement des chaussées pour pays tropicaux.

Cinq classes de sol ont été retenues, qui correspondent à une répartition assez constante des divers types de sols rencontrés en pays tropicaux. La classification des sols de plate-forme est résumée dans le tableau 12.

Tableau 12: classification des sols de Plate-forme

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

Le Cahier des Clauses Techniques Particulière (CCTP) spécifie que les matériaux entrant dans la constitution des sols de plateforme doivent avoir un indice portant CBR à 95% supérieur ou égal à 15 (≥ 15). En fonction de la spécification donnée nous déduisons que la classe de plateforme de notre projet est de **S4**.

5.3.3 Dimensionnement de la chaussée

Le dimensionnement de la chaussée consiste à déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui la constituent afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie. La structure de la chaussée doit résister à diverses sollicitations, notamment celles dues au trafic et doit assurer la diffusion des efforts induits par ce même trafic dans le sol de fondation.

➤ Etude du Trafic

Elle consiste à estimer le trafic cumulé de poids lourds devant emprunter cette chaussée pendant sa durée de vie théorique projetée. Ce trafic tient compte du trafic journalier des poids lourds à la date de mise en service et de son évolution probable.

Une étude du trafic n'a pas été faite mais le Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) impose les caractéristiques suivantes :

- Classe de Trafic de type **T2**
- Durée de vie : **15 ans**

- Taux d'accroissement annuel du trafic $i=5\%$

Tableau 13: Trafic cumulé des poids lourds (PL)

Nombre de véhicules Poids lourds cumulés	Classe du Trafic
$N < 5.10^5$	T1
$5.10^5 < N < 1,5.10^6$	T2
$1,5.10^6 < N < 4.10^6$	T3
$4.10^6 < N < 10^7$	T4
$10^7 < N < 2.10^7$	T5

Source : le Guide CEBTP

Le dimensionnement de la structure de chaussée est donné à l'aide des tableaux fournis par le Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées pour les pays tropicaux. C'est à partir de ces deux paramètres à savoir le trafic **T2** et la classe de portance **S4** que nous déterminons nos différentes variantes de matériaux.

À partir de la lecture dans les tableaux et après considération des matériaux en présence nous avons fait le choix de la structure de chaussée suivante :

- Couche de roulement : enduit superficiel Tri couche ;
- Couche de base : 15 cm de graveleux latéritique naturel ;
- Couche de fondation : 20 cm de graveleux latéritique naturel ;

L'annexe II montre le tableau donnant le dimensionnement des chaussées correspondant aux classes de trafic T1- T2 et de sol de type S4.

Pour valider la structure de chaussée choisie, certaines vérifications s'avèrent nécessaires. Ces vérifications concernent les critères de ruptures qui sont : les déformations verticales admissibles et contraintes verticales admissibles. Les résultats des contraintes et déformations sont consignés dans le tableau 14.

Tableau 14: Récapitulatif des valeurs admissibles

Corps de chaussée	Contraintes verticales admissibles	Déformation verticale admissible pour trafic faible (T<T3)
Plate-forme	0,865 MPa	744,9µdéf
Fondation	3,46 Mpa	
Base	5,31 Mpa	

Les détails de calcul sont en **Annexe II**

➤ Vérification du dimensionnement sur Alizé LCPC

Après modélisation de la structure de chaussée dans Alizé les résultats nous ont permis de faire une comparaison entre les valeurs admissibles et les valeurs réelles de déformation.

La portance CBR à 95% de notre couche de fondation est : CBR=60

Le module d'Young E :

$$E = 5 \times \text{CBR} = 5 \times 60 = 300 \text{MPa}$$

La portance CBR à 98% de notre couche de base varie entre 44 et 60 et à 98% entre 92 et 114 :

$$E = 5 \times \text{CBR} = 5 \times 92 = 460 \text{Mpa}$$

– **Hypothèse de base**

Les paramètres mécaniques à entrer dans le logiciel sont les suivants :

- L'épaisseur H ;
- Le module équivalent de Young du module ;
- Le coefficient de poisson du matériau ;
- Les conditions d'interface au sommet et à la base de la couche, caractérisant le type de contact avec les couches adjacentes supérieures et inférieures.

Pour ce qui concerne l'enduit superficiel, sa contribution structurelle est négligeable et donc ne sera pas pris en compte.

- Couche de roulement : enduit superficiel Tri couche ;
- Couche de base : 15 cm de graveleux latéritique naturel ;
- Couche de fondation : 20 cm de graveleux latéritique naturel.

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Niveau	EpsilonT				SigmaT		EpsilonZ		SigmaZ	
calcul	horizontale				horizontale		verticale		verticale	
-----surface (z=0,000) -----										
h=0,150m	0,000m	-159,3	X-J	0,009	X-J	380,9	Z-R	0,657	Z-R	
E=460,0Mpa										
nu=0,350	0,150m	-363,1	Y-R	-0,067	Y-R	775,4	Z-R	0,321	Z-R	
-----collé(z=0,150m)-----										
h=0,200m	0,150m	-363,1	Y-R	0,007	Y-J	1007,6	Z-R	0,321	Z-R	
E=300,0MPa										
nu=0,350	0,350m	-358,9	Y-J	-0,092	Y-J	487,2	Z-J	0,096	Z-J	
-----collé(z=0,350m)-----										
h=infini	0,350m	-358,9	Y-J	-0,006	Y-J	786,7	Z-J	0,096	Z-J	
E=120,0MPa										
nu= 0,350										

Les valeurs des contraintes et déformations admissibles doivent être inférieures aux contraintes et déformations calculées. Les résultats sont consignés dans le tableau 15.

Tableau 15: Récapitulatif des résultats des déformations et contraintes

Structure de chaussée	-	Déformations verticales		Contraintes verticales	
		$\epsilon_{calculée}$	ϵ_{zadm}	$\delta_{calculée}$	δ_{zadm}
Couche de base	Résultat	775,4	744,9	0,66	5,31
	Observation	Condition non vérifiée		Condition vérifiée	
Couche de fondation	Résultat	1007,6	744,9	0,32	3,46
	Observation	Condition non vérifiée		Condition vérifiée	
Sol plateforme	Résultat	786,7	744,9	0,096	0,875
	Observation	Condition non vérifiée		Condition vérifiée	

Certaines conditions n'étant pas vérifiées alors nous allons augmenter l'épaisseur de la couche de base et refaire les vérifications.

Pour la nouvelle vérification nous avons :

- Couche de roulement : enduit superficiel Tri couche ;
- Couche de base : 20 cm de graveleux latéritique naturel ;
- Couche de fondation : 20 cm de graveleux latéritique naturel

Niveau		EpsilonT		SigmaT		EpsilonZ		SigmaZ	
calcul		horizontale		horizontale		verticale		verticale	
-----surface(z=0,000)-----									
h=0,200m	0,000m	-149,5	X-J	0,005	X-J	429,1	Z-R	0,657	Z-R
E=460,0MPa									
nu=0,350	0,200m	-304,6	Y-R	-0,074	Y-R	582.7	Z-R	0,228	Z-R
-----collé(z=0,200m)-----									
h=0,200m	0,200m	-304,6	Y-R	-0,008	Y-J	742,8	Z-R	0,228	Z-R
E=300,0MPa									
nu=0,350	0,400m	-296,4	Y-J	-0,078	Y-J	419,2	Z-J	0,081	Z-J
-----collé(z=0,400m)-----									
h=infini	0,400m	-296,4	Y-J	-0,005	Y-J	670,3	Z-J	0,081	Z-J
E=120,0MPa									
nu= 0,350									

Tableau 16: Récapitulatif des résultats des déformations et contraintes

Structure de chaussée	-	Déformations verticales		Contraintes verticales	
		$\epsilon_{calculé}$	ϵ_{adm}	$\Delta z_{calculé}$	δz_{adm}
Couche de base	Résultat	582,7	744,9	0,66	5,31
	Observation	Condition vérifiée		Condition vérifiée	
Couche de fondation	Résultat	742,8	744,9	0,32	3,46
	Observation	Condition vérifiée		Condition vérifiée	
Sol plateforme	Résultat	670,3	744,9	0,096	0,875
	Observation	Condition vérifiée		Condition vérifiée	

Les contraintes et les déformations étant vérifiées, la nouvelle structure de chaussée choisie pour notre projet est :

- **Couche de roulement : enduit superficiel Tri-couche ;**
- **Couche de base : 20 cm de graveleux latéritique naturel ;**
- **Couche de fondation : 20 cm de graveleux latéritique naturel.**

Comparativement à la structure de chaussée du Bureau d'études :

- **Couche de roulement : enduit superficiel Bi-couche ;**
- **Couche de base : 20 cm de graveleux latéritique naturel ;**
- **Couche de fondation : 20 cm de graveleux latéritique naturel.**

Discussion : Nous avons eu les mêmes résultats que le Bureau d'études excepté la couche de roulement qui est de l'enduit superficiel Bi-couche. Cette différence est due aux raisons financières.

5.4 Etudes topographiques et conception géométrique

Dans ce chapitre, il est question de faire les études topographiques qui permettront de faire la conception géométrique. La conception géométrique de la route a pour objet d'intégrer les paramètres tels que les rayons de courbure, la vitesse de référence, les devers et les déclivités dans la conception de ces éléments en vue :

- D'assurer la sécurité des usagers et leur confort ;
- D'adapter la route au contexte environnemental, socio-économique et financier ;
- D'assurer un trafic un fluide ;

5.4.1 Etudes topographiques

Les études topographiques définissent la configuration morphologique du terrain. Elles permettent de définir un tracé en plan, le profil en long et le profil en travers type de la route.

➤ Levés topographiques

Les levés ont consisté d'une part au levé du terrain naturel :

- Implantation et levé des bornes de la polygonale;
- Lever le profil en long de l'axe de la route ;
- Lever du profil en travers sur l'emprise ;

Et d'autre part au levé de détails :

- Les limites de concessions ;
- Les gros arbres (diamètre supérieur à 1 m) ;
- Les poteaux électriques et téléphoniques ;
- Les regards ;
- Les écoles et services de santé à proximité de la route ;

L'ensemble des levés ont été traités et ont permis de projeter l'axe de la route et en tenant compte des détails relevés, ainsi :

- Implantation de l'axe de la route a été réalisée suivant une équidistance de 25 m ;
- Marquage des points kilométriques (PK)

5.4.2 Conception géométrique

La géométrie routière est l'ensemble défini par le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers d'une route. La conception de la géométrie sera réalisée, à l'aide des levés topographiques du terrain naturel (fond topographique) qui nous ont fournis les semis de points, leurs coordonnées (XYZ) et par la suite par le logiciel de route Piste 5 et des normes de conception géométrique.

✓ Paramètre des normes d'aménagement

Le choix d'aménagement d'un projet routier doit respecter certaines caractéristiques liées à la possibilité technique de conduite et d'homogénéité interne (cohérence entre tracé en plan et profil en long, visibilité minimale et moyenne). Les différents aménagements pour une route tiennent essentiellement compte des paramètres suivants :

- La vitesse de référence (V_r)
- La classe et l'importance de la route en étude.
- L'état et les conditions naturelles du site du projet.
- Le paramètre économique.

✓ Les normes

Les normes françaises utilisables au Burkina Faso disposent de 3 instructions ministérielles définissant les conditions techniques dans lesquelles doivent être aménagées les routes :

- **L'ICTAAL** (Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison) du 22-10-1985 relative aux infrastructures de type autoroutier.
- **L'ICTARN** (Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Routes Nationales) du 28-10-1985 relative aux routes principales interurbaines : il a été remplacé par le document ARP (Aménagement des Routes Principales) du 05/08/1994.
- **L'ICTAVRU** (Instructions sur les conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines) de 1986 relatives aux autoroutes et artères urbaines.

Dans notre cas nous utiliserons l'Instructions sur les conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (ICTAVRU) car nous sommes en zone urbaine.

✓ Données Techniques du projet d'Aménagement

Les caractéristiques techniques du projet sont indiquées dans le tableau 17.

Tableau 17: Caractéristiques techniques du Projet

Caractéristiques techniques	Valeurs
Vitesse de référence	60km/h
Largeur de la chaussée	7m
L'emprise	25m
Nombre d'accotement	2
Largeur d'accotement	1,5m

❖ Tracé en plan

Le tracé en plan est la projection sur le plan horizontal de l'axe de la chaussée. C'est une succession d'alignements droits et des arcs de cercles et éventuellement des clothoïdes lorsque le rayon circulaire l'impose donnant le maximum de confort et de sécurité. Les contraintes liées à ce tracé en plan dépendent de catégories de routes et du terrain naturel.

Les paramètres de tracé en plan selon l'Instructions sur les conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (ICTAVRU) avec les valeurs normalisées des rayons de raccordement en fonction de la vitesse de référence prescrit par les TDR ($V_r=60$ km/h) pour une route de type R sont consignées dans le tableau 18.

Tableau 18: Paramètres du Tracé en plan/source ICTAVRU

Catégorie	U60	U80
Rayon non déversé (m)	200	400
Rayon minimal (m)	120	240

Source : ICTAVRU

❖ Profil en long :

Le profil en long ou ligne rouge est une coupe longitudinale de la chaussée projetée. Il définit les altitudes du projet pour chaque profil en travers à l'aide d'une succession de pentes et paraboles qui doivent respecter certaines conditions édictées par la norme utilisée et le terrain naturel. Ceci tiendra compte de bonne coordination des éléments du tracé en plan et du profil en long.

Pour des raisons de confort dynamique et de confort visuel, les paramètres du profil en long doivent respecter les caractéristiques données dans le tableau 19.

Tableau 19: Paramètres du profil en long

Catégorie	U60	U80
Déclivité moyenne	6%	6%
Rayon normal en angle saillant	2500	6000
Rayon minimal en angle saillant	1500	3000
Rayon normal en angle rentrant	1500	2000
Rayon minimal en angle rentrant	800	1000

Source : ICTAVRU

❖ Profil en travers

Le profil en travers type est une coupe transversale de la chaussée projetée permettant de définir les différents constituants de la chaussée ainsi que leurs dimensions et pentes. Son aménagement dans ce projet devra permettre surtout d'évacuer les eaux de pluies sur la chaussée à travers une pente de 2,5 % en moyenne.

Le profil en travers de notre projet est composé :

- Largeur de la chaussée : 7 m ;
- L'emprise de la chaussée : 25m
- Nombre d'accotements : 2 ;
- Largeur d'accotement : 1,50 m ;
- Caniveaux latéraux rectangulaires ;
- Candélabre solaire en quinconce ;
- Pente transversale de la chaussée = 2,5% ;
- Pente des accotements = 2,5% ;

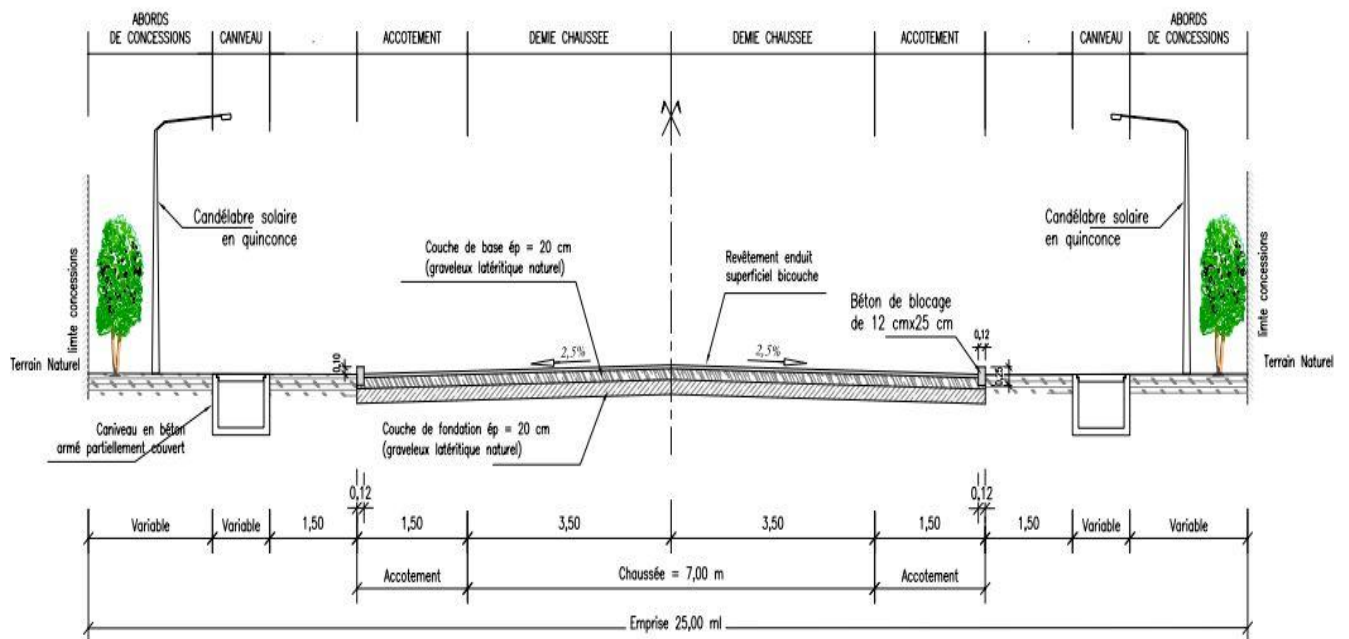


Figure 6: Profil en Travers type

Pour la tabulation et le tracé combiné voir **Annexe VIII**

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

5.5 Dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques

Après une étude hydraulique à partir de laquelle nous avons pu déterminer les différentes sections de nos ouvrages, nous entamons à présent le dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques afin de déterminer les différentes sections d'armatures pour la réalisation de ces ouvrages.

Le même principe de dimensionnement est utilisé avec les autres sections de caniveaux et de dalots pour avoir les différentes sections d'acier.

Pour la suite nous allons proposer les sections d'armatures d'un type de caniveaux et du dalot en biais au PK4+286.

5.5.1 Dimensionnement des caniveaux

- **Principe de calcul**

Les éléments porteurs du caniveau à savoir la dalle, les deux (02) piédroits et le radier sont étudiés indépendamment en fonction des différentes charges appliquées.

La dalle est calculée en flexion simple sous l'action d'une charge concentrée d'une roue isolée de 10T conformément au fascicule 61 en son titre II.

Les piédroits sont calculés en flexion composée sous l'action de l'effort transmis par la dalle chargée et de la poussée des terres.

Le radier est à son tour calculé en flexion simple sous l'action de son poids propre, du poids propres des piédroits et des moments d'encastrement sur appuis.

Les règles de calcul béton armé sont celles sans BAEL 91 modifié 99.

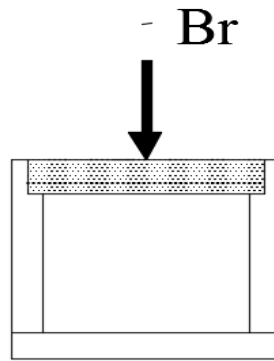


Figure 7: chargement Dallette

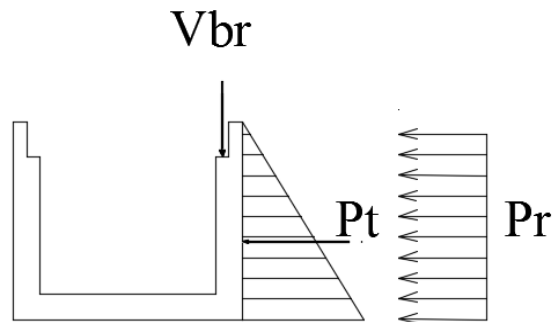


Figure 8: Principe de chargements du piédroit



Figure 9: Principe de chargements du radier

Les hypothèses et détails des calculs sont développés en **Annexe III**

Tableau 20: Récapitulatif des sollicitations du caniveau

Sollicitations	Dalette		Piédroit		Radier	
	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS
Moments fléchissants (KN.m)	43,45	29,5	3,14	2,2	6,67	4,82
Effort Normal (kN/m)	-	-	83,44	56,25	-	-

Tableau 21: Récapitulatif du ferrailage des caniveaux

Récapitulatif du ferrailage des caniveaux			
Partie de l'ouvrage	Position	Acier	Espacement (cm)
Dalette de 50 cm de largeur	Inférieur	HA12	15
	Supérieur	HA10	15
	Transversal	HA8	20
Piédroits	Principal	HA10	15
	Transversal	HA8	20
Radier	Principal	HA10	15
	Transversal	HA8	20

5.5.2 Dimensionnement des dalots

- Principe de calcul

Les éléments porteurs du dalot à savoir le tablier, les piédroits et le radier sont étudiées indépendamment en fonction des différentes charges appliquées.

Le tablier est calculé en flexion simple sous l'action des surcharges routières conformément au fascicule 61 en son titre II.

Les piédroits extrêmes sont calculés en flexion composée et le piédroit intérieur en compression simple.

Le radier est à son tour calculé en flexion simple.

Les règles de calcul béton armé sont celles sans BAEL 91 modifié 99.

Les hypothèses et détails des calculs sont développés en **Annexe IV**

Tableau 22: Récapitulatif des sollicitations du Dalot

Désignation	Moments M (KN.m)				Efforts de compression (KN)			
	ELU		ELS		ELU		ELS	
	Mi- travée	Appui	Mi- travée	Appui	Appui de rive	Appui intermédiaire	Appui de rive	Appui intermédiaire
Tablier	63,6	127,3	47,4	94,8	-	-	-	-
Radier	23,3	46,7	17,3	34,7	-	-	-	-
Piédroit externe	-	2,38	-	1,77	271	-	201,7	-
Piédroit central	-	-	-	-	-	541,8	-	403,5

Tableau 23: Récapitulatif des ferraillages

Récapitulatif des ferraillages			Espacement e (cm)
Tablier	Inférieur	HA14	15
	Supérieur	HA12	15
	Transversal	HA8	20
	Appui	HA20	15
Piédroits	Intérieur	HA12	15
	Extérieur	HA12	15
	Transversal	HA8	20
Radier	Inférieur	HA10	15
	Supérieur	HA12	15
	Transversal	HA8	20
	Appui	HA12	15

5.6 Signalisation routière et éclairage public

Assurer la sécurité des usagers et des riverains est un des objectifs spécifiques très importants dans un aménagement routier. En effet les signaux horizontaux et verticaux sont des moyens presque infaillibles pour guider les usagers dans leurs parcours. Nous exposons les différents types de signalisation et les aménagements routiers à effectuer dans le cadre de notre projet.

5.6.1 Signalisation routière

La construction routière nécessite un certain nombre de précautions à prendre pendant et après la réalisation. La signalisation routière en dehors de son caractère visant à faciliter la circulation routière, contribue également à la sécuriser pour les usagers en vue d'un trafic fluide et au respect des normes de sécurité. La signalisation routière a pour objet :

- De faciliter la circulation routière
- D'indiquer ou de rappeler les diverses prescriptions particulières de police ;
- De donner des informations relatives à l'usager de la route.

On distingue deux types de signalisation : la signalisation temporaire et la signalisation permanente.

❖ Signalisation temporaire

Cette signalisation est utilisée uniquement pendant les travaux pour assurer la sécurité des riverains, des usagers et des travailleurs eux même sur le chantier. Les signalisations à mettre en place sont les suivantes :

- Une signalisation à 500 m à l'entrée de la zone en chantier pour signaler les travaux
- Une signalisation ou sécurité corporelle pour le personnel à travers des équipements tels que les casques, les chaussures et les baudriers ;
- Une signalisation d'approche dans les deux sens de circulation par des panneaux de travaux ou de déviation ;
- Une signalisation pour les dispositifs de barrière aux abords des fouilles des ouvrages.

❖ Signalisation permanente :

Cette signalisation qui est présente durant toute la durée de la route est composée de signalisations verticale et horizontale.

▪ Signalisation verticale

La signalisation verticale se fait à l'aide de panneaux dont l'emplacement, la forme et la couleur renseignent l'usager sur la chaussée empruntée. Les panneaux de signalisation verticale sont classés en diverses catégories répondant à divers objectifs, on a :

- Les panneaux de danger de type A ;
- Les panneaux d'intersection et de priorité de Passage de type AB ;
- Les panneaux de prescription de type B ;
- Les panneaux d'interdiction ou de restriction de type C ;

▪ Signalisation horizontale

Ce type de signalisation regroupe les différents marquages au sol dont le but est de donner aux usagers quel comportement adopter sur la chaussée en question.

La réglementation internationale distingue plusieurs types des marques, dont les principales présentes sur le projet sont les suivantes :

- Les lignes longitudinales
 - Lignes continues de dépassement et changement de voie interdits ;
 - Lignes discontinues axiales ou de délimitation de dépassement et changement de voie autorisés ;
 - Les lignes transversales continues (STOP) ou discontinues (cédez le passage) ;
 - Les autres marques :
 - Pour passage de piétons ;
 - Les flèches de direction.

Les photos des signalisations verticales et horizontales sont dans **l'Annexe V**

5.6.2 Eclairage public

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la chaussée de circuler la nuit de sorte que la sécurité et le confort soient autant élevés que le trafic de jour. Le dispositif d'éclairage est constitué de candélabres solaires installés en quinconce avec les caractéristiques suivantes :

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

- Sa hauteur H est généralement de l'ordre 8m à 10m et parfois de 12m pour les grandes largeurs de chaussée. De ce fait nous retenons **$H = 12\text{m}$** ;

L'espacement e entre les candélabres varie entre 30m et 40m en fonction du type de voie. Alors nous convenons de prendre **$e = 30\text{m}$** . La figure 9 représente la lampe candélabre solaire.



Figure 10: Lampe candélabre solaire.

VI. ETUDE DE FAISABILITE FINANCIERE

L'estimation globale d'un projet routier est très importante pour les parties prenantes à sa réalisation. En effet elle permet au maître d'ouvrage de connaître le coût de l'ouvrage qu'il a l'intention de réaliser afin de juger de son opportunité en fonction de ses moyens financiers. En ce qui concerne l'entreprise, l'évaluation du coût du projet lui permet de soumissionner en toute connaissance de cause. Dans le cas de notre devis quantitatif et estimatif, nous avons scindé les différents travaux à savoir :

- Installation du chantier ;
- Les travaux préparatoires et terrassement ;
- Les travaux de chaussée et revêtements;
- L'assainissement et drainage ;
- La sécurité et la signalisation ;
- L'éclairage public
- L'étude d'impact environnemental et social (EIES).

L'estimation du coût du projet est consignée dans le tableau 24.

Tableau 24: récapitule les différents montants des sous-travaux

POSTE	DESIGNATION	MONTANT F CFA
100	INSTALLATION DU CHANTIER	317.576.748
200	TRAVAUX PREPARATOIRES ET TERRASEMENT	165.820.200
300	CHAUSSÉE ET REVETEMENTS	539.104.000
400	ASSAINISSEMENT	1.112.510.000
500	SIGNALISATION ET SECURITE	38.096.000
600	ECLAIRAGE PUBLIC ET FEUX TRICOLORES	227.500.000
700	MESURES COMPENSATRICES ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE	35.518.434.58
TOTAL (HTVA) FCFA		2.436.125.383
TVA (18%) FCFA		438.502.568.9
TOTAL (TTC) FCFA		2.874.627.951

Le coût total de notre projet est de deux milliards huit cent soixante-quatorze million six cent vingt-sept mille neuf cent cinquante un toutes taxes comprises (2.874.627.951 FCFA TTC)

Les détails de calcul sont en **Annexe VI**

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

VII. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

6.1 Cadre législatif et institutionnel

En effet, la protection de l'environnement au Burkina Faso fait partie des préoccupations majeures du gouvernement car il est confronté ces dernières décennies à certains problèmes environnementaux qui ont interpellé la conscience nationale. Cela s'est traduit par la mise en place d'un cadre institutionnel et juridique qui a permis d'élaborer des textes législatifs et réglementaires qui visent le respect de l'environnement et des principes de développement durable. Nous rappelons pour cela :

- Le décret N°2001-185/PRES/PM/MECV du 7 Mai 2001, portant fixation des normes de rejets de polluants dans l'air, l'eau et le sol. Il fixe à ses articles 6, 10, 11 respectivement, les normes de rejet des émissions dues aux installations fixes, les normes de déversement des eaux usées dans les eaux de surface, les normes de déversement des eaux usées dans les égouts.
- Le décret n°98-322/PRES/PM/MEE/MIHU/MATS/MEF/MEM/MCC/MCIA du 28 juillet 1998 qui fixe les conditions d'ouverture des établissements dangereux, insalubres et incommodes (EDII). L'article 2 de ce décret précise que « les EDII sont ceux présentant des dangers ou des inconvénients, soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé et la sécurité publique, soit pour l'agriculture, le cadre de vie, la conservation des sites, espaces, monuments et la diversité biologique.

Dans son décret du N° 342 du 17/07/2001, portant champ d'application, contenu et procédure de l'étude et de la notice d'impact sur l'environnement. En effet ce décret a l'avantage d'avoir classé les activités susceptibles d'avoir des impacts significatifs directs ou indirects sur l'environnement en trois (03) catégories :

- Catégorie A : Activités soumises à une étude d'impact sur l'environnement(EIE);
 - Catégorie B : Activités soumises à une notice d'impact sur l'environnement(NIE) ;
 - Catégorie C : Activités qui ne sont soumises ni à une étude d'impact sur l'environnement, ni à une notice d'impact sur l'environnement.
- ❖ L'Etude d'Impact sur l'Environnement (EIE) : est une étude à caractère analytique et prospectif réalisée aux fins de l'identification et de l'évaluation des incidences sur l'environnement d'un projet ou programme de développement.

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

- ❖ La Notice d'Impact sur l'Environnement (NIE) : est une étude d'impact sur l'environnement simplifiée. Toutefois, elle doit répondre aux mêmes préoccupations que l'étude d'impact sur l'environnement et comporter des indications sérieuses de nature à permettre une appréciation globale des incidences environnementales d'un projet ou programme de développement

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

6.2 Identification et évaluation des impacts

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

6.2.1 Identification des impacts du projet

L'identification des impacts liés au projet est basée sur l'analyse des interactions possibles entre les milieux récepteurs et les activités du projet. Les ressources d'impacts liées au projet se définissent comme l'ensemble des activités prévues lors des phases de construction, d'exploitation. Ces activités comprennent notamment :

- Aménagement des installations du chantier ;
- Travaux de préparation de l'emprise (déboisement, débroussaillage, décapage, excavation).
- Transport et Circulation (soulèvement de poussières sur les voies de déviation).

L'identification des impacts du projet est consignée dans le **tableau en Annexe VII**.

6.2.2 Mesures d'atténuation

Elles se définissent comme l'ensemble des moyens envisagés pour éviter ou réduire les impacts négatifs causés sur l'environnement.



Mesures pour le milieu biophysique

➤ Mesures pour la végétation

La réalisation du projet se fera de sorte à minimiser le terrassement d'arbres. Ainsi, l'installation de la base du chantier se fera dans une zone non boisée dans la mesure du possible. Egalement, un accent sera mis sur la sensibilisation des employés au respect des espèces végétales. La partie de la végétation détruite sera réhabilitée par la plantation d'arbres tous les trente (30) mètres de part et d'autre de la route. Aussi, des arbres seront plantés autour des zones d'emprunt. Les arbres terrassés ne doivent pas constituer de tas de débris, mais seront retirés pour être valorisés (Artisanat, etc.).

➤ Mesures d'atténuation pour la qualité de l'air

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



Mesures pour le milieu socio-économique

➤ Pour la santé

En vue de prévenir les risques de contraction des IST et le VIH/SIDA, un accent sera mis sur la sensibilisation des employés et populations riveraines dans les agglomérations. Cela sera suivi de distribution gratuite de préservatifs aux différents groupes cibles (filles libres, employés du chantier).

➤ Pour l'économie et l'emploi

Il revient d'indemniser en nature ou en espèces les personnes dont les activités économiques seront affectées. Pour une bonne tenue des activités de restauration, une sensibilisation sera en faveur des meneurs, pour éviter les installations anarchiques et les amener à pratiquer l'hygiène. Par ailleurs, la contribution de la réduction de la pauvreté, devra être ressentie au niveau local. Ainsi, l'entreprise sera incitée à favoriser l'embauche de la main d'œuvre locale pour certaines activités, aussi à sous-traiter certains travaux (extraction de sable, réalisation de petits ouvrages,

etc.) avec les entreprises locales. Toutefois, le recrutement sera contrôlé pour respecter l'âge minimal de travail (16 ans selon le code du travail).

➤ Pour la sécurité

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

VIII. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les différentes étapes des études effectuées dans le cadre du projet « Etudes Techniques détaillées des Travaux d'Aménagement et de Bitumage de voiries allant de Sondogo à la cité des Logements Sociaux de Boassa (5,200km) » nous ont permis d'aboutir à un résultat répondant aux normes techniques et d'éléments nécessaires à sa réalisation. En effet nous avons fait des propositions concrètes en rapport avec la structure de chaussée composée de 20 cm de couche de fondation en graveleux latéritique naturel, 20 cm de couche de base en graveleux latéritique naturel, et d'enduit superficiel tri couche pour la chaussée. Les ouvrages d'assainissement routier, la signalisation, la sécurité, l'estimation du coût global du projet et enfin une étude d'impact environnemental et social (EIES) pour clôturer.

Au total dix (10) bassins versants convergent leurs eaux de ruissellement vers la route qui nous conduira à dimensionner les ouvrages de franchissement à plusieurs niveaux de la route à savoir un dalot de 6,75m de long de dimensions $2 \times 3 \times 1$. Les calculs nous ont permis de déterminer : 3950 ml des caniveaux latéraux qui est entre le PK0+00 et PK 3+950, 330 ml entre PK3+950 et PK 4+286, 715 ml vers le PK 5+150. Tout au long du tronçon nous avons placé des signalisations horizontales et verticales pour le confort et la sécurité des usagers et riverains. En termes d'éclairages publics, nous avons opté pour des candélabres solaires compte tenu du fait que nous sommes dans une lancée de développement durable. Egalement, Nous avons utilisés les panneaux de type A, AB, B, et C. Le coût total de notre projet est de deux milliards huit cent soixante-quatorze million six cent vingt-sept mille neuf cent cinquante un toutes taxes comprises (2.874.627.951 FCFA TTC)

Cependant une infrastructure routière ne peut assurer toute sa fonctionnalité ni garantir sa pérennité sans entretiens. La sensibilisation de la population doit être faite pour éviter les dépôts d'ordures dans les caniveaux afin qu'ils puissent jouer pleinement leur rôle.

Prévoir un entretien périodique pour la route pour que l'état de la route ne se dégrade pas vite durant sa durée de vie.

Bibliographie



Ouvrages et articles

- Adamah MESSAN. Polycopié de cours de Béton armé 1 et 2, 2013.
- Adamah MESSAN. Polycopié de cours de Béton armé 3, 2016.
- Adamah MESSAN. Polycopié de cours d'hydraulique routière partie 2 : ouvrage d'art conception et dimensionnement des petits ouvrages de franchissement routier, 2012.
- Angelbert Chabi BIAOU, Polycopié de cours d'hydraulique routière, 2011.
- Centre Expérimental de la recherche de l'étude du Bâtiment et des Travaux Public (CEBTP), CEBTP, 1984.
- Harinaivo A. ANDRIANISA. Polycopié de cours d'Assainissement Pluvial, 2014
- Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (ICTAVRU)
- Fascicule n° 61 conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art : titre II. - programmes de charges et épreuves des ponts routes.
- Jean Pierre MOUGIN, BAEL 91 modifié 99, EYROLLES, 2000.
- Nguyen VAN TUU, Bernard LEMOINE, Jacques POUPLARD, Hydraulique Routière, Ministère de la coopération et du développement de la république Française BCEOM
- Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), Assainissement routier octobre 2006.
- Harouna KARAMBIRI et Dial NIANG. Polycopié de cours d'Hydrologie, 2011



Sites internet

http://www.signaletique.biz/boutique/images_produits/b0-z. Consulté le 24/05/2019

ANNEXES

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Annexe I : Etudes hydrologiques et Hydrauliques

Pour chaque bassin versant, après le calcul des paramètres hydrologiques, par application de la méthode rationnelle et de la méthode superficielle de Caquot, les résultats de calcul des débits décennaux sont consignés dans le tableau 26 avec tous les paramètres qui y entrent.

Tableau 25: Récapitulatif des débits de projet

Récapitulatif des débits de projet issus des Bassins versants													
N° DES BV	Superficies (km ²)	Pentes (m/m)	Cr	Dénivelées (m)	Longueurs hydrauliques (m)	Tc (mn)	M	m	I (mm/h)	Méthode Rationnelle (m ³ /s)	Méthode superficielle de Caquot (m ³ /s)	Méthode superficielle de Caquot Corrigé (m ³ /s)	Q (m ³ /s)
BVG1	0,3633	0,008	0,4	7	885	23,32	1,47	1,11	116,793	4,72	4,53	5,05	5,05
BVG2	0,1106	0,010	0,4	5	520	14,36	1,56	1,09	148,818	1,83	1,80	1,97	1,97
BVG3	0,0629	0,022	0,4	6	275	6,42	1,10	1,23	222,677	1,56	1,39	1,71	1,71
BVG4	0,15	0,012	0,4	8	650	15,51	1,68	1,06	143,213	2,39	2,45	2,61	2,61
BVG5	0,1342	0,017	0,4	8	475	10,80	1,30	1,16	171,653	2,56	2,42	2,81	2,81
BVG6	0,2441	0,012	0,4	11	945	21,14	1,91	1,02	122,674	3,33	3,60	3,65	3,65
BVG7	1,654	0,007	0,4	22	3030	62,17	2,36	0,94	71,529	13,16	15,23	14,38	14,38
BVG 8	0,1489	0,014	0,4	6	441	11,07	1,14	1,22	169,522	2,81	2,50	3,04	3,04
BVD 1	0,4165	0,009	0,4	12	1349	30,84	2,09	0,98	101,568	4,70	5,21	5,13	5,13
BV radier	0,04833	0,009677419	0,4	3	310	9,62	1,41	1,13	181,836	0,98	0,92	1,04	1,04

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Nous avons déterminés les eaux provenant de la demi-chaussée. Les différents débits sont résumés dans le tableau 27.

Tableau 26: Récapitulatif des débits de la demi-chaussée

Récapitulatif des débits de projet provenant des eaux de ruissellement de la demi chaussée									
Désignations	L (m)	l (m)	S (km²)	Longueurs hydrauliques (m)	Cr	Pente (m/m)	Tc (mn)	I (mm/h)	Q (m³/s)
C1G	715	5	0,003575	715	0,9	0,01	18,08	132,644	0,12
C1D	715	5	0,003575	715	0,9	0,01	18,08	132,644	0,12
C2G	330	5	0,00165	330	0,9	0,01	9,97	178,636	0,11
C2D	330	5	0,00165	330	0,9	0,01	9,97	178,636	0,11
C3G	1110	5	0,00555	1110	0,9	0,01	25,37	111,982	0,13
C3D	1110	5	0,00555	1110	0,9	0,01	25,37	111,982	0,13
C4G	2840	5	0,0142	2840	0,9	0,01	52,29	77,995	0,28
C4D	2840	5	0,0142	2840	0,9	0,01	52,29	77,995	0,28

Assemblage :

Pour le dimensionnement hydraulique des caniveaux, les bassins versants, les eaux provenant de la demi-chaussée sont assemblés en série ou en parallèle en fonction de leur disposition. Dans le tableau 28 est consigné l'assemblage des bassins.

Tableau 27: Assemblage des Bassins versants

Assemblage des Bassins										
Les BV associés	LES BV équivalents	Les caniveaux	Surface(Aeq) en Km2	Coefficient de ruissellement (Ceq)	Pente (Ieq)	M	m	Débits Qeq	ΣDébits (Qj)	(Qprojet)
BVG1 et BVG2 en serie // a Demi-chaussée	BVG eq1	C1G	0,4739	0,4	0,01	2	1,0	6,76	7,016	7,02
Demi-chaussée	-	C1D	0,0842	0,42	0,01	2,1	0,99	0,12	0,120	0,12
BVG3et demi chaussée en parallèle	BVGeq2	C2G	0,06565	0,4	0,01	1,1	1,24	1,77	1,814	1,82
Demi-chaussée	-	C2D	0,0735	0,42	0,01	2,1	0,99	0,11	0,110	0,11
BVG4 , BVG5 , BVG6 en série // a Demi-chaussée	BVG eq3	C3G	0,2842	0,4	0,01	2,1	0,98	4,98	5,420	9,21
Demi-chaussée	-	C3D	0,0874	0,42	0,01	2,1	0,99	0,13	0,130	0,13
BVG7 et BVG8 en serie // a Demi-chaussée	BVGeq4	C4G	18,029	0,4	0,01	2,6	0,91	18,77	17,415	19,03
BVD1 // a Demi chaussée	BVD eq1	C4D	0,4307	0,42	0,01	2,1	0,99	5,56	5,405	5,81

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Dimensionnement hydraulique du Dalot

Pour les dalots du projet la plupart sont des dalots de traversés sur les prolongements des caniveaux, donc ces dalots auront les mêmes sections au droit des caniveaux. Il y'aura un dalot au PK 4+286.

Vérification en sortie libre

Hypothèse de calcul

Les calculs se feront à partir des hypothèses suivantes :

- Vitesse maximale admissible $V_{\max}=4\text{m/s}$ (SETRA intitulé Assainissement routier)
- Vitesse de sortie $V_s \leq V_{\max}$
- K =coefficient de Manning avec $K=70$ (béton)
- Pente longitudinale : 1%
- En rappel le débit de dimensionnement retenu est $Q = 9,12 \text{ m}^3/\text{s}$ Pour le PK 4+286
- Soit un dalot de type $N \times B \times D$

Avec N : le nombre d'ouvertures ; B : la largeur d'une cellule et D : la hauteur.

NB : Pour bien dimensionner le dalot nous utiliserons les Abaques hydrauliques (Abaque 1 ; 2 ; 3)

Calcul de la section minimale théorique ($S_{\min}$) :

$$S_{\min} = \frac{Q}{V}$$

$$S_{\min} = \frac{9,12}{4} = 2,28 \text{ m}^2$$

Premier pas de calcul : Dalot de type $N \times B \times D = 2 \times 3 \times 1$

Section minimale théorique par cellule $S_{\min/c}$

$$S_{\min/c} = \frac{S_{\min}}{2} = 1,14$$

$$S_{\min/c} = 1,14 \text{ m}^2$$

Le débit passant par chaque cellule est q :

$$q = \frac{Q_{9,12}}{2}$$

$$q = 4,56 \text{ m}^3/\text{s}$$

❖ Calcul de la profondeur d'eau en amont :

- Calcul du débit réduit Q^*

$$Q^* = \frac{q}{A\sqrt{2xgx}D} = \frac{4,56}{3x1\sqrt{2x9,81x1}} = 0,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

Avec $A = B \times D$

$Q^* = 0,69 \text{ m}^3/\text{s}$; $H^* = 0,95$ m par lecture sur **l'Abaque N° 1**.

$$H^* = \frac{H}{D} \text{ Donc } H = D \times H^*$$

$$H = 1 \times 0,95 = 0,95 \text{ m}$$

La profondeur d'eau en amont $H = 0,95 \text{ m}$ qui est inférieure à la hauteur du dalot D qui est égale à 1 m . Dans ces conditions le dalot fonctionnera normalement

❖ Calcul de la pente critique :

- Calcul du débit réduit Q^* :

$$Q^* = \frac{q}{\sqrt{gxB^5}} = \frac{4,56}{\sqrt{9,81 \times 2^5}} = 0,26 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q^* = 0,26 \text{ m}^3/\text{s}$; $I_{\text{crit}}^* = 2,70$ par lecture sur **l'Abaque N° 2**

$$I_{\text{crit}}^* = \frac{I_{\text{crit}}}{\frac{g}{K^2} \times B^{\frac{1}{3}}} \longrightarrow I_{\text{crit}} = I_{\text{crit}}^* \times \frac{g}{K^2} \times B^{\frac{1}{3}}$$

$$I_{\text{crit}} = 3 \times \frac{9,81}{70^2} \times 2^{(1/3)}$$

$$I_{\text{crit}} = 0,008$$

❖ Calcul de la vitesse à la sortie V_s :

- Calcul du débit réduit Q^* :

$$Q^* = \frac{q}{Ks \cdot I_{crit}^{\frac{1}{2}} \cdot B^{\frac{2}{3}}} = \frac{4,56}{70 \times (0,008)^{\frac{1}{2}} \times (2)^{\frac{2}{3}}} = 0,039 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q^* = 0,12 \text{ m}^3/\text{s} ; V^* = 0,24 \text{ m/s par lecture sur l'Abaque N}^\circ 3$$

- Déduction de la vitesse à la sortie V_s :

$$V^* = \frac{V_s}{Ks \cdot I_{crit}^{\frac{1}{2}} \cdot B^{\frac{2}{3}}} \longrightarrow V_s = V^* \times Ks \cdot I_{crit}^{\frac{1}{2}} \cdot B^{\frac{2}{3}}$$

$$V_s = 0,24 \times 70 \times (0,008)^{(1/2)} \times (2)^{(2/3)}$$

$$V_s = 3,13 \text{ m/s}$$

Cette vitesse est acceptable car $V_s = 3,13 \text{ m/s} < V_{\max} = 4 \text{ m/s}$

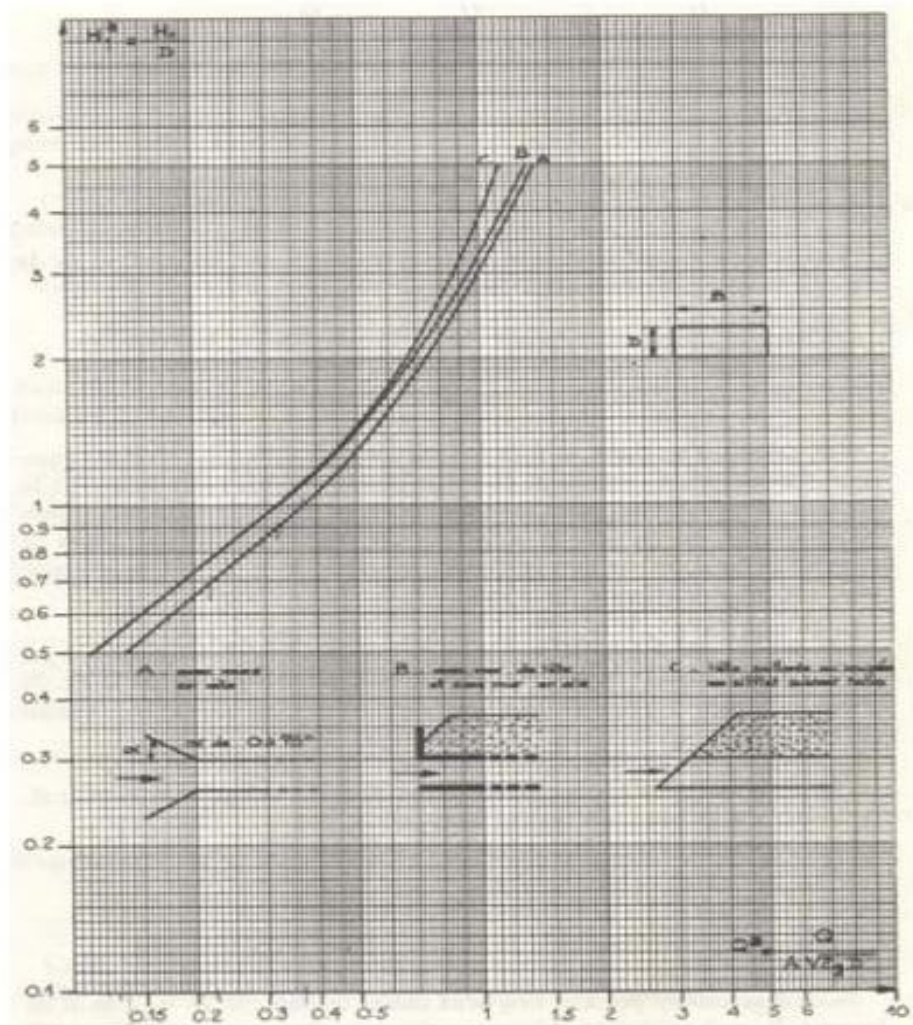
$$A = B \times D$$

$$A = 3 \times 1 = 3 \text{ m}^2 > S_{\min/c}$$

Le dalot étudié : 2,00 x 3,00 x 1,00 peut être proposé.

Nous retiendrons le dalot $N \times B \times D = 2 \times 3 \times 1$

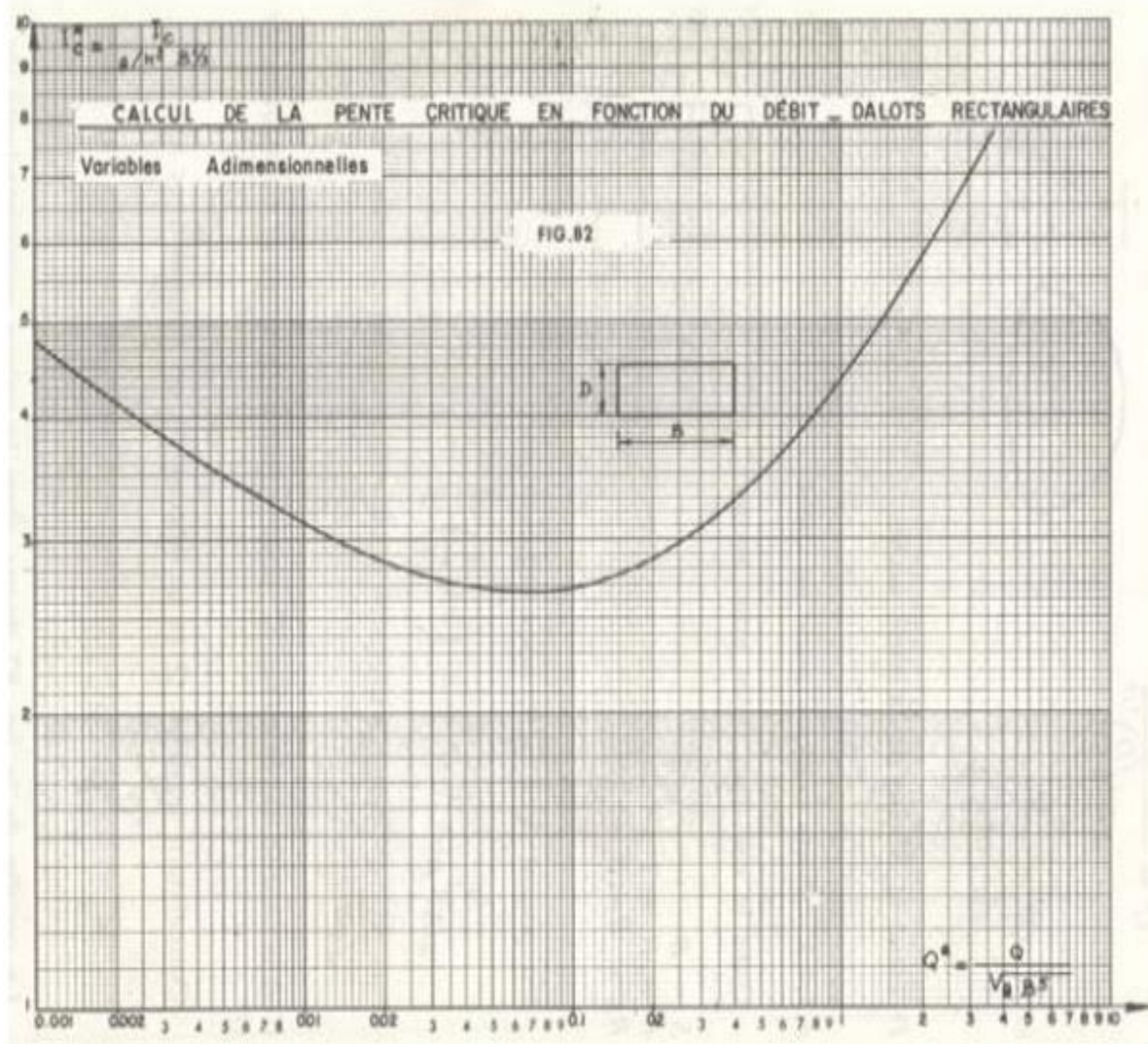
Abaque N° 1 : Sortie libre Dalot rectangulaire



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

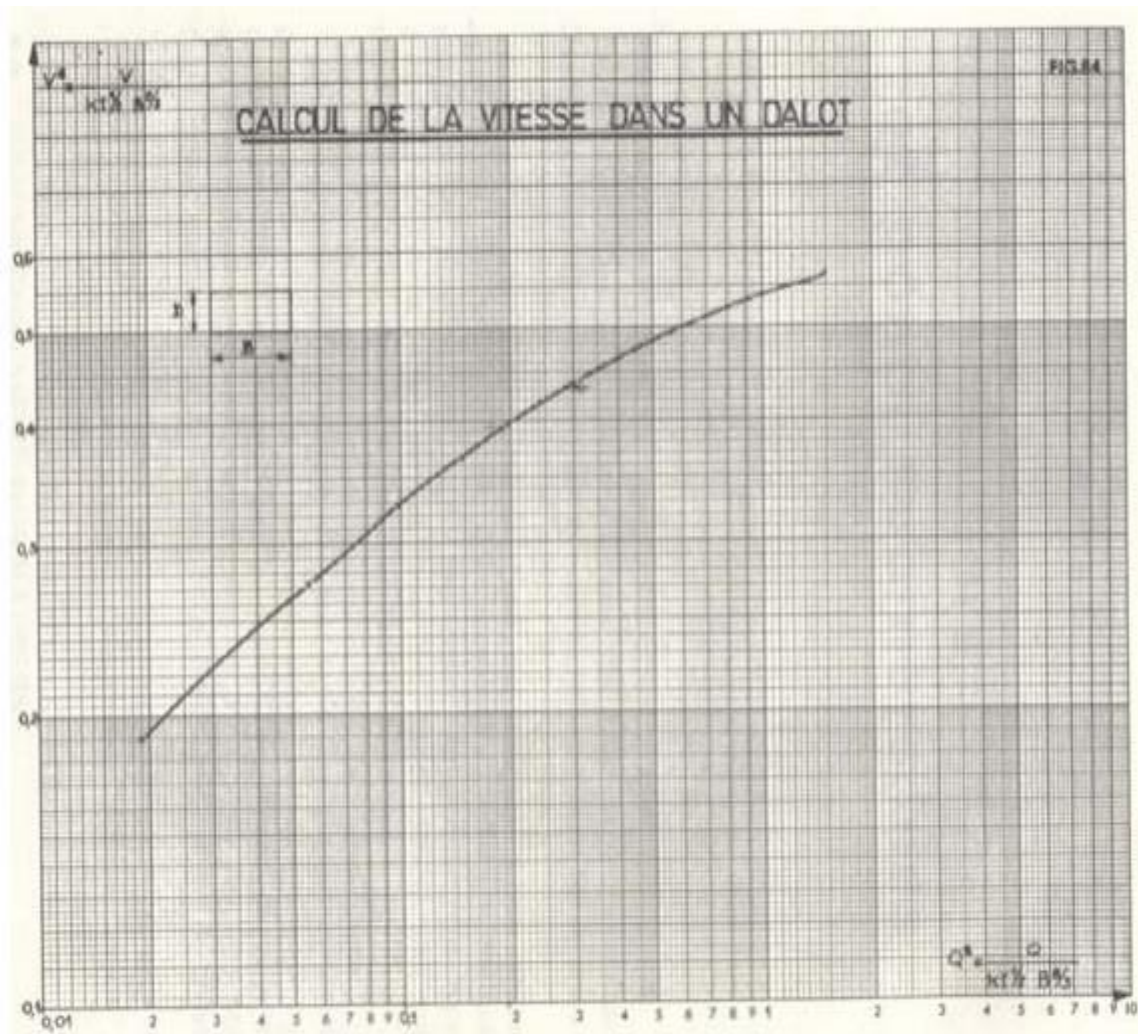
Source : Nguyen VAN TUU, Hydraulique routière

Abaque N° 2 : Variation de la pente critique en fonction du débit



Source : Nguyen VAN TUU, Hydraulique routière

Abaque N° 3 : Variation de la vitesse dans le Dalot



Source : Nguyen VAN TUU, Hydraulique routière

Annexe II : Extrait du tableau donnant le dimensionnement des chaussées correspondant aux classes de trafic t1 – t2 en fonction du sol support.

TRAFICS T1 – T2		S1		S2		S3		S4		S5	
		T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
REVÊTEMENT		Be ou 3E	4E ou Tc	Be ou 3E	4E ou Tc	Be ou 3E	4E ou Tc	Be ou 3E	4E ou Tc	Be ou 3E	4E ou Tc
B	Graveleux latéritique naturel	15	15	15	15	15	15	15	15	25	25
F	Graveleux latéritique naturel	45	45	35	35	25	30	15	20	0	0
B	Graveleux latéritique ou grave naturelle, améliorés au ciment	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20
F	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D	40	45	30	35	25	25	15	20	0	0
B	Concassé o/d	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20
F	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D ou concassé o/d	40	45	30	35	25	25	15	20	0	0
B F	Concassé o/d	50	55	30	35	25	30	25	30	20	20
B	Graveleux latéritique ou grave naturelle ou concassé o/d**	20	20	20	20	20	20	20	20	25	25
F	Sable argileux	40	40	30	30	25	25	15	20	0	0
B	Sable argileux amélioré au ciment*	15	20	15	20	15	20	15	20	15	20
F	Sable argileux	40	45	30	35	20	25	15	20	10	15

** : 15 cm au lieu de 20 cm ; 20 cm au lieu de 25 cm, si on utilise du concassé o/d.

* : structures demandant des précautions particulières d'étude et de mise en oeuvre

Be : bicouche

Tc : tricouche

B = base

F = fondation

3E : enrobé 3cm

4E : enrobé 4cm

Source : le Guide CEBTP

Pour valider la structure de chaussée choisie, certaines vérifications s'avèrent nécessaires. Ces vérifications concernent les critères de ruptures qui sont : les déformations verticales admissibles et contraintes verticales admissibles.

NB : Pour le calcul des contraintes, des déformations et la vérification, le trafic des poids lourds cumulés annuel $NE = 10^6$ correspondant à un trafic T2.

CAM= 1 pour les sols granulaires

- Calcul des limites admissibles
 - Déformation verticale admissible

La déformation verticale ϵ_{zadm} au sommet du sol de support doit être inférieure à une valeur limite donnée par la relation (SETRA 1998 chaussée à trafic moyen ou fort) :

$$\epsilon_{zadm} = 16000 \times (NE)^{-0.222} \quad (18) \quad \text{Pour les chaussées à trafic faible (T<T3)}$$

$$AN : \epsilon_{zadm} = 16000 \times (10^6)^{-0.222} \mu\text{déf}$$

$$\epsilon_{zadm} = 744,9 \mu\text{déf}$$

- Contraintes verticales admissibles

Les contraintes de déformation verticales sont calculées à partir de la formule de Kerkhoven et Dormon qui est la suivante :

$$\delta_{zadm} = \frac{0.3 \times CBR}{1 + 0.7 \log(NE)} \quad (19)$$

✓ Plate-forme

Pour la Plate-forme, nous avons un sol de type S4 de CBR compris entre [15 ; 19].

Nous considérons CBR=15 pour la contrainte admissible à la surface du sol support.

$$AN : \delta_{zadm} = \frac{0.3 \times 15}{1 + 0.7 \log(10^6)} = 0,865 \text{ MPa}$$

$$\delta_{zadm} = 0,865 \text{ MPa}$$

✓ Couche de fondation

Pour la couche de fondation, un indice CBR à 95% de la densité sèche maximum du Proctor modifié après 4 jours d'imbibition supérieur ou égal à 30 (≥ 30) défini dans le CCTP.

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Nous avons un CBR réel =60 pour la contrainte admissible.

$$\text{AN: } \delta z_{\text{adm}} = \frac{0.3 \times 60}{1 + 0.7 \log(10^6)} = 3,46$$

$$\delta z_{\text{adm}} = 3,46 \text{ MPa}$$

✓ **Couche de base**

Pour la couche de base, un indice portant californien (CBR) supérieur ou égal à 80 (≥ 80) à 98% de l'OPM, après 4 jours d'immersion défini dans le CCTP.

Nous avons un CBR réel compris entre [92 ; 114] pour la contrainte admissible. Nous considérons la plus petite valeur pour tenir compte du cas le plus défavorable : CBR =92

$$\text{AN: } \delta z_{\text{adm}} = \frac{0.3 \times 92}{1 + 0.7 \log(10^6)} = 5,31 \text{ MPa}$$

$$\delta z_{\text{adm}} = 5,31 \text{ MPa}$$

Annexe III : Notes de calcul de caniveaux

➤ Pré-dimensionnement :

Le pré dimensionnement d'un ouvrage revient à déterminer ses dimensions. Les sections de nos caniveaux étant déjà déterminées à travers le calcul hydraulique. Il nous reste à choisir l'épaisseur des piédroits, le radier et de la dalle. Cette épaisseur est fonction de la largeur et de la hauteur hydraulique.

CARACTERISTIQUES			
B	H	E	Ed
70	60	15	15
80	80		20
100	80		
100	100		
120	100		
120	120		
150	100		
150	150		
200	100		
200	150		
300	200		25

Source : Internet

Nous allons considérer un caniveau type de section 100x80cm² pour le dimensionnement et les autres auront les mêmes principes de calcul et de dimensionnement.

Hypothèses des calculs :

- Les chargements à considérer sont pris selon les prescriptions du fascicule 61 titre II (Conception, Calcul et Épreuves des ouvrages d'Art) du cahier des prescriptions communes applicables aux marches de travaux publics de l'État français ;

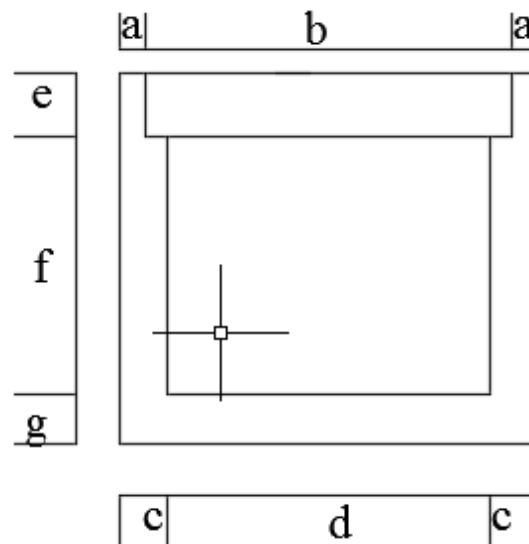
- Pour ce qui est des règles de calculs de Béton Armé, nous utilisons celles définies par le B.A.E.L 91 modifié 99 ;
- La fissuration est jugée préjudiciable

Principe de Calcul :

Les éléments porteurs (dallette, piédroits et radier) du caniveau seront étudiés indépendamment en fonctions des différentes charges appliquées.

- **Dallette** : nous supposons qu'elle subit une Charge concentrée d'une roue isolée de 10T (100KN) conformément au fascicule 61 titre II.
- **Piédroits** : Les piédroits sont soumis à leur poids propre, celui de la dallette (efforts verticaux) et à la poussée des terres. De ce fait, les pieds droits seront dimensionnés en flexion composée avec un effort de compression.
- **Radier** : il est soumis à son poids propre, le poids de pieds droits, de la dallette et de la surcharge.

➤ Schéma de principe d'un Caniveau : 100x80cm²



Source : Autocad

➤ Données :

◆ Géométrie

- Épaisseur de la lèvre de feuillure $a = 0,08 \text{ m}$
- Portée de la dalle $b = 1,13 \text{ m}$
- Épaisseur du voile $c = 0,15 \text{ m}$
- Épaisseur de la dalle $e = 0,20 \text{ m}$
- Hauteur libre du caniveau $f = 0,80 \text{ m}$
- Ouverture du caniveau $d = 1,00 \text{ m}$
- Épaisseur du radier $g = 0,15 \text{ m}$
- Redent de la feuillure $h = 0,07 \text{ m}$
- Largeur d'une dalle $l = 0,5 \text{ m}$

◆ Matériaux

➤ Béton

- Dosage : 350kg/m³ de CPA 45 ou de classe équivalente
- Poids volumique : $\gamma_{\text{béton}} = 25 \text{ kN/m}^3$
- Résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$
- Résistance à la traction à 28 jours : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28} = 2,1 \text{ Mpa}$
- Coefficient de sécurité $\gamma_b = 1,5$
- Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU : $f_{bu} = 0,85 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} = 14,17 \text{ Mpa}$
- Contrainte limite de béton comprimé à l'ELS $\delta_{bc} = 0,6 \times f_{c28} = 15 \text{ Mpa}$

➤ Acier

- Acier à haute adhérence (HA) de nuance FeE400
- Limite d'élasticité $f_e = 400 \text{ Mpa}$
- Coefficient de sécurité $\gamma_s = 1,15$
- Coefficient d'adhérence : $\eta = 1,6$
- Contrainte limite des aciers à l'ELS, pour une fissuration préjudiciable :

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

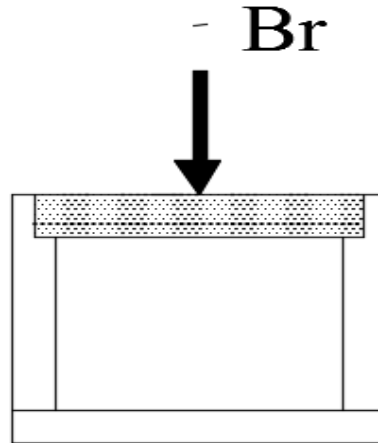
- $\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 348 \text{ MPa}$

➤ Sol

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

- Poids volumique des terres $\gamma=20\text{kN/m}^3$
- Coefficient de poussée des terres : $ka=0,33$
 - Calcul des armatures
 - ✓ Dallette

Schéma mécanique



Source : Autocad

Charge concentrée d'une roue isolée de 10T (100kN), comme le stipule le Fascicule 61, en son Titre II. Cette roue est désignée par Br durant cette étude.

- Poids propre de la dallette :

Poids propre de la dalle : $P_{pd} = \gamma_{\text{béton}} \times e \times l$

$$P_{pd} = 25 \times 0,20 \times 1 = 5 \text{ kN/ml}$$

Poids de la roue PBr: = 100 kN

Moment de flexion dû au poids propre de la Dallette :

$$M_{pd} = P_{pd} \times \frac{l^2}{8}$$

$$M_{pd} = 5 \times \frac{1,13^2}{8} = 0,80 \text{ kN.m}$$

Moment de flexion dû à la surcharge Br :

$$M_{Br} = P_{Br} \times \frac{l}{4}$$

$$M_{Br} = 100 \times \frac{1,13}{4} = 28,25 \text{ kN.m}$$

Effort tranchant dû au poids propre :

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

$$T_{Pd} = P_{pd} \times \frac{1}{2}$$

$$T_{Pd} = 5 \times \frac{1,13}{2} = 2,83 \text{ kN}$$

Effort tranchant dû à la surcharge Br :

$$T_{Br} = \frac{P_{Br}}{2} = 50 \text{ kN}$$

Combinaisons d'actions :

Calcul à l'ELU :

$$M_u = 1,35 \times M_{pd} + 1,5 \times M_{Br}$$

$$M_u = 1,35 \times 0,80 + 1,5 \times 28,25 = 43,45 \text{ kN.m.}$$

$$T_u = 1,35 \times T_{Pd} + 1,5 \times T_{Br} =$$

$$T_u = 1,35 \times 2,83 + 1,5 \times 50 = 78,82 \text{ kN}$$

Calcul de la section d'acier :

Moment réduit du béton :

$$\mu_u = \frac{M_u}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{43,45 \times 10^{-3}}{1 \times (0,9 \times 0,2)^2 \times 14,17} = 0,095$$

$$\mu_u = 0,095 < \mu_{AB} = 0,186 \quad \text{donc pas d'aciers comprimés}$$

Aciers théoriques :

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times \sigma_{st}}$$

$$Z_u = d(1 - 0,4\alpha_u)$$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u})$$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,095}) = 0,13$$

$$Z_u = 0,9 \times 0,2 \times (1 - 0,4 \times 0,13) = 0,17 \text{ m}$$

$$A_{st} = \frac{43,45 \times 10^{-3}}{0,17 \times 348} \times 10^4 = 7,34 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{stmin} \geq 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} ; \text{ Avec } d = 0,9 \times h$$

$$A_{stmin} \geq 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{400}$$

$$A_{stmin} \geq 2,17 \text{ cm}^2 ; A_{stmin} \text{ retenue : } A_{stmin} = 2,17 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} > A_{stmin}$$

Calcul à l'ELS :

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

$$M_{ser} = M_{pd} + M_{Br}$$

$$M_{ser} = 0,80 + 28,25 = 29,05 \text{ kN.m}$$

Moment résistant :

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_0 \times y_{ser} \times \sigma_{bc} \times Z_{ser}$$

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d$$

$n = 15$ (équivalent acier-béton)

$$\alpha_{ser} = \frac{n \times \sigma_{bc}}{n \times \sigma_{bc} + \sigma_s} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201,63} = 0,53$$

$$y_{ser} = 0,53 \times 0,18 = 0,095 \text{ m}$$

$$Z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0,18 - \frac{0,095}{3} = 0,15 \text{ m}$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_0 \times y_{ser} \times \sigma_{bc} \times Z_{ser}$$

$$M_{serb} = (0,5 \times 1 \times 0,095 \times 15 \times 0,15) \times 10^3 = 106,87 \text{ kN.m}$$

$$M_{ser} = 29,05 \text{ kN.m} < M_{serb} = 106,87 \text{ kN.m}$$

$M_{ser} < M_{serb}$ Pas d'aciers comprimés

Aciers théoriques :

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_s}$$

$$A_{st} = \frac{29,05 \times 10^{-3}}{0,15 \times 201,63} \times 10^4 = 9,61 \text{ cm}^2$$

Aciers réels :

$$\text{Aciers retenus} = \text{Max}(A_{st_{elu}}, A_{st_{els}})$$

$$\text{Aciers retenus} = \text{Max}(7,34; 9,61) = 9,61 \text{ cm}^2$$

La section d'acier retenue est : $A_{st} = 9,61 \text{ cm}^2$

Notre dalle a une largeur de 0,5 m donc :

Section d'acier de dalle est :

$$A_{st} = \frac{A_{st}}{2} = 4,81 \text{ cm}^2$$

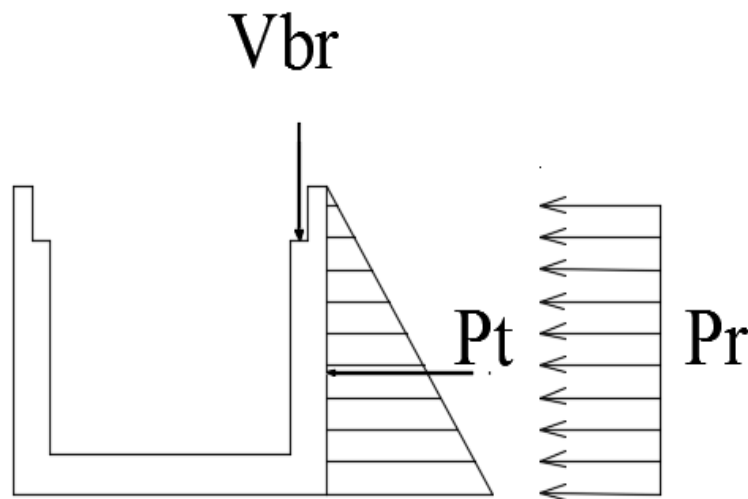
Choix d'armature :

Aciers de répartition : 5HA12 = 5,65 cm² avec espacement de 15 cm.

✓ Piédroit :

Les piédroits sont soumis à leur poids propre, celui que transmet la dalle, à la poussée des terres et la poussée due au remblai. De ce fait, les piédroits seront dimensionnés en flexion composée avec un effort de compression.

Schéma mécanique



Source : Autocad

Calcul des charges

Poids propre du piédroit :

$$P_{pp} = \gamma_{\text{béton}} \times (f + e) \times c$$

$$P_{pp} = 25 \times (0,8 + 0,2) \times 0,15$$

$$P_{pp} = 3,75 \text{ kN/ml}$$

$$\text{Poids propre de la dalle : } P_{pd} = \gamma_{\text{béton}} \times e \times l$$

$$P_{pd} = 25 \times 0,20 \times 0,5 = 2,5 \text{ kN/ml}$$

Charge Br :

$$P_{Br} = \frac{100 \times 1}{b} = \frac{100 \times 0,5}{1}$$

$$V_{Br} = 50 \text{ kN/ml}$$

Poussée des terres :

$$P_t = K_a \times \gamma \times \frac{h_t^2}{2} = 0,33 \times 20 \times \frac{(0,8 + 0,2)^2}{2}$$

$$P_t = 3,3 \text{ kN/ml}$$

$$q' = q \times K_a \times 1 \text{ m} ; \text{ Avec } q = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$q' = 10 \times 1 \times 0,33$$

$$q' = 3,3 \text{ kN/ml}$$

Calcul à l'ELU

$$N_u = 1,35(P_{pd} + 0,15 \times (0,8 + 0,2) \times 25) + 1,5V_{Br}$$

$$N_u = 1,35(2,5 + 3,75) + 1,5 \times 50$$

$$N_u = 83,44 \text{ kN/ml}$$

$$P_u = 1,35 \times P_t + 1,5 \times q'$$

$$P_u = 1,35 \times 3,3 + 1,5 \times 3,3$$

$$P_u = 9,41 \text{ kN}$$

$$M_u = \frac{P_u \times l^2}{3}$$

$$M_u = \frac{9,41 \times 1^2}{3}$$

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

$$M_u = 3,14 \text{ kN.m}$$

Calcul à ELS:

$$N_{ser} = (2,5 + 0,15 \times (0,8 + 0,2) \times 25) + 50 = 56,25 \text{ kN}$$

$$N_{ser} = 56,25 \text{ kN}$$

$$P_{ser} = P_T + q'$$

$$P_{ser} = 6,6 \text{ kN/ml}$$

$$M_{ser} = \frac{P_{ser} \times l^2}{3}$$

$$M_{ser} = \frac{6,6 \times 1^2}{3}$$

$$M_{ser} = 2,2 \text{ kN.m}$$

▪ Calcul à l'ELU :

Calcul de l'excentricité e :

$$e = e_1 + e_a + e_2$$

e_1 : Excentricité (dite du premier ordre)

$$e_1 = \frac{M_u}{N_u} = \frac{3,14}{83,44} = 0,038 \text{ m} = 3,8 \text{ cm}$$

e_a : Excentricité additionnelle traduisant les imperfections géométriques initiales

$$e_a = \max\left(2 \text{ cm}; \frac{L}{250}\right) = \max\left(2 \text{ cm}; \frac{100}{250} = 0,4\right) = 2 \text{ cm}$$

e_2 : Excentricité due aux effets du second ordre, liés à la déformation de la structure

$$e_2 = \frac{3l_f^2}{10000h} (2 + \alpha\phi)$$

h = hauteur de la section

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

$$\alpha = 10 \times \left(1 - \frac{Mu}{1,5 \times M_{ser}}\right)$$

$$\alpha = 10 \times \left(1 - \frac{3,14}{1,5 \times 2,2}\right)$$

$$\alpha = 0,48$$

$$l_f = 0,707H = 0,707 \times 1 = 0,71m$$

$$\phi = 2$$

$$e_2 = \frac{3 \times 0,71^2}{10000 \times 0,15} \times (2 + 0,48 \times 2) = 0,0015m = 0,15cm$$

$$e = e_1 + e_a + e_2 = 0,038 + 0,02 + 0,0015$$

$$e = 0,0595 m = 5,95cm$$

Calcul de l'effort de compression centré maximal :

$$N_{bmax} = b \times h \times f_{bu} = 1 \times 0,15 \times 14,17 = 2,13MN$$

Coefficient de remplissage du diagramme de contrainte :

$$\Psi_1 = \frac{Nu}{N_{bmax}} = \frac{83,44 \times 10^{-3}}{2,13} = 0,039 < 0,81$$

Calcul de l'excentricité critique relative ζ

$$\Psi_1 < \frac{2}{3} \text{ donc } \zeta = \frac{1 + \sqrt{9 - 12\Psi_1}}{4(3 + \sqrt{9 - 12\Psi_1})}$$

$$\zeta = \frac{1 + \sqrt{9 - 12 \times 0,039}}{4(3 + \sqrt{9 - 12 \times 0,039})}$$

$$\zeta = 0,166$$

Calcul de e_{NC}

$$\Psi_1 < 0,81 \quad e_{NC} = \zeta \times h = 0,166 \times 0,15 = 0,025 m$$

$e = 0,0595 > e_{NC} = 0,025$; **on a une section partiellement comprimée**

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Calcul de Mu_{fictif}

$$Mu_{fictif} = Nu \times e_A \text{ avec } e_A = e + (d - 0,5h) = 0,0595 + (0,135 - 0,5 \times 0,15) = 0,12m$$

$$Mu_{fictif} = 83,44 \times 10^{-3} \times 0,12$$

$$Mu_{fictif} = 0,0100 \text{ MN.m/ml}$$

Calcul de μ_u :

$$\mu_u = \frac{M_{ufictif}}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}}$$

$$\mu_u = \frac{0,0100}{1 \times (0,9 \times 0,15)^2 \times 14,17}$$

$$\mu_u = 0,039 < \mu_{AB}=0,186 \text{ Pas d'aciers comprimés}$$

$$A_{st} = \frac{Mu_{fictif}}{Z_u \times \sigma_{st}}$$

Calcul du paramètre de déformation α

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u})$$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,039}) = 0,05$$

Calcul du bras de levier Z

$$Z = d(1 - 0,4\alpha_u)$$

$$Z = 0,135 \times (1 - 0,4 \times 0,05) = 0,13 \text{ m}$$

Calcul de la section d'acier fictive $A_{stfictif}$

$$A_{stfictif} = \frac{Mu_{fictif}}{Z_u \times \sigma_{st}}$$

$$A_{stfictif} = \frac{0,0100}{0,13 \times 348} \times 10^4 = 2,21 \text{ cm}^2$$

Calcul de la section d'acier réelle

$$A_s = A_{stfictif} - \frac{Nu}{\sigma_{su}} \geq \max\left(\frac{bh}{1000}; 0.23bd \times \frac{f_{t28}}{f_e}\right)$$

$$A_s = 2,21 - \frac{0,08344}{348} \times 10^4$$

$$A_s = -0,19\text{cm}^2$$

Condition de non-fragilité

$$A_{\min} = \max\left(\frac{bh}{1000}; 0.23b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}\right)$$

$$A_{\min} = \max\left(\frac{1 \times 0,15}{1000}; 0.23 \times 1 \times 0,135 \times \frac{2,1}{400}\right)$$

$$A_{\min} = 1,63\text{cm}^2$$

$$A_s < A_{\min}, \text{ nous considérons la valeur de } A_{\min} = 1,63\text{cm}^2$$

Choix: 3HA10 totalisant $2,36\text{cm}^2$ avec un espacement de 15cm

➤ Vérification à l'ELS

Calcul de l'excentricité e :

$$e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}}$$

$$e = \frac{2,2}{56,25}$$

$$e = 0,04\text{m}$$

$$C = 0,5h - e$$

$$C = 0,5 \times 0,15 - 0,02$$

$$C = 0,035$$

$$p = -3C^2 - 90A'_s \frac{c - d'}{b} + 90A_s \frac{d - c}{b}$$

$$p = -3(0,035)^2 + 90 \times 0,000163 \frac{(0,135 - 0,035)}{1}$$

$$p = -0,0022$$

$$q = -2C^3 - 90A'_s \frac{(c - d')^2}{b} - 90A_s \frac{(d - c)^2}{b}$$

$$q = -2(0,035)^3 - 90 \times 0,000163 \frac{(0,135 - 0,035)^2}{1}$$

$$q = -0,00023$$

On résout l'équation du 3e degré :

$$z^3 + pz + q$$

$$\text{On calcul } \Delta = q^2 + \frac{4p^3}{27}$$

$$\Delta = (-0,00023)^2 + \frac{4(-0,0022)^3}{27}$$

$$\Delta = 5,13 \times 10^{-8}$$

$$\text{Si } \Delta \geq 0; \quad t = 0,5(\sqrt{\Delta} - q)$$

$$t = 0,5(\sqrt{(5,13 \times 10^{-8})} + 0,00023)$$

$$t = 0,00023$$

$$u = \sqrt[3]{t}$$

$$u = \sqrt[3]{0,00023}$$

$$u = 0,0613$$

$$Z = u - \frac{p}{3u}$$

$$Z = 0,0613 - \frac{(-0,0022)}{3 \times 0,0613}$$

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

$$Z = 0,0733\text{m}$$

La distance de l'axe neutre à la fibre supérieure de la section est :

$$y_{\text{ser}} = Z + C$$

$$y_{\text{ser}} = 0,0733 + 0,035$$

$$y_{\text{ser}} = 0,108\text{m}$$

On calcul l'inertie de la section homogène réduite

$$I = \frac{by_{\text{ser}}^3}{3} + 15[A_s(d - Y_{\text{ser}})^2 + A'_s(Y_{\text{ser}} - d')^2]$$

$$I = \frac{1 \times 0,108^3}{3} + 15[0,000163(0,135 - 0,108)^2]$$

$$I = 0,000422\text{m}^4$$

Les contraintes valent : $\sigma_{\text{bc}} = \frac{Z \cdot N_{\text{ser}}}{I} Y_{\text{ser}}$

$$\sigma_{\text{bc}} = \frac{Z \cdot N_{\text{ser}}}{I} Y_{\text{ser}}$$

$$\sigma_{\text{bc}} = \frac{0,0733 \times 0,05625 \times 0,108}{0,000422}$$

$$\sigma_{\text{bc}} = 1,05\text{MPa} < 15\text{MPa}$$

$$\sigma_s = 15 \times \frac{Z \cdot N_{\text{ser}}}{I} (d - y_{\text{ser}})$$

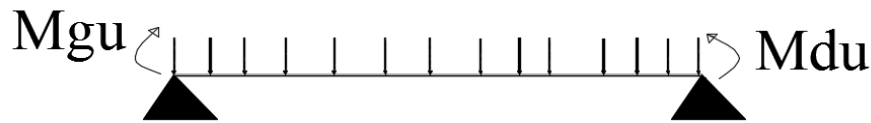
$$\sigma_s = 15 \times \frac{0,0733 \times 0,05625}{0,000422} (0,135 - 0,108)$$

$$\sigma_s = 3,96\text{MPa} < 201,63\text{MPa}.$$

Les contraintes sont bien vérifiées à l'Etat Limite de Service.

✓ Radier

Schéma mécanique



Source : Autocad

Calcul des charges :

Les charges à considérer sur le radier :

- Le poids propre des piédroits
- Le poids propre du radier.

Le radier sera dimensionné en flexion simple :

$$\text{Poids propre des (2) piédroits } Pp_{pd} = \gamma_{\text{béton}} \times (f + e) \times c$$

$$Pp_{pd} = (25 \times (0,8 + 0,2) \times 0,15) \times 2 = 7,5 \text{ kN/ml}$$

$$\text{Poids propre du radier : } Pp_r = \gamma_{\text{béton}} \times g \times (d + 2 \times c)$$

$$Pp_r = 25 \times 0,15 \times (1 + 2 \times 0,15) = 4,88 \text{ kN/ml}$$

$$\text{Poids propre total du radier : } Pp_{\text{total}} = Pp_{pd} + Pp_r$$

$$Pp_{\text{total}} = 7,5 + 4,88 = 12,38 \text{ kN/ml}$$

Calcul à l'ELU

$$P_u = 1,35 Pp_{\text{total}}$$

$$P_u = 1,35 \times 12,38 = 16,71 \text{ kN/ml}$$

$$M_u = P_u \times \frac{(d + 2 \times c)^2}{8} = 16,71 \times \frac{1,3^2}{8} = 3,53 \text{ kN.m}$$

Moment d'encastrement à gauche du radier $M_{gu} = 3,14 \text{ kN.m}$

Moment d'encastrement à droite du radier $M_{du}=3,14 \text{ kN.m}$

Moment appliqué sur le radier :

$$M_r = M_u + M_{gu}$$

$$M_r = 6,67 \text{ kN.m}$$

Moment réduit μ_u :

$$\mu_u = \frac{M_r}{b_o \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{6,67 \times 10^{-3}}{1 \times (0,15 \times 0,9)^2 \times 14,17} = 0,026 < \mu_{AB} \text{ Pas d'aciers comprimés}$$

Aciers théoriques

$$Z_u = d(1 - 0,4\alpha_u)$$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u})$$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,026}) = 0,033$$

$$Z_u = 0,18 \times (1 - 0,4 \times 0,033) = 0,18 \text{ m}$$

$$A_{st} = \frac{M_r}{Z_u \times \sigma_{st}}$$

$$A_{st} = \frac{6,67 \times 10^{-3}}{0,18 \times 348} \times 10^4 = 1,06 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'ELS

$$P_{ser} = P_{p_{total}}$$

$$M_{ser} = P_{ser} \times \frac{(d + 2 \times c)^2}{8} = 12,38 \times \frac{1,3^2}{8} = 2,62 \text{ kN.m}$$

Moment d'encastrement à gauche du radier $M_{gser}=2,2 \text{ kN.m}$

Moment d'encastrement à droite du radier $M_{dser}=1,1 \text{ kN.m}$

Moment appliquée sur le radier

$$M_r = M_{ser} + M_{gser}$$

$$M_r = 2,62 + 2,2$$

$$M_r = 4,82 \text{ kN.m}$$

$$\sigma_{bc} = 15$$

$$\alpha_{ser} = 0,53$$

$$y_{ser} = 0,53 \times 0,135 = 0,07 \text{ m}$$

$$Z_{ser} = 0,135 - \frac{0,07}{3} = 0,112 \text{ m}$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_o \times y_{ser} \times \sigma_{bc} \times Z_{ser}$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times 1 \times 0,07 \times 15 \times 0,112$$

$$M_{serb} = 0,0588 \text{ MN.m} = 58,8 \text{ kN.m}$$

$$M_r = 4,82 \text{ kN.m} < M_{serb} = 58,8 \text{ kN.m} \text{ pas d'aciers comprimés}$$

Aciers théoriques

$$A_{st} = \frac{4,82 \times 10^{-3}}{0,112 \times 201,63} = 0,000213 = 2,13 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers

Condition de non-fragilité

$$A_{min} = 0,23 \times 1 \times 0,135 \times \frac{2,1}{400} = 1,63 \text{ cm}^2$$

Aciers réels

$$\text{Aciers retenus} = \text{Max}(A_{st \text{ ELS}}, A_{st \text{ ELU}}, A_{min}) = 2,13 \text{ cm}^2$$

Choix: 3HA10 totalisant $2,36 \text{ cm}^2$ avec un espacement de 15cm.

Annexe IV : Notes de calcul du Dalot : $2 \times 3 \times 1$

a. Hypothèses

Le calcul est fait conformément à la réglementation française du Fascicule 61 (Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art, Titre II - programmes de charges et épreuves des ponts et routes).

Le calcul du ferrailage est effectué suivant les règles du BAEL 91 modifié 99 aux états limites.

b. Données

✓ Calcul des épaisseurs

$$e = \frac{l}{15} ; e = \frac{3}{15}$$

$$e = 0,2m$$

-Pour s'assurer qu'il n'y aura pas d'aciers comprimés,

$$e = \frac{3}{10} - 0.05$$

$$e = 0,25 \text{ m}$$

- Epaisseur du tablier : 0,25 m
- Epaisseur des piédroits : 0,25 m
- Epaisseur du radier : 0,25 m
- Largeur roulable (Lr) : 7 m
- Largeur chargeable (Lc) : 7 m car pas de dispositifs de retenus

c. Matériaux

✓ Sol

- Poids volumique du sol : $\gamma_{\text{sol}} = 20 \text{ KN/m}^3$;
- Coefficient de poussée des terres : $k_a = 0,33$;
- Nature : graveleux latéritique ;
- Poids volumique = 20 kN/m^3 ;
- Cohésion (non prise en compte) = 0 t/m^3

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

✓ Béton

- Dosage : 350Kg/m³ de CPA 45 ou de classe équivalente
- Poids volumique du béton : $\gamma_{\text{béton}} = 25 \text{ kN/m}^3$
- Résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
- Résistance à la traction à 28 jours : $f_{ct28} = 0,6 + 0,06 \times f_{c28} = 2,1 \text{ MPa}$;
- Coefficient de sécurité $\gamma_b = 1,5$;
- Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU :

$$f_{bu} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0,85 \times 25}{1,5} = 14,17 \text{ MPa}$$

- Contrainte limite de béton comprimé à l'ELS $\delta_{bc} = 0,6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa}$

✓ Acier

- Acier à haute adhérence (HA) de nuance FeE400 ;
- Limite d'élasticité de l'acier $f_e = 400 \text{ MPa}$;
- Coefficient de sécurité $\gamma_s = 1,15$
- Coefficient d'adhérence : $\eta = 1,6$
- Contrainte de l'acier : $\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 348 \text{ MPa}$
- Contrainte limite à la traction de l'acier à l'ELS (fissuration préjudiciable)

$$\sigma_{st} = \min \left(\frac{2}{3} \times f_e; 110 \sqrt{\eta \times f_{ct28}} \right) = 201,63 \text{ MPa}$$

d. Evaluation des charges

✓ Charges permanentes

✓ Tablier

Poids propre du tablier

$$P_{\text{ptablier}} = e \times \gamma_{\text{béton}} \times 1\text{m} = 0,25 \times 25 \times 1 = 6,25 \text{ kN/ml}$$

Poids des (02) guides roues

$$P_{\text{g.roues}} = \gamma_{\text{béton}} \times e \times h = (25 \times 0,25 \times 0,50) \times 2 = 6,25 \text{ kN/ml}$$

$$P_{\text{g.roues}} = 6,25 \text{ kN/ml}$$

Poids du remblai

$$P_r = \gamma_{\text{sol}} \times e \times 1\text{m}$$

$$P_r = 20 \times 0,20 \times 1\text{m} = 4 \text{ kN/ml}$$

Enduit superficiel

$$e_p = 6\text{cm}$$

$$\gamma_{es} = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$P_{es} = \gamma_{es} \times e_p \times 1$$

$$P_{es} = 17 \times 0,06 \times 1$$

$$P_{es} = 1,02 \text{ kN/ml}$$

Poids total du tablier :

$$P_t = P_d + P_{gr} + P_r + P_{es}$$

$$P_t = 6,25 + 6,25 + 4 + 1,02$$

$$P_t = 17,52 \text{ kN/ml}$$

$$P_t = G1 = 17,52 \text{ kN/ml}$$

✓ Radier

Poids propre du radier

$$P_{pr} = e \times \gamma_{\text{béton}} \times 1$$

$$P_{pr} = 0,25 \times 25 \times 1$$

$$P_{pr} = 6,25 \text{ kN/ml}$$

Poids propre du piédroit

$$P_{pd} = \frac{e \times h \times \gamma_b \times \text{nbr}_p \times 1\text{m}}{L_t} = \frac{18,75}{6,75}$$

$$P_{pd} = \frac{0,25 \times 1 \times 25 \times 3 \times 1\text{m}}{6,75}$$

$$P_{pd} = 2,78 \text{ kN/ml}$$

Poids total sur le radier

$$P_{tr} = P_{pr} + P_{pd} + G1$$

$$P_{tr} = 6,25 + 2,78 + 17,52$$

$$P_{tr} = 26,55 \text{ kN/ml}$$

$$P_{tr}=G2=26,55 \text{ kN/ml}$$

Poussée du remblai sur un piédroit uniquement

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

$$P_t = k_a \times \gamma_{\text{terre}} \times h$$

Pour $h=1$

$$P_t = 0,33 \times 20 \times 1$$

$$P_t = 6,6 \text{ kN/ml}$$

Pour $h=0,2$

$$P_t = 0,33 \times 20 \times 0,2$$

$$P_t = 1,32 \text{ kN/ml}$$

✓ Charges d'exploitation ou surcharges routières

• Charges du système A

Le système A se compose d'une charge uniforme répartie dont l'intensité dépend de la longueur L chargée en m ;

$$A(L) = \max(a_1 A(L); 4 - 0,002 \times L)$$

$$\text{Avec } A(L) = 2,3 + \frac{360}{L+12}$$

$$A(L) = 2,3 + \frac{360}{7+12}$$

$$A(L) = \mathbf{21,24 \text{ kN/m}^2}$$

$L_c = 7\text{m} \geq 7\text{m}$ alors on a un pont de classe I

Tableau 28 : coefficient de dégressivité transversale (a_1)

Classe de pont	Nombre de voies chargées				
	1	2	3	4	5
I	1	1	0.9	0.75	0.75
II	1	0.9	-	-	-
III	0.9	0.8	-	-	-

Source : Fascicule 61, Titre II

Nous avons un nombre de voies $n = \text{entier}\left(\frac{L_c}{3}\right) = \text{entier}\left(\frac{7}{3}\right) = 2,33$

$$n=2 \text{ voies} \Rightarrow a_1 = 1$$

$$\text{D'où } A_1 = a_1 \times A(L) = 21,24 \text{ kN/m}^2$$

$$q(L) = \text{Sup}\{a_1 A(L); (4 - 0.002L)\} \text{ kN/m}^2$$

$$q(L) = \text{Sup}\{1 \times 21,24; (4 - 0,002 \times 7)\} \text{ kN/m}^2$$

$$q(L) = \mathbf{21,24 \text{ kN/m}^2}$$

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

$$A_2 = a_2 \times A_1 = a_1 \times a_2 \times A(L)$$

Avec $a_2 = \frac{V_0}{V}$ avec $V_0 = 3,5\text{m}$ et $V = \frac{Lr}{3}$

$$V = \frac{7}{3} = 2,33$$

$\gamma_q = 1,2$ à l'ELS et $1,6$ à l'ELU et $a_2 = \frac{V_0}{V}$ avec V la largeur d'une voie et V_0 est fonction de la classe du pont

Tableau 29: coefficient de pondération (a_2)

Classe du pont	Valeur de V_0
I	3.5 m
II	3.0 m
III	2.75 m

$$a_2 = \frac{V_0}{V} = \frac{3,5}{2,33} = 1,5$$

$$\Rightarrow A_2 = 1 \times 1,5 \times 21,24$$

$$A_2 = 31,86 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_A = 31,86 \times 1,2 = 38,23 \text{ kN/m}^2 \text{ à l'ELS}$$

$$Q_A = 31,86 \times 1,61 = 51,3 \text{ kN/m}^2 \text{ à l'ELU}$$

• Charges du système B

Le système B est composé de trois (03) sous-systèmes : B_r , B_c et B_t

- Le sous système B_c

Ce sous-système est essentiellement composé de camions d'environ **300 KN** de poids individuel. Sa disposition est de sorte à avoir autant de files de deux camions au maximum que des voies de circulation. Il est affecté d'un coefficient de pondération B_c (Dégressivité transversale) fonction de la classe du pont et du nombre des voies chargées.

Tableau 30: coefficient de pondération (B_c)

Classe de pont	Nombre de voies chargées				
	1	2	3	4	5
I	1.2	1.1	0.95	0.80	0.70
II	1	0.9	-	-	-
III	0.9	0.8	-	-	-

Source : Fascicule 61, Titre II

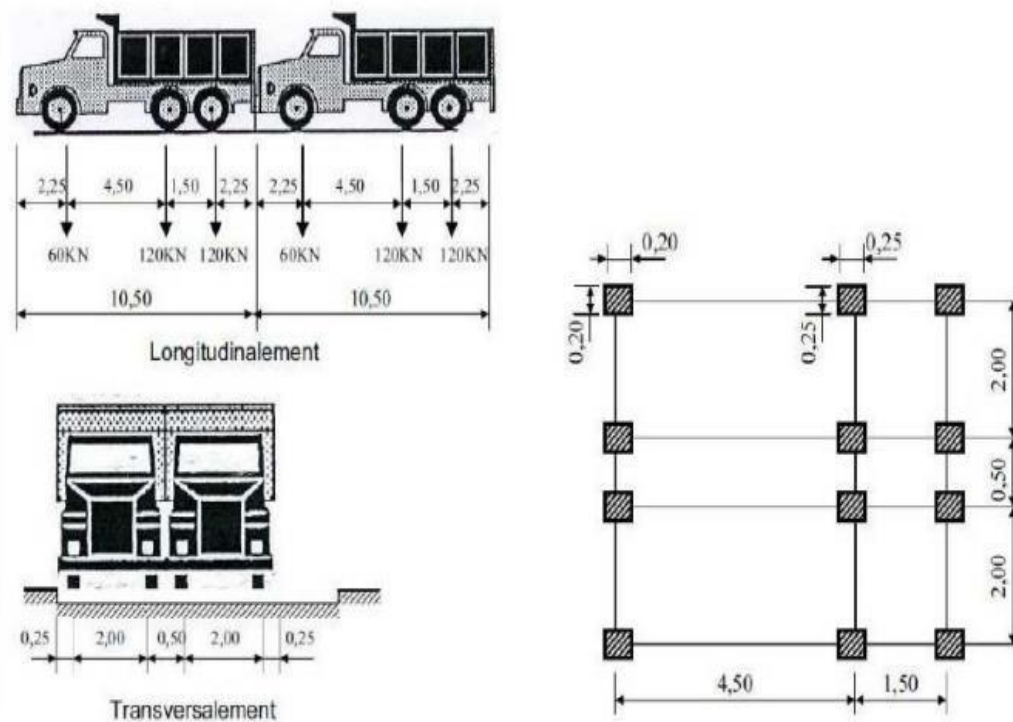


Figure 11: sous système Bc/ Source : Fascicule 61, Titre II

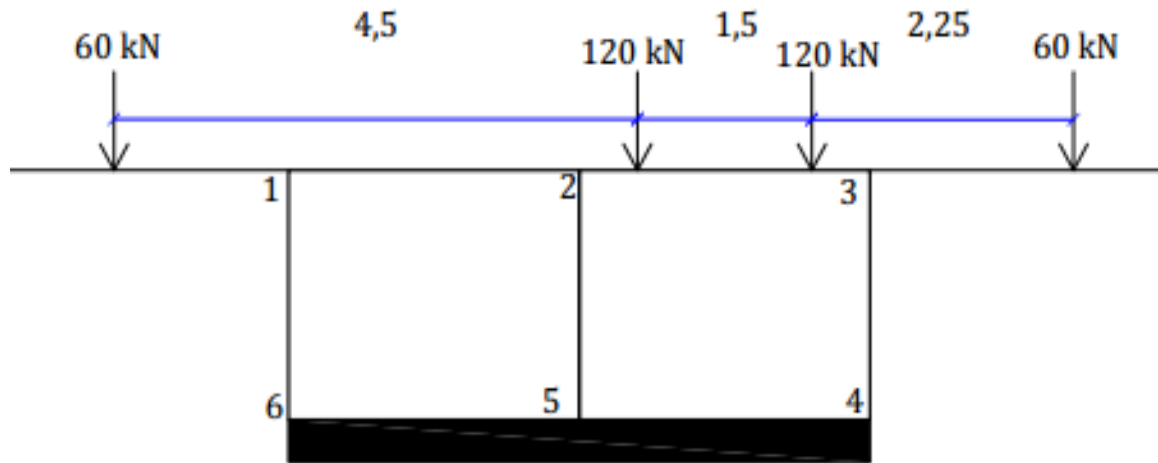


Figure 12: Dispositif des essieux sur le dalot/ Source : Fascicule 61, Titre II

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

Le coefficient b_c en fonction de la classe de notre ouvrage et du nombre de voies de notre route est égal à **1,1**.

On a :

$$Q_{bc} = \gamma \times b_c \times \gamma_q \times B_c$$

$$\text{Avec } B_c = 60 \times 4 \times 2 = \mathbf{480 \text{ kN}}$$

Cette charge est évaluée sur une surface spécifique appelée surface d'encombrement ou surface d'influence de la charge.

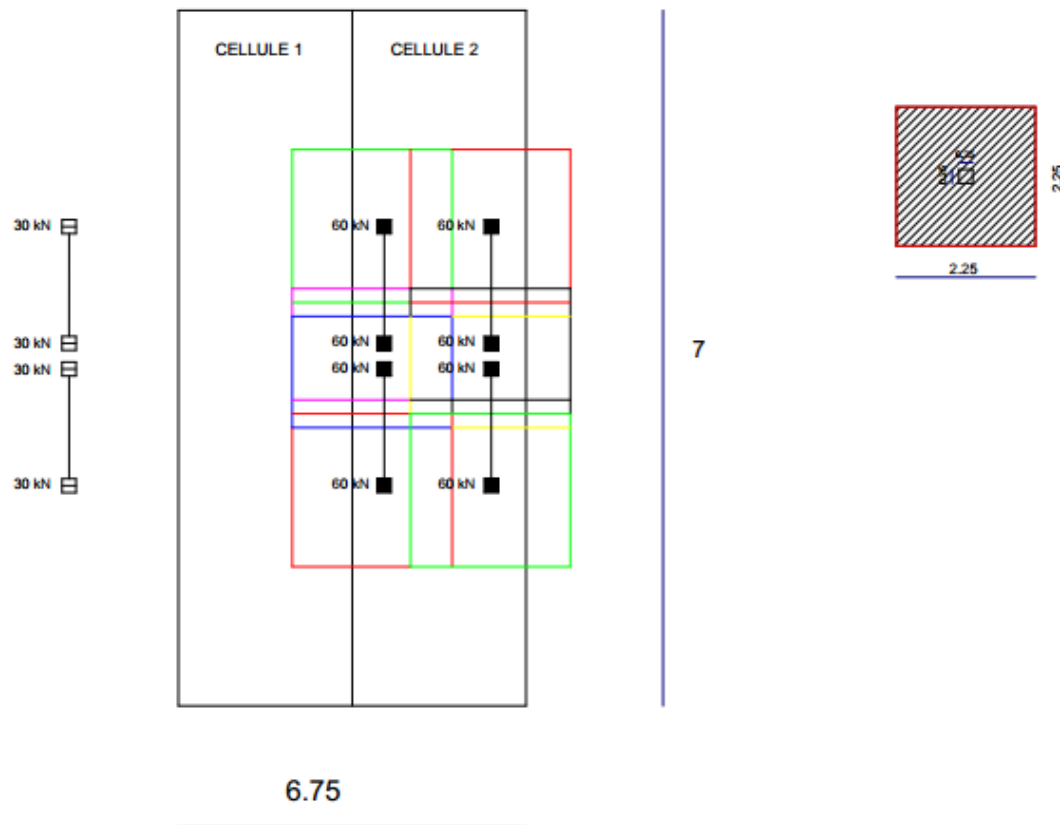


Figure 13: chargement du sous-système Bc/ Source : Autocad

$$S_{\text{encom}} = ((0,125 \times 2) + 1,5) \times (2 + 2 + 0,5 + (0,125 \times 2)) = \mathbf{8,3125m^2}$$

$b_c = 1,1$ (Fonction du nombre de voies) ; $\gamma_q = 1,2$ à l'ELS et le coefficient de majoration dynamique $\delta = \max(\delta_{bc}; \delta_{bt})$

$$\delta_{bc} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times L} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{G}{S}}$$

Avec $G = g_1 \times S_{\text{tablier}} = 17,52 \times (7 \times 6,75) = 827,82 \text{ kN}$ et $s = B_c$ (poids total maximal des essieux du système)

$$\Rightarrow \delta_{bc} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 7} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{827,82}{480}}$$

$$\delta_{bc} = \mathbf{1,25}$$

- Le sous système B_t

Il se compose de deux essieux de quatre roues chacun, le poids de chaque essieu étant estimé à **160 kN**. Avec un nombre de camions limité à deux dans le sens transversal, il ne s'applique qu'aux ponts de première et de deuxième classe. Il est affecté d'un coefficient de pondération $B_t = 1$ pour les ponts de première classe et pour ceux de deuxième classe.

4.3 Sous-système B_t

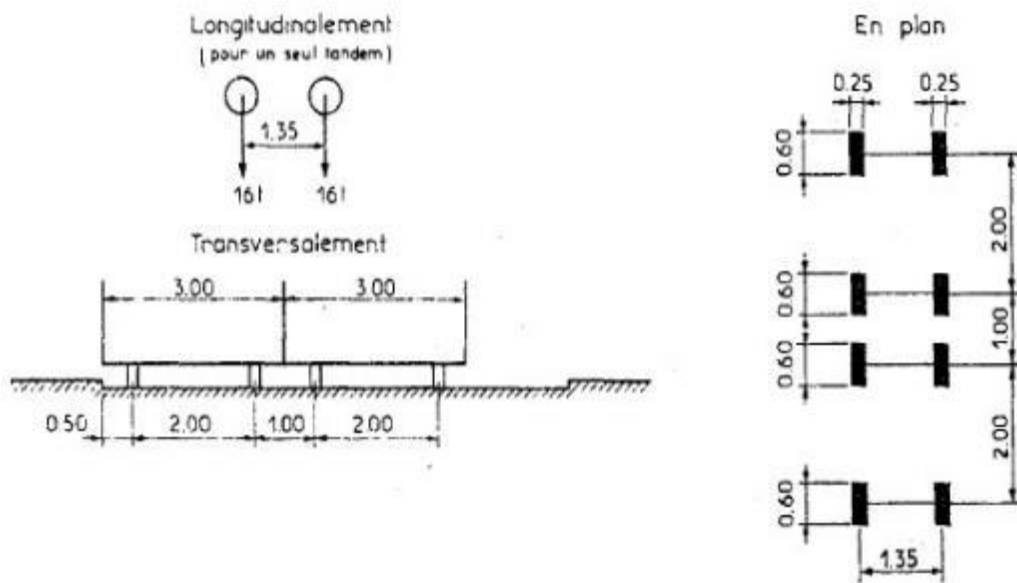


Figure 14: Dispositif des surcharges B_t /Source : Fascicule 61, Tite II

$$Q_{bt} = \delta \times b_t \times \gamma_q \times B_t$$

$$\text{Avec } B_t = 8 \times 80 = 640 \text{ kN}$$

$$S_{\text{encombrement}} = (2 + 1 + 2 + 0,3 \times 2) \times (1,35 + 0,125 \times 2) = \mathbf{8,96 \text{ m}^2}$$

$$b_t = 1; \gamma_q = 1,2 \text{ à l'ELU et } \delta = \max(\delta_{bc}; \delta_{bt})$$

$$\delta_{bt} = 1 + \frac{0,4}{0,2 \times L} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{G}{S}}$$

$$\Rightarrow \delta_{bt} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 7} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{827,82}{640}}$$

$$\delta_{bt} = \mathbf{1,27}$$

$$\Rightarrow \delta = \max(\delta_{bc}; \delta_{bt}) = \max(1,25; 1,27) = 1,27$$

$$\delta = 1,27$$

Pour chaque sous-système nous avons,

✓ **Sous système B_c**

- Sur le tablier

A L'ELS

$$Q_{bc,tablier} = \frac{\delta \times b_c \times \gamma_q \times B_c}{S_{encombrement}}$$

$$Q_{bc,tablier} = \frac{1,27 \times 1,1 \times 1,2 \times 480}{8,3125}$$

$$Q_{bc,tablier} = 96,80 \text{ kN/m}^2$$

A L'ELU

$$Q_{bc,tablier} = \frac{1,27 \times 1,1 \times 1,61 \times 480}{8,3125}$$

$$Q_{bc,tablier} = 129,88 \text{ kN/m}^2$$

- Sur le radier

A L'ELS

$$Q_{bc,radier} = \frac{\delta \times b_c \times \gamma_q \times B_c}{S_{radier}}$$

$$Q_{bc,radier} = \frac{1,27 \times 1,1 \times 1,2 \times 480}{7 \times 6,75}$$

$$Q_{bc,radier} = 17,03 \text{ kN/m}^2$$

A L'ELU

$$Q_{bc,radier} = \frac{1,27 \times 1,1 \times 1,61 \times 480}{7 \times 6,75}$$

$$Q_{bc.radier} = 22,85 \text{ kN/m}^2$$

- Sur le Piédroit uniquement

A L'ELS

$$Q_{bcpiédroit} = \delta \times b_c \times \gamma_q \times q'$$

$$Q_{bcpiédroit} = 1,27 \times 1,1 \times 1,2 \times 10$$

$$Q_{bcpiédroit} = 16,76 \text{ kN/m}^2$$

A L'ELU

$$Q_{bcpiédroit} = 1,27 \times 1,1 \times 1,61 \times 10$$

$$Q_{bcpiédroit} = 22,49 \text{ kN/m}^2$$

✓ **Le sous-système B_t**

- Sur le tablier

A L'ELS

$$Q_{bt.tablier} = \frac{\delta \times b_t \times \gamma_q \times B_t}{S_{encombrement}} \quad \text{Avec } b_t = 1$$

$$Q_{bt.tablier} = \frac{1,27 \times 1 \times 1,2 \times 640}{8,96}$$

$$Q_{bt.tablier} = 108,85 \text{ kN/m}^2$$

A L'ELU

$$Q_{bt.tablier} = \frac{1,27 \times 1 \times 1,61 \times 640}{8,96}$$

$$Q_{bt.tablier} = 146,05 \text{ kN/m}^2$$

- Sur le radier

A L'ELS

$$Q_{bt.radier} = \frac{1,27 \times 1 \times 1,2 \times 640}{7 \times 6,75}$$

$$Q_{bc.radier} = 20,64 \text{ kN/m}^2$$

A L'ELU

$$Q_{bt.radier} = \frac{1,27 \times 1 \times 1,61 \times 640}{7 \times 6,75}$$

$$Q_{bt.radier} = 27,69 \text{ kN/m}^2$$

- Sur le Piédroit uniquement

A L'ELS

$$Q_{bt.piedroit} = \delta \times b_t \times \gamma_q \times q'$$

$$Q_{bt.piedroit} = 1,27 \times 1 \times 1,2 \times 10$$

$$Q_{bt.piedroit} = 15,24 \text{ kN/m}^2$$

A L'ELU

$$Q_{bt.piedroit} = 1,27 \times 1 \times 1,61 \times 10$$

$$Q_{bt.piedroit} = 20,45 \text{ kN/m}^2$$

Ainsi, les surcharges se résument à :

- Sur le tablier

A L'ELS

$$Q_{tablier} = \max(Q_{bc.tablier}; Q_{bt.tablier}) = \max(96,8; 108,85) = 108,85 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{tablier} = 108,85 \text{ kN/m}^2$$

A L'ELU

$$Q_{tablier} = \max(Q_{bc.tablier}; Q_{bt.tablier}) = \max(129,88; 146,05) = 146,05 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{tablier} = 146,05 \text{ kN/m}^2$$

- Sur le radier

A L'ELS

$$Q_{radier} = \max(Q_{bc.radier}; Q_{bt.radier}) = \max(17,03; 20,64) = 20,64 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{radier} = 20,64 \text{ kN/m}^2$$

A L'ELU

$$Q_{radier} = \max(Q_{bc.radier}; Q_{bt.radier}) = \max(22,85; 27,69) = 27,69 \text{ kN/m}^2$$

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

$$Q_{\text{radier}} = 27,69 \text{ kN/m}^2$$

- Sur le piédroit

A L'ELS

$$Q_{\text{piédroit}} = \max(Q_{bc\text{piédroit}}; Q_{bt\text{piédroit}}) = \max(16,76; 15,24) = 16,76 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{\text{piédroit}} = 16,76 \text{ kN/m}^2$$

A L'ELU

$$Q_{\text{piédroit}} = \max(Q_{bc\text{piédroit}}; Q_{bt\text{piédroit}}) = \max(22,49; 20,45) = 22,49 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{\text{piédroit}} = 22,49 \text{ kN/m}^2$$

- ✓ charges et surcharges sur le radier

Contrainte admissible du sol

$$\sigma_{\text{adm}} = 0,15 \text{ MPa} = 150 \text{ kN/m}^2$$

A l'ELS

$$G_2 + q_{\text{radier}} = 26,55 + 20,64 = 47,19 \text{ kN/m}^2$$

$$G_2 + Q_{\text{radier}} \leq \sigma_{\text{adm}} ; \text{ condition vérifiée, l'ouvrage est donc stable}$$

A l'ELU

$$G_2 + q_{\text{radier}} = 35,84 + 27,69 = 63,53 \text{ kN/m}^2$$

$$G_2 + Q_{\text{radier}} \leq \sigma_{\text{adm}} ; \text{ condition vérifiée, l'ouvrage est donc stable}$$

- ✓ Combinaison de charges

- Surcharges routières à considérer sur le tablier :

Tableau 31: Récapitulatif des surcharges sur le tablier

Désignation	$Q_A (\text{kN/m}^2)$	$Q_{Bc} (\text{kN/m}^2)$	$Q_{Bt} (\text{kN/m}^2)$
ELS	38,23	96,90	108,85
ELU	51,3	129,88	146,05

Pour la suite, nous allons modéliser les charges sur une bande de 1 ml :

$$Q_{ELU.tablier} = 146,05 \text{ kN/m}^2 \times 1\text{m} = 146,05 \text{ kN/ml}$$

$$Q_{ELS.tablier} = 108,85 \text{ kN/m}^2 \times 1\text{m} = 108,85 \text{ kN/ml}$$

$$Q_{ELS.radier} = 20,64 \text{ kN/m}^2 \times 1\text{m} = 20,64 \text{ kN/ml}$$

$$Q_{ELU.radier} = 27,69 \text{ kN/m}^2 \times 1\text{m} = 27,69 \text{ kN/ml}$$

$$Q_{ELSpiedroit} = 16,76 \text{ kN/m}^2 \times 1\text{m} = 16,76 \text{ kN/ml}$$

$$Q_{ELU.piedroit} = 22,49 \text{ kN/m}^2 \times 1\text{m} = 22,49 \text{ kN/ml}$$

Désignation	Charges		
	Tablier (kN/ml)	Piédroit extérieur (kN/ml)	Radier (kN/ml)
<u>ELS</u>			
Poids propre	17,52	-	26,55
Surcharges	108,85	16,76	20,64
Poussée des terres	-	Z=0.2 ⇒ 1,32	-
		Z=1 ⇒ 6,6	
Total	126,37	Z=0,2 ⇒ 18,08	47,19
		Z=1 ⇒ 23,36	
<u>ELU</u>			
Poids propre	23,65	-	35,84
Surcharges	146,05	22,49	27,69
Poussée des terres	-	Z=0,2 ⇒ 1,78	-
		Z=1 ⇒ 8,91	
Total	169,7	Z=0,2 ⇒ 24,27	63,53
		Z=1 ⇒ 31,4	

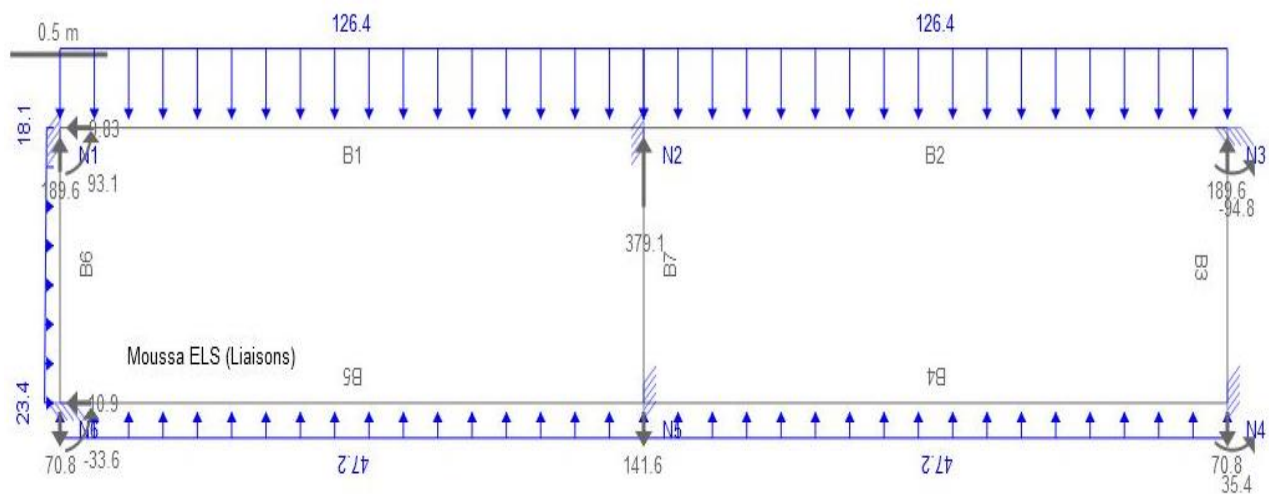
Tableau 32 : Récapitulatif des charges

CALCUL DES SOLLICITATIONS

Nous allons de déterminer les différentes sollicitations sur notre ouvrage sur le tablier, les piédroits et le radier.

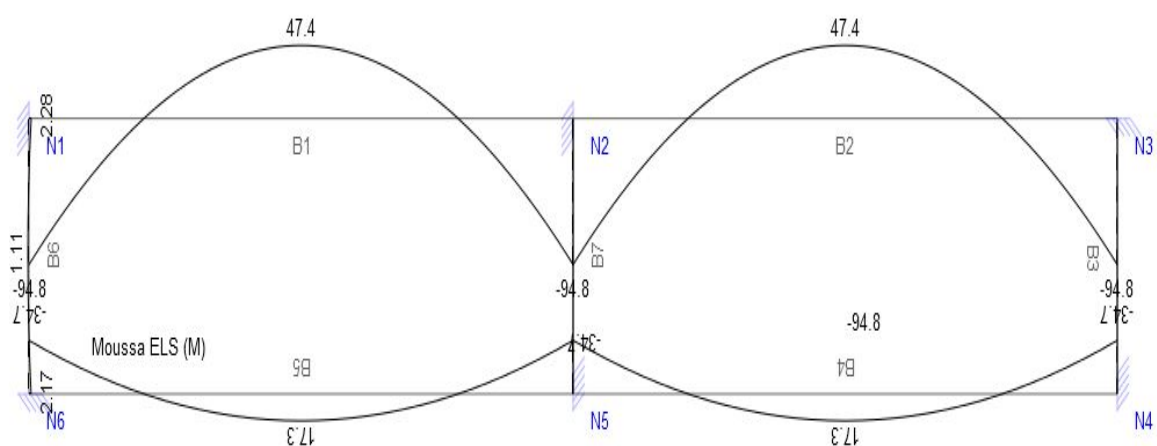
Pour résoudre ce problème, nous allons utiliser le logiciel Pybar, qui non seulement nous donne les valeurs caractéristiques des différents efforts mais aussi le digramme relatif à ces efforts

Réactions (liaisons)



Source : Pybar

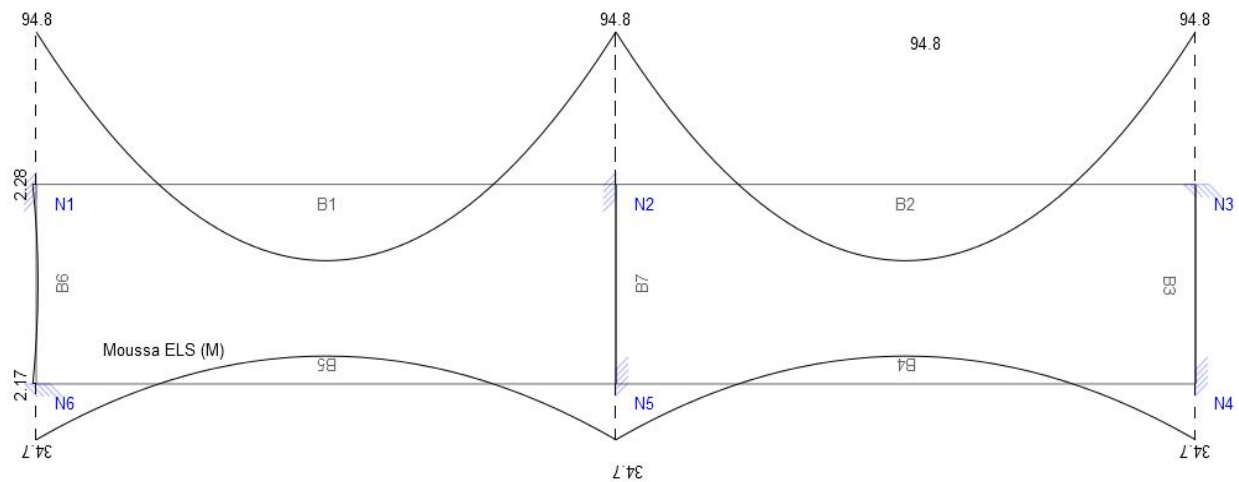
Moments fléchissants en mi-travée(M)



Source : Pybar

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Moments fléchissants sur appui (M)



Source : Pybar

Tableau 33: Récapitulatif des sollicitations

Récapitulatif des sollicitations								
Désignation	Moments M (KN.m)				Efforts de compression (KN)			
	ELU		ELS		ELU		ELS	
	Mi- travée	Appui	Mi- travée	Appui	Appui de rive	Appui intermédiaire	Appui de rive	Appui intermédiaire
Tablier	63,6	127,3	47,4	94,8	-	-	-	-
Radier	23,3	46,7	17,3	34,7	-	-	-	-
Piédroit externe	-	2,38	-	1,77	271	-	201,7	-
Piédroit central	-	-	-	-	-	541,8	-	403,5

✓ Calcul des armatures

- Tablier

Données : $h = 0,25\text{m}$; $d = 0,9 \times h = 0,9 \times 0,25 = 0,225$; $b = 1\text{ m}$

• **Mi- travée :**

- **ELU**

$$M_u = 63,6\text{ kN.m} = 0,0636\text{ MN.m}$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{0,0636}{1 \times (0,9 \times 0,25)^2 \times 14,17} = 0,089$$

$$\mu_u = 0,089 < \mu_{AB} = 0,186 \quad \text{donc pas d'aciers comprimés}$$

Aciers théoriques :

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times \sigma_{st}}$$

$$z_u = d(1 - 0,4\alpha_u)$$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u})$$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,089}) = 0,12$$

$$z_u = 0,9 \times 0,25 \times (1 - 0,4 \times 0,12) = 0,21\text{ m}$$

$$A_{st} = \frac{0,0636}{0,21 \times 348} \times 10^4 = 8,70\text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{stmin} \geq 0,23b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{stmin} \geq 0,23 \times 1 \times 0,225 \times \frac{2,1}{400}$$

$$A_{stmin} \geq 2,72\text{cm}^2 ; A_{stmin} \text{ retenue : } A_{stmin} = 2,72\text{cm}^2$$

$$A_{st} > A_{stmin}$$

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

- **ELS**

$$M_{ser} = 47,4 \text{ kN.m} = 0,0474 \text{ MN.m}$$

Moment résistant :

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_0 \times y_{ser} \times \sigma_{bc} \times Z_{ser}$$

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d$$

$n = 15$ (équivalent acier-béton)

$$\alpha_{ser} = \frac{n \times \sigma_{bc}}{n \times \sigma_{bc} + \sigma_s} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201,63} = 0,53$$

$$y_{ser} = 0,53 \times 0,225 = 0,12 \text{ m}$$

$$Z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0,225 - \frac{0,12}{3} = 0,185 \text{ m}$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_0 \times y_{ser} \times \sigma_{bc} \times Z_{ser}$$

$$M_{serb} = (0,5 \times 1 \times 0,12 \times 15 \times 0,185) \times 10^3 = 166,5 \text{ kN.m}$$

$$M_{ser} = 47,4 \text{ kN.m} < M_{serb} = 166,5 \text{ kN.m}$$

$M_{ser} < M_{serb}$ Pas d'aciers comprimés

Aciers théoriques :

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_s}$$

$$A_{st} = \frac{0,0474}{0,185 \times 201,63} \times 10^4 = 12,71 \text{ cm}^2$$

Aciers réels :

$$\text{Aciers retenus} = \text{Max}(A_{st_{elu}}, A_{st_{els}})$$

$$\text{Aciers retenus} = \text{Max}(8,70; 12,71) = 12,71 \text{ cm}^2$$

La section d'acier retenue est : $A_{st} = 12,71 \text{ cm}^2$.

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Choix d'armature : 9HA14 totalisant 13,85cm² avec espacement de 15 cm.

Sur appui :

- ELU

$$M_u = 127,3 \text{ kN.m} = 0,1273 \text{ MN.m}$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{0,1273}{1 \times (0,9 \times 0,25)^2 \times 14,17} = 0,177$$

$$\mu_u = 0,177 < \mu_{AB} = 0,186 \quad \text{donc pas d'aciers comprimés}$$

Aciers théoriques :

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times \sigma_{st}}$$

$$Z_u = d(1 - 0,4\alpha_u)$$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u})$$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,177}) = 0,25$$

$$Z_u = 0,9 \times 0,25 \times (1 - 0,4 \times 0,25) = 0,2 \text{ m}$$

$$A_{st} = \frac{0,1273}{0,2 \times 348} \times 10^4 = 18,29 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{stmin} \geq 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{stmin} \geq 0,23 \times 1 \times 0,225 \times \frac{2,1}{400}$$

$$A_{stmin} \geq 2,72 \text{ cm}^2 ; A_{stmin} \text{ retenue : } A_{stmin} = 2,72 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} > A_{stmin}$$

- ELS

$$M_{ser} = 94,8 \text{ kN.m} = 0,0948 \text{ MN.m}$$

Moment résistant :

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_0 \times y_{ser} \times \sigma_{bc} \times Z_{ser}$$

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d$$

$n = 15$ (équivalent acier-béton)

$$\alpha_{ser} = \frac{n \times \sigma_{bc}}{n \times \sigma_{bc} + \sigma_s} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201,63} = 0,53$$

$$y_{ser} = 0,53 \times 0,225 = 0,12 \text{ m}$$

$$Z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0,225 - \frac{0,12}{3} = 0,185 \text{ m}$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_0 \times y_{ser} \times \sigma_{bc} \times Z_{ser}$$

$$M_{serb} = (0,5 \times 1 \times 0,12 \times 15 \times 0,185) \times 10^3 = 166,5 \text{ kN.m}$$

$$M_{ser} = 94,8 \text{ kN.m} < M_{serb} = 166,5 \text{ kN.m}$$

$$M_{ser} < M_{serb} \quad \text{Pas d'aciers comprimés}$$

Aciers théoriques :

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_s}$$

$$A_{st} = \frac{0,0948}{0,185 \times 201,63} \times 10^4 = 25,41 \text{ cm}^2$$

Aciers réels :

$$\text{Aciers retenus} = \text{Max}(A_{st_{elu}}, A_{st_{els}})$$

$$\text{Aciers retenus} = \text{Max}(18,29; 25,41) = 25,41 \text{ cm}^2$$

La section d'acier retenue est : $A_{st} = 25,41 \text{ cm}^2$.

Choix d'armature : 9HA20 totalisant $28,27 \text{ cm}^2$ avec espacement de 15 cm.

- Piedroit extrême :

Sur appui

- ELU

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

$$M_u = 2,38 \text{ kN.m}$$

$$N_u = 271 \text{ kN}$$

- ELS

$$M_{ser} = 1,77 \text{ kN.m}$$

$$N_{ser} = 201,7 \text{ kN}$$

$$e = e_1 + e_a + e_2$$

e_1 : Excentricité (dite du premier ordre)

$$e_1 = \frac{M_u}{N_u} = \frac{2,38}{271} = 0,0087 \text{ m} = 0,87 \text{ cm}$$

e_a : Excentricité additionnelle traduisant les imperfections géométriques initiales

$$e_a = \max\left(2 \text{ cm}; \frac{1}{250}\right) = \max\left(2 \text{ cm}; \frac{100}{250} = 0,4\right) = 2 \text{ cm}$$

e_2 : Excentricité due aux effets du second ordre, liés à la déformation de la structure

$$e_2 = \frac{3l_f^2}{10000h} (2 + \alpha\phi)$$

$$\alpha = 10 \times \left(1 - \frac{M_u}{1,5 \times M_{ser}}\right)$$

$$\alpha = 10 \times \left(1 - \frac{2,38}{1,5 \times 1,77}\right)$$

$$\alpha = 1,04$$

$$l_f = 0,5H = 0,5 \times 1 = 0,5 \text{ m (Encastré)}$$

$$\phi = 2$$

$$e_2 = \frac{3 \times 0,5^2}{10000 \times 0,25} \times (2 + 1,04 \times 2) = 0,0012 \text{ m} = 0,12 \text{ cm}$$

$$e = e_1 + e_a + e_2 = 0,0087 + 0,02 + 0,0012$$

$$e = 0,03 \text{ m} = 3 \text{ cm}$$

Calcul de l'effort de compression centré maximal :

$$N_{bmax} = b \times h \times f_{bu} = 1 \times 0,25 \times 14,17 = 3,54 \text{ MN}$$

Coefficient de remplissage du diagramme de contrainte :

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

$$\Psi_1 = \frac{Nu}{Nb_{max}} = \frac{0,271}{3,54} = 0,076 < 0,81$$

Calcul de l'excentricité critique relative ζ

$$\Psi_1 < \frac{2}{3} \quad \text{donc} \quad \zeta = \frac{1 + \sqrt{9 - 12\Psi_1}}{4(3 + \sqrt{9 - 12\Psi_1})}$$

$$\zeta = \frac{1 + \sqrt{9 - 12 \times 0,076}}{4(3 + \sqrt{9 - 12 \times 0,076})}$$

$$\zeta = 0,164$$

Calcul de e_{NC}

$$\Psi_1 < 0,81 \quad e_{NC} = \zeta \times h = 0,164 \times 0,25 = 0,041 \text{ m}$$

$e = 0,03 < e_{NC} = 0,041$; La section est entièrement comprimée et l'état limite ultime n'est pas atteint: on place un pourcentage minimal d'armatures identique à celui des poteaux.

Les calculs sont effectués pour un piédroit au mètre linéaire comme un poteau de : $1 \times 0,25$.

Données : $h = 0,25\text{m}$; Hauteur $H = 1 \text{ m}$; $b = 1\text{m}$

ELU non atteint :

$$A = 4 \text{ cm}^2 \times \text{périmètre avec } 5\% \times B \geq A_{sc} \geq \text{Max}(4 \times u; 0,2\% \times B)$$

Avec B : section totale de béton comprimé.

U : périmètre de la section.

$$B = b \times h = 0,25 \times 1 = 0,25\text{m}^2$$

$$u = (b+h) \times 2 = (0,25+1) \times 2 = 2,5\text{m}$$

$$A_{sc} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} 4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \times u(\text{m}) \\ 0,2 \times \frac{B}{100} \end{array} \right.$$

$$A_{sc} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} 4 \times 2,5 = 10\text{cm}^2 \\ 0,2 \times \frac{2500}{100} = 5\text{cm}^2 \end{array} \right.$$

$$A_{sc} = 10\text{cm}^2$$

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

$$\text{Vérification : } A_{\max} = 5 \times \frac{B}{100} = 5 \times \frac{2500}{100} = 125 \text{ cm}^2$$

$$5\% \times B = 125 \text{ cm}^2 > A_{sc} = 10 \text{ cm}^2 \quad \text{Condition vérifiée.}$$

Choix d'armature : 9HA12 totalisant 10,18 cm² avec un espacement de 15 cm

- Piedroit central :

Le piedroit central se dimensionne en compression simple comme un poteau et les calculs sont effectués au mètre linéaire.

Données : h = 0,25m ; Hauteur H = 1 m ; b = 1m ; c = 0,02m

- ELU

$$N_u = 541,8 \text{ kN}$$

$$\text{Longueur de flambement : } l_f = 0,5 \times 1 = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Elancement : } \lambda = 3,5 \times \frac{l_f}{h} = 3,5 \times \frac{0,5}{0,25} = 7$$

On a $\lambda = 7 < 50$; on a alors

$$\alpha = \frac{0,85}{1 + 0,2 \times \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2}$$

$$\alpha = \frac{0,85}{1 + 0,2 \times \left(\frac{7}{35}\right)^2} = 0,84$$

La valeur α est à diviser par 1,10 si plus de la moitié des charges est appliquée avant 90 jours. La valeur de α devient : 0,76

$$B_r = (h - c) \times (b - c) = (0,25 - 0,02) \times (1 - 0,02) = 0,2254 \text{ m}^2$$

$$N_{\max} = \frac{\alpha \times B_r \times f_{c28}}{0,9 \times \gamma_b} = \frac{0,76 \times 0,2254 \times 25}{0,9 \times 1,5} = 3172,30 \text{ kN}$$

$N_{\max} = 3172,30 \text{ kN} > N_u = 541,8 \text{ kN}$ Donc, on adoptera les valeurs minimales des armatures.

$$A_{\min} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} 4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \times u(\text{m}) \\ 0,2 \times \frac{B}{100} \end{array} \right.$$

$$A_{\min} = \text{Max} \begin{cases} 4 \times 2,5 = 10\text{cm}^2 \\ 0,2 \times \frac{2500}{100} = 5\text{cm}^2 \end{cases}$$

$$A_{\min} = 10\text{cm}^2$$

Choix d'armature : 9HA12 totalisant 10,18 cm² avec un espacement de 15 cm

- Radier :

Données : h = 0,25m ; d = 0,9 × h = 0,9 × 0,25 = 0,225 ; b = 1 m

• **Mi- travée :**

- **ELU**

$$M_u = 23,3 \text{ kN.m} = 0,0233 \text{ MN.m}$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{0,0233}{1 \times (0,9 \times 0,25)^2 \times 14,17} = 0,032$$

$$\mu_u = 0,032 < \mu_{AB} = 0,186 \quad \text{donc pas d'aciers comprimés}$$

Aciers théoriques :

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times \sigma_{st}}$$

$$z_u = d(1 - 0,4\alpha_u)$$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u})$$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,032}) = 0,041$$

$$z_u = 0,9 \times 0,25 \times (1 - 0,4 \times 0,041) = 0,22 \text{ m}$$

$$A_{st} = \frac{0,0233}{0,22 \times 348} \times 10^4 = 3,04 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{stmin} \geq 0,23b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{stmin} \geq 0,23 \times 1 \times 0,225 \times \frac{2,1}{400}$$

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

$$A_{stmin} \geq 2,72 \text{ cm}^2 ; A_{stmin} \text{ retenue : } A_{stmin} = 2,72 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} > A_{stmin}$$

- **ELS**

$$M_{ser} = 17,3 \text{ kN.m} = 0,0173 \text{ MN.m}$$

Moment résistant :

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_0 \times y_{ser} \times \sigma_{bc} \times Z_{ser}$$

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d$$

$n = 15$ (équivalent acier-béton)

$$\alpha_{ser} = \frac{n \times \sigma_{bc}}{n \times \sigma_{bc} + \sigma_s} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201,63} = 0,53$$

$$y_{ser} = 0,53 \times 0,225 = 0,12 \text{ m}$$

$$Z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0,225 - \frac{0,12}{3} = 0,185 \text{ m}$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_0 \times y_{ser} \times \sigma_{bc} \times Z_{ser}$$

$$M_{serb} = (0,5 \times 1 \times 0,12 \times 15 \times 0,185) \times 10^3 = 166,5 \text{ kN.m}$$

$$M_{ser} = 17,3 \text{ kN.m} < M_{serb} = 166,5 \text{ kN.m}$$

$M_{ser} < M_{serb}$ Pas d'aciers comprimés

Aciers théoriques :

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_s}$$

$$A_{st} = \frac{0,0173}{0,185 \times 201,63} \times 10^4 = 4,64 \text{ cm}^2$$

Aciers réels :

$$\text{Aciers retenus} = \text{Max}(A_{st_{elu}}, A_{st_{els}})$$

$$\text{Aciers retenus} = \text{Max}(3,04; 4,64) = 4,64 \text{ cm}^2$$

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

La section d'acier retenue est : $A_{st} = 4,64 \text{ cm}^2$

Choix d'armature : 7HA10 totalisant $5,50 \text{ cm}^2$ avec un espacement de 15 cm

• **Sur appui :**

- ELU

$$M_u = 46,7 \text{ kN.m} = 0,0467 \text{ MN.m}$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{0,0467}{1 \times (0,9 \times 0,25)^2 \times 14,17} = 0,065$$

$$\mu_u = 0,065 < \mu_{AB} = 0,186 \quad \text{donc pas d'aciers comprimés}$$

Aciers théoriques :

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times \sigma_{st}}$$

$$Z_u = d(1 - 0,4\alpha_u)$$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u})$$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,065}) = 0,084$$

$$Z_u = 0,9 \times 0,25 \times (1 - 0,4 \times 0,084) = 0,22 \text{ m}$$

$$A_{st} = \frac{0,0467}{0,22 \times 348} \times 10^4 = 6,09 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{stmin} \geq 0,23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$A_{stmin} \geq 0,23 \times 1 \times 0,225 \times \frac{2,1}{400}$$

$$A_{stmin} \geq 2,72 \text{ cm}^2 ; A_{stmin} \text{ retenue : } A_{stmin} = 2,72 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} > A_{stmin}$$

- ELS

$$M_{ser} = 34,7 \text{ kN.m} = 0,0347 \text{ MN.m}$$

Moment résistant :

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_0 \times y_{ser} \times \sigma_{bc} \times Z_{ser}$$

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d$$

$n = 15$ (équivalent acier-béton)

$$\alpha_{ser} = \frac{n \times \sigma_{bc}}{n \times \sigma_{bc} + \sigma_s} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201,63} = 0,53$$

$$y_{ser} = 0,53 \times 0,225 = 0,12 \text{ m}$$

$$Z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0,225 - \frac{0,12}{3} = 0,185 \text{ m}$$

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_0 \times y_{ser} \times \sigma_{bc} \times Z_{ser}$$

$$M_{serb} = (0,5 \times 1 \times 0,12 \times 15 \times 0,185) \times 10^3 = 166,5 \text{ kN.m}$$

$$M_{ser} = 34,7 \text{ kN.m} < M_{serb} = 166,5 \text{ kN.m}$$

$M_{ser} < M_{serb}$ Pas d'aciers comprimés

Aciers théoriques :

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_s}$$

$$A_{st} = \frac{0,0347}{0,185 \times 201,63} \times 10^4 = 9,30 \text{ cm}^2$$

Aciers réels :

$$\text{Aciers retenus} = \text{Max}(A_{st_{elu}}, A_{st_{els}})$$

$$\text{Aciers retenus} = \text{Max}(6,09; 9,30) = 9,30 \text{ cm}^2$$

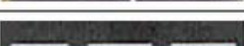
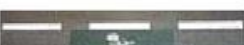
La section d'acier retenue est : $A_{st} = 9,30 \text{ cm}^2$

Choix d'armature : 9HA12 totalisant $10,18 \text{ cm}^2$ avec un espacement de 15 cm.

Annexe V: Différents panneaux de Signalisation routière utilisés

Pour la signalisation horizontale : les différents panneaux sont résumés dans les tableaux 35 et 36.

Tableau 34 : Résumé de quelques panneaux de signalisation horizontale

	Ligne continue Infranchissable, dépassement et changement de voie interdits. Il est également interdit de la traverser perpendiculairement (pour sortir ou rentrer dans une rue, une cour, un garage).
	Ligne discontinue trait 3m, intervalle 10m Dépassement et changement de voie autorisés.
	Ligne de dissuasion trait 3m, intervalle 1,33m Sur des routes étroites ou sinueuses, la ligne de dissuasion remplace une ligne continue, seul le dépassement de véhicules roulant très lentement est autorisé (tracteur agricole, voiturette, cycle...)
	Ligne d'avertissement trait 3m, intervalle 1,33m Annonce une ligne continue. Des flèches de rabattement avertissent le conducteur qu'il va rencontrer une ligne continue. Ces flèches sont au nombre de 3. Il est possible de terminer un dépassement, mais pas de l'entreprendre.
	Flèches de rabattement Indiquent la voie dans laquelle il faut se rabattre.
	Ligne mixte Peut être franchie par le conducteur situé du côté de la ligne discontinue.
	Ligne de rive trait 3m, intervalle 3,50m Sépare la chaussée de l'accotement, peut être franchie pour s'arrêter ou stationner. Dans les sens uniques, la ligne de rive à gauche est continue.
	Ligne de rive trait de 20 m, intervalle 6 m Annonce l'approche d'une intersection.
	Ligne de rive trait de 38 m, intervalle 14 m Sur autoroute elle délimite la bande d'arrêt d'urgence (BAU), circulation, arrêt, stationnement interdits sauf panne ou incident.
	Ligne discontinue à traits larges Voles réservées à certains usagers (cycles, bus, véhicules lents) ou voies d'insertion (d'accélération), de décélération, de stockage (les traits de ces 3 dernières sont plus courts).
	Flèches directionnelles Elles imposent aux automobilistes de suivre la ou l'une des directions indiquées

Source : Internet

Pour la signalisation verticale : les panneaux sont résumés dans le tableau 36.

Désignation	Description	Type de panneau
	Alerte virage	Type A : signalisation de danger
	Circulation admise dans les deux sens	
	Passage pour piétons	
	Marquer un arrêt et céder le passage	Type AB : signalisation de priorité
	Céder le passage	
	Partie de la voie réservée a la circulation des piétons et des cyclistes	Type B : signalisation d'obligation
	Limitation de vitesse	
	Stationnement interdit	Type C : signalisation d'interdiction ou de restriction

Tableau 36 : Résumé de quelques panneaux de signalisation verticale

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Annexe VI : Estimation financière

Le tableau 36 présente l'estimation globale du projet

Tableau 35: l'estimation globale du projet

MARCHE					
N°	Désignation	Unité (U)	Quantité (Qte)	Prix unitaire (PU)	MONTANT (FCFA)
100	INSTALLATION DU CHANTIER				
101	Installation générale du chantier et amenée du matériel	Fft	1	2.33E+08	232500000
102	Repli du matériel et des installations	Fft	1	5700000	5700000
103	Déplacement et/ou réservation de réseaux électricité, téléphone et eau (SONABEL, ONATEL et ONEA)	Fft	1	60000000	60000000
104	Aménagement et entretien d'une voie de déviation				
104-a	Aménagement de voie de déviation	Km	4.08	3500000	14280000
104-b	Entretien de voie de déviation	F.ft/mois	6	849458	5096748
	SOUS Total SERIE 100				317576748
200	TRAVAUX PREPARATOIRES ET TERRASSEMENT				
201	Nettoyage de l'emprise	m²	130000	100	13000000
202	Démolition d'ouvrages de toute nature en béton armé	m³	72	18600	1339200
206	Décapage de la terre végétale (ep, 10cm)	m²	62400	400	24960000
209	Déblai en terrain rocheux de toute nature exceptée rocheuse	m³	7000	2800	19600000
212	Remblai provenant d'emprunt	m³	12938	4500	58221000
213	Réglages, mise en forme et compactage de la plate-forme	m²	52000	100	5200000
214	Reprofilage de l'espace entre chaussées et caniveaux	m²	60000	725	43500000
	SOUS Total SERIE 200				165820200
300	CHAUSSÉES ET REVETEMENTS				
301	Couche de fondation en graveleux latéritique	m³	11440	4500	51480000
302	Couche de base en graveleux latéritique	m³	11440	5100	58344000
303	Fourniture et mise en œuvre de l'imprégnation (cut-back 0/1)	m²	57200	800	45760000
304	Fourniture et mise en œuvre de l'enduit superficiel monocouche sur accotements	m²	57200	1000	57200000
305	Fourniture et mise en œuvre de l'enduit superficiel tri couche sur chaussée	m²	57200	5000	286000000
306	Bordures arasées en béton pour blocage chaussée et amorces de rues	ml	600	6700	4020000
307	Béton pour blocage de chaussée et amorces de rues	ml	11000	3300	36300000
	SOUS Total SERIE 300				539104000
400	ASSAINISSEMENT				

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE VOIRIES
ALLANT DE SONDOGO A LA CITE DES LOGEMENTS SOCIAUX DE BOASSA (5,200KM)**

402-a	de section 80x80	ml	2155	60000	129300000
402-b	de section 100x80	ml	330	65000	21450000
402-c	de section 140x140	ml	3555	80000	284400000
402-d	de section 160x160	ml	1110	130000	144300000
402-e	de section 200x180	ml	2840	150000	426000000
403	Construction de dalot de traversée sous chaussée en béton armé (l x h)				
403-a	de section 80x80	ml	120	150000	18000000
403-b	de section 100x80	ml	20	160000	3200000
403-c	de section 140x140	ml	80	240000	19200000
403-d	de section 160x160	ml	40	260000	10400000
403-e	de section 200x180	ml	60	400000	24000000
403-f	Constructions de dalot (2x3x1)	ml	6,75	400000	2700000
403-g	Béton Q350 pour ouvrages de tête	ml	10	19,000	190000
403-h	Aciers pour béton	kg	600	700	420000
404	Daliette en béton armé pour couverture de caniveaux				
404-a	de largeur 80	ml	550	25000	13750000
404-b	de largeur 100	ml	100	35000	3500000
404-c	de largeur 140	ml	75	40000	3000000
404-d	de largeur 160	ml	40	45000	1800000
404-e	de largeur 200	ml	60	65000	3900000
407	Construction de radier submersible en gros béton	ml	20	150,000	3000000
	SOUS Total SERIE 400				1112510000
500	SIGNALISATION ET SECURITE				
501	Marquage de chaussée en peinture blanche retro réfléchissante	ml			
501-a	Marquage axial continu de largeur 12 cm	ml	360	1500	540000
501-b	Marquage axial discontinu de largeur 12cm	ml	5200	1500	7800000
501-c	Marquage de rive de largeur 18 cm	ml	10400	1900	19760000
501-d	Marquage spécial (stop, passage piétons, etc.)	m²	180	4500	810000
502	Fourniture et implantation de panneaux de signalisation				
502-a	de type A	u	9	98000	882000
502-b	de type B	u	24	98000	2352000
502-c	de type AB	u	20	98000	1960000
502-d	de type C	u	4	98000	392000
505	Ralentisseur en béton de type trapézoïdal	u	6	600000	3600000
	SOUS Total SERIE 500				38096000
600	ECLAIRAGE PUBLIC				
601	Fourniture et mise en place de candélabres simple foyer (hauteur 12 m) y compris toutes sujétions de manutention, pose, finition, branchement au réseau, lissage, réglage, fixation sur le support, essai, protection et réfection des abords	u	175	1300000	227500000

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE VOIRIES
ALLANT DE SONDOGO A LA CITE DES LOGEMENTS SOCIAUX DE BOASSA (5,200KM)**

	SOUS Total SERIE 600				227500000
700	MESURES COMPENSATRICES ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE				
701-a	Fouilles pour ouvrages	m ³	542.02	2529	1370768.58
701-b	Fourniture et pose de gabions	m ³	17	38150	648550
701-c	Enrochement pour protection d'ouvrage	m ³	9	10400	93600
701-d	Réalisation de Perrés maçonnés	m ²	64	15059	963776
701-e	Remblai contigu	m ³	206	4239	873234
701-f	Béton B0 de propreté dosé à 150kg/m ³	m ³	25	58406	1460150
701-h	Béton B2 dosé à 350kg/m ³	m ³	153	83232	12734496
701-i	Aciers d'armatures haute adhérence pour béton armé	kg	15300	700	10710000
701-j	Balises	u	4	15965	63860
702	Plantation d'arbres d'ombrage d'alignement y compris	u	300	22000	6600000
	SOUS Total SERIE 700				35518434.6
Montant Total des Travaux H TVA					2436125383
TVA (18%)					438502568.9
Montant Total des Travaux TTC					2874627951

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Annexe VII: Etude d'impact environnemental

La matrice de Léopold et la matrice de Fecteau sont consignés respectivement dans les tableaux 37, 38.

Tableau 36: Matrice de Léopold

Matrice de Léopold											
Phase de projet	Activités	Impacts générés	Description des impacts	Nature	Milieu récepteur						
					Milieu biophysique					Milieu socio-économique	
					Sol	Faune	flore	Air	Paysage	Economie	Santé
Phase de Préparation du site	Installation de la base	Destruction de la flore	Désherbage et abattage des arbres	Négative	x	x	x	0	x	x	x
		Pollution	Déversement d'hydrocarbure	Négative	x	x	x	x	x	0	x
Phase de Construction	Construction de routes de déviations	Déplacement de la population et faunique	Pertes de patrimoines	Négative	x	x	x	x	x	x	x
	Utilisation des véhicules	Pollution par rejet de substances nocives	Nuisance sonore, poussière, déversement d'hydrocarbure	Négative	x	0	0	x	x	0	x
Exploitation	Entretien courant	Encombrement de la circulation	réparation	Positive	x	0	0	0	x	x	x

Tableau 37: Matrice de Fecteau

Matrice de Fecteau								
Phase du projet	Milieux récepteurs		Impacts	Nature	Intensité	Etendue	Durée	Importance absolue
	Environnement biophysique	Sol	Erosion du sol	Négative	Faible	Locale	Longue	Moyenne
			Dégradation des zones d'emprunts par excavation	Négative	Moyenne	Locale	Longue	Majeure
		Air	Pollution de l'air par la poussière	Négative	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
			Pollution de l'air par le rejet de gaz (CO2)	Négative	Faible	Régionale	Longue	Majeure
		Faune	Perte d'animaux par accident	Négative	Faible	Locale	Longue	Moyenne
	Environnement humain ou socio-économique	Flore	Perte des arbres	Négative	Forte	Locale	Longue	Moyenne
		Paysage	Modification du paysage	Négative	Faible	Locale	Longue	Moyenne
		Santé	Propagation des IST et VIH/SIDA	Négative	Forte	Régionale	Longue	Majeure
			Amélioration des évacuations sanitaires	Positive	Forte	Régionale	Longue	Majeure
		Sécurité	Amélioration de la fluidité routière	Négative	Forte	Régionale	Longue	Majeure
			Accidents de travail	Négative	Faible	Locale	Longue	Moyenne
		Economie	Création d'emploi	Positive	Moyenne	Locale	Longue	Majeure
			Développement d'activités économiques	Positive	Forte	Locale	Longue	Majeure
			Pertes de patrimoines	Négative	Faible	Locale	Longue	Moyenne

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Annexe VIII: Conception géométrique

Les coordonnées (X, Y) du terrain naturel de la route Sondogo-Boassa.

POINT	N° POINT	X	Y
POI	P1	653272,592	1362740,09
POI	P2	652992,023	1362477,11
POI	P3	652980,067	1362466,76
POI	P4	652690,599	1362235,56
POI	P5	652673,142	1362223,08
POI	P6	652536,084	1362135,88
POI	P7	652524,246	1362127,74
POI	P8	652327,026	1361981,36
POI	P9	652321,693	1361977,28
POI	P10	652073,025	1361781,73
POI	P11	652066,339	1361776,62
POI	P12	651898,606	1361653,96
POI	P13	651844,162	1361624,09
POI	P14	651727,156	1361578,42
POI	P15	651706,947	1361569,47
POI	P16	651517,813	1361474,84
POI	P17	651385,816	1361357,52
POI	P18	651090,837	1360908,71
POI	P19	651089,753	1360907,05
POI	P20	650408,585	1359851,74
POI	P21	650403,126	1359843,63
POI	P22	650221,827	1359586,39
POI	P23	650195,905	1359555,49
POI	P24	650105,076	1359464,07
POI	P25	650067,335	1359393,78
POI	P26	650046,518	1359293,42
POI	P27	650041,812	1359256,34
POI	P28	650034,568	1359106,48
POI	P29	650027,219	1359058,03
POI	P30	649989,866	1358913,44
POI	P31	649976,816	1358876,01
POI	P32	649896,392	1358695,02

**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE VOIRIES
ALLANT DE SONDOGO A LA CITE DES LOGEMENTS SOCIAUX DE BOASSA (5,200KM)**

La tabulation de la route Sondogo-Boassa.

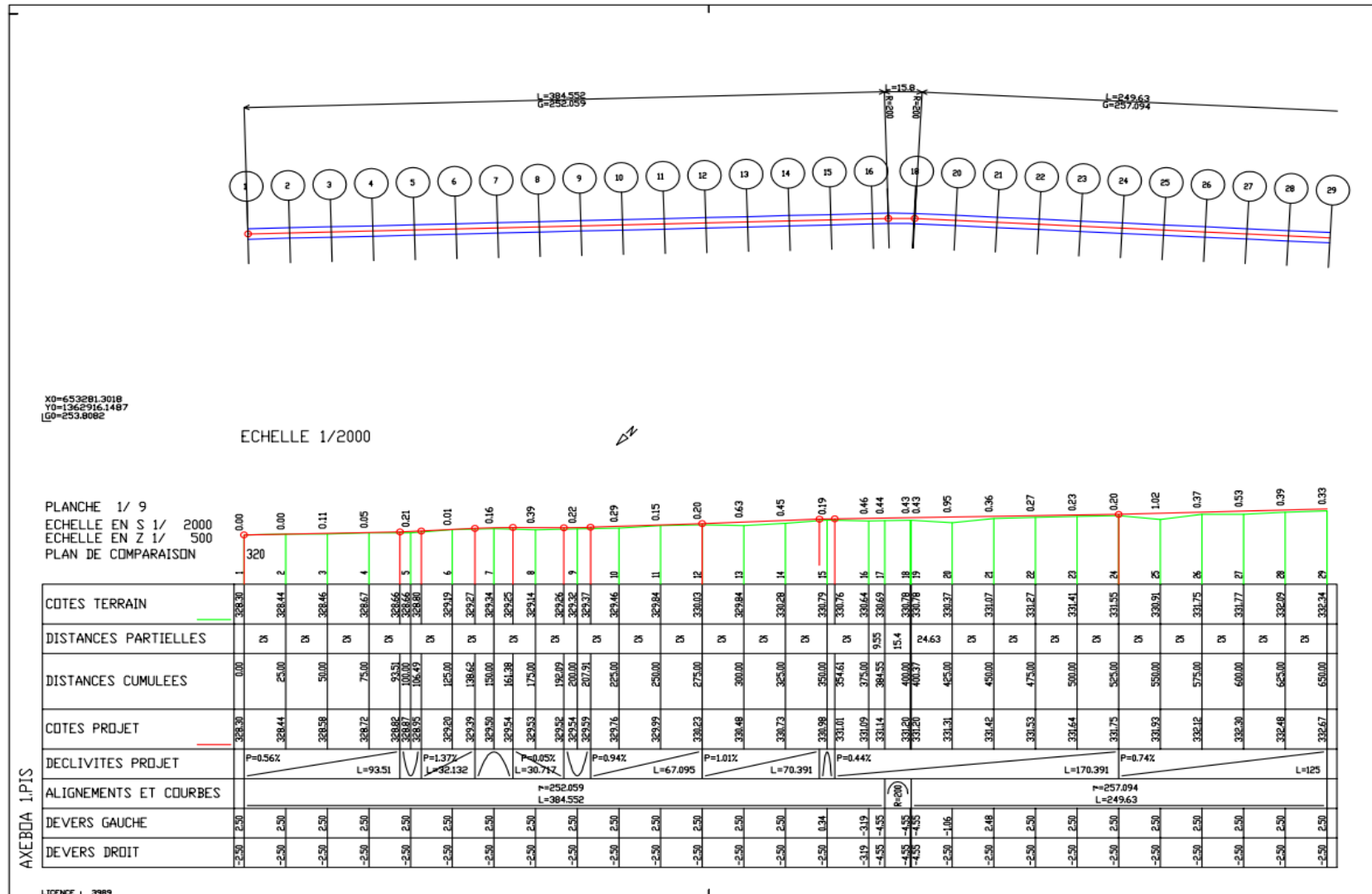
Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	653272.591	1362740.094
D1	GIS = 252.059g	384.552	384.552	652992.021	1362477.110
C1	XC= 652855.247 YC= 1362623.031 R = -200.000	15.818	400.370	652980.065	1362466.760
D2	GIS = 257.094g	370.470	770.840	652690.597	1362235.554
C2	XC= 652565.779 YC= 1362391.824 R = -200.000	21.464	792.303	652673.141	1362223.083
D3	GIS = 263.926g	162.451	954.754	652536.080	1362135.879
C3	XC= 652643.441 YC= 1361967.138 R = 200.000	14.371	969.125	652524.243	1362127.736
D4	GIS = 259.352g	245.581	1214.705	652327.044	1361981.372
C4	XC= 652470.082 YC= 1361788.654 R = 240.000	6.712	1221.418	652321.711	1361977.296
D5	GIS = 257.571g	316.377	1537.795	652073.036	1361781.708
C5	XC= 651924.664 YC= 1361970.350 R = -240.000	8.404	1546.198	652066.341	1361776.629
D6	GIS = 259.800g	207.808	1754.006	651898.605	1361653.956
C6	XC= 651756.928 YC= 1361847.677 R = -240.000	62.272	1816.277	651844.161	1361624.092
D7	GIS = 276.318g	125.655	1941.932	651727.100	1361578.420
C7	XC= 651814.332 YC= 1361354.835 R = 240.000	22.058	1963.990	651706.948	1361569.470
D8	GIS = 270.467g	211.484	2175.474	651517.814	1361474.844
C8	XC= 651669.942 YC= 1361170.777 R = 340.000	178.650	2354.125	651385.817	1361357.519
D9	GIS = 237.017g	537.094	2891.219	651090.822	1360908.690
C9	XC= 651291.381 YC= 1360776.872 R = 240.000	1.986	2893.205	651089.738	1360907.025
D10	GIS = 236.490g	1256.030	4149.236	650408.584	1359851.733
C10	XC= 650206.941 YC= 1359981.887 R = -240.000	9.773	4159.008	650403.118	1359843.632
D11	GIS = 239.082g	314.709	4473.717	650221.827	1359586.387
C11	XC= 650025.649 YC= 1359724.641 R = -240.000	40.379	4514.097	650195.905	1359555.488
D12	GIS = 249.793g	128.873	4642.970	650105.075	1359464.066
C12	XC= 650204.391 YC= 1359365.393 R = 140.000	80.914	4723.884	650067.300	1359393.781
D13	GIS = 212.999g	102.490	4826.374	650046.518	1359293.421
C13	XC= 650281.532 YC= 1359244.755 R = 240.000	37.414	4863.788	650041.811	1359256.341
D14	GIS = 203.075g	150.041	5013.829	650034.568	1359106.475

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

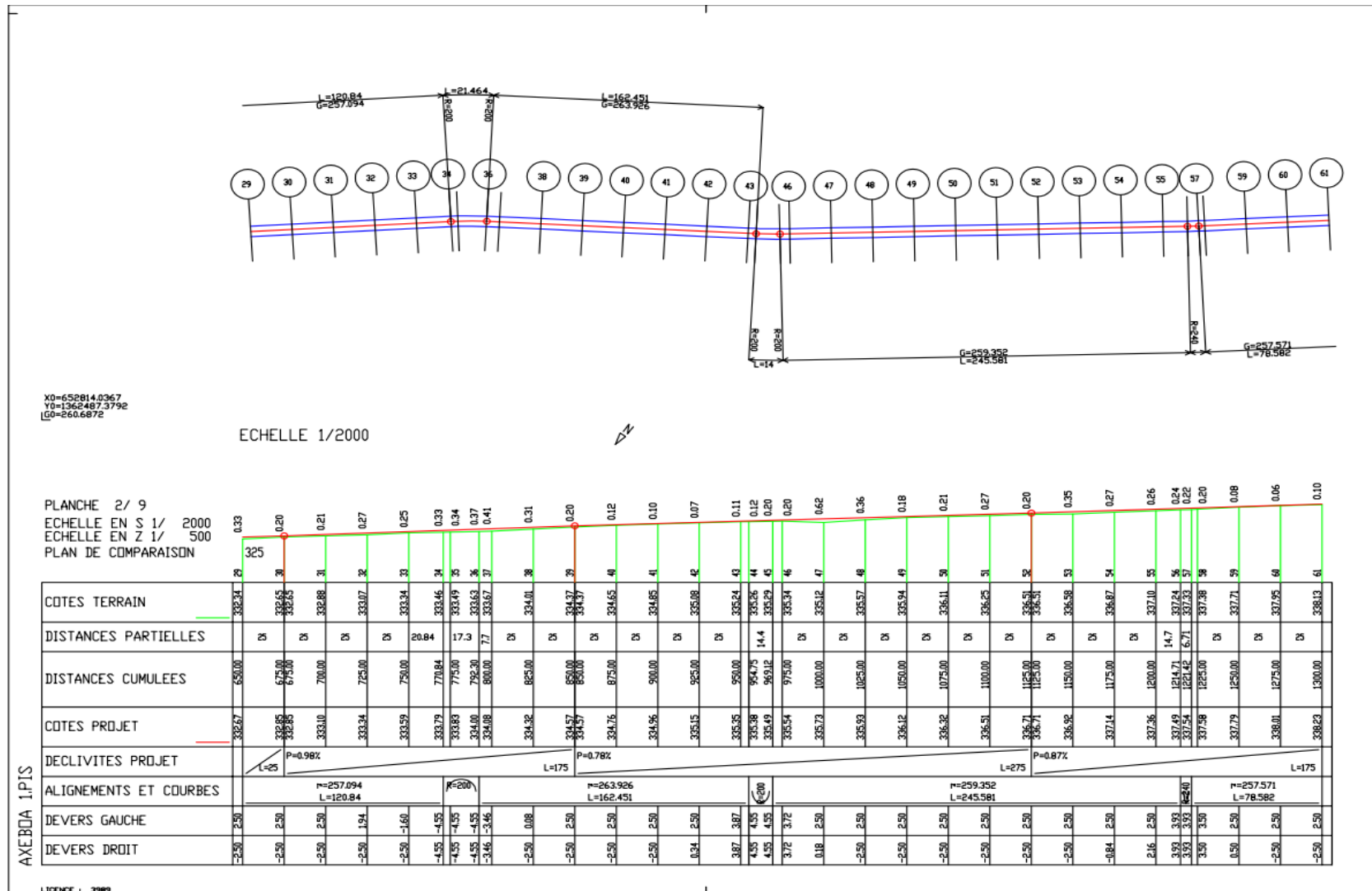
**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE VOIRIES
ALLANT DE SONDOGO A LA CITE DES LOGEMENTS SOCIAUX DE BOASSA (5,200KM)**

Elém	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
C14	XC= 649794.848 YC= 1359118.062 R = -240.000	49.083			
			5062.912	650027.219	1359058.032
D15	GIS = 216.094g	149.337			
			5212.249	649989.866	1358913.442
C15	XC= 649757.495 YC= 1358973.472 R = -240.000	39.684			
			5251.933	649976.816	1358876.013
D16	GIS = 226.621g	198.054			
			5449.987	649896.390	1358695.024
LONGUEUR DE L'AXE 5449.987					

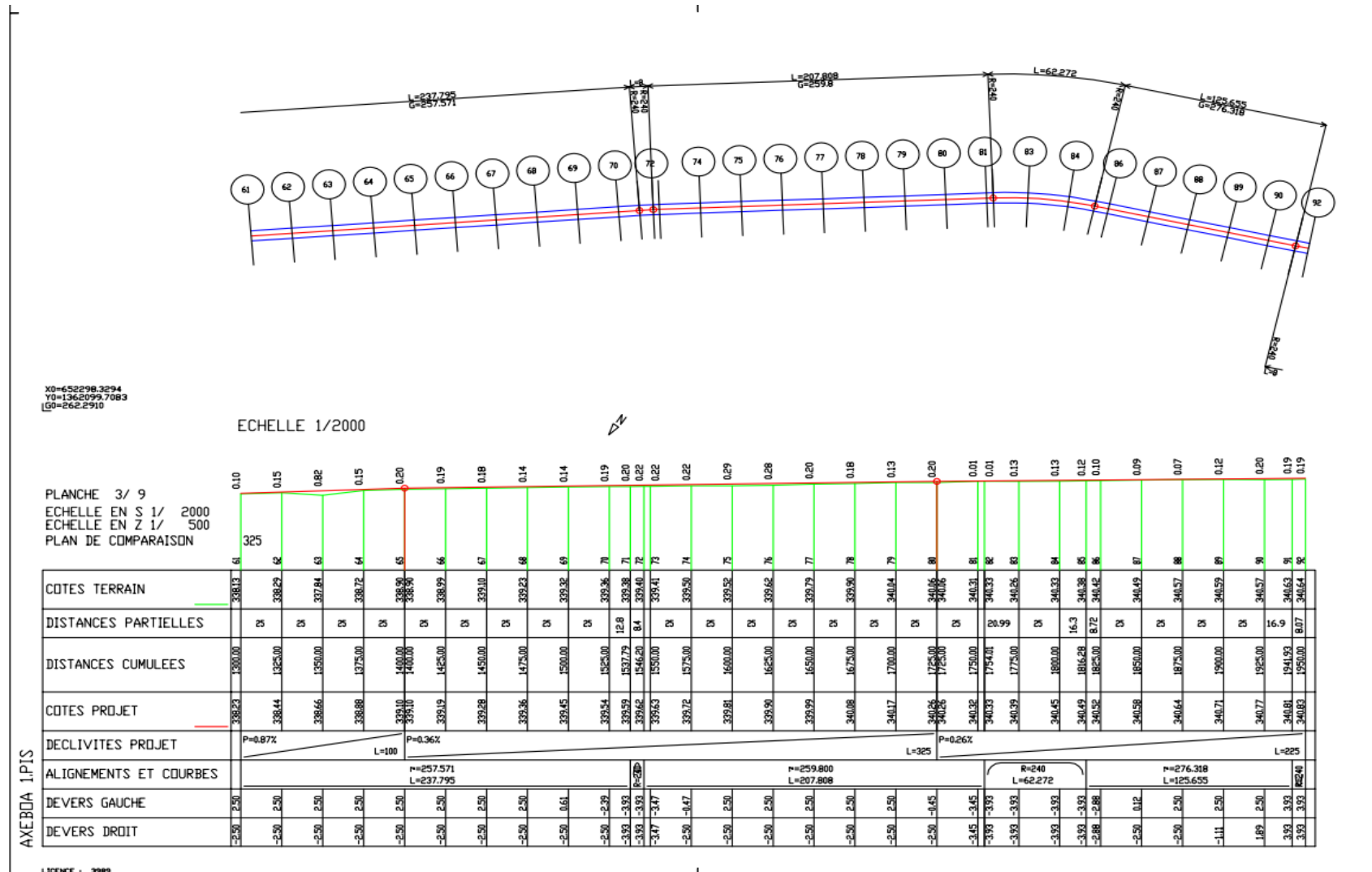
Les tracés combinés du projet Sondogo-Boassa sont ci-dessous :



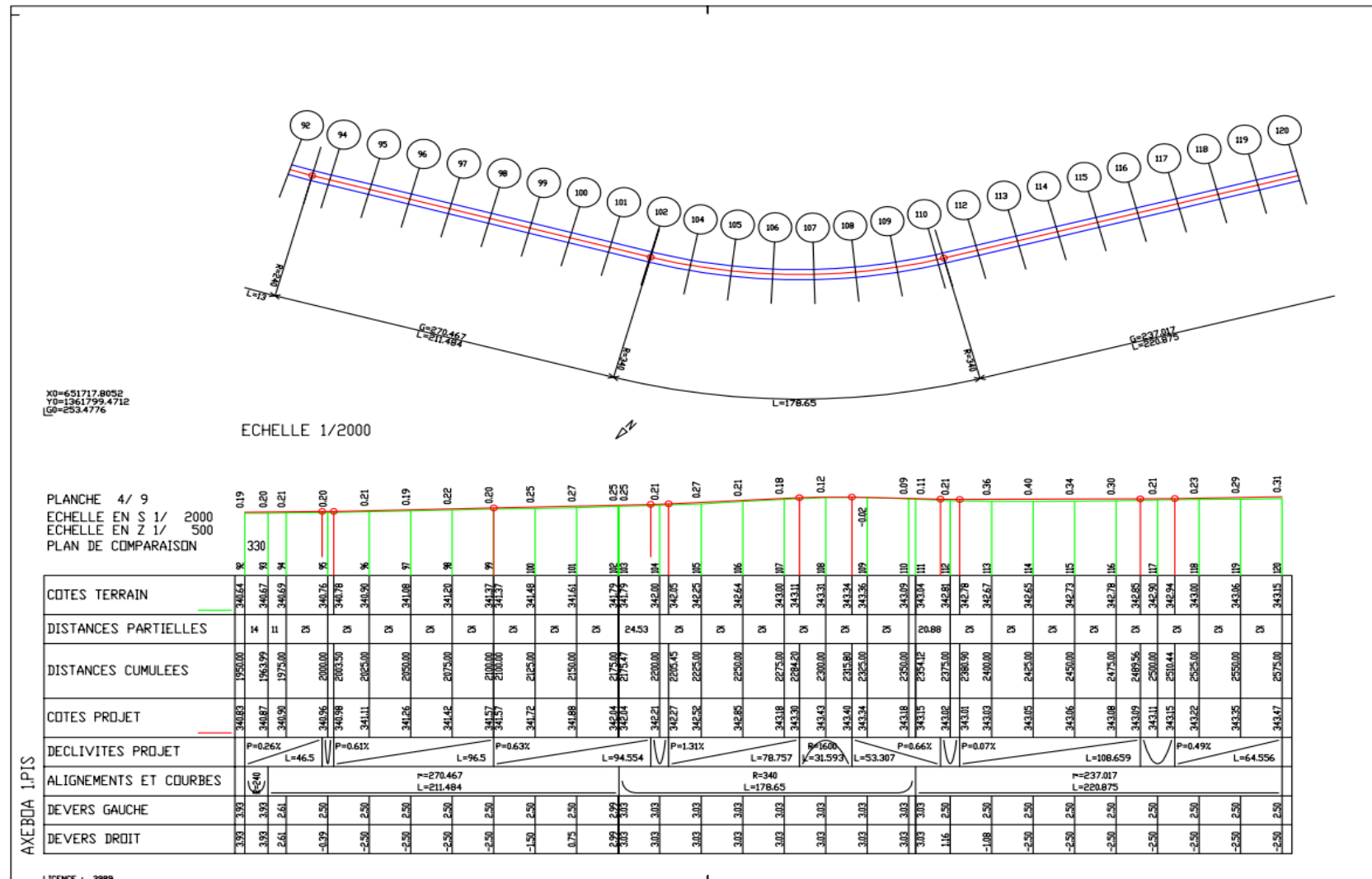
MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]



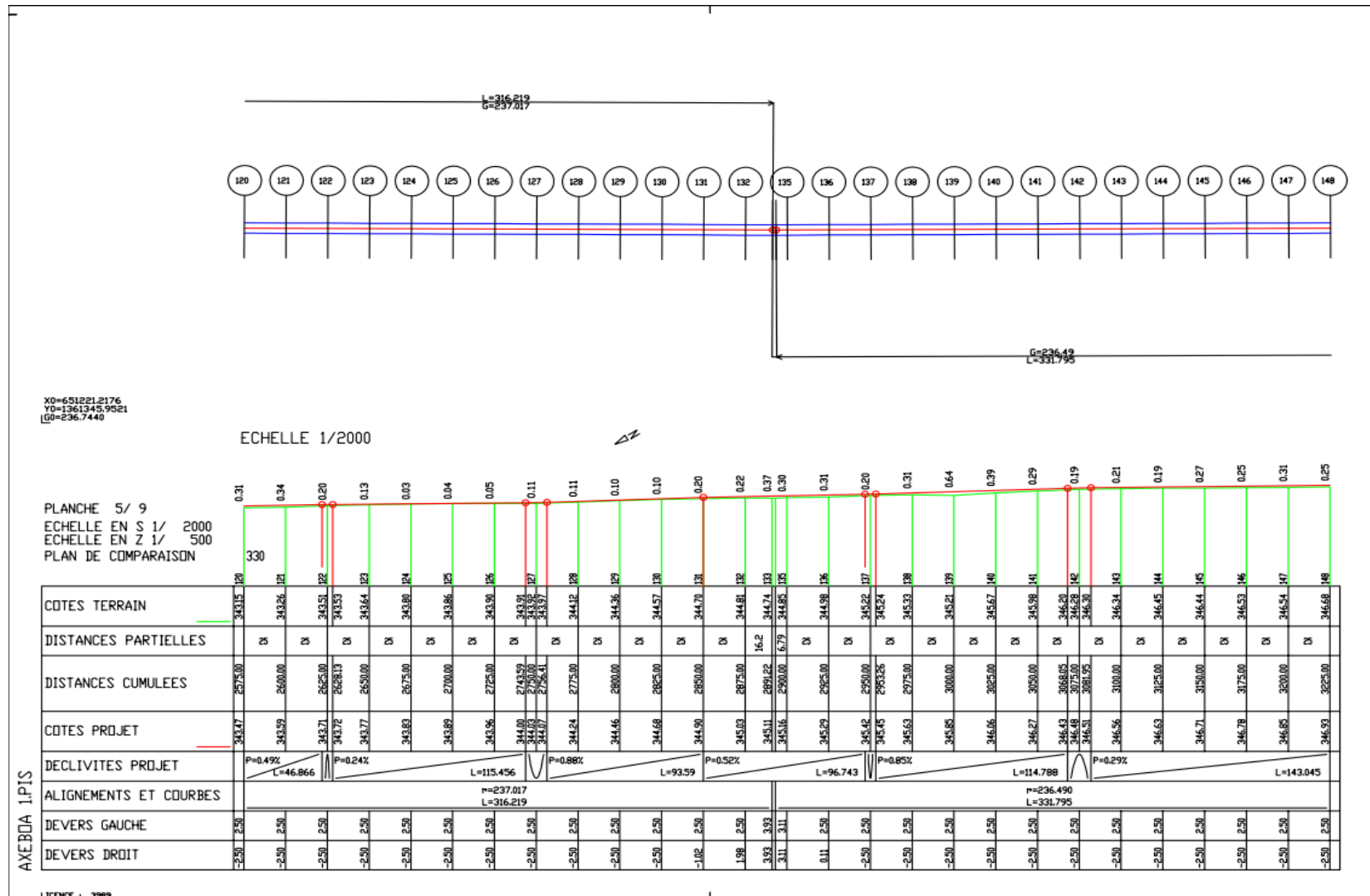
MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

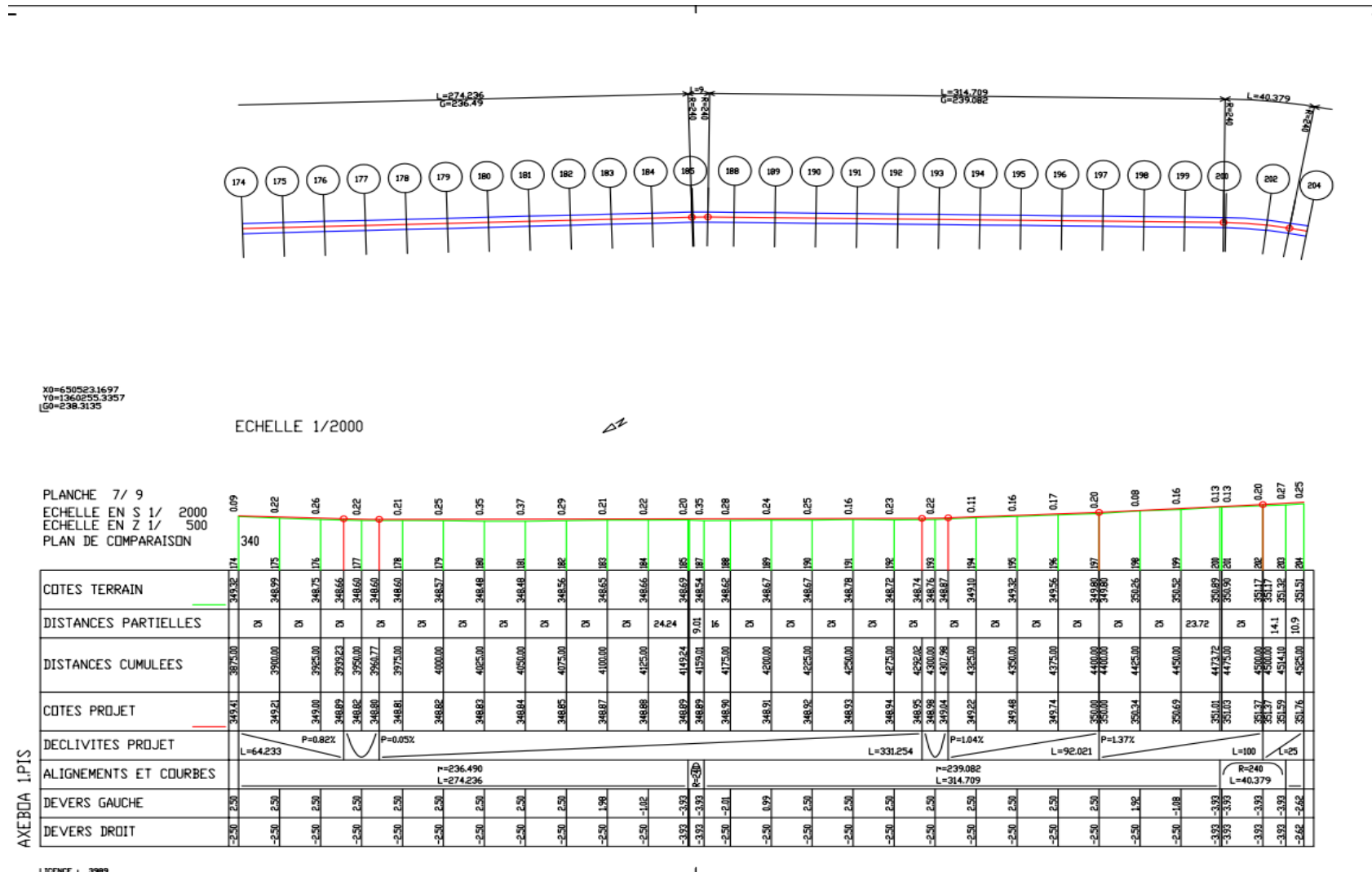


MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

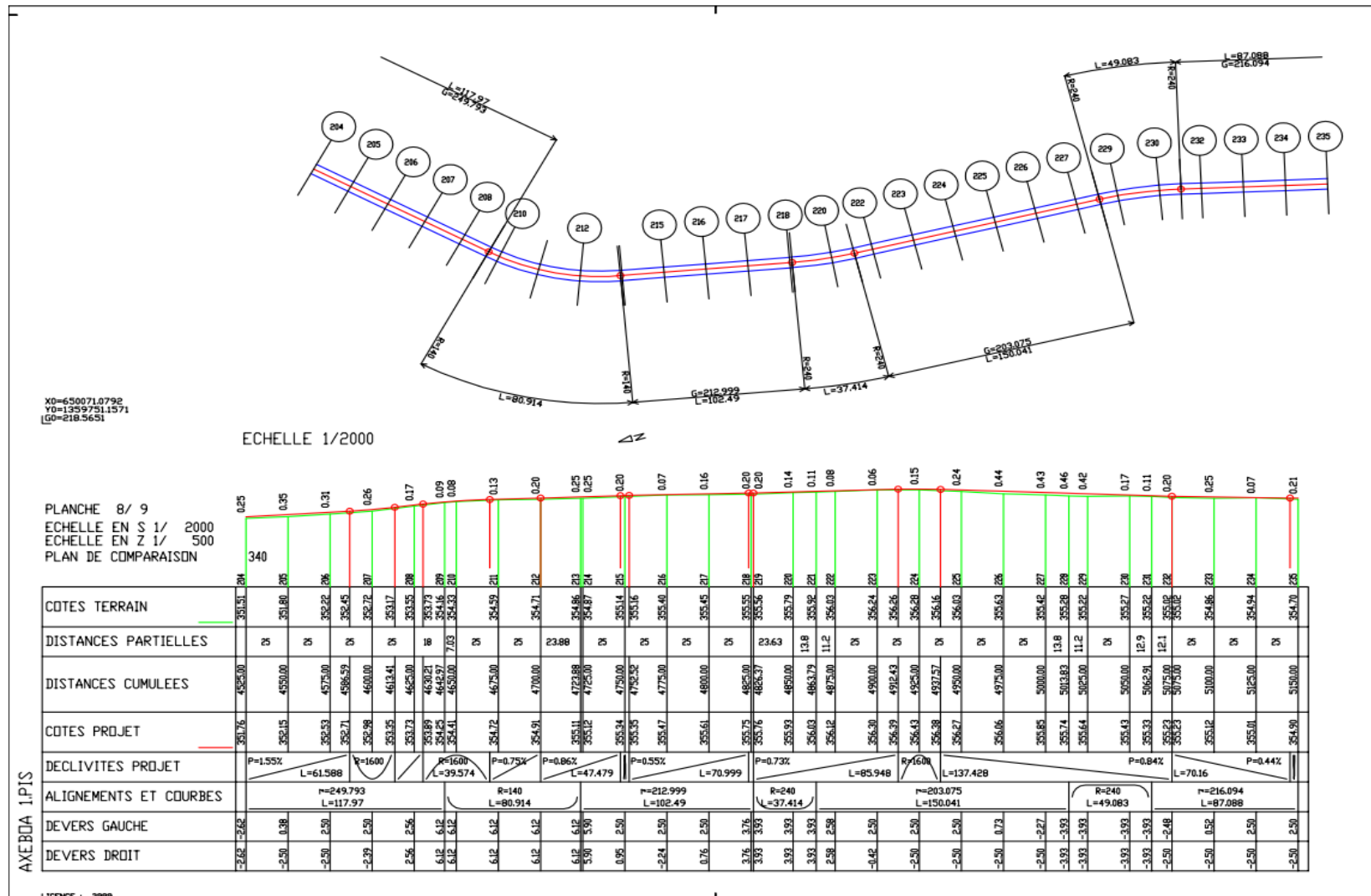


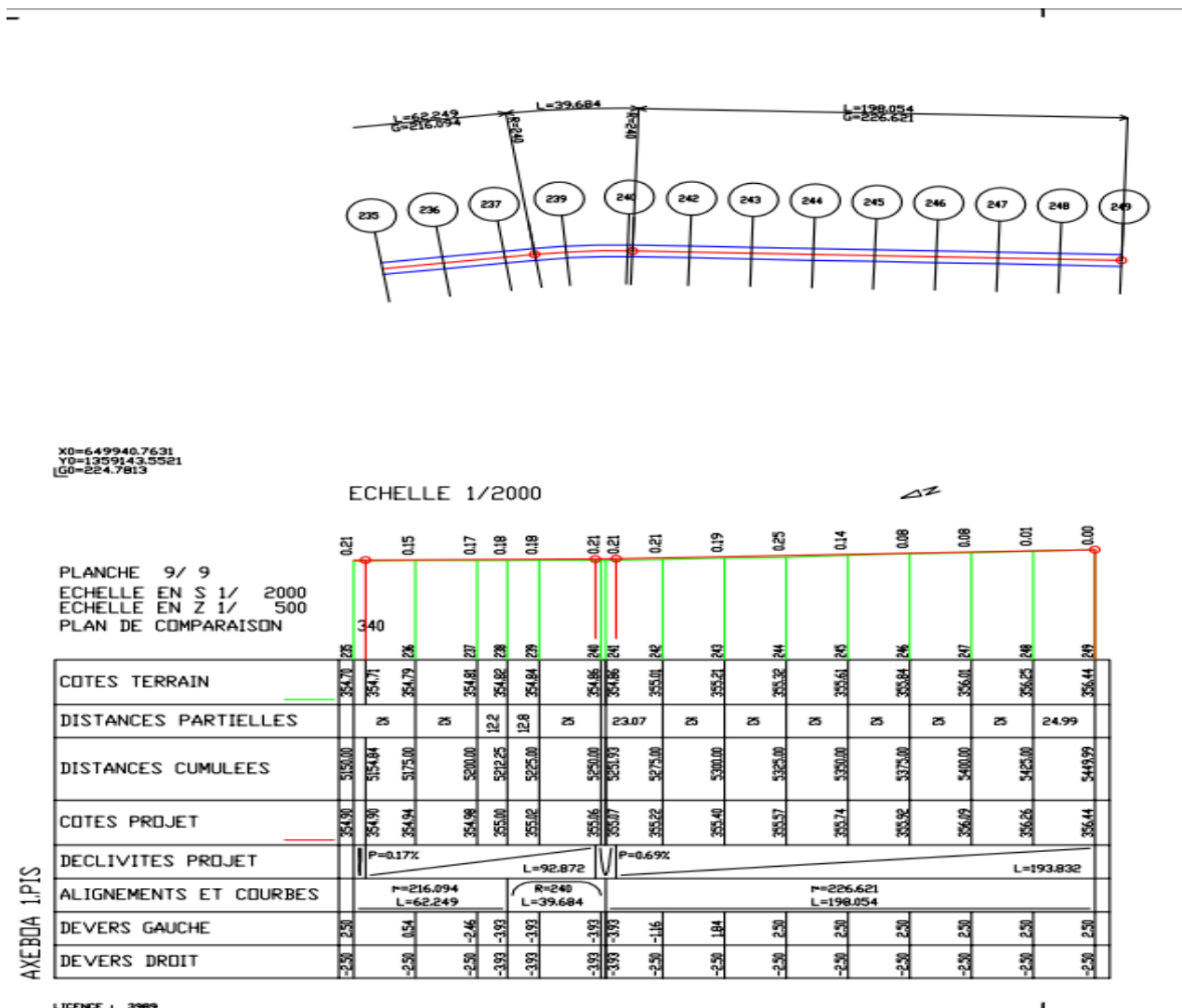
MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]





MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]



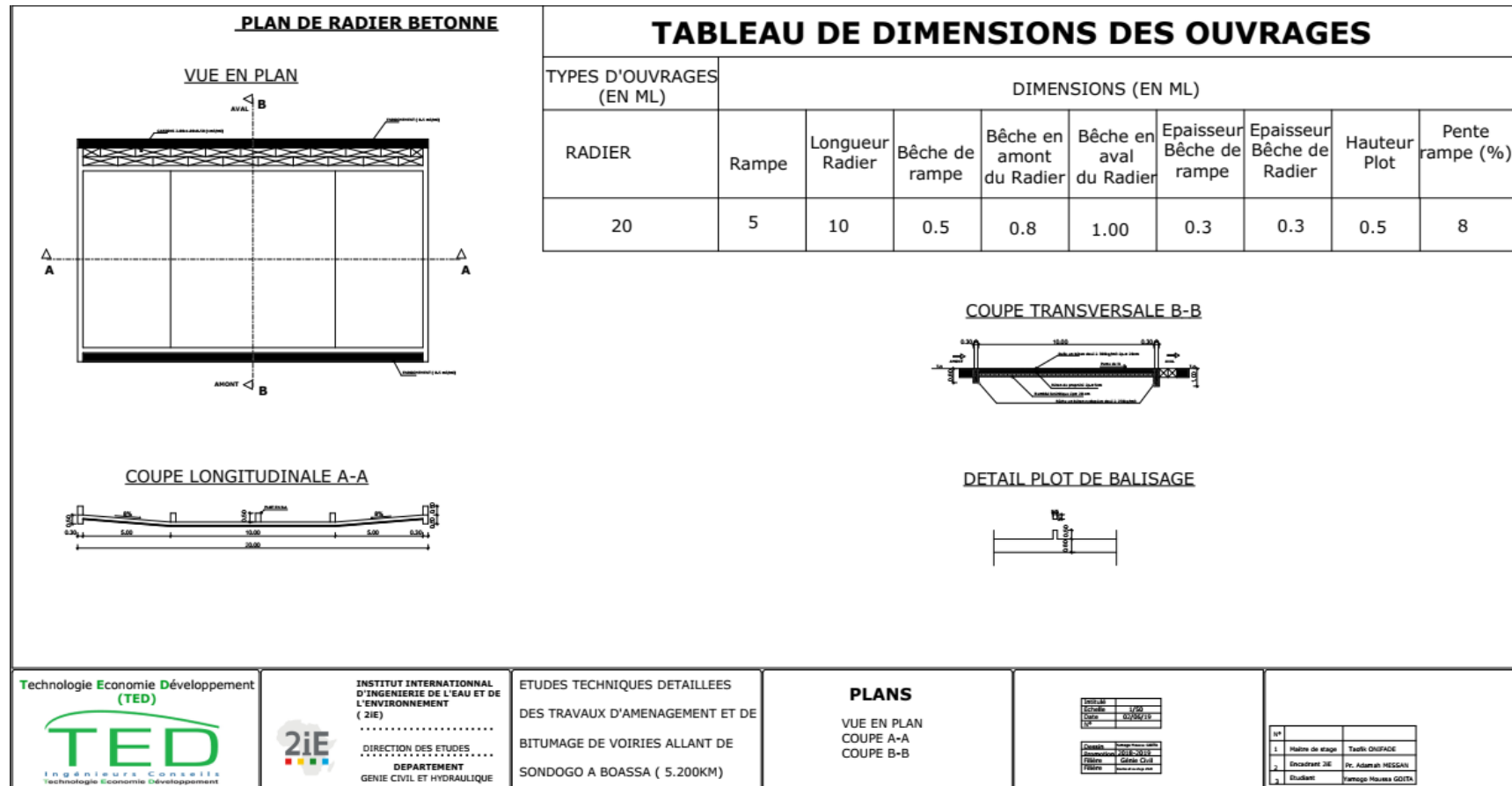


MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Annexe IX: Les Plans de Ferrailage

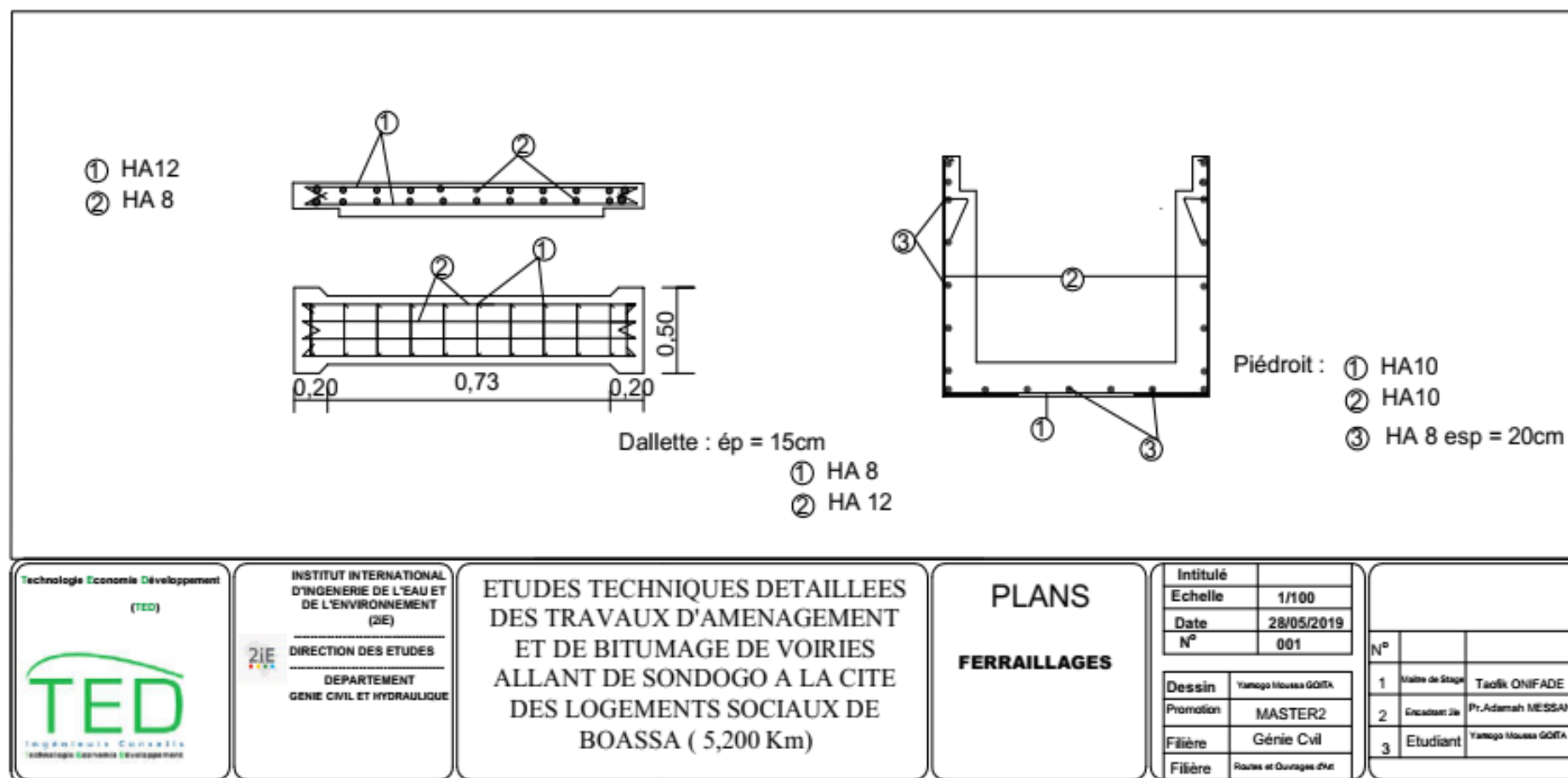
MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Tableau 38 : Plan de Radier submersible



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Tableau 39: Plan de ferrailage du caniveau



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Tableau 40: Plan de coffrage

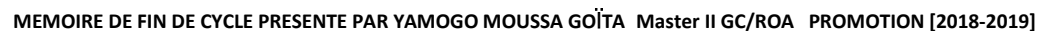
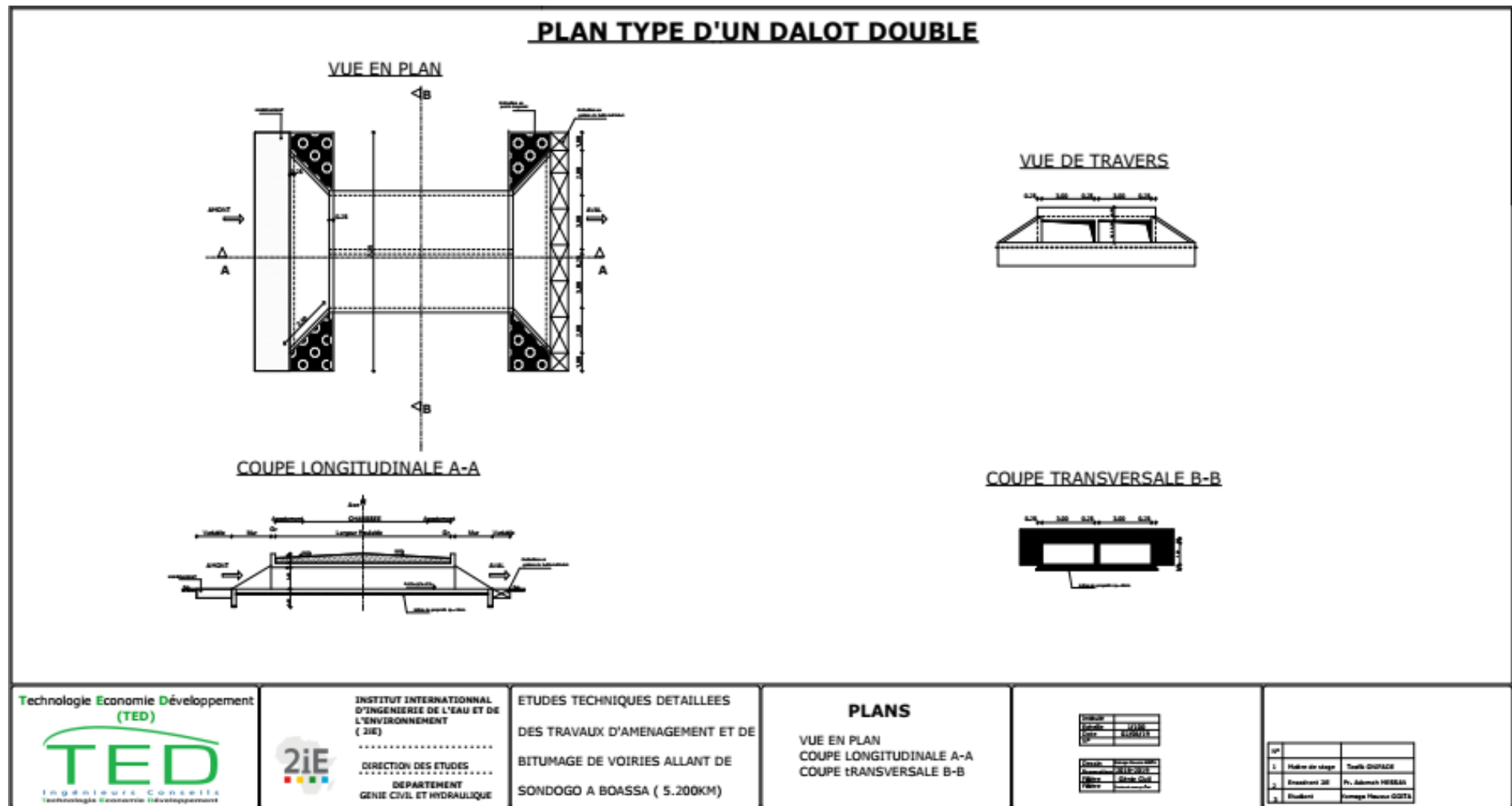
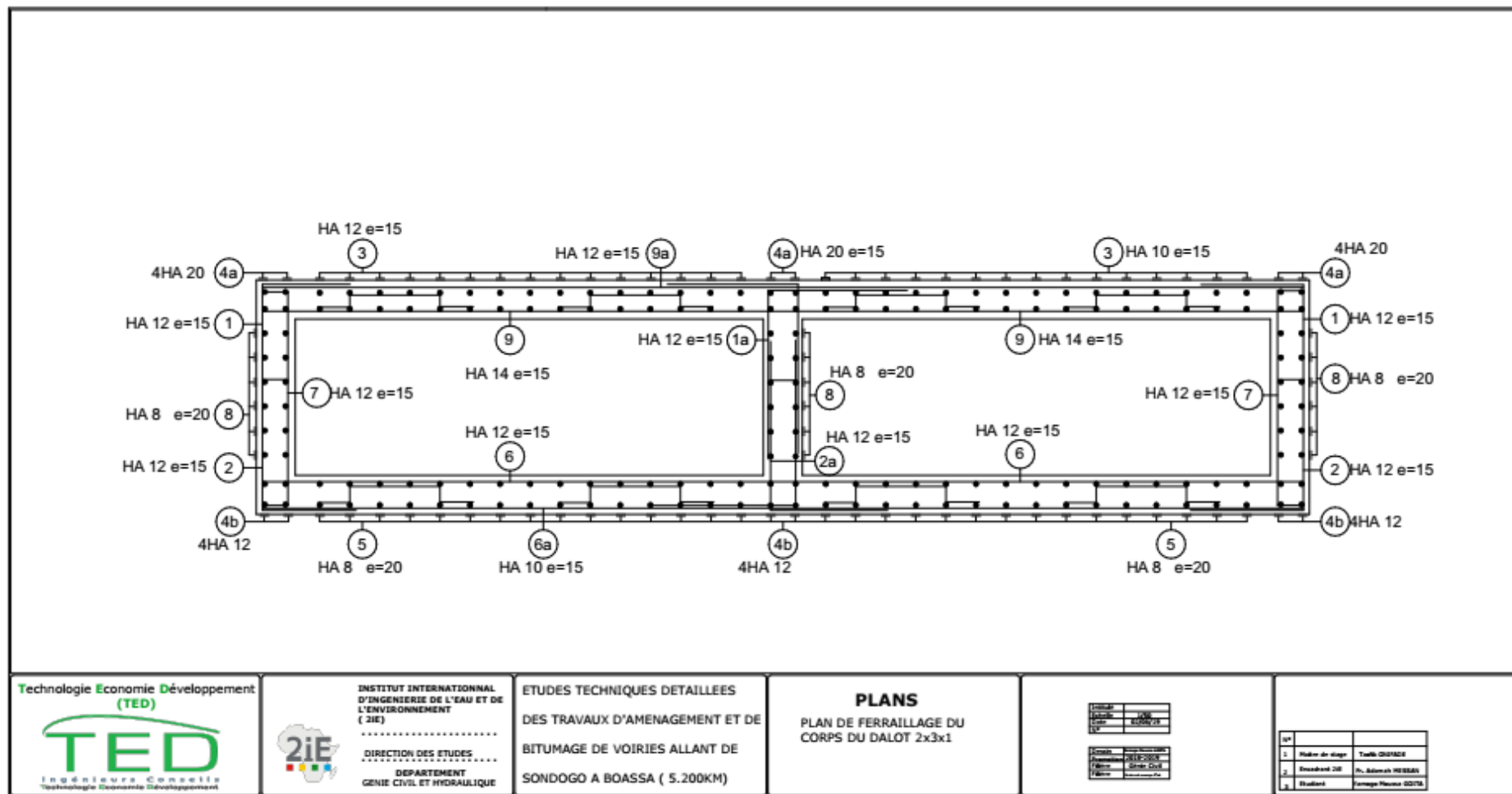


Tableau 41: Plan Type du Dalot à 2 cellules



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]

Tableau 42: Ferrailage du corps du Dalot



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE PRESENTE PAR YAMOGO MOUSSA GOÏTA Master II GC/ROA PROMOTION [2018-2019]