ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT, DE BITUMAGE ET D'ASSAINISSEMENT DE LA ROUTE REGIONALE N°11 (RR11) KOLINKA-FARA-POURA CARREFOUR (92 KM) AU BURKINA FASO : TRONCON DU PK 0 AU PK10+00

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

MASTER - SPECIALITE GENIE CIVIL-BATIMENTS ET TRAVAUX PUBLICS

Présenté et soutenu publiquement le 21/07/2026 Par :

NITIEMA Kiswendsida Andy Kevin (20230361)

Encadrant 2iE : M. Amadou SIMAL, Enseignant, Directeur des Services Généraux, Institut 2iE

Maître de stage : M. OUSSENI NIKIEMA, Ingénieur projeteur chez COGEB INTERNATIONAL

Structure d'accueil : COGEB INTERNATIONAL SA.

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Babakar LEYE

Membres et correcteurs : M. Daroche G. NGOUDIMAMBA SAH

M. Ulrich TAMEGHE

Promotion [2025/2026]

DEDICACE

Je dédie ce mémoire :

À mon père, Rinkinmaneba Jacob NITIEMA, en témoignage de ma profonde gratitude, pour avoir semé en moi la culture de l'excellence et pour avoir toujours veillé à créer les conditions nécessaires à ma réussite. Grâce à ses sacrifices consentis tout au long de mon parcours, j'ai pu poursuivre mes études avec sérénité. Qu'il trouve dans ce travail l'expression de ma profonde reconnaissance.

À ma mère, Aline Houébé SOUGUE, pour toute l'amour inestimable, la présence affectueuse, son courage exemplaire, et les lourds fardeaux qu'elle a portés pour ses fils. Elle a été et demeure une source de force, de réconfort et de motivation.

À mes petits frères Kelly et Ange NITIEMA, pour tous ces moments de joie partagés. Puissiez-vous trouver dans ce travail, un encouragement à poursuivre vos propres ambitions avec détermination.

À mes grandes mères, mes cousins, cousines, tantes, oncles et amis pour votre soutien, vos prières, vos conseils et encouragements.

Vous avez tous, à votre manière, posé une pierre à l'édifice de ce travail. C'est donc avec une profonde gratitude et une sincère humilité que je vous dédie ces pages, en espérant vous rendre fiers. Puissent les valeurs que vous m'avez transmise continuer de guider mes pas dans mes initiatives futures.

REMERCIEMENTS

À l'issue de ce stage déterminant pour l'obtention du diplôme d'ingénieur, nous souhaitons exprimer notre profonde reconnaissance envers tous ceux qui ont contribué d'une quelconque manière à la réalisation de ce travail. Ces remerciements sont principalement à l'intention de :

- L'administration et le corps enseignant de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement pour leur dévouement quotidien visant à garantir une formation de qualité et une préparation adéquate à l'insertion professionnelle ;
- M. Amadou SIMAL, mon directeur de mémoire, enseignant à l'Institut 2iE, Directeur des Services Généraux de l'Institut pour ses précieux encadrements, ses conseils et ses recommandations ;
- M. Moctar MANDO, l'Administrateur Général de COGEB INTERNATIONAL pour nous avoir reçu en tant que stagiaire dans son entreprise ;
- M. Ousseni NIKIEMA, mon maître de stage, pour sa disponibilité, son encadrement et son expertise qui ont grandement enrichi mon expérience professionnelle.
- M. Abdel Aziz Tall, pour la confiance accordée, les encouragements et son appui dans l'obtention de ce stage.
- M. Jacques Bougoumpiga, conducteur des travaux, pour le partage d'expérience et de savoir et ce malgré un emploi du temps très chargé ;
- Tout le personnel de COGEB INTERNATIONAL pour leurs conseils et leur accompagnement pendant toute la durée de notre stage ;

• À tous les membres de ma famille, pour leur soutien constant et leurs encouragements ;

• Mes camarades, et amis, pour les échanges fructueux, et la collaboration enrichissante ;

À tous celles et ceux dont les noms n'ont pas pu être cités, qu'ils trouvent en ces mots l'expression de notre profonde gratitude.

RESUME

Le présent mémoire porte sur les études techniques détaillées des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de la Route Régionale n°11 (RR11) reliant Kolinka à Poura Carrefour, au Burkina Faso. L'étude concerne spécifiquement le tronçon compris entre le PK0 et le PK10, d'un linéaire de 10 km.

L'objectif principal de cette étude est de proposer une conception technique optimale garantissant la durabilité de l'infrastructure, la sécurité des usagers et l'amélioration des conditions de circulation. Pour ce faire, les travaux se sont appuyés sur l'exploitation des données topographiques, géotechniques, hydrologiques et de trafic.

L'étude géométrique a permis de définir les caractéristiques du tracé conformément aux normes en vigueur. Les investigations géotechniques ont mis en évidence une plateforme de classe S4 présentant une bonne portance, tandis que l'analyse du trafic a conduit à classer la route dans la catégorie T2 selon le guide CEBTP. Le dimensionnement de la chaussée, réalisé suivant la méthode CEBTP et vérifié à l'aide du logiciel ALIZÉ-LCPC, a conduit au choix d'une structure souple composée d'un enduit superficiel tricouche, d'une couche de base en graveleux latéritique naturel de 20 cm et d'une couche de fondation en graveleux latéritique naturel de 20 cm.

L'étude hydrologique a permis de délimiter quatre bassins versants et cinq sous-bassins versants influençant le tronçon étudié. Les débits de projet ont été déterminés à l'aide des méthodes Rationnelle, ORSTOM, CIEH et CAQUOT, puis utilisés pour le dimensionnement hydraulique des ouvrages d'assainissement et de franchissement. Une analyse environnementale et sociale a également été réalisée afin d'identifier les impacts potentiels du projet et les mesures d'atténuation associées.

L'estimation financière des travaux a permis d'évaluer le coût global du projet à **5 564 556 855 FCFA TTC**. Les résultats obtenus confirment la faisabilité technique du projet et constituent une base fiable pour sa mise en œuvre, contribuant ainsi au désenclavement et au développement socio-économique des localités desservies.

Mots-clés : ALIZÉ-LCPC, bassins versants, dimensionnement, estimation financière, hydrologie, hydraulique, Kolinka, Niégo, RR11.

ASBTRACT

This study focuses on the detailed technical studies for the upgrading, paving and drainage works of Regional Road No. 11 (RR11) linking Kolinka to Poura Carrefour in Burkina Faso. The study specifically covers the 10 km section between PK0 and PK10.

The main objective of the study is to develop an optimal technical design capable of ensuring the durability of the infrastructure, improving road safety and enhancing traffic conditions. The study was based on the analysis of topographical, geotechnical, hydrological and traffic data collected within the project area.

The geometric design study made it possible to define the road alignment in accordance with current design standards. Geotechnical investigations revealed a class S4 subgrade with good bearing capacity, while traffic analysis classified the road as a T2 traffic category according to the CEBTP guidelines. Pavement design was carried out using the CEBTP method and verified with the ALIZÉ-LCPC software. The final pavement structure consists of a triple surface dressing, a 20 cm natural lateritic gravel base course and a 20 cm natural lateritic gravel subbase course.

The hydrological study led to the delineation of four watersheds and five sub-watersheds influencing the project area. Design discharges were estimated using the Rational, ORSTOM, CIEH and CAQUOT methods and subsequently used for the hydraulic design of drainage and crossing structures. An environmental and social assessment was also conducted to identify potential project impacts and propose appropriate mitigation measures.

The cost estimate evaluated the total project cost at **5 564 556 855 CFA francs including taxes**. The results confirm the technical feasibility of the project and provide a reliable basis for its implementation, thereby contributing to improved accessibility and socio-economic development within the project area.

Keywords: ALIZÉ-LCPC, cost estimate, hydrology, hydraulics, Kolinka, Niégo, RR11, watershed.

LISTE DES ABBREVIATIONS

Sigle / Abréviation	Signification
2IE	: Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
ARP	: Aménagement des Routes Principales
BAEL	: Béton Armé aux Etats Limites
BCEOM	: Bureau d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer
BV	: Bassin versant
CAM	: Coefficient d'Agressivité Moyen
CBR	: California Bearing Ratio
CEBTP	: Centre Expérimental des recherches et des études du Bâtiment et Travaux Publics
CIEH	: Comité Inter Etats d'Etudes Hydrauliques
COGEB	: Construction Générale du Burkina Faso
CRT	: Coefficient de Répartition Transversale
EIES	: Etude d'Impact Environnemental et social
ELS	: Etats Limites de Service
ELU	: Etats Limites Ultime
FCFA	: Franc des Colonies Françaises d'Afrique
GLA	: Graveleux Latéritique amélioré au Concassé o/d
GLC	: Graveleux Latéritique amélioré au Ciment
GLN	: Graveleux Latéritique Naturel
HA	: Haute Adhérence
HT	: Hors Taxe
LCPC	: Laboratoire Central des Ponts et chaussées
Mser	: Moment fléchissant à l'ELS
Mu	: Moment fléchissant à l'ELU
NE	: Nombre d'essieu Equivalent
NPL	: Nombre de Poids Lourds
OPM	: Optimum Proctor Modifié
OSTROM	: Office des recherches Scientifiques et Techniques d'Outre-Mer
PK	: Point Kilométrique
PL	: Poids Lourd
RN	: Route National

RR	: Route Régionale
SBV	: Sous-Bassin versant
SETRA	: Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes
SRTM	: Shuttle Radar Topography Mission
TDR	: Termes de Reference
TED	: Technologie-Economie-Développement
TMJA	: Trafic Moyen Journalier Annuel
TN	: Terrain Naturel
TVA	: Taxe sur Valeur Ajoutée
UTM	: Transverse Universelle de Mercator

TABLE DES MATIERES

DEDICACE ..... *i*
REMERCIEMENTS ..... *ii*
RESUME ..... *iii*
ASBTRACT ..... *iv*
LISTE DES ABBREVIATIONS ..... *v*
TABLE DES MATIERES ..... *vii*
LISTE DES TABLEAUX ..... *x*
LISTE DES FIGURES ..... *xii*
INTRODUCTION GENERALE *1*
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET ... *2*
I. Présentation de la structure d'accueil **2**
1. Présentation générale 2
2. Domaines d'activités 2
3. Fiche Signalétique 2
II. PRESENTATION DU PROJET **3**
1. Contexte et Justification du projet 3
2. Situation Géographique 4
3. Objectifs de l'étude 5
3.1. Objectif global 5
3.2. Objectifs spécifiques 5
4. Données de base 6
4.1. Données topographiques 6
4.2 Données Géotechniques 6
4.3 Données du trafic 7
5. Acteurs du projet 7
CHAPITRE II : ETUDE GEOMETRIQUE DE LA ROUTE ET DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE *8*
I. Conception géométrique de la route **8**
1. Choix du type et de la catégorie de route 8
2. L'axe en plan 10
3. Le profil en long 11
4.Le profil en travers 12
5. Résultat de la conception géométrique 12
II. Dimensionnement de la structure de chaussée **13**
1. Notions générales, rôles et types des couches de chaussée 13
1.1 Notions générales et rôle des couches de chaussées 13
1.2 Les types de structures d'une chaussée 15
2. Caractérisation de la plateforme 16
3. Etude du trafic 19
4. Détermination de la variante retenue et des épaisseurs des différentes couches de chaussée 21
4.1 Méthode de dimensionnement 21
4.2 Choix des variantes des couches de chaussées 22
5. Vérification de la structure de chaussée par la méthode LCPC 22
5.1 Théorie de vérification des contraintes et déformations 22

5.2 Caractérisation des modules élastiques des couches d'assise et de la plateforme....23
5.3 Évaluation des contraintes de déformations admissibles....24
5.4 Résultats et interprétations....24

CHAPITRE III : ETUDE HYDROLOGIQUE, HYDRAULIQUE ET DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DES OUVRAGES 27

I. Etude hydrologique 27
1.Pluviométrie et Période de retour....27
1.1 Période de retour....27
1.1 Pluviométrie....27
2. Délimitation des bassins versants....28
3. Caractéristiques des bassins versants....29
4. Méthodologie d'estimation des débits....30
4.1 Méthode rationnelle....30
4.2 Méthode ORSTOM....32
4.3 Méthode CIEH....32
4.4 Méthode superficielle de CAQUOT....33
5. Résultats des calculs de débits de crue....33
5.1 Méthode rationnelle....33
5.2 Méthode ORSTOM....35
5.3 Méthode CIEH....36
5.4 Méthode CAQUOT....36
6. Débit de projet....37

II. Etude hydraulique 37
1. Dimensionnement des sections hydrauliques des dalots....37
2. Détermination des sections hydrauliques des ouvrages longitudinaux (fossés et caniveaux)....39
2.1 Détermination des sections hydrauliques des caniveaux....39
2.2 Dimensionnement hydraulique des fossés latéraux....40

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DES OUVRAGES.... 42

I. Dimensionnement structurel des dalots.... 42
1.Hypothèse de calcul....42
1.1 Règlements et instructions....42
1.2 Caractéristiques des matériaux....42
2. Méthode de calcul....43
2.1 Principe général de calcul....43
2.2 Principe de calcul des sollicitations....43
3. Evaluation des charges appliquées à l'ouvrage....44
3.1 Charges permanentes....44
3.2 Charges d'exploitations....44
4. Calcul des sollicitations....45
5. Résultats des calculs des sections d'aciers....46

II. Dimensionnement structurel de caniveaux.... 47
1. Références normatives et critères de calcul....47
2. Caractéristiques des matériaux....48
3. Identification des charges agissant sur l'ouvrage....48
4. Calcul des sollicitations....48
5. Résultats des calculs des sections d'aciers....49

III. Etude d'Avant-projet du Pont au PK 9+650.... 49
1. Choix du type de pont....49
2. Conception du pont....51

CHAPITRE IV : SIGNALISATION, SECURITE ET AMENAGEMENT ROUTIER 56

I. Signalisation routière 56
1.1 Signalisation temporaire 56
1.2 Signalisation permanente 56
1.2.2 Signalisation horizontale permanente 58
II. Sécurité routière 58
III. Aménagement routier 58
CHAPITRE V : NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL 60
I. Rappel du cadre législatif et réglementaire 60
II. Impacts et risques potentiels du projet 60
1. Impacts et risques sur le milieu biophysique 60
1.1. Faune et microfaune 60
1.2 Qualité de l'air et ambiance sonore 60
1.3 Végétation et sols 61
1.4 Ressources hydriques locales 61
2. Impacts et risques du projet sur la population 61
2.1 Economie et marché du travail 61
2.2 Hygiène, santé et sécurité 61
III. Mesures environnementales et sociales 61
IV. Conclusion et Recommandations 63
CHAPITRE : AVANT METRE ET ESTIMATION FINANCIERE DU PROJET 64
I. Avant métré 64
II. Devis estimatif 64
CONCLUSION GENERALE 66
RECOMMANDATIONS 68
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE 69
ANNEXES I

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Les coordonnées de début et de fin du projet 4
Tableau 2: Les caractéristiques des types de route 9
Tableau 3 : Valeur des rayons du tracé en plan 10
Tableau 4 : Récapitulatif des résultats du tracé géométrique 13
Tableau 5 : classe de portance de la plateforme selon CEBTP [5] 17
Tableau 6: Identification des sondages et de leur portance 17
Tableau 7 : Trafic en nombre cumulé de poids lourds sur la durée de vie 20
Tableau 8 : Données d'entrée des calculs de dimensionnement de la chaussée 20
Tableau 9 : Application et Résultats des calculs 21
Tableau 10 : Les trois variantes sélectionnées 22
Tableau 11 : Classe de plateforme suivant la méthode LCPC 24
Tableau 12 : Composition de la variante 1 de la structure de chaussée 24
Tableau 13 : Résultats 1 du dimensionnement assisté par Alize-LCPC 25
Tableau 14 : Résultats 2 du dimensionnement assisté par Alize-LCPC 25
Tableau 15: Les caractéristiques de chaque bassin versant. 29
Tableau 16 : Les caractéristiques des sous-bassins versants 30
Tableau 17 : Coefficients de Montana 31
Tableau 18 : Résultat du débit calculé par la méthode rationnelle 35
Tableau 19 : Débits obtenus par la méthode ORSTOM 35
Tableau 20 : Résultats des débits par la méthode CIEH 36
Tableau 21 : Résultats des débits par la méthode CAQUOT 36
Tableau 22 : Récapitulatif des débits retenus pour le projet 37
Tableau 23 : Récapitulatif des sections dalots retenus 39
Tableau 24 : Récapitulatif des sections des caniveaux retenues 40
Tableau 25 : Récapitulatif des charges permanentes 44
Tableau 26 : Récapitulatif des surcharges routières 45
Tableau 27 : Récapitulatif des sollicitations 46
Tableau 28 : Récapitulatif des sections d'acier du dalot 4x250x200 47
Tableau 29 : Récapitulatif des sollicitations du caniveau 120 x 120 49
Tableau 30 : Récapitulatif des sections d'aciers 49
Tableau 31 : analyse multicritère pour le choix du type de pont 50
Tableau 32 : Calcul du nombre de poutres selon le guide Calgaro 52

Tableau 33 : Choix des épaisseurs des hourdis 53
Tableau 34 : Dispositifs de signalisation verticale permanente 57
Tableau 35 : Mesures environnementales et sociales 62
Tableau 36 : Récapitulatif du devis estimatif du projet 65

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de la localisation de la zone du projet 5
Figure 2 : Schema illustratif du principe de tracé d'un axe en plan 10
Figure 3 : Schema illustratif du principe de tracé d'un profil en long 12
Figure 4 : La nomenclature routière d'après Mr Marc Comberé,Ingénieur Génie Civil, Enseignant à l'Institut 2IE 15
Figure 5: Structure de chaussée définitive du projet 26
Figure 6 : Présentation des bassins versants dans la zone du projet 29
Figure 7 : Fossé triangulaire 40
Figure 8 : Coupe transversale du dalot 4×250×200 43
Figure 9 : Application des charges permanentes sur l'ouvrage 44
Figure 10 : Signalisation temporaire : Attention travaux/ Signal de fin de chantier/ Indication de chantier important/Cone de signalisation/ Fin de déviation/ Rétrécissement de la chaussée/ Route barrée à 300m [16] 56
Figure 11 : Proposition du type d'aménagement au PK0+00 59

INTRODUCTION GENERALE

Le développement économique et social d'un pays repose en grande partie sur la qualité de ses infrastructures de transport. A ce titre, les routes occupent une place très importante en assurant la mobilité des personnes et des biens, le désenclavement des zones de production ainsi que l'accès aux services sociaux de base. Au Burkina Faso, l'amélioration du réseau routier constitue un enjeu majeur pour soutenir la croissance économique, cependant, plusieurs localités demeurent confrontées à des difficultés d'accessibilité dues à l'insuffisance d'infrastructures routières. Ces contraintes entraînent une augmentation des coûts de transport, une réduction des opportunités économiques et une limitation de l'accès aux services essentiels.

Face à cette situation, l'État burkinabè a engagé plusieurs programmes d'aménagement et de bitumage visant à moderniser le réseau routier national et à promouvoir un développement harmonieux du territoire. Toutefois, une route doit satisfaire des conditions de stabilité, de rigidité, de confort et de durabilité. C'est dans cette optique que s'inscrit ce projet intitulé :

« **Etude technique détaillée des travaux d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de la route régionale n°11 (RR11) Kolinka – Fara – Poura– Poura carrefour (92km) au Burkina Faso : tronçon du PK 0 au PK 10** ».

L'objectif principal de cette étude est de proposer une conception optimale de cette infrastructure. Ainsi, les travaux porteront sur la conception géométrique de la route, le dimensionnement de la structure de chaussée, les études hydrologiques et hydrauliques, le dimensionnement des ouvrages d'assainissement et de franchissement, l'évaluation des impacts environnementaux et sociaux ainsi que l'estimation financière du projet.

Pour atteindre ces objectifs, une démarche fondée sur l'exploitation des données topographiques, géotechniques, hydrologiques et de trafic a été adoptée dans le respect des normes techniques en vigueur.

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

I. Présentation de la structure d'accueil

1. Présentation générale

Le groupe COGEB INTERNATIONAL est une Société Anonyme au capital social de 1 milliard de francs CFA. Créé en 1993 par l'actuel Administrateur Général monsieur Moctar MANDO, le Groupe est inscrit au registre de commerce de la ville de Ouagadougou sous le n° BF-OUA2004-B-2405. Avec pour vision « **Une Afrique émergente avec et par ses fils** », COGEB INTERNATIONAL incarne l'expérience, la rigueur, et l'engagement pour le développement des infrastructures en Afrique.

Le siège de COGEB INTERNATIONAL est situé au Burkina Faso dans la capitale Ouagadougou précisément dans le quartier Wayalghin Secteur 45, Arrondissement n°10 près de l'École Nationale des Régies Financières (ENAREF).

2. Domaines d'activités

Le groupe intervient dans divers domaines du génie civil et de l'eau tels que les routes, les bâtiments et travaux publics, les ouvrages hydrauliques, les aménagements hydro-agricoles et la production industrielle de granulats.

Le groupe possède des filiales que sont :

AFRIC IMMO : s'occupant principalement des constructions en bâtiments

AFRIC FORAGE : réalisation des forages

AFRIC CARRIERES : production et commercialisation de granulats industriels

AFRIC BETON : production et commercialisation de béton à la demande

3. Fiche Signalétique

Raison sociale : COGEB INTERNATIONAL SA

Année de création : 1993

Adresse du siège : 625, Rue Rizmzekedo 27-02-Lot 25, Parcelle 02/ 06 BP 9760 Ouagadougou 06

Email : info@cogeb.international

Site internet : www.cogeb.international

Téléphone : (00226) 25 36 51 58 / (00226) 25 36 54 78

Directeur Général : Moctar MANDO

II. PRESENTATION DU PROJET

1. Contexte et Justification du projet

Le réseau routier constitue un levier fondamental du développement économique et social. Au Burkina Faso, l'insuffisance d'infrastructures routières modernes dans certaines zones rurales limite encore les échanges économiques et l'accès des populations aux services sociaux de base.

C'est le cas de la route régionale n°11 (RR11), reliant Kolinka – Fara – Poura Carrefour. Avant le projet, cette route était majoritairement en terre et fortement dégradée, rendant la circulation difficile, voire impraticable en saison des pluies, et freinant ainsi la mobilité des personnes et des biens.

Pourtant, la zone desservie présente un fort potentiel économique. La commune de Fara constitue un pôle administratif et commercial important, tandis que Poura est reconnue pour ses activités minières, notamment l'exploitation aurifère. L'amélioration de cet axe routier apparaît donc essentielle pour soutenir les échanges économiques et renforcer la connectivité entre ces localités stratégiques.

Dans ce contexte, le Gouvernement du Burkina Faso, à travers le Ministère des Infrastructures et du Désenclavement, a lancé le projet de construction et de bitumage de la RR11 sur le tronçon Kolinka – Fara – Poura Carrefour (environ 92 km). Ce projet s'inscrit dans une politique de désenclavement des zones rurales et de modernisation du réseau routier national.

Il vise principalement à améliorer les conditions de circulation, faciliter l'évacuation des produits agricoles et miniers, réduire les coûts et les temps de transport, renforcer la sécurité routière et, de manière générale, contribuer au développement socio-économique des populations de la zone.

Les études ont pour but d'évaluer la rentabilité (économique, la viabilité environnementale et sociale) du projet, de déterminer, concevoir et quantifier la nature des interventions et aménagements à appliquer à la route.

Cependant, **il est essentiel de noter que notre présente étude portera uniquement sur un linéaire de 10km allant du pk0 au pk10.**

2. Situation Géographique

Le projet de bitumage de la route régionale N°11 débute à Kolinka dans la région du Djôrô et s'achève à Poura Carrefour dans la région de Bankui. Elle prend son origine à la jonction de la RR11 avec la RN 20 (route Ouessa–Léo) dans la localité de KolinKa plus précisément au PK5+700 de la RN20 et prend fin à l'intersection de la RR11 avec la RN01 (route Ouagadougou – Bobo Dioulasso) dans la localité communément appelé "Poura Carrefour". Notre tronçon d'étude porte sur un linéaire de 10 km à partir du PK0 au PK10. Ce tronçon traverse deux agglomérations à savoir Kolinka, Niégo. Les coordonnées de début et de fin du projet sont consignées dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Les coordonnées de début et de fin du projet

POINTS KILOMETRIQUES	COORDONNEES	
	Longitude	Latitude
PK0+00	2°43'50.7"W	11°03'15.7"N
PK10+00	2°42'56.56"W	11° 7'59.49"N

La figure 1 ci-dessous présente la localisation de la zone d'étude ainsi que le tracé de la route faisant l'objet de notre projet. Nous pouvons également apercevoir les localités avoisinantes. Cette carte permet de mieux appréhender l'environnement géographique du projet.

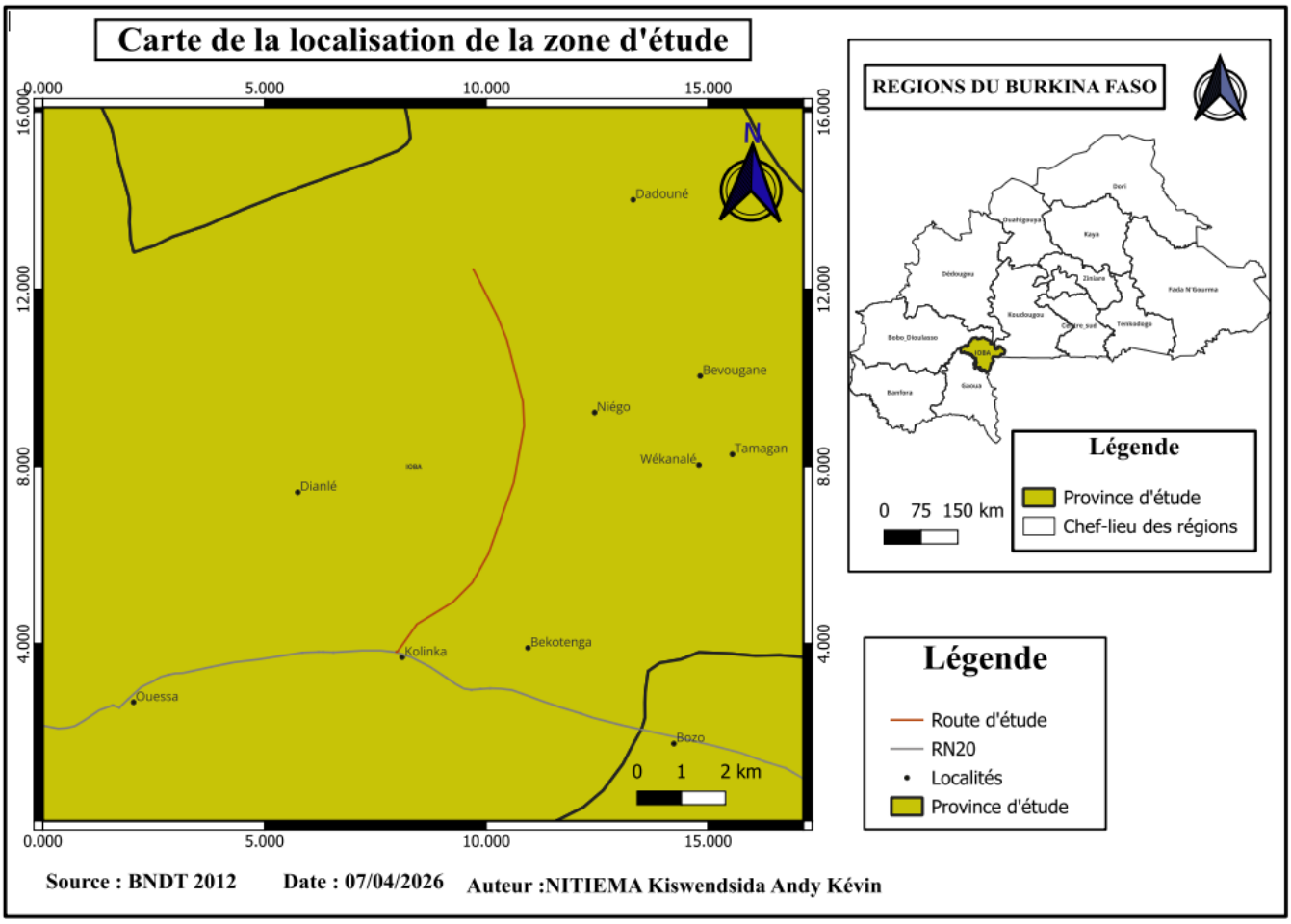


Figure 1 : Carte de la localisation de la zone du projet

3. Objectifs de l'étude

3.1. Objectif global

L'objectif général de cette étude est de réaliser une étude technique détaillée relative au projet d'aménagement de la route régionale n°11, comprise entre le PK0 et le PK10, et traversant les localités de Kolinka et Niégo. Cette étude vise à déterminer de manière rigoureuse l'ensemble des caractéristiques géométriques, géotechniques et structurales de la chaussée, ainsi que les dispositions techniques nécessaires à la conception de l'infrastructure. Elle permettra ainsi de proposer des solutions d'aménagement optimales, conformes aux normes en vigueur, afin de garantir la durabilité de l'ouvrage, la sécurité des usagers et l'amélioration des conditions de mobilité, tout en contribuant au développement socio-économique des zones desservies.

3.2. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques qui suivent détaillent les différentes étapes et aspects techniques de l'études :

✓ Réaliser la conception géométrique de notre route ;

✓ Dimensionner la structure de chaussée ;

✓ Concevoir et dimensionner les ouvrages hydrauliques ;

✓ Faire une notice d'impact environnemental et social du projet ;

✓ Evaluer le coût total du projet

4. Données de base

L'élaboration de ce document repose sur la collecte préalable de données de base essentielles.

4.1. Données topographiques

Les données topographiques constituent un élément fondamental dans la conception et l'étude du projet routier. Elles permettent de caractériser avec précision le relief du terrain naturel traversé par le tracé, en identifiant les altitudes, les pentes longitudinales et transversales, ainsi que les différentes contraintes physiques du site. Elles servent de base à l'établissement du profil en long et des profils en travers et permettent d'optimiser le tracé en minimisant les volumes de déblais et de remblais. À cet effet, une campagne de levés topographiques a été menée sur le terrain, mobilisant deux brigades topographiques, chacune placée sous la responsabilité d'un ingénieur topographe qualifié.

Les données issues de ces levés ont fait l'objet d'un traitement numérique à l'aide des logiciels COVADIS et AUTOCAD, en vue de l'élaboration d'un fond topographique détaillé et fiable, servant de base aux études de conception. L'ensemble des données topographiques nous a été fourni par l'entreprise sous format numérique, principalement au format DWG.

4.2 Données Géotechniques

Les données géotechniques regroupent l'ensemble des informations relatives aux propriétés physiques et mécaniques des sols rencontrés le long des différents tronçons du projet. L'entreprise a mis à notre disposition un rapport géotechnique présentant une synthèse des résultats des essais réalisés, aussi bien sur la plateforme que sur les matériaux issus des carrières destinées aux travaux. Les essais réalisés sont au nombre de quatre à savoir : l'analyse granulométrique ; les limites d'Atterberg ; l'essai Proctor modifié ; l'essai CBR.

- Reconnaissance des sols de la plateforme

Elle a pour but principal de déterminer la nature et la portance des sols supports, la classification des matériaux, et de prendre connaissance des précautions particulières à observer. Dans le but d'atteindre les objectifs cités, plusieurs moyens ont été mis en œuvre :

- Implantation judicieuse d'un sondage manuel tous les 1000 mètres en moyenne
- Exécution du sondage sur au moins 1 mètre de profondeur conformément aux règles de l'Art
- Constitution d'échantillons pour essai au laboratoire

➢ Analyse des sites d'emprunts

Il s'agit d'identifier des sites naturels de graveleux latéritiques présentant des caractéristiques géotechniques adéquates ainsi que des volumes suffisants pour la réalisation des couches de chaussée, notamment les couches de fondation et de base.

En dehors des matériaux de viabilité pour corps de chaussée, d'autres recherches de granulats, de matériaux rocheux et de sites de sable pour béton hydrauliques et revêtement ont été effectuées. Il s'agissait d'identification de site de sable, de quartz et de granite dont les caractéristiques géotechniques et les volumes sont suffisants pour l'exécution des ouvrages et le revêtement. Les résultats des essais réalisés sont présentés en annexe I.

4.3 Données du trafic

Les données du trafic correspondent aux informations collectées concernant le mouvement des véhicules sur l'ensemble des différents tronçons. Ces données nous ont été transmises par la structure d'accueil. Le tableau résumant les résultats du comptage routier effectué par le consultant est disponible en annexe I.

5. Acteurs du projet

Plusieurs acteurs entrent en compte pour la réalisation de ce projet. Ce sont :

- ➢ Les bailleurs de fonds : ce sont la BOAD à 95% et le Gouvernement Burkinabé à 5%
- ➢ Le maitre d'ouvrage : il s'agit du Gouvernement Burkinabé
- ➢ Le maitre d'œuvre : CAEM ingénierie
- ➢ L'entreprise : COGEB international

CHAPITRE II : ETUDE GEOMETRIQUE DE LA ROUTE ET DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE

I. Conception géométrique de la route

La conception géométrique d'une route est le processus permettant de définir les caractéristiques physiques de la route. Elle permet d'obtenir le tracé en plan, le profil en long et les profils en travers de la route. Le but de l'étude géométrique est de proposer une conception optimale afin d'assurer la sécurité et le confort des usagers, aussi d'assurer un trafic fluide, d'adapter la route au contexte environnemental, socio-économique et financier. Durant ce travail, nous utiliserons principalement comme outil le logiciel COVADIS-AUTOPISTE.

Dans le cadre de notre projet qui traite de l'étude d'une route principale, nous nous appuierons sur les recommandations du guide<<**Aménagement des routes Principales (ARP) du SETRA**>> [1]

1. Choix du type et de la catégorie de route

Il existe plusieurs types de routes, dont le choix dépend essentiellement de l'objectif assigné à l'infrastructure à réaliser. Par ailleurs, au sein de chaque type de route, différentes catégories sont définies, lesquelles déterminent les principales caractéristiques du tracé.

- ❖ Type de route

Les trois types de routes principales interurbaines sont :

- Les routes de type L : elles désignent les routes de grande liaison, ce sont principalement les autoroutes.
- Les routes de type T : ce sont les routes express à une chaussée, pour lesquelles la fonction d'écoulement du trafic de transit à moyenne ou grande distance est privilégiée,
- Les routes de type R : elles constituent la majorité des réseaux des voies principales de rase campagne, ce sont les routes mais aussi les artères interurbaines.

Le tableau 2 qui suit présente les types de routes ainsi que leurs caractéristiques.

Tableau 2: Les caractéristiques des types de route

TYPE DE ROUTES	R (routes multifonctionnelles)		T (transit)	L (liaison)
	Routes	Artères interurbaines	Routes express (à une chaussée)	Autoroutes
Nombre de chaussées	1 chaussée	2 chaussées	1 chaussée	2 chaussées
Carrefours	Plans ordinaires, ou giratoires	Giratoires, ou plans sans traversée du T.P.C	Dénivelés	Dénivelés
Accès	Selon les cas, sans accès, ou accès possibles	Si accès, pas de traversée du T.P.C	Sans accès riverains	Sans accès riverains
Limitation de vitesse hors agglomération	90 km/h	110km/h ou 90 km/h	90 km/h	130 km/h ou 110 km/h
Traversée d'agglomération	Oui éventuellement		Non	Non
Catégories possibles (Cf. : point 1,1b)	R 60 ou R 80		T 80 ou T 100	L 100 ou L 120 (L 80)
Domaine d'emploi (à titre indicatif)	Fonction de liaison à courte ou moyenne distance et prise en compte des usages liés à l'environnement		Fonction de liaison à moyenne ou grande distance privilégiée	Fonction de liaison à moyenne ou grande distance privilégiée
Trafic a terme	Trafic moyen (1 chaussée)	Fort trafic (2 chaussées)	Trafic moyen	Fort trafic
Types de "sécurité des routes et des rues"	Voies principales en milieu rural		Voies isolées de leur environnement	

Source : Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales page17 [2]

Cours de route d'après Hervé BRUNEL page 28 [3]

Au regard des caractéristiques, nous opterons pour une route de type R ou T.

❖ Catégorie de route

Les contraintes topographiques ainsi que les considérations financières influencent le choix de la catégorie de route au sein de chaque type, laquelle détermine les caractéristiques géométriques minimales compatibles avec la voie retenue.

Les catégories de routes de type R sont les suivantes :

- La catégorie R 60 en relief vallonné : elle est généralement adaptée pour trouver un bon compromis entre les coûts et le confort en ce qui concerne les aspects dynamiques.
- La catégorie R 80 est généralement adaptée lorsque les contraintes de relief sont faibles.

Les catégories de routes de type T sont les suivantes :

- La catégorie T 80 est généralement bien adaptée en relief vallonné, en raison des objectifs de confort liés à ce type de route et des contraintes budgétaires.
- La catégorie T l00 est souvent appropriée lorsque les contraintes de relief sont faibles.

En sommes, la catégorie R 60 est recommandé en agglomération tandis que la catégorie T100 est la plus appropriée en rase campagne.

2. L'axe en plan

L'axe en plan d'une chaussée est la ligne centrale qui représente le tracé de la route en vue de dessus. Il est constitué d'alignements droits raccordés par des courbes. Le choix de notre tracé en plan doit permettre d'éviter les constructions et d'assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort des usagers.

Pour notre catégorie, les valeurs limites des paramètres du tracé en plan sont consignés dans le tableau 3 :

Tableau 3 : Valeur des rayons du tracé en plan

Catégorie de route	R60	T100
Rayon minimal : Rm (en m)	120	425
Rayon non déversé : Rnd (en m)	600	1300
Rayon au dévers minimal Rdm (m)	450	900

La figure 2 ci-dessous illustre le principe de tracé d'un axe en plan.

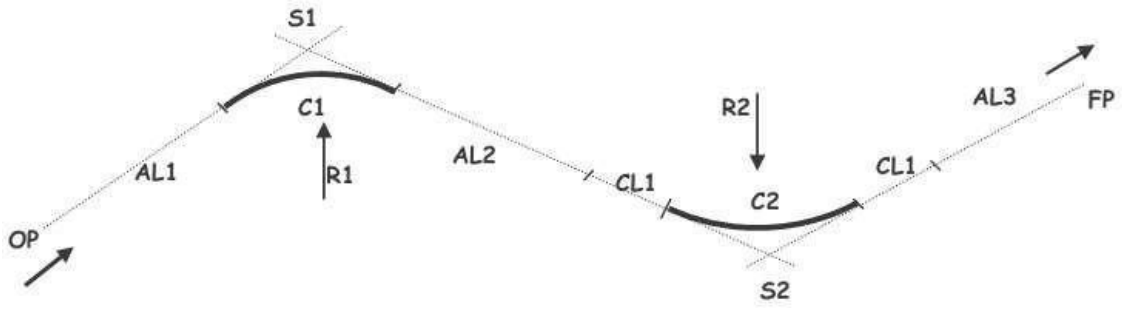


Figure 2 : Schema illustratif du principe de tracé d'un axe en plan

Source : Guide d'Aménagement des routes principales (ARP)

OP : Origine du projet **FP** : Fin du projet

AL : alignement droit **C** : Courbe circulaire

CL : clothoïde **R** : rayon de courbure

S : sommet des alignements

3. Le profil en long

Le profil en long est la représentation de l'axe d'un projet dans un plan vertical, illustrant la variation des altitudes du terrain naturel et du projet en fonction des distances cumulées. Il est similaire à ce que l'on percevrait en observation aérienne. Le profil en long traduit la succession des différentes déclivités le long de l'axe, notamment les rampes, les pentes descendantes ainsi que les sections à faible inclinaison. Ces éléments sont reliés entre eux par des courbes de raccordement, généralement paraboliques, assurant une transition progressive et confortable entre les variations de pente. Sa conception est faite de manière à optimiser les terrassements en assurant un équilibre aussi précis que possible entre les volumes de déblais et de remblais, contribuant ainsi à limiter les coûts de transport et de gestion des matériaux.

Les principaux paramètres géométriques associés au profil en long, définis selon la norme (ARP), sont présentés en annexe II. La figure 3 ci-dessous illustre le principe de tracé d'un profil en long.

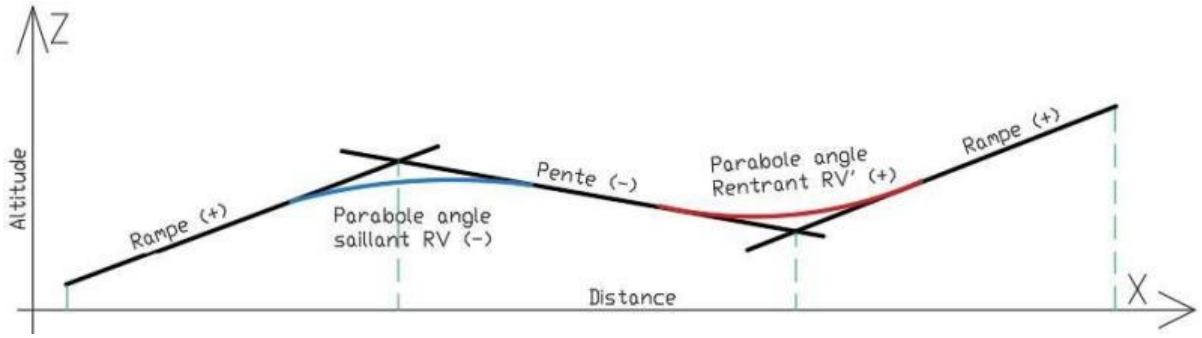


Figure 3 : Schema illustratif du principe de tracé d'un profil en long

4.Le profil en travers

Le profil en travers est la représentation d'une coupe perpendiculaire à l'axe de la route. Il permet d'identifier clairement les différentes composantes de la route, telles que l'assiette, la plateforme, la chaussée, les trottoirs ainsi que les ouvrages d'assainissement comme les caniveaux ou les fossés. Il présente également la structure de la chaussée en détaillant les différentes couches qui la composent, avec leurs épaisseurs respectives. On distingue généralement deux types de profil en travers :

- Le profil en travers type : est une coupe de référence définissant la configuration standard de la route (dimensions, pentes, couches). Il est établi selon le milieu traversé, en agglomération ou en rase campagne, avant d'être adapté aux conditions du terrain le long du tracé.
- Le profil en travers courant : Il s'agit d'une coupe réalisée à intervalles réguliers de 25 mètres le long du tracé, reflétant les conditions réelles du terrain. Il sert notamment au calcul des terrassements.

Les caractéristiques détaillées du profil en travers, telles que définies par la norme ARP, sont présentées en annexe II.

5. Résultat de la conception géométrique

Le tableau 4 qui suit présente un récapitulatif des principaux éléments du tracé routier, regroupés en trois parties essentielles : le tracé en plan, le profil en long, et les cubatures. Il met en lumière les caractéristiques géométriques du linéaire projeté comme les alignements droits, les pentes, les courbes circulaires, les rampes ainsi que les volumes de déblai et remblais.

Tableau 4 : Récapitulatif des résultats du tracé géométrique

Tracé en plan				Profil en long				Cubatures	
Paramètres géométriques	Nombre	Longueur (m)	Total (m)	Paramètres géométriques	Nombre	Longueur (m)	Total (m)	Désignation	Quantités (m3)
Alignement droit	8	7693,676	10000	Pentes et rampes	6	7827,018	10000,001	Déblais	130349.9
Courbes circulaires	7	2106,322							
Clothoides	4	200		Paraboles	4	2172,983		Remblais	157061.3

II. Dimensionnement de la structure de chaussée

Le dimensionnement de la structure de chaussée vise à définir une configuration optimale des différentes couches en fonction des matériaux disponibles dans la zone du projet pour la durée de vie projetée de la route.

1. Notions générales, rôles et types des couches de chaussée

1.1 Notions générales et rôle des couches de chaussées

Une couche de chaussée peut être décrite, comme un élément structurel horizontal de la route, constitué d'un matériau relativement homogène qu'il soit granulaire ou traité avec un liant hydraulique ou bitumineux. Elle est mise en place selon une épaisseur bien définie, en fonction des exigences de dimensionnement.

Son rôle principal est d'absorber les efforts générés par le trafic, puis de les répartir progressivement afin de limiter leur transmission directe au sol support. En parallèle, elle contribue à la durabilité globale de la chaussée en participant à sa résistance dans le temps, tout en assurant une certaine imperméabilité vis-à-vis des infiltrations d'eau, facteur essentiel pour la pérennité de l'ouvrage routier.

Cette pérennité repose sur une conception multicouche où chaque niveau joue un rôle spécifique au sein de la structure :

- La couche de surface : Il s'agit de la partie supérieure de la chaussée. Elle est généralement composée d'une couche de roulement, souvent associée à une couche de liaison. L'ensemble forme le revêtement de la chaussée. Cette couche est directement en contact avec les pneumatiques des véhicules et est exposée aux conditions climatiques. Elle a pour rôle d'assurer la résistance aux efforts horizontaux et verticaux, dus au trafic, de garantir l'étanchéité de la chaussée afin de limiter les infiltrations d'eaux et d'offrir aux usagers de bonnes conditions de confort et de sécurité.
- La couche de base : C'est un élément de l'assise de la chaussée, au même titre que la couche de fondation. Elle joue un rôle structurel essentiel en assurant la répartition des charges transmises par le trafic vers les couches inférieures.
- La couche de fondation : Elle est située entre la couche de base et le sol support (ou la couche de forme). Elle participe également à la diffusion des contraintes vers le sol support et assure une transition entre les couches supérieures de la chaussée et les couches de terrassement.

Sous la chaussée se trouve la zone de terrassement, qui prépare le support de la structure. Cette partie comprend plusieurs éléments :

- La couche de forme (pas toujours nécessaire) : est posée entre le sol support et la structure de chaussée. Elle permet d'améliorer les caractéristiques mécaniques du support, notamment sa portance et son homogénéité. Elle n'est pas systématiquement requise lorsque le sol support présente des caractéristiques suffisantes.
- L'arase terrassement correspond à la surface supérieure des travaux de terrassement. Elle constitue un niveau de réglage sur lequel peut reposer la couche de forme. Il s'agit d'une surface et non d'une couche.
- La plate-forme support de chaussée désigne le niveau supérieur prêt à recevoir les couches de chaussée. Elle correspond au sommet de la couche de forme lorsqu'elle existe, ou directement au sommet du sol support amélioré. Comme l'arase terrassement, elle constitue une surface et non une couche.
- Le sol support représente la partie supérieure du terrain naturel ou du remblai compacté. Il peut être constitué de sols de nature variée tels que des sols argileux, des sols marno-

calcaires, des sables ou des graves. Selon les cas, il correspond soit à une zone en remblai (sol rapporté), soit à une zone en déblai (sol en place excavé).

Cette structure en couches s'inscrit dans une organisation plus globale de la route comprenant l'emprise, la plate-forme, les accotements et les dispositifs de drainage comme le résume la figure 4.

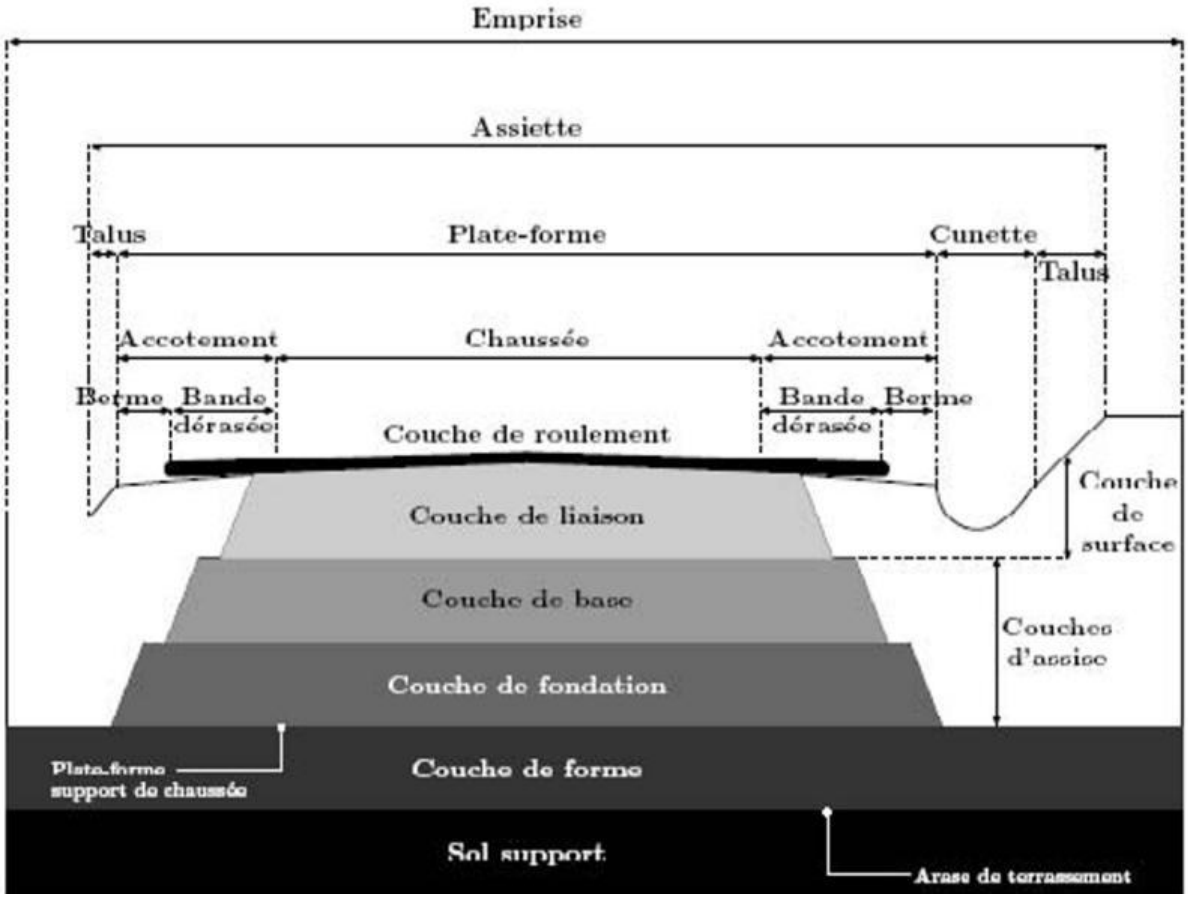


Figure 4 : La nomenclature routière

1.2 Les types de structures d'une chaussée

Il existe plusieurs types de structures de chaussée, tous choisi en fonction des critères comme : le trafic, le type de véhicules, les conditions climatiques et la nature du sol.

Les types de structures de chaussée comprennent en générale :

- Les chaussées souples constituées d'une couche bitumineuse mince inférieur à 15 cm posée sur des matériaux granulaires non traités (20 à 50 cm). C'est la structure la plus basique, utilisée pour les routes à faible trafic avec une épaisseur totale comprise entre 30 à 60 cm.[3]

- Les chaussées bitumineuses épaisses qui sont une couche de surface bitumineuse sur une assise en matériaux bitumineux traités (15 à 40 cm). Elles ne comportent pas de couche granulaire non traité, tout le corps de chaussée est traité aux liants hydrocarbonés.[3]
- Les chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques (semi-rigides) comprennent une couche de surface bitumineuse (6 à 14 cm) reposant sur des matériaux traités aux liants hydrauliques (20 à 50 cm). Elles offrent une bonne rigidité mais présente un risque de fissuration par retrait.
- Les chaussées à structure mixte combinent une couche bitumineuse en surface et en base (10 à 20 cm) avec une fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques (20 à 40 cm). La partie bitumineuse représente environ la moitié de l'épaisseur totale.
- Les chaussées à structure inverse qui ont une structure particulière avec, de haut en bas : une couche de surface bitumineuse, des matériaux bitumineux d'assise (10 à 20 cm), une grave non traitée d'environ 12 cm, des matériaux traités aux liants hydrauliques (15 à 50 cm), la plateforme support. La couche granulaire non traitée est intercalée entre deux couches traitées, d'où le nom « inverse ».
- Les chaussées en béton de ciment : Il en existe plusieurs variantes selon le type de dalles :[4]
  - Dalles non goujonnées avec fondation
  - Dalles goujonnées avec fondation
  - Dalles sans fondation
  - Béton armé continu type 1 et type 2

Le choix d'une structure de chaussée résulte d'une analyse multicritère intégrant le cout de construction, le cout d'entretien sur la durée de vie, le niveau de trafic et les contraintes du site. Ainsi, **la structure de chaussée retenue pour cette étude est une chaussée souple**.

2. Caractérisation de la plateforme

La plateforme de chaussée est la surface aménagée du terrain naturel qui permet de supporter la route. Elle comprend la chaussée elle-même et les zones latérales associées. En d'autres termes, il s'agit de la base sur laquelle on construit toutes les couches de la chaussée.

Selon le Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux (CEBTP), il existe cinq classes de sols de plateforme caractérisées par leur indice CBR. Le tableau 5 nous présente les classes de portances des plateformes en fonction du CBR.

Tableau 5 : classe de portance de la plateforme selon CEBTP [5]

Classe	CBR	Niveau de portance
S1	0 < CBR < 5	Portance très faible
S2	5 ≤ CBR < 10	Portance faible
S3	10 ≤ CBR <15	Portance moyenne
S4	15 ≤ CBR < 30	Portance bonne
S5	CBR ≥ 30	Portance très bonne

Dans le cadre de notre projet, onze sondages ont été effectués sur le sol de la plateforme. Les essais en laboratoire ont permis d'obtenir les résultats suivants consignés dans le tableau 6 :

Tableau 6: Identification des sondages et de leur portance

SONDAGE	**PK**	**COUCHE**	**CBR**		**Classe de portance du sol**	**Interprétation**
			95% OPM	**98% OPM**		
Sondage N°1	PK 0+000 G	5/30	28	40	**S4**	Portance bonne
Sondage N°2	PK 1+000 D	5/25	31	42	**S5**	Portance très bonne
Sondage N°3	PK 2+000 A	10/30	28	40	**S4**	Portance bonne
Sondage N°4	PK 3+000 G	5/30	31	44	**S5**	Portance très bonne
Sondage N°5	PK 4+000 D	10/50	44	60	**S5**	
Sondage N°6	PK 5+000 A	5/20	21	30	**S4**	Portance bonne

SONDAGE	PK	COUCHE	CBR		Classe de portance du sol	Interprétation
			95% OPM	98% OPM		
Sondage N°7	PK 6+000 G	10/35	16	22	**S4**	
Sondage N°8	PK 7+000 D	10/50	41	56	**S5**	Portance très bonne
Sondage N°9	PK 8+000 A	25/40	25	37	**S4**	Portance bonne
Sondage N°10	PK 9+000 G	10/40	21	30	**S4**	
Sondage N°11	PK 10+000 D	15/40	14	22	**S3**	Portance moyenne

Source des données : TED INGENIEURS CONSEILS

Récapitulatif :

- La classe de portance S5 a été identifiée sur quatre (4) des onze (11) sondages réalisés.
- La classe de portance S4 a été identifiée sur six (6) des onze (11) sondages réalisés.
- La classe de portance S3 a été identifiée sur un seul (1) des onze (11) sondages réalisés.

Etant donné que le sol présente en générale de meilleures caractéristiques, il a été décidé de substituer les sols de portance S3 par des matériaux de portance S4 sur au minimum 50 cm d'épaisseur afin d'assurer une meilleure uniformité de la plateforme.

Ainsi, nous retiendrons **la classe de portance S4 pour le dimensionnement de la chaussée.**

Le sol support étant classé en catégorie S4, correspondant à une plage d'indice CBR comprise entre 15 et 30 pour la plateforme. La moyenne des résultats géotechniques pour le CBR sur le tronçon du projet donne 27, cependant pour plus de prudence nous considérerons 25 pour le dimensionnement de la chaussée.

Concernant les matériaux de substitution plusieurs sites d'emprunts latéritiques ont été prospectés le long de l'axe. Le site situé à gauche du PK 8+800 est le plus recommandé en raison de sa proximité avec la zone à renforcer. Le tableau récapitulatif des emprunts de graveleux latéritiques est présenté en annexe I.

3. Etude du trafic

Le trafic est l'ensemble des mouvements de circulation des personnes, des véhicules ou des marchandises dans un espace donné pendant une période déterminée.

Notre analyse se concentre uniquement sur les poids lourds en raison de leur rôle majeur dans la dégradation des structures de chaussée. Ainsi, le paramètre déterminant pour le dimensionnement de la route est le nombre de poids lourds circulant sur le tronçon pendant sa durée de vie.

Le trafic moyen journalier à l'année de mise en service est obtenu par actualisation du trafic de référence selon la formule qui suit : [5]

$$T_n = t_1 \times (1+i)^{n-1}$$

- T_n = Trafic moyen journalier à l'année de mise en service ;
- T_1 = Trafic moyen journalier à l'année de comptage ;
- i = Taux d'accroissement annuel du trafic ;
- n = Nombre d'années.

Le trafic cumulé pendant la durée de vie de la chaussée est déterminé par la formule : [5]

$$NPL = 365 \times \sum_{i}^{n} t_n = 365 \times t_n \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

- $T_{2027} = t_n$ = Trafic moyen journalier à l'année de mise en service ;
- i = Taux d'accroissement annuel du trafic ;
- n = Durée de service.

Selon le guide du CEBTP, le trafic est classé en cinq (05) catégories (Voir tableau 7 ci-dessous), définies en fonction du nombre de véhicules par jour, du cumul de poids lourds ou du nombre de passages d'essieu standards de 13 tonnes.

Tableau 7 : Trafic en nombre cumulé de poids lourds sur la durée de vie

Classe de trafic	Trafic cumulé en nombre de poids lourds
T_1	NPL < 5×10^5
T_2	5×10^5< NPL < $1,5 \times 10^6$
T_3	$1,5 \times 10^6$< NPL < 4×10^6
T_4	4×10^6< NPL < 10^7
T_5	10^7< NPL < 2×10^7

Source : Centre expérimentale de recherches et d'études du Bâtiment et Travaux Publics (CEBTP_1984)

Les données utilisées ainsi que les résultats des calculs du trafic cumulé et du nombre d'essieux équivalents nécessaires pour le dimensionnement de la chaussée seront présentées dans les tableaux 8 et 9.

Tableau 8 : Données d'entrée des calculs de dimensionnement de la chaussée

Données d'entrées	Valeurs
Classe de sol	S4
CBR	25
Trafic moyen journalier TMJA	89 PL
Année de comptage	2020
Année de mise en service	2027
Durée de vie	20 ans
Taux de croissance	5%
Coefficient de répartition (CRT)	0,5
Coefficient d'agressivité moyen (CAM)	1,49

Source : TED INGENIEURS CONSEILS

Tableau 9 : Application et Résultats des calculs

Formules	Intitulé	Résultats
Répartition du trafic	TMJA x CRT	45 pl/jr
Trafic reparti à l'année de mise en Service	$T_{2027} = t_{2020} \times (1+i)^{n-1}$	61 pl/jr
Trafic en nombre cumulé de poids lourds	$NPL = 365 \times t_n \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$	7,36.10^5 PL
Nombre d'essieux équivalent cumulé NE	NPL x CAM	1,1.10^6 essieux

En se référant au tableau 9 présenté ci-dessus, le nombre cumulé de poids lourds est estimé à 736213,4681 poids lourds. En l'arrondissant, on obtient une valeur de 7,36.10^5 poids lourds. Ce résultat permet de situer le trafic dans **la catégorie T2**, comme l'indique le tableau de classification du CEBTP mentionné précédemment.

4. Détermination de la variante retenue et des épaisseurs des différentes couches de chaussée

4.1 Méthode de dimensionnement

La méthode de dimensionnement adoptée est la méthode CEBTP-LCPC. Elle se déroule généralement selon les étapes suivantes :

- Un prédimensionnement de la chaussée est réalisé à partir du guide CEBTP, en tenant compte du sol support et du niveau de trafic ;
- Les contraintes et déformations admissibles sont ensuite déterminées conformément au guide LCPC ;
- Les couches de la chaussée ainsi définies sont modélisées en intégrant les paramètres propres à chaque couche, notamment l'épaisseur, le module de déformation et le coefficient de Poisson ;
- Enfin, les contraintes et déformations obtenues sont vérifiées à l'aide du logiciel ALIZÉ-LCPC, puis comparées aux valeurs admissibles.

4.2 Choix des variantes des couches de chaussées

Selon notre classe de trafic T2 et de portance S4, nous ferons des propositions de matériaux pouvant entrer dans la constitution de la structure de la chaussée. Nous utiliserons le guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux du Centre Expérimental du Bâtiment et de Travaux Publics (CEBTP, 1984). Nos choix sont consignés dans le tableau 10 et seront guidés par la disponibilité des matériaux dans la zone du projet ainsi que par les spécifications des termes de références.

Tableau 10 : Les trois variantes sélectionnées

N°	Couches de chaussée	Matériaux constitutifs de la couche	Epaisseurs des couches (cm)
1	**Revêtement**	Enduit superficiel	Tricouche
	Base	Graveleux latéritique naturel	15cm
	Fondation	Graveleux latéritique naturel	20 cm
	Plateforme support	S4	
2	**Revêtement**	Enduit superficiel	Tricouche
	Base	Concassé 0/d	15cm
	Fondation	Graveleux latéritique naturel	20 cm
	Plateforme support	S4	
3	**Revêtement**	Enduit superficiel	Tricouche
	Base	Grave naturelle amélioré au ciment	15cm
	Fondation	Graveleux latéritique naturel	20 cm
	Plateforme support	S4	

Malgré les performances des variantes 2 et 3, la variante 1 a été retenue en raison de la disponibilité du matériau graveleux latéritique et de son avantage économique. Par ailleurs, un enduit monocouche sera appliqué sur les accotements, qui supportent des charges bien moindres.

5. Vérification de la structure de chaussée par la méthode LCPC

5.1 Théorie de vérification des contraintes et déformations

La vérification sous ALIZÉ permet d'affiner les épaisseurs de la chaussée à partir des résultats obtenus lors du pré-dimensionnement. Elle s'appuie sur la méthode rationnelle (Annexe II), qui sert à évaluer les contraintes et les déformations admissibles des matériaux en tenant

compte du trafic prévu et de la durée de vie recherchée. Pour mener cette étape, nous devons au préalable disposer des paramètres suivants :

- Le module d'élasticité ou module de Young E ;
- Le nombre de couches de la chaussée, leur nature ainsi que leur mode d'interface ;
- La charge de référence ;
- Les conditions d'interface en tête et à la base des couches (les interfaces étant supposées collées dans notre cas).
- Les caractéristiques des matériaux constituant chaque couche ;

Le dimensionnement effectué suivant la méthode CEBTP a permis de définir les épaisseurs des différentes couches de la chaussée ainsi que la nature des matériaux à mettre en œuvre. Sur la base de ces résultats, une vérification de la structure proposée sera réalisée à l'aide du logiciel, en déterminant les contraintes ou déformations maximales susceptibles d'engendrer sa dégradation, puis en les comparant aux limites admissibles que les matériaux peuvent supporter.

5.2 Caractérisation des modules élastiques des couches d'assise et de la plateforme

❖ Couche d'assise

Le module de Young des couches d'assise sont présentés dans le tableau suivant.

Couche d'assise	Couche de base	Couche de fondation
Matériaux	Graveleux latéritique naturel	Graveleux latéritique naturel
CBR à 95% de l'OPM	64	46
Module de Young	320 MPa	230 MPa

❖ Plate-forme

A défaut des études spécifiques des matériaux, le module de Young se calcul par la relation suivante selon le Catalogue de dimensionnement des chaussées au Sénégal :

$$\boldsymbol{E(MPa) = 5 \times CBR}\ [6]$$

Le CBR est pris égal à 25 pour une plateforme S4 dans le cas du présent projet. Cela permet de calculer le module E= 125 MPa appartenant à une plate-forme de 2^{e} classe : PF3.

Le tableau 11 ci- dessous présente les différentes classes de plateforme en fonction des modules de Young.

Tableau 11 : Classe de plateforme suivant la méthode LCPC

Module en MPa	**20**	**50**	**120**	**200**
Plateforme	PF0	PF1	PF2	PF3	PF4

Source : Centre expérimentale de recherches et d'études du Bâtiment et Travaux Publics (CEBTP_1984).

5.3 Évaluation des contraintes de déformations admissibles

Le trafic en termes d'essieux de 13 tonnes utilisé pour cette vérification est de : **NE=1,1.10^6 essieux.** La déformation verticale εZ au sommet du sol support doit être inférieure à une valeur limite :

$$\varepsilon_{\text{alizé}} < \varepsilon_{z\ \text{admissible}}$$

Cette contrainte admissible est donnée par la relation :

- $\varepsilon_{z\ adm} = 16000(NE)^{-0,222}$; pour les chaussées à faible trafic (T<T3)
- $\varepsilon_{z\ adm} = 12000(NE)^{-0,222}$; pour les chaussées à fort trafic (T≥T3)

Etant dans un cas de faible trafic, alors : $\varepsilon_{z\ adm}$ **= 729,34 µdéf**

Les détails de calcul sont présentés en Annexe II.

5.4 Résultats et interprétations

Le tableau 12 illustre la composition de la variante 1 de la structure de chaussée.

Tableau 12 : Composition de la variante 1 de la structure de chaussée

N°	**Couches de chaussée**	**Matériaux constitutifs de la couche**	**Epaisseurs des couches (cm)**
1	**Revêtement**	Enduit superficiel	Tricouche
	Base	Graveleux latéritique naturel	15cm
	Fondation	Graveleux latéritique naturel	20 cm
	Plateforme support	S4	

En ce qui concerne l'enduit superficiel, étant donné que sa contribution structurelle est négligeable, elle ne sera pas prise en compte dans le dimensionnement. Les détails du calcul avec ALIZE, en vérifiant la déformation admissible au niveau supérieur du sol de la plate-forme montrent les résultats suivants dans les tableaux 13 et 14 :

Tableau 13 : Résultats 1 du dimensionnement assisté par Alize-LCPC

Epaisseur	Module	Coeff de poisson	Z calcul	EpsT	Sigma T	Eps Z	Sigma Z
(m)	(MPa)		(m)	(µdéf)	(MPa)	(µdéf)	(MPa)
0,15	320	0,35	0,000	-285,9	-0,026	641,5	0,657
			0,150	-479,8	-0,041	1101,9	0,334
0,20	230	0,35	0,150	-479,8	0,011	1356,7	0,334
			0,350	-384,9	-0,059	592,9	0,108
Infini	125	0,35	0,350	-384,9	-0,005	**838,1**	0,108

On constate que $\varepsilon_z =$ 838,1 µdéf est supérieure à la valeur limite $\varepsilon_{z\,adm}$ = **729,34 µdéf**. Nous proposons alors de reprendre les calculs en augmentant l'épaisseur de la couche de base de 5cm.

Tableau 14 : Résultats 2 du dimensionnement assisté par Alize-LCPC

Epaisseur	Module	Coeff de poisson	Z calcul	EpsT	Sigma T	Eps Z	Sigma Z
(m)	(MPa)		(m)	(µdéf)	(MPa)	(µdéf)	(MPa)
0,20	320	0,35	0,000	-270,9	-0,026	689,1	0,657
			0,200	-399,3	-0,050	825,8	0,240
0,20	230	0,35	0,200	-399,3	-0,003	1008,7	0,240
			0,400	-320,7	-0,051	515,0	0,091
Infini	125	0,35	0,400	-320,7	-0,005	**722,9**	0,091

Les résultats mécaniques pris en compte sont indiqués ci-dessous :

- La déformation verticale EpsZ : 722,9 µdéf
- La déflexion : 59,7 mm/100 (entre-jumelage)
- Rayon de courbure : 80,7 m

La déformation verticale du sol support, induite par les charges appliquées, demeure inférieure à la déformation admissible (εz = 722,9 µdef < $\varepsilon z adm$ = 729 ,34 µdef), ce qui indique que les déformations restent acceptables au niveau du support de la chaussée. Ainsi, la structure de chaussée obtenue après dimensionnement sur Alize donne la composition ci- dessous :

- **3 cm** d'enduit superficiel tricouche en couche de roulement
- **20 cm** de graveleux latéritique naturel en couche de base
- **20 cm** de graveleux latéritique naturel en couche de fondation

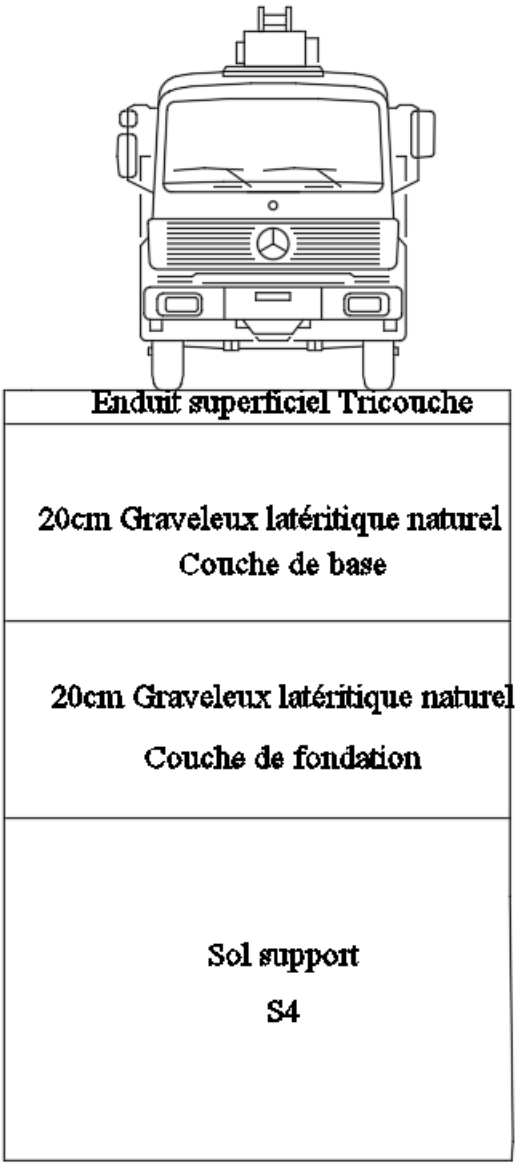


Figure 5: Structure de chaussée définitive du projet

CHAPITRE III : ETUDE HYDROLOGIQUE, HYDRAULIQUE ET DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DES OUVRAGES

Une route ne peut assurer un fonctionnement efficace et durable sans une prise en compte rigoureuse des ouvrages de franchissement ainsi que du système d'assainissement. La réalisation d'une étude hydrologique et hydraulique s'avère donc indispensable.

Dans cette optique, la présente partie vise à proposer des solutions d'assainissement adaptées à la zone d'étude, en intégrant la présence d'un ouvrage de franchissement, notamment un pont, de manière à garantir la sécurité et la pérennité de l'infrastructure routière. Il s'agira d'assurer une maîtrise adéquate des eaux pluviales et de ruissellement, afin de limiter les risques de dégradation de la chaussée et de perturbation du trafic.

La démarche adoptée consistera, dans un premier temps, à estimer les débits de crue aux différents exutoires. Ensuite, le dimensionnement des sections hydrauliques sera effectué sur la base des débits obtenus. Enfin, une analyse structurale des ouvrages hydrauliques projetés, sera menée.

I. Etude hydrologique

L'étude hydrologique menée dans le cadre du présent projet porte sur l'analyse des écoulements des eaux de surface. L'objectif de cette étude est d'identifier les différents points de franchissement hydraulique le long du tracé, puis d'en évaluer les débits caractéristiques. Ces éléments serviront de base au dimensionnement hydraulique des ouvrages.

1.Pluviométrie et Période de retour

1.1 Période de retour

La période de retour représente l'intervalle de temps estimé durant lequel une crue historique déjà observée dans la région a une probabilité d'apparaître. Elle conditionne le niveau de sécurité des futurs ouvrages. Dans le cadre de notre étude, une période de retour de dix (10 ans) est retenue pour les ouvrages prévus aux exutoires de bassins versants de superficie courante. En revanche, pour les ponts implantés au niveau des exutoires de grands bassins versants, une période de retour de cent (100 ans) est appliquée pour éviter toute défaillance.

1.1 Pluviométrie

La pluviométrie désigne l'ensemble des observations et des mesures relatives aux précipitations reçues dans une zone donnée durant une période déterminée. Elle permet d'évaluer la répartition et l'intensité des pluies[7].Au cours d'une année, la répartition des précipitations n'est pas uniforme. Afin d'assurer le suivi et l'enregistrement de ces précipitations, les stations

météorologiques fournissent des données statistiques utiles à la réalisation des études hydrologiques. Ainsi, nous avons utilisé les données de la ville de Boromo située à proximité de la zone d'étude en raison de l'absence de données spécifiques à notre zone projet.

La pluie décennale (ou pluie maximale journalière) est de **93,3 mm** et est obtenue à partir d'un ajustement statistique de la loi de Gumbel à l'aide du logiciel Hyfran Plus. Les graphiques issus du traitement sur Hyfran Plus, les données pluviométriques, sont présentés en annexe IV.

2. Délimitation des bassins versants

Selon le manuel pour l'estimation des crues décennales[8], un bassin versant est une zone délimitée par des lignes de partage des eaux, à l'intérieur de laquelle l'ensemble des écoulements converge vers un même exutoire.

La délimitation des bassins versants a été effectuée à l'aide du logiciel Global Mapper conformément à la démarche méthodologique suivante :

- Importation du tracé routier (Format DWG) dans le logiciel Global Mapper ;
- Choix du système de coordonnées (UTM), du Datum (WGS84) et de la zone géographique (Zone 30 N) ;
- Téléchargement du SRTM de la zone d'étude dans Global Mapper ;
- Génération des courbes de niveau ;
- Génération simultanée des bassins versants préliminaires (issus d'un traitement automatique) ainsi que des lignes d'écoulement ;
- Délimitation des bassins versants en suivant les lignes de crête.

Ainsi, pour notre tronçon de dix (10) km, quatre (04) bassins versants et cinq (05) sous-bassins versants ont été délimités. La figure n°6 présente une vue de ces bassins versants.

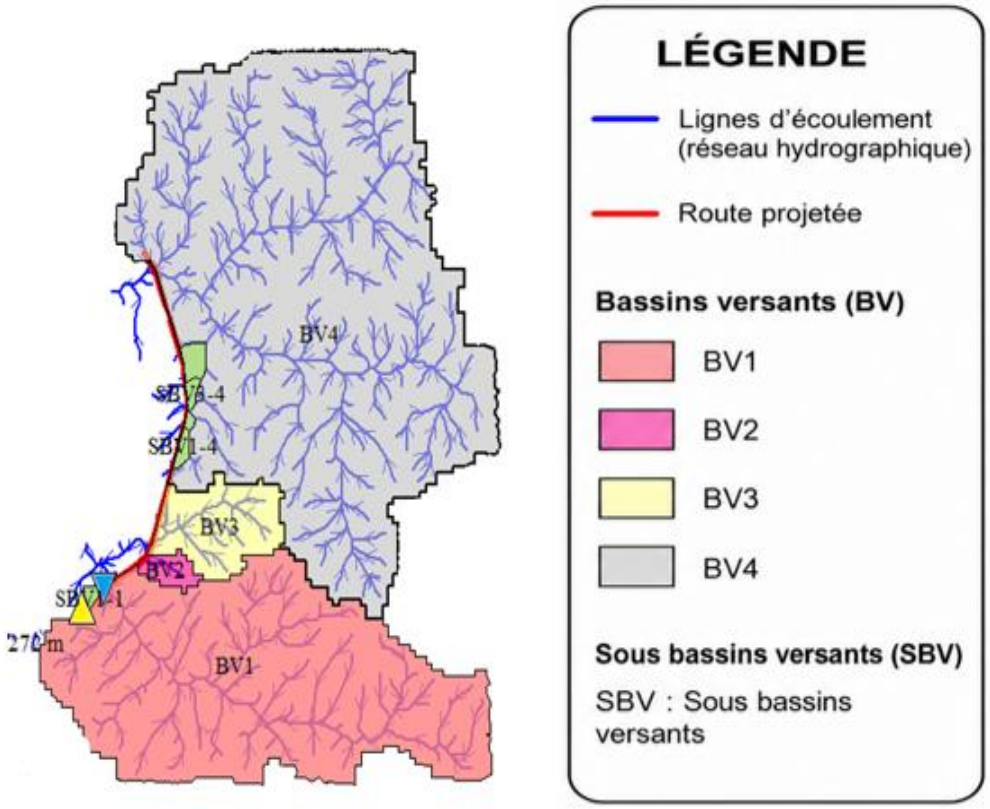


Figure 6 : Présentation des bassins versants dans la zone du projet

3. Caractéristiques des bassins versants

Une fois les bassins versants délimités, nous avons généré à l'aide du logiciel Global Mapper leurs caractéristiques principales (périmètre, superficie, altitude maximale et minimale, pente, et la longueur d'écoulement). Le Tableau 15 présente les caractéristiques de chaque bassin versant.

Tableau 15: Les caractéristiques de chaque bassin versant.

Bassins Versants	Périmètre (km)	Superficie (km^2)	Z min(m)	Z max(m)	Pente (%)	Longueur d'écoulement (km)
BV1	41,434	49,089	253	321	1,68	14,029
BV2	5,685	1,098	266	289	1,49	1,325
BV3	14,026	6,565	266	306	1,35	3,872
BV4	55,114	93,196	242	308	1,51	12,219

Le tableau 16 présente les caractéristiques de chaque sous-bassin versant.

Tableau 16 : Les caractéristiques des sous-bassins versants

Bassins Versants		Périmètre (km)	Superficie (km^2)	Z min(m)	Z max(m)	Pente (%)	Longueur d'écoulement (km)
BV4	SBV1-4	2,669	0,273	264	278	1,67	0,216
	SBV2-4	1,284	0,096	260	268	1,49	0,565
	SBV3-4	2,057	0,201	253	263	1,50	0,216
	SBV4-4	3,19	0,553	251	262	1,64	0,164
BV1	SBV1-1	2,664	0,2576	256	272	1,70	0,615

4. Méthodologie d'estimation des débits

Il existe plusieurs méthodes pour déterminer les débits de crues en fonction des caractéristiques des bassins versants. Dans le cadre de nos études, quatre (04) méthodes de référence ont été retenues afin d'assurer une estimation fiable et cohérente des débits de projet. Il s'agit de :

- La méthode rationnelle
- La méthode ORSTOM
- La méthode CIEH
- La méthode de CAQUOT

4.1 Méthode rationnelle

Cette méthode s'applique aux petits bassins versants de superficie inférieure à 4 km². Dans notre cas, elle s'appliquera seulement au bassin versant 2. Lorsque l'averse est uniforme dans le temps et dans l'espace, avec une intensité I constante, le débit maximum Q est atteint à condition que la durée de l'averse soit au moins égale au temps de concentration T_c du bassin, $t = T_c$ [9]. Le temps de concentration étant le temps que met une goutte provenant du point le plus éloigné pour atteindre l'exutoire.

L'expression mathématique permettant d'estimer le débit Q est donnée par :

$$\boldsymbol{Q = 0,278 \times C \times I \times A} \quad [9]$$

Avec :

Q, débit à l'exutoire en m^3/s

A, est la surface du bassin en km²

I, l'intensité de l'averse exprimée en mm/h

C, le coefficient de ruissellement décennal

Le coefficient de ruissellement C dépend de la morphologie du terrain, de sa couverture végétale, de la pente et de la nature des éléments constitutifs du sol. Pour une couverture végétale de type savane à sous-bois, prairies et une pente de moins de cinq (5%) nous considèrerons un coefficient de ruissellement de 0,7 conformément au document Hydraulique Routière [9]. Le tableau comportant les différents coefficients de ruissellement est intégré en annexe IV.

La détermination de l'intensité de l'averse décennale I, nécessite le calcul du temps de concentration Tc par la relation :

$I = a\ t_c^{-b}$

Avec :

a et b les coefficients de montana dépendant de la zone géographique, les coefficients pris en compte pour notre étude seront celle de la ville de Boromo. Les valeurs sont présentées dans le tableau 17 suivant.[10]

Tableau 17 : Coefficients de Montana

BOROMO	Coefficients de Montana	
	A	b
Averse < 1h	10	0,4
Averse < 2h	51	0,9

Source : Courbes Intensité-Durée-Fréquence page 43

Le temps de concentration est obtenu par la relation [9]:

$$t_c = \frac{1}{52}\frac{L^{0,77}}{P^{0,38}}$$ (Formule de KIRPICH)

- L, la longueur du plus long chemin hydraulique en m
- P, la pente moyenne du bassin versant en m/m

4.2 Méthode ORSTOM

La méthode ORSTOM, encore appelée méthode RODIER-AUVRAY, est applicable au bassins versants inférieurs à 200 km^2[9]. Ainsi, tous les bassins versants de notre projet sont concernés.

Le débit décennal provenant de cette méthode est obtenu par la relation :

$$Q_{10} = m \times A \times P_{10} \times k_{r_{10}} \times \alpha_{10} \times \frac{S}{Tb_{10}} \qquad [8]$$

- m : Coefficient de majoration prenant en compte l'état d'humectation du sol ;
- A : Coefficient d'abattement (fonction de S) ; A= 1- $[\frac{(161-0.042\times Pan)}{1000} . log\, S\,]$
- P10 : la hauteur de pluie journalière décennale est de 93.3 mm ;
- $k_{r_{10}}$: Coefficient de ruissellement décennale ;
- α_{10} : Coefficient de pointe correspondant à la crue décennale (on admet $\alpha_{10} = 2{,}6$)
- S : superficie du bassin versant en km² ;
- Tb_{10} : Temps de base correspondant à la crue décennale en s

Les autres paramètres intervenant dans les calculs sont définis en annexe IV.

4.3 Méthode CIEH

La méthode CIEH se base sur une approche de régression multiple. Elle a été conçue à partir de l'analyse statistique d'une centaine de crues observées sur des bassins versants représentatifs en Afrique de l'Ouest et Centrale. [8]

La formule du débit de pointe Q_{10} se présente comme suit :

$$Q_{10} = a \times S^s \times \bar{P}_{an}^p \times I_g^i \times k_{r10}^k \times D_d^d$$

- a, s, p, i, k, d : représentent des coefficients régionaux ;
- S : est la superficie du bassin versant exprimée en km^2 ;
- I_g : désigne l'indice global de pente en m/km ;
- Pan : correspond à la pluviométrie moyenne annuelle en mm ;
- Kr10 : est le coefficient de ruissellement décennale en % ;
- Dd : la densité de drainage (km^{-1})

Pour le Burkina Faso, il s'agira des équations 39,40,41,42,43,44 et 45 qui seront utilisées pour les calculs de débits mais nous n'utiliserons que les équations 39, 40, 41, 42 ,43 et 44 ; les coefficients se trouve en annexe IV.

4.4 Méthode superficielle de CAQUOT

La méthode de CAQUOT concerne les bassins versants de très petites superficies. Il s'agit d'une dérivée de la méthode rationnelle. Dans le cadre de notre étude, cette méthode a été utilisée pour le calcul des débits de nos sous-bassins versants. La formule de la méthode de CAQUOT est la suivante : [10]

$$\mathbf{Q_{brut} = K^{1/U} \times I^{V/U} \times C^{1/U} \times A^{W/U}}$$

Avec :

- Q (m3/s) : Débit maximal à l'exutoire
- I (m/m) : Pente moyenne du BV
- C : Coefficient de ruissellement
- A : Superficie du BV en ha
- K, u, v, w : Des coefficients d'ajustement

Les formules des coefficients d'ajustements pour la méthode de CAQUOT sont définies en annexe IV.

5. Résultats des calculs de débits de crue

L'estimation des débits a été effectuée en prenant en compte une période de retour de dix (10) ans. Aussi, les méthodes de calcul ont été choisies en tenant compte de leur condition d'utilisation spécifique.

5.1 Méthode rationnelle

Le débit calculé par la méthode rationnelle est présenté dans le tableau 18 ci-après.

Tableau 18 : Résultat du débit calculé par la méthode rationnelle

Bassin Versant	Superficie (km²)	Périmètre (km)	Pente	Indice de compacité	Longueur (km)	Temps de concentration Tc (mn) KIRPICH	Intensité I (mm/h)	Coefficient C de ruissellement	Débit Q (m3/s)
BV_2	1,098	5,685	0,015	1,53	1,325	24,63	0,54	0,70	**11,53**

5.2 Méthode ORSTOM

Le Tableau 19 présente les résultats obtenus à l'issue des calculs réalisés selon la méthode ORSTOM.

Tableau 19 : Débits obtenus par la méthode ORSTOM

Bassins	Superficie (km²)	Périmètre (km)	P10	Coefficient d'abattement A	Pm10	Kr (10%)	Temps de base Tb10 en s	Débit de la crue ruisselée décennale Qr10 (m^3/s)	Coefficient de majoration du débit m	Débit de point Q10 (m^3/s)
BV_1	49,089	41,434	93,3	0,794	74,082	26,504	88384,48	28,35	1,03	**29,20**
BV_2	1,098	5,685	93,3	0,995	92,839	29,462	11600,09	6,73	1,03	**6,93**
BV_3	6,565	14,026	93,3	0,900	84,012	28,810	29403,93	14,05	1,03	**14,47**
BV_4	93,196	55,114	93,3	0,760	70,917	28,746	126573,45	39,11	1,03	**40,28**

5.3 Méthode CIEH

Les débits calculés à l'aide de la méthode CIEH sont présentés dans le tableau 20 ci-après.

Tableau 20 : Résultats des débits par la méthode CIEH

Bassins	Superficie (km^2)	Débit Eq 39	Débit Eq 40	Débit Eq 41	Débit Eq 42	Débit Eq 43	Débit Eq 44	Débit de pointe décennal moyen (m^3/s)
BV_1	49,089	59,828	48,076	44,175	43,009	70,557	53,468	**53,19**
BV_2	1,098	8,488	6,272	9,687	9,059	10,322	7,521	**8,56**
BV_3	6,565	22,681	16,995	20,289	19,537	26,169	20,155	**20,97**
BV_4	93,196	87,158	68,576	62,652	60,855	107,334	77,933	**77,42**

5.4 Méthode CAQUOT

Les résultats de calcul de débits par la méthode de CAQUOT sont présentés dans le tableau 21 ci-après :

Tableau 21 : Résultats des débits par la méthode CAQUOT

Sous-Bassins	Superficie (ha)	Pente (m/m)	Chemin hydraulique	**Q_P** (m3/s)
SBV1-1	25,76	0,0170	615	**1,00**
SBV1-4	27,3	0,0167	216	**1,78**
SBV2-4	9,600	0,0149	565	**0,36**
SBV3-4	20,1	0,0150	216	**1,25**
SBV4-4	55,3	0,0164	164	**4,27**

6. Débit de projet

Le débit de projet associé à chaque bassin versant correspond à la moyenne des valeurs obtenues parmi les méthodes de calcul, à savoir ORSTOM, CIEH et la méthode rationnelle lorsqu'elle est applicable. Par ailleurs, pour les bassins versants de superficie environnant 100 km^2, il est prévu la réalisation d'un ouvrage d'art précisément un pont qui sera dimensionné avec une période de retour de 100 ans. C'est le cas du bassin versant 4. Le débit centennal est obtenu par : $Q_{100} = C \times Q_{10}$ avec C=2

$$Q_{100} = 117{,}704 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tableau 22 : Récapitulatif des débits retenus pour le projet

Bassin versant	Superficie (km²)	Méthode de calcul du débit décennal			Q_{10} retenu (m^3/s)	Q_{100} (m^3/s)
		Rationnelle	ORSTOM	CIEH		
BV1	49,089	-	29,204	53,185	**41,195**	-
BV2	1,098	11,53	6,933	8,558	**9,008**	-
BV3	6,565	-	14,472	20,971	**17,721**	-
BV4	93,196	-	40,286	77,418	**58,852**	**117,704**

Les débits des sous-bassins versants restent identiques à ceux calculés.

II. Etude hydraulique

Pour les besoins de cette étude, l'analyse hydraulique consistera à déterminer les sections des ouvrages transversaux et longitudinaux, afin de vérifier leur capacité à évacuer les débits projetés. Plusieurs ouvrages hydrauliques existants ont été recensés sur ce tronçon, on compte huit (08) dalots, (01) radier submersible et un pont (voir annexe IV). Certains ouvrages existants seront maintenus et d'autres totalement remplacés. Par ailleurs, à la vue des passages d'eau sur la chaussée, des ouvrages hydrauliques non existants devront être construites afin de répondre aux besoins d'écoulement. Concernant l'assainissement de la plateforme, aucun ouvrage longitudinal n'est actuellement présent sur le tronçon. Il convient donc de prévoir la pose de caniveaux en béton, en agglomération et de fossés en rase campagne conformément aux prescriptions des termes de référence.

1. Dimensionnement des sections hydrauliques des dalots

La détermination de la capacité hydraulique des dalots est basée sur le principe d'itérations successives telles que préconisées dans le manuel d'hydraulique routière. Cette démarche utilise le débit de projet issu des études hydrologiques tout en respectant deux contraintes majeurs :

d'une part, la vitesse maximale admissible est de 3 m/s afin d'éviter tout risque d'affouillement en aval de l'ouvrage ; d'autre part, le rapport H1/D doit rester inférieur à 1,25 pour assurer un écoulement dénoyé (H1 et D sont respectivement la profondeur d'eau en amont et la hauteur du dalot).

Le principe de dimensionnement préconisé par le BCEOM peut se résumer comme suit :

- Un prédimensionnement forfaitaire de l'ouvrage, en précisant les dimensions fictives de la section utile et le nombre de travées préconisé en fonction du débit de projet ;
- Détermination de la profondeur d'eau en amont de l'ouvrage (H1) à partir des variables adimensionnelles Q* et H* en exploitant les relations empiriques présentées en annexe IV.
- Détermination de la pente critique du radier de l'ouvrage (I_C) à partir de nouvelles variables adimensionnelles Q**et I_C*
- Détermination de la vitesse réelle d'écoulement à partir de nouvelles variables adimensionnelles Q*** et V*

Il faut vérifier que V < Vmax (3m/s) pour que le prédimensionnement soit acceptable. Si la vitesse est supérieure à la vitesse admissible, il est possible soit d'agrandir la section des cellules de la première proposition, soit d'augmenter le nombre de cellules. Les valeurs adimensionnelles de la hauteur réduite, de la pente critique et de la vitesse réduite sont déterminées à partir des abaques intégrer en annexe IV. Le tableau 23 ci-dessous présente les sections des dalots obtenues ainsi que leur positionnement sur le tronçon d'étude.

Tableau 23 : Récapitulatif des sections dalots retenus

Designation	Type d'ouvrage	Débit à évacuer (m3/s)	PK	Nature	Dimensions (cm)
BV1	OH1	18,54	0+930	Dalot	3 x 275 x 200
	OH2	19,86	0+982	Dalot	4 x 250 x 200
	OH3	2,8	2+030	Dalot	1 x 200 x150
BV2	OH4	9	2+444	Dalot	3 x 200 x 150
BV3	OH5	8,22	3+038	Dalot	2 x 200 x 175
	OH6	9,5	3+712	Dalot	2 x 200 x 175
BV4	OH7	3,6	4+963	Dalot	1 x 200 x 175
	OH8	3,6	6+433	Dalot	1 x 200 x 175
	OH9	2,8	7+003	Dalot	1 x 200 x 150
	OH10	5,3	7+986	Dalot	2 x 200 x 150
	OH11	117,7	9+650	Pont	-
	OH12	2,4	9+900	Dalot	1 x 200 x 150

Le calcul détaillé de l'étude hydraulique des dalots est donné dans l'annexe II.

2. Détermination des sections hydrauliques des ouvrages longitudinaux (fossés et caniveaux)

2.1 Détermination des sections hydrauliques des caniveaux

Les caniveaux ont pour fonction de collecter, canaliser et évacuer les eaux de ruissellement dans l'optique de protéger la route et les infrastructures voisines contre les dégâts causés par l'eau.

Dans le cadre de ce projet, des caniveaux en béton armé de forme carrées ou rectangulaires sont envisagés en agglomération. Nous utiliserons la méthode de la débitance basée sur la formule de Manning-Strickler pour les calculs.

L'expression de la formule est la suivante :

$$\boldsymbol{Q = K_S \times S \times R^{2/3} \times \sqrt{I}} \quad [9]$$

- Q représente le débit s'écoulant dans le canal
- Ks, le coefficient de rugosité pris à 70 pour les caniveaux en béton
- S, la section mouillée (b×y) est la surface réellement occupée par l'eau lors de l'écoulement

- R, le rayon hydraulique égale à Section mouillée sur Périmètre mouillée (S_m/P_m)
- P, Périmètre mouillé : P = b +2y en m
- I correspond à la pente longitudinale du fond, fixé à 1%
- **D** désigne la débitance et est définie par : $\mathbf{D} = K_S \times S \times RH^{2/3}$

Pour déterminer les dimensions des caniveaux, il faut fixer soit la base B, soit le tirant d'eau H, puis on fait varier l'autre paramètre non fixé jusqu'à obtenir une valeur de $\mathbf{K} = D - \frac{Q}{\sqrt{I}}$ proche de 0. Une condition de vitesse doit également être prise en compte, Vmax = 3 m/s et Vmin =0,5 m/s. Aux dimensions ainsi obtenues, on ajoute 15 cm de revanche au tirant d'eau comme marge de sécurité. Les détails sont disponibles en annexe IV.

Tableau 24 : Récapitulatif des sections des caniveaux retenues

Sous-Bassins	Débit (m3/s)	Section	Position sur le tronçon	
			PK Début	PK Fin
SBV1-1	1,00	80 x 80	0+000	0+800
SBV1-4	1,78	100 x 80	4+482	4+949
SBV2-4	0,36	80 x 80	4+949	6+374
SBV3-4	1,25	80 x 80	6+374	7+000
SBV4-4	4,27	120 x 120	7+000	7+972

2.2 Dimensionnement hydraulique des fossés latéraux

Notre projet est en bonne partie situé en rase campagne. De ce fait, des fossés latéraux sont prévus pour collecter et évacuer les eaux de ruissellement. Nous recommandons des fossés en terre de forme triangulaire de pente de talus 3/2 et 2/3 illustrés sur la figure 7.

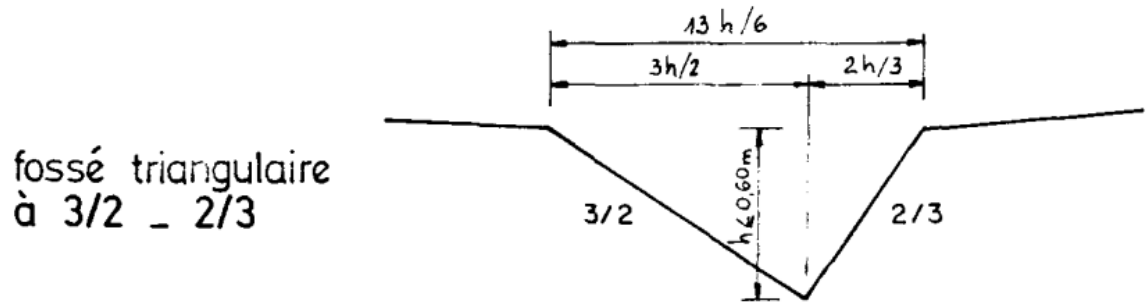


Figure 7 : Fossé triangulaire

Source : Hydraulique routière BCEOM ; page 286 du document

Pour les fossés latéraux, en général on ne dépasse pas une profondeur de 0,6 m pour des raisons de sécurité[9]. Ainsi, prenons h = 0,5 m.

La largeur de la fosse est déterminée par la formule :

l = 13h / 6 d'après l'hydraulique Routière [9] ; page 283.

l = 1,08 m ; nous prendrons l = 1,1 m.

Ainsi, les fossés latéraux auront une profondeur de 0,5 m et une largeur de 1,1 m.

La vitesse limite pour les cailloux moyens et les graviers est 1.80 m/s.[9]

La valeur maximale du fossé triangulaire est donc donnée par la relation :

$\boldsymbol{Q = SV}$ Avec $\mathbf{S}=\frac{\boldsymbol{b}\times\mathbf{h}}{\mathbf{2}}$ (surface d'un triangle)

Q = 0,49 m/s. Il s'agit du débit maximal pour notre fossé de profondeur 0,5 m et de largeur 1,1 m.

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DES OUVRAGES

I. Dimensionnement structurel des dalots

Cette partie consistera à déterminer les sections minimales du béton et de l'acier nécessaire à la stabilité, à la résistance et à la durabilité des ouvrages. Le dimensionnement portera sur les deux dalots ayant les plus grandes sections hydrauliques 4 x 250 x 200 et 3 x 275 x 200 et sera fait de manière différente (manuellement et à l'aide du logiciel Cype 2025).

1.Hypothèse de calcul

1.1 Règlements et instructions

- Le Guide de conception des ponts-cadre et portiques (SETRA).[11]
- Le dimensionnement des armatures se fera selon les règles techniques de conception et de calcul des structures en béton armé de la méthode des états limites (règle B.A.E.L 91 révisée en 99) [12]
- Les charges d'exploitations seront déterminées suivant les prescriptions du fascicule n°61 du cahier des prescriptions communes (CPC) [13]

1.2 Caractéristiques des matériaux

Le béton retenu présente les caractéristiques suivantes :

- Dosage 400 Kg/m^3
- Béton B30 de poids volumique ρ= 2,5 t/m^3
- Resistance à la compression à 28jours f_{c28}= 30 MPa
- Resistance à la traction à 28jours f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28} = 2,4 MPa
- Contrainte de calcul du béton en compression à ELU $\sigma_{bc} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b}$

  $\sigma_{bc} = \frac{0,85 \times 30}{1 \times 1,5}$ =17MPA avec $\theta = 1$ et $\gamma_b = 1,5$
- Contrainte limite du béton en compression à l'ELS $\bar{\sigma}_{bc}$ = 0,6 x f_{c28} = 0,6 x 30 = 18 MPa.

Les armatures utilisées sont des aciers à haute adhérence de nuance HA Fe 400, caractérisées par une limite d'élasticité f_e= 400 MPa. La contrainte de calcul de l'acier à l'ELU σst est :

$\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s}$ = 348 MPa avec γ_s= 1,15. La Contrainte limite de l'acier $\bar{\sigma}_{st}$= min [$\frac{3}{3} f_e$; max $(0,5 f_e ; 110\sqrt{n f_{t28}}]$, $\bar{\sigma}_{st}$ = 216 MPa avec η= 1,6 car acier haute adhérence.

Le remblai est constitué d'un matériau graveleux latéritique naturel. Les caractéristiques retenues sont :

- Poids spécifique du remblai ɣ=20 kN/m^3
- Coefficient de poussé des terres K= 0,33
- Angle de frottement φ = 30°C

Le prédimensionnement de l'ouvrage est fait conformément aux règles du guide de conception pont cadre et portique du SETRA (Annexe V). La figure 8 illustre la coupe transversale du dalot.

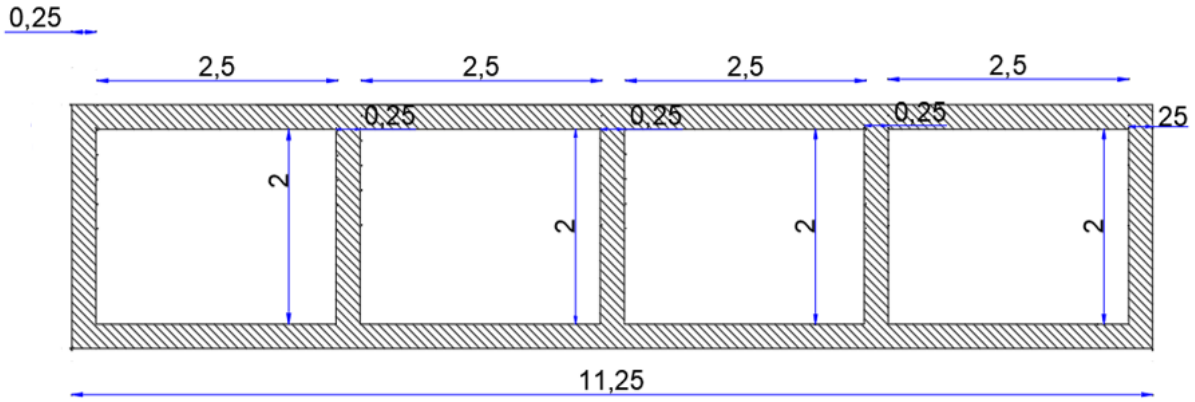


Figure 8 : Coupe transversale du dalot 4×250×200

2. Méthode de calcul

2.1 Principe général de calcul

L'étude est menée sur une bande unitaire de 1 mètre de largeur de l'ouvrage. Aussi compte tenu de la symétrie de sa géométrie et de la dissymétrie des chargements appliqués, les piédroits intermédiaires sont supposés travailler en compression simple, ce qui permet de négliger les moments fléchissants à leur niveau. Cette hypothèse permet d'utiliser la méthode des nœuds du schéma statique.

2.2 Principe de calcul des sollicitations

Les efforts et sollicitations engendrés par les charges permanentes sont déterminés à l'aide de la méthode des rotations des nœuds. Concernant les efforts dus aux surcharges routières, ils sont déterminés à partir de la méthode des lignes d'influences consistant à faire varier la position des charges sur les différentes travées afin de repérer les sollicitations les plus défavorables. Les calculs sont effectués sur la base des combinaisons de charge ci-après : [13]

- A l'ELU : 1,35G + 1,5Q
- A l'ELS : G + Q

3. Evaluation des charges appliquées à l'ouvrage

3.1 Charges permanentes

Les charges permanentes considérées regroupent le poids propre de l'ouvrage et les poussées de terres avoisinantes. L'application des charges permanentes sur l'ouvrage est présentée sur la figure 9.

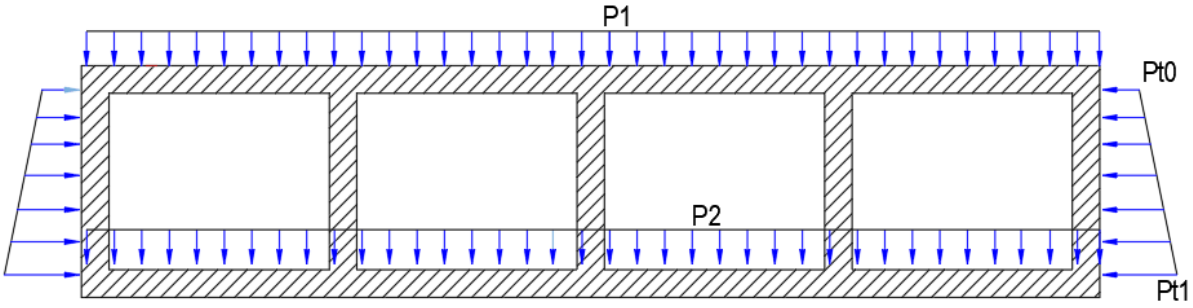


Figure 9 : Application des charges permanentes sur l'ouvrage

Le tableau 25 présente un récapitulatif de ces charges permanentes.

Tableau 25 : Récapitulatif des charges permanentes

Charges permanentes	Méthode	Résultat	Unité
Charge du tablier P_1	$\sum P = P_p + P_{guid} + P_{rem} + P_{Rev}$	27,410	KN/m
Charge du radier P_2	$\sum P = P_1 + P_{Voile} + P_{rad}$	96,160	KN/m
Poussée de terre (P_{t1}) en h_1	$K_a \times \gamma_r \times h_1 \times b_1$	3,663	KN/ml
Poussée de terre (P_{t2}) en h_2	$K_a \times \gamma_r \times h_2 \times b_1$	18,480	KN/ml

3.2 Charges d'exploitations

Elles regroupent les surcharges liées à la circulation sur l'ouvrage. Ces charges sont entre autres : le système A, les systèmes B et les systèmes de charges militaire[13]. Le tableau 26 suivant présente un récapitulatif des charges routières agissantes sur le dalot.

Tableau 26 : Récapitulatif des surcharges routières

Désignation	Tablier		Radier	
	ELS (KN/m²)	ELU (KN/m²)	ELS (KN/m²)	ELU (KN/m²)
Système A(l)	26,41	35,21	26,41	35,21
Système Bt*	**134,46**	**179,28**	**102,24**	**136,314**
Système Bc	58,06	77,41	57,76	77,02
Système Bc Niger	68,59	91,46	61,06	81,41
Système Mc80	60,68	80,91	56,95	75,94
Système Mc120	57,83	77,10	60,25	80,33
Cas défavorable	**134,46**	**179,28**	**102,24**	**136,31**

Dans la suite des calculs, seule les charges du système Bt seront prises en compte car dans notre cas, elles sont les plus défavorables.

4. Calcul des sollicitations

Les sollicitations ont été déterminées à l'aide de la méthode de rotations des nœuds. Le calcul utilise le modèle des éléments finis triangulaires de type lamelle épaisse tridimensionnelle, capable de prendre en compte les effets de l'effort tranchant. Chaque élément est constitué de six nœuds, situés au niveau aux sommets et aux milieux des arêtes et chaque nœud dispose de six degrés de liberté. Le maillage du pont-cadre est établi en fonction de ses dimensions (épaisseur et portée) et sur chaque nœud, après analyse élastique et linéaire, huit efforts sont obtenus, avec lesquels la section de béton et l'armature sont dimensionnées et vérifiées. L'étude des déplacements permet de contrôler plusieurs critères de stabilité comme la flèche, les pressions sur le terrain, le soulèvement du radier, etc.

Pour la suite de l'étude, le logiciel de calcul PYBAR est utilisé afin de déterminer les efforts internes agissants sur l'ouvrage (Annexe V). Un récapitulatif est présenté dans le tableau 27.

Tableau 27 : Récapitulatif des sollicitations

Elément de l'ouvrage	Sollicitations en KN.m et KN		Charges G	Système Bt
Tablier	Moment sur appui (KN)	N6=N10	14,1	70
		N7=N8=N9	14,1	70
	Moment en travée (KN.m)	B10=B13	7,03	35
		B1=B4	7,03	35
	Réaction d'appui (KN)	R6=R10	33,8	168,1
		R7=R8=R9	67,5	336,1
Radier	Moment sur appui (KN)	N1=N5	50,1	53,2
		N2=N3=N4	50,1	53,2
	Moment en travée (KN.m)	B1=B4	25	26,6
		B2=B3	25	26,6
	Réaction d'appui (KN)	R1=R5	120,2	127,8
		R2=R3=R4	240,4	255,6
Piédroits	Effort en N1 et N5	N1 à N5	96,16	102,23
	Effort en N6 et N10	N6 à N10	27,41	134,45
	Moment maximal	B5=B9	4,18	57,48

5. Résultats des calculs des sections d'aciers

Le dimensionnement des armatures est réalisé suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé de la méthode des états limites dites règles B.A.E.L 91 modifié en 99. Conformément aux dispositions constructives, la disposition des armatures dans les parois d'épaisseur supérieure ou égale à 15cm se fait en double nappe. Cette configuration mène au choix d'acier par face tout en veillant à équilibrer les sections d'armatures présentes sur toutes les parties des parois de l'ouvrage. Le dimensionnement du mur en aile et du dalot 3x275x200 est disponible en annexe V et présenté dans le tableau 28.

Tableau 28 : Récapitulatif des sections d'acier du dalot 4x250x200

Eléments de l'ouvrage		Dimension		Sections d'acier			Esp (cm)	Acier de répartition
		B (Cm)	H (Cm)	Ath (Cm²)	Choix d'acier	As (Cm²)		
Tablier	Travée	100	25	8,98 2x 4,49	1er lit : 6HA10 2e lit : 6HA10	9,42	15	5HA10, e=20
	Appui	100	25	17,98 2x 8,99	1er lit : 8HA12 2e lit : 8HA12	18,1	12	5HA10, e=20
Radier	Travée	100	25	11,03 2x 5,51	1er lit : 6HA12 2e lit : 6HA12	13,58	15	5HA10, e=20
	Appui	100	25	22,08 2x 11,04	1er lit : 8HA14 2e lit : 8HA14	24,62	12	5HA10, e=20
Piédroit de rive		100	25	10,74 2x 5,37	2x 5HA12	11,3	20	5HA10, e=20
Piédroit Intermédiaire		100	25	10,4 2x 5,2	2x 7HA10	11	14	5HA10, e=20
Mur en Aile		100	25	2x 5,94	Int: 8HA12	9,05	12	5HA10, e=20
					Ext: 8HA10	6,28	12	5HA10, e=20
Semelle	Talon	100	25	5,03	5HA12	5,65	20	5HA10, e=20
	Patin	100	25	3,105	5HA10	3,93	20	5HA10, e=20

II. Dimensionnement structurel de caniveaux

1. Références normatives et critères de calcul

Le ferraillage des différents éléments de l'ouvrage se fera suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé de la méthode des états limites dites règles B.A.E.L 91 modifié en 99. Les sollicitations sont évaluées grâce à la méthode des tranches tandis que les charges d'exploitations sont déterminées conformément aux dispositions du Fascicule 61 titre II du cahier des prescriptions communes (CPC).

2. Caractéristiques des matériaux

Le béton retenu présente les caractéristiques suivantes :

- Dosage 350 Kg/m^3
- Béton B25 de poids volumique ρ= 2,5 t/m^3
- Resistance à la compression à 28jours fc_{28}= 25 MPa
- Resistance à la traction à 28jours ft_{28} = 0,6 + 0,06 fc_{28} = 2,1MPa
- Contrainte limite du béton en compression à l'ELS $\bar{\sigma}bc$ = 0,6 x fc_{28} = 0,6 x 25=15MPa
- La fissuration est jugée préjudiciable (ouvrage enterré) avec un enrobage e = 3 cm.

Les armatures utilisées sont des aciers à haute adhérence de nuance HA Fe E400, caractérisées par une limite d'élasticité f_e= 400 MPa. La contrainte de calcul de l'acier σ_{st} = 348 MPa avec γ_s = 1,152. La contrainte limite de l'acier $\bar{\sigma}_{st}$= min [$_3 f_e$; max (0,5f_e ; 110$\sqrt{nf_{t28}}$], $\bar{\sigma}_{st}$ = 216 MPa avec η= 1,6 car acier haute adhérence.

Le remblai est constitué d'un matériau graveleux latéritique naturel. Les caractéristiques retenues sont :

- Poids spécifique du remblai ɣ=20 kN/m^3
- Coefficient de poussé des terres K= 0,33
- Angle de frottement φ = 30°C

3. Identification des charges agissant sur l'ouvrage

- Les charges permanentes considérées comprennent le poids propre de l'ouvrage ainsi que les poussées de terre exercées sur les voiles.
- La surcharge routière sur la dallette est prise d'après le fascicule 61 titre II. Il est plus approprié de considérer une surcharge routière d'une roue isolée de 10 tonnes.

Les calculs sont réalisés par bande de 1 mètre linéaire et le prédimensionnement des épaisseurs des dallettes, radiers et piédroits est disponible en annexe V.

4. Calcul des sollicitations

L'étude hydraulique a conduit à la détermination de plusieurs sections de caniveaux. Dans le cadre de cette étude, le dimensionnement a été réalisé pour le caniveau de section 120 x 120 qui est la plus grande section. Les sollicitations sont déterminées conformément aux règles techniques de conception et de calcul des ouvrages en béton armé [14], selon la méthode des

états limites, plus précisément les règles B.A.E.L 91, révisées en 1999. Les détails de calcul sont présentés en annexe V et le récapitulatif est présenté dans le tableau 29.

Tableau 29 : Récapitulatif des sollicitations du caniveau 120 x 120

Intitulé	Mu	Mser	Nu	Nser	Ast	Asc	Ar
Unités	KN.ml	KN.ml	KN	KN	Cm²	Cm²	Cm²
Dallette	52,22	35,09	-	-	8,394	0	4,197
Piédroit	44,14	29,88	85,13	57,5	8,57	0	4,285
Radier	32,68	29,75	-	-	10,16	0	5,08

5. Résultats des calculs des sections d'aciers

Le tableau 30 suivant présente les sections d'armatures retenues ainsi que leur disposition pour les différentes parties du caniveau 120 x 120. L'ensemble des détails de calculs, ainsi que les plans de ferraillage et de coffrage, sont présentés en Annexe V.

Tableau 30 : Récapitulatif des sections d'aciers

Aciers principaux				Aciers de répartition	
Partie de l'ouvrage		Choix/nappe	Espacement	Choix/nappe	Espacement
Dalette	Supérieur	6HA10	17cm	5HA8	20cm
	Inférieur	6HA10	17cm	5HA8	20cm
Radier	Supérieur	6HA10	17cm	5HA8	20cm
	Inférieur	6HA10	17cm	5HA8	20cm
Piédroits	Extérieur	6HA10	17cm	5HA8	20cm
	Intérieur	6HA10	17cm	5HA8	20cm

III. Etude d'Avant-projet du Pont au PK 9+650

1. Choix du type de pont

Les principaux types d'ouvrages courants qui peuvent être concernés par notre étude sont :

- Les ponts en béton armé
  - Pont dalle en béton armé (PSI-DA) : Le passage supérieur ou inférieur en dalle armée est un tablier constitué d'une dalle armée longitudinalement et transversalement, d'épaisseur constante.
  - Pont à poutre en béton armé (PSI-BA) : Il s'agit d'un ouvrage dont le tablier est porté par des poutres longitudinales en béton armé reliées à une dalle.

L'entreprise COGEB INTERNATIONAL, pour laquelle nous réalisons cette étude a une parfaite maitrise de la technique de fabrication. Elle a à de nombreuses reprises réaliser ce type de pont sans difficulté notable. Par ailleurs, les matériaux nécessaires sont disponibles dans les carrières de l'entreprise.

- Les ponts métalliques
  - Pont à poutrelles enrobées à travées continues
  - Pont à poutrelles enrobées à travées indépendantes

L'acier ne peut qu'être choisi rarement à la vue de son prix excessivement élevé. Cela constitue une entrave pour le choix de ce type de construction.

- Les ponts en béton précontraint
  - PSI-DE : Passage supérieur ou inférieur en dalle élargie
  - PSI-DP : Passage supérieur ou inférieur en dalle précontrainte
  - PRAD : Pont à poutre précontrainte par adhérence

La réalisation de ce type d'ouvrage nécessite une main d'œuvre hautement qualifiée avec une maitrise avancée de la technique de précontrainte.
En raison de la faisabilité et des différents arguments cités, nous pensons qu'il est plus réaliste et juste d'opter pour les ponts en béton armé. Une analyse multicritère nous permettra de faire le choix entre la solution PSI-DA et la solution PSI-BA (Voir tableau 31).

Tableau 31 : analyse multicritère pour le choix du type de pont

TYPE DE PONT	PSI-DA	PSI-BA
AVANTAGES	- Bonne capacité portante - Coût d'exécution réduit - Exécution plus simple	- Très bonne capacité portante - Possibilité de préfabrication à proximité du chantier - Personnel familier à ce type d'ouvrage
INCONVENIENTS	- Personnel moins habitué à ce type d'ouvrage - Durabilité plus limitée	- Exécution plus complexe - Coût légèrement plus élevé

Conclusion sur le choix du type d'ouvrage :

Plusieurs solutions d'ouvrages sont envisageables pour répondre aux contraintes du projet, la solution retenue est **P.S.I.B.A**. Notre choix est conforté par la résistance de la variante, ainsi que par la maitrise des techniques de construction de ce type d'ouvrage par le personnel en place, qui a récemment réalisé un similaire.

2. Conception du pont

La conception du pont consistera au prédimensionnement de toutes les parties de l'ouvrage et à l'étude des équipements.

La distance à franchir étant de 30 m, nous aurons :

- Longueur des travées

$$N_{travées} = \frac{Longueur\ de\ l'obstacle\ à\ franchir}{Longueur\ travée\ principale}$$

$N_{travées} = 30/15$

$N_{travées} = 2$ travées.

On aura **deux travées de 15m** chacune.

$$Balancement = \frac{\text{Longueur de la travée de rive}}{\text{Longueur de la travée adjacente}}$$

Balancement= 15/15

Balancement = 1

- Elancement

Elancement = 1/15

Elancement = 0,067

1.1 Prédimensionnement des éléments constitutifs du tablier

- Calcul des dimensions des poutres

- Hauteur des poutres

Selon le guide CALGARO[15], H_p étant la hauteur des poutres, elle est obtenue à travers la formule suivante : $\frac{L}{17} \leq H_p \leq \frac{L}{15}$

$\frac{15}{17} \leq H_p \leq \frac{15}{15} \Rightarrow 0{,}88 \leq H_p \leq 1$

Nous prendrons **H_p= 0,9 m**.

- Largeur des poutres

La largeur b_p des poutres est donnée par la formule : $\frac{Hp}{5} < b_p < \frac{Hp}{2}$

$\frac{0,9}{5} < b_p < \frac{0,9}{2} \Rightarrow 0{,}18 < b_p < 0{,}45$

Nous prendrons **b_p= 0,3 m**.

- Nombre de poutres

Le nombre de poutres est obtenu à l'aide du tableau 32.

Tableau 32 : Calcul du nombre de poutres selon le guide Calgaro

Largeur du tablier (m)	<6	6 à 9	9 à 11	11 à 14
N	2	3	4	5

Notre tablier a une largeur utile de 10,5 m, nous avons donc un nombre de poutre N = 4 poutres. Pour des raisons de sécurité et pour une meilleure répartition des charges, une majoration de +1 sera faite. Nous considérerons **N= 5 poutres.**

- Entraxe des poutres E_p

$$E_p = \frac{l - lpoutre}{N-1} = \frac{10,5-0,3}{5-1}$$

E_p = 2,55 m

❖ Les entretoises

- Longueur entretoise

$L_{entretoise} = E_p - b_p$

$L_{entretoise} = 2,55 - 0,3$

$L_{entretoise}$ = 2,25 m

- Epaisseur entretoise

$$E_{entretoise} = \frac{Hp}{4} = \frac{0,9}{4} = 0,225 \text{ m}$$

On retiendra **$E_{entretoise}$ = 0,25 m**.

❖ **Les hourdis**

L'épaisseur des hourdis est fonction de l'entraxe des poutres. Le tableau 33 ci-après de Calgaro propose des épaisseurs de hourdis en fonction des classes d'entraxe :

Tableau 33 : Choix des épaisseurs des hourdis

Entraxe E_p (m)	2	2,5	3	3,5
Eh(cm)	16	18	20	22

Nous prendrons E_h = 18cm car entraxe égale à 2.5, en tenant compte des prédalles comme coffrage perdu l'épaisseur totale est de 18 cm + 7 cm = 25 cm.

1.2 Prédimensionnement des appuis

❖ Conception des culées selon les indications du guide CALGARO

Les culées sont les appuis extrêmes du pont assurant le soutien du tablier et le maintien des remblais.

- **Mur de front**

Epaisseur E : 0,80 ≤ E ≤ 1,20 => **E = 1,20 m**

- **Mur garde-grève**

Pour une hauteur de h ≤ 1 m : e = 0,20 m

Pour une hauteur de 1 m < h ≤ 2 m : e = 0,10+0,10× h (m)

Nous prendrons **h = 1,2 m et e = 0,3 m**.

- Mur en retour

Ce sont des voiles latéraux en béton armé encastrés au mur garde grève. La formule suivante lie la longueur du mur L avec son épaisseur E : $E = \frac{L+2}{20}$; L étant compris entre 2 m ≤ L ≤ 6 m.

Pour **L= 3m**, nous retiendrons **E = 0,3 m**.

- Dalle de transition

Sa longueur, comprise entre 3m et 6 m est obtenue par la formule : L = inf [6m ; sup (3m ;0.6H_r)]. H_r est la hauteur du remblai au-dessus de la dalle de transition.

L = 3 m. Son épaisseur est généralement prise égale à 30 cm.

❖ Prédimensionnement des piles

- Colonnes

Il s'agit d'appuis intermédiaires qui soutiennent le tablier du pont. Le tablier ayant une largeur de 10,5 m, nous préconisons 3 colonnes de 1 m de diamètre, présentant un espacement au clair (nu à nu) de 3 m.

- Chevêtre

Elle est située au-dessus des colonnes, formant ainsi une poutre-chapeau. Sa longueur dépend de la largeur du tablier. Son prédimensionnement donne : une largeur **L_C = 1,5 m**, une hauteur **H_C = 1,2 m** et une longueur **L_C = 10,5 m**.

- Bossage

Situés au-dessus des chevêtres, les bossages sont disposés afin de recevoir les appareils d'appui et d'assurer une bonne transmission des charges. Nous recommandons des bossages de dimensions 50*50 cm et d'épaisseur 10 cm.

1.3 Les fondations

Le choix entre une fondation superficielle et une fondation profonde dépend des résultats des essais pressiométriques réalisés par le laboratoire chargé de l'étude géotechnique du sol. Le type de fondation retenu dépend essentiellement de la profondeur du bon sol par rapport au terrain naturel. Généralement, on rencontre deux types de fondations :

- Fondations superficielles sur semelles ;
- Fondations profondes sur pieux.

2.4 Equipement et protection

Les équipements et protections d'un pont désignent l'ensemble des dispositifs complémentaires ajoutés à la structure principale afin d'assurer sa sécurité, son confort, sa durabilité et sa protection contre les agressions mécaniques, hydrauliques et climatiques.

Ils comprennent notamment les joints de chaussée, les gargouilles, les appareils d'appui, les corniches, les dispositifs de retenue, les trottoirs, …etc.

- Les joints de chaussée

Ils assurent la continuité de la surface de roulement et le confort de circulation en permettant les mouvements du pont due à la dilatation.

- Les gargouilles

Elles protègent le pont en facilitant l'évacuation des eaux sur le tablier. Dans notre cas, nous recommandons des gargouilles Φ200 mm.

- Les appareils d'appui

Ce sont des dispositifs placés au-dessus des bossages entre le tablier et les appuis d'un pont. Elles garantissent la transmission des charges de l'ouvrage tout en permettant certains

mouvements et rotations du tablier. Nous recommandons des appareils d'appui en élastomères frettés.

- Les corniches

Elles améliorent l'aspect esthétique de l'ouvrage tout en permettant un scellement des gardes corps. Il est conseillé des corniches préfabriquées afin de gagner en temps.

- Les dispositifs de retenue

Les dispositifs de retenue assurent la sécurité des usagers (piétons et véhicules) circulant sur l'ouvrage. Il en existe plusieurs types comme les barrières (protection des véhicules) et les gardes corps (pour les piétons). Dans le cadre de notre projet, nous envisageons des barrières de sécurité BN4 à cause de leur capacité à retenir les véhicules en cas d'accident.

CHAPITRE IV : SIGNALISATION, SECURITE ET AMENAGEMENT ROUTIER

La réalisation d'une infrastructure routière ne se résume pas aux travaux de bitumage ou d'assainissement de la route. Elle nécessite aussi la mise en place d'équipements et d'aménagements destinés à encadrer la circulation et à renforcer la sécurité des usagers. Ce chapitre présente ainsi les dispositions retenues en matière de signalisation, de sécurité et d'aménagement routier.

I. Signalisation routière

La signalisation routière a pour but de rendre la circulation plus sûre. Il s'agit en effet d'un langage universel qui indique aux usagers de la route les règles à suivre pendant leurs déplacements. Elle peut être classée selon deux critères à savoir : sa durée d'implantation (permanente ou temporaire) et sa forme (verticale ou horizontale).

1.1 Signalisation temporaire

Il s'agit de l'ensemble des dispositifs de signalisation mis en place de façon provisoire pour informer et guider les usagers face à des situations temporaires comme des travaux de chantier qui affectent les conditions normales de circulation. Il faut noter que la signalisation temporaire prime toujours sur la signalisation permanente et ces panneaux se distingue généralement par un fond jaune comme nous illustre la figure 10.



Figure 10 : Signalisation temporaire : Attention travaux/ Signal de fin de chantier/ Indication de chantier important/Cone de signalisation/ Fin de déviation/ Rétrécissement de la chaussée/ Route barrée à 300m [16]

1.2 Signalisation permanente

La signalisation permanente regroupe l'ensemble des dispositifs de signalisation destinés à accompagner les usagers en règlementant la circulation tout au long de la vie de l'infrastructure routière. Elle se compose de signalisations verticales, de signalisations horizontales et aussi de

signalisations lumineuses. Contrairement à la signalisation temporaire, elle est conçue pour répondre aux besoins constants et quotidiens des usagers de la route, indépendamment des travaux ponctuels.

1.2.1 Signalisation verticale permanente

Elle désigne l'ensemble des panneaux fixés sur des supports et disposés en bordure de chaussée. On distingue trois familles principales :

- Les panneaux de danger, de forme triangulaire, alertent les conducteurs sur un risque imminent à proximité ;

- Les panneaux d'indication, généralement de forme rectangulaire ou carrée, donnent des informations utiles comme la direction à prendre ou les caractéristiques de l'itinéraire.

- Les panneaux de prescription, de forme circulaire, imposent ou interdisent un comportement (limitations de vitesse, interdictions, obligations)

Les différents dispositifs de signalisation verticale retenus pour ce projet sont présentés dans le tableau 34 :

Tableau 34 : Dispositifs de signalisation verticale permanente

Panneaux	Dénomination	Position	Rôle	Nombre
	Ralentisseur de type dos-d'âne	Au niveau des lieux publics	Avertir les usagers sur la présence d'un ralentisseur	4
	Rétrécissement de la chaussée	En sortie d'agglomération	Avertir les usagers que la largeur de la chaussée diminue	2
	Passage d'animaux domestiques	En zone rural, à la traversée de pistes d'élevages	Signaler un risque de traverser d'animaux	2
	Arrêt obligatoire avant le panneau	A chaque intersection	Indiquent une obligation de s'arrêter avant de s'engager	2
	Passage pour piétons	Au droit des passages piétons	Signale un passage de piétons	1
	Endroit fréquenté par les enfants	Près des écoles et des lieux d'éducation	Avertir les usagers d'une probable présence d'enfant	2

	Limitation de vitesse à 30 Km/h	A l'entrée des agglomérations	Interdire de dépasser la vitesse de 30 Km/h	2
	Fin de la limitation de vitesse à 30 Km/h	A la sortie des agglomérations	Fin de la restriction de vitesse de 30 Km/h	2

1.2.2 Signalisation horizontale permanente

La signalisation horizontale peut être considérée comme l'ensemble des éléments peints ou tracés sur la chaussée et destinés à fournir des informations aux usagers de la route, ils sont également appelés « marquage au sol ». Pour ce projet, la signalisation horizontale sera composée de :

- Marquages longitudinaux : Il s'agira de ligne d'axe et de rive de la chaussée.
- Marquages transversaux : Ils viennent en complément des panneaux « STOP » et « cédez le passage ».
- Marquages pour le passage des piétons.

Les éléments de signalisation horizontale permanentes sont présentés en annexe VI.

II. Sécurité routière

La sécurité routière vise à prévenir ou à minimiser la gravité des accidents de la route. Il existe plusieurs dispositifs de sécurité routière, cependant pour notre tronçon il sera implanté :

-Des ralentisseurs pour diminuer la vitesse à certains endroits précis comme à l'approche des lieux publics

-De l'éclairage public pour une meilleur visibilité nocturne. Le système d'éclairage retenu est composé de candélabres supportant des luminaires. On utilisera des lampadaires solaires en raison de leur rentabilité économique installées sur des candélabres en acier galvanisé.

III. Aménagement routier

Au pk 0 de notre projet, il existe un croisement entre la route régionale n°11 et la route nationale n°20. Nous proposons ainsi la construction d'une jonction en T reliant notre route secondaire à la route principale. Cette jonction en T ou carrefour en T jouera sans doute un rôle majeur dans la gestion du trafic. Elle permet de changer de direction en toute sécurité et ainsi de réduire les accidents. Cependant, au niveau du carrefour, les fréquentes manœuvres de virage, de freinage, d'accélération, entraineront ainsi d'énormes efforts de cisaillement. L'enduit superficiel

résistant mal aux efforts de cisaillement, nous proposons d'aménager le carrefour en T sous forme de dalle en béton armé.

Pour implanter un carrefour en T ordinaire, plusieurs conditions doivent être réunies :

- La visibilité :

Pour des raisons de sécurité, l'usager de la route non prioritaire doit disposer du temps nécessaire pour s'informer de la présence d'un autre usager sur la route prioritaire, décider de sa manœuvre, démarrer et réaliser sa manœuvre de franchissement, avant qu'un véhicule prioritaire ne survienne de la voie prioritaire.[2]

- La lisibilité :

Le conducteur qui s'approche d'un carrefour doit être en mesure de comprendre sans difficulté et avec rapidité son fonctionnement. Il doit déjà connaitre l'attitude à avoir (ralentir/ cédez le passage) et ce que feront les autres usagers. Pour ce faire, nous conseillons l'installation de signalisation (voir Annexe VI) cohérente disposée de manière à être bien perçue. La figure 11 ci-dessous illustre une proposition du type d'aménagement au PK0+00.

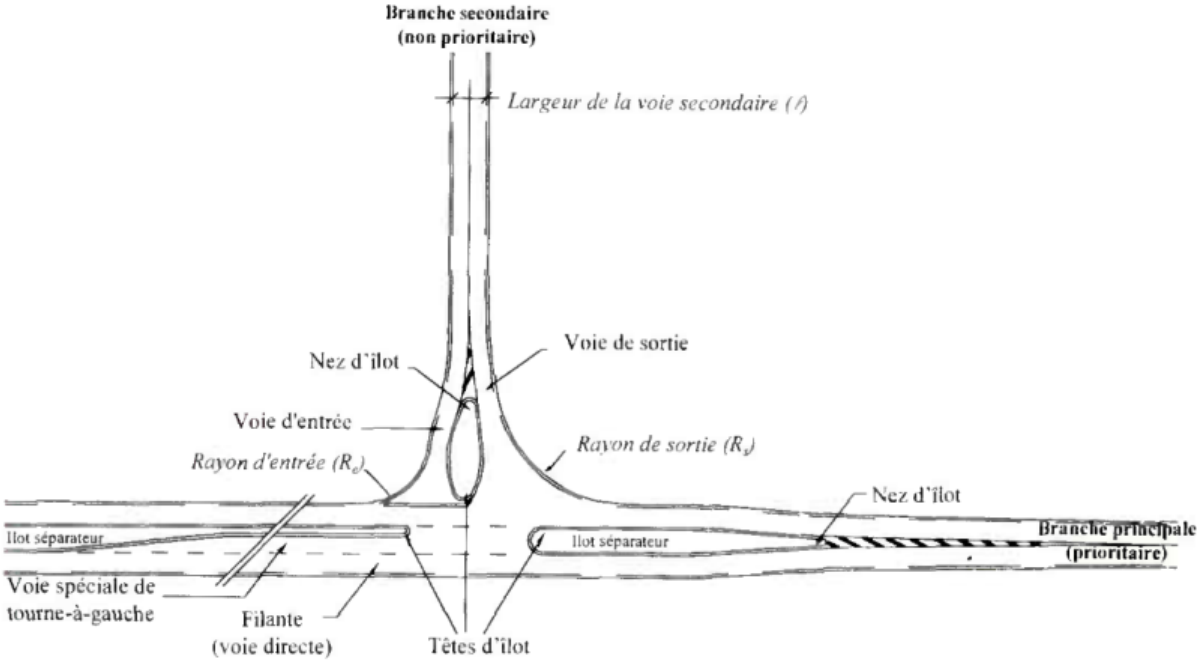


Figure 11 : Proposition du type d'aménagement au PK0+00

Source : Guide d'aménagement des carrefours interurbains [2] ; page 26

CHAPITRE V : NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

Le projet d'aménagement, de bitumage et d'assainissement de la route régionale n°11 vise à désenclaver la zone et à dynamiser l'économie locale. Cependant, sa réalisation et son exploitation engendrent inévitablement des perturbations sur le milieu naturel et humain. Ce chapitre a pour but d'anticiper ces effets négatifs et de proposer des solutions pour les limiter.

I. Rappel du cadre législatif et réglementaire

Au Burkina Faso, la protection de l'environnement est supervisée par des textes législatifs et réglementaires auxquels ce projet devra se conformer :

- La Constitution du Burkina Faso, qui garantit le droit à un environnement sain.
- La Loi n°006-2013/AN du 02 avril 2013[17], portant Code de l'environnement au Burkina Faso.
- Le décret n°2015-1187/PRES-TRANS/PM/MERH/MATD/MME/MS/MARHASA/MRA/MICA/MHU/MIDT/MCT du 22 octobre 2015 [18] visant à intégrer une dimension environnementale et sociale dans les projets de développement susceptibles d'avoir des impacts significatifs avant leur réalisation.

II. Impacts et risques potentiels du projet

Cette partie présente les principaux impacts et les risques potentiels du projet sur le milieu biophysique et humain.

1. Impacts et risques sur le milieu biophysique

1.1. Faune et microfaune

Les travaux d'aménagement de la route perturberont la faune et la microfaune locales à travers le dégagement des emprises, les nuisances sonores et la circulation des engins. Tout cela risque d'entrainer la destruction de niches écologiques ainsi que des collisions avec certains animaux et engins. Ce sont des impacts négatifs à gravité moyenne.

1.2 Qualité de l'air et ambiance sonore

Les travaux vont engendrés des nuisances sonores pour les ouvriers et les populations riverains. Nous pouvons également citer une dégradation de la qualité de l'air due aux émissions de poussière. Ces impacts sont temporaires mais peuvent être à l'origine de maladies respiratoires et oculaires pour les ouvriers et les riverains. Cependant, il faut aussi noter que la mise en service de la route revêtue permettra une réduction notable des poussières.

1.3 Végétation et sols

Lors des travaux de bitumage, les déversements de déchets notamment les huiles de vidange, les hydrocarbures, les eaux usées risquent de dégrader le sol. Aussi, le dégagement de l'emprise provoquera l'abattage de plusieurs centaines d'arbres et d'arbustes. Cependant avec le temps, le couvert végétal peut être améliorer en plantant des arbres.

1.4 Ressources hydriques locales

L'un des principaux risques liés au projet est la pollution de la nappe souterraine. En effet, lors des travaux de bitumage, les déchets liquides provenant du chantier peuvent s'infiltrer dans le sol et contaminer les eaux souterraines. Cela peut avoir un impact sur la nature et sur la santé publique.

2. Impacts et risques du projet sur la population

2.1 Economie et marché du travail

Le projet aura des retombées positives avec la création d'emplois due au recrutement de la main d'œuvre locale. Il faut également noter le développement d'activités économiques pour les petits commerçants notamment la restauration, la vente de produits divers à proximité de la zone du projet. Tout cela peut participer à l'amélioration des conditions de vie des populations riveraines.

2.2 Hygiène, santé et sécurité

Le nombre élevé de travailleurs sur le chantier peut entrainer une propagation des maladies sexuellement transmissibles ainsi que des grossesses non désirées. Il faut noter que, les activités de chantier augmentent les risques d'accidents du travail et ceux liés à la circulation des engins. Les travaux peuvent également entraîner des blocages temporaires de la circulation. Cela peut limiter l'accès des populations à certains services essentiels, comme les centres de santé.

III. Mesures environnementales et sociales

La réalisation du projet entraine des impacts négatifs sur le milieu naturel et humain. Afin de réduire les effets négatifs du projet durant les travaux et l'exploitation de l'infrastructure, nous proposerons des mesures environnementales et sociales. Des mesures de renforcements des impacts positifs du projet ont également été prévus. Ces mesures de renforcements sont consignées dans un tableau 35 disponible en Annexe VII.

Tableau 35 : Mesures environnementales et sociales

Milieu concerné	Impacts/Risques	Nature	Solutions proposées
Faune et microfaune	-Perturbation de la faune - Destruction des niches - Collision avec les engins	Négative	-Limiter le déboisement à l'emprise du projet - - Sensibiliser les conducteurs d'engins au respect de la faune et à une réduction des vitesses dans les zones sensibles.
Qualité de l'air et ambiance sonore	-Emissions de poussière - Nuisance sonore	Négative	-Arroser régulièrement les pistes lors du terrassement – - Limiter les travaux bruyants à certaines heures - - Fournir des équipements de protections individuelles (EPI) aux ouvriers
Sol et végétation	Pollution des sols - Abattage d'arbres	Négative	-Interdire les déversements anarchiques - Collecter les déchets, huiles et eaux usées - - Lancer une campagne de reboisement (3 arbres plantés pour 1 arbre abattu) - - Sensibiliser les travailleurs au respect de l'environnement
Hygiène et Santé	Propagation des IST/VIH-SIDA et des grossesses non désirées	Négative	-Organiser des campagnes de sensibilisation sur les IST/VIH-SIDA -Distribuer des préservatifs

Sécurité	Accidents de circulation - Accidents de chantier pendant les travaux	Négative	-Installer une signalisation temporaire -Fournir des EPI aux ouvriers
Circulation	Blocage de la circulation- Difficulté d'accès aux services de santé, aux écoles	Négative	-Mettre en place des voies de déviations provisoires
Bâtiments	Destruction des constructions sur l'emprise du projet	Négative	- Indemniser et/ou réinstaller les propriétaires

IV. Conclusion et Recommandations

En définitive, il ressort que les impacts négatifs du projet sont essentiellement temporaires et concentrés durant la phase des travaux, tandis que les impacts positifs seront profitables de manière durable. La mise en œuvre des mesures environnementales et sociales par l'entreprise permettra de réduire les risques identifiés. Par ailleurs, il est recommandé à l'entreprise de maintenir un dialogue constant avec la population.

CHAPITRE : AVANT METRE ET ESTIMATION FINANCIERE DU PROJET

L'estimation financière est une étape cruciale dans le processus de conception d'un projet routier. Elle permet d'avoir une idée sur le coût de réalisation du projet dès la phase des études. C'est un outil d'aide à la décision très utile au maitre d'ouvrage. Ainsi, pour obtenir une estimation fiable nous établissons au préalable un avant métré détaillé permettant de quantifier l'ensemble des travaux prévus.

I. Avant métré

L'avant métré consiste à calculer les quantités des différents travaux avant le début du projet. Il est conçu à partir des résultats des études techniques et des caractéristiques des ouvrages projetés. Il prend en compte :

- L'installation et le repli du chantier ;
- Les travaux de terrassements ;
- Les ouvrages d'assainissement ;
- Mise en œuvre de la structure de chaussée ;
- Les mesures environnementales et sociales.

Il faut noter que les métrés de terrassement ainsi que ceux de la chaussée proviennent des profils du projet conçus avec le logiciel Covadis-Autopiste. Les quantités des ouvrages d'assainissement sont quant à elles conçus à partir des résultats de l'étude hydraulique et structurale. Les résultats sont présentés en annexe VII.

II. Devis estimatif

Il est établi à partir des quantités provenant de l'avant métré et des prix unitaires correspondants. Il permet de disposer d'une estimation financière globale du projet. Les prix à appliquer sont extrait du mercuriale 2026 des infrastructures routières [19] et le montant total du projet est obtenu en faisant la somme des différents montants partiels. Le tableau 36 présente un récapitulatif des coûts par catégories de travaux ; une description détaillée figure en annexe VII.

Tableau 36 : Récapitulatif du devis estimatif du projet

N° de prix	Désignations	Montant total
100	Installation de chantier et repli	36 850 000
200	Travaux préparatoires	68 989 000
300	Terrassement	598 173 850
400	Chaussée et revêtement	701 410 380
500	Assainissement routier	1 813 637 318
600	Signalisation-Sécurité routière	418 065 600
700	Ouvrage d'art	700 000 000
800	Aménagement carrefour en T	250 000 000
900	Mesures environnementales et sociales	28 600 000
1000	Imprévus généraux	100 000 000
I	Sous total HT	**4 715 726 148**
II	TVA (18%)	**848 830 707**
III	Total général TTC	**5 564 556 855**
IV	Coût moyen par kilomètre (HT)	**471 572 615**
V	Coût moyen par kilomètre (TTC)	**556 455 686**

Le coût total toutes taxes comprises du projet d'aménagement et de bitumage de la route s'élève à cinq milliards cinq cent soixante-quatre millions cinq cent cinquante-six mille huit cent cinquante-cinq (5 564 556 855) francs CFA, soit un coût kilométrique de cinq cent cinquante-six millions quatre cent cinquante-cinq mille six cent quatre-vingt-six (556 455 686) francs CFA TTC.

CONCLUSION GENERALE

Cette étude a permis de réaliser les études techniques détaillées du tronçon PK0–PK10 de la route régionale n°11 reliant Kolinka à Poura Carrefour. Les différentes analyses menées ont porté sur la conception géométrique de la route, le dimensionnement de la chaussée, les études hydrologiques et hydrauliques, le dimensionnement des ouvrages ainsi que l'évaluation des aspects environnementaux et sociaux du projet. Les résultats obtenus ont confirmé la faisabilité technique de l'aménagement de cet axe routier.

L'étude géométrique a permis de définir un tracé conforme aux exigences de sécurité et de confort des usagers. Il est prévu une chaussée de type 1*2 voies avec une largeur de plateforme de 12,2 m en agglomération tandis qu'en rase campagne, la plateforme aura une largeur de 10,2 m.

Le dimensionnement réalisé selon les méthodes CEBTP et ALIZÉ-LCPC a conduit au choix d'une structure de chaussée adaptée aux exigences. Elle comprend un revêtement en enduit superficiel tri-couche, 20 cm de graveleux latéritique naturel en couche de base, et 20 cm de graveleux latéritique naturel en couche de fondation.

Les études hydrologiques et hydrauliques ont permis d'identifier les débits de projet et de concevoir plusieurs ouvrages d'assainissement, nous prévoyons 11 dalots et un ouvrage de franchissement (pont) au Pk 9+650. Il faut noter également que pour le drainage des eaux jusqu'aux exutoires, il sera prévu 3 sections différentes de caniveau en agglomération et des fossés triangulaires en terre en rase campagne. Par ailleurs, un dimensionnement structurel a été effectué pour plusieurs ouvrages afin de garantir leur stabilité.

Aussi, la notice d'impact environnementale et sociale nous a révélé que le projet comporte certains risques négatifs à court terme, cependant ces bénéfices perdureront dans le temps. Des mesures environnementales et sociale ont été prévus pour limiter les risques ou impacts négatifs du projet.

Pour finir, nous avons procédé à une évaluation financière du projet. Le projet devra coûter 5 564 556 855 francs CFA toutes taxes comprises (TTC). A titre de comparaison, le coût estimatif du projet global de la RR11 (92km) est d'environ 31,862 milliards de FCFA, soit près de 346 millions de FCFA par kilomètre. Le tronçon étudié dans notre mémoire (10km) est estimé à 5,565 milliards de FCFA soit environ 556 millions de FCFA par kilomètre. Cet écart

s'explique par la présence d'un pont, de plusieurs dalots de grandes dimensions et de l'aménagement d'un carrefour en T sur notre tronçon.

RECOMMANDATIONS

Au terme de cette étude, il est recommandé de veiller à la mise en œuvre rigoureuse des solutions techniques proposées afin de garantir la qualité et la durabilité de l'infrastructure. Une attention particulière devra être accordée au respect des normes et prescriptions techniques en vigueur tout au long des travaux.

Par ailleurs, la pérennité des investissements réalisés nécessitera la mise en place d'un programme d'entretien adapté ainsi qu'un suivi régulier de l'état de l'infrastructure après sa mise en service.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

[1] « Aménagement des routes principales ARP pdf | ILIDE.INFO Platform PDF Viewer », ilide.info. Consulté le : 31 mars 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://ilide.info/doc-viewer-v2

[2] France, Éd., *Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales, carrefours plans : guide technique*. Bagneux : SETRA, 1998. Consulté le : 2 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://doc.cerema.fr/Default/doc/SYRACUSE/15718/amenagement-des-carrefours-interurbains-sur-les-routes-principales-carrefours-plans

[3] H. BRUNEL, *Cours de route*. 2007. Consulté le : 17 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://asso.ecoforum.fr/archives/Dossiers/Reduction-vitesse-2012/coursroutev2007.pdf

[4] K. Ndiaye et A. Thiam, « Contribution à l'élaboration d'un guide de dimensionnement des structures types de chaussées neuves au Sénégal ».

[5] « 130404 Guide Pratique Dimensionnement Chaussee Pays Tropicaux | ILIDE.INFO Platform PDF Viewer », ilide.info. Consulté le : 1 avril 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://ilide.info/doc-viewer-v2

[6] « Catalogue V2 | PDF | Sénégal | Sciences de la terre », Scribd. Consulté le : 17 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://fr.scribd.com/document/468461519/CATALOGUE-V2

[7] « Dictionnaire de La Langue Française Larousse | ILIDE.INFO Platform PDF Viewer », ilide.info. Consulté le : 17 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://ilide.info/doc-viewer-v2

[8] F. and A. O. of the U. Nations, *Crues et apports : manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche*. FAO, 1996.

[9] N. V. Tuu, *Hydraulique routière*. B.C.E.O.M, 1981.

[10] C. Puech, D. C. Gonni, et CIEH, *Courbes hauteur de pluie - durée - fréquence - Afrique de l'Ouest et Centrale pour des pluies de durée de 5 minutes à 24 heures*. in Série Hydrologie. OUAGADOUGOU : CIEH, 1984.

[11] « ponts_cadres_et_portiques_guide_de_conception_1992_cle78923e ». Consulté le : 18 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://piles.cerema.fr/IMG/pdf/ponts_cadres_et_portiques_guide_de_conception_1992_cle78923e.pdf

[12] *Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé, suivant la méthode des états limites : règles BAEL 91, révisées 99*. Paris : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 2000.

[13] « Fascicule 61 Titre 2 PDF | PDF », Scribd. Consulté le : 18 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://fr.scribd.com/document/406705288/fascicule-61-titre-2-pdf

[14] « fascicule_61_titre_ii_cpc_1971_charges_et_epreuves_des_ponts-routes_cle289a28 ».

[15] *Projet Et Construction Des Ponts. Généralités, Fondations, Appuis, Ouvrages Courants - Jean-Armand Calgaro*. Consulté le : 18 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://www.furet.com/livres/projet-et-construction-des-ponts-9782859783273.html

[16] « TOUS LES PANNEAUX ». Consulté le : 1 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://www.auto-ecoleducentre.com/userfiles/files/TOUS%20LES%20PANNEAUX.pdf

[17] « LOI N°006-2013/AN DU 02 AVRIL 2013 PORTANT CODE DE L'ENVIRONNEMENT DU BURKINA FASO », ITIE-BF. Consulté le : 18 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://itie-bf.bf/download/loi-n006-2013-an-portant-code-de-lenvironnement-au-burkina-fa/

[18] « DECRET N°2015-1187/PRES-TRANS/PM/MERH/MATD/MME/MS/MARHASA/MRA/MICA/MHU/MIDT/MCT DU 22 OCTOBRE 2015 portant conditions et procédure de réalisation et de validation de l'évaluation environnementale stratégique de l'étude et de la notice d'impact environnemental et social », ITIE-BF. Consulté le : 18 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://itie-bf.bf/download/decret-n2015-1187-conditions-validation-devaluation-environnementale/

[19] D. COULIBALY, « Mercuriale | Autorité de régulation de la commande publique (ARCOP) ». Consulté le : 17 juin 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://www.arcop.bf/mercuriale/

ANNEXES

ANNEXE I : DONNEES DU PROJET II
ANNEXE II : CONCEPTION GEOMETRIQUE VIII
ANNEXE III: CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE ...XXXII
ANNEXE IV: ETUDE D'ASSAINISSEMENT ROUTIER..... XXXIX
ANNEXE V: ETUDE STRUCTURALE DES OUVRAGES.....XLIX
ANNEXE VI: SIGNALISATION, SECURITE, ET AMENAGEMENT ROUTIER.....XCV
ANNEXE VII: MESURES ENVIRONNEMENTALES ET DEVIS ESTIMATIF DU PROJET XCVIII
ANNEXE VIII : SUIVI DE L'EXECUTION DES TRAVAUX SUR LE CHANTIER CV

ANNEXE I : DONNEES DU PROJET

Les données relatives au tronçon étudié ont été fournies par l'entreprise d'accueil.

1. Données géotechniques

Tableau I : Résultats des essais sur matériaux des sondages sur les sols du tracé

SONDAGE	PK	COUCHE	Analyse granulométrique (passants %)				LIMITES D'ATTERBERG		Proctor modifié		CBR	
			10mm	5mm	0.4 mm	0.08 mm	wL	Ip	W opm	d opm	95%OPM	98%OPM
Sondage N°1	PK 0+000 G	5/30	99	95	61	35	48	27	**5,8**	**2,08**	**28**	**40**
Sondage N°2	PK 1+000 D	5/25	96	79	40	27	38	18	**7,6**	**2,05**	**31**	**42**
Sondage N°3	PK 2+000 A	10/30	95	72	41	29	40	18	**9,8**	**2,03**	**28**	**40**
Sondage N°4	PK 3+000 G	5/30	92	72	41	26	41	15	**7,8**	**2,07**	**31**	**44**
Sondage N°5	PK 4+000 D	10/50	86	58	33	21	38	23	**5,2**	**2,15**	**44**	**60**
Sondage N°6	PK 5+000 A	5/20	74	48	23	18	32	16	**10,0**	**2,06**	**21**	**30**
Sondage N°7	PK 6+000 G	10/35	97	86	60	40	43	21	**9,0**	**2,01**	**16**	**22**
Sondage N°8	PK 7+000 D	10/50	92	55	16	1	28	14	**6,4**	**2,19**	**41**	**56**

SONDAGE	PK	COUCHE	Analyse granulométrique (passants %)				LIMITES D'ATTERBERG		Proctor modifié		CBR	
			10mm	5mm	0.4 mm	0.08 mm	wL	Ip	W opm	d opm	95%OPM	98%OPM
Sondage N°9	PK 8+000 A	25/40	62	37	18	11	30	18	**5,8**	**2,10**	**25**	**37**
Sondage N°10	PK 9+000 G	10/40	99	89	36	9	29	14	**8,2**	**2,00**	**21**	**30**
Sondage N°11	PK 10+000 D	15/40	76	51	29	21	38	28	**7,7**	**1,97**	**14**	**22**

EMPRUNT	PK	Distance morte (m)	Volume (m3)	Analyse granulométrique (passants %)			LIMITES D'ATTERBERG			Proctor modifié		CBR		Destination
				10mm	5mm	0.08 mm	wL	Wp	Ip	wopm	γd opm	95%	98%	
EMPT 1	PK 4+100 G	600	16 500	83	41	6	35	18	17	**8,4**	**2,12**	**64**	**92**	**base**
EMPT 2	PK 6+000 D	200	17 250	69	34	4	41	27	14	**9,4**	**2,01**	**46**	**64**	**fondation**
EMPT 3	PK 8+800 G	200	18 000	52	28	4	36	20	16	**8,6**	**2,00**	**30**	**44**	**fondation**

Image 1 : Récapitulatif des emprunts de graveleux latéritiques

2. Données du trafic

Tableau II : Données relatives au trafic

Sections Catégorie véhicule	1-Véhicule Particulier	2-VTT	3-Camionnette	4-Minibus	5-Autocar-Bus	6-Camion 2 Essieux	7-Camion 3 Essieux	8-Camion Articule	9-Camion Semi-Articule	Total VL+PL	Poids lourd
Kolinka (Emb RN 20) à Laro (BK 30/32)											
- Trafic normal	26	3	24	17	7	10	6	12	2	107	37
- Trafic induit	23	3	18	15	6	6	4	8	1	84	25
- Trafic normal+induit	**118**	**6**	**88**	**32**	**45**	**64**	**33**	**20**	**3**	**409**	**62**
Laro (BK 30/32) à Fara (BK 1/61)											
- Trafic normal	34	18	33	25	11	13	7	12	3	156	46
- Trafic induit	29	17	25	23	10	9	4	8	2	127	33
- Trafic normal+induit	**63**	**35**	**58**	**48**	**21**	**22**	**11**	**20**	**5**	**283**	**79**
Fara (BK 1/61) à Poura (Lim 7/5) (BK 27/6)											
- Trafic normal	76	8	45	46	7	21	7	13	2	225	50
- Trafic induit	67	8	36	42	6	15	5	9	1	189	37
- Trafic normal+induit	**53**	**16**	**81**	**88**	**8**	**36**	**12**	**22**	**3**	**173**	**87**
Poura (Lim 7/5) (BK 27/6) à Poura (BK 25/8)											
- Trafic normal	76	8	45	46	7	21	7	13	2	225	50
- Trafic induit	67	8	36	42	6	15	5	9	1	190	37

Sections Catégorie véhicule	1-Véhicule Particulier	2-VTT	3-Camionnette	4-Minibus	5-Autocar-Bus	6-Camion 2 Essieux	7-Camion 3 Essieux	8-Camion Articule	9-Camion Semi-Articule	Total VL+PL	Poids lourd
- Trafic normal+induit	**55**	**16**	**81**	**88**	**8**	**36**	**12**	**22**	**26**	**176**	**87**
Poura (BK 25/8) à Poura Carrefour (Emb RN 01)											
- Trafic normal	108	7	50	47	8	22	6	13	2	263	51
- Trafic induit	96	7	40	44	7	16	4	10	1	225	38
- Trafic normal+induit	**21**	**14**	**90**	**91**	**15**	**38**	**55**	**23**	**3**	**350**	**89**
Taux unique sur la période d'analyse					**8,0%**	**4,0%**	**4,0%**	**4,0%**	**4,0%**		**5,00%**

Nous considèrerons le trafic de la section Poura – Poura Carrefour pour le calcul du trafic dimensionnant de l'ensemble de la route.

Le taux d'accroissement étant de 5%.

3. Données pluviométriques

Nous avons utilisé les données de la ville de Boromo située à proximité de la zone d'étude en raison de l'absence de données spécifiques à notre zone projet.

Tableau III : Données pluviométriques

Zone	Année	Pluie An (mm)	Année	Pj max	Année	Pj max(mm)
Boromo	1989	780,5	1961	48	1992	54.6
Boromo	1990	583,5	1962	46.5	1993	124
Boromo	1991	1047,4	1963	55.8	1994	89.6
Boromo	1992	683,0	1964	79.7	1995	47.4
Boromo	1993	1021,1	1965	74.3	1996	72
Boromo	1994	987,3	1966	76.6	1997	82
Boromo	1995	729,1	1967	94.7	1998	122.5
Boromo	1996	1067,2	1968	49.3	1999	119.1
Boromo	1997	988,9	1969	58.2	2000	44.2
Boromo	1998	1035,4	1970	68.4	2001	63.3
Boromo	1999	1006,8	1971	83.6	2002	47.5
Boromo	2000	696,2	1972	81.1	2003	77.7
Boromo	2001	840,1	1973	40.4	2004	52.4
Boromo	2002	647,4	1974	61.8	2005	55.9
Boromo	2003	1040,4	1975	71.5	2006	50.6
Boromo	2004	874,0	1976	53.1	2007	66.4
Boromo	2005	763,7	1977	59.8	2008	134
Boromo	2006	829,1	1978	57.9	2009	48.4
Boromo	2007	868,3	1979	51.8	2010	56.7
Boromo	2008	1134,7	1980	69.2	2011	105.1
Boromo	2009	829,8	1981	79.1	2012	61
Boromo	2010	1033,1	1982	44.8	2013	63
Boromo	2011	815,6	1983	54.8	2014	86
Boromo	2012	1038,7	1984	47.6	2015	49
Boromo	2013	962,7	1985	79.6	2016	57
Boromo	2014	1114,8	1986	53.6	2017	74
Boromo	2015	833,7	1987	50.5	2018	67
Boromo	2016	932,3	1988	70.6	2019	72
Boromo	2017	882,8	1989	49	2020	84
Boromo	2018	1023,8	1990	36		
Boromo	2019	1087,7	1991	98.5		

ANNEXE II : CONCEPTION GEOMETRIQUE

1. LISTING

Les pages suivantes seront dédiées au listing de la conception géométrique :

- Profil en long
- Axe en plan
- Cubatures

Profil en long du projet

Axe : RR11

Elts Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-1.31 %	609.576	0+000.000	269.187
Parabole 1	Rayon	37039.437 m	880.849	0+609.576	261.174
	Sommet Absc.	1+096.486 m			
	Sommet Alt.	257.973 m			
Pente 2	Pente	1.06 %	534.576	1+490.424	260.068
Pente 3	Pente	-0.14 %	282.909	2+025.000	265.754
Parabole 2	Rayon	50026.899 m	681.579	2+307.909	265.369
	Sommet Absc.	2+376.007 m			
	Sommet Alt.	265.322 m			
Pente 4	Pente	1.23 %	1025.428	2+989.488	269.084
Parabole 3	Rayon	-1046.558 m	20.169	4+014.916	281.659
	Sommet Absc.	4+027.750 m			
	Sommet Alt.	281.737 m			
Pente 5	Pente	-0.70 %	5298.270	4+035.084	281.712
Parabole 4	Rayon	23242.011 m	590.386	9+333.355	244.578
	Sommet Absc.	9+496.250 m			
	Sommet Alt.	244.007 m			
Pente 6	Pente	1.84 %	76.259	9+923.741	247.939
				9+1000.000	249.341
Longueur totale de l'axe 10000.000 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 10000.366 mètre(s)					

Axe en Plan

Axe : RR11

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	34.40gr	287.579	0+000.000	529409.016	1222005.464
Arc 1	Rayon Centre X Centre Y	-800.000 m 530242.979 m 1221840.517 m	284.082	0+287.579	529556.959	1222252.071
Droite 2	Gisement	57.01gr	466.027	0+571.661	529742.851	1222464.914
Arc 2	Rayon Centre X Centre Y	-1500.000 m 531044.324 m 1221585.510 m	294.389	1+037.688	530106.584	1222756.255
Droite 3	Gisement	69.50gr	371.795	1+332.078	530352.883	1222916.642
Arc 3	Rayon Centre X Centre Y	1300.000 m 530083.573 m 1224241.671 m	261.770	1+703.872	530682.822	1223088.024
Droite 4	Gisement	56.68gr	137.684	1+965.642	530901.447	1223231.185
Clothoïde 1	Paramètre	192.354	50.000	2+103.326	531008.468	1223317.807
Arc 4	Rayon Centre X Centre Y	740.000 m 530562.252 m 1223908.844 m	380.335	2+153.326	531046.975	1223349.697
Clothoïde 2	Paramètre	-192.354	50.000	2+533.661	531259.245	1223660.245
Droite 5	Gisement	19.66gr	3188.103	2+583.661	531274.977	1223707.703
Arc 5	Rayon Centre X Centre Y	1000.000 m 531291.270 m 1227048.921 m	425.518	5+771.764	532243.962	1226744.983
Droite 6	Gisement	392.57gr	781.150	6+197.283	532284.469	1227165.351
Arc 6	Rayon Centre X Centre Y	1200.000 m 531001.681 m 1227801.472 m	276.235	6+978.433	532193.520	1227941.189
Droite 7	Gisement	377.92gr	2139.886	7+254.668	532130.202	1228209.443
Clothoïde 3	Paramètre	187.083	50.000	9+394.555	531402.692	1230221.865
Arc 7	Rayon Centre X Centre Y	700.000 m 530735.749 m 1230007.342 m	183.993	9+444.555	531385.136	1230268.679
Clothoïde 4	Paramètre	-187.083	50.000	9+628.548	531294.929	1230428.434
Droite 8	Gisement	356.64gr	321.452	9+678.548	531263.910	1230467.645
				9+1000.000	531061.491	1230717.362
Longueur totale de l'axe 10000.000 mètre(s)						

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Axe : RR11

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P01	0+000.000	12.500	9.69	0.03	121.2	0.4	121.2	0.4
P02	0+025.000	25.000	6.40	0.02	159.9	0.5	281.1	0.9
P03	0+050.000	25.000	2.97	2.51	74.3	62.8	355.4	63.7
P04	0+075.000	25.000	4.08	1.32	102.1	33.0	457.5	96.7
P05	0+100.000	25.000	7.50	0.16	187.4	3.9	644.9	100.6
P06	0+125.000	25.000	9.71	0.00	242.8	0.0	887.7	100.6
P07	0+150.000	25.000	7.22	0.07	180.5	1.8	1068.2	102.4
P08	0+175.000	25.000	13.03	0.00	325.8	0.0	1394.0	102.4
P09	0+200.000	25.000	12.21	0.00	305.2	0.0	1699.2	102.4
P10	0+225.000	25.000	11.23	0.00	280.6	0.0	1979.9	102.4
P11	0+250.000	25.000	14.44	0.00	361.1	0.0	2341.0	102.4
P12	0+275.000	18.790	13.44	0.00	252.6	0.0	2593.5	102.4
P13	0+287.579	12.500	14.84	0.00	185.6	0.0	2779.2	102.4
P14	0+300.000	18.710	14.03	0.00	262.4	0.0	3041.6	102.4
P15	0+325.000	25.000	14.46	0.00	361.1	0.0	3402.8	102.4
P16	0+350.000	25.000	11.99	0.00	299.4	0.0	3702.2	102.4
P17	0+375.000	25.000	15.13	0.00	378.6	0.0	4080.7	102.4
P18	0+400.000	25.000	13.21	0.00	329.8	0.0	4410.6	102.4
P19	0+425.000	25.000	12.58	0.00	314.5	0.0	4725.1	102.4
P20	0+450.000	25.000	11.00	0.00	274.7	0.0	4999.7	102.4
P21	0+475.000	25.000	11.12	0.00	277.9	0.0	5277.6	102.4
P22	0+500.000	25.000	11.57	0.00	289.2	0.0	5566.8	102.4
P23	0+525.000	25.000	9.77	0.00	244.2	0.0	5811.0	102.4
P24	0+550.000	23.331	8.12	0.03	189.3	0.7	6000.3	103.1
P25	0+571.661	12.500	8.55	0.01	106.7	0.1	6107.0	103.2
P26	0+575.000	14.169	8.79	0.02	124.6	0.3	6231.6	103.4
P27	0+600.000	25.000	9.48	0.00	237.0	0.0	6468.6	103.4
P28	0+625.000	25.000	8.49	0.25	212.3	6.3	6680.9	109.8
P29	0+650.000	25.000	6.60	0.85	165.1	21.2	6846.0	131.0
P30	0+675.000	25.000	5.45	0.58	136.3	14.6	6982.3	145.6

P31	0+700.000	25.000	3.44	2.89	85.9	72.2	7068.2	217.7
P32	0+725.000	25.000	3.09	3.99	77.3	99.8	7145.5	317.5
P33	0+750.000	25.000	2.42	8.17	60.5	204.3	7206.0	521.9
P34	0+775.000	25.000	1.85	9.07	46.4	226.7	7252.4	748.6
P35	0+800.000	25.000	0.99	15.28	24.6	381.9	7277.0	1130.5
P36	0+825.000	25.000	0.00	14.73	0.0	368.3	7277.0	1498.8
P37	0+850.000	25.000	0.00	21.00	0.0	525.0	7277.0	2023.8
P38	0+875.000	25.000	0.00	23.85	0.0	596.2	7277.0	2620.0
P39	0+900.000	25.000	0.00	31.27	0.0	781.9	7277.0	3401.9
P40	0+925.000	25.000	0.00	52.72	0.0	1318.0	7277.0	4719.9
P41	0+950.000	25.000	0.00	33.12	0.0	828.0	7277.0	5547.9
P42	0+975.000	25.000	0.00	38.22	0.0	955.6	7277.0	6503.5
P43	0+1000.000	25.000	0.00	33.55	0.0	838.8	7277.0	7342.4
P44	1+025.000	18.844	0.00	34.44	0.0	649.0	7277.0	7991.4
P45	1+037.688	12.500	0.00	36.03	0.0	450.4	7277.0	8441.8
P46	1+050.000	18.656	0.00	34.23	0.0	638.9	7277.0	9080.7
P47	1+075.000	25.000	0.00	29.74	0.0	743.9	7277.0	9824.5
P48	1+100.000	25.000	0.00	24.23	0.0	605.9	7277.0	10430.5

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P49	1+125.000	25.000	0.00	22.13	0.0	553.4	7277.0	10983.9
P50	1+150.000	25.000	0.00	18.00	0.0	450.1	7277.0	11434.0
P51	1+175.000	25.000	0.00	13.18	0.0	329.7	7277.0	11763.6
P52	1+200.000	25.000	0.00	12.85	0.0	321.3	7277.0	12084.9
P53	1+225.000	25.000	0.00	13.48	0.0	337.1	7277.0	12422.1
P54	1+250.000	25.000	0.00	8.57	0.0	214.3	7277.0	12636.3
P55	1+275.000	25.000	0.00	7.27	0.0	181.7	7277.0	12818.1
P56	1+300.000	25.000	0.00	5.14	0.0	128.6	7277.0	12946.7
P57	1+325.000	16.039	0.00	3.92	0.0	62.9	7277.0	13009.6
P58	1+332.078	12.500	0.00	4.00	0.0	50.0	7277.0	13059.6
P59	1+350.000	21.461	0.16	0.74	3.5	15.9	7280.5	13075.5
P60	1+375.000	25.000	3.67	0.00	91.8	0.0	7372.3	13075.5
P61	1+400.000	25.000	8.16	0.00	204.1	0.0	7576.4	13075.5
P62	1+425.000	25.000	10.94	0.00	273.4	0.0	7849.8	13075.5
P63	1+450.000	25.000	12.79	0.00	319.7	0.0	8169.5	13075.5
P64	1+475.000	25.000	15.52	0.00	388.0	0.0	8557.6	13075.5
P65	1+500.000	25.000	16.72	0.00	417.9	0.0	8975.5	13075.5
P66	1+525.000	25.000	16.36	0.00	409.0	0.0	9384.5	13075.5
P67	1+550.000	25.000	13.07	0.00	326.7	0.0	9711.2	13075.5
P68	1+575.000	25.000	13.92	0.00	348.1	0.0	10059.3	13075.5
P69	1+600.000	25.000	16.43	0.00	410.8	0.0	10470.0	13075.5
P70	1+625.000	25.000	18.91	0.00	472.8	0.0	10942.9	13075.5
P71	1+650.000	25.000	18.90	0.00	472.5	0.0	11415.3	13075.5
P72	1+675.000	25.000	14.23	0.00	355.8	0.0	11771.1	13075.5
P73	1+700.000	14.436	18.23	0.00	263.2	0.0	12034.3	13075.5
P74	1+703.872	12.500	19.17	0.00	239.7	0.0	12274.0	13075.5
P75	1+725.000	23.064	17.93	0.00	413.4	0.0	12687.5	13075.5
P76	1+750.000	25.000	17.05	0.00	426.3	0.0	13113.8	13075.5
P77	1+775.000	25.000	15.34	0.00	383.5	0.0	13497.2	13075.5
P78	1+800.000	25.000	12.72	0.00	318.2	0.0	13815.4	13075.5
P79	1+825.000	25.000	13.19	0.00	329.9	0.0	14145.3	13075.5
P80	1+850.000	25.000	13.71	0.00	343.1	0.0	14488.4	13075.5
P81	1+875.000	25.000	13.10	0.00	327.8	0.0	14816.2	13075.5
P82	1+900.000	25.000	9.74	0.00	243.7	0.0	15059.9	13075.5
P83	1+925.000	25.000	6.30	0.00	157.7	0.0	15217.5	13075.5

P84	1+950.000	20.321	3.24	0.00	65.9	0.0	15283.4	13075.5
P85	1+965.642	12.500	1.85	0.00	23.1	0.0	15306.5	13075.5
P86	1+975.000	17.179	0.25	0.26	4.2	4.5	15310.7	13080.0
P87	1+1000.000	25.000	0.40	1.28	10.1	32.0	15320.8	13112.1
P88	2+025.000	25.000	3.31	1.80	82.7	44.9	15403.5	13157.0
P89	2+050.000	25.000	0.41	1.21	10.4	30.1	15413.9	13187.1
P90	2+075.000	25.000	0.00	3.22	0.0	80.6	15413.9	13267.7
P91	2+100.000	14.163	0.00	2.60	0.0	36.8	15413.9	13304.5
P92	2+103.326	12.500	0.00	2.51	0.0	31.4	15413.9	13335.9
P93	2+125.000	23.337	0.75	1.11	17.6	25.9	15431.5	13361.9
P94	2+150.000	14.163	1.07	0.15	15.3	2.1	15446.7	13363.9
P95	2+153.326	12.500	0.62	0.04	7.7	0.5	15454.4	13364.4
P96	2+175.000	23.337	2.61	0.00	60.9	0.0	15515.3	13364.4
P97	2+200.000	25.000	6.26	0.00	156.2	0.0	15671.5	13364.4
P98	2+225.000	25.000	7.71	0.00	192.8	0.0	15864.3	13364.4
P99	2+250.000	25.000	5.91	0.00	147.9	0.0	16012.2	13364.4
P100	2+275.000	25.000	6.51	0.00	162.7	0.0	16174.9	13364.4
P101	2+300.000	25.000	4.31	0.00	107.7	0.0	16282.6	13364.4
P102	2+325.000	25.000	3.64	0.00	90.9	0.0	16373.5	13364.4
P103	2+350.000	25.000	2.93	0.01	73.4	0.3	16446.9	13364.8
P104	2+375.000	25.000	1.54	0.02	38.7	0.4	16485.6	13365.2
P105	2+400.000	25.000	1.02	0.05	25.5	1.2	16511.2	13366.5
P106	2+425.000	25.000	0.49	1.92	12.3	47.8	16523.4	13414.2
P107	2+450.000	25.000	0.06	2.83	1.6	70.8	16525.0	13485.0
P108	2+475.000	25.000	0.00	6.67	0.0	166.6	16525.0	13651.6
P109	2+500.000	25.000	0.00	7.31	0.0	182.5	16525.0	13834.2

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P110	2+525.000	16.831	0.00	8.95	0.0	150.6	16525.0	13984.7
P111	2+533.661	12.500	0.00	10.98	0.0	137.1	16525.0	14121.8
P112	2+550.000	20.669	0.00	11.98	0.0	247.6	16525.0	14369.4
P113	2+575.000	16.831	0.00	14.73	0.0	247.9	16525.0	14617.3
P114	2+583.661	12.500	0.00	14.63	0.0	182.9	16525.0	14800.2
P115	2+600.000	20.669	0.00	13.40	0.0	277.0	16525.0	15077.2
P116	2+625.000	25.000	0.00	12.86	0.0	321.4	16525.0	15398.6
P117	2+650.000	25.000	0.00	11.83	0.0	295.6	16525.0	15694.2
P118	2+675.000	25.000	0.00	14.94	0.0	373.6	16525.0	16067.8
P119	2+700.000	25.000	0.00	13.54	0.0	338.6	16525.0	16406.4
P120	2+725.000	25.000	0.00	11.88	0.0	297.1	16525.0	16703.4
P121	2+750.000	25.000	0.00	12.34	0.0	308.5	16525.0	17012.0
P122	2+775.000	25.000	0.00	11.06	0.0	276.6	16525.0	17288.6
P123	2+800.000	25.000	0.00	10.62	0.0	265.4	16525.0	17554.0
P124	2+825.000	25.000	0.00	9.00	0.0	224.9	16525.0	17778.9
P125	2+850.000	25.000	0.00	8.37	0.0	209.4	16525.0	17988.2
P126	2+875.000	25.000	0.00	8.25	0.0	206.4	16525.0	18194.6
P127	2+900.000	25.000	0.00	5.67	0.0	141.8	16525.0	18336.4
P128	2+925.000	25.000	0.00	4.42	0.0	110.5	16525.0	18446.9
P129	2+950.000	25.000	0.02	3.32	0.6	83.0	16525.6	18529.8
P130	2+975.000	25.000	0.00	4.70	0.0	117.5	16525.6	18647.4
P131	3+000.000	25.000	0.00	3.94	0.0	98.6	16525.6	18746.0
P132	3+025.000	25.000	0.44	2.42	11.1	60.6	16536.7	18806.6
P133	3+050.000	25.000	0.44	2.61	11.1	65.3	16547.8	18871.8
P134	3+075.000	25.000	0.14	2.04	3.6	51.1	16551.3	18922.9
P135	3+100.000	25.000	0.20	1.22	4.9	30.4	16556.3	18953.3
P136	3+125.000	25.000	1.16	1.30	29.1	32.5	16585.3	18985.8
P137	3+150.000	25.000	0.66	0.92	16.6	22.9	16601.9	19008.7
P138	3+175.000	25.000	1.31	0.52	32.7	13.0	16634.6	19021.7
P139	3+200.000	25.000	1.35	0.49	33.8	12.3	16668.4	19034.0
P140	3+225.000	25.000	3.22	0.00	80.5	0.0	16748.8	19034.0
P141	3+250.000	25.000	2.80	0.00	70.0	0.0	16818.8	19034.0
P142	3+275.000	25.000	4.04	0.00	100.9	0.0	16919.7	19034.0
P143	3+300.000	25.000	5.84	0.00	146.0	0.0	17065.7	19034.0
P144	3+325.000	25.000	6.22	0.00	155.5	0.0	17221.1	19034.0

P145	3+350.000	25.000	6.21	0.00	155.3	0.0	17376.4	19034.0
P146	3+375.000	25.000	9.16	0.00	228.9	0.0	17605.3	19034.0
P147	3+400.000	25.000	10.50	0.00	262.5	0.0	17867.9	19034.0
P148	3+425.000	25.000	12.50	0.00	312.4	0.0	18180.2	19034.0
P149	3+450.000	25.000	10.05	0.00	251.2	0.0	18431.4	19034.0
P150	3+475.000	25.000	14.30	0.00	357.5	0.0	18788.9	19034.0
P151	3+500.000	25.000	13.80	0.00	345.0	0.0	19133.9	19034.0
P152	3+525.000	25.000	15.43	0.00	385.7	0.0	19519.6	19034.0
P153	3+550.000	25.000	15.71	0.00	392.7	0.0	19912.3	19034.0
P154	3+575.000	25.000	16.52	0.00	412.9	0.0	20325.2	19034.0
P155	3+600.000	25.000	19.19	0.00	479.7	0.0	20804.9	19034.0
P156	3+625.000	25.000	22.31	0.00	557.7	0.0	21362.6	19034.0
P157	3+650.000	25.000	24.72	0.00	618.0	0.0	21980.6	19034.0
P158	3+675.000	25.000	27.20	0.00	680.1	0.0	22660.7	19034.0
P159	3+700.000	25.000	26.12	0.00	653.0	0.0	23313.7	19034.0
P160	3+725.000	25.000	27.03	0.00	675.6	0.0	23989.4	19034.0
P161	3+750.000	25.000	23.97	0.00	599.2	0.0	24588.6	19034.0
P162	3+775.000	25.000	24.00	0.00	600.0	0.0	25188.6	19034.0
P163	3+800.000	25.000	23.25	0.00	581.3	0.0	25770.0	19034.0
P164	3+825.000	25.000	23.50	0.00	587.5	0.0	26357.5	19034.0
P165	3+850.000	25.000	22.42	0.00	560.5	0.0	26918.0	19034.0
P166	3+875.000	25.000	21.04	0.00	525.9	0.0	27443.9	19034.0
P167	3+900.000	25.000	18.53	0.00	463.4	0.0	27907.2	19034.0
P168	3+925.000	25.000	17.47	0.00	436.7	0.0	28343.9	19034.0
P169	3+950.000	25.000	14.77	0.00	369.1	0.0	28713.0	19034.0
P170	3+975.000	25.000	12.60	0.00	315.0	0.0	29028.1	19034.0

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P171	3+1000.000	25.000	14.98	0.00	374.6	0.0	29402.7	19034.0
P172	4+025.000	25.000	6.83	0.00	170.7	0.0	29573.4	19034.0
P173	4+050.000	25.000	6.54	0.00	163.4	0.0	29736.8	19034.0
P174	4+075.000	25.000	8.45	0.00	211.3	0.0	29948.0	19034.0
P175	4+100.000	25.000	4.26	3.94	106.5	98.4	30054.5	19132.4
P176	4+125.000	25.000	9.03	0.00	225.6	0.0	30280.1	19132.4
P177	4+150.000	25.000	4.65	6.82	116.2	170.5	30396.3	19302.9
P178	4+175.000	25.000	7.88	0.00	197.1	0.0	30593.4	19302.9
P179	4+200.000	25.000	4.17	5.46	104.3	136.4	30697.7	19439.4
P180	4+225.000	25.000	6.82	0.00	170.4	0.0	30868.1	19439.4
P181	4+250.000	25.000	7.77	0.00	194.3	0.0	31062.4	19439.4
P182	4+275.000	25.000	4.84	0.00	120.9	0.0	31183.3	19439.4
P183	4+300.000	25.000	5.77	0.00	144.3	0.0	31327.7	19439.4
P184	4+325.000	25.000	2.95	0.00	73.6	0.0	31401.3	19439.4
P185	4+350.000	25.000	2.18	9.38	54.4	234.6	31455.7	19673.9
P186	4+375.000	25.000	1.58	0.39	39.5	9.8	31495.2	19683.8
P187	4+400.000	25.000	2.02	0.35	50.5	8.7	31545.8	19692.5
P188	4+425.000	25.000	1.06	0.80	26.5	20.1	31572.3	19712.6
P189	4+450.000	25.000	1.42	0.79	35.5	19.7	31607.8	19732.3
P190	4+475.000	25.000	0.00	2.18	0.0	54.6	31607.8	19786.8
P191	4+500.000	25.000	0.04	2.92	1.1	73.0	31608.9	19859.8
P192	4+525.000	25.000	0.00	4.59	0.0	114.8	31608.9	19974.6
P193	4+550.000	25.000	0.00	5.08	0.0	127.0	31608.9	20101.6
P194	4+575.000	25.000	0.00	5.95	0.0	148.8	31608.9	20250.4
P195	4+600.000	25.000	0.00	6.21	0.0	155.2	31608.9	20405.5
P196	4+625.000	25.000	0.00	9.84	0.0	245.9	31608.9	20651.5
P197	4+650.000	25.000	0.00	7.30	0.0	182.5	31608.9	20833.9
P198	4+675.000	25.000	0.00	9.33	0.0	233.3	31608.9	21067.3
P199	4+700.000	25.000	0.55	19.57	13.7	489.1	31622.6	21556.4
P200	4+725.000	25.000	0.57	18.28	14.2	457.1	31636.7	22013.5
P201	4+750.000	25.000	0.32	21.71	7.9	542.9	31644.6	22556.4
P202	4+775.000	25.000	0.12	21.33	3.0	533.2	31647.6	23089.6
P203	4+800.000	25.000	0.24	22.84	5.9	571.0	31653.5	23660.5
P204	4+825.000	25.000	0.26	21.93	6.6	548.4	31660.1	24208.9
P205	4+850.000	25.000	0.00	25.32	0.0	633.1	31660.1	24842.0

P206	4+875.000	25.000	0.01	25.64	0.2	641.0	31660.3	25482.9
P207	4+900.000	25.000	0.00	26.12	0.0	653.0	31660.3	26135.9
P208	4+925.000	25.000	0.00	33.00	0.0	825.0	31660.3	26960.9
P209	4+950.000	25.000	0.00	39.69	0.0	992.4	31660.3	27953.3
P210	4+975.000	25.000	0.00	40.48	0.0	1012.0	31660.3	28965.3
P211	4+1000.000	25.000	0.00	41.88	0.0	1047.1	31660.3	30012.4
P212	5+025.000	25.000	0.00	46.69	0.0	1167.3	31660.3	31179.8
P213	5+050.000	25.000	0.00	55.17	0.0	1379.2	31660.3	32558.9
P214	5+075.000	25.000	0.00	59.24	0.0	1481.1	31660.3	34040.0
P215	5+100.000	25.000	0.00	63.44	0.0	1586.0	31660.3	35626.1
P216	5+125.000	25.000	0.00	61.11	0.0	1527.8	31660.3	37153.9
P217	5+150.000	25.000	0.00	67.45	0.0	1686.3	31660.3	38840.2
P218	5+175.000	25.000	0.00	67.69	0.0	1692.2	31660.3	40532.4
P219	5+200.000	25.000	0.00	74.81	0.0	1870.2	31660.3	42402.6
P220	5+225.000	25.000	0.00	73.06	0.0	1826.5	31660.3	44229.1
P221	5+250.000	25.000	0.00	83.26	0.0	2081.4	31660.3	46310.6
P222	5+275.000	25.000	0.00	86.60	0.0	2165.0	31660.3	48475.6
P223	5+300.000	25.000	0.00	89.47	0.0	2236.7	31660.3	50712.3
P224	5+325.000	25.000	0.00	92.40	0.0	2309.9	31660.3	53022.1
P225	5+350.000	25.000	0.00	88.77	0.0	2219.1	31660.3	55241.3
P226	5+375.000	25.000	0.00	89.94	0.0	2248.4	31660.3	57489.7
P227	5+400.000	25.000	0.00	93.60	0.0	2340.1	31660.3	59829.8
P228	5+425.000	25.000	0.00	90.31	0.0	2257.8	31660.3	62087.6
P229	5+450.000	25.000	0.00	94.72	0.0	2367.9	31660.3	64455.4
P230	5+475.000	25.000	0.00	93.38	0.0	2334.5	31660.3	66789.9
P231	5+500.000	25.000	0.00	93.25	0.0	2331.3	31660.3	69121.2

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P232	5+525.000	25.000	0.00	95.63	0.0	2390.8	31660.3	71512.0
P233	5+550.000	25.000	0.00	104.02	0.0	2600.5	31660.3	74112.5
P234	5+575.000	25.000	0.00	104.33	0.0	2608.2	31660.3	76720.7
P235	5+600.000	25.000	0.00	104.15	0.0	2603.8	31660.3	79324.5
P236	5+625.000	25.000	0.00	118.23	0.0	2955.6	31660.3	82280.1
P237	5+650.000	25.000	0.00	109.20	0.0	2729.9	31660.3	85010.1
P238	5+675.000	25.000	0.00	113.98	0.0	2849.4	31660.3	87859.5
P239	5+700.000	25.000	0.00	114.17	0.0	2854.2	31660.3	90713.6
P240	5+725.000	25.000	0.00	117.05	0.0	2926.3	31660.3	93639.9
P241	5+750.000	23.382	0.00	118.60	0.0	2773.0	31660.3	96412.9
P242	5+771.764	12.500	0.00	118.86	0.0	1485.8	31660.3	97898.7
P243	5+775.000	14.118	0.00	117.32	0.0	1657.2	31660.3	99555.9
P244	5+800.000	25.000	0.00	120.53	0.0	3015.2	31660.3	102571.1
P245	5+825.000	25.000	0.00	119.53	0.0	2990.3	31660.3	105561.4
P246	5+850.000	25.000	0.00	119.72	0.0	2995.8	31660.3	108557.2
P247	5+875.000	25.000	0.00	112.61	0.0	2818.1	31660.3	111375.3
P248	5+900.000	25.000	0.00	110.68	0.0	2769.2	31660.3	114144.5
P249	5+925.000	25.000	0.00	111.30	0.0	2784.1	31660.3	116928.6
P250	5+950.000	25.000	0.00	107.24	0.0	2682.0	31660.3	119610.6
P251	5+975.000	25.000	0.00	102.60	0.0	2566.4	31660.3	122177.0
P252	5+1000.000	25.000	0.00	100.32	0.0	2509.0	31660.3	124686.1
P253	6+025.000	25.000	0.00	97.11	0.0	2429.7	31660.3	127115.8
P254	6+050.000	25.000	0.00	91.77	0.0	2295.4	31660.3	129411.2
P255	6+075.000	25.000	0.00	90.65	0.0	2267.6	31660.3	131678.8
P256	6+100.000	25.000	0.00	86.92	0.0	2175.4	31660.3	133854.3
P257	6+125.000	25.000	0.00	83.33	0.0	2085.8	31660.3	135940.1
P258	6+150.000	25.000	0.00	72.94	0.0	1824.7	31660.3	137764.8
P259	6+175.000	23.641	0.00	65.73	0.0	1554.8	31660.3	139319.6
P260	6+197.283	12.500	0.00	62.91	0.0	786.8	31660.3	140106.4
P261	6+200.000	13.859	0.00	62.32	0.0	863.6	31660.3	140970.0
P262	6+225.000	25.000	0.00	52.01	0.0	1300.3	31660.3	142270.3
P263	6+250.000	25.000	0.00	43.10	0.0	1077.5	31660.3	143347.8
P264	6+275.000	25.000	0.00	40.46	0.0	1011.5	31660.3	144359.3
P265	6+300.000	25.000	0.00	40.44	0.0	1011.0	31660.3	145370.3
P266	6+325.000	25.000	0.00	35.81	0.0	895.1	31660.3	146265.4

P267	6+350.000	25.000	0.00	31.83	0.0	795.7	31660.3	147061.1
P268	6+375.000	25.000	0.00	29.43	0.0	735.9	31660.3	147796.9
P269	6+400.000	25.000	0.00	32.32	0.0	807.9	31660.3	148604.8
P270	6+425.000	25.000	0.00	25.68	0.0	642.1	31660.3	149246.9
P271	6+450.000	25.000	0.00	23.04	0.0	575.9	31660.3	149822.8
P272	6+475.000	25.000	0.06	25.51	1.6	637.6	31661.8	150460.5
P273	6+500.000	25.000	0.09	23.08	2.1	576.9	31664.0	151037.4
P274	6+525.000	25.000	0.25	19.39	6.2	484.7	31670.2	151522.1
P275	6+550.000	25.000	0.67	15.76	16.8	393.9	31687.1	151916.0
P276	6+575.000	25.000	1.23	13.26	30.8	331.5	31717.9	152247.5
P277	6+600.000	25.000	1.39	10.47	34.7	261.9	31752.5	152509.4
P278	6+625.000	25.000	1.75	6.95	43.8	173.7	31796.3	152683.1
P279	6+650.000	25.000	1.89	4.60	47.4	115.1	31843.7	152798.2
P280	6+675.000	25.000	1.52	5.49	38.0	137.2	31881.7	152935.4
P281	6+700.000	25.000	1.77	3.79	44.2	94.9	31925.9	153030.3
P282	6+725.000	25.000	1.94	3.76	48.5	94.1	31974.4	153124.4
P283	6+750.000	25.000	2.49	3.34	62.2	83.5	32036.6	153207.9
P284	6+775.000	25.000	3.36	1.11	84.0	27.8	32120.6	153235.7
P285	6+800.000	25.000	10.19	0.22	254.7	5.5	32375.3	153241.2
P286	6+825.000	25.000	11.43	0.02	285.7	0.4	32661.0	153241.6
P287	6+850.000	25.000	14.56	0.00	364.0	0.0	33025.0	153241.6
P288	6+875.000	25.000	17.77	0.00	444.3	0.0	33469.3	153241.6
P289	6+900.000	25.000	20.05	0.00	501.4	0.0	33970.7	153241.6
P290	6+925.000	25.000	20.80	0.00	520.1	0.0	34490.7	153241.6
P291	6+950.000	25.000	21.33	0.00	533.1	0.0	35023.9	153241.6
P292	6+975.000	14.216	25.53	0.00	363.0	0.0	35386.9	153241.6

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P293	6+978.433	12.500	26.29	0.00	328.6	0.0	35715.4	153241.6
P294	6+1000.000	23.284	28.24	0.00	657.4	0.0	36372.8	153241.6
P295	7+025.000	25.000	31.68	0.00	791.5	0.0	37164.3	153241.6
P296	7+050.000	25.000	31.67	0.00	791.5	0.0	37955.8	153241.6
P297	7+075.000	25.000	31.26	0.00	781.1	0.0	38736.9	153241.6
P298	7+100.000	25.000	35.91	0.00	897.5	0.0	39634.5	153241.6
P299	7+125.000	25.000	36.41	0.00	909.8	0.0	40544.2	153241.6
P300	7+150.000	25.000	40.50	0.00	1012.6	0.0	41556.9	153241.6
P301	7+175.000	25.000	38.39	0.00	959.6	0.0	42516.5	153241.6
P302	7+200.000	25.000	39.40	0.00	984.7	0.0	43501.2	153241.6
P303	7+225.000	25.000	36.48	0.00	911.7	0.0	44412.9	153241.6
P304	7+250.000	14.834	38.09	0.00	565.0	0.0	44977.9	153241.6
P305	7+254.668	12.500	37.46	0.00	468.2	0.0	45446.1	153241.6
P306	7+275.000	22.666	35.33	0.00	800.8	0.0	46247.0	153241.6
P307	7+300.000	25.000	37.72	0.00	942.9	0.0	47189.9	153241.6
P308	7+325.000	25.000	48.67	0.00	1216.8	0.0	48406.7	153241.6
P309	7+350.000	25.000	40.60	0.00	1015.0	0.0	49421.7	153241.6
P310	7+375.000	25.000	43.78	0.00	1094.5	0.0	50516.2	153241.6
P311	7+400.000	25.000	46.74	0.00	1168.6	0.0	51684.8	153241.6
P312	7+425.000	25.000	47.98	0.00	1199.6	0.0	52884.4	153241.6
P313	7+450.000	25.000	51.78	0.00	1294.6	0.0	54179.0	153241.6
P314	7+475.000	25.000	54.72	0.00	1368.0	0.0	55546.9	153241.6
P315	7+500.000	25.000	59.34	0.00	1483.5	0.0	57030.5	153241.6
P316	7+525.000	25.000	61.46	0.00	1536.5	0.0	58566.9	153241.6
P317	7+550.000	25.000	65.81	0.00	1645.2	0.0	60212.1	153241.6
P318	7+575.000	25.000	73.11	0.00	1827.7	0.0	62039.8	153241.6
P319	7+600.000	25.000	69.37	0.00	1734.1	0.0	63773.9	153241.6
P320	7+625.000	25.000	71.16	0.00	1779.0	0.0	65552.9	153241.6
P321	7+650.000	25.000	73.79	0.00	1844.7	0.0	67397.6	153241.6
P322	7+675.000	25.000	72.42	0.00	1810.6	0.0	69208.2	153241.6
P323	7+700.000	25.000	74.66	0.00	1866.4	0.0	71074.6	153241.6
P324	7+725.000	25.000	78.73	0.00	1968.3	0.0	73042.9	153241.6
P325	7+750.000	25.000	76.92	0.00	1923.0	0.0	74965.9	153241.6
P326	7+775.000	25.000	75.37	0.00	1884.2	0.0	76850.1	153241.6
P327	7+800.000	25.000	73.24	0.00	1830.9	0.0	78681.0	153241.6

P328	7+825.000	25.000	74.58	0.00	1864.5	0.0	80545.5	153241.6
P329	7+850.000	25.000	73.38	0.00	1834.4	0.0	82379.9	153241.6
P330	7+875.000	25.000	71.59	0.00	1789.8	0.0	84169.7	153241.6
P331	7+900.000	25.000	67.54	0.00	1688.6	0.0	85858.3	153241.6
P332	7+925.000	25.000	67.61	0.00	1690.4	0.0	87548.6	153241.6
P333	7+950.000	25.000	63.93	0.00	1598.2	0.0	89146.8	153241.6
P334	7+975.000	25.000	65.04	0.00	1626.0	0.0	90772.8	153241.6
P335	7+1000.000	25.000	65.58	0.00	1639.6	0.0	92412.4	153241.6
P336	8+025.000	25.000	38.23	0.00	955.8	0.0	93368.2	153241.6
P337	8+050.000	25.000	36.68	0.00	916.9	0.0	94285.1	153241.6
P338	8+075.000	25.000	36.95	0.00	923.8	0.0	95208.9	153241.6
P339	8+100.000	25.000	36.85	0.00	921.3	0.0	96130.2	153241.6
P340	8+125.000	25.000	37.49	0.00	937.2	0.0	97067.4	153241.6
P341	8+150.000	25.000	36.66	0.00	916.4	0.0	97983.8	153241.6
P342	8+175.000	25.000	36.12	0.00	903.1	0.0	98886.9	153241.6
P343	8+200.000	25.000	35.56	0.00	889.1	0.0	99776.0	153241.6
P344	8+225.000	25.000	34.66	0.00	866.6	0.0	100642.6	153241.6
P345	8+250.000	25.000	34.69	0.00	867.2	0.0	101509.8	153241.6
P346	8+275.000	25.000	35.85	0.00	896.2	0.0	102406.0	153241.6
P347	8+300.000	25.000	34.48	0.00	862.0	0.0	103268.0	153241.6
P348	8+325.000	25.000	33.16	0.00	829.0	0.0	104097.1	153241.6
P349	8+350.000	25.000	32.15	0.00	803.8	0.0	104900.9	153241.6
P350	8+375.000	25.000	32.93	0.00	823.2	0.0	105724.1	153241.6
P351	8+400.000	25.000	31.98	0.00	799.6	0.0	106523.7	153241.6
P352	8+425.000	25.000	30.55	0.00	763.8	0.0	107287.5	153241.6
P353	8+450.000	25.000	29.30	0.00	732.5	0.0	108020.1	153241.6

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P354	8+475.000	25.000	27.56	0.00	689.1	0.0	108709.1	153241.6
P355	8+500.000	25.000	28.27	0.00	706.7	0.0	109415.8	153241.6
P356	8+525.000	25.000	27.31	0.00	682.7	0.0	110098.5	153241.6
P357	8+550.000	25.000	27.28	0.00	681.9	0.0	110780.4	153241.6
P358	8+575.000	25.000	24.42	0.00	610.5	0.0	111390.9	153241.6
P359	8+600.000	25.000	22.28	0.00	557.0	0.0	111948.0	153241.6
P360	8+625.000	25.000	12.26	0.00	306.6	0.0	112254.5	153241.6
P361	8+650.000	25.000	22.32	0.00	557.9	0.0	112812.5	153241.6
P362	8+675.000	25.000	22.16	0.00	554.0	0.0	113366.5	153241.6
P363	8+700.000	25.000	19.96	0.00	499.0	0.0	113865.5	153241.6
P364	8+725.000	25.000	18.99	0.00	474.8	0.0	114340.3	153241.6
P365	8+750.000	25.000	17.59	0.00	439.8	0.0	114780.2	153241.6
P366	8+775.000	25.000	17.07	0.00	426.7	0.0	115206.8	153241.6
P367	8+800.000	25.000	17.33	0.00	433.3	0.0	115640.1	153241.6
P368	8+825.000	25.000	17.45	0.00	436.3	0.0	116076.4	153241.6
P369	8+850.000	25.000	17.97	0.00	449.3	0.0	116525.8	153241.6
P370	8+875.000	25.000	16.53	0.00	413.3	0.0	116939.0	153241.6
P371	8+900.000	25.000	16.46	0.00	411.5	0.0	117350.6	153241.6
P372	8+925.000	25.000	14.93	0.00	373.3	0.0	117723.8	153241.6
P373	8+950.000	25.000	15.21	0.00	380.2	0.0	118104.0	153241.6
P374	8+975.000	25.000	14.27	0.00	356.8	0.0	118460.8	153241.6
P375	8+1000.000	25.000	14.09	0.00	352.3	0.0	118813.1	153241.6
P376	9+025.000	25.000	14.18	0.00	354.5	0.0	119167.6	153241.6
P377	9+050.000	25.000	14.60	0.00	364.9	0.0	119532.5	153241.6
P378	9+075.000	25.000	15.32	0.00	383.0	0.0	119915.6	153241.6
P379	9+100.000	25.000	16.39	0.00	409.7	0.0	120325.3	153241.6
P380	9+125.000	25.000	16.84	0.00	421.1	0.0	120746.3	153241.6
P381	9+150.000	25.000	18.96	0.00	473.9	0.0	121220.3	153241.6
P382	9+175.000	25.000	20.57	0.00	514.3	0.0	121734.5	153241.6
P383	9+200.000	25.000	21.92	0.00	547.9	0.0	122282.4	153241.6
P384	9+225.000	25.000	22.89	0.00	572.3	0.0	122854.8	153241.6
P385	9+250.000	25.000	23.43	0.00	585.8	0.0	123440.6	153241.6
P386	9+275.000	25.000	20.50	0.00	512.6	0.0	123953.2	153241.6
P387	9+300.000	25.000	22.54	0.00	563.4	0.0	124516.6	153241.6
P388	9+325.000	25.000	24.69	0.00	617.2	0.0	125133.8	153241.6

P389	9+350.000	25.000	25.46	0.00	636.5	0.0	125770.3	153241.6
P390	9+375.000	22.277	25.68	0.00	572.0	0.0	126342.3	153241.6
P391	9+394.555	12.500	23.35	0.00	291.9	0.0	126634.2	153241.6
P392	9+400.000	15.223	22.08	0.00	336.2	0.0	126970.3	153241.6
P393	9+425.000	22.277	16.75	0.00	373.1	0.0	127343.5	153241.6
P394	9+444.555	12.500	13.25	0.00	165.5	0.0	127509.0	153241.6
P395	9+450.000	15.223	13.47	0.00	204.9	0.0	127713.9	153241.6
P396	9+475.000	25.000	14.61	0.00	364.9	0.0	128078.8	153241.6
P397	9+500.000	25.000	17.21	0.00	430.2	0.0	128509.1	153241.6
P398	9+525.000	25.000	19.44	0.00	486.1	0.0	128995.1	153241.6
P399	9+550.000	25.000	10.98	0.00	274.8	0.0	129269.9	153241.6
P400	9+575.000	25.000	0.17	0.78	4.2	19.6	129274.2	153261.2
P401	9+600.000	25.000	0.00	9.98	0.0	249.5	129274.2	153510.7
P402	9+625.000	14.274	0.00	15.97	0.0	227.9	129274.2	153738.6
P403	9+628.548	12.500	0.00	17.18	0.0	214.6	129274.2	153953.3
P404	9+650.000	23.226	0.00	22.02	0.0	511.8	129274.2	154465.0
P405	9+675.000	14.274	0.00	21.41	0.0	305.7	129274.2	154770.7
P406	9+678.548	12.500	0.00	21.50	0.0	268.8	129274.2	155039.4
P407	9+700.000	23.226	0.00	25.11	0.0	583.2	129274.2	155622.7
P408	9+725.000	25.000	0.00	22.50	0.0	562.6	129274.2	156185.3
P409	9+750.000	25.000	0.00	14.87	0.0	371.6	129274.2	156556.9
P410	9+775.000	25.000	0.00	11.71	0.0	292.9	129274.2	156849.8
P411	9+800.000	25.000	0.00	7.76	0.0	194.1	129274.2	157043.9
P412	9+825.000	25.000	0.00	0.69	0.1	17.4	129274.3	157061.3
P413	9+850.000	25.000	3.86	0.00	96.4	0.0	129370.7	157061.3
P414	9+875.000	25.000	5.51	0.00	137.9	0.0	129508.5	157061.3

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P415	9+900.000	25.000	12.19	0.00	304.8	0.0	129813.4	157061.3
P416	9+925.000	25.000	8.49	0.00	212.2	0.0	130025.6	157061.3
P417	9+950.000	25.000	8.03	0.00	200.7	0.0	130226.3	157061.3
P418	9+975.000	25.000	4.94	0.00	123.6	0.0	130349.9	157061.3
P419	9+1000.000	12.500	0.00	0.00	0.0	0.0	130349.9	157061.3

2. Caractéristiques des chaussées selon le TDR

Tableau IV : Récapitulatif des caractéristiques des chaussées du projet

En agglomération	En rase campagne
✓ Route régionale 1x2voies ✓ Largeur de plateforme : 12,2 m ✓ Largeur de la chaussée : 8,2 m (soit 4,1m par voie) ✓ Accotement : 2 m de part et d'autre ✓ Vitesse de référence : 60km/h ✓ Durée de vie : 20 ans	✓ Route régionale 1x2voies ✓ Largeur de plateforme : 10,2 m ✓ Largeur de la chaussée : 7,2 m (soit 3,6m par voie) ✓ Accotement : 1,5 m de part et d'autre ✓ Vitesse de référence : 100 km/h ✓ Durée de vie : 20 ans
Choix du type de Route : R60	Choix du type de Route : T100

a. Profil en travers

Tableau V : Caractéristiques du profil en travers

En agglomération	En rase campagne
✓ Route régionale 1x2voies ✓ Largeur de plateforme : 12,2 m ✓ Largeur de la chaussée : 8,2 m (soit 4,1m par voie) ✓ Accotement : 2 m de part et d'autre ✓ Pente transversale de la chaussée et de la plateforme 3% ✓ Pente des accotements 3% ✓ Caniveau carré ou rectangulaire en béton armé	✓ Route régionale 1x2voies ✓ Largeur de plateforme : 10,2 m ✓ Largeur de la chaussée : 7,2 m (soit 3,6m par voie) ✓ Accotement : 1,5 m de part et d'autre ✓ Pente transversale de la chaussée et de la plateforme 3% ✓ Pente des accotements 3% ✓ Pente de talus en remblais 2/3 ✓ Pente de talus en déblais 1/1 ✓ Fossé latéral triangulaire

b. Tracé en plan et profil en long

Les principaux paramètres géométriques associés au tracé en plan et au profil en long, définis selon la norme (ARP) :

DESIGNATION DU PARAMETRE				Symbole et unité	Catégorie de Route				
					4e	3e	2e	1e	Except.
Vitesse de référence				Vr (Km/h)	40	60	80	100	120
Tracé en plan	Dévers maximal			M (%)	7	7	7	7	7
	Rayon en plan RH(m)	Minimal absolu (dévers M)		RHm	40	120	240	425	665
		Minimal normal (dévers)		RHN (%)	120 (5%)	240 (5%)	425 (5%)	665 (4%)	1000 (4%)
		Au dévers minimal (*)		RH'' (2.5%) RH'' (2%)	250 300	450 500	650 700	900 1000	1500 1600
		Non déversé		RH'	400	600	900	1300	1800
Profil en long	Déclivité maximale en rampe			m (%)	8	7	6	5	4
	Rayon avec angle saillant Rv(m)	Chaussée unidirectionnelle. (Route à 4 voies ou à 2 chaussées)	Minimal absolu	RVm1	500	1500	3000	6000	12000
			Minimal normal	RVN1	1500	3000	6000	12000	12000
		Chaussée bidirectionnelle. (Route à 2 ou 3voies)	Minimal absolu	RVm2	500	1600	4500	10000	
			minimal normal	RVN2	1600	4500	10000	17000	
	Rayon en angle rentrant RV' (m)	Minimal absolu		RVm'	700	1500	2200	3000	4200
		Minimal normal		RVN'	1500	2200	3000	4200	6000
	Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement minimale sur route à 2 ou 3 voies			RVD (m)	2500	6500	11000	17000	28000

Tableau des paramètres fondamentaux

(*) Le dévers minimal est 2.5% pour chaussée bitumineux, 2% pour chaussée en béton de ciment

3. Quelques profils en travers et tracés combinés

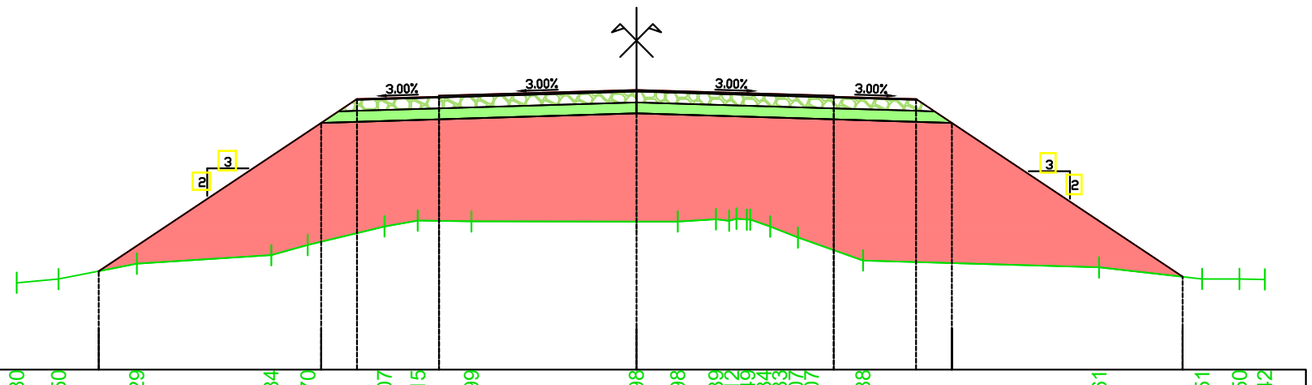
COVADIS
TOPOGRAPHIE ET INFRASTRUCTURE

Profil dessiné par AutoPISTE

Axe : RR11
Profil n°: P43
Abscisse : 1+000.00

Echelle des longueurs : 1/150
Echelle des altitudes : 1/150

- Remblai
- GNT_0_40
- GNT_0_60
- MONOCOUCHE
- TRICOUCHE



X= 530077.168
Y= 1222732.694
Gisement : 157.007 gr

PC : 253.000 m

| | | |

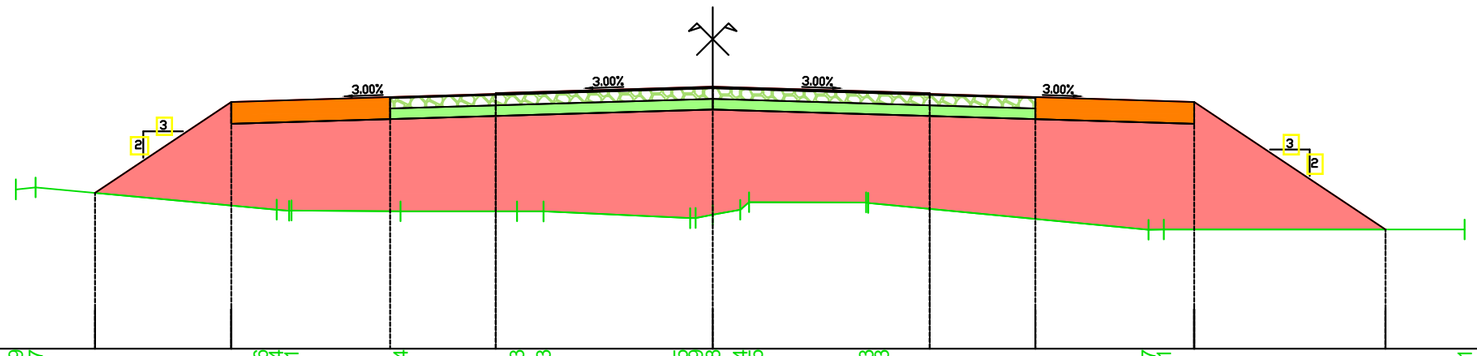
COVADIS
TOPOGRAPHIE ET INFRASTRUCTURE

Profil dessiné par AutoPISTE

Axe : RR11
Profil n°: P211
Abscisse : 4+1000.00

Echelle des longueurs : 1/150
Echelle des altitudes : 1/150

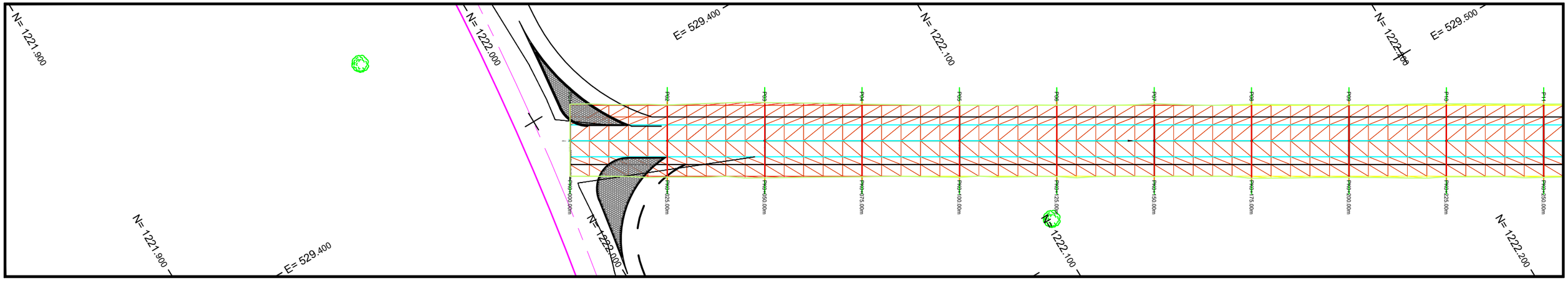
- Remblai
- GNT_0_40
- GNT_0_60
- MONOCOUCHE
- REMBLAI
- TRICOUCHE

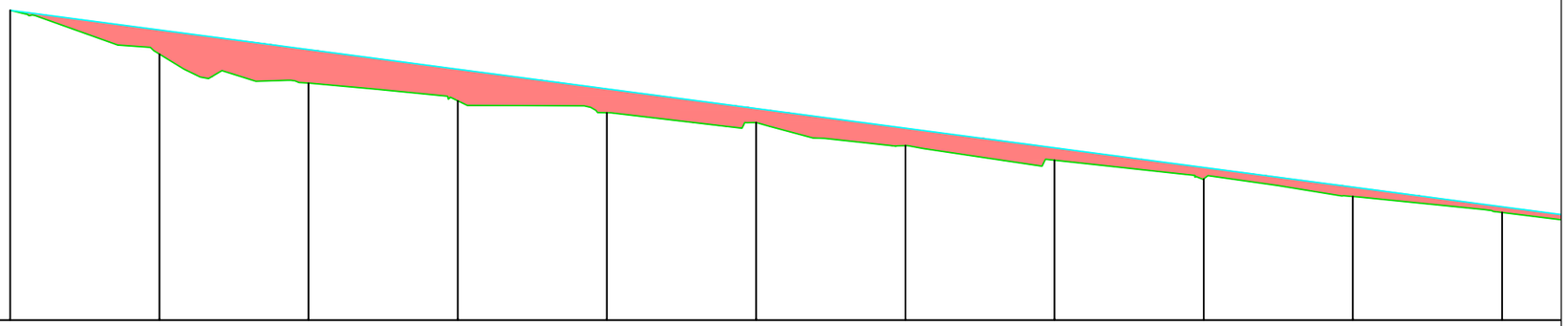


X= 532009.394
Y= 1226009.729
Gisement : 119.660 gr

PC : 270.000 m

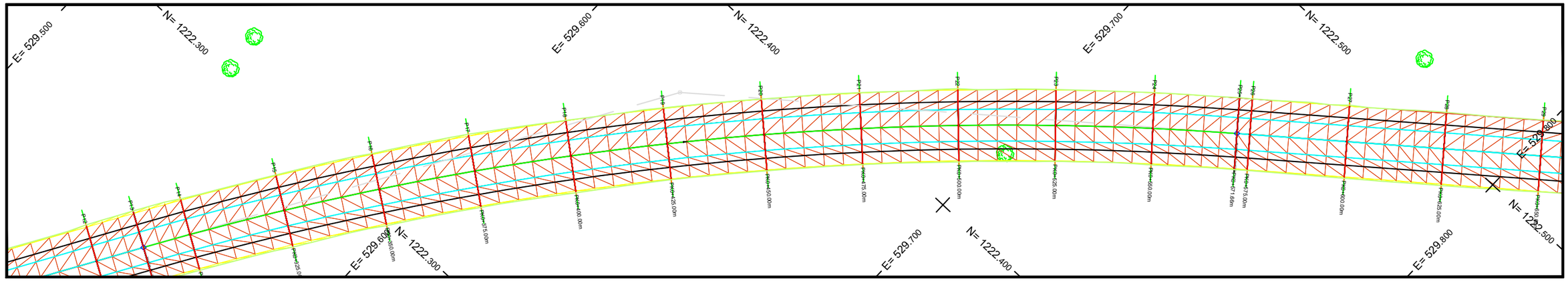
| | | |

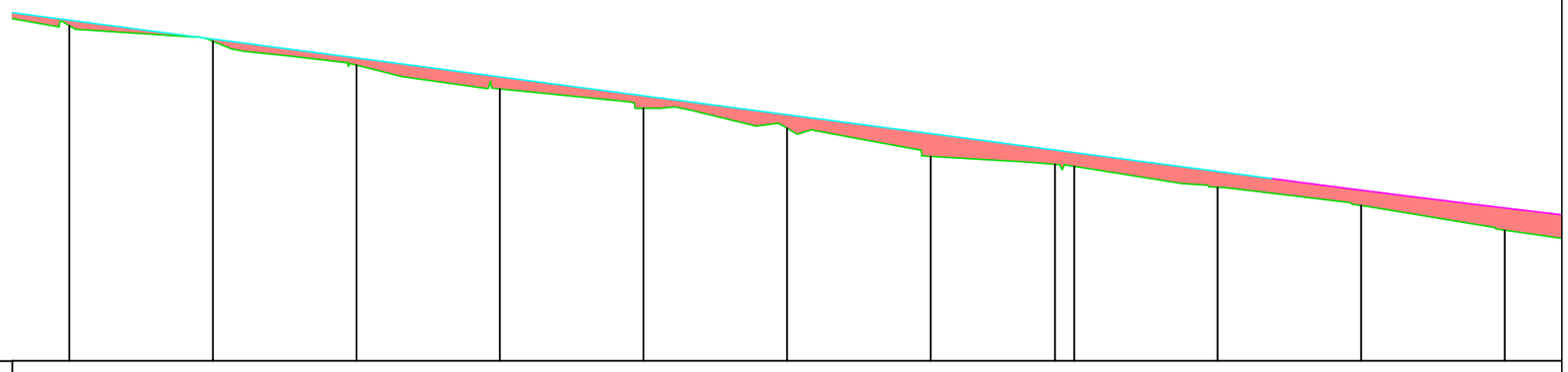




PC : 264.000 m

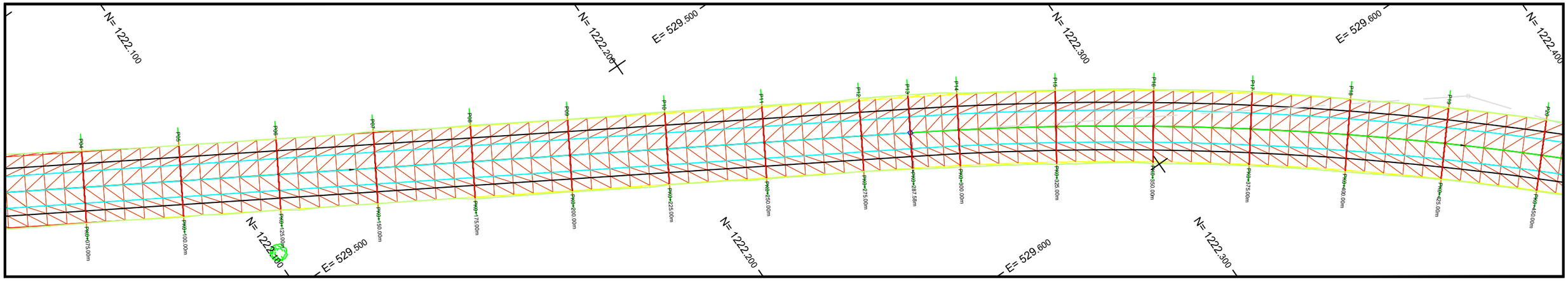
	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11
Numéro de profils en travers											
Altitudes TN	269.187	268.453	267.967	267.670	267.472	267.309	266.920	266.678	266.363	266.069	265.804
Altitudes Projet	269.187	268.858	268.530	268.201	267.872	267.544	267.215	266.887	266.558	266.229	265.901
Ecarts Projet - TN	0+000.000.000	0+025.000.406	0+050.000.563	0+075.000.531	0+100.000.401	0+125.000.235	0+150.000.295	0+175.000.208	0+200.000.195	0+225.000.160	0+250.000.097
Abcisses											
Distances partielles		25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pentes et rampes											
Alignements droits et courbes		DROITE L = 287.58 m									

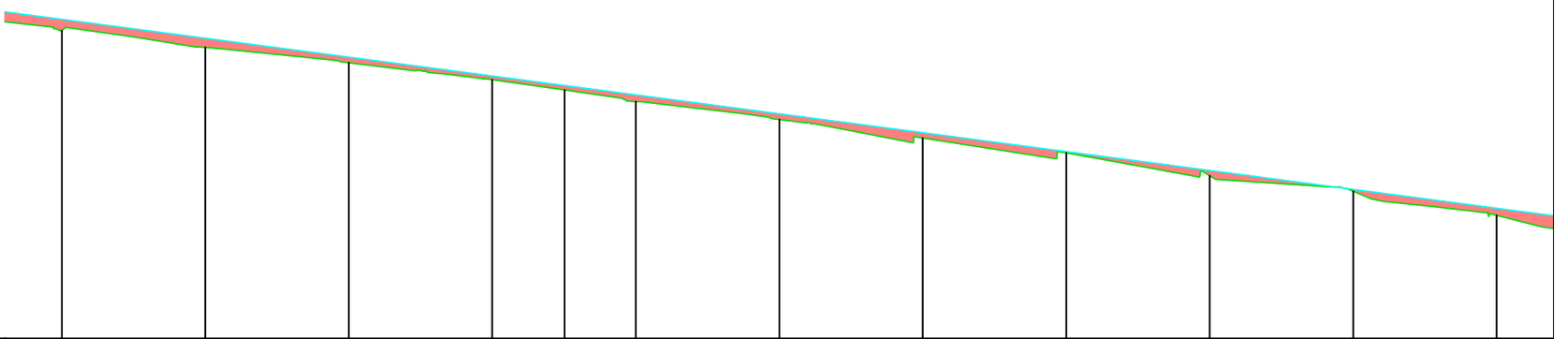

E= 529.500
N= 1222.300
E= 529.600
N= 1222.400
E= 529.700
N= 1222.500
E= 529.800
N= 1222.500
E= 529.600
N= 1222.300
E= 529.700
N= 1222.400
E= 529.800



PC : 258.000 m

| | | |





PC : 261.000 m

Numéro de profils en travers	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	
Altitudes TN	266.363	266.069	265.804	265.508	265.329	265.127	264.814	264.493	264.234	263.836	263.565	263.148	
Altitudes Projet	266.558	266.229	265.901	265.572	265.407	265.243	264.915	264.586	264.257	263.929	263.600	263.271	
Ecarts Projet - TN	0.195	0.160	0.097	0.064	0.078	0.117	0.101	0.093	0.023	0.093	0.035	0.124	
Abcisses	0+200.00	0+225.00	0+250.00	0+275.00	0+287.58	0+300.00	0+325.00	0+350.00	0+375.00	0+400.00	0+425.00	0+450.00	
Distances partielles		25.00	25.00	25.00	12.58	12.42	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	
Pentes et rampes	PENTE L = 609.58 m P = -1.31 %												
Alignements droits et courbes												R = 800.00 m L = 284.08 m	

ANNEXE III: CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE

1. DONNEES STRUCTURALES ET FONCTIONNELLES DE LA CHAUSSEE

Tableau VI : DONNEES D'ENTREE DE CALCULS DE DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE

Données d'entrées	Valeurs
Classe de sol	S4
CBR	25
Trafic moyen journalier TMJA	89 PL
Année de comptage	2020
Année de mise en service	2027
Durée de vie	20 ans
Taux de croissance	5%
Coefficient de répartition (CRT)	0,5
Coefficient d'agressivité moyen (CAM)	1,49

Source : TED INGENIEURS CONSEILS

Dimensionnement de la structure de chaussée

Concernant notre projet, deux méthodes de dimensionnement ont été utilisées :

- La Méthode Empirique
- La Méthode Rationnelle

2. Dimensionnement par la méthode empirique

a. Evaluation du trafic

La répartition du trafic : t_{2020} = TMJA x CRT

$$t_{2020} = 89 \text{ x } 0,5 = 44,5 \text{ soit } t_{2020} = 45 \text{ pl/jr}$$

Le trafic moyen journalier à l'année de mise en service (2027), s'obtient par :

$$T_{2027} = t_{2020} \times (1+i)^{n-1}$$

- T_{2027} = Trafic moyen journalier reparti à l'année de mise en service ;
- T_{2020} = Trafic moyen journalier reparti à l'année de comptage ;
- i = Taux d'accroissement annuel du trafic ;
- n = Différence d'année entre l'année de comptage et l'année de mise en service

AN : $T_{2027} = 45 \times (1 + 0.05)^{7-1}$

T_{2027} =60,30 soit 61 PL/jr

Le trafic cumulé pendant la durée de vie théorique de la chaussée s'obtient par :

$$NPL = 365 \times t_1 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

- T_1= Trafic moyen journalier reparti à l'année de mise en service ;
- i = Taux d'accroissement annuel du trafic ;
- n = Durée de service.

$$NPL = 365 \times 61 \times \frac{(1 + 0.05)^{20} - 1}{0.05}$$

$$NPL = 736213{,}4681\ PL\ Soit\ 7{,}36.10^5\ PL$$

Le Nombre d'essieux équivalent cumulé NE

NE = NPL x CAM

NE = 736213,4681 × 1.49

NE= 1.096.958,067 essieux soit 1,1.10^6 essieux

Ce résultat permet de connaitre la catégorie de trafic.

b. Classe de trafic

Tableau VII : Classification du trafic

Classe de trafic	Trafic cumulé en nombre de poids lourds
T1	$NE < 5.10^5$
T2	$\mathbf{5.10^5 < NE < 1{,}5.10^6}$
T3	$1{,}5.10^6 < NE < 4.10^6$
T4	$4.10^6 < NE < 10^7$
T5	$10^7 < NE < 2.0^7$

Source : Guide de renforcement des chaussées souple en zone tropicale (CEBTP).

Le trafic se situe dans la catégorie T2.

c. Proposition des variantes de chaussée

Tableau 37 : Les trois variantes sélectionnées

N°	Couches de chaussée	Matériaux constitutifs de la couche	Epaisseurs des couches (cm)
1	**Revêtement**	Enduit superficiel	Tricouche
	Base	Graveleux latéritique naturel	15cm
	Fondation	Graveleux latéritique naturel	20 cm
	Plateforme support	S4	
2	**Revêtement**	Enduit superficiel	Tricouche
	Base	Concassé 0/d	15cm
	Fondation	Graveleux latéritique naturel	20 cm
	Plateforme support	S4	
3	**Revêtement**	Enduit superficiel	Tricouche
	Base	Grave naturelle amélioré au ciment	15cm
	Fondation	Graveleux latéritique naturel	20 cm
	Plateforme support	S4	

3. Dimensionnement par la méthode rationnelle

Il s'agit d'analyser les efforts internes de la structure notamment les contraintes, les déformations et la déflexion. Dans le cadre de ce projet, le logiciel de calcul ALIZE-LCPC servira d'assistance pour l'analyse de la structure.

- Evaluation des contraintes de déformations admissibles

Le trafic en termes d'essieux de 13 tonnes utilisé pour cette vérification est de : **NE=1,1.10^6 essieux.** La déformation verticale εZ au sommet du sol support doit être inférieure à une valeur limite :

$$\varepsilon_{\text{alizé}} < \varepsilon_z \text{ admissible}$$

Cette contrainte admissible est donnée par la relation :

- $\varepsilon_{z\,adm} = 16000(NE)^{-0,222}$; pour les chaussées à faible trafic (T<T3)
- $\varepsilon_{z\,adm} = 12000(NE)^{-0,222}$; pour les chaussées à fort trafic (T≥T3)

La route étant soumise à un trafic de type T2, alors : $\varepsilon_{z\,adm} = 16000(1,1.10^6)^{-0,222}$

$$\varepsilon_{z\,adm} = 729{,}34\ \mu déf$$

- Vérification assistée avec le logiciel alizé

Paramètre des charges :

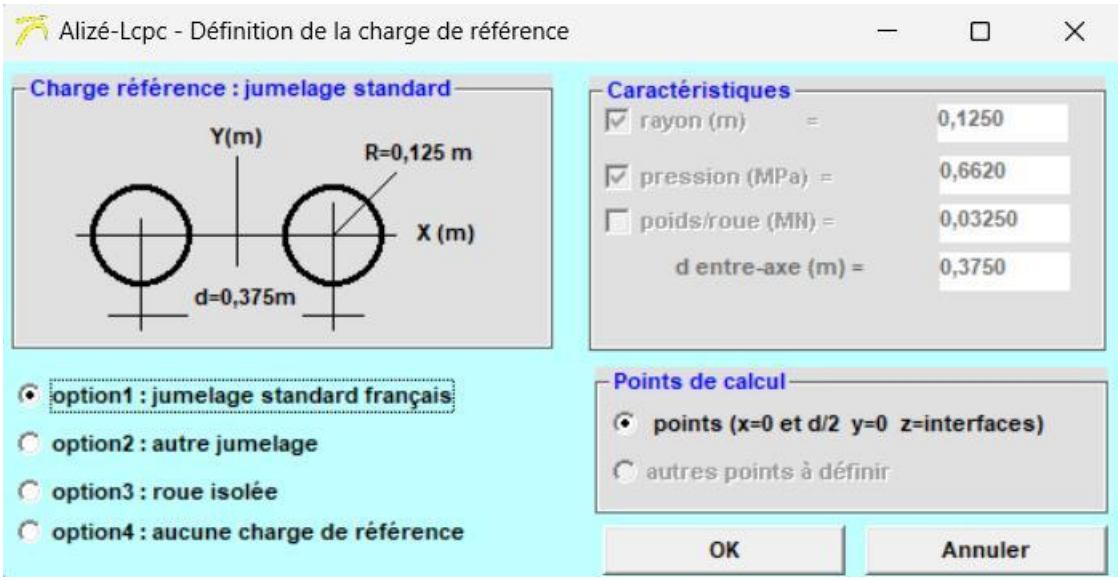


Image 2 : Définition et caractéristiques de la charge de référence sous Alizé-Lcpc

La contrainte admissible a également été calculé grâce au logiciel Alizé-Lcpc.

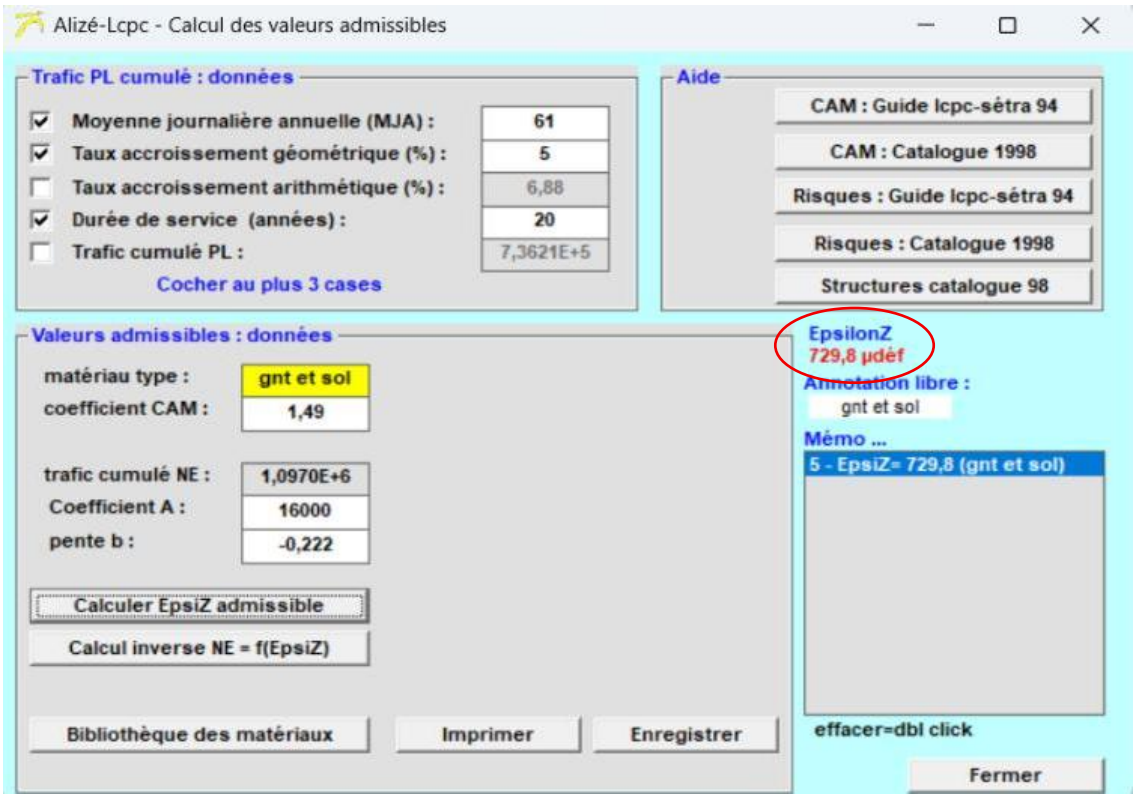


Image 3: Interface de calcul de la contrainte admissible sous Alizé-Lcpc

La variante retenue pour vérification est présentée dans le tableau suivant :

Tableau IX : Composition de la variante 1 de la structure de chaussée

N°	Couches de chaussée	Matériaux constitutifs de la couche	Epaisseurs des couches (cm)
1	**Revêtement**	Enduit superficiel	Tricouche
	Base	Graveleux latéritique naturel	15cm
	Fondation	Graveleux latéritique naturel	20 cm
	Plateforme support	S4	

Résultats 1 du dimensionnement assisté par Alize-LCPC

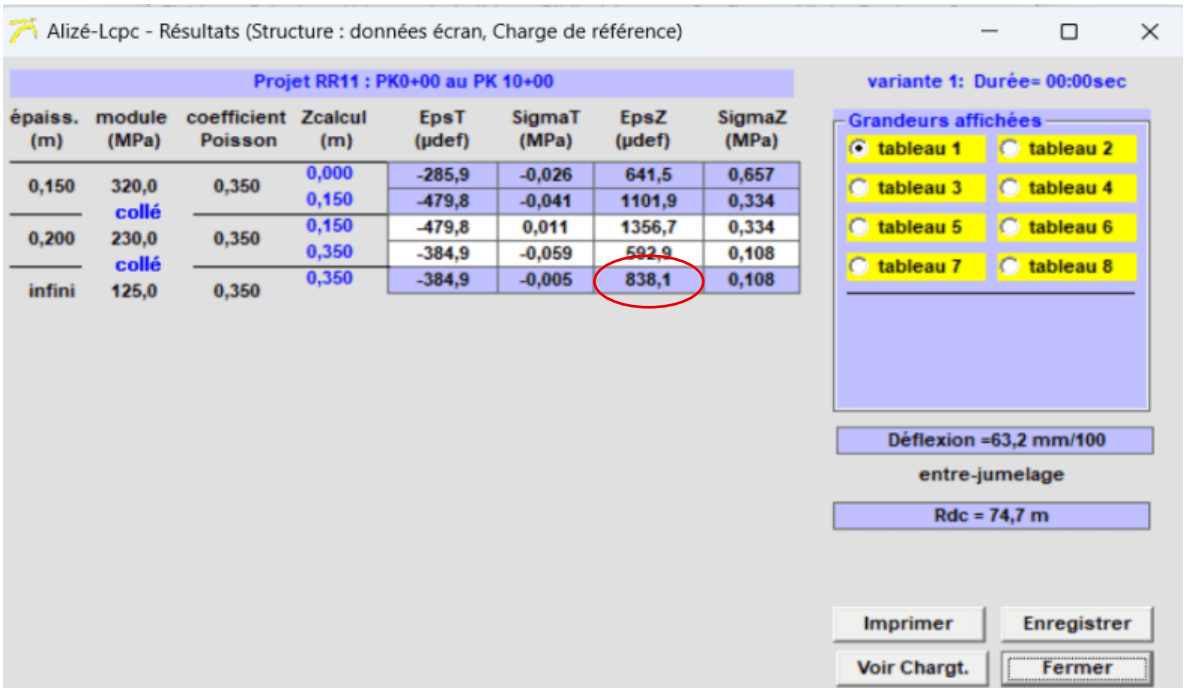


Image 4 : Résultat N°1 du calcul de la contrainte réelle assisté par Alize-LCPC

On constate que $\varepsilon_z =$ 838,1 µdéf est supérieure à la valeur limite admissible de **729,8 µdéf**.

Nous proposons alors de reprendre les calculs en augmentant l'épaisseur de la couche de base de 5cm.

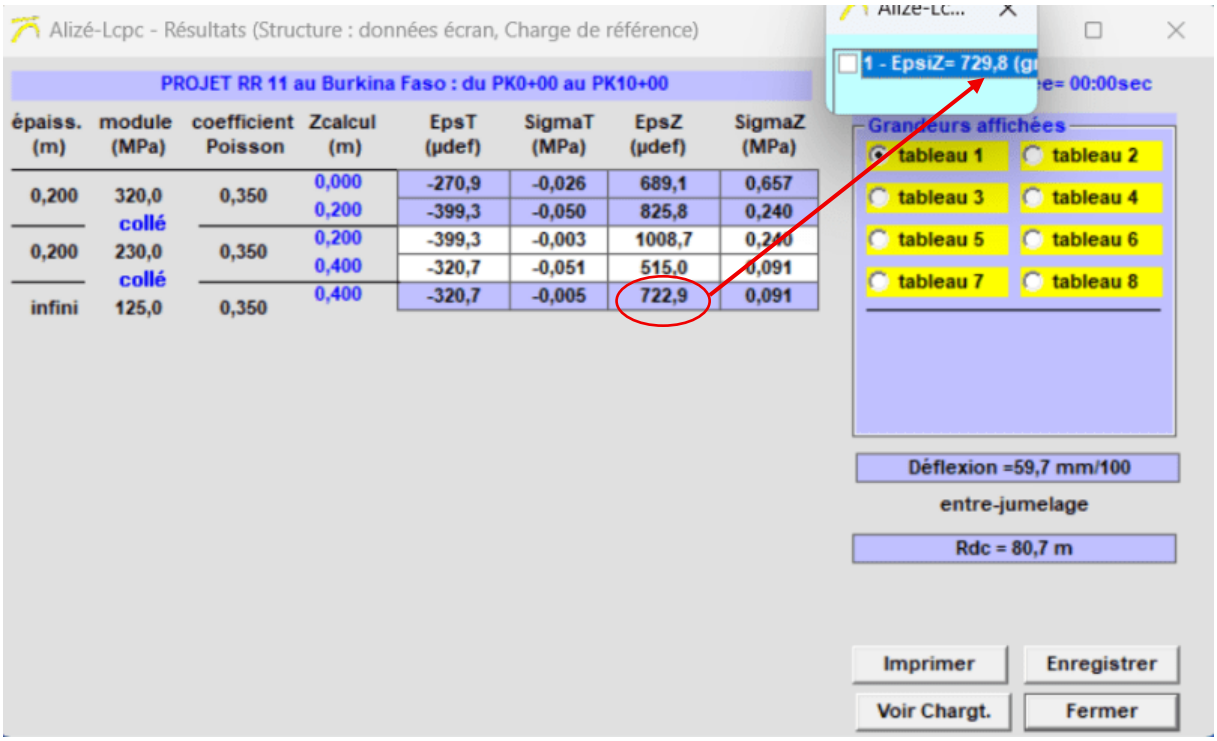


Image 5: Résultat N°2 du calcul de la contrainte réelle sur ALIZE -LCPC

On remarque que εz = 722,9 µdef < $\varepsilon z adm$ = 729 ,34 µdef. Ainsi, les déformations restent acceptables au niveau du support de la chaussée. La structure de chaussée obtenue après dimensionnement sur Alize donne la composition ci- dessous :

- **3 cm** d'enduit superficiel tricouche en couche de roulement
- **20 cm** de graveleux latéritique naturel en couche de base
- **20 cm** de graveleux latéritique naturel en couche de fondation



Figure 1 : Structure définitive de la couche de chaussée

ANNEXE IV: ETUDE D'ASSAINISSEMENT ROUTIER

I. ETUDE HYDROLOGIQUE

1. Délimitation des bassins versants

La délimitation est faite principalement grâce au logiciel Global mapper. Comme résultat, nous avons retenu quatre (4) bassins versants et cinq (5) sous bassins versants.

Le Tableau X présente les caractéristiques de chaque bassin versant.

Bassin Versant	Périmètre (km)	Superficie (km^2)	Z min(m)	Zmax(m)	Pente (%)	Longueur d'écoulement (km)
BV1	41,434	49,089	253	321	1,68	14,029
BV2	5,685	1,098	266	289	1,49	1,325
BV3	14,026	6,565	266	306	1,35	3,872
BV4	55,114	93,196	242	308	1,51	12,219

Tableau XI : Les caractéristiques des sous bassins versants

Bassins Versants		Périmètre (km)	Superficie (km^2)	Z min(m)	Z max(m)	Pente (%)	Longueur d'écoulement (km)
BV4	SBV1-4	2,669	0,273	264	278	1,67	0,216
	SBV2-4	1,284	0,096	260	268	1,49	0,565
	SBV3-4	2,057	0,201	253	263	1,50	0,216
	SBV4-4	3,19	0,553	251	262	1,64	0,164
BV1	SBV1-1	2,664	0,2576	256	272	1,70	0,615

− BV: Bassin versant

− SBV: Sous bassin versant

2. Méthode de calcul des débits

Le calcul des débits à l'exutoire de chaque bassin versant est effectué grâce à des méthodes de calcul hydrologiques à savoir :

- La méthode d'Ostrom, applicable à des bassins versants dont la superficie va de 4 à 200 Km^2;
- La méthode CIEH, applicable à des bassins versants dont la superficie est située entre 10km^2 et 2500km^2 en zone sahélienne et aux bassins inferieurs à 1500km^2 en zone tropicale sèche ;
- La méthode rationnelle applicable à des bassins versants dont la superficie ne

dépasse pas 4Km² ;

- La méthode de caquot dérive de la méthode rationnelle et applicable à des bassins versants dont la superficie ne dépasse pas 4Km² pour assainissement des agglomérations.

Données pluviométriques utilisées pour le projet :

Tableau III : Données pluviométriques

Zone	Année	Pluie An (mm)	Année	Pj max	Année	Pj max(mm)
Boromo	1989	780,5	1961	48	1992	54.6
Boromo	1990	583,5	1962	46.5	1993	124
Boromo	1991	1047,4	1963	55.8	1994	89.6
Boromo	1992	683,0	1964	79.7	1995	47.4
Boromo	1993	1021,1	1965	74.3	1996	72
Boromo	1994	987,3	1966	76.6	1997	82
Boromo	1995	729,1	1967	94.7	1998	122.5
Boromo	1996	1067,2	1968	49.3	1999	119.1
Boromo	1997	988,9	1969	58.2	2000	44.2
Boromo	1998	1035,4	1970	68.4	2001	63.3
Boromo	1999	1006,8	1971	83.6	2002	47.5
Boromo	2000	696,2	1972	81.1	2003	77.7
Boromo	2001	840,1	1973	40.4	2004	52.4
Boromo	2002	647,4	1974	61.8	2005	55.9
Boromo	2003	1040,4	1975	71.5	2006	50.6
Boromo	2004	874,0	1976	53.1	2007	66.4
Boromo	2005	763,7	1977	59.8	2008	134
Boromo	2006	829,1	1978	57.9	2009	48.4
Boromo	2007	868,3	1979	51.8	2010	56.7
Boromo	2008	1134,7	1980	69.2	2011	105.1
Boromo	2009	829,8	1981	79.1	2012	61
Boromo	2010	1033,1	1982	44.8	2013	63
Boromo	2011	815,6	1983	54.8	2014	86
Boromo	2012	1038,7	1984	47.6	2015	49
Boromo	2013	962,7	1985	79.6	2016	57
Boromo	2014	1114,8	1986	53.6	2017	74
Boromo	2015	833,7	1987	50.5	2018	67
Boromo	2016	932,3	1988	70.6	2019	72
Boromo	2017	882,8	1989	49	2020	84
Boromo	2018	1023,8	1990	36		
Boromo	2019	1087,7	1991	98.5		

A partir des données de 1989-2019 de la station de Boromo, nous avons obtenu une pluie moyenne annuelle de **909 mm** en faisant la moyenne des pluies enregistrées par an.

La hauteur décennale d'averse P_{10} est déterminée par la loi de Gumbel à partir d'ajustements statistiques grâce au logiciel Hyfran Plus.

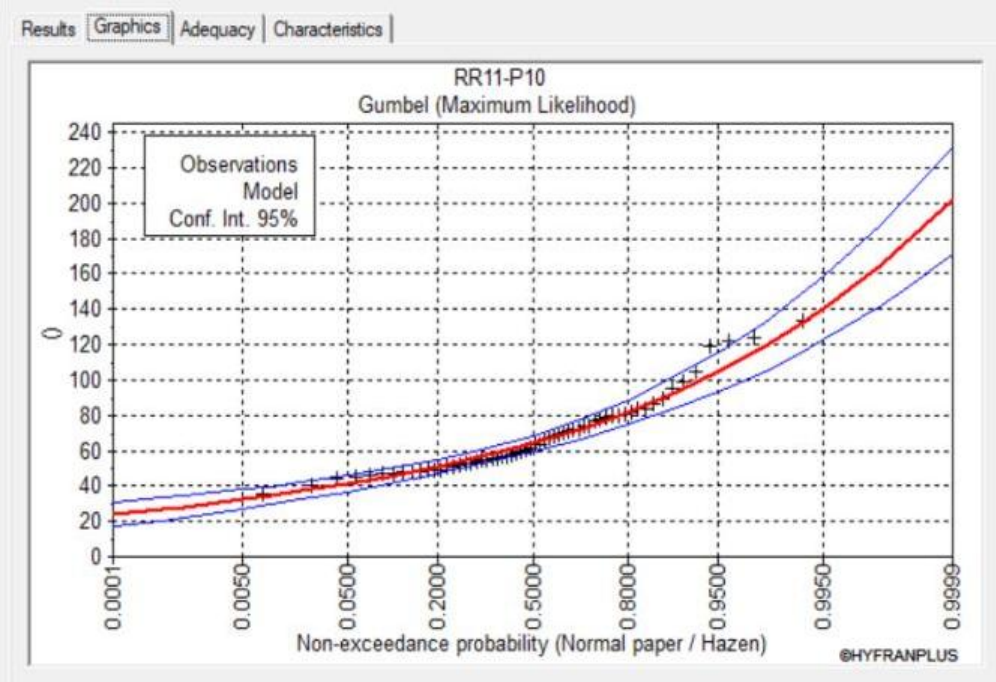
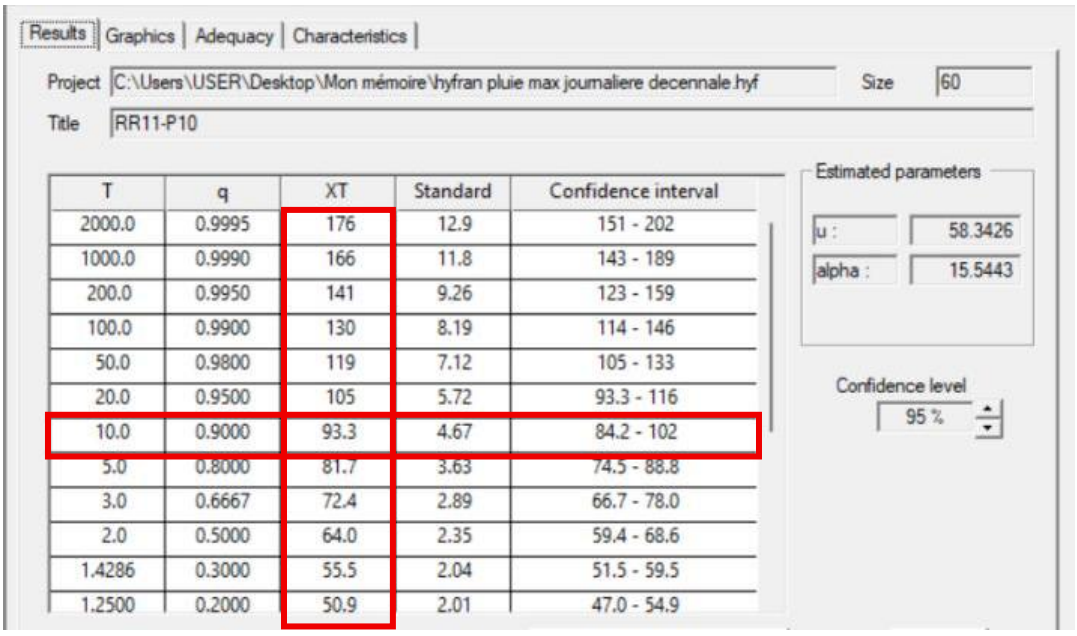


Image 6 : Ajustement des pluies annuelles par la loi de Gumbel sur le logiciel Hyfran-Plus



T	q	XT	Standard	Confidence interval
2000.0	0.9995	176	12.9	151 - 202
1000.0	0.9990	166	11.8	143 - 189
200.0	0.9950	141	9.26	123 - 159
100.0	0.9900	130	8.19	114 - 146
50.0	0.9800	119	7.12	105 - 133
20.0	0.9500	105	5.72	93.3 - 116
10.0	0.9000	93.3	4.67	84.2 - 102
5.0	0.8000	81.7	3.63	74.5 - 88.8
3.0	0.6667	72.4	2.89	66.7 - 78.0
2.0	0.5000	64.0	2.35	59.4 - 68.6
1.4286	0.3000	55.5	2.04	51.5 - 59.5
1.2500	0.2000	50.9	2.01	47.0 - 54.9

Image 7 : Hauteur d'averse pour une période de retour de 10 ans

2.1 Méthode Rationnelle

La formule du débit de crue décennale est donnée par la relation [11] :

$$Q = 0{,}278 \times C \times I \times A$$

Avec :

$P_{10} = 93{,}3$ mm

Q, débit à l'exutoire en m^3/s

A, est la surface du bassin en km²

I, l'intensité de l'averse exprimée en mm/h

C, le coefficient de ruissellement décennal

- Choix du coefficient de ruissellement

Tableau 30. *Coefficient de ruissellement dans la méthode rationnelle.*

Nature de la couverture végétale	Valeur de C							
	Petits bassins de 0 à 10 ha présentant une pente de				Bassins moyens de 10 à 400 ha présentant une pente de			
	moins de 5 %	de 5 à 10 %	de 10 à 30 %	plus de 30 %	moins de 5 %	de 5 à 10 %	de 10 à 30 %	plus de 30 %
Plates-formes et chaussées de routes ; cours	0,95	»	»	»	»	»	»	»
Terrains dénudés, ou à végétation non couvrante Terrains déjà attaqués par l'érosion Labours frais	0,80	0,85	0,90	0,95	0,70	0,75	0,80	0,85
Cultures couvrantes, céréales hautes Terrains de parcours, chiendent ras Petite brousse clairsemée	0,75	0,80	0,85	0,90	0,52	0,60	0,72	0,80
Prairies Brousse dense. Savane à sous-bois	0,70	0,75	0,80	0,85	0,30	0,36	0,12	0,50
Forêt ordinaire en futaie. Sous-bois touffus	0,30	0,50	0,60	0,70	0,13	0,20	0,25	0,30
Grande forêt primaire	0,20	0,25	0,30	0,40	0,15	0,18	0,22	0,25

Image 8 :Coefficient de Ruissellement dans la méthode rationnelle

Source : D'après le BCEOM [9] à la page 115

Les coefficients de montana au Burkina Faso notamment à Boromo sont donnés par :

Tableau XII : Coefficient de Montana

BOROMO	Coefficient de Montana	
	a	b
Averse < 1h	10	0,4
Averse < 2h	51	0,9

Source : Courbe intensité durée fréquence

Tableau XIII : Résultat du débit calculé par la méthode rationnelle

						FAO page 4	Kirpich	Coefficients de Montana				
Bassins Versants	**Superficie (ha)**	**Superficie (km²)**	**Périmètre (km)**	**Pente (%)**	**L écoulement (km)**	**Indice de compacité**	**Temps de concentration Tc (mn)**	**a**	**b**	**Intensité I (mm/h)**	**Coefficient de ruissellement C**	**Débits Q (m3/s)**
BV2	109,80	1,10	5,69	0,015	1,325	1,53	24,63	10,00	0,40	0,54	0,70	11,53

2.2 Méthode ORSTOM

La méthode ORSTOM, encore appelée méthode RODIER-AUVRAY, est applicable au bassins versants inférieurs à 200 km^2. Ainsi, tous les bassins versants de notre projet sont concernés.

Le débit décennal provenant de cette méthode est obtenu par la relation :

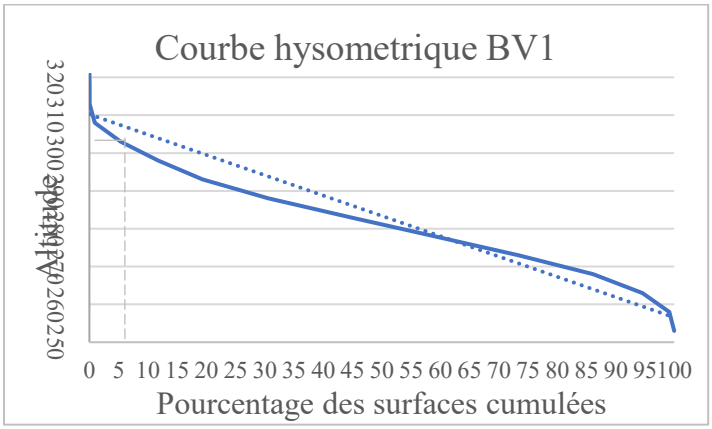
$$Q_{10} = m \times A \times P_{10} \times k_{r_{10}} \times \alpha_{10} \times \frac{S}{Tb_{10}}$$

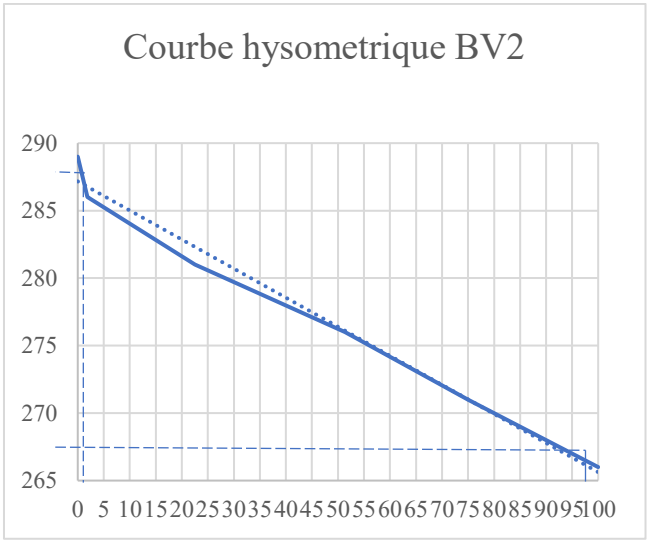
- m : Coefficient de majoration prenant en compte l'état d'humectation du sol ;
- A : Coefficient d'abattement (fonction de S) ; A= 1- $[\frac{(161-0.042\times Pan)}{1000} . log\, S\,]$
- P10 : la hauteur de pluie journalière décennale est de 93.3 mm ;
- $k_{r_{10}}$: Coefficient de ruissellement décennale ;
- α_{10} : Coefficient de pointe correspondant à la crue décennale (on admet $\alpha_{10} = 2{,}6$)
- S : superficie du bassin versant en km² ;
- Tb_{10} : Temps de base correspondant à la crue décennale en s

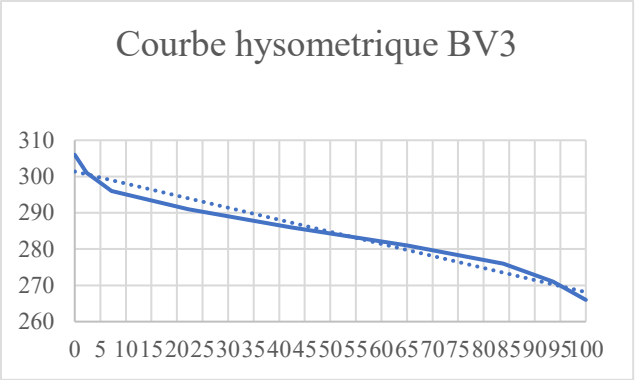
Paramètres physiques	Unité	Formules
L'indice de compacité ou indice de forme Ic	-	$I_{comp} = 0{,}282 \times \frac{P}{S^{\frac{1}{2}}}$
Rectangle équivalent L	Km	$L = S^{1/2} \times \left(\frac{I_{comp}}{1{,}128}\right) \times \left[1 + \left(1 - \left(\frac{1{,}128}{I_{comp}}\right)^2\right)^{1/2}\right]$
Dénivelée D	M	Alt5% - Alt95%
Indice global Ig	M/km	D/L
Moyenne des hauteurs pluviométriques annuelles (Pan)	Mm	Moyenne des pluies
Hauteur d'averse décennale ponctuelle (P10)	Mm	Déterminée par Loi de Gumel
Coefficient de ruissèlement (Kr70)	%	Kr70 ou K100 $= \frac{a}{S+b} + c$
Coefficient de ruissèlements (Kr100)		
Coefficient de ruissèlements (Kr10)	%	Interpolation entre Kr70 et K100

Coefficient d'Abattement (A)	-	$A = 1 - \left[\frac{(161 - 0{,}042P_{an})}{1000} \times logS\right]$
Temps de base (Tb)	Min	$T_{b10} = a \times S^{0,36} + b$
Coefficient de Montana (a et b)	-	Valeurs définies dans la méthodologie
Coefficient de pointe Alpha	-	2,6 cas général
Précipitation décennale (Pm10)	Mm	$T_{m10} = P_{10} \times A$
Temps de concentration (Tc)	Min	$T_c = \frac{1}{52} \times \frac{L^{0,77}}{p^{0,38}}$
Intensité moyenne (I)	Mm/h	$I = a \times T_c^{(-b)}$

Les résultats sont présentés dans ci-dessus :







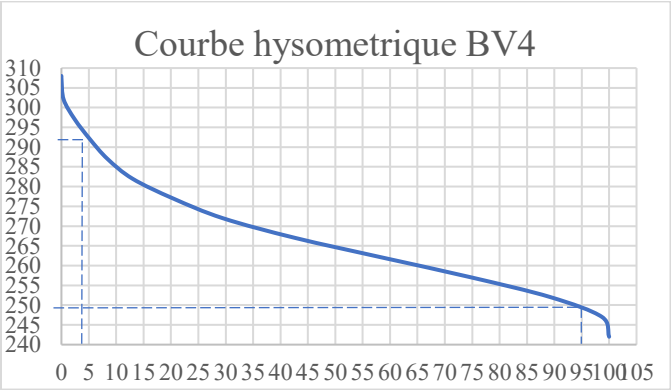


Figure II : Courbes hypsométriques des bassins versants

- **Détermination des paramètres a, b et c pour calcul des coefficient Kr**

Le projet est dans une région tropicale sèche avec une infiltrabilité des bassins relativement imperméable (RI).

		Kr70 (%) BV1		
Classe de bassin Versant	**Ig**	**a'**	**b'**	**c'**
RI	7,000	200	20	18,500
	3,780	159,754	20	15,683
	3,000	150	20	15,000
Kr70	17,995			

		Kr100 (%) BV1		
Classe de bassin Versant	**Ig**	**a'**	**b'**	**c'**
RI	7,000	240	30	22
	3,780	207,803	30	17,975
	3,000	200	30	17
Kr100	24,895			

		Kr70 (%) BV2		
	Ig	a'	b'	c'
RI	15,000	250	20	21,700
	9,658	216,613	20	19,563
	7,000	200	20	18,500
Kr70	29,830			

		Kr100 (%) BV2		
	Ig	a'	b'	c'
RI	15,000	325	30	26
	6,779	237,655	30	21,890
	7,000	240	30	22
Kr100	29,532			

		Kr70 (%) BV3		
	Ig	a'	b'	c'
RI	7	200	20	18,500
	6,779	197,241	20	18,307
	3,000	150	20	15,000
Kr70	25,732			

		Kr100 (%) BV3		
	Ig	a'	b'	c'
RI	7,000	240	30	22
	6,779	237,793	30	21,724
	3,000	200	30	17
Kr100	28,227			

		Kr70 (%) BV4		
	Ig	a'	b'	c'
RI	7,000	200	20	18,500
	2,795	147,443	20	14,821
	3,000	150	20	15,000
Kr70	16,124			

		Kr100 (%)BV4		
	Ig	a'	b'	c'
RI	7,000	240	30	22
	2,795	197,955	30	16,744
	3,000	200	30	17
Kr100	18,351			

- **Détermination des paramètres a et b pour calcul des temps de base**

$$Tb_{10} = a \cdot S^{0,36} + b$$

Les paramètres a et b varient en fonction de la pente :

$Ig = 1 \quad Tb_{10} = 560 \cdot S^{0,36} + 400$
$Ig = 3 \quad Tb_{10} = 325 \cdot S^{0,36} + 315$
$Ig = 7 \quad Tb_{10} = 163 \cdot S^{0,36} + 142$
$Ig = 10 \quad Tb_{10} = 95 \cdot S^{0,36} + 80$
$Ig = 15 \quad Tb_{10} = 75 \cdot S^{0,36} + 55$
$Ig = 25 \quad Tb_{10} = 44 \cdot S^{0,36} + 28$
$Ig = 30 \quad Tb_{10} = 35 \cdot S^{0,36} + 20$

Source : BCEOM

Ig	Tb10 (mn) BV1	Ig	Tb10 (mn) BV2	Ig	Tb10 (mn) BV3	Ig	Tb10 (mn) BV4
7	804,128	10	178,252	7	462,917	3	1977,901
3,780	1473,075	9,658	193,335	6,779	490,066	2,795	2109,558
3	1635,194	7	310,579	3	954,864	1	3265,306

Tableau XIV : Résultats du calcul de débit par méthode ORSTOM

Bassins	Superficie (km^2)	Périmètre (km)	P10	Coefficient d'abattement A	Pm10	Kr (10%)	Temps de base Tb10 en s	Débit de la crue ruisselée décennale Qr10 (m^3/s)	Coefficient de majoration du débit m	Débit de point Q10 (m^3/s)
BV_1	49,089	41,434	93,3	0,794	74,082	26,504	88384,48	28,35	1,03	29,20
BV_2	1,098	5,685	93,3	0,995	92,839	29,462	11600,09	6,73	1,03	6,93
BV_3	6,565	14,026	93,3	0,900	84,012	28,810	29403,93	14,05	1,03	14,47
BV_4	93,196	55,114	93,3	0,760	70,917	28,746	126573,45	39,11	1,03	40,28

2.3 Méthode CIEH

La méthode CIEH se base sur une approche de régression multiple. Elle a été conçue à partir de l'analyse statistique d'une centaine de crues observées sur des bassins versants représentatifs en Afrique de l'Ouest et Centrale.

La formule du débit de pointe Q_{10} se présente comme suit :

$$Q_{10} = a \times S^s \times \bar{P}_{an}^p \times I_g^i \times k_{r10}^k \times D_d^d$$

- a, s, p, i, k, d : représentent des coefficients régionaux ;
- S : est la superficie du bassin versant exprimée en km^2 ;
- I_g : désigne l'indice global de pente en m/km ;
- Pan : correspond à la pluviométrie moyenne annuelle en mm ;
- Kr10 : est le coefficient de ruissellement décennale en % ;
- Dd : la densité de drainage (km^{-1})

Dans le cadre de ce projet nous retenons les équations suivantes : 39, 40, 41 ,42, 43, 44.

Tableau XV : coefficients de a,s,i,k, et d

Equations	a	s	i	k	p
39	0,41	0,425		0,923	-
40	0,254	0,462	0,101	0,976	-
41	0,407	0,532		0,941	-
42	0,0912	0,643	0,399	1,019	-
43	35600	0,342	-	-	-1,808
44	203	0,459	-	0,813	-1,301
45	22400	0,363	0,059	-	-1,748

Tableau XVI : Résultats des débits par la méthode CIEH

Bassins	Superficie (km^2)	Débit Eq 39	Débit Eq 40	Débit Eq 41	Débit Eq 42	Débit Eq 43	Débit Eq 44	Débit de pointe décennal moyen (m^3/s)
BV_1	49,089	59,828	48,076	44,175	43,009	70,557	53,468	53,185
BV_2	1,098	8,488	6,272	9,687	9,059	10,322	7,521	8,558
BV_3	6,565	22,681	16,995	20,289	19,537	26,169	20,155	20,971
BV_4	93,196	87,158	68,576	62,652	60,855	107,334	77,933	77,418

2.4 Méthode CAQUOT

La méthode de CAQUOT concerne les bassins versants de très petites superficies. Il s'agit d'une dérivée de la méthode rationnelle. Dans le cadre de notre étude, cette méthode a été utilisée pour le calcul des débits de nos sous-bassins versants. La formule de la méthode de CAQUOT est la suivante :

$$\mathbf{Q_{brut} = K^{1/U} \times I^{V/U} \times C^{1/U} \times A^{W/U}}$$

Avec :

- Q (m3/s) : Débit maximal à l'exutoire
- I (m/m) : Pente moyenne du BV
- C : Coefficient de ruissellement
- A : Superficie du BV en ha
- K, u, v, w : Des coefficients d'ajustement

Tableau XVII : Formules des coefficients d'ajustement pour la méthode de Caquot

K	U	V	W	M	m	μ
$\frac{0{,}5^b \times a}{6{,}6}$	$1 + 0{,}287b$	$-0{,}41b$	0,95+0,507b	$\frac{L}{\sqrt{A}}$	$(\frac{M}{2})$	$\frac{0{,}84b}{1 + 0{,}287b}$

- a et b sont les coefficients de Montana
- *M* est l'allongement des bassins versants
- *m* est facteur correctif en fonction de la morphologie des Bassins versant.

Avant l'application de la formule de caquot quelques conditions sont à vérifier :

- Pour M≠ 2, il faut nécessairement corriger le Débit par la formule :

$$Q_{cor} = m \times Q_{brut}$$

- Pour M <0,8 les résultats ne sont pas satisfaisants. Donc, 0,8 constitue la limite inférieure de M. Si M<0,8 alors on va prendre M=0,8

Tableau XVIII : Résultats des débits par la méthode CAQUOT

Sous-Bassins	Superficie (ha)	Pente (m/m)	Chemin hydraulique	**Q_P** (m3/s)
SBV1-1	25,76	0,0170	615	**1,00**
SBV1-4	27,3	0,0167	216	**1,78**
SBV2-4	9,600	0,0149	565	**0,36**
SBV3-4	20,1	0,0150	216	**1,25**
SBV4-4	55,3	0,0164	164	**4,27**

II. ETUDE HYDRAULIQUE

1. Dimensionnement hydraulique des dalots

- Récapitulatif des ouvrages existants

Tableau XIX : Récapitulatif des ouvrages hydrauliques existants

N° d'ouvrage	PK	Coordonnées GPS		Nature et dimensions des dispositifs existants	Dimensions
		X	Y		
OH1	0+930	530017.02	1222688.03	Dalot Simple	3x (200 X 250)
OH2	0+982	530061.04	1222721.06	Quadruple dalot	4x (150 x 150)
OH3	2+030	530952.00	1223270.00	Dalot Simple	1x (200 x 100)
OH4	2+665	531298.02	1223781.03	Dalot simple	1x (200 x 200)
OH5	5+630	532200.02	1226607.03	Dalot simple	1x (200 X 100)
OH6	5+892	532273.00	1226854.00	Dalot Simple	1x (200 x 100)
OH7	6+243	532278.02	1227207.03	Dalot Simple	1x (200 X 100)
OH8	6+805	532216.02	1227769.03	Dalot simple	1x (200 x 100)
OH9	9+281	531440.02	1230118.03	Radier	Longueur 20m
OH10	9+650	531267.02	1230429.03	Pont 2 travées	2x (1100 X 300)

- Les valeurs adimensionnelles de la hauteur réduite, de la pente critique et de la vitesse réduite sont déterminées à partir d'abaques obtenu à partir du bceom. Ces abaques sont présentés ci-dessous :

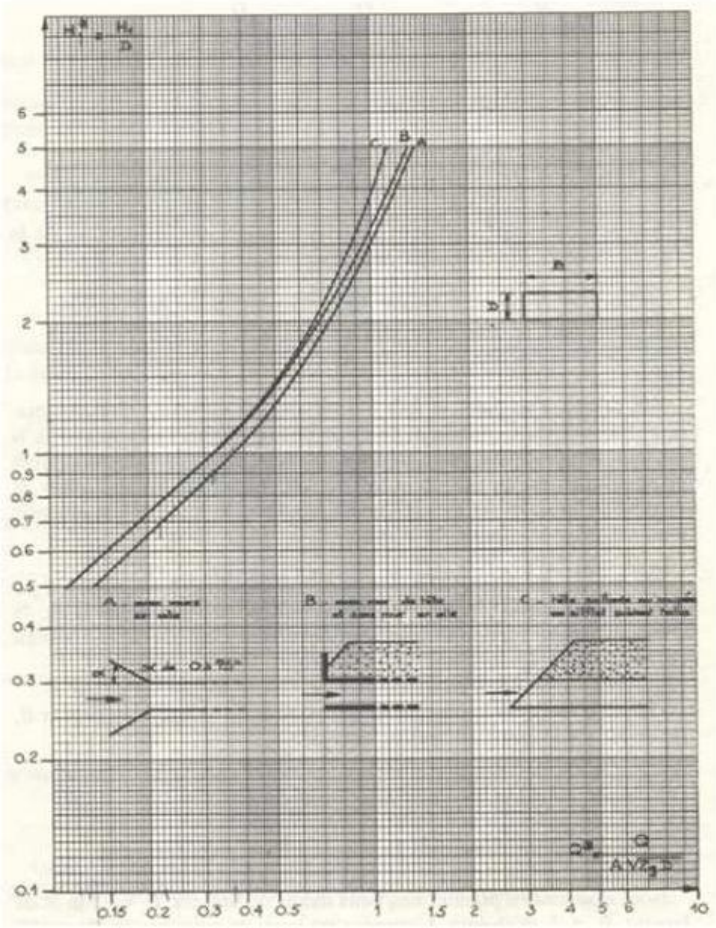


Figure 4 : ***Abaque de calcul de la valeur adimensionnelle de la hauteur réduite H****

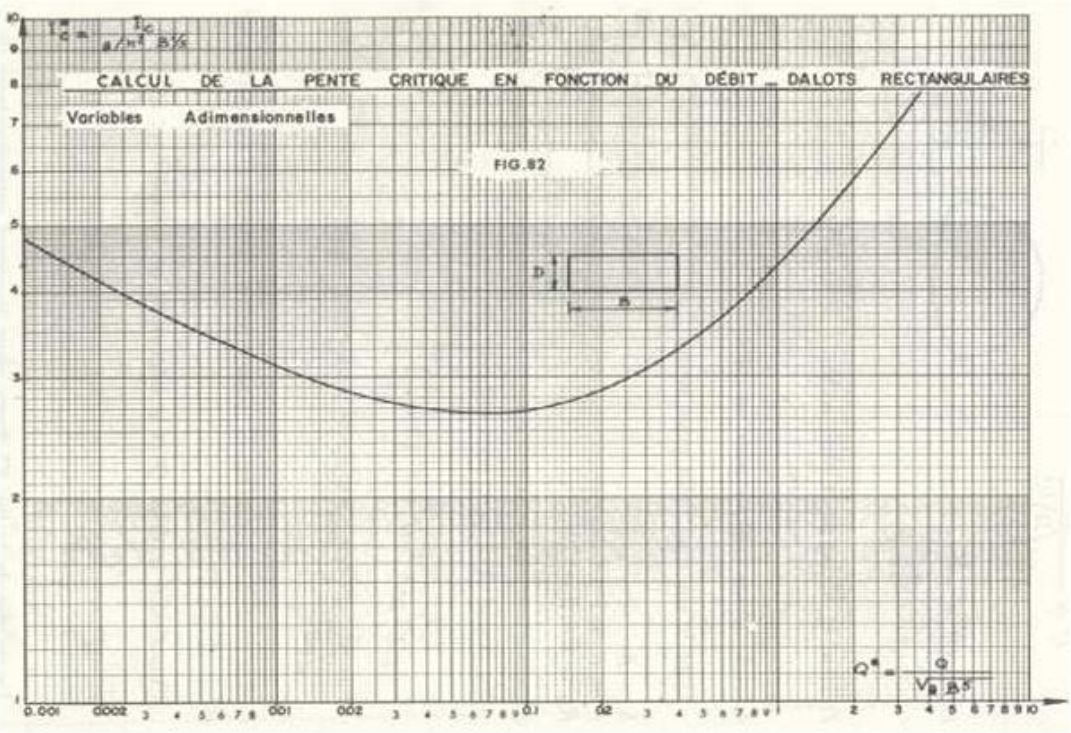


Figure 5 : Abaque de calcul de la pente critique Ic

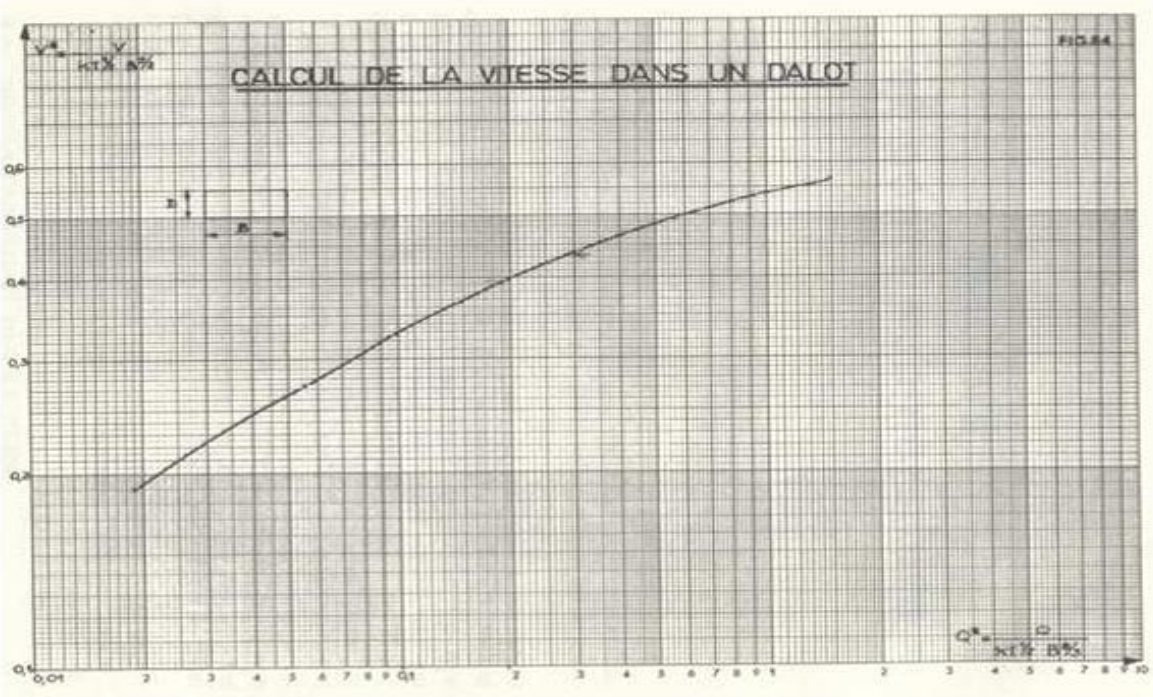


Figure 6 : Abaque de calcul de la vitesse dans un dalot.

Calcul hydraulique des dalots

	Ouvrage hydraulique											
Bassin versants	BV1			BV2	BV3		BV4					
Ouvrages Hydrauliques		OH2	OH3	OH4	OH5	OH6	OH7	OH8	OH9	OH10	OH11	OH12
Ouvrages existants	3*200*250	4*150*150	1*200*100	1*200*200	1*200*100	1*200*100	1*200*100	1*200*100	Nouveau	Radier submersible	Pont	Dalot 2*300*200
Débit du bassin versant (m3/s)		41,194		9,008	17,721					117,704		
Débit à évacuer Q10(m3/s)	18,54	19,86	2,8	9,008	8,22	9,501	3,6	3,6	2,8	5,3	117,704	2,4
Pesanteur	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81
Vitesse admissible (Vadm) en (m/s)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Nombre de cellule (n)	3	4	1	3	2	2	1	1	1	2	1	1
Débit par cellule (Q10/n)	6,18	4,97	2,8	3,002667	4,11	4,75	3,6	3,6	2,8	2,65	117,704	2,4
Hauteur du dalot(m)	2	2	1,5	1,5	1,75	1,75	1,75	1,75	1,5	1,5	1	1,5
Largeur d'une cellule (B)	2,75	2,5	2	2	2	2,5	2	2	2	2	1	2
Calcul de la hauteur d'eau en amont												
Débit réduit (Q*)	0,18	0,16	0,17	0,18	0,200	0,185	0,176	0,176	0,172	0,163	26,573	0,147
Hauteur réduite H*(abaque 77 du BCEOM)	**0,62**	**0,55**	**0,59**	**0,62**	**0,65**	**0,625**	**0,6**	**0,6**	**0,59**	**0,58**	**0,37**	**0,51**
Hauteur d'eau en amont (H1)	1,24	1,10	0,89	0,93	1,14	1,09	1,05	1,05	0,89	0,87	0,37	0,77
Vérification (H1<1,25)	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié	Vérifié
Revanche r (>0,5) =(D-H1) (m)	0,76	0,90	0,62	0,57	0,61	0,66	0,70	0,70	0,62	0,63	0,63	0,74
Détermination de la pente longitudinale critique Ic (I du projet> Ic trouve)												
Débit réduit (Q*)	0,16	0,16	0,16	0,17	0,23	0,15	0,20	0,20	0,16	0,150	37,58	0,135

Pente critique réduite Ic*(abaque 82 du BCEOM)	**2,75**	**2,75**	**2,75**	**2,82**	**3,1**	**2,7**	**2,9**	**2,9**	**2,75**	**2,7**	**3,56**	**2,63**
Coefficient de rugosité (ks)	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	70	67
Pente critique (Ic)	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,007	0,005
Détermination de la vitesse d'écoulement (Vmax)												
Débit réduit Q*(m3/s)	0,095	0,097	0,10	0,10	0,132	0,093	0,119	0,119	0,095	0,091	19,917	0,084
Vitesse réduite(V*) figure 84 du BCEOM	**0,33**	**0,33**	**0,34**	0,34	**0,36**	**0,33**	**0,35**	**0,35**	**0,33**	**0,33**	**0,26**	**0,31**
Vitesse de sortie (V)	2,84	2,71	2,50	2,53	2,81	2,69	2,64	2,64	2,42	2,40	1,54	2,23
Vérification de la vitesse (V)< (Vadm)	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Section retenue	**3*2,75*2**	**4*2,5*2**	**1*2*1,5**	**3*2*1,5**	**2*2*1,75**	**2*2,5*1,75**	**1*2*1,75**	**1*2*1,75**	**1*2*1,5**	**2*2*1,5**		**1*2*1,5**

2. Dimensionnement des sections hydraulique des caniveaux

Dans le cadre de ce projet, des caniveaux en béton armé de forme carrées ou rectangulaires sont envisagés en agglomération. Nous utiliserons la méthode de la débitance basée sur la formule de Manning-Strickler pour les calculs.

L'expression de la formule est la suivante :

$$\boldsymbol{Q = K_S \times S \times R^{2/3} \times \sqrt{I}}$$

- Q représente le débit s'écoulant dans le canal
- Ks, le coefficient de rugosité pris à 70 pour les caniveaux en béton
- S, la section mouillée (b×y) est la surface réellement occupée par l'eau lors de l'écoulement
- R, le rayon hydraulique égale à Section mouillée sur Périmètre mouillée (S_m/P_m)

- P, Périmètre mouillé : P = b +2y en m
- I correspond à la pente longitudinale du fond, fixé à 1%
- **D** désigne la débitance et est définie par : **D =** $K_S \times S \times RH^{2/3}$

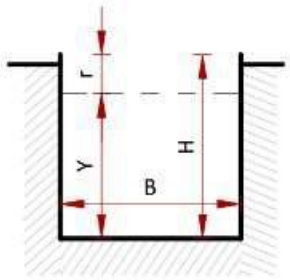


Figure 8 : Géométrie de caniveau ordinaire à section rectangulaire.

- Calcul des sections hydrauliques des caniveaux

Dimensionnement Hydraulique des Caniveaux : Méthode de la Débitance																
								Q (m3/s)	D = Ks*S*R^(2/3)	Q/I^(1/2)	K = D-Q/I^(1/2)	Sections adoptés (m)		Revanche (m)	Vitesse (m/s)	Vérification
Sous-Bassins	Ks	B	Y	S (m²)	P(m)	RH (m)	I					B	H			
SBV1-1	70	0,80	0,6500	0,52	2,10	0,25	0,01	1	14,35	10,00	4,35349	0,80	0,80	0,15	1,56	Vérifiée
SBV1-4	70	1,00	0,650	0,65	2,30	0,28	0,01	1,78	19,59	17,80	1,79454	1,00	0,80	0,15	2,23	Vérifiée
SBV2-4	70	0,80	0,6500	0,52	2,10	0,25	0,01	0,36	14,35	3,60	10,75349	0,80	0,80	0,15	0,56	Vérifiée
SBV3-4	70	0,80	0,650	0,52	2,10	0,25	0,01	1,25	14,35	12,50	1,85349	0,80	0,80	0,15	1,95	Vérifiée
SBV4-4	70	1,20	1,0500	1,26	3,30	0,38	0,01	4,27	46,42	42,70	3,72013	1,20-	1,20	0,15	2,97	Vérifiée

ANNEXE V: ETUDE STRUCTURALE DES OUVRAGES

I. Dimensionnement dalot 4*2,5*2

1. Prédimensionnement

On prendra la même épaisseur pour le tablier, les piédroits et le radier.

$e = \frac{l}{32} + 0{,}125$; l désigne la plus grande ouverture du dalot

$e = \frac{2{,}5}{32} + 0{,}125$; $e = 0{,}203$ m

On retient e = 0,25 m.

$$e = e_t = e_p = e_r = 0{,}25\text{m}$$

1. Description de l'ouvrage

- Epaisseur du tablier $e_t = 0{,}25\ m$
- Epaisseur du radier $e_R = 0{,}25\ m$
- Epaisseur des piédroits $e_p = 0{,}25\ m$
- Hauteur des piédroits H = 2 m
- Largeur roulable $L_R = 10{,}2\ m$
- Largeur chargeable L= L_R – 0,5*2 = 9,2 m
- Nombre de voies n = partie entière $(\frac{L}{3})$ = E (3,07) = 3 *voies*
- Guide roue en béton $h = 1\ m$
- Classe du pont : classe I car L_R est supérieure à 7 m.

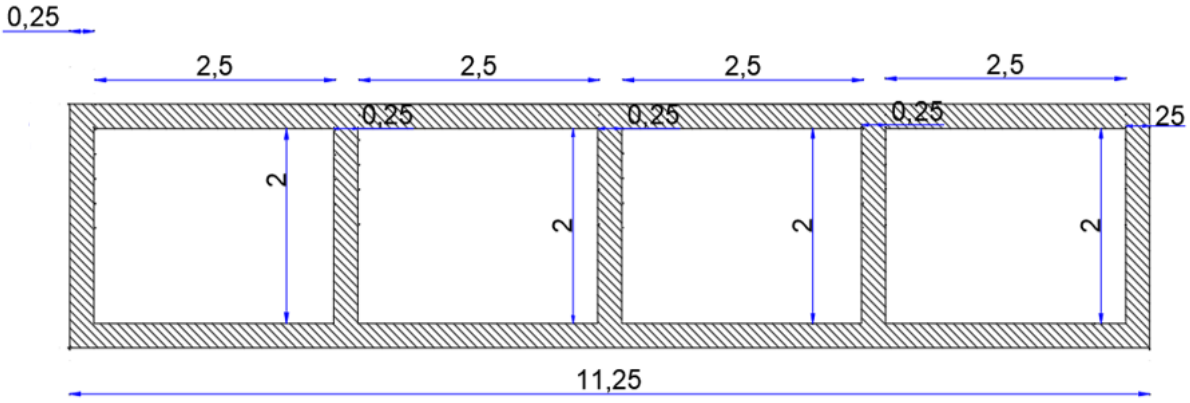


Figure 9 : Coupe transversale du dalot 4*2,5*2

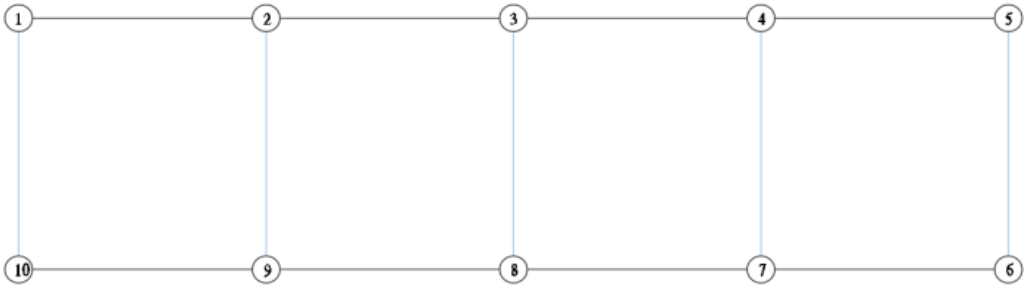


Figure 10 : Schéma statique de l'ouvrage

2. Evaluation des charges permanentes

Tableau XX : Charges permanentes sur le tablier

Sollicitation	Méthode	Résultat	Unité
Le poids propre du tablier P_p	$et \times \gamma beton \times b1$	6,25	kN/ml
Le poids guide roues en béton P_g	$eg \times \gamma beton \times hg$	12,5	kN/ml
Le poids du remblai au-dessus du tablier P_r	$eb{+}f \times \gamma remblais$	8	kN/ml
Le poids du revêtement au-dessus du tablier P_R	$e$enduit × γenduit	0,66	kN/ml
Calcul de charge permanente **P1 = 27,41 kN/ml**			

Tableau XXI : Charges permanentes sur le radier

Sollicitations	Méthode	Résultat	Unité
Charge permanente du tablier G_t	P1	27,41	KN/ml
Poids propre des piédroits P_V	$n \times e_V \times H \times \gamma_{beton}$	62,5	KN/ml
Poids propre du radier P_{rd}	$e_t \times \gamma_{beton}$	6,25	KN/ml
Calcul de la charge permanente sur le radier **P2 = 96,16 KN/ml**			

- **Poussée des terres sur les piédroits**

Elle n'agit que sur les piédroits extrêmes. L'évaluation est faite sur un seul piédroit et reportée sur l'autre à la vue de leur géométrie et chargement similaires. La valeur de la charge varie avec la hauteur.

− Niveau de référence du tablier

$$h_1 = h_r + \frac{e_t}{2} = 0{,}43 + \frac{0{,}25}{2}$$

$$h_1 = 0{,}555\ m$$

– Niveau de référence du Radier

$$h_2 = h_r + e_t + H_{in} + \frac{e_r}{2} = 0{,}43 + 0{,}25 + 2 + \frac{0{,}25}{2}$$

$$h_2 = 2{,}805\ m$$

Tableau XXII : Poussée de terre permanente sur les piédroits de rive

Charges	Méthode	Résultats
Poussée de terre (P_{t1}) en h_1	$K_a \times \gamma_t \times h_1 \times b_1$	3,663 KN/ml
Poussée de terre (P_{t2}) en h_2	$K_a \times \gamma_t \times h_2 \times b_1$	18,48 KN/ml

Les charges permanentes sur l'ouvrage peuvent être représentées comme suit :

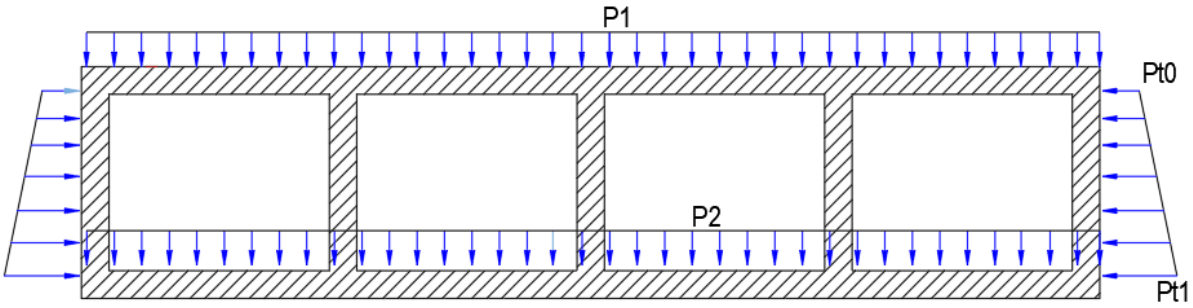


Figure 11 : Répartition des charges permanentes

3. Evaluation des charges d'exploitation routière

Pour notre étude, nous avons eu à considérer les charges d'exploitation routières suivantes :

- Les systèmes de charge A ;
- Les systèmes de B (Bc, Bt, Br) ;
- Les systèmes de charge Militaire (M80 et M120).

a. Système A

Il est composé des charges uniformément reparties d'intensité variable suivant la longueur surchargée. Il correspond à une ou plusieurs files de véhicule à l'arrêt sur le pont. Ce système représente les embouteillages ou un flot de véhicule composé de voiture légère et de poids

lourds.

La valeur de ce chargement est donnée par :

$$Q_{A(l)} = \gamma_q \times a_2 \times q(l)$$

$$q(l) = Sup \begin{cases} a_1 \times A(l) \\ 4 - 0,002 \times l \end{cases} ; A(l) = 2,3 + \frac{360}{l+12} \; et \; a_2 = \frac{V_0}{V}$$

Avec :

- γ_q : coefficient de pondération à l'ELS égal à 1,2 et à l'ELU égal à 1,6 ;
- a_1 : coefficient de dégression transversal lu en fonction de la classe du pont et du nombre de voie ;
- a_2 : coefficient calculé ;
- V_0 : largeur dépendant de la classe du pont (m) ;
- V : largeur d'une voie (m) ;
- $A(l)$: charge fonction de largeur de voie chargée (kN/m²) ;
- $q(l)$: densité de charge effectif ou charge résultant du maxima (kN/m²) ;
- l : largeur chargée (m).

L'ouvrage est de classe I avec 3 voies chargées, l'application donne alors :

- a_1=0,95 a_2= 1,14 A(L) = 19,28 q(l)=19,28 KN/m² ;

Classe du pont			**Nombre de voies chargées** (a_1)				
	Largeur roulable	V_0	1	2	3	4	5
I	≥ 7 m	3,5 m	1	1	**0,95**	0,75	0,75
II	5,5 m < L_r < 7 m	3,0 m	1	0,9	-	-	-
III	≤ 5,5 m	2,75 m	0,9	0,8	-	-	-

- Le chargement $Q_{A(l)}$ = 26,41 KN/m^2 à l'ELS et $QA_{(l)}$ = 35,21 KN/m^2 à l'ELU.

b. Système B

Ce système comprend plusieurs sous-systèmes B_c, $B_{c\ Niger}$, B_t, Br. La surcharge routière à prendre en compte pour le calcul des efforts internes est :

$$Q_{Bi} = \gamma_q \times \delta_i \times b_i \times B_i \quad \text{avec } \delta_i = 1 + \frac{4}{1+0,2\times L} + \frac{0,6}{1+4\times\frac{G}{S}}$$

On a :

- γ_q : Le coefficient de pondération à l'ELS à 1,2 et à l'ELU égal à 1,6 ;
- δ_i : Le coefficient de majoration dynamique ;

- b_i : Le coefficient de pondération dû à la dégressivité transversale ;
- B_i : La densité de charge effectif du système résultant de la surface d'impact du convoi
- S : Le poids total des charges des essieux du système
- $t_x \times t_y$: La surface d'impact du convoi
- G : Le poids total des charges permanentes que supporte le tablier ;
- S : Le poids total des charges des essieux du système
- $t_x \times t_y$: La surface d'impact du convoi

❖ Système sous charge Bc

L'analyse portera essentiellement sur le sous-système Bc (Niger). Ce choix s'explique par le fait qu'il représente le cas défavorable du sous-système Bc dans un dimensionnement de pont. Au sein de la zone de l'UEMOA, le sous-système Bc est uniformisé par le sous-système Bc Niger (13tonnes). Le véhicule de référence de ce système est constitué de trois essieux. Chaque essieu est équipé de roues simples avec pneumatiques, conformément aux spécifications techniques établies :

- Masse totale : 32 tonnes ;
- Masse totale portée par chacun des essieux arrière : 13tonnes ;
- Masse portée par l'essieu avant : 6tonnes ;
- Longueur d'encombrement : 10.5m ;
- Largeur d'encombrement : 2.5m ;
- Distance entre deux essieux arrière : 1.5m ;
- Distance de l'essieu avant au premier essieu arrière : 4.5m ;
- Distance d'axe en axe des deux roues d'un essieu : 2m ;
- Surface d'impact d'une roue arrière : carré de 0.25m de côté ;
- Surface d'impact d'une roue avant : carré de 0.20m de côté.

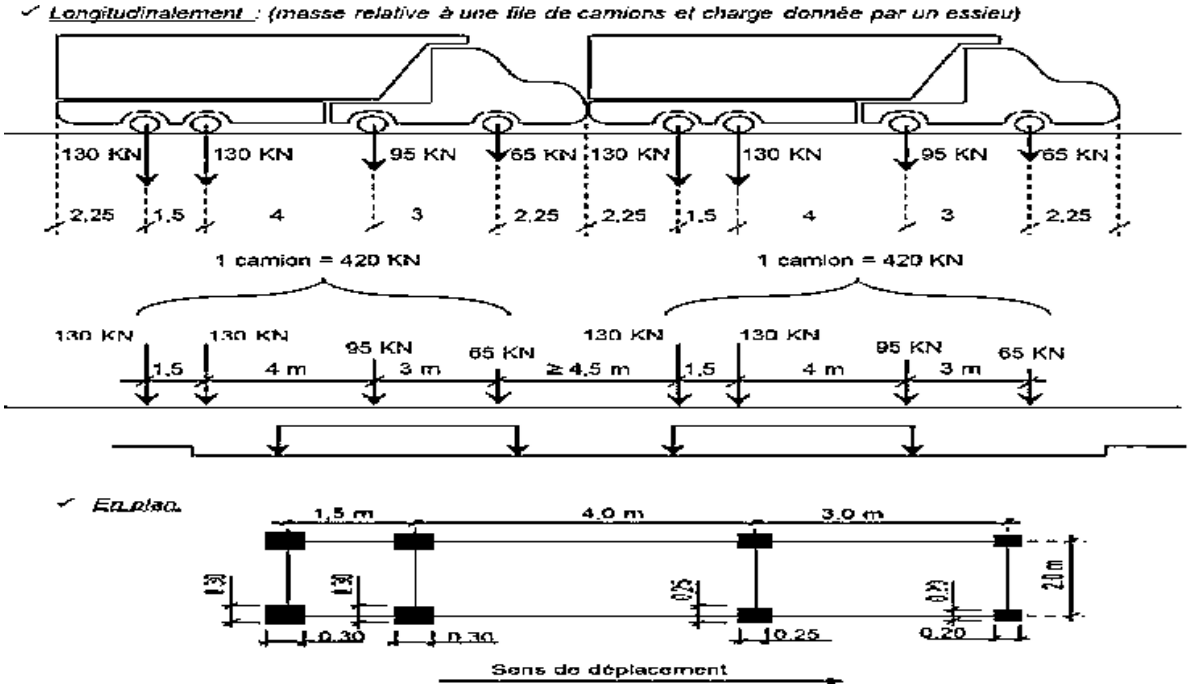


Figure 12 : Représentation du système Bc Niger

Tableau XXIII : Application du sous-système Bc Niger

Charge permanente du tablier G (KN/ml)	$P_1 \times l_c \times (B + 2 \times e_v)$	882,602
Coefficient de majoration dynamique δbc	$1 + \frac{4}{1 + 0{,}2 \times L} + \frac{0{,}6}{1 + 4 \times \frac{G}{S}}$	1,374
Calcul de la surcharge routière sur tablier	ELS	ELU
Le coefficient de majoration dynamique δbc	1,374	1,374
Coefficient de pondération ɣq	1,2	1,6
Charge d'exploitation Qbt (KN/ml)	**68,594**	**91,459**
Charge permanente G du radier (KN/ml)	$P_2 \times l_c \times (B + 2 \times e_v)$	2654,016
Le coefficient de majoration dynamique δbc	$1 + \frac{4}{1 + 0{,}2 \times L} + \frac{0{,}6}{1 + 4 \times \frac{G}{S}}$	1,22
Calcul de la surcharge routière sur le radier	ELS	ELU
Le coefficient de majoration dynamique δbc	1,22	1,22
Coefficient de pondération ɣq	1,2	1,6
Charge d'exploitation Qbt (KN/ml)	**61,06**	**81,41**

❖ **Système sous charge Br**

Il s'agit d'une roue isolée disposée normalement à l'axe longitudinal de la chaussée. Le rectangle de la roue peut être placé n'importe où sur la largeur rouable de sorte à produire l'effet le plus défavorable. Les effets défavorables du système Br sont relativement inférieurs à ceux du système Bt et Bc donc pas besoin d'étudier ce système.

❖ **Système sous charge Bt**

Ce sous-système type ne s'applique qu'aux ponts de première et deuxième classe avec un nombre de camions limité à deux dans le sens transversal et un camion par file dans le sens longitudinal.

$$Q_{B_t} = \gamma_q \times \delta_{B_t} \times b_t \times B_t$$

Un tandem du système Bt comporte deux essieux tous deux à roues simples munies de pneumatiques, répondant aux caractéristiques suivantes :

- Masse portée par chaque essieu 16 t ;
- Distance des deux essieux 1.35 m ;
- Distance d´axe en axe des deux roues d´un essieu 2 m.

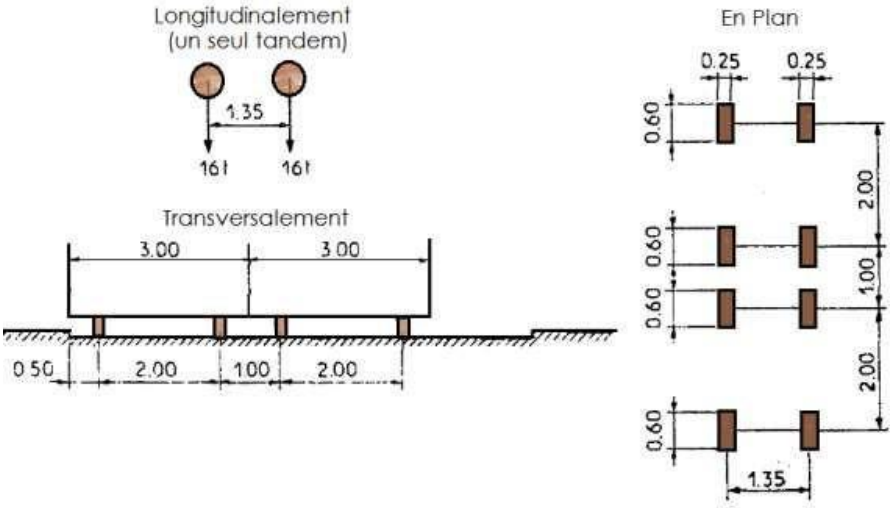


Figure 13 : Représentation du système Bt

- Coefficient Bt égal à 0,95 pour ouvrage de classe I
- Charge par Essieu égale à 16 tonnes
- Position défavorable du système Q =2 x 2 x 160 x 0,95 = 608 KN
- Calcul de la surface d'encombrement

  Sc = Lx × Ly = (1,35 + 0,25/2 + 0,25/2) x (2 + 1 + 2 + 0,6/2 + 0,6/2)

  Sc = 1,6 x 5,6 = 8,96m²

- La charge surfacique devient : Bt = 608/8,96 = 67,86 kN/m2

Tableau XXIV : Application du sous-système Bt

Charge permanente du tablier G (KN/ml)	$P_1 \times l_c \times (B + 2 \times e_v)$	756,516
Coefficient de majoration dynamique δbc	$1 + \frac{4}{1 + 0{,}2 \times L} + \frac{0{,}6}{1 + 4 \times \frac{G}{S}}$	1,569
Calcul de la surcharge routière sur tablier	ELS	ELU
Le coefficient de majoration dynamique δbc	1,569	1,569
Coefficient de pondération ɣq	1,2	1,6
Charge d'exploitation Qbt (KN/ml)	**134,457**	**179,276**
Charge permanente G (KN/ml)	$P_2 \times l_c \times (B + 2 \times e_v)$	2307,84
Le coefficient de majoration dynamique δbc	$1 + \frac{4}{1 + 0{,}2 \times L} + \frac{0{,}6}{1 + 4 \times \frac{G}{S}}$	1,193
Calcul de la surcharge routière sur le radier	ELS	ELU
Le coefficient de majoration dynamique δbc	1,193	1,193
Coefficient de pondération ɣq	1,2	1,6
Charge d'exploitation Qbt (KN/m²)	**102,235**	**136,314**

c. Système de charge militaire

Les charges militaires sont de deux classes : les M80 et les M120. Chaque classe se compose de deux systèmes distincts : Mc : véhicule type à chenilles et Me : groupe de deux essieux. On a ainsi les systèmes Mc80, Mc120, Me80 et Me120.

❖ Système Mc120

Les caractéristiques du système Mc120 sont représentées dans la figure ci-dessous :

- Charge par chenille égale à 55 tonnes
- Position défavorable du système Q =2 x 550= 1100 KN
- Largeur d'influence suivant l'axe X égale 6,10 m
- Largeur d'influence suivant l'axe Y égale à 4,30 m
- Surface d'encombrement $S_c = 6{,}1 \times 4{,}30 = 26{,}23$ m²

– Charge surfacique $P = Q/S_c$ = 41,94 KN/m²

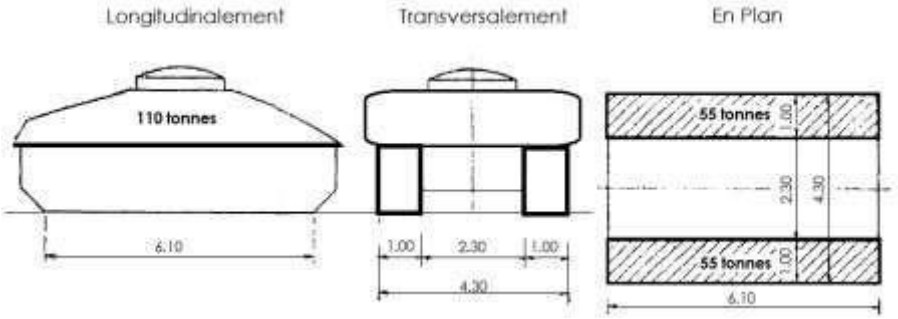


Figure 14 : Représentation du système Mc120

Tableau XXV : Application du sous-système Mc120

Charge permanente du tablier G (KN/ml)	$P_1 \times l_c \times (B + 2 \times e_v)$	756,516
Coefficient de majoration dynamique δbc	$1 + \frac{4}{1 + 0{,}2 \times L} + \frac{0{,}6}{1 + 4 \times \frac{G}{S}}$	1,1490
Calcul de la surcharge routière sur tablier	ELS	ELU
Le coefficient de majoration dynamique δbc	1,1490	1,1490
Coefficient de pondération ɣq	1,2	1,6
Charge d'exploitation Qbt (KN/ml)	**57,825**	**77,100**
Charge permanente G (KN/ml)	$P_2 \times l_c \times (B + 2 \times e_v)$	2654,016
Le coefficient de majoration dynamique δbc	$1 + \frac{4}{1 + 0{,}2 \times L} + \frac{0{,}6}{1 + 4 \times \frac{G}{S}}$	1,197
Calcul de la surcharge routière sur le radier	ELS	ELU
Le coefficient de majoration dynamique δbc	1,197	1,197
Charge d'exploitation Qbt (KN/ml)	**60,2469**	**80,3291**

Tableau XXVI : Récapitulatif des surcharges routières des systèmes

Désignation	Tablier		Radier	
	ELS (KN/m²)	ELU (KN/m²)	ELS (KN/m²)	ELU (KN/m²)
Système A(l)	26,41	35,21	26,41	35,21
Système Bt*	134,46	179,28	102,24	136,314
Système Bc	58,06	77,41	57,76	77,02
Système Bc Niger	68,59	91,46	61,06	81,41
Système Mc80	60,68	80,91	56,95	75,94
Système Mc120	57,83	77,10	60,25	80,33
Cas défavorable	**134,46**	**179,28**	**102,24**	**136,31**

2. Calcul des sollicitations

Pour la suite de l'étude, le logiciel de calcul PYBAR est utilisé afin de déterminer les efforts internes agissants sur l'ouvrage.

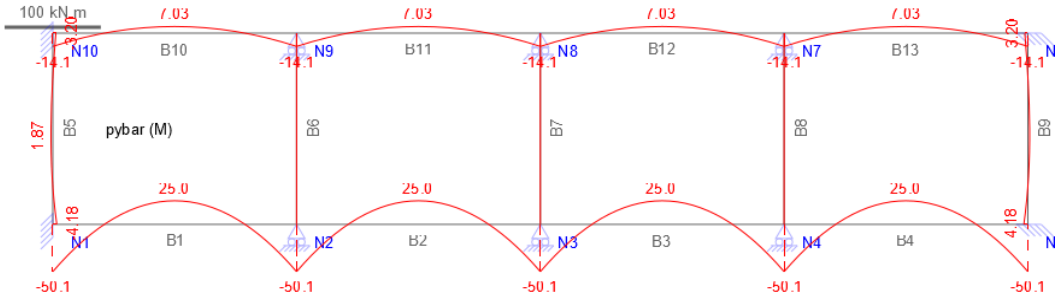


Figure 15 : Diagramme des moments dû aux charges permanentes

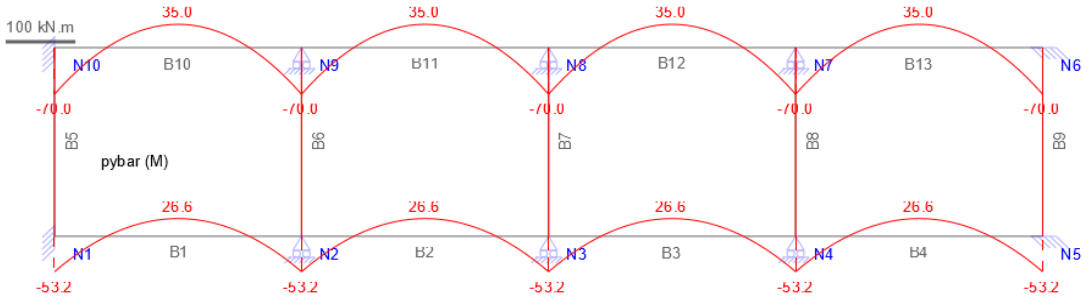


Figure 16 : Diagramme des moments dû aux surcharges d'exploitations

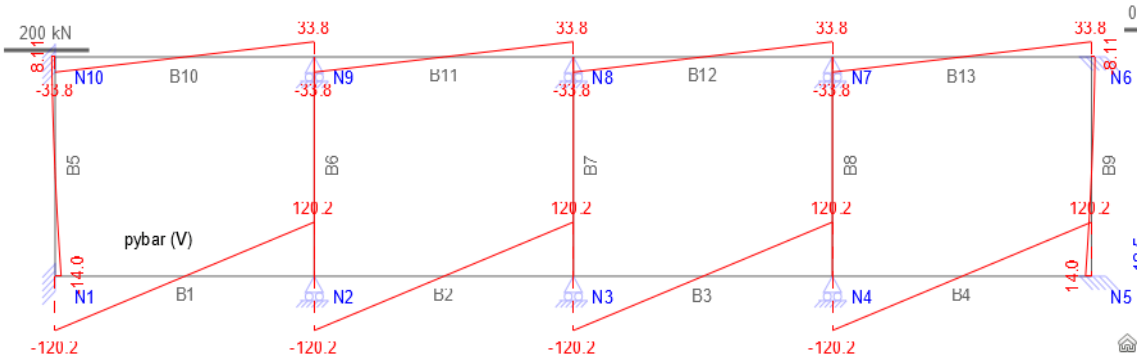


Figure 17 : Diagramme des efforts tranchants dû aux charges permanentes

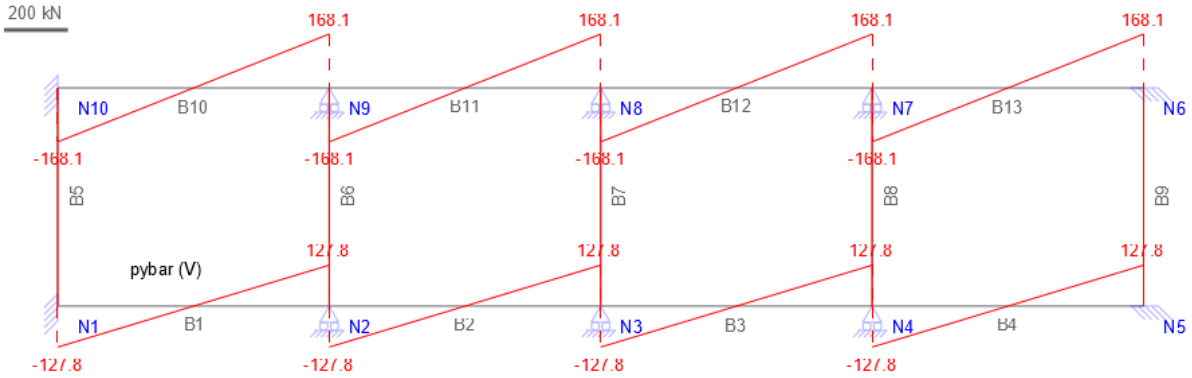


Figure 18 : Diagramme des efforts tranchants dû aux surcharges d'exploitations

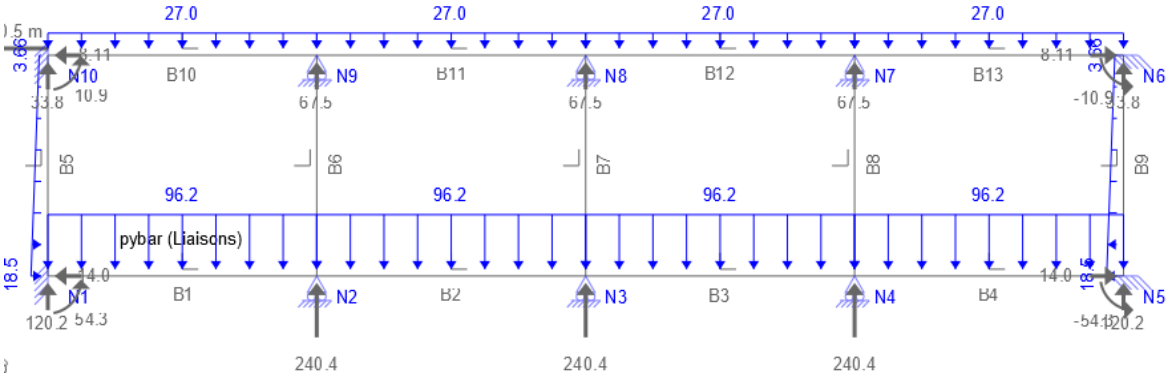


Figure 19 : Réaction aux appuis dû aux charges permanentes

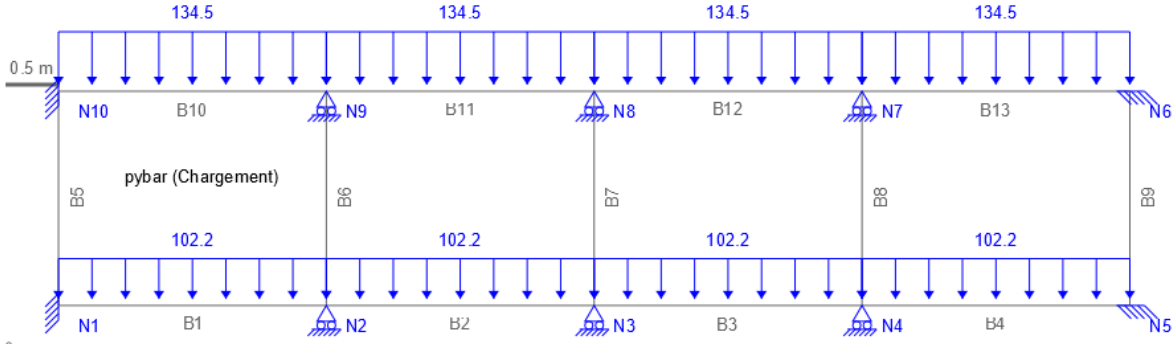


Figure 20 : Réaction aux appuis dû aux surcharges d'exploitations

Tableau XXVIII : Récapitulatif des sollicitations

Elément de l'ouvrage	Sollicitations en KN.m et KN		Charges G	Système Bt
Tablier	Moment sur appui (KN)	N6=N10	14,1	70
		N7=N8=N9	14,1	70
	Moment en travée (KN.m)	B10=B13	7,03	35
		B1=B4	7,03	35
	Réaction d'appui (KN)	R6=R10	33,8	168,1
		R7=R8=R9	67,5	336,1
Radier	Moment sur appui (KN)	N1=N5	50,1	53,2
		N2=N3=N4	50,1	53,2
	Moment en travée (KN.m)	B1=B4	25	26,6
		B2=B3	25	26,6
	Réaction d'appui (KN)	R1=R5	120,2	127,8
		R2=R3=R4	240,4	255,6
Piédroits	Effort en N1 et N5	N1 à N5	96,16	102,23
	Effort en N6 et N10	N6 à N10	27,41	134,45
	Moment maximal	B5=B9	4,18	57,48

3. Calcul des sections d'aciers

Tableau XXIX : Dimensionnement structurel du tablier à l'ELS

Elément 01 : TABLIER	Formules	Résultats	
Largeur du Tablier	-	B (m)	10,2
Longueur de dimensionnement	-	b (m)	1
Epaisseur du tablier	-	e_t (m)	0,25
Hauteur utile	$0,9 \times e_t$	d (m)	0,225
Enrobage du tablier	-	e (m)	0,03

Calcul des armatures		Armature sur Appui	Armature en Travée
Moment à l'ELS Mser (KN.m)	-	84,1	42,03
Calcul de α	$\frac{n \times \sigma_{bc}}{n \times \sigma_{bc} + \sigma_{st}}$	0,503	0,503
Moment Mserb (KN.m)	$\frac{1}{2} bd^2 . \sigma_{bc} . \alpha \left(1 - \frac{\alpha}{3}\right)$	159,453	159,453
Vérification des Aciers comprimés	Mser<Mserb	Pas d'aciers comprimés	Pas d'aciers comprimés
Calcul de bras de levier Z (m)	$d \times (1 - \frac{\alpha}{3})$	0,187	0,187
Section d'acier As (cm²/ml)	$\frac{M_{ser}}{Z \times \sigma_{st}}$	17,977	8,984
Condition de non fragilité As.min(cm²/ml)	$0{,}23 \times \frac{b \times d \times f_{tj}}{f_e}$	3,105	3,105
Vérification	Amin<As	Condition vérifiée	Condition vérifiée
Section retenue As (cm²/ml)	-	**17,977**	**8,984**
Vérification de la Contrainte tangentielle			
Contrainte de tangentielle T_u (MPa)	$\frac{V_u}{bd}$	1,49511	0,7472
Contrainte tangentielle limite T_{lim} (MPa)	$\min(0{,}2 \times \frac{f_{c28}}{\emptyset}; 5)$	4	4
Vérification	$T_u < T_{lim}$	Condition vérifiée	Condition vérifiée

CHOIX D'ARMATURES		
Armatures par face As/face	8,988	4,492
Armatures type HA	**8HA12**	**6HA10**
Section commerciale	9,05	4,71
Espacement	12	15
Acier de repartition	3,93	2,51
Armatures reparties type HA	**5HA10**	**5HA10**
Espacement des aciers repartis	20	20

Tableau XXX : Dimensionnement structurel du radier à l'ELS

Largeur du Tablier	B (m)	10,2
Longueur de dimensionnement	b(m)	1
Epaisseur du tablier	Er (m)	0,25
Hauteur utile	d (m)	0,225
Enrobage du tablier	e (m)	0,03
Designations	**Armature sur Appui**	**Armature en Travée**
Moment à l'ELS Mser (KN.m)	103,3	51,6
calcul de α	0,505	0,505
Mserb (KN.m)	159,453	159,453
Mser<Mserb	Pas d'aciers comprimés	Pas d'aciers comprimés
calcul de Yser (m)	0,114	0,114
Calcul de bras de levier Z (m)	0,187	0,187
As.appui (cm²/ml)	22,081	11,030
Condition de non fragilité As.min(cm²/ml)	3,105	3,105
Verification Amin<As	Condition verifée	Condition verifée
Section retenue As (cm²/ml)	**22,081**	**11,030**
VERIFICATION DE l'EFFORT TRANCHANT		

Contrainte de tangentielle Tu = Vu/bd	1,836	0,917
Contrainte tangentielle limite	4	4
Verfication	Condition verifée	Condition verifée
CHOIX D'ARMATURES		
Armatures par face As/face	11,041	5,515
Armatures type HA	**8HA14**	**6HA12**
Section commerciale	12,06	5,65
Espacement	12	15
Acier de repartition	3,68	1,84
Armatures reparties type HA	**5HA10**	**5HA10**
Espacement des aciers repartis	20	20

Le calcul des aciers des piédroits intermédiaires est effectué par mètre linéaire, en les considérant comme des poteaux de section 100 x 25 cm^2

Elément 03: Piédroit intérieur	**Formules**		**Résultats**
Hauteur de voile	H (m)	-	2,25
Longueur de dimensionnement	B (m)	-	1
Epaisseur du voile	e_p(m)	-	0,25
Enrobage du voile	E (m)	-	0,03
Longueur de Flambement	Lf (m)	$0,7 \times l_0$	1,575
Elancement	ʎ	-	21,824
Calcul de α	(ʎ< 50)	$\frac{0,85}{\left[1 + 0,2 \times \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2\right]}$	0,789
Section réduite	Br	$(B - E) \times (e_p - E)$	0,2134
Coefficient k	k	1/2 de charge avant 90jours	1,1
Effort du poteau	Nu (KN)	$1,35G_t + 1,5\ Q(l)$	238,6785

Effort d'équilibre du béton	Nb (KN)	$\frac{B_r \times f_{bu}}{0,9}$	4030,89

Effort d'équilibre de l'acier	Ns (KN)	$\frac{k \times \left(\frac{\alpha}{0,85}\right) \times (N_u - N_s)}{0,85}$	-3870,46
Vérification	Nb< 0	Béton est surabondant, donc nous avons besoin d'acier minimal seulement.	
Périmètre du voile	U (m)	$2 \times (B + e_p)$	2,5
Aire du béton	S (m²)	$B \times e_p$	0,25
Calcul de l'acier minimal	A_{min} (Cm²)	$max(4U; \frac{0,2B}{100})$	10
Calcul d'Acier maximal	A_{max} (Cm²)	5%B	125
Vérification	-	$A_{min} < A_{max}$	Condition vérifiée
Choix d'Armatures	-	Tableau des armatures	**7HA10**
Section commerciale	Cm²	-	5,5
Espacement des aciers tendus	Es(cm)	min $(a + 10cm; 40cm)$	14
Acier de répartition	Ar(cm²)	$\frac{1}{3}\Phi I \leq \Phi t \leq \Phi I$	**5HA10**
Espacement des aciers transversaux	Er(cm)	min $(15\Phi t; a + 10cm; 40cm)$	20

Les piédroits de rives travaillent en flexion composé, ainsi les sollicitations seront calculées comme suit :

Elément 04: Piédroit de rive	**Formules**		**Résultats**
Largeur du voile	B (m)	-	2,25
Longueur de dimensionnement	b(m)	-	1
Epaisseur du tablier	Epi (m)	-	0,25
Hauteur utile	d (m)	-	0,225
Enrobage du tablier	e (m)	-	0,03
Moment maximal de calcul	Mu (KN.m)	-	13,8
Moment maximal à l'ELS	Mser (KN.m)	-	10

Effort Normal à l'ELU	Nu (KN)	-	238,6785
Effort Normal à l'ELS	Nser(KN)	-	161,96

Calcul à l'ELU			
Calcul de paramètre de déformation	α	$\frac{M_u}{M_u + M_{ser}}$	0,5798
Calcul de l'excentricité additionnel	e_a (m)	$Max(00{,}2; \frac{L}{250})$	0,02
Calcul de l'excentricité	e_1 (m)	$\frac{M_u}{M_u} + e_a$	0,0778
Chargement excentrique	-	Lf/h	6,3
		$Max(15; 20; \frac{E1}{h})$	15
Vérification de la condition	-	$\frac{Lf}{h} < Max(15; 20; \frac{E1}{h})$	Condition vérifiée
Calcul de l'excentricité second	e_2 (m)	$\frac{3 \times Lf}{10^4 \times h} \times (2 + a\varphi)$	0,0094
Calcul de l'excentricité Eo (m)	e_0 (m)	$e_1 + e_2$	0,087
Moment de calcul corrigé	Mugo (KN.m/ml)	$N_u \times e_0$	20,818
Calcul de l'excentricité additionnelle	Ea	$e_0 + (d - \frac{h}{2})$	0,187
Calcul de Moment central	Mua (KN.m/ml)	$N_u \times e_A$	44,686
Moment de référence	µbc	$0{,}8 \times \frac{h}{d} \times (1 - 0{,}4 \times \frac{h}{d})$	0,4938
Moment réduit ultime µua	µua	$\frac{M_{uA}}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}}$	0,0519
Vérification de l'état de section	-	$\mu ua <$ µbc	SPT

Calcul des armatures à l'ELS			
Calcul de l'excentricité	e_{0ser} (m)	$\frac{M_u}{N_u}$	0,061
Calcul de l'excentricité additionnelle	e_a (m)	$e_{0ser} + (d - \frac{h}{2})$	1,0617
Calcul de Moment central	Msera (KN.m/ml)	$N_{ser} \times e_A$	171,96
Calcul du coefficient gamma	ϒm	$\frac{M_{uA}}{M_{serA}}$	0,259
Moment réduit limite	µlim		0,1726
Vérification des aciers comprimés	-	$\mu ua <$ µlim	Pas d'aciers comprimés
Calcul de paramètres de déformations	α	$1{,}25(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu})$	0,0667
Calcul de bras de levier	Z (m)	$d \times (1 - \frac{\alpha}{3})$	0,1649
Calcul de section fictive	Asu (cm²/ml)	$\frac{M_{ser}}{Z \times \sigma_{st}}$	7,786
Calcul de section tendues	Ast (cm²/ml)	$A_{sU} - \frac{N_u}{\sigma_{st}}$	5,37
Condition de non fragilité	As.min(cm²/ml)	$0{,}23 \times \frac{b \times d \times f_{tj}}{f_e}$	3,105
Vérification de condition	-	As. min < Ast	Condition vérifiée
Section retenue	As (cm²/ml)	-	**5,37**
Acier de répartition	Ar (cm²/ml)	$\max(\frac{A_{st}}{3}; 10mm)$	3,105
Armatures tendues	Haute adhérence	HA	**5HA12**
Section commerciale	Cm²	-	5,65

Espacement	Es (cm)	$(\frac{100 - (1 - n) + (2 \times e)}{n - 1}$	20
Acier de répartition	Ar (cm²/ml)	HA	**5HA10**
Espacement des aciers repartis	Er(cm)	$(\frac{100 - (1 - n) + (2 \times e)}{n - 1}$	20

4. Calcul des aciers du mur en aile

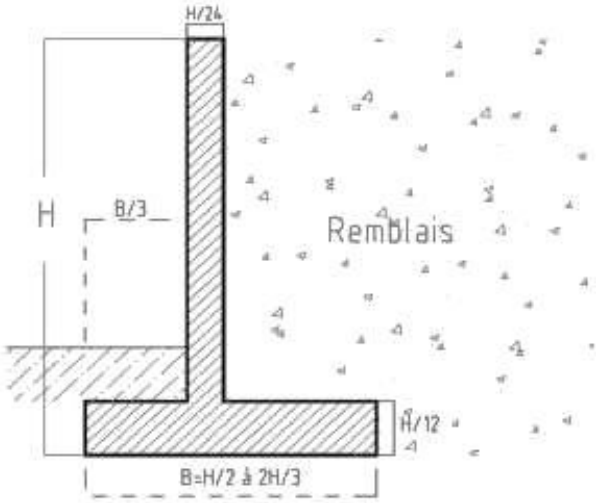


Figure 21 : Schéma du mur en aile

a. Prédimensionnement du mur en aile

Tableau XXXI : Prédimensionnement du mur en aile

Géométrie	Formules		Résultats
Hauteur maximal	H_{max} (m)	$R + H + T + G$	2,6
Epaisseur tète et base du mur	E_{tb} (m)	$\geq \frac{H_{max}}{24}$	0,25
Largeur de semelle	b_s (m)	$\frac{H}{2} \leq B \leq \frac{2H}{3}$	1,9
Epaisseur de semelle	E_s (m)	$\geq \frac{H_{max}}{24}$	0,25
Enrobage pour semelle	e_s (m)	-	0,03
Enrobage pour Mur	e_m (m)	-	0,03

b. Evaluation des sollicitations

✓ Pour le remblai

- Cohésion C égale à 0
- Poids volumiques des terres
- Angle de frottement interne Φ = 30°
- Poussée passive nulle sur l'avant du patin
- Terre-plein horizontale chargé à 40cm
- Coefficient de Poussée horizontale $Kah = tan^2\left(45 - \frac{\emptyset}{2}\right) = 0{,}33$
- Coefficient de Poussée verticale $Kav = 0$

- Hauteur de surcharge de remblai h = 0,5 m
  - ✓ Pour le sol de fondation considéré compacté
- Contrainte de sol σsol = 130 KN/m²
- Cohésion C'= 0

Tableau XXXII : Calcul des sollicitations du mur en aile

Cas des charge	Forces		Eléments agissants	Actions horizontales Rh=Pp ou Pq (KN/ml)	Actions verticales Rv=G ou Q (KN/ml)	Bras de levier Z(m)	Moment (KN.m/ml)
Charges permanentes G	Poids du Mur et des Remblais	1	Voile	-	21,75	0,775	-16,85625
			Semelle	-	16,125	0,95	-15,31875
			Mur	-	37,875	-	-32,175
		2	Remblai sur le talon	-	58	1,4	-81,2
		3	Remblai sur le Patin	-	5,2	1,575	-8,19
	Poussée active	4	Poussée des terres	27,753	-	0,97	26,8279
Charges d'exploitation Q	Charges d'exploitation	5	Surcharges d'exploitation	-	10	1,4	-14
	Poussée dû à la surcharge d'exploitation	6	Poussée des terres dû à la surcharge	9,57	-	1,45	13,8765

A l'ELS, nous avons les combinaisons suivantes :

- Combinaison 1 : (1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)
- Combinaison 2 : (1) + (2) + (4) + (5) + (6)
- Combinaison 3 : (1) + (2) + (4)

Tableau XXXIII : Calcul des combinaisons des sollicitations

Combinaison	Operations	Résultats
Sous combinaison 1		
M/A(KN.m/ml)	-32,175-81,2-8,19+26,8279-14+13,8765	-94,8606
RV(KN/ml)	37,875+58+5,2+10	111,075
RH(KN/ml)	27,753+9,57	37,323
Sous combinaison 2		
M/A(KN.m/ml)	-32,175-81,2+26,8279-14+13,8765	-86,6706
RV(KN/ml)	37,875+58+10	105,875
RH(KN/ml)	27,753+9,57	37,323
	Sous combinaison 3	
M/A(KN.m/ml)	-32,175-81,2+26,8279	-86,5471
RV(KN/ml)	37,875+58	95,875
RH(KN/ml)	27,753	27,753

c. Vérification de la stabilité du Mur

Tableau XXXIV : Vérification au glissement du Mur

Sollicitations	Formules	Combinaison1	Combinaison2	Combinaison3
$M_{/A}$(KN.m/ml)	-	94,8606	86,6706	86,5471
R_V (KN/ml)	-	111,075	105,875	95,875
RH(KN/ml)	-	37,323	37,323	27,753
Coefficient de sécurité au Glissement F	$\frac{c' \times b + R_V \times tan\theta}{B} \geq R_H$	42,753	40,751	36,902
Vérifiée si $R_H \geq R_H$		Condition vérifiée	Condition vérifiée	Condition vérifiée

d. Armature du voile

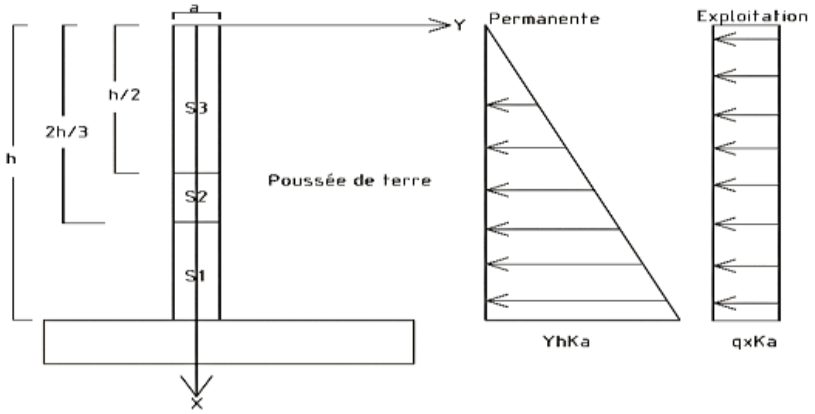


Figure XXXV : Action des sollicitations sur le voile

Mur en Aile	Unité	Formules	S1	S2	S3
Bras de levier	m	h1_h2_h3	2,9	1,93	1,45
Moment max à l'ELU	KN.m/ml	$-1{,}35 \times \delta K_a \times \frac{x^3}{6}$ -1,5× $qK_a \times \frac{x^3}{2}$	-57,03	-19,98	-9,73
Moment max à l'ELS	KN.m/ml	$-\delta K_a \times \frac{x^3}{6}$ - $qK_a \times \frac{x^2}{2}$	-40,70	-14,12	-6,82
Effort tranchant à l'ELU	KN/ml	$-1{,}35 \times \delta K_a \times \frac{x^3}{2}$ -1,5× $qK_a x$	51,822	26,222	16,544
Effort tranchant à l'ELS	KN/ml	$\delta K_a \times \frac{x^2}{2}$ - $qK_a x$	37,323	18,715	11,72
Effort normal à l'ELU	KN/ml	1,35× $\gamma b \times a.x$	29,3625	19,575	14,68125
Effort normal à l'ELS	KN/ml	$\gamma b \times a.x$	21,75	14,5	10,875
Hauteur utile d	m	$0{,}9 \times d$	0,225	0,225	0,225
Calcul de l'Axe Y_{rb}	m	$\frac{d \times \bar{\sigma}_{bc}}{\bar{\sigma}_{bc} + \frac{\bar{\sigma}_{bc}}{15}}$	0,117	0,117	0,117
Moment Mrb	KN.m/ml	$\frac{Y_{rb} \times \bar{\sigma}_{bc} \times b_0}{2} \times (d - \frac{Y_{rb}}{3})$	195,63	195,63	195,629
Vérification des aciers comprimés	-	Mser<Mserb	$A_{sc} = 0$	$A_{sc} = 0$	$A_{sc} = 0$

Calcul d'acier tendu	Ast(Cm²)	$\frac{M_{ser}}{(d-\frac{Y_{rb}}{3})\times\bar{\sigma}_s}$	8,751	4,296	2,092
Calcul de d'acier min	Amin (Cm²)	$0{,}23\times\frac{b\times d\times f_{tj}}{f_e}$	3,105	3,105	3,105
Vérification	-	$A_{min}<A_{st}$	Condition vérifiée	Condition vérifiée	Condition Non vérifiée
Acier retenue	Cm²	As	**8,751**	**4,296**	**3,105**
Choix des armatures					
Armature de répartition	Ar (Cm²)	$8\%E_{tb}$	2,00	2,00	2,00
Choix d'acier	-	-	**8HA12**	**6HA10**	**6HA10**

e. Armature semelle

Tableau XXXVI : Calcul des armatures de la semelle du mur en aile

Semelle	**Unité**	**Formules**	**Sollicitations**	
Moment de Calcul M/G	KN.m/ml	$M/_O+R_v\times\left(\frac{b_S}{2}\right)$	-21,514	
Composante Rv	KN/ml	-	111,075	
Position de l'axe eG	m	$\frac{M/_G}{R_G}$	-0,194	
Calcul de contrainte σmax du sol	KN/m²	$\frac{N}{S}\times(1-\frac{6\times\lvert e_G\rvert}{b})$	94,218	
Calcul de contrainte σmin du sol	KN/m²	$\frac{N}{S}\times(1-\frac{6\times\lvert e_G\rvert}{b})$	22,703	
Calcul de contrainte σmoy (3/4) du sol	KN/m²	$\frac{3\times\sigma_{max}+\sigma_{min}}{4}$	76,339	
Calcul d'armatures			**S4**	**S5**
Charge à ELS Pser	KN/ml	$g+q$	75,5	15,5

Contrainte σs4	KN/ml	$\frac{\sigma_{max} \times f + \sigma_{min} \times (b - f)}{b_s}$	97,982	-
Contrainte σs5	KN/ml	$\frac{P + \sigma_{max}}{b_s} \times (b_s - b_1)$	-	77,49
Moment de calcul $M_4/0$	KN.m/ml	$-p \times \frac{f^2}{2} + \sigma_{min} \times \frac{f^2}{2} + (\sigma_{s4} - \sigma_{min}) \times \frac{f^2}{2}$	44,96	-
Moment de calcul $M_5/0$	KN.m/ml	$-p \times \frac{g^2}{2} + \sigma_{s5} \times \frac{g^2}{2} + (\sigma_{max} - \sigma_{s5}) \times \frac{f^2}{2}$	-	19,90
Moment réduit μ	-	$\frac{M_{4-5/0}}{b \times d^2 \times fbu}$	0,0522	0,0231
Vérification	-	μ< 0,186	Pivot A	Pivot A
Calcul de α	-	$1{,}25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu})$	0,0671	0,0293
Bras de levier Z	m	$d \times (1 - 0{,}4 \times \alpha)$	0,2190	0,2224
Section d'acier	A_{st} (Cm²)	$\frac{M_{4-5/0}}{b \times d^2 \times f_{bu}}$	5,9040	2,5734
Condition de non fragilité	A_{min} (Cm²)	$0{,}23 \times \frac{b \times d \times f_{tj}}{f_e}$	3,105	3,105
Vérification	-	$A_{min} < A_{st}$	Condition vérifiée	Condition non vérifiée
Choix d'armatures				
Section retenue	Cm²	A_{st}	5,9040	3,105
Choix d'armature	-	HA	**6HA12**	**5HA10**
Espacement des aciers As	Cm	$(\frac{100 - (1 - n) + (2 \times e)}{n - 1}$	17	20
Acier de répartition	-		**5HA10**	**5HA10**
Espacement des aciers Ar	Cm	$\max(\frac{A_{st}}{3}; 10mm)$	20	20

Tableau XXXVII : Récapitulatif des sections d'aciers du dalot

Eléments de l'ouvrage		Dimension		Sections d'acier			Esp (cm)	Acier de répartition
		B (Cm)	H (Cm)	Ath (Cm²)	Choix d'acier	As (Cm²)		
Tablier	Travée	100	25	8,98 2x 4,49	1er lit : 6HA10 2e lit : 6HA10	9,42	15	5HA10, e=20
	Appui	100	25	17,98 2x 8,99	1er lit : 8HA12 2e lit : 8HA12	18,1	12	5HA10, e=20
Radier	Travée	100	25	11,03 2x 5,51	1er lit : 6HA12 2e lit : 6HA12	13,58	15	5HA10, e=20
	Appui	100	25	22,08 2x 11,04	1er lit : 8HA14 2e lit : 8HA14	24,62	12	5HA10, e=20
Piédroit de rive		100	25	10,74 2x 5,37	2x 5HA12	11,3	20	5HA10, e=20
Piédroit Intermédiaire		100	25	10,4 2x 5,2	2x 7HA10	11	14	5HA10, e=20
Mur en Aile		100	25	2x 5,94	Int: 8HA12	9,05	12	5HA10, e=20
					Ext: 8HA10	6,28	12	5HA10, e=20
Semelle	Talon	100	25	5,90	6HA12	6,79	17	5HA10, e=20
	Patin	100	25	3,105	5HA10	3,93	20	5HA10, e=20

II. Dimensionnement de caniveau

a. Références normatives et critères de calcul

Le ferraillage des différents éléments de l'ouvrage se fera suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé de la méthode des états limites dites règles B.A.E.L 91 modifié en 99. Les sollicitations sont évaluées grâce à la méthode des tranches tandis que les charges d'exploitations sont déterminées conformément aux dispositions du Fascicule 61 titre II du cahier des prescriptions communes (CPC).

b. Caractéristiques des matériaux

Le béton retenu présente les caractéristiques suivantes :

- Dosage 350 Kg/m^3
- Béton B25 de poids volumique ρ= 2,5 t/m^3
- Resistance à la compression à 28jours fc_{28}= 25 MPa
- Resistance à la traction à 28jours ft_{28} = 0,6 + 0,06 fc_{28} = 2,1MPa
- Contrainte limite du béton en compression à l'ELS $\overline{\sigma bc}$ = 0,6 x fc_{28} = 0,6 x 25=15MPa
- La fissuration est jugée préjudiciable (ouvrage enterré) avec un enrobage e = 3 cm.

Les armatures utilisées sont des aciers à haute adhérence de nuance HA Fe E400, caractérisées par une limite d'élasticité f_e= 400 MPa. La contrainte de calcul de l'acier σ_{st} = 348 MPa avec γ_s = 1,152. La contrainte limite de l'acier $\bar{\sigma}_{st}$= min [$_3 f_e$; max (0,5f_e ; 110$\sqrt{nf_{t28}}$], $\bar{\sigma}_{st}$ = 216 MPa avec η= 1,6 car acier haute adhérence.

Le remblai est constitué d'un matériau graveleux latéritique naturel. Les caractéristiques retenues sont :

- Poids spécifique du remblai γ=20 kN/m^3
- Coefficient de poussé des terres K= 0,33
- Angle de frottement φ = 30°C

c. Application des charges

- Les charges permanentes considérées comprennent le poids propre de l'ouvrage ainsi que les poussées de terre exercées sur les voiles.
- La surcharge routière sur la dallette est prise d'après le fascicule 61 titre II. Il est plus approprié de considérer une surcharge routière d'une roue isolée de 10 tonnes.

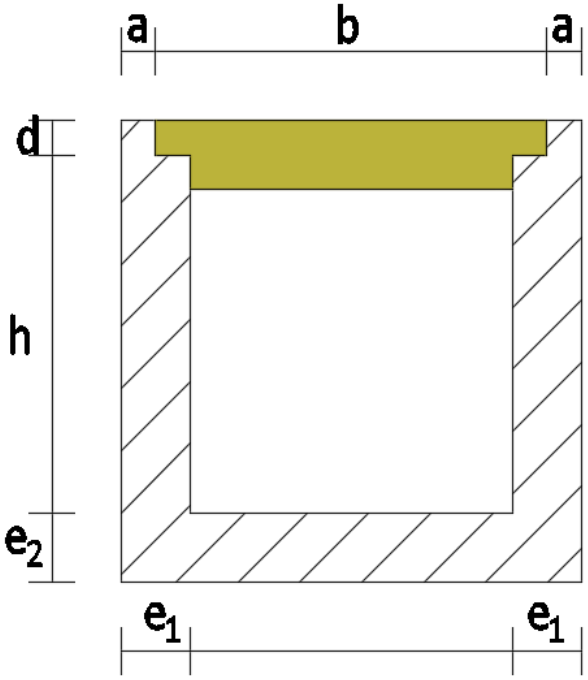


Figure 23 : schéma de principe du collecteur

d. Prédimensionnement

En général, les calculs sont effectués pour une bande linéaire de 1m.

$$e = \frac{L}{32} + 0.125$$

- Epaisseur de lèvre de la feuillure : a= e/2
- Rendent de la feuillure : $d = e - a$
- Portée de la dallette : L_d= b + 2h
- Epaisseur de la dallette e_d
- Largeur de la dallette : l_d= B+2a
- Epaisseur du piédroit : e_1
- Epaisseur du radier : e_2

e. Calcul des charges et du ferraillage de la structure

- Schéma illustrant les charges appliquées sur la dallette

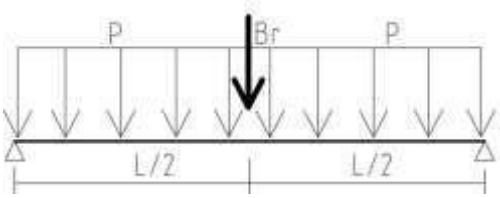


Figure 24 : schéma mécanique

- Schémas illustrant les charges appliquées aux piédroits

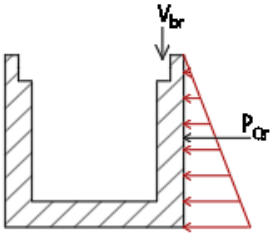


Figure 25 : schéma de répartition des charges sur piédroits

Tableau XXXVIII : Paramètres de calcul et prédimensionnement du caniveau

GEOMETRIE		Caniveau 120x120	Unité
Ouverture du caniveau	B	1,2	m
Hauteur libre	H	1,2	m
Epaisseur de voile	C	0,2	m
Epaisseur de radier	F	0,2	m
Epaisseur de la lèvre de feuillure	A	0,1	m
Largeur de la dallette	I	0,5	m
Epaisseur de la dallette	E	0,2	m
Longueur de la dallette	D	1,4	m
Portée de la dallette	L	1,38	m
Resistance à la compression à 28jrs	fc28	25	Mpa
Dimension max des granulats	Dmax	25	mm
Poids volumique du Béton	ɣb	25	KN
Resistance des armature	fe	400	Mpa
Enrobage des armatures	e	3	Cm
Poids volumique du sol	ɣs	20	KN/m3
Angle de frottement	ϕ	35	°
Charge Roue isolé 10T	Br	100	KN
Poids volumique de l'Eau	ɣe	10	KN/m^3

Tableau XXXIX : Dimensionnement de la dallette et du piédroit

CALCUL DES SOLLICITATIONS DE LA DALLETTE			
SOLLICITATIONS		**Caniveau 120x120**	**Unité**
Moment fléchissant max à ELU	Mu	52,553	KN.m
Effort tranchant max à ELU	Vu	77,329	KN
Moment fléchissant max à ELS	Mser	35,095	KN.m
Effort tranchant max à ELS	Vser	51,725	KN
CALCUL BETON ARME EN FLEXION SIMPLE			
Épaisseur d'une dallette	E	0,2	m
Largeur	b	0,5	m
Hauteur utile	d	0,18	m
Moment de calcul ultime	Mu	0,053	MN.m
Effort tranchant ultime	Vu	0,077	MN
Moment réduit de béton	μbu	0,114	-
Avons-nous μbu≤0,186?		Oui	-
Rapport Mu/Mser	Y	1,497	-
Moment réduit de l'acier	μc	0,391	-
Avons-nous μbu≤μc?		Oui	-
Armature de compression nécessaire?	-	Pas besoin	-
Position de la fibre neutre	αu	0,152	-
Bras de levier du couple élastique	Zu	0,169	m
Section d'armature tendue	Ast	**8,394**	Cm²
Condition de non fragilité	Amin	1,087	Cm²
VERIFICATION A L'ELS			
Moment max à l'ELS	Mser	35,095	Mpa
Calcul de l'axe neutre	Yser	0,078	m
Moment quadratique	Iser	0,000370	m4
Contrainte réelle de compression du béton	σbc	7,422	Mpa
Contrainte limite de compression du béton	σbc	15	Mpa
Vérification du béton à l'ELS	-	Condition vérifiée	-

Contrainte réelle de l'acier	σs	144,63	Mpa
Contrainte limite de l'acier	σs	202	Mpa
Vérification	-	Condition vérifiée	-
VERIFICATION DES CONTRAINTES DE CISAILLEMENT			
Contrainte tangentielle	Tu	0,859	Mpa
Contrainte limite tangentielle	§	3,33	Mpa
Vérification	-	Condition vérifiée	-
Calcul des armatures Tendue par face	Asf	4,197	Cm²
Choix d'armatures tendues	HA	**2x 6HA10**	-
Section commerciale	As	9,420	Cm²

Espacement minimal longitudinal	Emin	3,750	Cm
Espacement longitudinal retenu	Esp	15	Cm
Choix d'armatures transversales	HA	**5HA8**	-
Section commerciale	Ar	2,510	Cm²
Espacement	Esp	20	Cm
CALCUL DU CANIVEAU			
PIEDROIT SANS DALLETTE			
DISTANCE ET CALCUL DES DISTANCES		**Caniveau 120x120**	**Unité**
Distance adoptée	a	0,65	m
Hauteur h= E+H	h	1,4	m
Cote Z1=a.tanϕ	Z1	0,455	m
Cote Z2=a.Cot(Π/4-ϕ/2)	Z2	1,249	m
Cote Zp=0,5*(Z1+Z2)	Zp	0,852	m
Bras de levier Lp=h-Zp	Lp	0,548	m
Bras de levier Lpt=h/3	Lpt	0,467	m
CALCUL DES SOLLICITATIONS (SANS DALLETTE)			
Coefficient de poussée	Ka	0,271	-
Résultante dû à la charge Br (ELU)	P	78,085	KN
Résultante du au poussée de terre (ELU)	Pt	2,901	KN
Moment max à ELU	Mu	44,145	KN.m
Effort tranchant max à l'ELU	Vu	80,986	KN

PIEDROIT AVEC DALLETTE			
Hauteur h= E+H	h	1,4	m
Bras de levier (A,Lpt=h/3	Lpt	0,467	m
CALCUL DES SOLLICITATIONS (AVEC DALETTE)			
Coefficient de poussée	Ka	0,271	-
Résultante du au poussée de terre (ELU)	Pt	13,05	KN
Moment d'encastrement max à ELU	Mu	6,091	KN.m
Effort tranchant max à l'ELU	Vu	13,05	KN
Effort normal max à l'ELU	Nu	85,13	KN
Effort normal max à l'ELS	Nser	57,50	KN
RECAPITULATIF DES SOLLICITATIONS MAXIMALES DES PIEDROITS			
Moment d'encastrement max à ELU	Mu	44,145	KN.m
Moment d'encastrement max à ELS	Mser	29,881	KN.m
Effort tranchant max à l'ELU	Vu	81,0	KN
Effort normal max à l'ELU	Nu	85,13	KN
Effort normal max à l'ELS	Nser	57,50	KN
CALCUL BETON ARME EN FLEXION			
Epaisseur du piédroit	C	0,2	m
Largeur	b	1	m
Hauteur utile	d	0,18	m
Moment de calcul ultime	Mu	0,044	MN.m
Effort normal ultime	Nu	0,085	MN
Excentricité	e	0,52	m
Effort de compression centré	Nbmax	3,97	-
Coefficient de remplissage Psi	ψ	0,021	-
ψ<0,81 excentricité critique relative	ξ	0,166	-
Excentricité critique	Ec	0,033	m
Etat de section	-	SPC	
Moment fictif	Muf	0,051	MN.m
Moment réduit	μbu	0,096	-
Vérification μ<0,186	-	Pivot A	-

Position relative de la fibre neutre	αu	0,127	-
Bras de levier du couple élastique	Zu	0,171	m
Section d'armature	As	**8,573**	Cm²
VERIFICATION A L'ELS			
Calcul de l'axe	Yser	0,056	m
Moment quadratique	Iser	0,000286	m4
Contrainte réelle de compression du béton	σbc	5,888	Mpa
Contrainte limite de compression du béton	σbc*	15	Mpa
Vérification du béton à l'ELS	-	Condition vérifiée	-
Contrainte réelle de l'acier	σs	193,64	Mpa
Contrainte limite de l'acier	σs*	202	Mpa
Vérification	-	Condition vérifiée	-
Armature tendue par face	Asf	4,286	Cm²
Choix des armatures tendues	HA	**2x 6HA10**	-
Section d'Acier commercial	-	9,42	Cm²
Espacement minimal	Emin	3,75	Cm
Espacement minimal	Er	17	Cm
Acier de Répartition	Ar	2,51	Cm²
Choix des armatures reparties	HA	**5HA8**	-
Espacement minimal	Emin	3,75	Cm
Espacement minimal	Er	20	Cm
Longueur de recouvrement	Lr	44	m

Tableau XXXX : Récapitulatif des sections d'aciers

Aciers principaux				Aciers de répartition	
Partie de l'ouvrage		Choix/nappe	Espacement	Choix/nappe	Espacement
Dalette	Supérieur	6HA10	17cm	5HA8	20cm
	Inférieur	6HA10	17cm	5HA8	20cm
Radier	Supérieur	6HA10	17cm	5HA8	20cm
	Inférieur	6HA10	17cm	5HA8	20cm
Piédroits	Extérieur	6HA10	17cm	5HA8	20cm
	Intérieur	6HA10	17cm	5HA8	20cm

III. Dimensionnement du dalot 3×275×200 assistés par le logiciel CYPE

Le logiciel CYPE (version 2025) est un logiciel de calcul et de conception destiné aux professionnels du génie civil et des travaux publics. Il s'agit d'un outil performant qui facilite les études techniques tout en améliorant la précision et la vitesse des calculs. Son rôle est d'assister l'ingénieur dans l'analyse et le dimensionnement des structures.

1. Normes et matériaux

- B.A.E.L 91 modifié en 99
- Le fascicule n°61 titre II
- Béton B25
- Acier des barres Fe400
- Enrobage extérieur 3cm
- Enrobage Intérieur 3cm

2. Géométrie de l'ouvrage

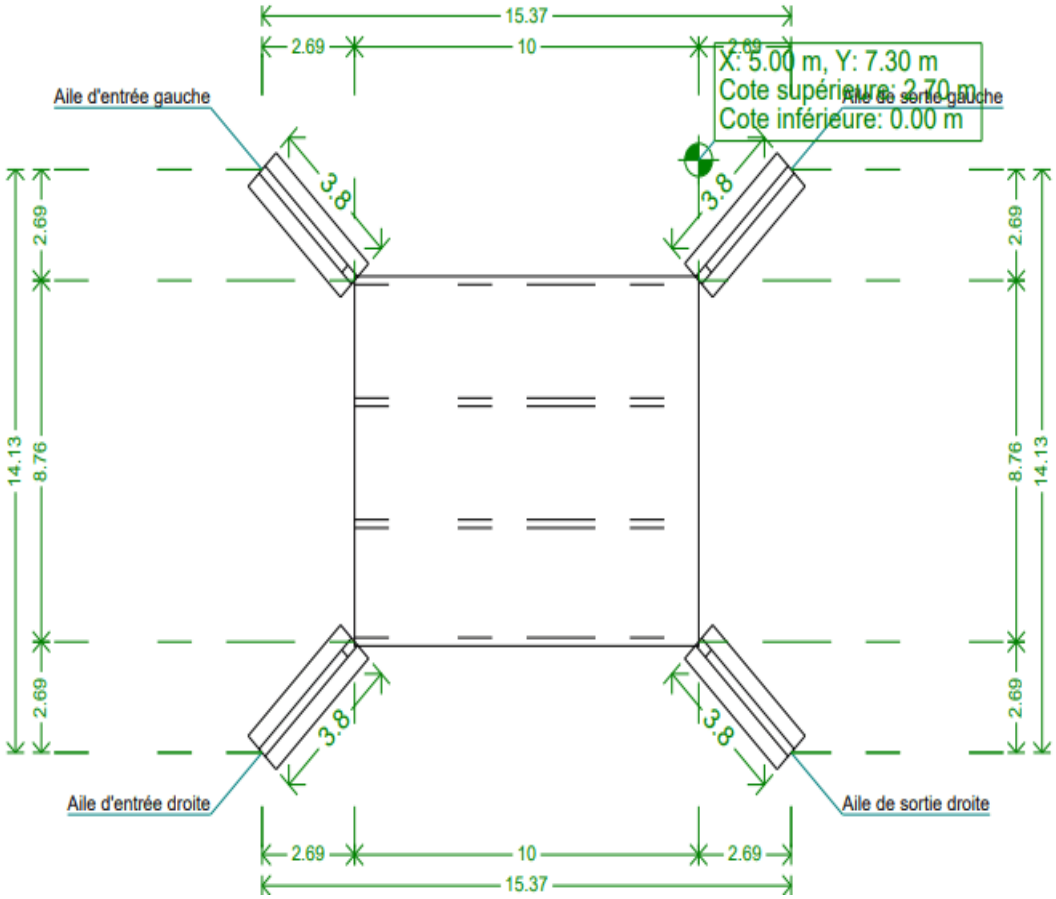


Figure 26 : Modélisation du dalot sur CYPE

Tableau XXXXI : Récapitulatif de la modélisation du dalot

Épaisseurs	• Piédroits : 20 cm
	• Tablier/radier : 30 cm
Cellule 1	• Mesure de la portée : Perpendiculairement à la paroi gauche • Portée à l'entrée : 275cm • Portée en sortie : 275cm
Mur intermédiaire 1	• Épaisseur : 20 cm
Cellule 2	• Mesure de la portée : Perpendiculairement à la paroi gauche • Portée à l'entrée : 275cm • Portée en sortie : 275cm
Mur intermédiaire 2	• Épaisseur : 20 cm

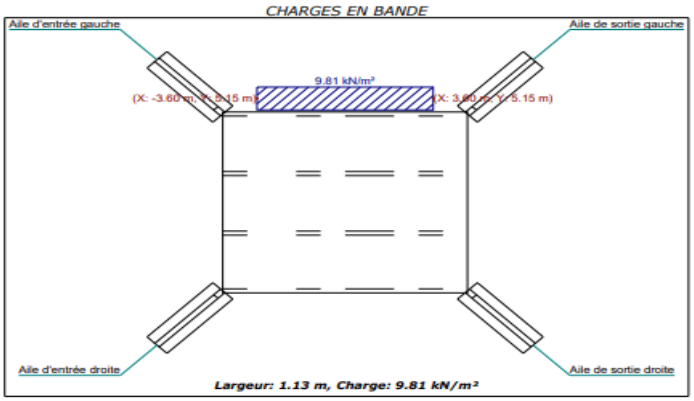
Les quatre (4) murs en ails ont les mêmes caractéristiques :

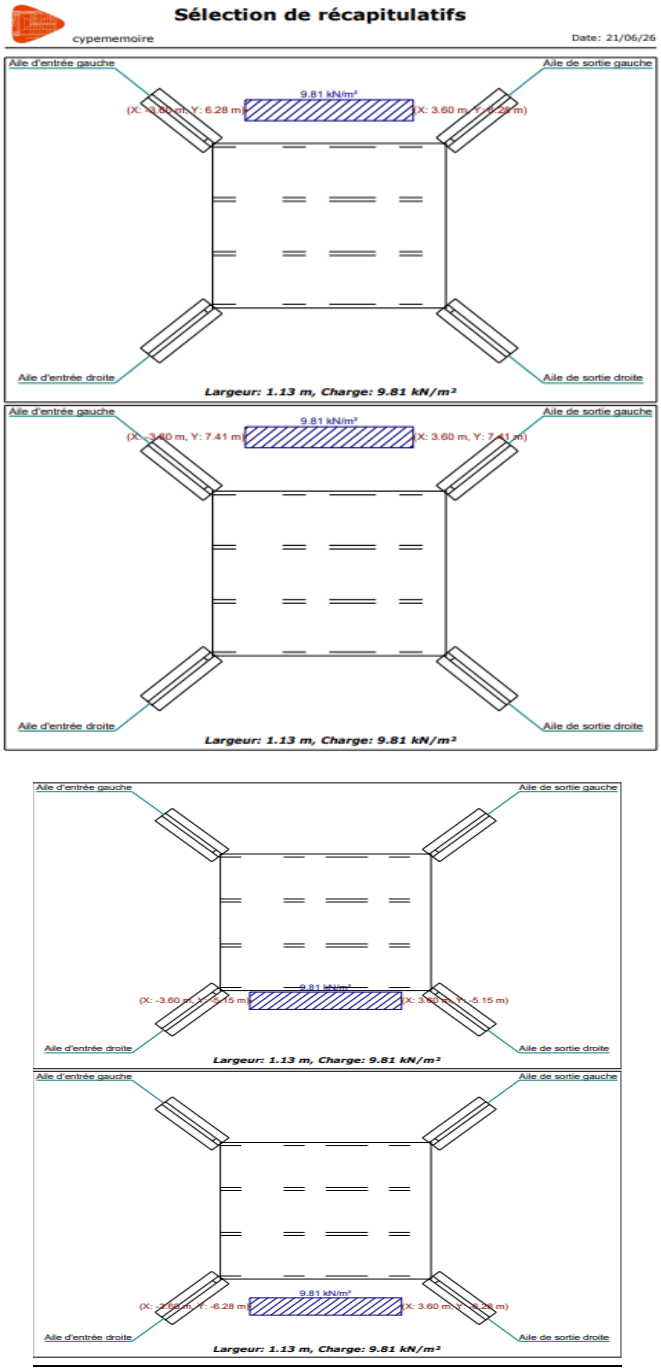
Longueur totale : 3.80 m
Longueur supérieure : 0.40 m
Épaisseur en extrémité : 0.30 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 7.00 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.50 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.45 m
- Avant : 0.45 m

3. **Terrains**

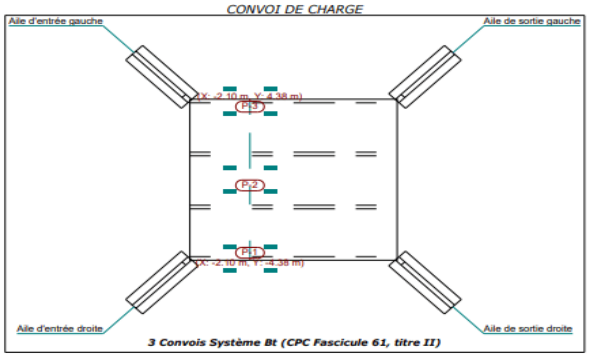
- Module de réaction : 100000.0 kN/m³
- Contrainte admissible sol d'assise : 200.00 kN/m²
- Poids volumique : 20.0 kN/m³
- Angle de frottement interne : 38 degrés
- Cohésion : 0.00 kN/m²
- Pourcentage de frottement terrain-mur : 0 %
- Angle de transmission des charges : 45 degrés

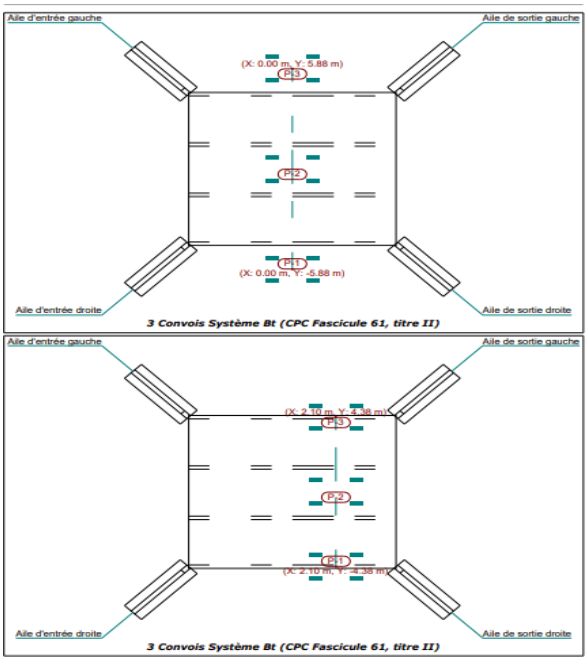
4. **Charges en bandes**





5. Convoi de charge





Description des armatures

Tableau XXXXII : Récapitulatif des sections d'aciers du dalot

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA10e=20, crosse=33cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA10e=20, crosse=38cm	
	Inférieur	Longitudinal	HA10e=20, crosse=33cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA10e=20, crosse=9cm	Renfort 1 : Ø10 - Cellules 2 à 2 - Longueur ini.= 0.81m - Longueur fin.= 0.81m
Radier	Inférieur	Longitudinal	HA12e=20, crosse=39cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA12e=20, crosse=30cm	
	Supérieur	Longitudinal	HA12e=20, crosse=39cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA12e=20, crosse=32cm	

Piédroit gauche	Arrière	Vertical	HA10e=20, crosse=17cm Attente = 0,34m Longueur crosse en pied=17cm	
		Horizontal	HA10e=20, crosse=47cm	
	Avant	Vertical	HA10e=20, crosse=8cm Attente=0.34 m Longueur crosse en pied=8cm	
		Horizontal	HA10e=20, crosse=47cm	
Piédroit droit	Arrière	Vertical	HA10e=20, crosse=17cm Attente=0.34 m- Longueur crosse en pied=17cm	
		Horizontal	HA10e=20, crosse=47cm	
	Avant	Vertical	HA10e=20, crosse=8cm - Attente=0.34 m - Longueur crosse en pied=8 cm	
		Horizontal	HA10e=20, crosse=47cm	
Mur intermédiaire 1	Gauche	Vertical	HA10e=20, crosse=8cm - Attente=0.34 m - Longueur crosse en pied=8 cm	
		Horizontal	HA10e=20, crosse=47cm	
	Droite	Vertical	HA10e=20, crosse=8cm - Attente=0.34 m - Longueur crosse en pied=8 cm	

		Horizontal	HA10e=20, crosse=47cm	
Mur intermédiaire 2	Gauche	Vertical	HA10e=20, crosse=8cm - Attente=0.34 m - Longueur crosse en pied=8 cm	
		Horizontal	HA10e=20, crosse=47cm	
	Droite	Vertical	HA10e=20, crosse=8cm - Attente=0.34 m - Longueur crosse en pied=8 cm	
		Horizontal	HA10e=20, crosse=47cm	

MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE

Armature horizontale : HA10e=20 Armature longitudinale inférieure : HA12e=15, crosse=24cm Armature longitudinale supérieure : HA12e=15, crosse=24cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA10e=20 – Recouvrement =0.35m – Crosse =20cm – Ancrage face supérieure =0.12m Armature verticale avant : HA10e=20 – Recouvrement =0.50m – Crosse = 33 cm – Ancrage face supérieure =0.12m	Transversal inférieur: HA12e=15 – Longueur crosse arrière=24cm – Longueur crosse avant=24cm Transversal supérieur : HA12e=15 – Longueur crosse arrière=24cm – Longueur crosse avant=24cm

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Armature horizontale: HA10e=20 Armature longitudinale inférieure : HA12e=15, crosse=24cm Armature longitudinale supérieure : HA12e=15, crosse=24cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA10e=20 – Recouvrement =0.35m – Crosse =20cm – Ancrage face supérieure =0.12m Armature verticale avant : HA10e=20 – Recouvrement =0.50m – Crosse = 20 cm – Ancrage face supérieure =0.12m	Transversal inférieur: HA12e=15 – Longueur crosse arrière=24cm – Longueur crosse avant=24cm Transversal supérieur : HA12e=15 – Longueur crosse arrière=24cm – Longueur crosse avant=24cm

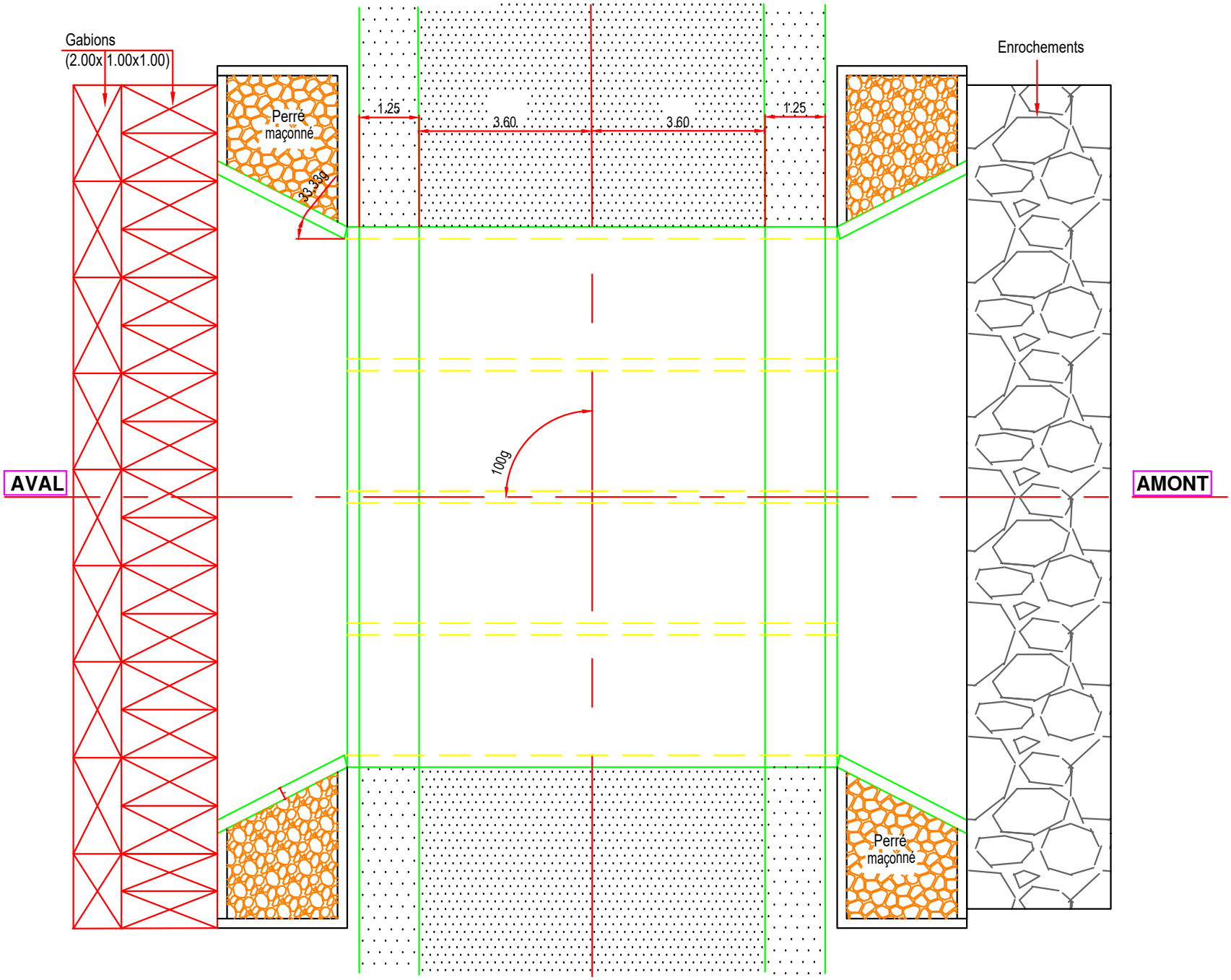
MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

Armature horizontale : HA10e=20 Armature longitudinale inférieure : HA12e=15, crosse=24cm Armature longitudinale supérieure : HA12e=15, crosse=24cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA10e=20 – Recouvrement =0.35m – Crosse =20cm – Ancrage face supérieure =0.12m Armature verticale avant : HA10e=20 – Recouvrement =0.50m – Crosse = 20 cm – Ancrage face supérieure =0.12m	Transversal inférieur: HA12e=15 – Longueur crosse arrière=24cm – Longueur crosse avant=24cm Transversal supérieur : HA12e=15 – Longueur crosse arrière=24cm – Longueur crosse avant=24cm

MUR EN AILE DE SORTIE DROITE

<table>
<tr><td colspan="2">Armature horizontale : HA10e=20
Armature longitudinale inférieure : HA12e=15, crosse=24cm
Armature longitudinale supérieure : HA12e=15, crosse=24cm</td></tr>
<tr><td>Armature verticale</td><td>Armature semelle</td></tr>
<tr><td>Armature verticale arrière: HA10e=20
– Recouvrement =0.35m
– Crosse =20cm
– Ancrage face supérieure =0.12m Armature verticale avant : HA10e=20
– Recouvrement =0.50m
– Crosse = 20 cm
– Ancrage face supérieure =0.12m</td><td>Transversal inférieur: HA12e=15
– Longueur crosse arrière=24cm
– Longueur crosse avant=24cm Transversal supérieur : HA12e=15
– Longueur crosse arrière=24cm
– Longueur crosse avant=24cm</td></tr>
</table>

PLANS DE COFFRAGES, FERRAILLAGES

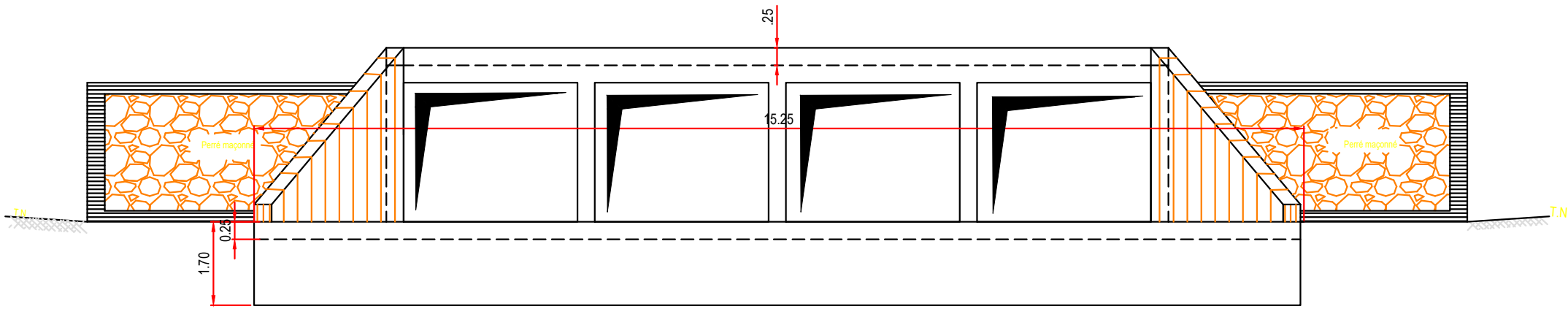


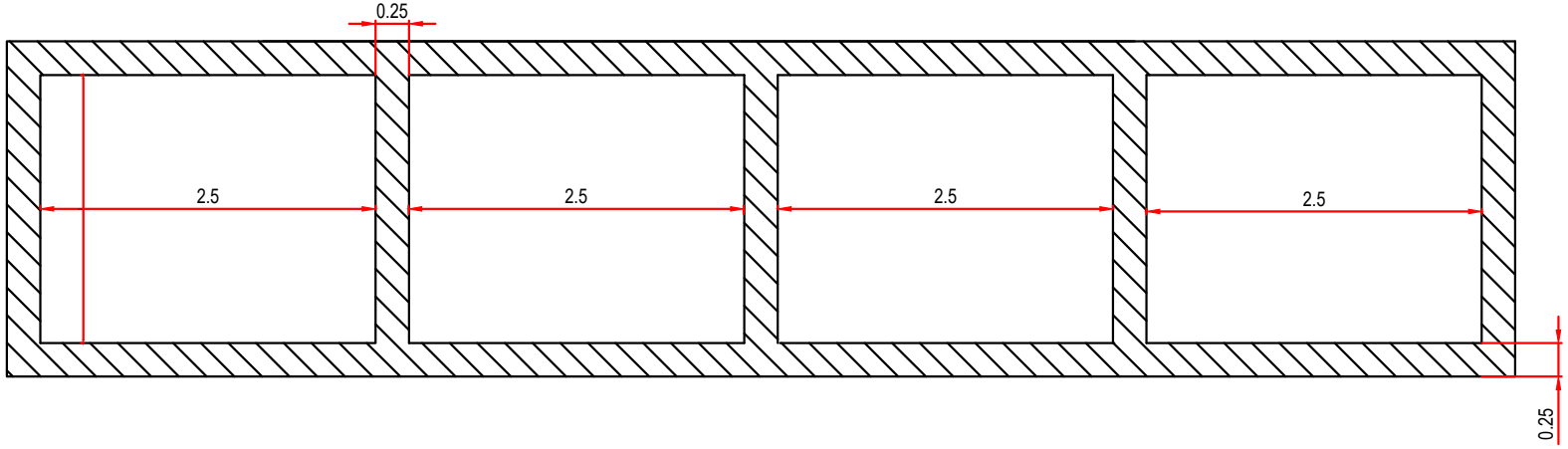
Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)	COGEB 06 BP9760 Ouagadougou Tel:0025365158	Étude technique détaillée des travaux d'Aménagement de Bitumage et d'Assainissement de la RR11 KOLINKA-FARA-POURA CARREFOUR AU BURKINA FASO: Tronçon du Pk0+00 au Pk10+00	DALOT 4X2.5X2
			VUE EN PLAN

Dessiné par	NITIEMA K. Andy Kevin	N°
Format	A4	
Date	18/06/2026	01
Echelle	1/1000	

ÉLÉVATION OUVRAGE DE TÊTE

Echelle : 1/50

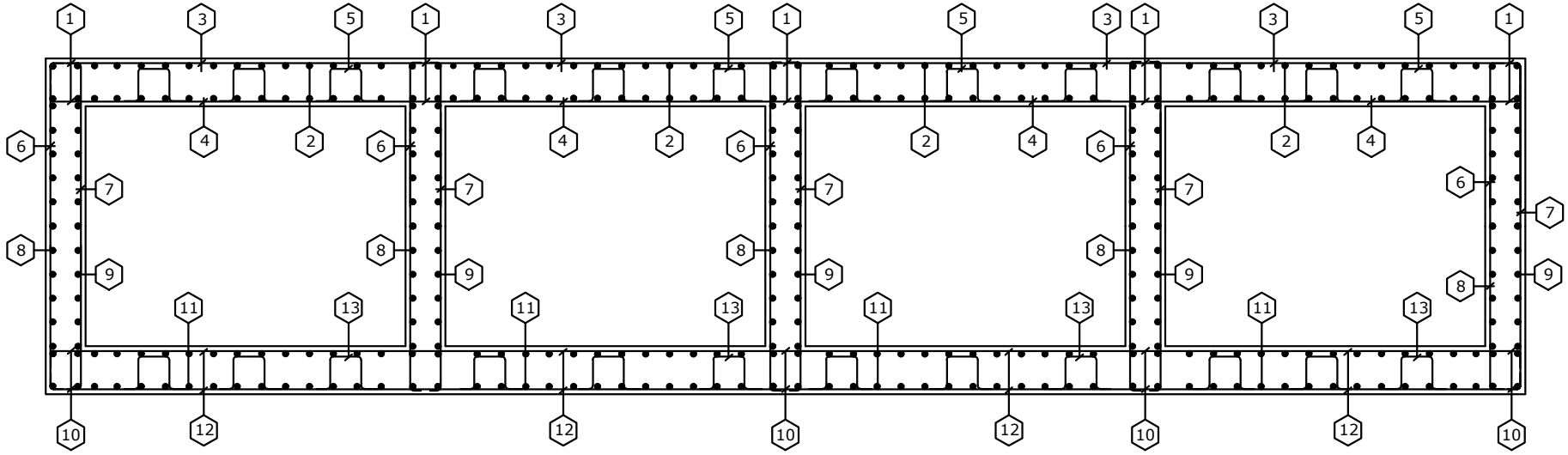


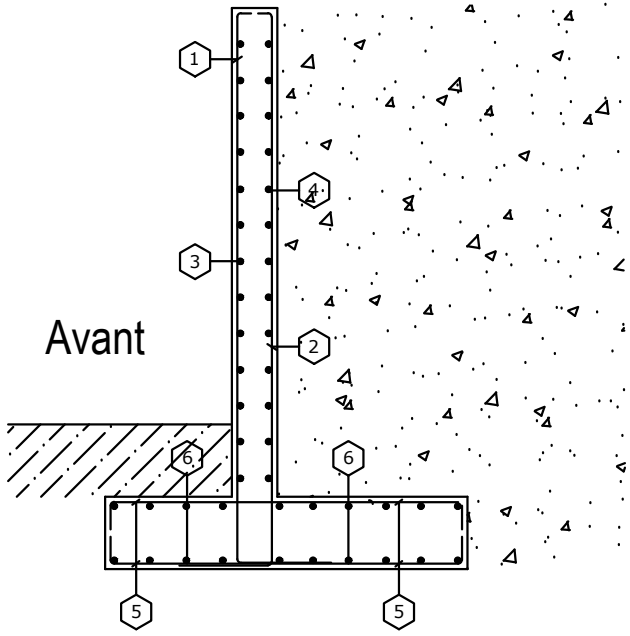


Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)	COGEB 06 BP9760 Ouagadougou Tel:0025365158	Étude technique détaillée des travaux d'Aménagement de Bitumage et d'Assainissement de la RR11 KOLINKA-FARA-POURA CARREFOUR AU BURKINA FASO: Tronçon du Pk0+00 au Pk10+00	DALOT 4X2.5X2
			VUE DE FACE COUPE TRANSVERSALE

Dessiné par	NITIEMA K. Andy Kevin	N°
Format	A4	
Date	18/06/2026	01
Echelle	1/1000	

FERRAILLAGE DU DALOT





DESCRIPTIF ET NOMENCLATURE

N°	Diamètre (mm)	Espacement (cm)
1	HA 10	12
2	HA 12	12
3	HA 10	20
4	HA 12	12
5	HA 12	20
6	HA 10	20

DESCRIPTIF ET NOMENCLATURE

N°	Diamètre (mm)	Espacement (cm)	Façonnage L= x (cm)
1	HA 12	15	375
2	HA 10	20	1044
3	HA 10	15	1000
4	HA 10	15	1000
5	HA 10	2/m²	20 22 30 22 20
6	HA 12	20	194
7	HA 12	20	194
8	HA 10	20	1044
9	HA 10	20	1044
10	HA 14	12	375
11	HA 10	20	1044
12	HA 12	15	1000
13	HA 10	2/m²	20 22 30 22 20

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

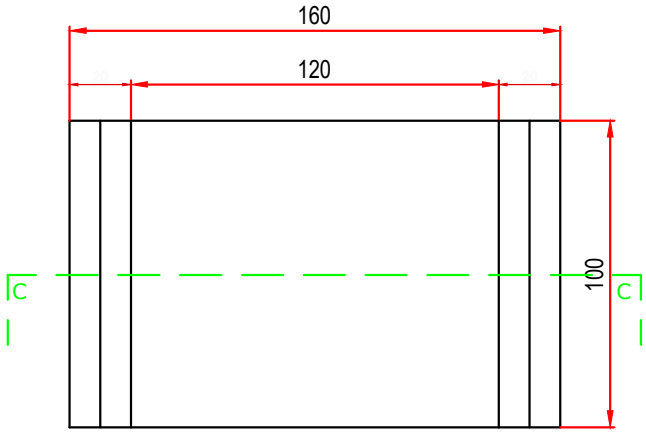
COGEB S.A. INTERNATIONAL

COGEB
06 BP9760
Ouagadougou
Tel:0025365158

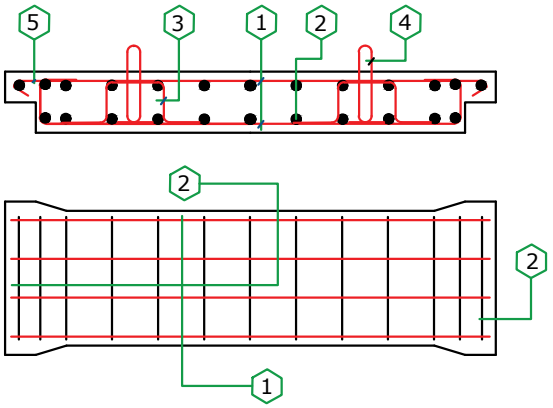
Étude technique détaillée des travaux d'Aménagement de Bitumage et d'Assainissement de la RR11 KOLINKA-FARA-POURA CARREFOUR AU BURKINA FASO: Tronçon du Pk0+00 au Pk10+00

DALOT 4X2.5X2	Dessiné par	NITIEMA K. Andy Kevin	N°
FERRAILLAGE DU DALOT	Format	A4	
	Date	18/06/2026	03
	Echelle	1/1000	

VUE EN PLAN DU CANIVEAU

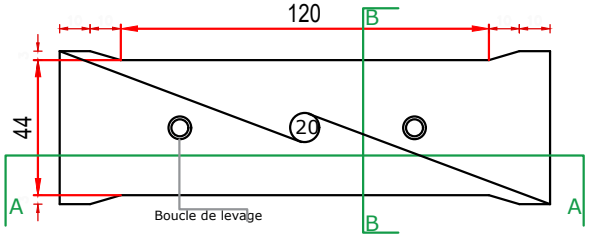


PLAN DE FERRAILLAGE DALLETTE

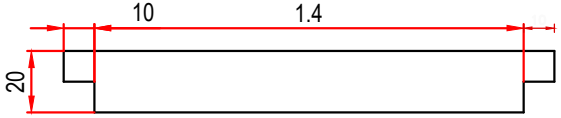


N°	Diamètre (mm)	Espacement (cm)	Façonnage L= x (cm)
1	HA 10	17	220
2	HA 8	20	100
3	HA 8	2/m²	30 / 20 / 12 / 12 / 20
4	HA 12	50	22 / 20 / 20
5	HA 10	17	12 / 134 / 12
6	HA 10	17	104 / 15 / 134 / 14
7	HA 8	20	100
8	HA 8	20	100
9	HA 10	17	15 / 134 / 15 / 15 / 134 / 15
10	HA 12	50	22 / 20 / 20
11	HA 8	1/m²	30 / 20 / 12 / 12 / 20
12	HA 8	20	100

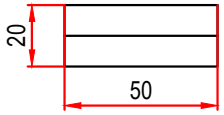
VUE EN PLAN DE LA DALLETTE



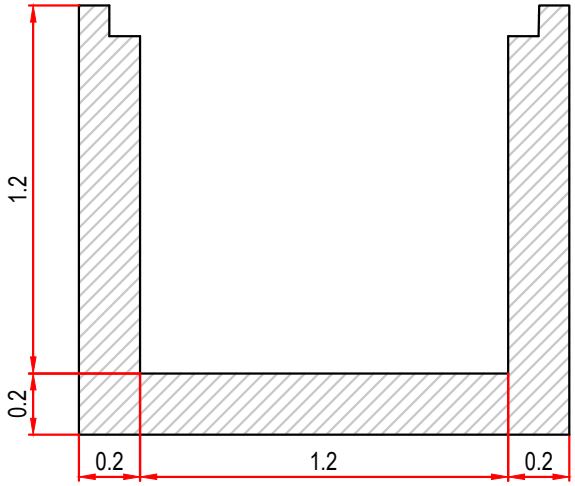
COUPE LONGITUDINALE A-A



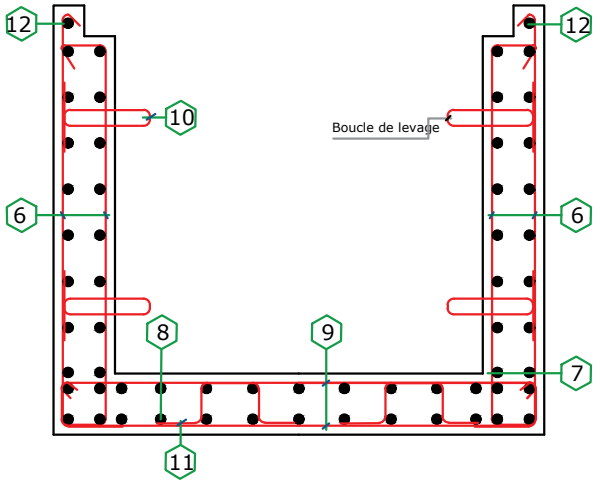
COUPE TRANSVERSALE B-B



COUPE TRANSVERSALE C-C



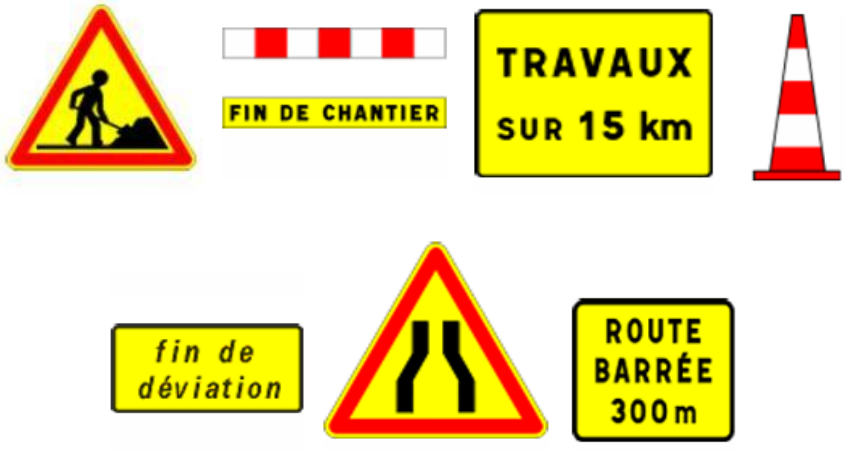
PLAN DE FERRAILLAGE CANIVEAU



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)	COGEB 06 BP9760 Ouagadougou Tel:0025365158	Étude technique détaillée des travaux d'Aménagement de Bitumage et d'Assainissement de la RR11 KOLINKA-FARA-POURA CARREFOUR AU BURKINA FASO: Tronçon du Pk0+00 au Pk10+00	Caniveau 120*120 / FERRAILLAGE ET COFFRAGE
Dessiné par	NITIEMA K. Andy Kevin	N°	
Format	A4		
Date	18/06/2026	02	
Echelle	1/1000		

ANNEXE VI: SIGNALISATION, SECURITE, ET AMENAGEMENT ROUTIER

1. Signalisation temporaire



Signalisation temporaire : Attention travaux / Signal de fin de chantier / Indication de chantier important/ Cone de signalisation / Fin de déviation / Rétrécissement de la chaussée / Route barrée à 300m

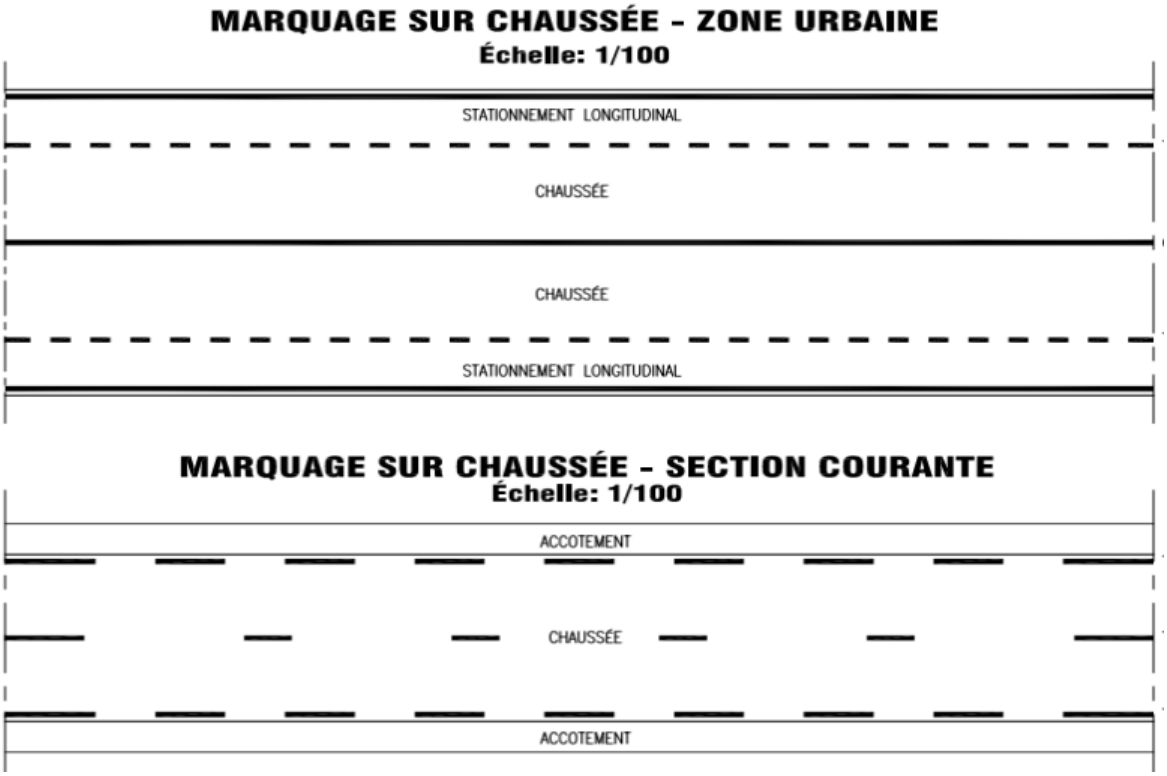
2. Signalisation permanente
    a. Signalisation verticale permanente

Tableau XXXXIII : Signalisation verticale permanente

Panneaux	Dénomination	Position	Rôle	Nombre
	Ralentisseur de type dos-d'âne	Au niveau des lieux publics	Avertir les usagers sur la présence d'un ralentisseur	4
	Rétrécissement de la chaussée	En sortie d'agglomération	Avertir les usagers que la largeur de la chaussée diminue	2
	Passage d'animaux domestiques	En zone rural, à la traversée de pistes d'élevages	Signaler un risque de traverser d'animaux	2
	Arrêt obligatoire avant le panneau	A chaque intersection	Indiquent une obligation de s'arrêter avant de s'engager	2
	Passage pour piétons	Au droit des passages piétons	Signale un passage de piétons	1
	Endroit fréquenté par les enfants	Près des écoles et des lieux d'éducation	Avertir les usagers d'une probable présence d'enfant	2

	Limitation de vitesse à 30 Km/h	A l'entrée des agglomérations	Interdire de dépasser la vitesse de 30 Km/h	2
	Fin de la limitation de vitesse à 30 Km/h	A la sortie des agglomérations	Fin de la restriction de vitesse de 30 Km/h	2

2.2 Signalisation Horizontale permanente



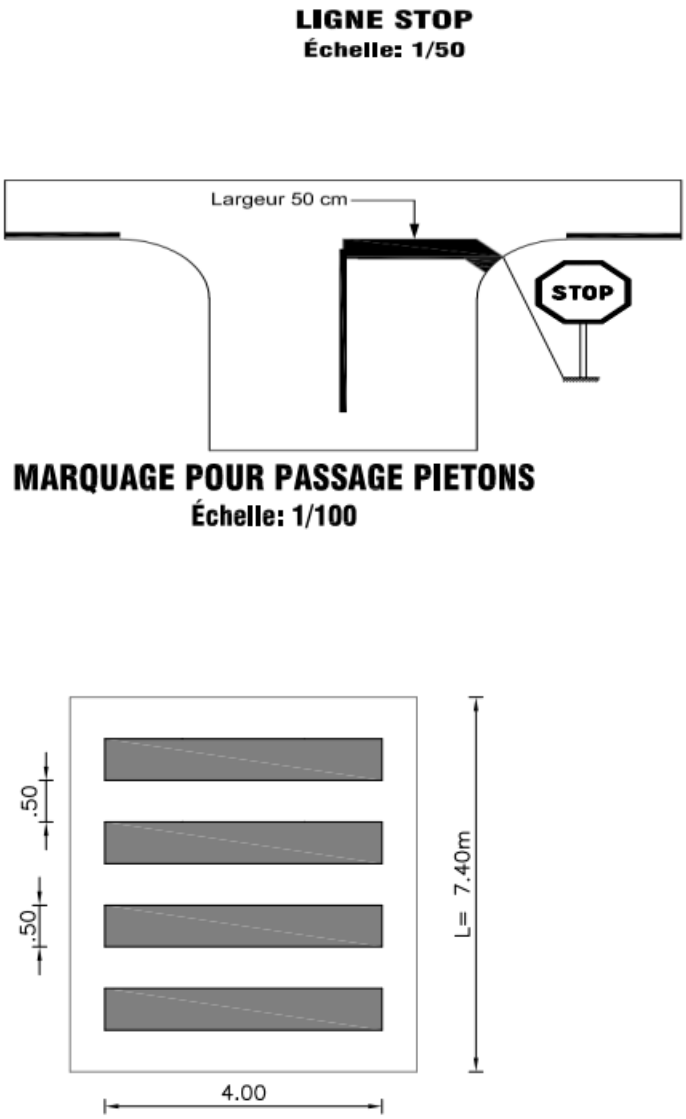


Figure 26 : signalisation horizontale permanente

ANNEXE VII: MESURES ENVIRONNEMENTALES ET DEVIS ESTIMATIF DU PROJET

I. Mesures environnementales et sociales

Les mesures environnementales et sociales proposées sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau XXXXIV : Les Mesures environnementales et sociales proposées

Milieu concerné	Impacts/Risques	Nature	Solutions proposées
Faune et microfaune	-Perturbation de la faune -Destruction des niches -Collision avec les engins	Négative	-Limiter le déboisement à l'emprise du projet - Sensibiliser les conducteurs d'engins au respect de la faune et à une réduction des vitesses dans les zones sensibles.
Qualité de l'air et ambiance sonore	-Emissions de poussière - Nuisance sonore	Négative	-Arroser régulièrement les pistes lors du terrassement – Limiter les travaux bruyants à certaines heures - Fournir des équipements de protections individuelles (EPI) aux ouvriers
Sol et végétation	Pollution des sols - Abattage d'arbres	Négative	-Interdire les déversements anarchiques - Collecter les déchets, huiles et eaux usées - Lancer une campagne de reboisement (3 arbres plantés pour 1 arbre abattu) - Sensibiliser les travailleurs au respect de l'environnement
Hygiène et Santé	Propagation des IST/VIH-SIDA et des grossesses non désirées	Négative	-Organiser des campagnes de sensibilisation sur les IST/VIH-SIDA -Distribuer des préservatifs
Sécurité	Accidents de circulation - Accidents de chantier pendant les travaux	Négative	-Installer une signalisation temporaire -Fournir des EPI aux ouvriers
Circulation	Blocage de la circulation- Difficulté d'accès	Négative	-Mettre en place des voies de déviations provisoires

	aux services de santé, aux écoles		
Bâtiments	Destruction des constructions sur l'emprise du projet	Négative	Indemniser et/ou réinstaller les propriétaires

Des mesures de renforcements des impacts positifs du projet ont également été prévus.

Tableau XXXXV : Les mesures de renforcements des impacts positifs du projet

Milieu concerné	Mesures de renforcements	Nature	Impacts positifs
Eau	Octroi de forages réalisés par l'entreprise aux populations locales après les travaux.	Positive	Disponibilité de l'eau potable sans frais
Sécurité-Education	L'entreprise devra prévoir la construction de murs de clôtures pour les écoles avoisinants le projet	Positive	Offrir un meilleur cadre pour l'apprentissage des élèves
Paysage - Environnement	Plantations d'arbres le long de la route	Positive	Embellissement, amélioration du couvert végétal
Cadre de vie - Sécurité	Installation d'éclairage public le long de la route	Positive	Renforcement de la sécurité des usagers et des riverains, développement de certaines activités économiques la nuit.
Sociale	Acquisition de moulins et construction d'une maison de la femme	Positive	Epanouissement des femmes

I. Devis estimatif

1. Métré des ouvrages en béton armé

Tableau XXXXVI : Métré de différents types de caniveaux

OUVRAGES EN BETON ARME					
Caniveaux	Matériaux²	Volume dallette	Volume radier	Volume voiles	Volume total
Type 01		e=20cm	e=20cm	e=20cm	V1/ml
120 x 120	Beton (m3)	0,28	0,32	0,56	1,16
	Acier(kg/m3)	19,6	22,4	39,2	81,2
Type 02		e=15cm	e=15cm	e=15cm	V3/ml
100 x 80	Beton (m3)	0,1725	0,195	0,285	0,6525
	Acier(kg/m3)	12,075	13,65	19,95	45,675
Type 03		e=15cm	e=15cm	e=15cm	V5/ml
80 x 80	Beton (m3)	0,1425	0,165	0,285	0,5925
	Acier(kg/m3)	9,975	11,55	19,95	41,475

Tableau XXXXVII : Métré de différents types de dalots

OUVRAGES EN BETON ARME							
Dalots	Matériaux	Volume tablier	Volume radier	Volume piédroits	Volume mur en aile	Volume semelle	Volume total
Type 01		e=25cm	e=25cm	e=25cm	e=25cm	e=25cm	V1
3 x 275 x 200	Beton (m3)	23,5875	28,6875	20,4	39	11,34	123,015
	Acier(kg/m3)	1887	2295	1632	3120	907,2	9841,2
Type 02		e=25cm	e=25cm	e=25cm	e=25cm	e=25cm	V1
4 x 250 x 200	Beton (m3)	28,6875	34,3125	25,5	36,27	11,34	136,11
	Acier(kg/m3)	2295	2745	2040	2901,6	907,2	10888,8
Type 03		e=25cm	e=25cm	e=25cm	e=25cm	e=25cm	V3
1 x 200 x150	Beton (m3)	6,375	6,875	7,65	11,9	5,5125	38,3125
	Acier(kg/m3)	510	550	612	952	441	3065
Type 04		e=25cm	e=25cm	e=25cm	e=25cm	e=25cm	V5
2 x 200 x 175	Beton (m3)	11,53125	13,21875	17,2125	24	9,6	75,5625
	Acier(kg/m3)	922,5	1057,5	1377	1920	768	6045
Type 05		e=25cm	e=25cm	e=25cm	e=25cm	e=25cm	V6
1 x 200 x 175	Beton (m3)	6,375	6,875	8,925	13,6	5,5125	41,2875
	Acier(kg/m3)	510	550	714	1088	441	3303
Type 06		e=25cm	e=25cm	e=25cm	e=25cm	e=25cm	V6
2 x 200 x 150	Beton (m3)	11,53125	13,21875	17,2125	30	9,6	81,5625
	Acier(kg/m3)	922,5	1057,5	1377	2400	768	6525

Tableau XXXXVIII : Métré des matériaux divers

MATERIAUX	Unité	Volume total
VOLUME DE TERRASSEMENT		
Déblai	m3	130349,9
Remblai	m3	157061,3
Total volume terrassement		287411,2
VOLUME DE CHAUSSEE		
GLN Base	m3	23187,2
GLN Fondation	m3	22452,2
Total volume de chaussée		67 526,00
VOLUME DE REVETEMENT		
Tricouche	m3	513,6
Monocouche	m3	2281,4
Total volume de revêtement		2795

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DU PROJET

N°	**Désignation des ouvrages**	**Unité**	**Quantité**	**Prix Unitaire**	**Prix Total**
100	**Installation et repli du chantier**				
101	Installation du chantier	Ens	1,00	20 000 000	20 000 000
102	Amené et repli du matériel	Ens	1,00	12 000 000	12 000 000
103	Laboratoire du chantier	Ens	1,00	4 850 000	4 850 000
	Sous total 100				**36 850 000**
200	**Travaux préparatoires**				
201	Abattage des arbres de circonférence supérieure à 1m	U	40	35500	1 420 000
202	Débroussaillage et nettoyage de l'emprise	Km	10	48900	489 000
203	Création et aménagement des déviations et pistes de services	Km	10	2 300 000	20 300 000
204	Décapage de la terre végétale (10cm)	m²	72600	300	21 780 000
205	Démolition des bâtis se trouvant dans l'emprise de la route	Fft	1,00	25 000 000	25 000 000
	Sous total 200				**68 989 000**
300	**Terrassement**				
301	Déblais mis en dépôt définitif	m3	36 522,00	6 000	219 132 000
302	Déblais mis en dépôt provisoire	m3	35 100,65	5 000	175 503 250

303	Mise en forme réglage et compactage de la plateforme	m²	157062	300	47 118 600
304	Remblais provenant de déblais pour travaux de terrassement	m3	130350	1 200	156 420 000
	Sous total 300	**598 173 850**			
400	**Chaussée et revêtement**				
401	Mise en œuvre de l'enduit superficiel tricouche	m²	80 000	1740	139 200 000
	Mise en œuvre de l'enduit superficiel monocouche	m²	35 000	1050	36 750 000
402	Fourniture et mise en œuvre de graveleux latéritique naturel pour couche de fondation (ep,20)	m3	37 983,00	7 130	270 818 790
403	Fourniture et mise en œuvre de graveleux latéritique naturel pour couche de base(ep,20)	m3	29 543,00	7 130	210 641 590
404	Fourniture et pose de bordure type T2	ml	2000	22 000	44 000 000
	Sous total 400				**701 410 380**
500	**Ouvrage d'assainissement**				
501	Béton de propreté (150 Kg/m3)	m3	840,59	77 500	65 145 756
502	Caniveau en béton armé 120x120	ml	3 539,00	113 750	402 561 250
505	Caniveau en béton armé 80x100	ml	931,00	100 000	93 100 000
506	Caniveau en béton armé 80x80	ml	4 927,94	80 630	397 339 480
507	Dallette en béton armé pour caniveau de section 120x120	ml	3 539,00	49 375	174 738 125
510	Dallette en béton armé pour caniveau de section 80x100	ml	931,00	36 375	33 865 125
511	Dallette en béton armé pour caniveau de section 80x80	ml	4 927,94	36 875	181 717 640
513	Exécution des fossés triangulaire	ml	5 669,55	18 880	107 041 161
514	**1xDalot de 2x200x150**				
514.1	Béton dosé à 400kg/m3 pour joint	m3	81,5625	255 000	20 798 438
514.2	Acier HA en FeE400	kg	6 525	1 400	9 135 000
	Sous total 514	**29 933 438**			
515	**2xDalot de 2x200x175**				
515.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	151,125	255 000	38 536 875
515.2	Acier HA en FeE400	kg	12090	1 400	16 926 000
	Sous total 515	**55 462 875**			
516	**2xDalots de 1x200x175**				
516.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	82,575	255 000	21 056 625

516.2	Acier HA en FeE400	kg	6606	1 400	9 248 400
	Sous total 516	**30 305 025**			
517	**2xDalot de 3x275x200**				
517.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	246,03	255 000	62 737 650
517.2	Acier HA en FeE400	kg	19682,4	1 400	27 555 360
	Sous total 517				**90 293 010**
518	**3xDalot de 1x200x150**				
518.1	Béton dosé à 400kg/m3	m3	114,9375	255 000	29 309 063
518.2	Acier HA en FeE400	kg	9195	1 400	12 873 000
	Sous total 518				**42 182 063**
519	**1xDalot de 4x250x200**				
519.0	Béton dosé à 400kg/m3	m3	136,11	255 000	34 708 050
519.1	Acier HA en FeE400	Kg	10888,8	1 400	15 244 320
	Sous total 519				**49 952 370**
520	Fourniture et mise en œuvre de garde- corps métallique	ml	1 000	60 000	60 000 000
	Sous total 500				**1 813 637 318**
	Ouvrage d'art : 1 Pont en béton armé				**700 000 000**
	Aménagement Carrefour en T				**250 000 000**
600	**Signalisation-Sécurité-Eclairage**				
601	Fourniture et pose de balise de virage en béton	U	8,00	21 000	168 000
602	Fourniture et pose des bornes kilométrique	U	6,00	33 000	198 000
603	Fourniture et pose des glissières de sécurité	ml	532,42	80 000	42 593 600
604	Fourniture et pose des panneaux de signalisation temporaire Type A	U	18,00	125 000	2 250 000
605	Fourniture et pose des panneaux de signalisation définitive Type A	U	25,00	140 000	3 500 000
606	Fourniture et pose des panneaux de signalisation Type B ou AB	U	36,00	140 000	5 040 000
607	Fourniture et pose des panneaux de signalisation Type C, D, E ou J5	U	8,00	140 000	1 120 000
608	Marquage en peinture blanche retro réfléchissante axiale discontinue	ml	10 083,33	3 600	36 300 000
609	Marquage en peinture blanche retro réfléchissante de rive continue	ml	12 100,00	3 600	43 560 000
610	Marquage en peinture rétro réfléchissante spécial (Stop, Passage piéton)	m²	1 728,00	5 750	9 936 000

611	Fourniture et pose des feux tricolores sur glissières court en acier	U	4,00	3 500 000	14 000 000
612	Fourniture et installation d'éclairage public solaire H=10m y compris toute sujétion	U	143,00	1 800 000	257 400 000
613	Fourniture et pose des ralentisseurs en béton, type : dos d'âne	ml	8,00	250 000	2 000 000
	Sous total 600				**418 065 600**
	Mesures environnementales et sociales				
700	Mesures compensatrices environnementales et sociales	Ens	1,00	15 000 000	15 000 000
701	Plantation d'arbre d'alignement, protection et entretient	u	300,00	14 500	4 350 000
702	Remise en état des lieux des carrières et aires de stockage	Ens	1,00	6 750 000	6 750 000
703	Sensibilisation sur les MST et VIH	fft/cam	1,00	2 500 000	2 500 000
	Sous total 700				**28 600 000**
	Imprévus généraux				**100 000 000**
I	Total général HT				**4 715 726 148**
II	TVA 18%				**848 830 707**
III	Total général TTC				**5 564 556 855**
IV	Cout kilométrique TTC				**556 455 686**

Le coût total toutes taxes comprises du projet d'aménagement et de bitumage de la route s'élève à cinq milliards cinq cent soixante-quatre millions cinq cent cinquante-six mille huit cent cinquante-cinq (5 564 556 855) francs CFA, soit un coût kilométrique de cinq cent cinquante-six millions quatre cent cinquante-cinq mille six cent quatre-vingt-six (556 455 686) francs CFA TTC.

ANNEXE VIII : SUIVI DE L'EXECUTION DES TRAVAUX SUR LE CHANTIER

Notre immersion en entreprise ne s'est pas seulement limitée aux études, au dimensionnement et à la recherche. Nous avons également participé au suivi des travaux de construction. Situé dans la commune rurale de Pourra, ce chantier s'est articulé autour de plusieurs travaux auxquels nous avons assisté en temps réel sur le terrain.

1. Production et contrôle du béton

Ce poste regroupe la fabrication automatisée du béton frais au niveau de la centrale du chantier et son acheminement par camion toupie vers les zones de coulage. Un suivi de la qualité est assuré par la confection d'éprouvettes cylindriques. Ces échantillons sont soumis à des essais d'écrasement afin de valider la résistance mécanique.



Image 9 : Production de béton à la centrale basée à Toney et contrôle qualité

Source : Auteur

2. Réalisation et suivi des ouvrages d'assainissement longitudinaux

Ce volet traite de la construction des fossés maçonnés destinés à collecter et évacuer les eaux de ruissellement de la plateforme routière et des zones avoisinantes. Les étapes observées sur le terrain comprennent les fouilles, le réglage des pentes et côtes, ainsi que la pose des moellons liés au mortier de ciment pour stabiliser les parois.



Image 10 : Travaux réalisés lors de la construction de fossés maçonnés

Source : Auteur

3. Suivi du ferraillage des dalots

Cette partie illustre la pose des armatures métalliques du tablier, du radier et les attentes. Le contrôleur doit veiller au strict respect des plans de ferraillage. En dernière image on peut remarquer la conception de gabions qui sont des cages métalliques remplis d'enrochements.



Image 11 : Ferraillage et gabionnage des dalots

Source : Auteur

4. Préfabrication d'ouvrages

Plusieurs éléments ont été préfabriqué à la base avant d'être transporté sur le terrain. Il s'agit entre autres de tabliers, de prédalles et des piédroits.

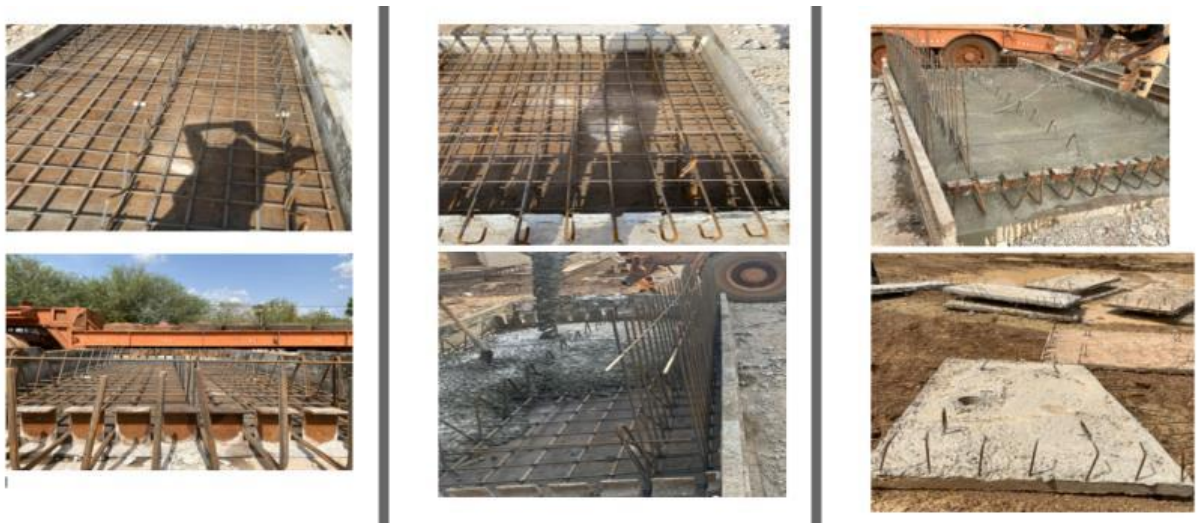


Image 12 : Suivi du processus de préfarication des prédalles et tabliers

Source : Auteur

5. Suivi des travaux de construction d'un Pont à Fara

Il s'agit d'un pont à poutres en béton armé similaire à celui recommandé sur notre tronçon. Les poutres ont été préfabriqués prés du chantier avant d'etre posées sur les appuis du pont.



Image 13 : Quelques images provenant du suivi des travaux du Pont à Fara

Source : Auteur

En définitive, le suivi de l'exécution des travaux m'a permis d'améliorer mes compétences en conception. Être confronté aux réalités du chantier me rend bien meilleur pour le dimensionnement, car cela permet de mieux intégrer les réalités de la mise en œuvre.