« ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES POUR LE BITUMAGE DU TRONÇON NIEMESSO – DIOULATIEDOUGOU 31,6 KM : CAS DU PROJET ODIENNE-DIOULATIEDOUGOU (COTE D'IVOIRE) »

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

MASTER

SPECIALITE : Génie Civil

Présenté et soutenu publiquement le [17/06/2026] par

Souleymane Karim KONE

20230273

Encadrant 2iE : Prof Abdou LAWANE GANA, Enseignant-chercheur, Institut 2iE

Maitre de stage : M Josias KONAN, Ingénieur des Travaux Publics, chargé d'études à CIRMA

Structure d'accueil : Conseil Ingénierie Recherche et Management des Affaires (CIRMA)

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr. Dr-Ing.habil. Kokouvi Edem N'TSOUKPOE, Professeur Titulaire CAMES

Membres et correcteurs : Dr. Mamadou Pousga junior KABORE

M. Marc COMBERE

Promotion 2025/2026

DEDICACE

A mes parents, pour tout.

A ma famille et à mes proches, pour leur soutien.

A mes enseignants, pour leur accompagnement et leur rigueur scientifique.

REMERCIEMENTS

Avant tout propos, il m'apparaît essentiel d'exprimer ma profonde gratitude envers toutes les personnes qui, par leur soutien ou leurs conseils, ont contribué à la réalisation de ce rapport.

Ces remerciements s'adressent tout particulièrement à :

- L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), son corps administratif ainsi que l'ensemble du corps professoral, pour la qualité de la formation reçue tout au long de mon cursus.
- Dr. ING KONE Bakary, Directeur Gérant de CIRMA, pour m'avoir ouvert les portes de sa structure et m'avoir permis d'y effectuer ce stage.
- Prof. Abdou LAWANE GANA, Institut 2iE, pour son encadrement, sa disponibilité et son soutien durant tout notre stage ;
- M. KONAN Josias, Ingénieur des Travaux Publics et Chargé d'études à CIRMA, pour son suivi rigoureux, ses conseils avisés et le partage de son expertise technique.
- M. KOUAKOU Frédéric, FOFANA Moussa, CISSE Aboudramane et KASSI Stéphane, dont l'accompagnement quotidien m'a permis d'acquérir de nouvelles compétences. J'associe à ces remerciements l'ensemble du personnel pour la convivialité et l'esprit d'équipe qui règnent au sein du bureau.
- M. KOUKOUGNON Aristide, pour son implication déterminante et son soutien précieux dans ma recherche de stage.

RESUME

Face aux enjeux d'accessibilité de la région du Kabadougou, le gouvernement ivoirien a engagé un programme de modernisation du réseau routier national. La présente étude est un Avant-Projet Détaillé (APD) portant sur l'aménagement et le bitumage du tronçon Niémesso–Dioulatiédougou, d'un linéaire de 31,6 km, situé au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire. La démarche adoptée s'articule autour de plusieurs volets complémentaires : la conception géométrique conformément au guide d'aménagement des routes principales (norme ARP), le dimensionnement de la chaussée selon le catalogue du LBTP et le guide CEBTP, une étude hydrologique par les méthodes rationnelle et de Rodier-Auvray, complétée par une étude hydraulique pour le dimensionnement des ouvrages selon le BAEL 91 modifié 99, ainsi qu'une évaluation des impacts environnementaux et sociaux. Les principaux résultats obtenus sont les suivants : une longueur de 31,6 km à aménager ; une structure de chaussée composée d'une couche de roulement en béton bitumineux de 4 cm, d'une couche de base et d'une couche de fondation en TVC de 20 cm chacune ;26 dalots comme ouvrages transversaux, complétés par des caniveaux en béton armé comme ouvrages longitudinaux ; et un Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) définissant les mesures de prévention et d'atténuation des risques environnementaux et sociaux liés au projet.

Le coût global de l'aménagement du tronçon est estimé à **12 476 845 162 FCFA TTC**, représentant un coût unitaire au kilomètre de **394 836 872** FCFA/km.

MOTS CLES

- Aménagement et bitumage
- Conception géométrique
- Dimensionnement de chaussée
- Ouvrages hydrauliques
- Evaluation environnementale et sociale

ABSTRACT

Faced with accessibility challenges in the Kabadougou region, the Ivorian government has launched a national road network modernization program. This study is a Detailed Preliminary Design (DPD) for the development and paving of the Niémesso–Dioulatiedougou section, with a linear distance of 31.6 km, located in the North-West of Côte d'Ivoire. The approach adopted is structured around several complementary aspects : geometric design in accordance with the main road design guide (ARP standard), pavement dimensioning according to the LBTP catalog and the CEBTP guide, a hydrological study using the rational method and the Rodier-Auvray method, complemented by a hydraulic study for the dimensioning of structures according to the modified BAEL 91-99, as well as an assessment of environmental and social impacts. The main results obtained are as follows: a length of 31.6 km to be developed; a pavement structure composed of a 4 cm bituminous concrete wearing course, a base course and a sub-base course in GVC of 20 cm each; 26 culverts as transverse structures, complemented by reinforced concrete gutters as longitudinal structures ; and an Environmental and Social Management Plan (ESMP) defining the measures for prevention and mitigation of environmental and social risks related to the project.

The overall cost of the road section development is estimated at 12,476,845,162 FCFA (VAT inclusive), representing a unit cost per kilometre of 394,836,872 FCFA/km.

KEYWORDS

- Development and paving
- Geometric design
- Pavement dimensioning
- Hydraulic structures
- Environmental and social assessment

Table des matières

DEDICACE ii
REMERCIEMENTS iii
RESUME iv
ABSTRACT v
LISTE DES TABLEAUX viii
LISTE DES FIGURES ix
SIGLES ET ABREVIATIONS x
INTRODUCTION GENERALE 1
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE PROJET 3
I.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL 3
I.1.1 Historique de la structure d'accueil 3
I.1.2 Missions et secteurs d'activités de l'entreprise 3
I.1.3 Organisation et Organigramme de la structure 4
I.2 PRESENTATION DU PROJET 5
I.2.1 Présentation de la zone d'étude 5
I.2.2 Contexte et justification 5
I.2.3 Objectifs de l'étude 6
I.2.4 Revue de la littérature de la route 7
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES 10
II.1 MATERIELS UTILISES 10
II.2 METHODOLOGIE DE L'ETUDE 10
II.2.1 Méthodologie de conception routière 10
II.2.2 Méthodologie de dimensionnement de la structure de chaussée 12
II.2.3 Méthodologie pour l'assainissement routier 15
II.2.4 Méthodologie pour la signalisation routière 21
II.2.5 Méthodologie sur l'aspect environnemental et social 22
II.2.6 Méthodologie d'évaluation du cout du projet 23
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS 24
III.1 CONCEPTION ROUTIERE ET DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE 24

III.1.1 Conception routière 24
III.1.2 Dimensionnement de la structure de chaussée....26
III.2 RESULTATS DES ETUDES DE L'ASSAINISSEMENT ROUTIER....32
III.2.1 Résultats de l'étude hydrologique 32
III.2.2 Résultats de l'étude hydraulique 36
III.2.3 Résultats du dimensionnement structurel des ouvrages hydrauliques 38
III.3 SIGNALISATION ROUTIERE 42
III.3.1 Signalisation horizontale 42
III.3.2 Signalisation verticale 44
III.3.3 Eclairage Public 45
III.4 ASPECT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL....46
III.4.1 Cadre politique et stratégique national....46
III.4.2 Cadre Législatif, Réglementaire et Institutionnel 47
III.4.1 Synthèse des impacts environnementaux et sociaux du projet 49
III.4.2 Evaluation détaillée des impacts 50
III.4.3 Mesures environnementales et sociales....52
III.5 EVALUATION FINANCIERE DU COUT DU PROJET....54
CONCLUSION GENERALE....56
RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES 57
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES....58
ANNEXES I
ANNEXE 1 : CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DE LA ROUTE II
ANNEXE 2 : ASSAINISSEMENT DE LA ROUTE IX
ANNEXE 3 : DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DES OUVRAGES HYDRAULIQUES XXIV
ANNEXE 4 : IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL....LX
ANNEXE 5 : DEVIS QUANTITATIF ET ESMATIMATIF LXIV

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Caractéristiques géométriques minimale en plan de la route.....11
Tableau 2:Caractéristiques minimale de la route en profil en long 12
Tableau 3:Valeurs des dévers en fonction des vitesses de référence 12
Tableau 4:Données d'entrée pour le dimensionnement de la structure de chaussée 13
Tableau 5:Recapitulatif des paramètres de l'axe en plan 24
Tableau 6:Caractéristiques du profil en travers type 26
Tableau 7:Trafic total à la mise en service du projet 26
Tableau 8:Application et résultat du calcul de NPL et NE 27
Tableau 9:Catégorisation du trafic.....27
Tableau 10:Catégorie des sols de plateforme.....28
Tableau 11:Proposition des différentes variantes de structures de chaussées 28
Tableau 12:Résultats du dimensionnement assisté par Alizé-LCPC.....31
Tableau 13:Caractéristiques des bassins versants.....33
Tableau 14:Récapitulatif des débits des bassins versants 34
Tableau 15:Récapitulatif des débits projets pour les caniveaux.....35
Tableau 16:Récapitulatif des sections des ouvrages retenus.....36
Tableau 17:Dimensions hydrauliques des caniveaux 37
Tableau 18:Récapitulatif des charges permanentes 39
Tableau 19:Récapitulatif des surcharges routières 40
Tableau 20:Récapitulatif des sections d'acier principaux du dalot.....40
Tableau 21:Récapitulatif des sections d'acier de répartition du dalot.....41
Tableau 22:Récapitulatif des sections d'acier de répartition du caniveau.....41
Tableau 23:différents types de modulation de lignes discontinues 43
Tableau 24:Panneaux de signalisations projetés 44
Tableau 25:Instituions compétentes en Environnement et leurs rôles.....48
Tableau 26:Impacts potentiels du projet 49
Tableau 27:Synthèse financière du projet 55

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Organigramme de CIRMA....4
Figure 2:Situation géographique du projet 5
Figure 3:Structure de chaussée souple....8
Figure 4:Structure de chaussée semi-rigide 8
Figure 5:Définition de la charge de référence 14
Figure 6:Coefficient de ruissellement dans la méthode rationnelle (Source : Hydraulique routière BCEOM) 17
Figure 7:Ralentisseur de type dos d'âne....22
Figure 8:Repartition des éléments géométriques du tracé en plan 25
Figure 9:Valeurs définissant les classes de plate-forme PFi 30
Figure 10:Délimitation de bassin versant 33
Figure 11:Illustration des différents types de modulation de lignes discontinues utilisées 43
Figure 12:Résultats du calcul de dimensionnement de chaussée par le logiciel Alizé-LCPC – Contraintes et déformations par couche (variante 3)....IV

SIGLES ET ABREVIATIONS

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

ANDE : Agence Nationale De l'Environnement

ANADER : Agence Nationale d'Appui au Développement Rural

APD : Avant-Projet Détaillé APS : Avant-Projet Sommaire

ARP : Aménagement des Routes Principales

BAEL 91 : Béton Armé aux États Limites

BB : Béton Bitumineux

BCEOM : Bureau Central d'Études pour les Équipements d'Outre-Mer

BV : Bassin Versant

CAM : Coefficient d'Agressivité Moyen

CBR : California Bearing Ratio

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

CRT : Coefficient de Répartition du Trafic

DQE : Devis Quantitatif et Estimatif

EIE : Étude d'Impact Environnemental

ELS : État Limite de Service

ELU : État Limite Ultime

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

MNT : Modèle Numérique de Terrain

NE : Nombre d'Essieux équivalents cumulés

NIES : Notice d'Impact Environnemental et Social

OPM : Optimum Proctor Modifié

PGES : Plan de Gestion Environnementale et Sociale

PK : Point Kilométrique

SETRA : Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes

TVC : Tout-Venant de Concassage

INTRODUCTION GENERALE

Le développement des infrastructures routières constitue un facteur déterminant de la croissance économique et sociale de la Côte d'Ivoire, particulièrement dans les zones rurales où la qualité du réseau conditionne l'accès aux services essentiels et la dynamisation des échanges commerciaux. Dans la région du Kabadougou, au Nord-Ouest, une grande partie des routes reste en terre ou peu aménagée, les exposant à la dégradation climatique et au trafic intense, compromettant ainsi la mobilité des populations et l'évacuation des productions agricoles.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude portant sur l'aménagement et le bitumage du tronçon Niémesso–Dioulatiédougou, long de 31,6 km, sur l'axe stratégique Odienné–Dioulatiédougou. Ce programme ambitieux vise à transformer durablement les conditions de vie des populations locales, en favorisant le désenclavement des communautés rurales, la valorisation des activités agro-pastorales et le renforcement des liens économiques entre les localités du Nord-Ouest ivoirien.

Ce projet d'études de fin de cycle s'inscrit dans ce cadre et a pour thème : **« Études techniques détaillées pour le bitumage du tronçon Niémesso– Dioulatiedougou 31,6 km : cas du projet Odienné-Dioulatiédougou (Côte d'Ivoire) »**

Objectif global

Proposer les études techniques détaillées nécessaires à l'aménagement et au bitumage du tronçon Niémesso-Dioulatiédougou 31,6 km, (Côte d'Ivoire).

Objectifs spécifiques

- Proposer la conception géométrique et le dimensionnement de la chaussée, afin d'assurer sa conformité aux normes techniques et sa capacité à supporter le trafic prévu ;
- Concevoir et dimensionner des ouvrages hydrauliques (dalots et fossés etc.) pour garantir une gestion efficace des eaux pluviales et réduire les risques d'inondation et d'érosion ;
- Aménager et sécuriser des infrastructures routières, incluant la pose de dispositifs de signalisation verticale (panneaux), le marquage horizontal (marquage au sol) et l'installation d'équipements de sécurité routière ;

- Evaluer le coût global du projet sur le tronçon concerné, en tenant compte des travaux de chaussée, des ouvrages hydrauliques et des aménagements annexes ;
- Réaliser une étude sur les aspects environnementaux et sociaux (NIES), afin d'identifier les effets positifs et négatifs du projet sur l'environnement et les populations, et de proposer des mesures d'atténuation.

Le présent mémoire est structuré de trois (03) chapitres répartis ainsi :

- Chapitre 1 : Revue de la littérature qui présente le cadre théorique et recherche existante sur le sujet ;
- Chapitre 2 : Méthodologie et matériel qui décrit la démarche scientifique et des outils techniques mobilisés pour l'étude ;
- Chapitre 3 : Exposition des données recueillies, calculs effectués et interprétation des résultats finaux présents les résultats.

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE PROJET

Ce chapitre présente les informations relatives au projet, en débutant par la présentation de la structure d'accueil du stage, puis la présentation du projet dans son contexte et ses objectifs et enfin, les généralités sur la conception routière.

I.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

I.1.1 Historique de la structure d'accueil

CIRMA forme un pôle de compétences multiples intervenant dans les domaines de l'ingénierie et de la gestion de projets. Créé en 2010 et devenue opérationnel, CIRMA offre une gamme diverse de services en Génie Civil, en Bâtiment, en Environnement ainsi qu'en Voiries et Réseaux Divers. L'entreprise fait partie des plus importantes sociétés de services-conseils en ingénierie « clé en main » en Côte d'Ivoire grâce d'une part à la qualité de ses services et à ses réalisations et d'autre part nos partenariats stratégiques aussi bien au plan local qu'à l'international.

I.1.2 Missions et secteurs d'activités de l'entreprise

La mission principale de CIRMA est de fournir à ses clients des services uniques en ingénierie en leur proposant des solutions originales et efficaces, en misant sur un esprit d'excellence et sur la responsabilisation de ses ressources, le tout dans une dynamique de partenariat. Ses secteurs d'activité sont les suivants :

- ✓ Routes
- ✓ Voirie et Réseau Divers
- ✓ Transport
- ✓ Bâtiment
- ✓ Environnement
- ✓ Topographie
- ✓ Géotechnique

I.1.3 Organisation et Organigramme de la structure

- **La direction générale** : Elle définit la stratégie générale pour la gestion de l'entreprise, définit les objectifs, prévoit et choisit les actions à accomplir, contrôle leur réalisation et prend d'éventuelles mesures correctives.
- **Le service administratif, financier et comptable** : Son rôle est de créer et mettre à jour régulièrement les comptes de l'entreprise afin de pouvoir fournir les états financiers à tout moment. Elle donne de ce fait une synthèse des documents aux gestionnaires.
- **Le service coordination de projets** : Il est chargé de la coordination et de la gestion de tous les aspects de la mise en œuvre d'un projet selon un calendrier précis.
- **Le service des études** : Son rôle est de produire des études qui orientent et justifient les choix structurels et techniques des différents projets. Il est composé de projeteurs, de calculateurs de structures, d'environnementaliste, de dessinateur et de métreurs.
- **Le service maitrise d'œuvre** : Son rôle consiste à s'assurer que les travaux des entreprises sont réalisés en respectant les plans, les matériaux et les mises en œuvre réglementaires. Il est composé de chefs de mission, de contrôleurs des travaux, d'environnementalistes, des équipes de laborantins et de topographes.

Les éléments décrits précédemment sont illustrés à la Figure 1

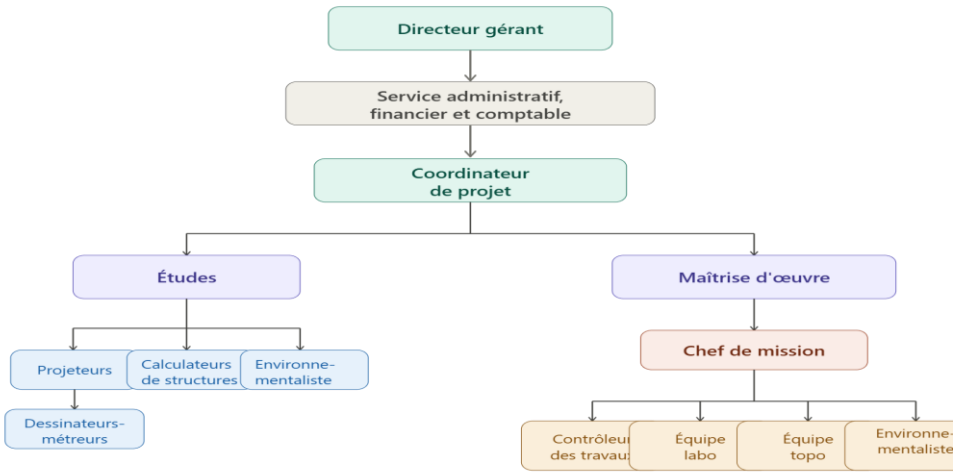


Figure 1:Organigramme de CIRMA

I.2 PRESENTATION DU PROJET

I.2.1 Présentation de la zone d'étude

La région du Kabadougou, située au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire, constitue une zone stratégique à fort potentiel agro-pastoral et commercial. Elle regorge d'importantes productions agricoles (anacarde, coton, riz, maïs, élevage), qui contribuent significativement à l'économie locale et nationale dont la carte est présentée par la Figure 2 . Cependant, le développement socio-économique de cette région demeure fortement limité par l'insuffisance et la dégradation des infrastructures routières.

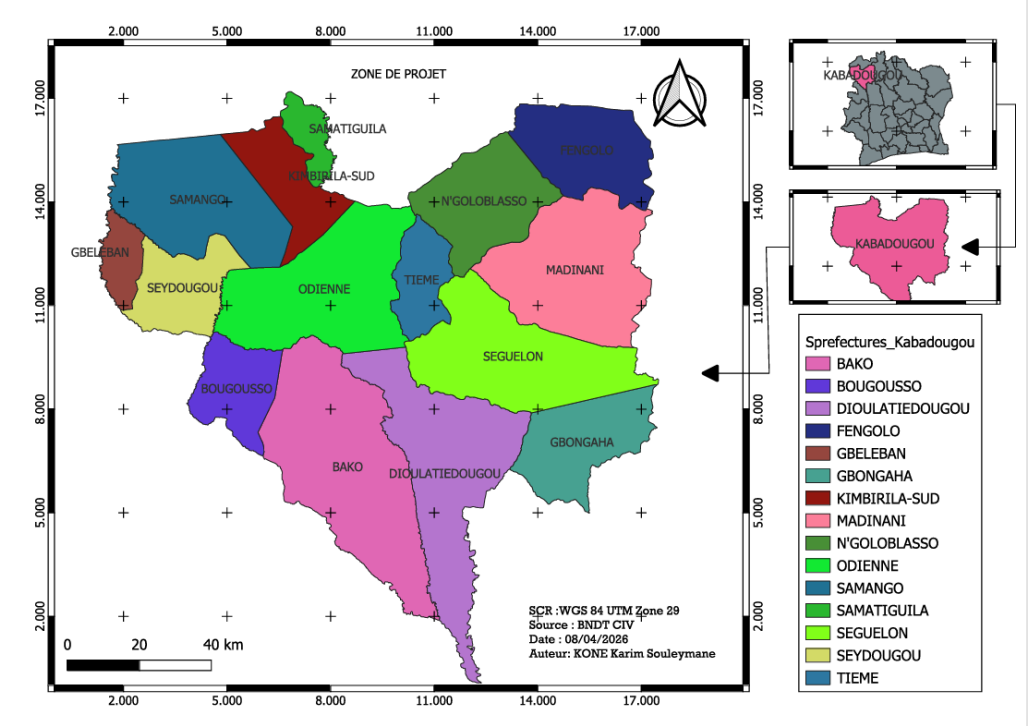


Figure 2:Situation géographique du projet

I.2.2 Contexte et justification

La route nationale Odienné-Dioulatiédougou, constitue un axe structurant reliant plusieurs localités rurales au chef-lieu régional, Odienné. À l'état actuel, cette route est majoritairement en terre, avec un niveau de service faible, particulièrement impraticable en saison des pluies. Cette situation entraîne :

- Des difficultés d'évacuation des produits agricoles vers les marchés ;
- Une hausse des coûts de transport ;
- Un enclavement des populations rurales ;

- Un accès limité aux services sociaux de base (santé, éducation, administration).

Par ailleurs, l'amélioration de cet axe s'inscrit dans la politique nationale de modernisation du réseau routier ivoirien visant à renforcer la connectivité des régions intérieures, réduire les disparités territoriales et favoriser l'intégration économique.

La réalisation de ce projet permettra à la Côte d'Ivoire :

- D'assurer une circulation permanente et sécurisée en toute saison ;
- De dynamiser les échanges commerciaux locaux et transfrontaliers ;
- De réduire la pauvreté rurale par l'amélioration de l'accessibilité ;
- De soutenir le développement durable et l'aménagement équilibré du territoire.

I.2.3 Objectifs de l'étude

L'objectif général est de proposer les études techniques détaillées nécessaires au bitumage de du tronçon Niémesso-Dioulatiédougou, le dimensionnement de la chaussée et des ouvrages hydrauliques associés en intégrant les contraintes de temps, de coûts et d'impacts environnementaux et sociaux.

Pour atteindre cet objectif général, les objectifs spécifiques suivants ont été définis :

- Proposer la conception géométrique et le dimensionnement de la chaussée, afin d'assurer sa conformité aux normes techniques et sa capacité à supporter le trafic prévu.
- Concevoir et dimensionner des ouvrages hydrauliques (dalots et fossés) pour garantir une gestion efficace des eaux pluviales et réduire les risques d'inondation et d'érosion ;
- Aménager et sécuriser des infrastructures routières, incluant la pose de dispositifs de signalisation verticale (panneaux), le marquage horizontal (marquage au sol) et l'installation d'équipements de sécurité routière.
- Faire une étude sur les aspects environnementaux et sociaux (NIES), afin d'identifier les effets positifs et négatifs du projet sur l'environnement et les populations, et de proposer des mesures d'atténuation ;
- Evaluer le coût global du projet sur le tronçon concerné, en tenant compte des travaux de chaussée, des ouvrages hydrauliques et des aménagements annexes.

I.2.4 Revue de la littérature de la route

I.2.4.1 Généralités sur la conception routière

Destinée à assurer la mobilité des usagers, une route constitue une infrastructure de transport terrestre dont la conception vise à garantir des conditions optimales de sécurité et de confort. Son aménagement repose sur le respect de critères techniques, économiques et environnementaux afin d'assurer sa stabilité, sa durabilité et son intégration dans son environnement.

I.2.4.2 Géométrie routière

La géométrie routière est l'ensemble des techniques ou outils mathématiques permettant de définir les caractéristiques de la route, et de la représenter sans ambigüité de façon à assurer aux usagers confort et sécurité(Michel FAURE, 2002).

Pour représenter la route dans la pratique on utilise :

- **Le tracé en plan :** C'est la projection de la route sur le plan horizontale. Il est constitué d'une succession d'alignements droits reliés entre eux par des arcs de courbes circulaires ;
- **Le profil en long :** C'est la coupe verticale suivant l'axe du tracé. Il alterne entre des déclivités (rampes et pentes) et des raccordements circulaires ou paraboliques (saillants ou entrants) ;
- **Les profils en travers :** Il représente une coupe transversale perpendiculaire à l'axe. Il définit la largeur de la chaussée, les accotements, les dévers.

I.2.4.3 Structure de la chaussée

La chaussée est un ensemble de couches de matériaux disposées successivement au-dessus du sol support afin de répartir les charges générées par le trafic et de préserver la résistance du terrain de fondation. Cette définition conduit à distinguer les principaux types de chaussées suivants :

Chaussées souples : Ces structures sont constituées d'une couche de roulement bitumineuse de faible épaisseur (inférieure à 15 cm), parfois limitée à un simple enduit superficiel, reposant sur une ou plusieurs couches de matériaux granulaires non traités. À cet effet, se reporter à Figure 3

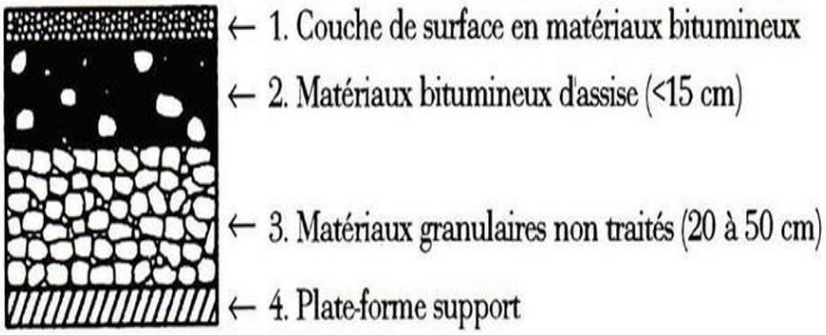


Figure 3:Structure de chaussée souple (Source : SETRA 1994)

Chaussées semi-rigides : Ces structures comportent une couche de surface bitumineuse sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une ou deux couches, dont l'épaisseur totale est de l'ordre de 20 à 50 cm, (Cf. Figure 4.)

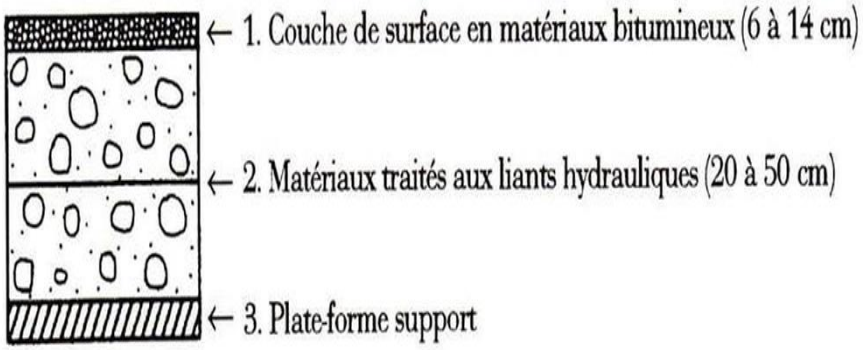


Figure 4:Structure de chaussée semi-rigide (Source : SETRA 1994)

Chaussées rigides : Composées d'une dalle en béton de ciment, ces chaussées assurent elles-mêmes la reprise des contraintes mécaniques grâce à leur résistance intrinsèque à la traction.

Le corps de chaussée est composé de trois couches superposées aux rôles bien distincts :

La couche de roulement constitue la partie supérieure de la chaussée, directement exposée aux sollicitations combinées du trafic et des conditions climatiques ;

La couche de base joue un rôle structural essentiel en absorbant les charges verticales exercées par le trafic et en les redistribuant uniformément vers les couches inférieures.

La couche de fondation confère à l'ensemble de la structure la rigidité et la stabilité nécessaires pour résister aux déformations et garantir la pérennité de la chaussée.

I.2.4.4 Assainissement routier

L'eau constitue le facteur principal de dégradation prématurée des infrastructures routières. Dès lors, le système d'assainissement a pour fonction essentielle de collecter et de rejeter les flux hydriques afin de garantir la pérennité de la structure (Wade, s. d.).Ce système se décline en trois composantes majeures :

L'assainissement superficiel : Il assure l'interception et l'évacuation des eaux pluviales de ruissellement à l'aide de fossés (de section trapézoïdale ou rectangulaire), et de descentes d'eau.

Les ouvrages d'art hydrauliques (ou de franchissement) : Représentés principalement par des dalots, ils garantissent la continuité des écoulements naturels en permettant le transit des eaux sous le plan de la route.

Conclusion partielle

Ce chapitre a été consacré à la présentation du cadre général de l'étude, le contexte du projet, les caractéristiques de la zone d'étude ainsi que les notions fondamentales relatives à la technologie des routes, nous abordons à présent le chapitre 2, consacré aux matériels et méthodes mis en œuvre pour la réalisation de cette étude.

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

Le chapitre 2 présente les matériels utilisés ainsi que les méthodologies mises en œuvre pour les différents volets de l'étude, notamment la conception routière, le dimensionnement l'assainissement, la signalisation et sécurité routière, l'estimation des coûts et l'étude d'impact environnemental et social.

II.1 MATERIELS UTILISES

La réalisation de cette étude a nécessité, en plus de la consultation des manuels, normes et guides de conception présentés dans la section « **Bibliographie** », le recours à plusieurs outils numériques dédiés au dessin, à la modélisation, au calcul et au dimensionnement des ouvrages. Parmi ces logiciels, on peut citer :

Alizé LCPC 1.3.0 : calcul, vérification et choix des structures de chaussée ;

AutoCAD 2019 : élaboration des plans techniques et dessins d'exécution ;

Global Mapper 2026 : délimitation et analyse des bassins versants ;

Google Earth 7.3.7 : repérage et localisation du site du projet ;

Hyfran Plus 1.2 : estimation du débit décennal à partir des données hydrologiques ;

Microsoft Office 2021 : traitement, présentation et mise en forme des données et résultats ;

Covadis 17 : conception géométrique de la route et production des profils ;

Zotero 9.0.4 : gestion et organisation des références bibliographiques.

II.2 METHODOLOGIE DE L'ETUDE

II.2.1 Méthodologie de conception routière

La conception géométrique constitue une étape essentielle de tout projet routier. Elle vise à définir les caractéristiques de la route afin d'assurer la sécurité, le confort et la fluidité de la circulation. Elle repose sur trois éléments principaux : le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers. Pour cette étude, les dispositions de l'Aménagement des Routes Principales

(ARP), référence utilisée pour les routes interurbaines en Côte d'Ivoire, ont été appliquées. Les différents éléments géométriques ont été conçus à l'aide du logiciel COVADIS 17.

- **Tracé en plan**

Le tracé en plan correspond à la représentation de l'axe de la route projetée sur un plan horizontal dans un repère topographique. Il est composé d'alignements droits reliés par des courbes circulaires et des courbes de transition (clothoïdes), assurant une liaison progressive entre les différents éléments du tracé. Les valeurs de ces raccordements sont consignées dans le tableau 1 ci-dessous :

Tableau 1:Caractéristiques géométriques minimale en plan de la route

Caractéristiques/Catégories		Routes en relief difficile	R60	**R80**	T100
Vitesse de référence (km/h)		40	60	**80**	100
Tracé en plan	Rayon minimal (m)	40	120	**240**	425
	Rayon au dévers minimal (m)	250	450	**650**	900
	Rayon non déversé (m)	400	600	**900**	1300

Source : Aménagement des routes principales (ARP_1994 SETRA)

- **Profil en long**

Le profil en long correspond à une coupe verticale réalisée suivant l'axe du tracé en plan. Il représente à la fois le terrain naturel et la ligne rouge, laquelle est constituée d'une succession de segments rectilignes reliés entre eux par des raccordements paraboliques assurant une transition progressive entre les pentes. La position de la ligne projet par rapport au terrain naturel dépend de plusieurs facteurs tels que :

- ✓ Minimiser les terrassements ;
- ✓ Eviter les zones inondables.

Les paramètres utilisés pour le calage de la ligne projet sont consignés dans le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2:Caractéristiques minimale de la route en profil en long

Caractéristiques/Catégories		Routes en relief difficile	R60	**R80**	T100
Vitesse de référence (km/h)		40	60	**80**	100
Profil en long	Déclivité maximale	10%	7%	**6%**	5%
	Rayon minimal en angle saillant (m)	1000	1500	**3000**	6000
	Rayon minimal en angle rentrant (m)	1000	1500	**2200**	3000

Source : Aménagement des routes principales (ARP_1994 SETRA)

- **Profil en travers**

Le profil en travers est une représentation en coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée.

Disposés régulièrement tout au long du projet, les profils en travers permettent de décrire avec précision la géométrie de la route et de fournir l'ensemble des informations nécessaires à sa définition complète : la largeur de la chaussée et des accotements, les talus, la section des ouvrages latéraux et le dévers. Les dévers selon la norme ARP sont donnés dans tableau 3 ci-après :

Tableau 3:Valeurs des dévers en fonction des vitesses de référence

Caractéristiques/Catégories		Routes en relief difficile	R60	**R80**	T100
Vitesse de référence (km/h)		40	60	**80**	100
Profil en travers	Dévers maximal	6%	7%	**7%**	7%
	Dévers minimal	2,50%	2,50%	**2,50%**	2,50%

Source : Aménagement des routes principales (ARP_1994 SETRA)

II.2.2 Méthodologie de dimensionnement de la structure de chaussée

Le dimensionnement de la structure de chaussée routière consiste à déterminer la nature, les caractéristiques mécaniques ainsi que les épaisseurs des différentes couches constitutives de la chaussée, de manière à garantir sa capacité à résister aux diverses sollicitations mécaniques et environnementales auxquelles elle sera soumise durant toute sa durée de service.

II.2.2.1 Détermination du trafic

Le dimensionnement de la structure de chaussée routière est réalisé en fonction du trafic qu'elle devra supporter pendant la durée de service pour laquelle elle est conçue. En effet, la répétition des charges appliquées par les véhicules lourds engendre progressivement diverses dégradations de la structure de la chaussée, notamment l'usure de la couche de roulement, l'apparition d'ornières ainsi que la fatigue des différentes couches constitutives.

Pour cette raison, le dimensionnement des chaussées est principalement basé sur le trafic des poids lourds, qui représente la catégorie de véhicules exerçant les sollicitations les plus importantes sur la structure. Ce trafic est évalué à partir du trafic journalier de poids lourds observé à l'année de mise en service de la route, tout en tenant compte de son évolution prévisible au cours de la période de dimensionnement dont les informations sont présentées dans le tableau 4.

Ainsi, le calcul du trafic de dimensionnement s'effectue à l'aide de la formule suivante :

$$N_{PL} = 365 \times TMJA \times \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

D'où :

N_{PL} : Nombre de poids lourds cumulés sur la durée de vie ;

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel de poids lourds (PL/j) ;

i : Taux de croissance annuel du trafic (%) ;

n : Durée de vie de la structure de chaussée (années).

Tableau 4:Données d'entrée pour le dimensionnement de la structure de chaussée

Données d'entrée	Valeurs
TMJA (2 sens)	125 PL/j
Année de comptage	2024
Année de mise en service	2027
Durée de vie	15
Taux de croissance géométrique	7%

Coefficient de Répartition du Trafic	50,5%

II.2.2.2 Méthode de dimensionnement

La méthode de dimensionnement adoptée est la méthode CEBTP-LCPC, dont la démarche s'articule autour des étapes suivantes :

- Prédimensionnement de la structure de chaussée à partir du guide CEBTP, en fonction des caractéristiques du sol support et du trafic de projet ;
- Détermination des contraintes et déformations admissibles conformément aux prescriptions du guide LCPC ;
- Propres à chaque couche, à savoir l'épaisseur, le module de déformation et le coefficient de Poisson ;
- Vérification des contraintes et déformations critiques à l'aide du logiciel ALIZE-LCPC, par comparaison aux valeurs admissibles.
- L'essieu de référence retenu est celui préconisé par la méthode Alizé-LCPC, soit un essieu standard de 13 tonnes à roues jumelées, dont les caractéristiques techniques sont les suivantes (Cf.Figure 5) :
  - Charge par jumelage (standard français) : 65 kN ;
  - Pression verticale de contact :0,6620 MPa ;
  - Rayon d'empreinte de contact : 0,125 m ;
  - Entraxe du jumelage : 0,375 m

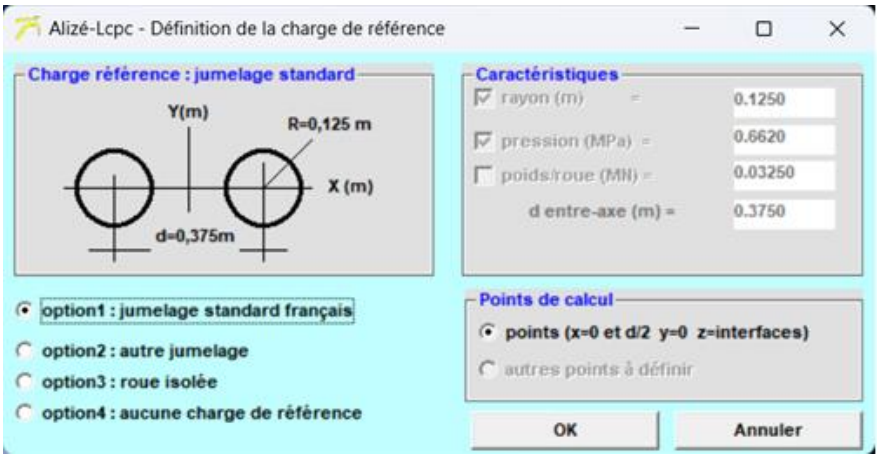


Figure 5:Définition de la charge de référence

II.2.3 Méthodologie pour l'assainissement routier

II.2.3.1 Etude hydrologique

L'étude hydrologique consiste à analyser les caractéristiques des bassins versants et les données pluviométriques de la zone du projet afin de déterminer les débits de crue de référence. Après la délimitation des bassins versants et la détermination de leurs paramètres morphologiques, une analyse des précipitations est réalisée pour évaluer les pluies de projet. Les débits de pointe ont ensuite été calculés à l'aide de méthodes hydrologiques appropriées et utilisés pour le dimensionnement des ouvrages d'assainissement.

La détermination des débits de projet a été effectuée à partir de deux méthodes de calcul, choisies en fonction de la superficie des bassins versants concernés :

- **La méthode de Rodier-Auvray (ORSTOM)**, applicable aux bassins versants dont la superficie est inférieure **200 km²**. Élaborée par Rodier dans le cadre de l'estimation des débits de crues décennales des petits bassins versants en Afrique tropicale, cette méthode est particulièrement adaptée aux contextes hydrologiques de la région.
- **La méthode rationnelle**, retenue pour les bassins versants de superficie **inférieure à 4 km²**. Elle permet d'estimer le débit de pointe à partir de l'intensité pluviométrique de référence, du coefficient de ruissellement et de la superficie du bassin versant.

II.2.3.1.1 Méthode de Rodier-Auvray (ORSTOM)

Ce qui suit constitue un résumé de publication de l'ORSTOM intitulée « Estimation des débits de crues décennales pour les bassins versants de superficie inférieure à 200 km^2 en Afrique Occidentale »,rédigée par J. RODIER et C. AUVRAY (juillet 1965)(Nguyen VAN TUU, 1981).

Dans le cadre de cette méthode, le débit de pointe de la crue décennale, correspondant au ruissellement superficiel, est exprimé par la relation suivante :

$$\mathbf{Q = m \times A \times P_{10} \times Kr_{10} \times \alpha_{10} \times \frac{S}{Tb_{10}}}$$

- m : le coefficient de majoration = 1.05 ;
- A : le coefficient d'abattement (fonction de S) $\mathbf{A = 1 - \left[\left(\frac{161 - 0{,}042 \times P_{an}}{1000}\right) \times log(S)\right]}$;

- P_{10} :la précipitation décennale ponctuelle journalière (mm) ;
- α : le coefficient de pointe décennal = 2.6 ;
- S :la superficie du bassin versant (km^2) ;
- Tb_{10} : le temps de base bi-décennale (s) ; $\mathbf{Tb_{10} = a \cdot S^{0,36} + b}$;
- Kr_{10} le coefficient de ruissellement décennale.

Le calcul s'appuie sur la détermination du coefficient de ruissellement décennal Kr10. Ce dernier est choisi par interpolation de Kr70 (coefficient de ruissellement décennale de 70mm) et Kr100 (coefficient de ruissellement décennale de 100mm) en fonction de :

- La classe de surface (nature du sol, relief, infiltrabilité, Indice global, végétation, pente) ;
- La zone climatique (précipitations annuelles) ;
- La taille du bassin.

II.2.3.1.2 Méthode rationnelle

C'est la formule la plus élémentaire de calcul d'un débit produit par un bassin versant. Elle permet de calculer un débit produit sur une surface pour une durée de pluie et une période de retour données(*Memento_technique_2017_Astee*, s. d.). En variables homogènes le débit s'exprime comme :

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

- Q : débit à l'exutoire en m^3/s ;
- C : Coefficient de ruissellement décennal ;
- i : Intensité de l'averse en mm/h ;
- A : Superficie du bassin versant en km^2.

- Le coefficient de ruissellement

La Figure 6 présente les valeurs du coefficient de ruissellement Cen fonction de la nature de la couverture végétale et de la pente des bassins versants.

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

Figure 6:Coefficient de ruissellement dans la méthode rationnelle (Source : Hydraulique routière BCEOM)

- Intensité de la pluie

L'évaluation de l'intensité critique de l'averse décennale i_{10} est intrinsèquement liée à la réponse hydrologique du bassin, caractérisée par son temps de concentration. Ce paramètre physique fondamental représente la durée nécessaire pour que l'ensemble du bassin versant contribue à l'écoulement à l'exutoire.

$$\mathbf{i = a \times t^{-b}}$$

a et b les coefficients de Montana dépendant du lieu et de la fréquence pluviométrique.

- Le temps de concentration

➢ Formule du temps de concentration selon Kirpich

$$\mathbf{Tc = 1/52 \times L\text{^}1,15/H\text{^}0,38}$$

Avec :

- L = longueur du plus long cheminement hydraulique en m ;
- H = dénivelée du plus long cheminement hydraulique en m/m.

➢ Formule du temps de concentration selon RICHARDS

$$\frac{\mathbf{T_c^3}}{\mathbf{T_c + 1}} = \mathbf{9,8}\ \frac{\mathbf{K}}{\mathbf{C\,R}}\ \frac{\mathbf{L^2}}{\mathbf{p}}$$

Avec

- T_c: Temps de concentration du bassin versant, exprimé en heures (h). Il représente le temps nécessaire pour que l'écoulement issu du point le plus éloigné du bassin atteigne l'exutoire ;
- L: Longueur du chemin hydraulique principal, exprimée en kilomètres (km). C'est la distance maximale parcourue par l'eau depuis l'amont jusqu'à l'exutoire, suivant le thalweg ;
- p: Pente moyenne du bassin versant, sans dimension, définie par :

$$\mathbf{p} = \frac{\Delta \mathrm{H}}{\mathrm{L}}$$

Où ΔH est la dénivelée totale du bassin (m).

- C: Coefficient de ruissellement du bassin versant, sans dimension ;
- R: Pluie moyenne efficace pendant la durée T_c, exprimée en mètres (m) :

$$\mathbf{R} = \mathrm{H} + \frac{\mathrm{H}}{\mathrm{T_c}}$$

Avec :

- H: hauteur totale de pluie tombée pendant la durée T_c exprimée en mètres (m) ;
- K: Coefficient empirique fonction du produit CR.

II.2.3.2 Etude hydraulique

La détermination des sections des ouvrages de transfert s'applique à l'ensemble des systèmes d'écoulement. Dans une approche initiale, le dimensionnement des sections à surface libre revient à définir la section capable d'évacuer un débit donné, en tenant compte de la pente de l'ouvrage et de la vitesse d'écoulement dans l'ouvrage.

- **Méthodologie de dimensionnement des ouvrages transversaux**

Le dimensionnement des ouvrages hydrauliques transversaux consiste à assurer l'adéquation entre le débit de projet et la capacité d'écoulement de l'ouvrage, afin de garantir un transit des eaux sans débordement, dans le respect des contraintes techniques et économiques. Il n'existe

a priori aucune solution toute faite et reproductible à tous les projets routiers. Toutefois, le choix d'un ouvrage d'assainissement doit principalement reposer sur 4 critères :

- Sa capacité hydraulique ;
- Son insertion dans le profil en long et le profil en travers du projet routier, donc sa géométrie qui prend en compte l'aspect sécurité de l'usager également ;
- Son niveau de protection au regard de la vulnérabilité des eaux ;
- Sa facilité d'entretien et d'exploitation des ouvrages.

Dans ce projet les ouvrages hydrauliques qui seront utilisés pour l'évacuation des débits seront des dalots en béton armé.

- **Méthodologie de dimensionnement des ouvrages longitudinaux**

Les ouvrages d'assainissement longitudinal regroupent les divers types de fossés implantés de part et d'autre de la chaussée, assurant la collecte et l'évacuation des eaux de ruissellement. Leur rôle est d'assurer l'évacuation des eaux pluviales provenant de la chaussée, mais également des écoulements issus des zones urbanisées et des espaces environnants.

Dans le cadre du présent projet, il est prévu la mise en place de caniveaux en béton armé en zone urbaine, tandis que des fossés en terre sont retenus pour les zones hors agglomération.

Le dimensionnement des caniveaux rectangulaires en béton armé a été effectué à l'aide de la formule de Manning-Strickler, en tenant compte des débits de projet et de la pente moyenne, de manière à garantir un écoulement satisfaisant des eaux.

L'expression s'écrit comme suit (Chabi BIAOU, 2015):

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

- Q : débit à l'exutoire en m^3/s ;
- Ks : Coefficient de rugosité pros à 67 pour le béton ;
- S : Section mouillée en m^2 ;
- R_h : Rayon hydraulique en m ;
- I : Pente du canal.

La vitesse d'écoulement dans l'ouvrage est comprise entre une valeur minimale de **0,5 m/s** et une valeur maximale de **3 m/s** avec un coefficient de talus **m** qui nul afin d'éviter les dépôts et l'érosion.

Le dimensionnement repose sur une procédure itérative basée sur la formule de Manning-Strickler. Pour une pente et une rugosité donnée, les caractéristiques hydrauliques de la section sont calculées et comparées au débit de projet, puis les dimensions sont ajustées jusqu'à obtenir une capacité suffisante tout en maintenant la vitesse dans les limites admissibles.

- **Méthodologie pour le dimensionnement structurel des ouvrages hydrauliques**

✓ **Normes de calcul**

Les normes adoptées dans le cadre de cette étude sont issues des documents de référence suivants :

- Le BAEL 91 révisé 99 pour le calcul de ferraillage ;
- Le Fascicule 62 titre II : conception, calcul et épreuves des ouvrages d'arts ;
- Le Guide de conception des ponts-cadre et portiques.

✓ **Caractéristiques des matériaux**

❖ **Béton**

- Béton B25 de poids volumique φ = 2,5 t/m^3 ;
- Dosage minimum : 400 kg/m^3 ;
- Résistance à la compression à 28 jours : fc_{28}= 25 MPa ;
- Résistance à la traction à 28 jours ft_{28} = 0,6 + 0,06fc_{28} = 2,1 MPa ;
- Densité du béton : 25 kN/m^3 ;
- Contrainte admissible du béton en compression à l'ELU : $\sigma_{bc} = \frac{0,85 \times fc_{28}}{\theta \times \gamma_b}$

Avec θ = 1 et γ_b = 1,5 ;

- Contrainte admissible du béton en compression à l'ELS : $\sigma_{bc} = 0,6 \times fc_{28}$;
- Fissuration préjudiciable ;
- Enrobage = 3 cm pour le dalot et 2,5 cm pour les caniveaux.

❖ **Acier**

- Nuance : acier haute adhérence (HA) FeE400 ;
- Limite d'élasticité Fe = 400 MPa ;
- Contrainte de calcul de l'acier : $\sigma_{st} = \frac{fe}{\gamma_s}$ avec $\gamma_s = 1,15$;
- Contrainte limite de l'acier : : $\sigma_{st} = \min\left[\frac{2}{3}fe; max(0,5fe\ ; 110\sqrt{\eta f t_{28}})\right]$

avec $\eta = 1,6$ car acier haute adhérence.

❖ **Remblai**

Le remblai d'accès est pris sous l'hypothèse d'un graveleux latéritique naturel ;

- Poids spécifique du remblai $\gamma = 20$ kN/m^3 ;
- Coefficient de poussé des terres $k_a = \frac{1-\sin(\varphi)}{1+sin(\varphi)}$;
- Angle de frottement interne $\varphi = 30°$.

Aussi l'épaisseur de ces ouvrages sera déterminée à l'aide la formule suivante (Khac et al., s. d.):

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

Où "l" désigne l'ouverture biaise de l'ouvrage

II.2.4 Méthodologie pour la signalisation routière

La signalisation routière suit une démarche structurée débutant par un diagnostic du tronçon afin d'identifier les besoins en signalisation verticale et horizontale. Les équipements sont ensuite sélectionnés et implantés conformément aux normes en vigueur, sur la base des plans d'exécution établis. Un suivi périodique est enfin assuré pour garantir la lisibilité et l'efficacité du dispositif tout au long de l'exploitation.

- **Eclairage public**

L'éclairage public constitue un élément essentiel en milieu urbain, garantissant la sécurité des piétons et des conducteurs tout en améliorant le cadre de vie.

Deux options d'électrification sont envisageables :

- ❖ L'éclairage par centrales thermiques ;
- ❖ L'éclairage solaire.

Pour ce projet, l'éclairage solaire a été privilégié compte tenu de ses avantages économiques et environnementaux, notamment ses faibles coûts de maintenance, sa facilité d'entretien et son recours à une énergie renouvelable et gratuite. Le type d'implantation retenu est présenté en annexe.

- **Sécurité routière**

La sécurité routière vise à réduire les risques d'accidents et à protéger l'ensemble des usagers de la route. L'objectif est de modérer la vitesse et d'atténuer la gravité des accidents par la mise en place de dispositifs ciblés. Des glissières de sécurité sont prévues aux sections sensibles, tandis que des ralentisseurs en béton bitumineux sont implantés aux points stratégiques afin d'inciter les usagers à réduire leur allure. (Cf. Figure 7)



Figure 7:Ralentisseur de type dos d'âne

II.2.5 Méthodologie sur l'aspect environnemental et social

L'Etude Impact Environnemental et Social (EIES) vise à identifier, évaluer et maitriser les effets potentiels du projet sur les milieux physiques, biologique et humain. Elle comprend la caractérisation de l'état initial du site, l'analyse des impacts susceptibles de survenir durant les phases de construction et d'exploitation, ainsi que l'évaluation de leur importance.

Sur la base des impacts identifiés, des mesures d'atténuation et de compensation sont proposées afin de réduire les effets négatifs et de renforcer les retombées positives du projet. L'étude est assortie par un plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) définissant les actions de suivi et de surveillance nécessaires pour assurer la conformité environnementale du projet et garantir son intégration durable dans son milieu d'accueil.

II.2.6 Méthodologie d'évaluation du cout du projet

L'avant métré a été établi conformément aux prescriptions techniques en vigueur en Côte d'Ivoire, notamment celles du **Ministère des Infrastructures et de l'Entretien Routier** et du **Centre de Gestion des Routes (CGR)**. Il s'appuie sur les plans d'exécution issus des études techniques, les résultats du dimensionnement de la chaussée, ainsi que les données topographiques et géotechniques collectées sur le terrain.

Les quantités ont été calculées par poste, en tenant compte des spécifications du tracé, de la nature des sols rencontrés le long de le route Odienné-Dioulatiédougou, et des contraintes environnementales propres à cette zone de savane arborée du Nord-Ivoirien.

Conclusion partielle

Dans ce chapitre, nous avons présenté de manière générale les méthodes mises en œuvre pour atteindre les objectifs spécifiques de l'étude, en prenant soin de citer les principales références méthodologiques utilisées. Le chapitre suivant sera consacré à la présentation des résultats obtenus ainsi qu'à leur analyse et discussion.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats ainsi que les valeurs de référence issue des différents volets de l'étude sont présentés dans ce chapitre. Les développements détaillés, les calculs intermédiaires et les éléments justificatifs sont quant à eux consignés en annexe.

III.1 CONCEPTION ROUTIERE ET DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE CHAUSSEE

III.1.1 Conception routière

- **Tracé en plan**

Le tracé en plan de l'aménagement s'étend du PK 28+500 au PK 60+153.Le tableau ci-dessous représente la répartition des longueurs entre les sections en alignement droit et les sections en courbe. Cette synthèse permet d'évaluer la conformité du tracé aux recommandations géométriques. Le tracé en plan doit recourir préférentiellement à des alignements droits (au moins 50 % du linéaire pour permettre l'implantation de zones de visibilité de dépassement) ponctuées de courbes(CERAMA, s. d.).

Tableau 5:Recapitulatif des paramètres de l'axe en plan

	Longueur (m)	Pourcentage
Total courbe	13897,736	43,91
Total clothoïde	742,928	2,35
Total alignement droit	17013,124	53,75
LONGUEUR TOTALE PROJET	31653,788	100,00

Les résultats présentés dans le tableau 5 ci-dessus sont illustrés par le graphique suivant dont la Figure 8 qui met en évidence la répartition des différents éléments géométriques du tracé en plan.

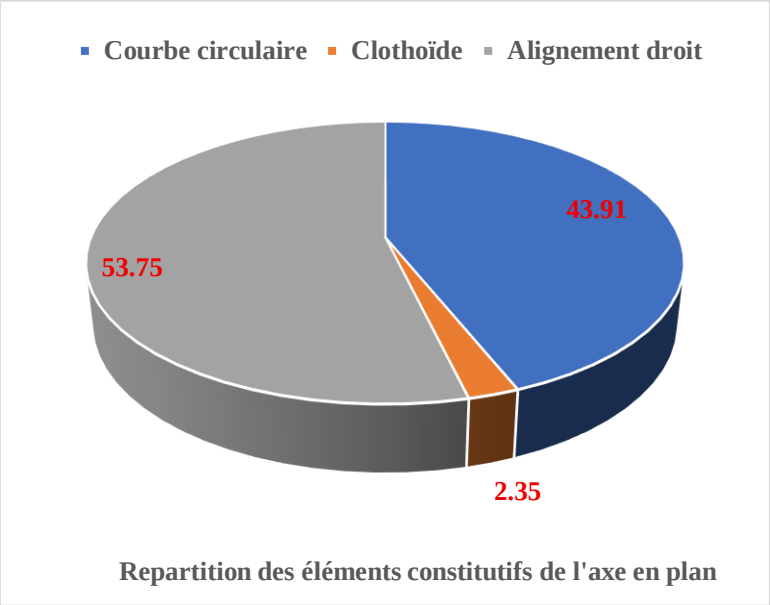


Figure 8:Repartition des éléments géométriques du tracé en plan

- **Profil en long**

Les pentes longitudinales retenues dans le cadre du projet seront comprises entre 0,5 % et 7%, conformément aux prescriptions de conception. Toutefois, une pente minimale sera privilégiée afin de garantir un écoulement efficace des eaux pluviales, quels que soient les débits à évacuer. Le tableau ci-après présente les paramètres normalisés des rayons de raccordement verticale utilisés entre les différents alignements de la ligne rouge du projet.

- **Profil en travers**

Le profil en travers type retenu pour le projet varie selon que la route se situe en agglomération ou en rase campagne. Le tableau 6 ci-dessous présente les caractéristiques géométriques adoptées pour chacune de ces configurations, notamment les largeurs de chaussée et d'accotement, les pentes transversales ainsi que les caractéristiques des fossés et des talus.

Tableau 6:Caractéristiques du profil en travers type

Profil en travers type	
En agglomération	**Rase campagne**
• Deux voies roulables de 3,5 m chacune ; • Accotement de 2 m de part et d'autre de la chaussée ; • Des fossés latéraux triangulaires en terre ; • Pente transversale de la chaussée 2,5% ; • Pente transversale du fond de forme 2,5 ; • Pente accotement 4% ; • Talus de déblai 1/1 ; • Talus de remblai 3/2.	• Deux voies roulables de 3,5 m chacune ; • Accotement de 1,5 m de part et d'autre de la chaussée ; • Des fossés latéraux triangulaires en terre ; • Pente transversale de la chaussée 2,5% ; • Pente transversale du fond de forme 2,5 ; • Pente accotement 4% ; • Talus de déblai 1/1 ; • Talus de remblai 3/2.

III.1.2 Dimensionnement de la structure de chaussée

III.1.2.1 Etude du trafic

- **Données du trafic**

Les relevés de trafic effectués en 2024 ont permis d'évaluer un flux moyen de 125 poids lourds par jour et par an, tout sens de circulation confondue. Le tableau 7 ci-dessous synthétise les données de trafic relevées lors de cette campagne de comptage :

Tableau 7:Trafic total à la mise en service du projet

DESIGNATION	VP	Cmette	Mcar	Acar	Cam	Ens art	2 roues	3 roues	Total	Total PL
Odienné - Dioulatiédougou	169	16	20	15	98	12	637	90	**1057**	**125**

- **Trafic de dimensionnement de la structure de chaussée**

Le dimensionnement de la structure de chaussée nécessite la détermination du trafic cumulé de poids lourds ainsi que le nombre d'essieux équivalents sur la durée de vie du projet. Les calculs effectués, sur la base du TMJA et d'un taux de croissance annuel, sont présentés dans le tableau 8 ci-après :

Tableau 8:Application et résultat du calcul de NPL et NE

Description	Formules	Résultats
TMJA (par sens)	$T_{2027} = \text{CRT} \times \text{TMJA}'$	63 PL/j
Nombre trafic en nombre Cumulé de poids lourds	$N_{PL} = 365 \times \text{TMJA} \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$	578 989 PL
Nombre d'essieux équivalent cumulé NE	$NE = N_{PL} \times \text{CAM}$	463 191 PL

Sur la base des données d'entrée définies ci-dessus, il est procédé au calcul du nombre de poids lourds (NPL) et du nombre d'essieux équivalents (NE), dont les résultats sont présentés dans le tableau 9 suivant :

Tableau 9:Catégorisation du trafic

Catégorie de trafic proposé	Formule d'expression du trafic		
	Nombre journalier de véhicule (v/j)	Nombre cumulé de poids lourds (PL)	Nombre cumulé d'essieux standard de 8,2 T (E.S)
T1	$100 \leq T \leq 300$ v/j	$1.10^5 \leq T < 5.10^5$ PL	$6.10^5 \leq T < 3.10^6$ ES
T2	$300 \leq T \leq 1000$ v/j	$5.10^5 \leq T < 1{,}5.10^6$ PL	$3.10^6 \leq T < 1.10^7$ ES
T3	$1000 \leq T \leq 3000$ v/j	$1{,}5.10^6 \leq T < 4.10^6$ PL	$1.10^7 \leq T < 2{,}5.10^7$ ES
T4	$3000 \leq T \leq 6000$ v/j	$4.10^6 \leq T < 1.10^7$ PL	$2{,}5.10^7 \leq T < 6.10^7$ ES
T5	$6000 \leq T \leq 12000$ v/j	$1.10^7 \leq T < 2.10^7$ PL	$6.10^7 \leq T < 1.10^8$ ES

D'après le tableau 9 de classification, le trafic cumulé de poids lourds obtenu **(578 989 PL)** s'inscrit dans la catégorie **T2**, correspondant à un nombre cumulé comprise entre **5.10^5 et $1{,}5.10^6$ PL**. C'est donc cette catégorie qui sera retenue pour le dimensionnement de la chaussée.

III.1.2.2 Résultats du dimensionnement de la structure de chaussée

- **Caractéristiques du sol de plateforme**

Les essais CBR réalisés sur le sol support ont fourni plusieurs valeurs comprises dans un intervalle donné. Par mesure de sécurité et afin de prémunir la chaussée contre tout risque de rupture localisée dans les zones les plus faibles, **la valeur de CBR retenue est 25** a été retenu pour ce projet afin de considérer les conditions les plus défavorables du sol. Cette valeur permet de classer la plateforme en classe S4, région 7, conformément au Guide de Dimensionnement du LBTP. Ainsi la synthèse de la classification des sols de plateforme se fait en cinq (5) catégories sur la base de l'indice CBR, comme présenté dans le tableau 10 ci-dessous.

Tableau 10:Catégorie des sols de plateforme

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

- **Choix des variantes de la structure de chaussée**

Le paramètre régional est déterminant, car chaque région dispose de techniques de construction et de formulations à ses ressources en matériaux, a son climat et à son relief (LBTP,1977). Le territoire est ainsi subdivisé en sept (7) régions, de R1 à R7. L'application des abaques du catalogue LBTP et des fiches de structures associées a permis de fixer les épaisseurs minimales requises pour chaque composant de chaussée. Le catalogue du LBPT présente différentes solutions techniques adaptées à la classe de portance du sol et à la catégorie de trafic. Parmi celles-ci, trois (3) variantes ont été retenues et présentés dans le tableau 11 ci-dessous :

Tableau 11:Proposition des différentes variantes de structures de chaussées

Variantes	**Couches de chaussées**	**Matériaux constitutifs des couches**	**Epaisseurs des couches (cm)**
1	Revêtement	Béton bitumineux	4 cm
	Base	Graveleux ciment	15 cm
	Fondation	Graveleux naturel	15 cm
	Plateforme	PF3	
2	Revêtement	Béton bitumineux	4 cm
	Base	Tout-venant de concassage	15 cm
	Fondation	Graveleux naturel	15 cm
	Plateforme	PF3	
3	Revêtement	Béton bitumineux	4 cm

Base	Tout-venant de concassage	20 cm
Fondation	Tout-venant de concassage	20 cm
Plateforme	PF3	

Conformément au Catalogue du LBTP, la région est pourvue en sites de roches massives (granitiques), ce qui constitue une source locale abondante de granulats concassés, réduisant les coûts d'approvisionnement(*Catalogue-LBTP-CI*, s. d.). La variante 3 est retenue comme solution optimale pour le projet routier de la région de Kabadougou. Le recours au **tout-venant de concassage** pour les couches de bases et de fondation se justifie par l'abondance des gisements rocheux exploitables dans la localité d'Odienné, réduisant considérablement les couts et délais d'approvisionnement. Sur le plan structurel, l'homogénéité des matériaux entre les couches assure une meilleure répartition des charges et une résistance accrue aux variations hydriques liées au climat tropical de la région, contrairement aux variantes 1 et 2, dont les vérifications mécaniques se sont révélées non satisfaisantes, la variante 3 répond pleinement aux exigences du dimensionnement ce qui garantir la durabilité de la chaussée face au trafic et aux conditions climatiques.

- **Vérification du dimensionnement de la structure de chaussée selon le guide LCPC-SETRA**

Théorie de vérification des contraintes et déformations

La vérification structurelle d'une chaussée sur Alizé-LCPC repose sur le contrôle des déformations et contraintes critiques au sein de chaque couche. Elle est basée sur la méthode rationnelle pour calculer les contraintes et déformations admissibles des matériaux sous l'effet du trafic. Les paramètres suivants sont à connaitre pour le projeteur :

- Le module de Young ;
- Les conditions d'interfaces au sommet ;
- Le nombre des couches de la chaussée, la nature, le mode d'interface ;
- Les caractéristiques des matériaux utilisés dans chaque couche ;
- La charge de référence.

Sur la base de la méthode de dimensionnement CEBTP, les épaisseurs des différentes de la chaussée ainsi que les matériaux constitutifs ont été déterminés. Ces paramètres servent ensuite

de données d'entrée au logiciel Alizé-LCPC pour la vérification structurelle de la chaussée. Cette vérification consiste à :

- Définir la composition du corps de chaussée ;
- Calculer les contraintes et les déformations ;
- Définir les charges agissantes ;
- Renseigner les caractéristiques des matériaux ;
- Enfin, comparer les contraintes et déformations calculées aux valeurs admissibles.

Classe de portance de la plate-forme

Pour le dimensionnement des structures de chaussées, la portance de la plate-forme support de chaussée est déterminée à partir du couple PST-couche de forme(*GTR Fascicule 1 (SETRA 2000) IMP*, s. d.).

On distingue 4 classes de portance des plate-forme définies par des plages de valeur de module de déformation réversible, selon le découpage donné par la figure ci-dessous :

	20	50	120	200	
Module (MPa)					
Classe de plate-forme	PF1	PF2	PF3		PF4

Figure 9:Valeurs définissant les classes de plate-forme PFi

La plateforme présente un CBR de 25, ce qui conduit à un module E de 125 MPa. Cette valeur classe la plateforme en catégorie PF3.

Calcul des contraintes et déformations admissibles

Conformément aux prescriptions de la fiche méthode de dimensionnement des chaussées souples issue du Guide LBTP, le critère de vérification déterminant pour les structures en graveleux latéritique naturel est celui de la plateforme. À cet effet :

$$\varepsilon_{Z,adm} > \varepsilon_{calculé}$$

Déformation admissible pour les matériaux non traités et les sols supports de chaussée :

$$\varepsilon_{Z,\,adm} = A.\,(NE)^{-0,222}$$

Avec A = 16 000 pour un trafic faible et A = 12 000 pour un trafic fort. Dans le cadre du présent projet, le trafic est qualifié de fort dans la mesure où le nombre d'essieux équivalents calculé (NE = 463 191) excède le seuil de 250 000, soit NE = 463 191> 250 000. En conséquence, la valeur A = 12 000 est retenue pour la suite des vérifications.

- **Justification de la tenue mécanique de la structure de chaussée**

Les résultats issus du dimensionnement de la structure de chaussée, réalisés à l'aide du logiciel Alizé-LCPC, sont synthétisés dans le tableau 12 ci-après :

Tableau 12:Résultats du dimensionnement assisté par Alizé-LCPC

Épais. (m)	Module (MPa)	Coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,040	1300,0	0,350	0,000	-242,6	-0,170	-75,6	0,658
			0,040	-119,0	0,108	420,3	0,627
— collé —							
0,200	400,0	0,350	0,040	-119,0	0,087	1097,0	0,627
			0,240	-360,0	-0,112	552,1	0,156
— collé —							
0,200	200,0	0,350	0,240	-360,0	-0,016	795,3	0,156
			0,440	-260,9	-0,035	451,2	0,071
— collé —							
Infini	120,0	0,350	0,440	-260,9	-0,006	**597,7**	0,071

Les résultats du calcul mécanique de la structure de chaussée multicouche, issus de la méthode des contraintes et déformations, révèlent une structure à trois couches liées par collage reposant sur le sol support ; une couche de surface de 0,04m (E=1300MPa), une couche intermédiaire de 0,2000 m (E=400 MPa) et une couche de fondation de 0,200 m (E=200 MPa). L'hypothèse d'interface collée assure une transmission optimale des efforts, limitant ainsi les risques de décollement sous charge répétée. La déformation verticale critique (EpsZ) atteint **597,7 µdef** en tet du sol support, valeur déterminante pour apprécier la résistance l'orniérage de la structure. La confrontation de ces deux indicateurs aux seuils normatifs conditionnera la validation définitive du dimensionnement.

Pour les chaussées souples (notamment celles utilisant des matériaux naturels comme la latérite), le critère prédominant est la déformation verticale au sommet de la plateforme(*Conception-et-Dimensionnement-des-structures-de-chaussee-LCPC_SETRA*, s. d.) (sol support).

- ✓ Capacité du Sol : Pour un trafic fort de 463 191 essieux, le guide LBTP fixe la limite à :

$$\varepsilon_{z,adm} = 12000 \times (463191)^{-0.222}$$

$$\varepsilon_{z,adm} = 662\ \mu\text{def}$$

- ✓ Déformation réelle : La modélisation numérique indique une valeur de :

$$\boldsymbol{\varepsilon_z = 597,7\ \mu\text{def}}$$

L'analyse comparative entre la sollicitation calculée $\boldsymbol{\varepsilon_z = 597,7\ \mu\text{def}}$ est supérieure à la capacité admissible $\varepsilon_{z,adm} = 662$ µdef,confirme la conformité de **la variante 3**. La structure (4 cm comme bb / 20 cm en base / 20 cm en fondation) offre une marge de sécurité de 10%, garantissant une protection pérenne du sol support face au trafic cumulé. Les détails relatifs à cette partie sont consignés en ANNEXE 1 : CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DE LA ROUTE.

III.2 RESULTATS DES ETUDES DE L'ASSAINISSEMENT ROUTIER

III.2.1 Résultats de l'étude hydrologique

- **Délimitation de bassin versant et caractérisation des bassins versants**

La délimitation du bassin versant vise à identifier les limites géographiques de la zone dans laquelle les eaux de ruissellement convergent vers un exutoire commun. Cette délimitation repose sur l'analyse du relief et des lignes de partage des eaux. À cet effet, l'axe de la route a été intégré dans le logiciel GLOBAL MAPPER, permettant d'extraire le réseau hydrographique à partir du Modèle Numérique de Terrain (MNT) et de déterminer les principaux paramètres hydrologiques du bassin versant. (Cf.Figure 10)

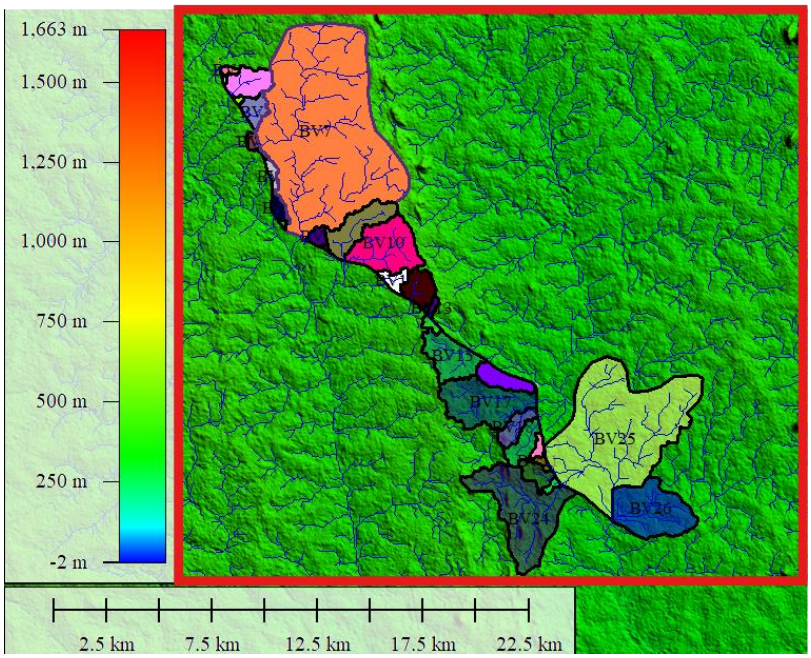


Figure 10:Délimitation de bassin versant

Les caractéristiques morphologiques et hydrologiques des bassins versants ainsi que de leurs sous-bassins versants sont consignées dans le tableau 13 ci-après :

Tableau 13:Caractéristiques des bassins versants

BV	Superficie (km²)	Périmètre (km)	Pente (%)	Z_{max} (m)	Z_{min} (m)	L (km)
BV-01	0,2932	3,038	5,35	426	409	1,0829589
BV-02	2,538	8,585	5,28	443	402	3,1862203
BV-03	1,39	6,64	5,34	443	403	2,3579652
BV-04	0,4149	3,616	4,69	431	409	1,2882546
BV-05	0,535	4,763	5,7	430	398	1,4628739
BV-06	0,739	4,561	5,6	417	375	1,7193022
BV-07	47,699	35,453	5,47	489	373	13,812893
BV-08	0,636	4,21	5,4	413	384	1,5949922
BV-09	3,988	13,739	5,85	479	382	3,9939955
BV-10	6,457	14,594	5,13	465	382	5,0821255
BV-11	0,961	5,945	4,84	429	396	1,9606121
BV-12	2,08	7,801	5,11	438	398	2,884441
BV-13	0,2815	3,531	5,12	436	407	1,0611315
BV-14	0,4102	3,67	5,23	427	403	1,2809372
BV-15	4,265	12,278	5,25	438	369	4,1303753
BV-16	1,612	7,874	7,19	429	351	2,5392912
BV-17	7,543	17,074	5,42	437	327	5,4929045
BV-18	1,646	7,63	6,04	407	330	2,5659306
BV-19	2,035	8,227	5,9	420	349	2,8530685
BV-20	0,3666	3,163	5,07	370	347	1,21095
BV-21	0,4121	4,575	7,65	376	333	1,2839003

BV-22	1,338	6,165	5,16	387	333	2,313439
BV-23	0,352	3,499	4,66	363	327	1,1865918
BV-24	11,841	20,219	7,15	440	324	6,8821508
BV-25	30,345	27,197	4,85	386	311	11,017259
BV-26	7,941	11,881	4,59	368	310	5,635956

- **Étude pluviométrique et détermination des paramètres de Montana**

La pluviométrie désigne la mesure et l'analyse des précipitations dans le temps et dans l'espace. Leur distribution annuelle est variable selon les conditions climatiques locales, avec des périodes alternativement humides et sèches. Les données nécessaires à ces analyses sont collectées et traitées par les stations météorologiques. Les données pluviométriques utilisées dans le cadre de la présente étude sont issues de la **station synoptique d'Odienné-Aéroport**, exploitée par la SODEXAM (Direction de la Météorologie Nationale), sur une période d'observations de **1969 à 2002** pour les intensités horaires et de **1921 à 2023** pour les hauteurs journalières. L'analyse fréquentielle a été conduite par ajustement statistique selon la **loi de Gumbel**, en retenant un intervalle de confiance de 95 %.

Pluie maximale journalière (pluie décennale) : elle atteint **125 mm**, déterminée par ajustement statistique selon la loi de Gumbel, avec un intervalle de confiance à 95 % compris entre 115 mm et 134 mm ;

Coefficients de Montana retenus pour T = 10 ans : a = **13,0449** et b = **0,5889**, permettant le calcul de l'intensité de pluie par la formule $i(t) = a \times t^{-b}$ (i en mm/mn, t en minutes).

- **Résultat des calculs de débits de crue des bassins versants**

Les méthodes de calcul ont été sélectionnées en fonction de leurs conditions d'application et de leur adéquation aux caractéristiques des bassins versants étudiés. Les résultats des débits de crue calculés pour l'ensemble des bassins versants sont présentés dans le tableau 14 ci-dessous :

Tableau 14:Récapitulatif des débits des bassins versants

BV	S (km²)	P(km)	Pente (%)	Z_{max} (m)	Z_{min} (m)	Méthode de calcul		Q (m^3/s)
						Rationnelle	ORSTOM	
BV-01	0,2932	3,038	5,35	426	409	3,94	/	3,937
BV-02	2,538	8,585	5,28	443	402	20,03	9,78	20,034

BV-03	1,39	6,64	5,34	443	403	13,38	8,44	13,378
BV-04	0,4149	3,616	4,69	431	409	4,38	/	4,376
BV-05	0,535	4,763	5,7	430	398	6,76	/	6,763
BV-06	0,739	4,561	5,6	417	375	8,91	/	8,907
BV-07	47,699	35,453	5,47	489	373	/	48,45	48,448
BV-08	0,636	4,21	5,4	413	384	7,42	/	7,416
BV-09	3,988	13,739	5,85	479	382	32,84	20,9	32,836
BV-10	6,457	14,594	5,13	465	382	/	22,54	22,541
BV-11	0,961	5,945	4,84	429	396	8,36	/	8,361
BV-12	2,08	7,801	5,11	438	398	17,46	9,4	17,465
BV-13	0,2815	3,531	5,12	436	407	4,33	/	4,325
BV-14	0,4102	3,67	5,23	427	403	5,32	/	5,316
BV-15	4,265	12,278	5,25	438	369	/	16,5	16,503
BV-16	1,612	7,874	7,19	429	351	17,17	30,08	30,082
BV-17	7,543	17,074	5,42	437	327	/	28,9	28,896
BV-18	1,646	7,63	6,04	407	330	17,36	35,98	35,984
BV-19	2,035	8,227	5,9	420	349	19,61	22,76	22,763
BV-20	0,3666	3,163	5,07	370	347	4,89	/	4,887
BV-21	0,4121	4,575	7,65	376	333	6,09	/	6,085
BV-22	1,338	6,165	5,16	387	333	13,96	19,85	19,848
BV-23	0,352	3,499	4,66	363	327	4,39	/	4,389
BV-24	11,841	20,219	7,15	440	324	/	33,96	33,957
BV-25	30,345	27,197	4,85	386	311	/	34,01	34,01
BV-26	7,941	11,881	4,59	368	310	/	30,8	30,804

- **Résultat du calcul de débit pour les ouvrages longitudinaux**

Les débits de ruissellement ont été calculés pour chaque agglomération traversée par le tracé en appliquant la méthode rationnelle. Les résultats sont présentés dans le tableau 15 ci-dessous qui recapitule, pour chaque tronçon, la position de l'ouvrage, le temps de concentration **tc**, l'intensité pluviométrique **i** correspondante, ainsi que le débit de projet **Q**.

Tableau 15:Récapitulatif des débits projets pour les caniveaux

Agglomérations	Tronçons	Position	tc (min)	i (mm/h)	Q (m^3/s)
A1	31+075 - 31+625	G/D	8,06	405,44	0,35
A2	35+975 - 36+400	G/D	7,36	471,91	0,31
A3	37+159 - 37+350	G/D	6,06	755,83	0,22
A4	42+400 - 42+750	G/D	6,94	529,08	0,24
A5	46+925 - 47+075	G/D	5,83	871,41	0,17
A6	52+100 - 52+400	G/D	6,67	579,36	0,27

A7	58+700 - 59+175	G/D	7,64	441,99	0,27
A8	59+175 - 59+525	G/D	6,94	529,08	0,29
A9	59+550 - 59+650	G/D	5,56	1106,43	0,14

III.2.2 Résultats de l'étude hydraulique

- **Résultats des sections hydrauliques des ouvrages transversaux**

Sur la base des débits de pointe déterminés pour chaque bassin versant, un dimensionnement hydraulique des ouvrages de franchissement a été réalisé. Les sections adoptées ont été choisies de manière à garantir une évacuation optimale des débits de projet, tout assurant la stabilité et la durabilité des ouvrages dans le temps. Le tableau 16 ci-après récapitule, pour chaque bassin versant, la nature de l'ouvrage existant, le débit d'évacuation retenu, ainsi que le type d'ouvrage et la section dimensionnée.

Tableau 16:Récapitulatif des sections des ouvrages retenus

PK	Q (m^3/s)	Ouvrages existants	Sections retenues	Observations
28+606.055	3,94	Buse 800	Dalot 2x1	Nouveau
30+353.310	20,03	Dalot 2x3x3	Dalot 2x2x2	Conservé
31+753.693	13,38	Buse 1000	Dalot 2x2x2	Nouveau
33+027.246	4,38	Buse 1000	Dalot 2x1	Nouveau
34+651.271	6,76	Buse 800	Dalot 2x2	Nouveau
36+683.721	8,91	Buse 1000	Dalot 2x2x1	Nouveau
38+185.712	48,45	Dalot 2x3x3	Dalot 3x3x3	Nouveau
38+413.562	7,42	Buse 1000	Dalot 2x2	Nouveau
40+419.025	32,84	Buse 1000	Dalot 2x3x3	Nouveau
40+902.141	22,54	Dalot 3x2	Dalot 2x2x2	Nouveau
43+110.860	8,36	Buse 1000	Dalot 2x2x1	Nouveau
44+523.234	17,46	Buse 1000	Dalot 2x2x2	Nouveau
46+163.136	4,33	Buse 1000	Dalot 2x1	Nouveau
48+115.308	5,32	Buse 1000	Dalot 2x2	Nouveau
49+300.767	16,5	Buse 1000	Dalot 2x2x2	Nouveau
49+708.938	30,08	Buse 1000	Dalot 2x3x3	Nouveau
49+842.110	28,9	Buse 1000	Dalot 2x3x3	Nouveau
51+594.096	35,98	Dalot 2x3x3	Dalot 2x3x3	Conservé
52+501.324	22,76	Dalot 3x3	Dalot 2x2x2	Nouveau

53+047.064	4,89	Buse 1000	Dalot 2x2	Nouveau
53+423.998	6,09	Dalot 3x3	Dalot 2x2	Conservé
54+580.384	19,85	Buse 1000	Dalot 2x2x2	Nouveau
55+374.434	4,39	Buse 1000	Dalot 2x1	Nouveau
56+002.451	33,96	Buse 1000	Dalot 2x3x3	Nouveau
56+489.957	34,01	Buse 1000	Dalot 2x3x3	Nouveau
56+726.763	30,8	Dalot 2x3x3	Dalot 2x3x3	Conservé

Le tableau ci-dessus nous montre des ouvrages de franchissement dont la majorité des ouvrages sont essentiellement des buses 1000, présentent des sections insuffisantes pour l'écoulement des débits de pointes calculés. Ils sont donc remplacés par des dalots de dimensions plus appropriés, à l'exception de quelques ouvrages aux **PK 30+353.310, 51+594.096, 53+423.998 et 56+726.763**, dont les sections actuelles restent suffisantes et sont de ce fait conservées. Les débits de projet varient de **3,94 m³/s à 48,45 m³/s**, ce que qui explique la diversité des sections retenues, allant du dalot 2×1 au dalot 3×3×3.L'ensemble de ces ouvrages dimensionnés et vérifiés hydrauliquement assure une évacuation efficace des eaux pluviales et contribue à la durabilité de la plateforme routière.

- **Détermination des sections hydrauliques des ouvrages longitudinaux**

Le dimensionnement des caniveaux a été réalisé sur la base des Sections Hydrauliquement Favorables (SHF), également appelées sections économiques. Ce concept repose sur un principe d'optimisation hydraulique visant à minimiser la section mouillée(S) et le périmètre mouillé (P), tout en maximisant le débit d'écoulement (Q) pour une pente donnée (I). Les résultats issus de ce dimensionnement sont exprimés à travers certains paramètres **B** : la largeur du caniveau et **H** : la hauteur totale incluant la revanche consignée dans le tableau 17 ci-après :

Tableau 17:Dimensions hydrauliques des caniveaux

Agglomérations	Tronçons	Position	I (m/m)	v (m/s)	B (cm)	H (cm)
A1	31+075 - 31+625	G/D	0,006	1,57	**60**	**60**
A2	35+975 - 36+400	G/D	0,011	1,9	**50**	**50**
A3	37+159 - 37+350	G/D	0,015	1,96	**40**	**40**
A4	42+400 - 42+750	G/D	0,008	1,59	**50**	**50**
A5	46+925 - 47+075	G/D	0,01	1,58	**40**	**40**

A6	52+100 - 52+400	G/D	0,016	2,12	**50**	**50**
A7	58+700 - 59+175	G/D	0,005	1,37	**60**	**60**
A8	59+175 - 59+525	G/D	0,013	2	**50**	**50**
A9	59+550 - 59+650	G/D	0,005	1,15	**40**	**40**

Les résultats de ce volet sont présentés en ANNEXE 2 : ASSAINISSEMENT DE LA ROUTE

III.2.3 Résultats du dimensionnement structurel des ouvrages hydrauliques

- **Principe de calcul général**

Les calculs sont menés sur une bande unitaire de 1 mètre en cohérence avec la largeur de l'ouvrage. L'asymétrie des sollicitations combinée à la symétrie géométrique conduit à modéliser les piédroits intermédiaires en compression simple pure, annulant ainsi les moments fléchissant nodaux et légitimant l'application de la **méthode de rotation des nœuds** pour la résolution du schéma hyperstatique(Abdou LAWANE, 2015).

- **Principe de calcul des sollicitations**

Les efforts et sollicitations dus aux charges permanentes sont calculés sont par la méthode de la rotation des nœuds, qui permet d'analyser rigoureusement l'équilibre statique de la structure. Pour les surcharges routières, la détermination des efforts repose sur la méthode des lignes d'influence :la charge est déplacée progressivement le long des travées afin de repérer la position défavorable pour chaque effet recherché. Ainsi les combinaisons de charges retenues ci-après conformément au fascicule 61 titre I-Section II (*Fascicule 61 Titre I-Section II Règles B.P.E.L. 91*, s. d.):

✓ À l'État Limite Ultime (ELU) — combinaison fondamentale :

$$\mathbf{1,35 \times G + Max}\left\{\mathbf{1,6 \times Max}\left\{\begin{matrix}\mathbf{A(l)}\\ \mathbf{B_c}\\ \mathbf{Bt}\end{matrix}\right\}; \mathbf{1,35 \times \{M_{C120}\}}\right\}$$

✓ À l'État Limite de Service (ELS) — combinaison caractéristique :

$$\mathbf{G + Max}\left\{\mathbf{1,2 \times Max}\left\{\begin{matrix}\mathbf{A(l)}\\ \mathbf{B_c}\\ \mathbf{Bt}\end{matrix}\right.; \{M_{C120}\}\right\}$$

- **Evaluation des charges appliquées sur l'ouvrage**

Les charges permanentes constituent la base du calcul et sont considérées comme constantes sur toute la durée de vie de l'ouvrage. Elles se composent de :

Le poids propre de la structure : incluant les dalles (tablier P1 et radier P2), les voiles latéraux (piédroits) et le radier lui-même ;

Les charges de recouvrement : comprenant le poids des remblais de terre, le revêtement bitumineux et les équipements de sécurité tels que les glissières ;

Les poussées de terre : sollicitations horizontales exercées sur les piédroits, évaluées à partir du poids volumique du remblai, des hauteurs de terre et du coefficient de poussée active.

Tableau 18:Récapitulatif des charges permanentes

Charges permanentes	Calcul	Résultat	Unité
Charge du tablier P1	$\sum P = Pp + P_{guid} + P_{rem} + P_{Rev}$	21,16	kN/ml
Charge du radier P2	$\sum P = P_1 + P_{Voile} + P_{rad}$	34,91	kN/ml
Poussée de terre (Pt1) en h1	$k_a \times \gamma t \times h_1 \times b_1$	2,96	kN/ml
Poussée de terre (Pt2) en h2	$k_a \times \gamma t \times h_2 \times b_1$	22,76	kN/ml

Le calcul des dalots nécessite la prise en compte d'un ensemble de charges routières réglementaires, comprenant le système de charges A, le système de charge B.Le système de charges B comprend trois systèmes distincts dont il y a lieu d'examiner indépendamment les effets pour chaque élément des ponts(*Fascicule 61 CONCEPTION, CALCUL ET EPREUVES DES OUVRAGES D'ART TITRE II. PROGRAMME DES CHARGES ET EPREUVES DES PONTS-ROUTES*, s. d.) :

- ✓ Le système Bc se compose de camions types ;
- ✓ Le système Br se compose d'une roue isolée ;

✓ Le système Bt se compose de groupes de deux essieux dénommés essieux-tandems.

Les systèmes Bc et Br s'appliquent à tous les ponts, tandis que le système Br est réservé aux ponts de première et deuxième classe. Le tableau 19 ci-dessous récapitule les charges routières considérées dans cette étude pour évaluer la résistance de l'ouvrage aux surcharges d'exploitation.

Tableau 19:Récapitulatif des surcharges routières

Désignation	Tablier kN/ml	Radier kN/ml
Système A(l)	21,83	21,83
Système Bt	95,70	7,8
Système Bc	85,12	8,04
Système Mc120	56,20	13,40
Cas défavorable	**95,70**	**7,80**

Ce tableau synthétise les surcharges routières considérées pour la présente étude. Ces valeurs constituent la base du calcul des sollicitations s'exerçant sur les éléments structuraux aux états limites (ELS et ELU). Le dimensionnement final sera établi en considérant la combinaison d'action la plus défavorable.

Pour les dallettes, les charges permanentes incluent le poids propre de la structure et la poussée des terres sur les voiles, auxquelles s'ajoute une surcharge routière de type Br de 10 tonnes pour leur dimensionnement. Le calcul des sollicitations s'appuie sur la méthode des états limites, conformément aux règles B.A.E.L 91 révisées 99, afin d'assurer la stabilité structurelle et la durabilité de l'ouvrage sous l'effet des différentes charges.

III.2.3.1 Résultats des calculs des sections d'acier du dalot 3x3x3

Le tableau 20 récapitule les aciers principaux retenus pour le ferraillage du dalot, après vérification aux états limites ultimes (ELU) et de service (ELS). Les sections d'acier nécessaires ont été comparées à la section minimale réglementaire, puis les armatures commerciales les plus adaptées ont été choisies.

Tableau 20:Récapitulatif des sections d'acier principaux du dalot

ACIERS PRINCIPAUX

Partie d'ouvrage		Section d'acier (cm²)		Maximum	Section Min	Choix	Espacement (cm)
		ELU Ast	ELS Ast				
TABLIER	Sur appuis	19,95	28,12	28,12	2,71	2 x 5HA20	20
	Au milieu	9,50	14,12	14,12	2,71	8HA14	12,5
RADIER	Sur appuis	19,95	28,12	28,12	2,71	2 x 5HA20	20
	Au milieu	9,50	14,12	14,12	2,71	8HA14	12,5
PIÉDROITS DE RIVE	Inférieur	1,05		2,71/nappe	2,71	5HA10	20
	Supérieur						
	Au milieu						
PIÉDROITS CENTRAUX	Inférieur	12		6/nappe	2,71	5HA14	20
	Supérieur						
	Au milieu						

Tableau 21:Récapitulatif des sections d'acier de répartition du dalot

ACIERS DE RÉPARTITION							
Partie d'ouvrage		Section d'acier (cm²)		Maximum	Section Min	Choix	Espacement (cm)
		ELU Ast	ELS Ast				
TABLIER	Sur appuis	19,95	28,12	9,37	2,71	HA14	15
	Au milieu	9,50	14,12	4,70	2,71	5HA12	20
RADIER	Sur appuis	19,95	28,12	9,37	2,71	HA14	15
	Au milieu	9,50	14,12	4,70	2,71	5HA12	20
PIÉDROITS DE RIVE	Inférieur	1,05		2,71	2,71	HA8	15
	Supérieur						
	Au milieu						
PIÉDROITS CENTRAUX	Inférieur	12		4	2,71	HA10	15
	Supérieur						
	Au milieu						

III.2.3.2 Résultats du calcul des sections d'acier dans le caniveau 60x60

Tableau 22:Récapitulatif des sections d'acier de répartition du caniveau

Aciers principaux				Aciers de répartition	
Partie de l'ouvrage		Choix	Espacement (cm)	Choix	Espacement (cm)
Dallette	Supérieur	5HA10	20	5HA8	20
	Inférieur	5HA10	20	5HA8	20

Radier	Supérieur	HA10	15	5HA8	20
	Inférieur	HA10	15	5HA8	20
Piédroits	Supérieur	5HA10	20	5HA8	20
	Inférieur	5HA10	20	5HA8	20

Ce chapitre présente la méthodologie de dimensionnement des ouvrages hydrauliques du tronçon, issus d'une démarche en trois étapes : détermination des débits de projet par l'étude hydraulique, validation du dimensionnement des ouvrages par la modélisation hydraulique, puis définition des armatures et des matériaux par l'analyse structurale dont les details sont regroupés en ANNEXE 3 : DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

III.3 SIGNALISATION ROUTIERE

III.3.1 Signalisation horizontale

La signalisation routière consiste à transmettre aux usagers, au moyen de dispositifs conventionnels horizontaux et verticaux implantés sur le domaine routier, les informations nécessaires à la circulation, afin d'assurer la sécurité des usagers ainsi que celle des riverains(Sidigui BAKAYOKO, 2021).

Le marquage au sol par bandes a pour objectif de délimiter visiblement les voies de circulation selon leur sens de marche et d'indiquer aux conducteurs le comportement à adopter sur la chaussée.

- **Les lignes longitudinales**

Elles sont soit :

- Continue infranchissables ;
- Discontinues de délimitation des voies ;
- Discontinues d'avertissement ;
- Discontinues mixtes.

- **Marquages transversaux et autres marquages**

- Les lignes « STOP » ;

- Les lignes « CEDEZ LE PASSAGE » ;
- Les lignes d'effet de signaux ;
- Les marquages de passage piéton ;
- Les flèches de sélection ;
- Les flèches de rabattement.

- **Principes de valorisation**

  - Couleurs des marquages

La couleur blanche est la couleur qui sera utilisée pour les marquages horizontaux. Eventuellement la couleur jaune sera aussi utilisée pour les marquages spéciaux tels que les bordures d'interdiction de stationnement ou d'arrêt.

  - Modulations des lignes discontinues

Trois (3) types de modulation ont été définis, se distinguant par le rapport entre les parties pleines et les espaces vides. Ces modulations, composées de tirets et d'intervalles, sont des multiples ou sous-multiples de 13 mètres. Le Tableau 23 et la Figure 11 ci-après présentent les modulations.

Tableau 23:différents types de modulation de lignes discontinues

Type de modulation	Longueur de trait (m)	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Rapport plein/13
T1	3	10	3/13
T2	3	3,5	6/13
T3	3	1,33	9/13

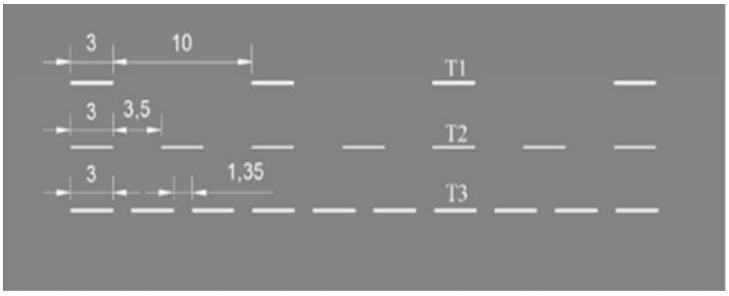


Figure 11:Illustration des différents types de modulation de lignes discontinues utilisées

- Largeur des lignes

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « u » différente suivant le type de route.

Nous adopterons les valeurs suivantes « u » :

- ✓ u = 7,5 cm sur autoroutes et voies rapides urbaines (routes express) ;
- ✓ u = 6 cm sur les routes nationales ;
- ✓ u = 5 cm sur toutes les autres routes.

Dans le cadre de notre projet nous adopterons u = 6 cm compte tenu du type de route (route nationale) de notre projet.

III.3.2 Signalisation verticale

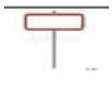
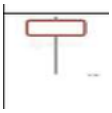
Les panneaux de signalisation verticale sont classés en diverses catégories répondant à divers objectifs, particulièrement on a :

- ➢ Panneaux de danger : A – triangulaires ;
- ➢ Panneaux de prescription : B – circulaires ou carrés ;
- ➢ Panneaux de type EB ; la localisation des agglomérations ;
- ➢ Panneaux de type J : les balises de virages et de sécurité.

En effet, l'efficacité des panneaux de signalisation dépend non seulement de leur contenu, mais également de leur positionnement, de leur visibilité et de leur conformité aux normes en vigueur.

Dans le Tableau 24 ci-dessous nous présenterons quelques panneaux aménagés sur le tronçon :

Tableau 24:Panneaux de signalisations projetés

Nom du panneau	A13a	A1a	A1b	A1c	A1d	B14	B33	EB 10	EB 20
Figures									

III.3.3 Eclairage Public

- **Technologies des luminaires et performance énergétique**

Les luminaires modernes, en particulier les lampes LED, permettent d'avoir un éclairage public plus efficace et plus économique. Ils améliorent la visibilité des usagers, consomment moins d'énergie, durent plus longtemps et réduisent les besoins de maintenance, tout en rendant les infrastructures routières plus durables. Ainsi cette efficacité repose sur :

- **Technologie LED** : Avantages en termes de durée de vie (jusqu'à 50 000 heures), d'efficacité lumineuse et de réduction des coûts de maintenance ;
- **Indice de protection (IP) et de résistance (IK)** : Choix des matériaux les mieux adaptés aux conditions climatiques.

- **Dimensionnement photométrique et implantation**

Pour assurer une couverture lumineuse uniforme, le positionnement des candélabres doit répondre à des critères précis : conformité aux normes d'éclairement selon l'usage de la voie, adaptation de la géométrie à la largeur de la chaussée, et réglage minutieux de la hauteur et de l'inclinaison des luminaires. L'objectif est de concilier performance photométrique, sécurité des usagers et réduction de la pollution lumineuse.

- **Alimentation électrique et protection du réseau**

L'infrastructure électrique d'un réseau d'éclairage public doit être conçue de manière à assurer un fonctionnement continu et fiable, tout en garantissant la sécurité des personnes et la protection des équipements contre les incidents électriques. Pour répondre à ces exigences, la conception de l'infrastructure électrique repose sur trois grands axes complémentaires.

- **Architecture du réseau** : Schéma de liaison à la terre, section des câbles pour limiter la chute de tension et armoires de commande ;
- **Dispositifs de protection** : Intégration de disjoncteurs magnétothermiques, de parafoudres et de systèmes de mise à la terre pour la sécurité des usagers et de l'infrastructure.

III.4 ASPECT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

III.4.1 Cadre politique et stratégique national

- **Plan National de Développement (PND 2021-2025)**

Le Plan National de Développement (PND), actuellement en vigueur pour la période 2021-2025, constitue le cadre stratégique de référence pour le développement de la Côte d'Ivoire. Il intègre les enjeux environnementaux comme composante essentielle du développement durable. Parmi les orientations stratégiques pertinentes pour tout projet d'infrastructure, on retient :

- La gestion durable des ressources naturelles et la préservation de la biodiversité ;
- L'amélioration du cadre de vie des populations urbaines et rurales ;
- Le renforcement de la résilience aux changements climatiques ;
- La réduction des inégalités territoriales par un aménagement équilibré du territoire.

- **Politique Nationale de l'Environnement (PNE)**

- La Politique Nationale de l'Environnement de la Côte d'Ivoire définit un cadre de référence visant à intégrer les enjeux environnementaux dans les politiques et stratégies de développement national. Elle repose sur les orientations suivantes :
- La gestion durable des ressources naturelles (forêts, eaux, sols, biodiversité) ;
- La garantie d'un environnement de qualité pour les populations, afin d'assurer un cadre de vie sain ;

- **Schéma National d'Aménagement et de Développement du Territoire (SNADT)**

Cadre Législatif et Réglementaire de la Côte d'Ivoire

Le SNADT oriente les études d'aménagement et guide les acteurs publics et privés dans la mise en œuvre des projets de développement. Il repose sur trois axes principaux :

- Le développement harmonieux et intégré des activités économiques sur l'ensemble du territoire national ;
- L'intégration sociale, en s'appuyant sur les fondements culturels pour construire une société moderne et inclusive ;

- La gestion durable de l'environnement, axée sur la sécurité foncière, la réhabilitation des ressources naturelles dégradées et l'amélioration du cadre de vie.

III.4.2 Cadre Législatif, Réglementaire et Institutionnel

Le dispositif juridique ivoirien en matière d'environnement repose sur un ensemble de textes législatifs et réglementaires, dont l'application est assurée par des institutions spécialisées. Ce cadre fixe les obligations des promoteurs de projets et les procédures d'évaluation environnementale applicables.

- **Textes Législatifs et Réglementaires Applicables**

- **Constitution du 8 novembre 2016**

La législation environnementale de la Côte d'Ivoire prend appui sur la Constitution de la IIIème République, adoptée le 8 novembre 2016. Son préambule affirme la volonté du peuple ivoirien de protéger l'environnement et de promouvoir un développement durable. L'Article 27 reconnaît le droit de tout citoyen à un environnement sain et oblige l'État et les collectivités territoriales à veiller à la protection de l'environnement. L'Article 12 garantit le droit de propriété et encadre les procédures d'expropriation pour cause d'utilité publique, sous réserve d'une juste et préalable indemnisation.

- **Loi n°96-766 du 3 octobre 1996 portant Code de l'Environnement**

Ce texte fondateur constitue la pierre angulaire du droit de l'environnement en Côte d'Ivoire. Il établit les principes directeurs de la politique environnementale nationale et instaure l'obligation d'évaluation environnementale pour tout projet susceptible d'avoir un impact significatif sur l'environnement. Ses dispositions principales incluent :

- L'obligation de réaliser une Étude d'Impact Environnemental (EIE) ou une Constatation d'Impact Environnemental (CIE) avant la mise en œuvre de tout projet (Articles 39 à 41) ;
- L'institution de l'ANDE comme autorité compétente pour la validation des études environnementales ;
- Les dispositions relatives à la lutte contre les pollutions et nuisances ;
- Les sanctions applicables en cas de violation des dispositions environnementales.

- **Décret n°96-894 du 8 novembre 1996 relatif aux EIE**

Ce décret fixe les règles et procédures applicables aux Études d'Impact Environnemental (EIE). Il définit les catégories de projets soumis à EIE obligatoire, les procédures de consultation du public et les modalités d'approbation par l'ANDE. Il précise notamment :

- La liste des projets soumis à EIE complète ou à Constatation d'Impact Environnemental (CIE) ;
- Le contenu minimal du rapport d'EIE (description du projet, état initial de l'environnement, impacts potentiels, mesures d'atténuation, Plan de Gestion Environnementale et Sociale — PGES).

➢ **Loi n°98-755 du 23 décembre 1998 portant Code de l'Eau**

Le Code de l'Eau fixe les règles de gestion, de protection et de mise en valeur des ressources en eau. Il soumet à autorisation ou déclaration les activités susceptibles de modifier le régime des eaux, notamment :

- Les prélèvements d'eaux superficielles ou souterraines, restitués ou non ;
- Les modifications du niveau ou du mode d'écoulement des eaux ;
- Les déversements, écoulements, rejets ou dépôts, chroniques ou épisodiques, même non polluants.

➢ **Le décret n°66-422 du 15 septembre 1966**

Ce décret porte sur la création de la Société d'Etat dénommée Société pour le Développement des plantations forestières (SODEFOR) ; celle-ci est devenue par la suite établissement public à caractère industriel et commercial ; puis le décret n°93-206 du 03 février 1993 lui a donné à nouveau le statut de société d'Etat, dénommée Société de Développement des Forêts (SODEFOR)(*Ministère de l'Environnement et du Developpement Durable*, 2011);

- **Institutions Compétentes en Matière d'Environnement**

La mise en œuvre du cadre réglementaire est assurée par un ensemble d'institutions aux missions complémentaires, dont les principales sont présentées dans le Tableau 25 ci-après.

Tableau 25:Instituions compétentes en Environnement et leurs rôles

Institution	Rôle dans la gestion

MINEDD	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable – Tutelle politique, élaboration et coordination des politiques environnementales nationales.
ANDE	Agence Nationale De l'Environnement – Validation des EIE/CIE, délivrance des certificats de conformité environnementale, suivi des PGES.
CIAPOL	Centre Ivoirien Anti-Pollution – Surveillance de la pollution industrielle, des eaux et de l'air ; contrôle des rejets industriels.
OIPR	Office Ivoirien des Parcs et Réserves – Gestion et protection des aires protégées et des réserves naturelles.
MINEF	Ministère des Eaux et Forêts – Gestion durable des ressources forestières et halieutiques ; délivrance des autorisations de défrichement.
ANADER	Agence Nationale d'Appui au Développement Rural – Accompagnement des populations rurales affectées et mise en œuvre des mesures de compensation agricole.
Collectivités territoriales	Districts autonomes, régions et communes – Consultation obligatoire pour tout projet ayant un impact sur leur territoire ; participation aux enquêtes publiques.

III.4.1 Synthèse des impacts environnementaux et sociaux du projet

La réalisation du projet de bitumage du tronçon Niémesso – Dioulatiedougou est susceptible de générer des impacts positifs et négatifs sur les différentes composantes de l'environnement Une analyse environnementale et sociale a donc été menée pour chaque du projet afin d'identifier et d'évaluer ces impacts. Les résultats sont présentés dans le Tableau 26 ci-après.

Tableau 26:Impacts potentiels du projet

Phase	Composantes de l'environnement	Impacts potentiels	Nature
Construction	Eaux de surface et souterraines	Risque de contamination des eaux par les rejets liquides (huiles, carburants) et déchets solides du chantier	Négatif
Construction	Us et coutumes locaux	Risque de conflits sociaux avec les communautés Malinké et Dioula ; dynamisation du petit commerce riverain	Négatif

Phase	Composantes de l'environnement	Impacts potentiels	Nature
Construction	Activités économiques	Pertes temporaires ou définitives d'activités (cultures de rente, vergers, commerces) ; perturbation des accès	Négatif
Exploitation	Activités économiques	Développement des filières coton, anacarde et mangue ; réduction des coûts et délais de transport	Positif
Exploitation	Emplois	Création d'emplois directs et indirects liés à l'entretien et à l'exploitation de la route	Positif
Construction	Santé et sécurité	Risques d'IST/VIH, accidents du travail, VBG/EAS, infections respiratoires liées aux poussières	Négatif
Exploitation	Santé et sécurité	Amélioration de la sécurité routière ; risques d'excès de vitesse et d'afflux de populations extérieures	Positif / Négatif
Construction	Circulation et transport	Augmentation du trafic lourd ; congestion et dégradation de la piste existante	Négatif
Exploitation	Circulation et transport	Amélioration des conditions de transport et réduction des coûts pour les usagers	Positif

III.4.2 Evaluation détaillée des impacts

Le Tableau 27 présente, pour la phase de construction, les principaux impacts recensés sur les composantes du milieu (biophysique et humain). Chacun est apprécié selon son intensité, son étendue et sa durée, critères qui permettent d'en établir l'importance globale et la nature, positive ou négative.

Tableau 27:Evaluation des impacts

Phase	Composante	Impact	Intensité	Étendue	Durée	Importance	Nature
Construction	Eaux de surface / souterraines	Contamination par rejets liquides (huiles,	Moyenne	Ponctuelle	Courte	**Moyenne**	Négatif

Phase	Composante	Impact	Intensité	Étendue	Durée	Importance	Nature
		carburants) et déchets solides					
Construction	Us et coutumes locaux	Risque de conflits sociaux avec les communautés Malinké et Dioula	Moyenne	Locale	Courte	**Moyenne**	Négatif
Construction	Us et coutumes locaux	Dynamisation du petit commerce riverain	Faible	Ponctuelle	Courte	**Mineure**	Positif
Construction	Activités économiques	Pertes temporaires ou définitives d'activités (cultures de rente, vergers, commerces)	Forte	Locale	Moyenne / longue	**Majeure**	Négatif
Construction	Santé et sécurité	Risques d'IST/VIH, accidents du travail, VBG/EAS, infections respiratoires (poussières)	Forte	Locale	Courte	**Majeure**	Négatif
Construction	Circulation et transport	Augmentation du trafic lourd ; congestion et dégradation de la piste existante	Moyenne	Locale	Courte	**Moyenne**	Négatif
Exploitation	Activités économiques	Développement des filières coton, anacarde et mangue ; réduction des coûts et délais	Forte	Régionale	Longue	**Majeure**	Positif
Exploitation	Emplois	Création d'emplois directs et indirects liés à l'entretien et à l'exploitation	Moyenne	Locale	Longue	**Moyenne**	Positif
Exploitation	Santé et sécurité	Amélioration de la sécurité routière ; risques d'excès de	Moyenne	Locale	Longue	**Moyenne**	Positif / Négatif

Phase	Composante	Impact	Intensité	Étendue	Durée	Importance	Nature
		vitesse et d'afflux de populations					
Exploitation	Circulation et transport	Amélioration des conditions de transport et réduction des coûts pour les usagers	Forte	Régionale	Longue	**Majeure**	Positif

III.4.3 Mesures environnementales et sociales

Le tableau 28 ci-dessous présente les mesures d'atténuation et de bonification proposées pour chacun des impacts identifiés précédemment. Ces mesures visent à réduire, éliminer ou compenser les effets négatifs du projet sur les milieux biophysique et humain, tout en renforçant les retombées positives lorsque cela est possible. Elles sont formulées de manière à être réalistes, applicables et adaptées au contexte local du projet.

Tableau 28:Mesures d'atténuations

Composantes environnementales et sociales	Impacts potentiels	Mesures environnementales et sociales	Responsable	
			Exécution	Contrôle
Paysage	Modification du paysage par la présence des infrastructures et dépôts de matériaux en bordure de la route.	Eviter les dépôts anarchiques des matériaux et procéder à la remise en état des sites d'emprunt après exploitation.	Entreprise	Maitre d'ouvrage
	-Perturbation de la quiétude de la faune due aux vibrations et à la destruction de la végétation (savane arborée/arbustive) ; -Reboisement des arbres en compensation des arbres abattus lors des	-Réaliser la plantation des arbres (espèces locales adaptées : karité, néré, acacia) en compensation des abattus ; Suivre régulièrement la plantation des arbres ;		

Flore et Faune	travaux, en saison pluvieuse.	-Sensibiliser les ouvriers sur l'interdiction de prélever la viande sauvage (Présence de la faune dans la région de Kabadougou).	Entreprise	Maitre d'ouvrage
Sols	-Modification et fragilisation de la structure et de la texture des sols ferralitiques et ferrugineux due aux excavations et décapages ; -Pollution des sols par les déchets solides et liquides issus du chantier.	-Collecter les déchets solides et liquides du chantier ; -Etablir un contrat d'enlèvement des déchets avec des services agrées de la ville d'Odienné.	Entreprise	Maitre d'ouvrage
Eaux de surface et eaux souterraines	-Pollution des eaux souterraines par des déchets liquides issus du chantier (nappes phréatiques locales) ; -Pollution des eaux de surface par les déchets (marigots, cours d'eau traversés sur l'axe).	-Collecter les déchets solides et liquides du chantier ; -Etablir un contrat d'enlèvement des déchets avec des services agrées ; -Eviter tout déversement de produit chimiques à proximité des points d'eau.	Entreprise	Maitre d'ouvrage
Pollution/Santé	-Risque d'accidents pour les usagers et riverains (traversée agglomération) ; -Risque de propagation des IST/VIH/SIDA liés à l'afflux de travailleurs ; -Nuisances sonores et poussières impactant les riverains et les	-Mettre en place une signalisation adéquate et des déviations sécurisées ; -Organiser des campagnes de sensibilisation IST/VIH/SIDA auprès des ouvriers et des populations ;	Entreprise	Mission de contrôle /Maitre d'ouvrage

	établissements scolaires.	-Respecter les horaires de travail à proximité des zones habitées et scolaires.		
Cadre de vie et patrimoine culturel	-Perturbation de l'accès aux habitations, commerces et services (marchés de Dioulatiédougou) -Risque d'endommagement de sites culturels ou de découverte fortuite de vestiges archéologiques.	-Maintenir les accès riverains en permanence ; -En cas de découverte fortuite de vestiges archéologiques, arrêter les travaux et modifier le Ministère de la Culture.	Entreprise	Maitre d'ouvrage
Emploi et économie locale	-Perturbation des activités économiques riveraines (commerce, agriculture) ; -Opportunité de création d'emplois locaux pour les populations de la région du Kabadougou	-Prioriser le recrutement de la main-d'œuvre locale (Odienné, Dioulatiédougou, villages riverains) ; -Indemniser les personnes affectées conformément au par du projet.	Entreprise	Maitre d'ouvrage

La suite des détails concernant cette partie est en ANNEXE 4 : IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

III.5 EVALUATION FINANCIERE DU COUT DU PROJET

L'évaluation financière du cout du projet routier constitue une étape fondamentale dans le processus de sa réalisation. Elle permet au maitre d'ouvrage d'apprécier le coût de l'infrastructure et de statuer sur sa faisabilité financière, tandis que pour l'entreprise, elle représente un outil essentiel pour établir son offre de soumission avec rigueur et en toute connaissance des enjeux du projet.

Dans le cadre de la présente étude, le Devis Quantitatif et Estimatif (DQE) a été élaboré en scindant les travaux en plusieurs composantes, à savoir :

- L'installation générale de chantier ;

- Les travaux terrassements généraux ;
- L'assainissement routier ;
- Corps de chaussée ;
- La signalisation et équipements de sécurité routière ;
- L'étude d'impact environnemental et social (EIES).

Les coûts ont été établis sur la base des bordereaux de prix unitaires de référence utilisés par le Ministère des Infrastructures et de l'Entretien Routier de Côte d'Ivoire pour les routes bitumées en zone de savane. Le tableau 29 ci-dessous présente la synthèse financière du projet.

Les détails de cette partie seront consignés en ANNEXE 5 : DEVIS QUANTITATIF ET ESMATIMATIF

Tableau 29:Synthèse financière du projet

RÉCAPITULATIF GÉNÉRAL PAR CHAPITRE		
Chapitre	Désignation	Montant HT (FCFA)
Chap. I	Installation de Chantier et Préparation	1 277 094 135
Chap. II	Terrassements Généraux	3 761 893 100
Chap. III	Assainissement routier	795 202 685
Chap. IV	Corps de Chaussée (Chaussée Bitumée)	3 354 374 430
Chap. V	Signalisation et équipements de sécurité routière	922 014 500
Chap. VI	Travaux Divers et Environnement	304 150 000
	TOTAL HT	10 414 728 850
	Sous-total avant TVA	11 456 201 734
	TVA 18%	2 062 116 312
	MONTANT TOTAL TTC	**12 476 845 162**

CONCLUSION GENERALE

Notre étude avait pour but principal de produire un rapport synthétique qui englobe les méthodes de conception et de calcul, les notes des ouvrages, ainsi que les plans de coffrage, d'aménagement et d'exécution. Elle comprenait également une évaluation de l'impact environnemental et une estimation des couts du projet.

Les phases distinctes des études menées pour le projet « Études techniques détaillées pour le bitumage de la route Niémesso–Dioulatiedougou (31,6 km, Côte d'Ivoire) » nous ont conduit à un résultat conforme aux normes techniques et requis pour sa mise en œuvre. Pour la structure de chaussée, la proposition de notre conception est de 20 cm de couche de fondation en Tout-Venant Concassé (TVC), 20 cm de couche de base en Tout-Venant Concassé (TVC) et 4 cm de béton bitumineux pour la couche de roulement, ainsi qu'un enduit superficiel monocouche pour les accotements, pour une largeur de chaussée en agglomération de 11 m et de 10 m hors agglomération. De l'étude hydrologique ressort un ensemble de bassins versants qui nous a permis de dimensionner les ouvrages hydrauliques afin d'assainir la route. Un dimensionnement structural a été proposé pour un dalot de 3 × 3 × 3 et le caniveau de 60 × 60. Aussi une signalisation horizontale et verticale, afin de garantir la sécurité des usagers. Vient par la suite une étude d'impact environnemental et social (EIES) dans le but d'évaluer les effets de notre projet, tant positif que négatifs sur l'environnement et la société. Enfin, l'estimation financière détaillée des travaux, établie sur la base des métrés et de prix unitaires du marché ivoirien, fournit la valeur globale du projet et constitue un outil essentiel pour la mobilisation des financements. Au total, ce dossier technique offre une base solide et opérationnelle pour le lancement des appels d'offre et l'exécution des travaux, contribuant ainsi au développement de la région.

Le coût total du projet s'élève à **12 476 845 162** s'écrit en lettres :

Douze milliards quatre cent soixante-seize millions huit cent quarante-cinq mille cent soixante-deux Francs CFA toutes taxes comprises. Le coût par kilomètre de la route est de **394 836 872** s'écrit en lettres : Trois cent quatre-vingt-quatorze millions huit cent trente-six mille huit cent soixante-douze.

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

En vue d'assurer la pérennité et l'efficacité de l'infrastructure routière sur le long terme, un certain nombre de recommandations s'imposent dès la phase d'exécution du projet :

- Un contrôle rigoureux des matériaux, préalablement à leur mise en œuvre, est indispensable pour garantir leur conformité aux spécifications techniques requises ;
- Un suivi méthodique de l'exécution des travaux, associé à un entretien périodique des ouvrages hydrauliques et de la chaussée tous les 36 mois, permettra de prévenir toute dégradation anticipée ;
- La mise en place de dispositifs de sécurité routière, en conformité avec les normes en vigueur, s'avère nécessaire pour assurer la protection des usagers ;
- L'implication active des populations riveraines dans le processus de réalisation contribuera à renforcer leur appropriation des infrastructures et à en encourager la préservation durable.
- Prévoir un audit de sécurité routière dans les 12 mois suivant la mise en service afin d'identifier et de corriger les éventuels points noirs ;
- Former des agents locaux d'entretien aux techniques courant tous les six mois, dotés d'outils de base ;
- Approfondir l'étude à l'aide de données complémentaires afin d'améliorer la précision des résultats obtenus ;
- Réaliser des analyses comparatives entre différentes variantes techniques afin d'identifier les solutions les plus efficaces et durables ;
- Etendre l'application de la méthodologie utilisée à d'autres projets ou contextes similaires pour en évaluer la pertinence.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

FAURE M.2002. Les cours de l'ENTPE. 1 janvier 2002. Vaulx-en-Velin : ENTPE.

WADE P.S. 2024. Département Génie Rural, 5ème année GR, année scolaire2024 : cours de structures hydrauliques, chapitre 4, hydraulique routière.

VAN TUU N.1981. Hydraulique routière. Paris : BCEOM.

ASTEE. 2017. Mémento technique. Paris : ASTEE.

BIAOU C. 2015. Cours d'hydraulique routière. 14 juin 2015.

KHAC V.L., MILLAN A.L., FAURE E., GILCART J.P.1992.Photothèque du C.T.O.A. du S.E.T.R.A. Bagneux : S.E.T.R.A.D.D.E. de l'Hérault, D.D.E. de la Haute-Garonne, D.D.E. de la Seine-Maritime, Scetauroute Bordeaux, Société EBAL, Société BOURACHOT.

CERAMA.2022. Aménagement des routes principales. Bagneux : Cerema.

LBTP-CI. Catalogue.1994. Abidjan : Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics.

SETRA, LCPC. 2000. GTR, fascicule 1 : principes généraux. Paris : LCPC ; Bagneux : SETRA.

LCPC-SETRA. Conception et dimensionnement des structures de chaussée. Paris : LCPC ; Bagneux : SETRA.

LAWANE A. 2015. Cours de calcul de structure 2 et 3. Ouaga :2iE

Fascicule61, titre I. 1991. Section II : règles B.P.E.L. 91. Paris : Ministère de l'Équipement.

Fascicule 61, titre II. 1971. Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art : programme des charges et épreuves des ponts-routes. Paris : Ministère de l'Équipement et du Logement

BAKAYOKO S. 2021. Technique routière. Septembre 2021.Yakro: ESBTP

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE. 2011.politiquenationale de l'environnement du gouvernement ivoirien

ANNEXES

ANNEXE 1 : CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DE LA ROUTE

1. Données de base

Tableau : Données de base de conception routière

Données d'entrée	Valeurs
TMJA (2 sens)	125 PL/j
Année de comptage	2024
Année de mise en service	2027
Durée de vie	15
Taux de croissance géométrique	7%
Coefficient de Répartition du Trafic	50,5%

Le taux d'accroissement du trafic (i) dépend de plusieurs paramètres, notamment du taux de croissance du PIB et de celui de la population. Pour rappel, son évaluation repose sur le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA), estimé à partir d'une campagne de comptage réalisée sur une période de sept (7) jours à différents postes, permettant ainsi d'apprécier l'évolution du trafic.

2. Calcul de Trafic

Pour cette raison, le dimensionnement des chaussées est principalement basé sur le trafic des poids lourds, qui représente la catégorie de véhicules exerçant les sollicitations les plus importantes sur la structure. Ce trafic est évalué à partir du trafic journalier de poids lourds observé à l'année de mise en service de la route, tout en tenant compte de son évolution prévisible au cours de la période de dimensionnement.

Ainsi, le calcul du trafic de dimensionnement s'effectue à l'aide de la formule suivante :

$$N_{PL} = 365 \times TMJA \times \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

Tableau : Calcul du trafic poids lourds et des essieux équivalents cumulés à l'horizon 2027

Description	Formules	Résultats
TMJA' (2 sens)	$T_{2027} = T_{2024} \times (1 + \mathrm{i})^n$	125 PL/j
TMJA (par sens)	$T_{2027} = 0{,}505 \times 125$	63 PL/j
Nombre trafic en nombre Cumulé de poids lourds	$N_{PL} = 365 \times 63 \times \frac{(1 + 0{,}07)^{15} - 1}{0{,}07}$	578 989 PL
Nombre d'essieux équivalent cumulé NE	$NE = 578989 \times 0{,}8$	463 191 PL

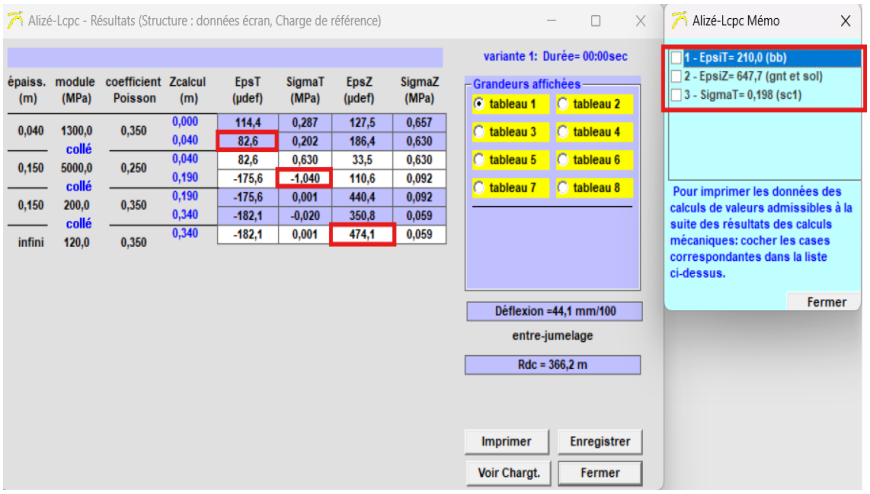
Les paramètres de dimensionnement retenus sont une classe de trafic T2 et portance du sol S4 conformément au catalogue LBTP qui conduisent à proposer les trois variantes suivantes pour la structure de chaussée.

3. Choix des variantes

Tableau : Choix des variantes de structures de chaussées

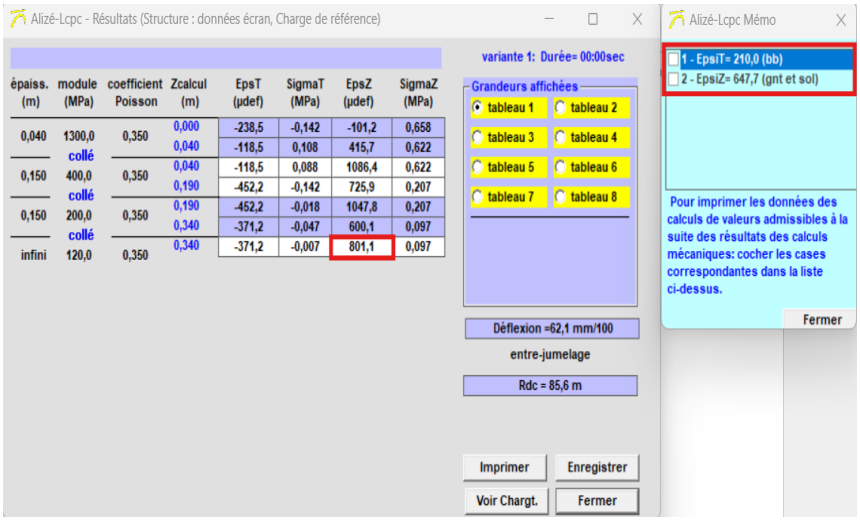
Variantes	Couches de chaussées	Matériaux constitutifs des couches	Epaisseurs des couches (cm)
1	Revêtement	Béton bitumineux	4 cm
	Base	Graveleux ciment	15 cm
	Fondation	Graveleux naturel	15 cm
	Plateforme	PF3	
2	Revêtement	Béton bitumineux	4 cm
	Base	Tout-venant de concassage	15 cm
	Fondation	Graveleux naturel	15 cm
	Plateforme	PF3	
3	Revêtement	Béton bitumineux	4 cm
	Base	Tout-venant de concassage	20 cm
	Fondation	Tout-venant de concassage	20 cm
	Plateforme	PF3	

4. Vérification de la structure de chaussée sur Alizé



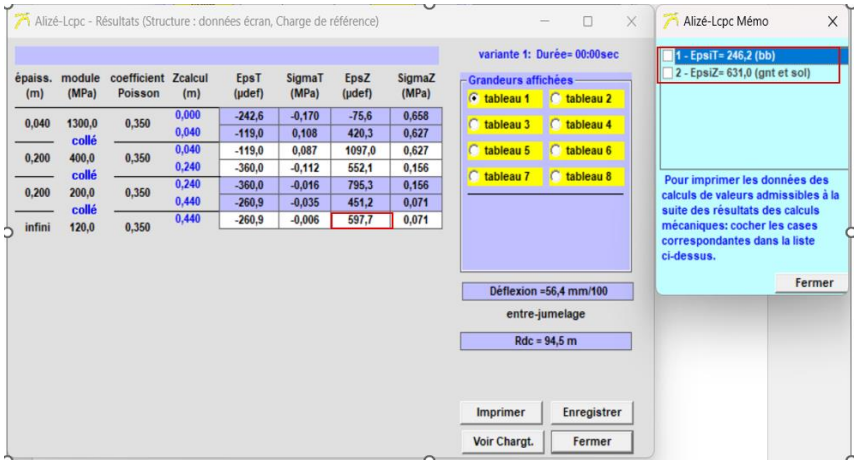
épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,040	1300,0 collé	0,350	0,000	114,4	0,287	127,5	0,657
			0,040	82,6	0,202	186,4	0,630
0,150	5000,0 collé	0,250	0,040	82,6	0,630	33,5	0,630
			0,190	-175,6	-1,040	110,6	0,092
0,150	200,0 collé	0,350	0,190	-175,6	0,001	440,4	0,092
			0,340	-182,1	-0,020	350,8	0,059
infini	120,0	0,350	0,340	-182,1	0,001	474,1	0,059

Figure : Résultats du calcul de dimensionnement de chaussée par le logiciel Alizé-LCPC – Contraintes et déformations par couche (variante 1)



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,040	1300,0 collé	0,350	0,000	-238,5	-0,142	-101,2	0,658
			0,040	-118,5	0,108	415,7	0,622
0,150	400,0 collé	0,350	0,040	-118,5	0,088	1086,4	0,622
			0,190	-452,2	-0,142	725,9	0,207
0,150	200,0 collé	0,350	0,190	-452,2	-0,018	1047,8	0,207
			0,340	-371,2	-0,047	600,1	0,097
infini	120,0	0,350	0,340	-371,2	-0,007	801,1	0,097

Figure : Résultats du calcul de dimensionnement de chaussée par le logiciel Alizé-LCPC – Contraintes et déformations par couche (variante 2)



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,040	1300,0 collé	0,350	0,000	-242,6	-0,170	-75,6	0,658
			0,040	-119,0	0,108	420,3	0,627
0,200	400,0 collé	0,350	0,040	-119,0	0,087	1097,0	0,627
			0,240	-360,0	-0,112	552,1	0,156
0,200	200,0 collé	0,350	0,240	-360,0	-0,016	795,3	0,156
			0,440	-260,9	-0,035	451,2	0,071
infini	120,0	0,350	0,440	-260,9	-0,006	597,7	0,071

Figure:Résultats du calcul de dimensionnement de chaussée par le logiciel Alizé-LCPC – Contraintes et déformations par couche (variante 3)

Après vérification sur Alizé, on constate que la variante 3 a des contraintes calculées inférieures aux contraintes admissibles ce qui convient mieux au projet.

Axe En Plan						
Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	214.97gr	44,269	28+500.000	675529,515	1014392,720
Cubique Plan 1	Paramètre	140,274	60,627	28+544.269	675519,198	1014349,670
Arc 1	Rayon	324.553 m	82,364	28+604.896	675506,905	1014290,272
	Centre X	675828.203 m				
	Centre Y	1014244.416 m				
Cubique Plan 2	Paramètre	-140,274	60,627	28+687.260	675505,683	1014208,139
Droite 2	Gisement	186.92gr	372,740	28+747.887	675516,203	1014148,401
Arc 2	Rayon	1850.000 m	61,015	29+120.627	675592,243	1013783,500
	Centre X	677403.339 m				
	Centre Y	1014160.904 m				
Droite 3	Gisement	184.82gr	538,810	29+181.642	675605,673	1013723,984
Arc 3	Rayon	900.000 m	374,577	29+720.452	675732,926	1013200,416
	Centre X	676607.466 m				
	Centre Y	1013412.972 m				
Droite 4	Gisement	158.33gr	94,765	30+095.029	675893,516	1012864,999
Arc 4	Rayon	22548.388 m	673,588	30+189.794	675951,214	1012789,824
	Centre X	693838.352 m				
	Centre Y	1026518.629 m				
Droite 5	Gisement	156.42gr	57,073	30+863.382	676369,254	1012261,686
Arc 5	Rayon	-1800.000 m	271,294	30+920.455	676405,341	1012217,469
	Centre X	675010.812 m				
	Centre Y	1011079.362 m				
Droite 6	Gisement	166.02gr	1173,001	31+191.749	676560,417	1011995,180
Arc 6	Rayon	-2000.000 m	456,033	32+364.751	677157,226	1010985,353
	Centre X	675435.442 m				
	Centre Y	1009967.777 m				
Droite 7	Gisement	180.53gr	1592,731	32+820.784	677342,679	1010569,812
Arc 7	Rayon	900.000 m	160,289	34+413.515	677822,120	1009050,954
	Centre X	678680.376 m				
	Centre Y	1009321.870 m				
Droite 8	Gisement	169.20gr	133,999	34+573.804	677883,691	1008903,192
Arc 8	Rayon	-900.000 m	285,065	34+707.803	677946,027	1008784,575
	Centre X	677149.341 m				
	Centre Y	1008365.897 m				
Droite 9	Gisement	189.36gr	67,036	34+992.868	678036,802	1008515,605
Arc 9	Rayon	-1750.000 m	466,344	35+059.903	678047,953	1008449,504
	Centre X	676322.334 m				
	Centre Y	1008158.404 m				
Droite 10	Gisement	206.33gr	277,106	35+526.247	678063,702	1007984,805
Arc 10	Rayon	-2250.000 m	186,371	35+803.354	678036,214	1007709,066
	Centre X	675797.311 m				
	Centre Y	1007932.264 m				
Droite 11	Gisement	211.60gr	47,409	35+989.724	678010,071	1007524,591

Cubique Plan 3	Paramètre	183,030	67,000	36+037.133	678001,481	1007477,967
Arc 11	Rayon	500.000 m	306,165	36+104.133	677990,813	1007411,805
	Centre X	678487.500 m				
	Centre Y	1007354.342 m				
Cubique Plan 4	Paramètre	-183,030	67,000	36+410.298	678048,027	1007115,881
Droite 12	Gisement	164.08gr	328,615	36+477.298	678082,588	1007058,463
Arc 12	Rayon	3100.000 m	353,290	36+805.913	678258,300	1006780,772
	Centre X	680877.916 m				
	Centre Y	1008438.364 m				
Droite 13	Gisement	156.83gr	243,133	37+159.203	678463,791	1006493,627
Arc 13	Rayon	925.000 m	102,641	37+402.336	678616,317	1006304,287
	Centre X	679336.661 m				
	Centre Y	1006884.571 m				
Droite 14	Gisement	149.77gr	69,928	37+504.977	678685,006	1006228,088
Cubique Plan 5	Paramètre	145,816	61,984	37+574.905	678734,634	1006178,824
Arc 14	Rayon	343.026 m	144,658	37+636.889	678779,941	1006136,482
	Centre X	678998.640 m				
	Centre Y	1006400.749 m				
Cubique Plan 6	Paramètre	-145,816	61,984	37+781.548	678907,272	1006070,115
Droite 15	Gisement	111.41gr	62,536	37+843.532	678967,930	1006057,228
Arc 15	Rayon	-900.000 m	375,773	37+906.068	679029,465	1006046,079
	Centre X	678869.015 m				
	Centre Y	1005160.497 m				
Droite 16	Gisement	137.99gr	162,080	38+281.841	679374,785	1005904,941
Arc 16	Rayon	900.000 m	196,571	38+443.921	679508,851	1005813,858
	Centre X	680014.621 m				
	Centre Y	1006558.302 m				
Droite 17	Gisement	124.09gr	172,459	38+640.493	679682,173	1005721,954
Arc 17	Rayon	-900.000 m	222,133	38+812.952	679842,435	1005658,250
	Centre X	679509.988 m				
	Centre Y	1004821.901 m				
Droite 18	Gisement	139.80gr	41,614	39+035.085	680036,695	1005551,682
Arc 18	Rayon	900.000 m	314,428	39+076.699	680070,438	1005527,328
	Centre X	680597.145 m				
	Centre Y	1006257.109 m				
Droite 19	Gisement	117.56gr	72,664	39+391.127	680352,060	1005391,122
Cubique Plan 7	Paramètre	-113,891	53,822	39+463.791	680421,978	1005371,334
Arc 19	Rayon	-241.000 m	29,353	39+517.613	680473,220	1005354,750
	Centre X	680382.148 m				
	Centre Y	1005131.621 m				
Cubique Plan 8	Paramètre	113,891	53,822	39+546.966	680499,655	1005342,032
Droite 20	Gisement	139.54gr	662,950	39+600.788	680544,593	1005312,344
Arc 20	Rayon	900.000 m	360,164	40+263.737	681083,753	1004926,587
	Centre X	681607.445 m				
	Centre Y	1005658.534 m				
Droite 21	Gisement	114.06gr	270,507	40+623.901	681410,286	1004780,395
Arc 21	Rayon	2500.000 m	38,563	40+894.408	681674,223	1004721,136
	Centre X	682221.886 m				
	Centre Y	1007160.411 m				
Droite 22	Gisement	113.08gr	670,153	40+932.971	681711,912	1004712,978

Arc 22	Rayon Centre X Centre Y	-900.000 m 682184.384 m 1003695.198 m	442,935	41+603.125	682367,975	1004576,274
Droite 23	Gisement	144.41gr	111,984	42+046.060	682762,513	1004384,957
Arc 23	Rayon Centre X Centre Y	-4500.000 m 679957.691 m 1000864.231 m	817,848	42+158.043	682848,337	1004313,022
Droite 24	Gisement	155.98gr	324,822	42+975.892	683424,081	1003733,750
Arc 24	Rayon Centre X Centre Y	1000.000 m 684401.519 m 1004121.207 m	422,236	43+300.714	683631,210	1003483,537
Droite 25	Gisement	129.10gr	844,658	43+722.949	683960,181	1003223,867
Arc 25	Rayon Centre X Centre Y	-900.000 m 684320.922 m 1002043.480 m	310,674	44+567.607	684718,126	1002851,087
Droite 26	Gisement	151.07gr	283,567	44+878.281	684967,972	1002669,040
Arc 26	Rayon Centre X Centre Y	-42756.132 m 654425.762 m 972746.798 m	1361,435	45+161.849	685165,071	1002465,171
Droite 27	Gisement	153.10gr	59,990	46+523.284	686095,617	1001471,475
Arc 27	Rayon Centre X Centre Y	2500.000 m 687987.693 m 1003106.605 m	797,705	46+583.273	686135,920	1001427,040
Droite 28	Gisement	132.79gr	476,945	47+380.978	686756,261	1000930,926
Arc 28	Rayon Centre X Centre Y	-4000.000 m 685201.043 m 997214.911 m	243,583	47+857.923	687171,333	1000695,996
Droite 29	Gisement	136.67gr	765,567	48+101.506	687379,533	1000569,636
Arc 29	Rayon Centre X Centre Y	-900.000 m 687531.439 m 999397.878 m	30,612	48+867.073	688021,600	1000152,691
Droite 30	Gisement	138.83gr	793,063	48+897.685	688046,985	1000135,585
Arc 30	Rayon Centre X Centre Y	-1000.000 m 688124.211 m 998861.621 m	70,257	49+690.748	688697,039	999681,296
Droite 31	Gisement	143.30gr	57,151	49+761.005	688753,167	999639,062
Arc 31	Rayon Centre X Centre Y	900.000 m 689363.658 m 1000302.813 m	268,127	49+818.156	688797,598	999603,117
Droite 32	Gisement	124.34gr	187,012	50+086.283	689027,916	999467,782
Arc 32	Rayon Centre X Centre Y	1500.000 m 689760.999 m 1000789.737 m	94,517	50+273.295	689201,428	999398,018
Droite 33	Gisement	120.33gr	930,913	50+367.811	689290,174	999365,544
Cubique Plan 9	Paramètre	-189,328	67,000	51+298.724	690174,040	999073,346
Arc 33	Rayon Centre X Centre Y	-535.000 m 690037.826 m 998554.532 m	621,954	51+365.724	690237,215	999050,988
Cubique Plan 10	Paramètre	189,328	67,000	51+987.678	690572,640	998568,633
Droite 34	Gisement	202.31gr	581,864	52+054.678	690571,608	998501,626

Arc 34	Rayon Centre X Centre Y	1377.993 m 691927.597 m 997870.179 m	310,883	52+636.542	690550,510	997920,145
Droite 35	Gisement	187.95gr	295,171	52+947.425	690574,229	997610,829
Arc 35	Rayon Centre X Centre Y	1550.000 m 692152.083 m 997612.656 m	31,774	53+242.596	690629,783	997320,932
Droite 36	Gisement	186.64gr	813,375	53+274.370	690636,083	997289,790
Arc 36	Rayon Centre X Centre Y	-10465.986 m 680569.096 m 994314.186 m	579,283	54+087.745	690805,509	996494,256
Droite 37	Gisement	190.16gr	397,970	54+667.028	690910,437	995924,631
Arc 37	Rayon Centre X Centre Y	900.000 m 691860.955 m 995669.888 m	327,614	55+064.997	690971,674	995531,401
Droite 38	Gisement	166.99gr	242,933	55+392.612	691079,250	995223,865
Arc 38	Rayon Centre X Centre Y	14756.958 m 704016.971 m 1002326.132 m	822,890	55+635.545	691199,643	995012,862
Droite 39	Gisement	163.44gr	52,797	56+458.435	691627,163	994309,869
Cubique Plan 11	Paramètre	141,917	61,032	56+511.231	691655,843	994265,542
Arc 39	Rayon Centre X Centre Y	330.000 m 691949.898 m 994419.411 m	124,579	56+572.263	691690,576	994215,322
Cubique Plan 12	Paramètre	-141,917	61,032	56+696.842	691784,066	994134,105
Droite 40	Gisement	127.63gr	702,895	56+757.874	691838,648	994106,733
Arc 40	Rayon Centre X Centre Y	-1500.000 m 691845.614 m 992450.227 m	397,515	57+460.769	692476,377	993811,160
Droite 41	Gisement	144.50gr	1822,479	57+858.284	692810,811	993598,441
Arc 41	Rayon Centre X Centre Y	900.000 m 694784.992 m 993114.668 m	360,636	59+680.763	694205,874	992425,740
Droite 42	Gisement	118.99gr	112,390	60+041.399	694520,478	992254,417
				60+153.788	694627,904	992221,385
Longueur totale de l'axe 31653.788 mètre(s)						

L'ensemble des plans du projet relatifs à la conception routière et le dimensionnement de la chaussée sont présentés en annexe, de la page LXXIII à la page LXXVIII.

ANNEXE 2 : ASSAINISSEMENT DE LA ROUTE

I. ETUDE HYDROLOGIQUE

1. Délimitation des bassins versants

Grace au logiciels Global Mapper, la délimitation des bassins versants a été réalisée à partir du Modèle Numérique de Terrain. Cette analyse a permis d'identifier 25 bassins versants.

Tableau : Caractéristiques des bassins versants

BV	S (km²)	P (km)	Pente (%)	Zmax (m)	Zmin (m)
BV-01	0,2932	3,038	5,35	426	409
BV-02	2,538	8,585	5,28	443	402
BV-03	1,39	6,64	5,34	443	403
BV-04	0,4149	3,616	4,69	431	409
BV-05	0,535	4,763	5,7	430	398
BV-06	0,739	4,561	5,6	417	375
BV-07	47,699	35,453	5,47	489	373
BV-08	0,636	4,21	5,4	413	384
BV-09	3,988	13,739	5,85	479	382
BV-10	6,457	14,594	5,13	465	382
BV-11	0,961	5,945	4,84	429	396
BV-12	2,08	7,801	5,11	438	398
BV-13	0,2815	3,531	5,12	436	407
BV-14	0,4102	3,67	5,23	427	403
BV-15	4,265	12,278	5,25	438	369
BV-16	1,612	7,874	7,19	429	351
BV-17	7,543	17,074	5,42	437	327
BV-18	1,646	7,63	6,04	407	330
BV-19	2,035	8,227	5,9	420	349
BV-20	0,3666	3,163	5,07	370	347
BV-21	0,4121	4,575	7,65	376	333
BV-22	1,338	6,165	5,16	387	333
BV-23	0,352	3,499	4,66	363	327
BV-24	11,841	20,219	7,15	440	324
BV-25	30,345	27,197	4,85	386	311
BV-26	7,941	11,881	4,59	368	310

2. Méthodologie de calcul de débits

Les débits à l'exutoire des bassins versants ont été déterminés à l'aide de différentes méthodes de calcul hydrologique, choisies en fonction de la superficie de chaque bassin, à savoir :

- La méthode rationnelle, applicable aux bassins versants dont la superficie est inférieure ou égale à 4km² ;
- La méthode d'ORSTOM, utilisée pour les bassins versants dont la superficie est inférieure à 200 km².

Avant le calcul des débits, il a été nécessaire de déterminer les principaux paramètres physiques des bassins versants, notamment :

- L'indice de compacité :

$$\mathbf{I_{comp} = 0,282 \times \frac{P}{\sqrt{S}}}$$

- Longueur du rectangle équivalent exprimée en km :

$$\mathbf{L = \sqrt{S} \times \frac{I_{comp}}{1,128} \times \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,128}{I_{comp}}\right)^2}\right]}$$

- La dénivelée en m :

$$\mathbf{D = Z_{5\%} - Z_{95\%}}$$

- Indice globale de pente exprimé en m/km :

$$\mathbf{I_g = \frac{D}{L}}$$

Ces paramètres permettent de mieux caractériser le comportement hydrologique des bassins versants et d'assurer une estimation plus fiable des débits de projet.

a) Méthode rationnelle

Le débit de pointe à l'exutoire du bassin versant est déterminé à l'aide de la formule de la méthode rationnelle suivante :

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

- Q : débit à l'exutoire en m^3/s ;

- C : Coefficient de ruissellement décennal ;
- i : Intensité de l'averse en mm/h ;
- A : Superficie du Bassin Versant en km^2.

Le coefficient de ruissellement C est déterminé en fonction de plusieurs paramètres, notamment la nature de la zone étudiée, la pente du terrain ainsi que la superficie du bassin versant concerné. Il traduit la capacité du sol à transformer les précipitations en ruissellement de surface.

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

Figure : Coefficient de ruissellement pour la méthode rationnelle

Pour la période de retour de 10 ans les intensités de pluie les intensités moyennes i(t) de pluie de durée t sont calculées par la formule de Montana $i(t) = a \times t_c^{-b}$ avec i(t) en mm/mn et t en mn.

Tableau : Coefficients de Montana

Coefficients de Montana			
Station	Période de retour	**a**	**b**
Odienné	10 ans	**13,0449**	**0,5889**

Ces coefficients permettent d'estimer l'intensité des pluies de projet nécessaires au dimensionnement des ouvrages hydrauliques. La formule donne une intensité en mm/min ; pour l'obtenir en mm/h, il suffit de multiplier le résultat par 60.

Tableau : Calcul des débits de pointe par bassin versant selon la méthode rationnelle

Bassins versants	Coeff.	tc (min)	i (mm/h)	Q (m³/s)
BV-01	0,36	20	134,27	3,937
BV-02	0,36	49,2	78,93	20,034
BV-03	0,36	35,1	96,24	13,378
BV-04	0,3	22,1	126,56	4,376
BV-05	0,36	22,1	126,42	6,763
BV-06	0,36	24	120,53	8,907
BV-08	0,36	25,4	116,6	7,416
BV-09	0,36	45,8	82,34	32,836
BV-11	0,3	30,6	104,4	8,361
BV-12	0,36	44,3	83,97	17,465
BV-13	0,36	15,9	153,66	4,325
BV-14	0,36	21,2	129,58	5,316
BV-16	0,36	29,6	106,5	17,168
BV-18	0,36	30,1	105,44	17,355
BV-19	0,36	35,1	96,34	19,606
BV-20	0,36	20,2	133,32	4,887
BV-21	0,36	17	147,67	6,085
BV-22	0,36	30,6	104,36	13,963
BV-23	0,3	16,6	149,62	4,389

b) Méthode d'ORSTOM

Le débit de pointe correspondant au ruissellement superficiel de la crue décennale est déterminé comme le débit maximal généré par les eaux de ruissellement pour une pluie ayant une période de retour de dix ans.

$$\mathbf{Q = m \times A \times P_{10} \times Kr_{10} \times \alpha_{10} \times \frac{S}{Tb_{10}}}$$

- m : le coefficient de majoration = 1,05 ;
- A : le coefficient d'abattement (fonction de S) $\mathbf{A = 1 - \left[\left(\frac{161-0{,}042\times P_{an}}{1000}\right) \times log(S)\right]}$;
- P_{10} :la précipitation décennale ponctuelle journalière (mm) ;
- α : le coefficient de pointe décennal = 2,6 ;
- S :la superficie du bassin versant (km^2) ;
- Tb_{10} : le temps de base bi-décennale (s) ; $\mathbf{Tb_{10} = a \cdot S^{0,36} + b}$;
- Kr_{10} le coefficient de ruissellement décennale.

Le calcul s'appuie sur la détermination du coefficient de ruissellement décennal Kr_{10}. Ce dernier est choisi par interpolation de Kr_{70} (coefficient de ruissellement décennale de 70mm) et Kr100 (coefficient de ruissellement décennale de 100mm) en fonction de :

- La classe de surface (nature du sol, relief, infiltrabilité, Indice global, végétation, pente) ;
- La zone climatique (précipitations annuelles) ;
- La taille du bassin.

Tableau : Données pluviométriques de la zone du projet

Années	Pluie annuelle (mm)	Pluie journalière (mm)
1990	1169	112
1991	1305	125
1992	1042	121
1993	1197	118
1994	1476	133
1995	1533	126
1996	1116	90
1997	1393	120
1998	1616	117
1999	1275	123
2000	1220	118
2001	1175	110
2002	1060	105
2003	1155	112
2004	1235	120
2005	1280	115
2006	1190	108
2007	1315	122
2008	1170	114

2009	1100	106
2010	1445	130
2011	1260	118
2012	1195	112
2013	1080	105
2014	1320	124
2015	1150	112
2016	1215	116
2017	1355	126
2018	1280	120
2019	1190	114
2020	1130	109

La hauteur décennale de précipitation P_{10}, correspondant à une période de retour de dix ans, a été déterminée à l'aide de la loi statistique de **Gumbel**, en utilisant le logiciel Hyfran Plus. La valeur obtenue est : **P_{10} = 1430 mm.**

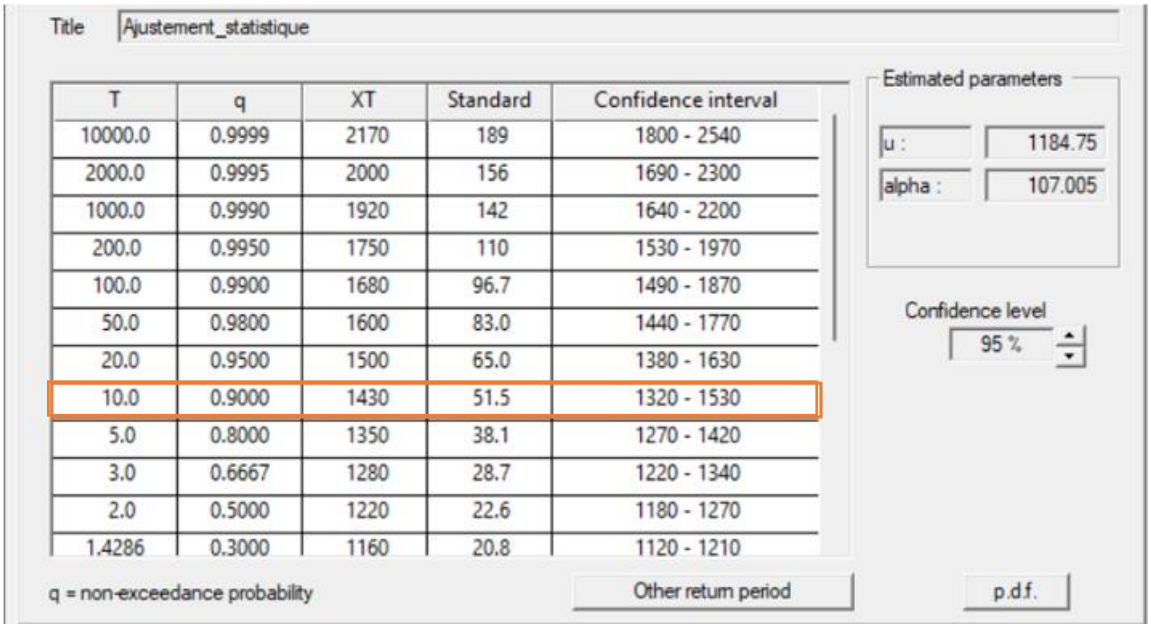


Figure : Quantiles statistiques de la pluie annuelle

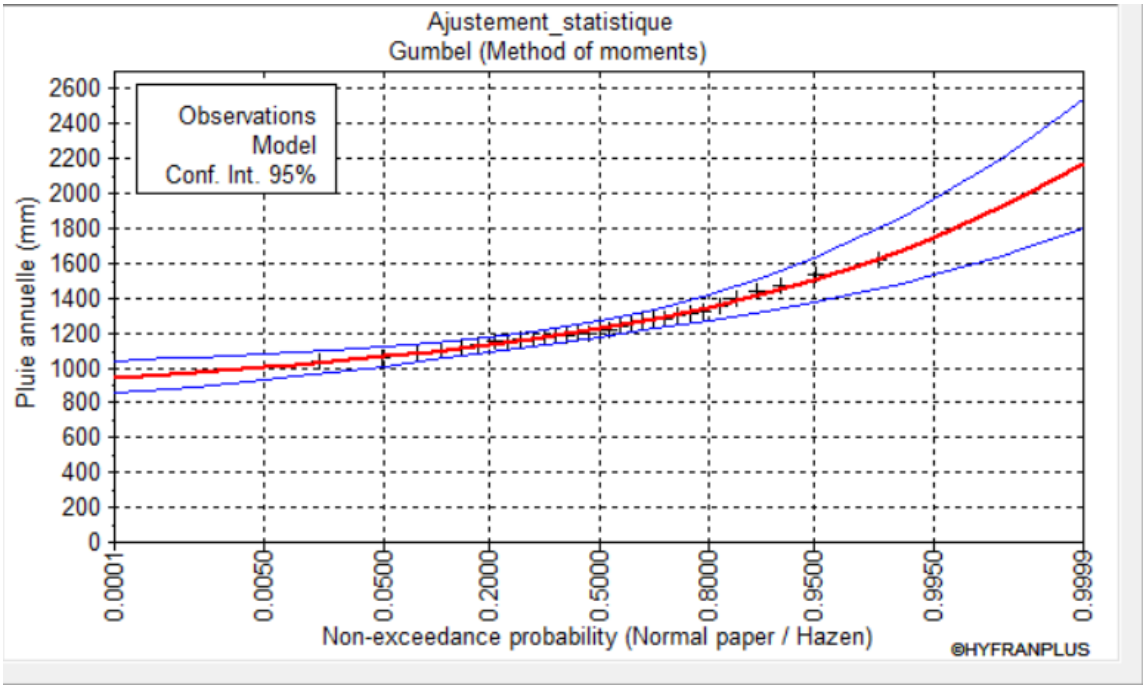


Figure : Courbe d'ajustement statistique d'une loi de probabilité de la pluie annuelle

Les tableaux suivants présentent les courbes hypsométriques de chaque bassin versant. Ces données permettent de déterminer les paramètres a, b et c nécessaires au calcul du coefficient de ruissellement Kr. Le projet s'inscrit dans une région tropicale sèche, caractérisée par une infiltrabilité des sols relativement moyens. Le projet se situe dans une région tropicale sèche, où les bassins versants présentent une infiltrabilité qualifiée de relativement imperméable (RI).

TABLEAU 3
Paramètres de l'équation de détermination de Kr_{70} pour la zone tropicale sèche en fonction de l'indice de pente et de la classe d'infiltrabilité

Caractéristiques		a'	b'	c'
Infiltrabilité	Pente			
I	15	2000	100	29,5
	7	1620	100	27,5
	3	1250	100	25
RI	15	250	20	21,7
	7	200	20	18,5
	3	150	20	15
P	7	50	15	8

Pour les bassins très perméables, **TP**, on pourra prendre la valeur médiane Kr_{70} = 2%, quelle que soit la pente.

TABLEAU 4
Paramètres de l'équation de détermination de Kr_{100} pour la zone tropicale sèche en fonction de l'indice de pente et de la classe d'infiltrabilité

Caractéristiques		a'	b'	c'
Infiltrabilité	Pente			
I	15	2400	100	32
	7	1940	100	30
	3	1440	100	28
RI	15	325	30	26
	7	240	30	22
	3	200	30	17
P	7	55	17	9,5

Pour les bassins très perméables **dont la classe d'infiltrabilité est TP**, on pourra prendre la valeur médiane Kr_{100} = 3%, quelle que soit la pente.

L'obtention des paramètres n'existant pas dans le tableau nécessitera de procéder à des interpolations et des extrapolations.

Tableau : Récapitulatif des paramètres hydrodynamiques des différents bassins versants

Bassins versants	**Paramètres de Kr_{70} interpolés**			**Paramètres de Kr_{100} Interpolés**			**Kr_{70}**	**Kr_{100}**	**Paramètres a et b pour le temps de base en fonction de Ig**	
	a'	**b'**	**c'**	**a'**	**b'**	**c'**			**a**	**b**
BV-02	218,225	20	19,615	278,693	30	23,29	29,298	31,852	218,192	175,85

BV-03	240,99	20	21,133	308,287	30	25,31	32,399	35,131	179,328	143,63
BV-07	193,227	20	17,948	246,195	30	21,06	20,803	24,233	260,871	211,22
BV-09	251,715	20	21,848	322,229	30	26,26	32,341	35,744	161,018	128,46
BV-10	233,055	20	20,604	297,972	30	24,6	29,413	32,778	192,874	154,86
BV-12	226,616	20	20,174	289,6	30	24,03	30,438	33,06	203,868	163,97
BV-15	230,842	20	20,456	295,095	30	24,41	29,97	33,02	196,653	157,99
BV-16	304,263	20	25,351	390,542	30	30,93	39,429	43,289	71,304	54,09
BV-17	243,931	20	21,329	312,11	30	25,57	30,185	33,885	174,307	139,47
BV-18	309,774	20	25,718	397,706	30	31,42	40,029	43,992	61,8963	46,292
BV-19	285,194	20	24,08	365,752	30	29,24	37,022	40,657	103,86	81,077
BV-22	293,134	20	24,609	376,075	30	29,95	38,347	41,946	90,3035	69,839
BV-24	233,971	20	20,665	299,162	30	24,69	28,013	31,836	191,311	153,57
BV-25	185,192	20	17,413	235,75	30	20,35	21,091	24,257	274,588	222,6
BV-26	246,097	20	21,473	314,926	30	25,76	30,281	34,065	170,609	136,41

Ainsi ces paramètres seront utilisés pour la détermination des débits de chaque bassin versant dont les valeurs sont consignées dans le tableau ci-dessous :

Tableau : Calcul des débits de pointe par bassin versant selon la méthode de ORSTOM

Bassins versants	A	P10(mm)	Kr10	α10	Tb10(s)	Q (m³/s)
BV-02	0,95917062	125	33,9804162	2,6	28857,5075	9,7820532
BV-03	0,98556409	125	37,4082327	2,6	20731,9093	8,43529393
BV-07	0,83057127	125	27,0919939	2,6	75600,8892	48,4476713
BV-09	0,93935978	125	38,5801698	2,6	23603,6788	20,8950881
BV-10	0,91823549	125	35,582878	2,6	31939,9568	22,5405376
BV-12	0,96789469	125	35,2450935	2,6	25760,6833	9,39951378
BV-15	0,93641597	125	35,5626433	2,6	29369,019	16,5030837
BV-16	0,97906857	125	46,5049266	2,6	8326,03324	30,0823411
BV-17	0,9114207	125	36,9683131	2,6	30014,4298	28,8958312
BV-18	0,97815357	125	47,2937478	2,6	7221,07149	35,9841811
BV-19	0,96885351	125	43,6853452	2,6	12912,5149	22,7625088
BV-22	0,98723552	125	44,945263	2,6	10207,3503	19,8481692
BV-24	0,89165218	125	35,022494	2,6	37159,3392	33,9574917
BV-25	0,85039812	125	26,8953386	2,6	69639,6795	34,0096646
BV-26	0,9091666	125	37,2176854	2,6	29767,091	30,8037998

II. ETUDE HYDRAULIQUE

Après la phase de modélisation hydrologique visant à estimer les débits de pointe des différents bassins versants, l'analyse hydraulique a pour objectif de définir le gabarit des ouvrages d'assainissement requis pour transiter ces volumes. Cette démarche s'appuie sur un état des lieux précis, réalisé en vue d'identifier et de caractériser le patrimoine hydraulique existant.

1. Principe de dimensionnement

Le dimensionnement hydraulique est conditionné par le régime de fonctionnement de l'ouvrage. Selon les critères du BCEOM, deux configurations sont envisageables :

- **La sortie noyée** : le niveau d'eau à l'exutoire immédiat de l'ouvrage est supérieur au bord supérieur de ce dernier (H2 > D) ;
- **La sortie dénoyée** : applicable aux zones non inondables, où l'écoulement s'effectue soit à surface libre, soit à pleine section (H2 ≤ D).

La charge d'eau en amont (H1) détermine ensuite la nature géométrique de l'écoulement :

- H1/ D ≤ 1,25 : l'écoulement est à **surface libre** ;

Dans le cadre de ce projet, la configuration en sortie dénoyée a été retenue. Ce choix se justifie par l'objectif impératif de mettre la chaussée hors d'eau et de garantir la sécurité du tracé vis-à-vis des crues.

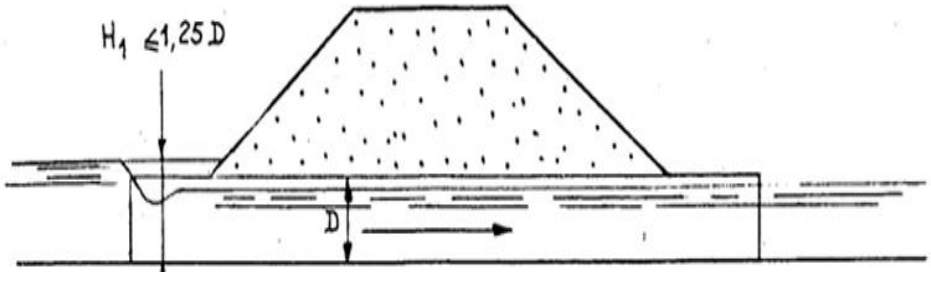


Figure : Fonctionnement d'ouvrage avec une sortie dénoyée avec écoulement à surface libre

2. Données nécessaires pour le dimensionnement hydraulique

- Débit de crue du projet (m^3/s) ;

- La cote de la ligne rouge au droit du franchissement Z (m) ;
- La cote fond du thalwegs h_{min} (m) ;
- La cote maximale d'eau h_{max} (m) ;
- Type d'ouvrage (buse ou dalot) ;
- La vitesse maximale d'écoulement des eaux v_{max} (m/s).

3. Dimensionnement en sortie libre

Les abaques de sortie libre ont été utilisés car l'ouvrage fonctionne en sortie dénoyée. Le niveau d'eau aval ne submerge pas l'exutoire, ce qui garantit un écoulement libre sans influence de la charge aval.

➢ **Détermination de H1 amont**

H1*=H1/D => H1= D × H1*

Or H1* = f(Q*) avec H1* est la hauteur réduite en amont et Q* est le débit de projet réduit

$$\boldsymbol{Q^* = \frac{Q}{A \times \sqrt{(2gD)}}} \textbf{ pour un dalot}$$

➢ **Détermination de la pente longitudinale critique**

I_C^* = f(Q*) avec I_C^* est la pente critique réduite.

$$\boldsymbol{I_C = I_C^* \times \frac{k^2 \times B^{\frac{1}{3}}}{g} \Rightarrow I_C^* = \frac{g \times I_C}{k^2 \times B^{\frac{1}{3}}}} \textbf{ pour dalot}$$

$$\boldsymbol{Q* = \frac{Q}{\sqrt{(g \times B^5)}}} \textbf{ pour dalot}$$

➢ **Détermination de la vitesse d'écoulement**

V* = f(Q*) avec V* est la vitesse maximale réduite.

$$\mathbf{V*} = \frac{\mathbf{V}}{(\mathbf{K} \times \mathbf{B}^{\frac{2}{3}}) \times \sqrt{\mathbf{Ic}}} \quad \textbf{pour dalot}$$

$$\mathbf{Q*} = \frac{\mathbf{Q}}{(\mathbf{K} \times \mathbf{B}^{\frac{8}{3}}) \times \sqrt{\mathbf{Ic}}} \quad \textbf{pour un dalot}$$

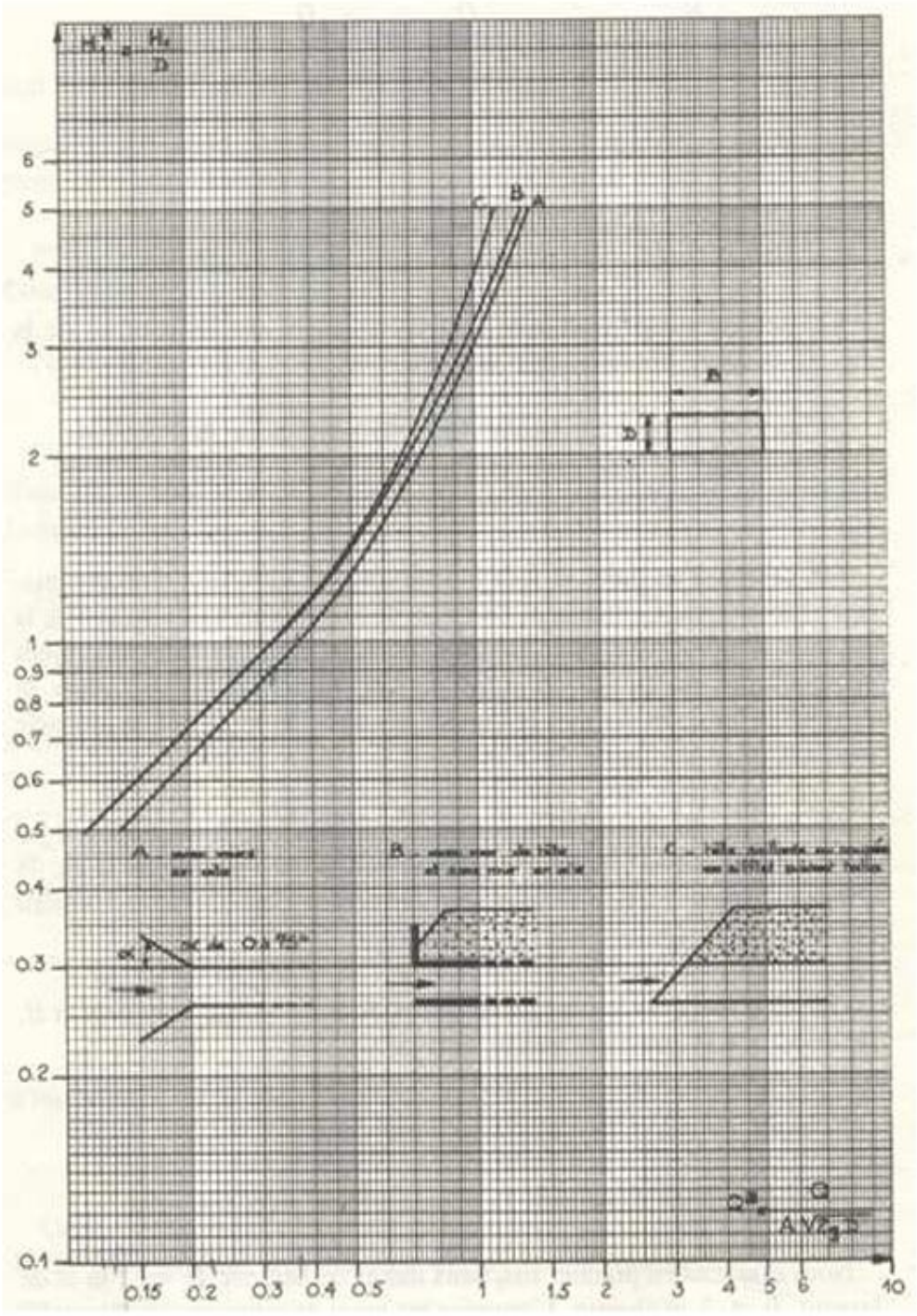
Pour le dimensionnement hydraulique, le débit adopté est le débit le plus défavorable issu des méthodes ORSTOM et rationnelle, dans une approche sécuritaire de conception.

Tableau : Résultats du dimensionnement des sections des ouvrages hydrauliques

BV	Q (m^3/s)	S (m^2)	Ouvrages existants	Dimensions			Type d'écoulement	Ecoulement			Pente longitudinale			Vitesse			Condition de fonctionnement	Sections retenues
				n	B (m)	D (m)		Q*	H*	H (m)	Q*	Ic*	Ic	Q*	v*	v (m/s)		
BV-01	3,94	1,5	Buse 800	1	2	1	Sortie libre	0,44439	1,3	1,25	0,2222	2,9	0,0063	0,12	0,31	2,625	Favorable	**Dalot 2x1**
BV-02	20,03	7	Dalot 2x3x3	2	2	2	Sortie libre	0,39976	1	1,9	0,5654	3,1	0,0054	0,32	0,38	2,964	Favorable	**Dalot 2x2x2**
BV-03	13,38	4,5	Buse 1000	2	2	2	Sortie libre	0,26695	0,7	1,42	0,3775	3	0,0052	0,22	0,34	2,608	Favorable	**Dalot 2x2x2**
BV-04	4,38	1,5	Buse 1000	1	2	1	Sortie libre	0,49396	1,3	1,25	0,247	3	0,0064	0,13	0,31	2,647	Favorable	**Dalot 2x1**
BV-05	6,76	2,5	Buse 800	1	2	2	Sortie libre	0,26993	0,8	1,52	0,3817	3,2	0,0056	0,21	0,34	2,694	Favorable	**Dalot 2x2**
BV-06	8,91	3	Buse 1000	2	2	1	Sortie libre	0,50271	1,2	1,2	0,2514	2,9	0,0063	0,13	0,32	2,709	Favorable	**Dalot 2x2x1**
BV-07	48,45	16,5	Dalot 2x3x3	3	3	3	Sortie libre	0,23388	0,7	2,1	0,3308	2,9	0,0044	0,19	0,33	3,049	Acceptable	**Dalot 3x3x3**
BV-08	7,42	2,5	Buse 1000	1	2	2	Sortie libre	0,29595	0,8	1,56	0,4185	3,1	0,0054	0,24	0,38	2,964	Favorable	**Dalot 2x2**
BV-09	32,84	11	Buse 1000	2	3	3	Sortie libre	0,23778	0,7	2,07	0,3363	2,8	0,0042	0,2	0,34	3,086	Acceptable	**Dalot 2x3x3**
BV-10	22,54	8	Dalot 3x2	2	2	2	Sortie libre	0,44979	1,3	2,5	0,6361	3,3	0,0057	0,35	0,38	3,058	Acceptable	**Dalot 2x2x2**
BV-11	8,36	3	Buse 1000	2	2	1	Sortie libre	0,47189	1,1	1,1	0,2359	3	0,0066	0,12	0,31	2,67	Favorable	**Dalot 2x2x1**
BV-12	17,46	6	Buse 1000	2	2	2	Sortie libre	0,34851	0,9	1,8	0,4929	3,3	0,0057	0,27	0,38	3,058	Acceptable	**Dalot 2x2x2**
BV-13	4,33	1,5	Buse 1000	1	2	1	Sortie libre	0,48826	1,3	1,25	0,2441	3	0,0066	0,13	0,32	2,756	Favorable	**Dalot 2x1**
BV-14	5,32	2	Buse 1000	1	2	2	Sortie libre	0,21214	0,7	1,42	0,3	2,9	0,005	0,18	0,35	2,64	Favorable	**Dalot 2x2**
BV-15	16,5	6	Buse 1000	2	2	2	Sortie libre	0,32931	0,8	1,64	0,4657	3,1	0,0054	0,26	0,38	2,964	Favorable	**Dalot 2x2x2**
BV-16	30,08	10,5	Buse 1000	2	3	3	Sortie libre	0,21784	0,7	2,13	0,3081	2,9	0,0044	0,18	0,33	3,049	Acceptable	**Dalot 2x3x3**
BV-17	28,9	10	Buse 1000	2	3	3	Sortie libre	0,20924	0,7	2,04	0,2959	2,8	0,0042	0,18	0,33	2,996	Favorable	**Dalot 2x3x3**
BV-18	35,98	12	Dalot 2x3x3	2	3	3	Sortie libre	0,26057	0,8	2,34	0,3685	3	0,0045	0,21	0,33	3,075	Acceptable	**Dalot 2x3x3**
BV-19	22,76	8	Dalot 3x3	2	2	2	Sortie libre	0,45422	1,3	2,5	0,6424	3,3	0,0057	0,35	0,38	3,058	Acceptable	**Dalot 2x2x2**
BV-20	4,89	2	Buse 1000	1	2	2	Sortie libre	0,19505	0,7	1,4	0,2758	2,9	0,0049	0,16	0,37	2,767	Favorable	**Dalot 2x2**
BV-21	6,09	2,5	Dalot 3x3	1	2	2	Sortie libre	0,24287	0,8	1,52	0,3435	3	0,0051	0,2	0,34	2,587	Favorable	**Dalot 2x2**
BV-22	19,85	7	Buse 1000	2	2	2	Sortie libre	0,39606	1,2	2,4	0,5601	2,9	0,005	0,33	0,38	2,866	Favorable	**Dalot 2x2x2**
BV-23	4,39	1,5	Buse 1000	1	2	1	Sortie libre	0,4954	1,3	1,25	0,2477	3	0,0066	0,13	0,33	2,842	Favorable	**Dalot 2x1**

BV-24	33,96	11,5	Buse 1000	2	3	3	Sortie libre	0,2459	0,7	2,13	0,3478	2,9	0,0044	0,2	0,32	2,956	Favorable	**Dalot 2x3x3**
BV-25	34,01	11,5	Buse 1000	2	3	3	Sortie libre	0,24627	0,7	2,13	0,3483	2,9	0,0044	0,2	0,33	3,049	Acceptable	**Dalot 2x3x3**
BV-26	30,8	10,5	Dalot 2x3x3	2	3	3	Sortie libre	0,22306	0,7	2,1	0,3155	2,9	0,0043	0,19	0,33	3,022	Acceptable	**Dalot 2x3x3**

Sortie libre : Dalots rectangulaires



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

*Figure : Abaque de calcul de la hauteur adimensionnelle H**

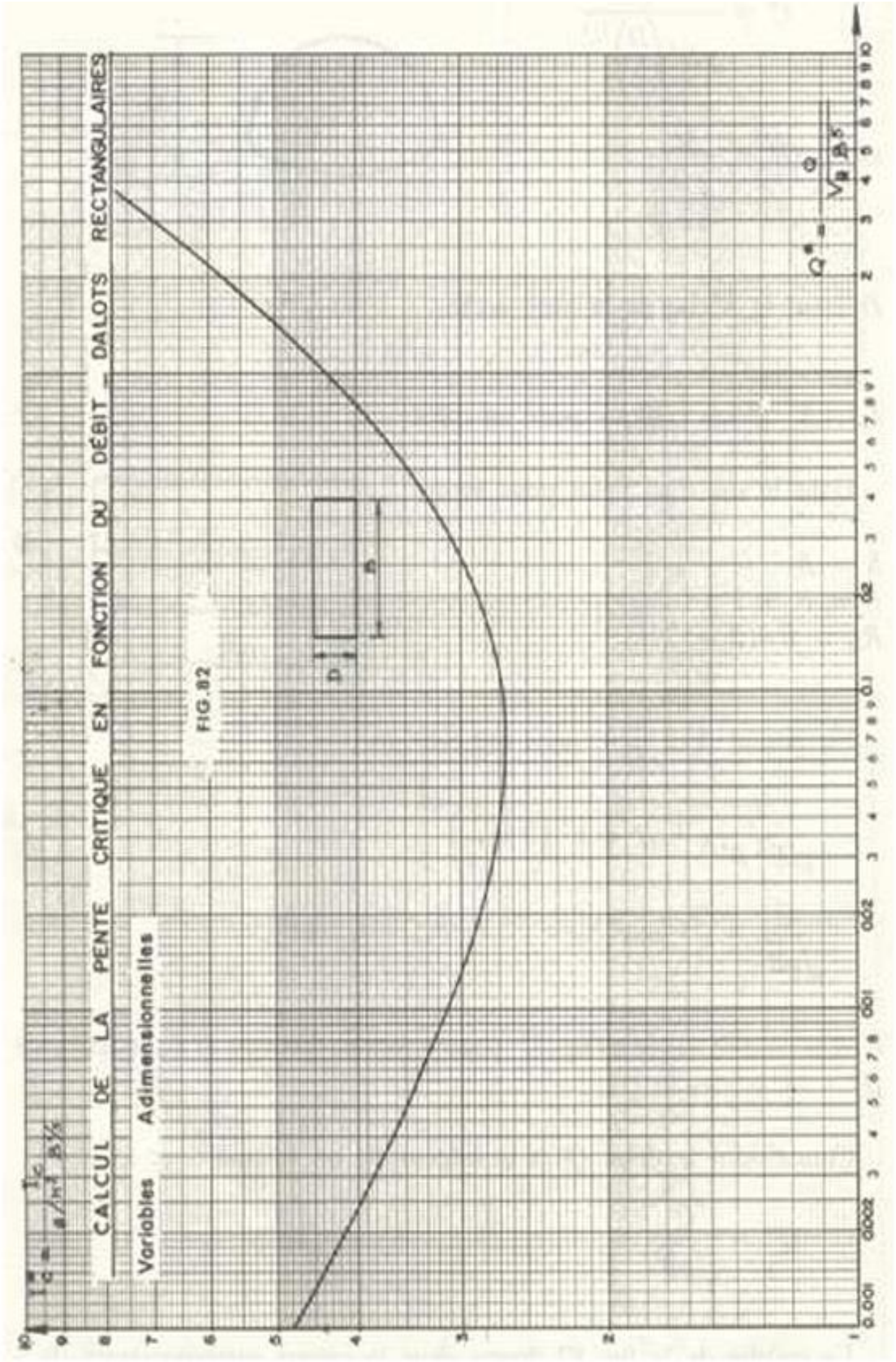


*Figure : Abaque de dimensionnement de la pente critique Ic**

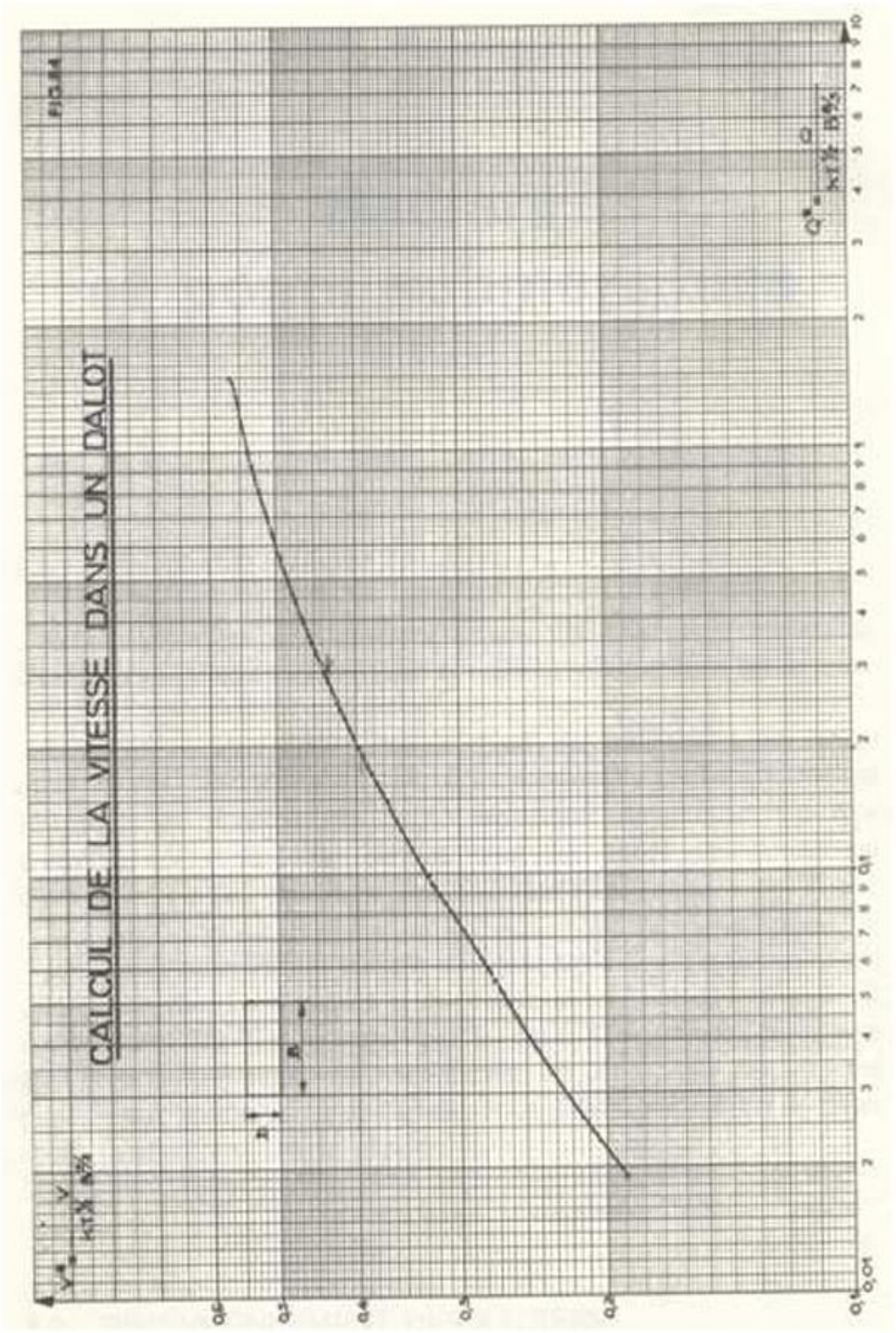


*Figure : Abaque de calcul de la vitesse critique v**

ANNEXE 3 : DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

1. Description de l'ouvrage

- Epaisseur de tablier : e = 0,25 m ;
- Epaisseur radier : e = 0,25 m ;
- Epaisseur voiles : e = 0,25 m ;
- Hauteur piédroits : H = 3 m ;
- Largeur roulable : $L_r = 11\ m$;
- Largeur chargeable : $L_C = L_r - 2 \times 0{,}5 = 10\ m$;
- Nombre de de voies : $n = 2$;
- Portée de la travée : B = 3 m ;
- Ouverture hydraulique : 3 m × 3 m ;
- Guide roue en béton armé de section : 0,25m × 0,5m ;
- Classe de l'ouvrage de franchissement : Première classe car L_r > 7 m.

2. Caractéristiques des matériaux

❖ Béton

- Béton B25 de poids volumique φ = 2,5 t/m^3 ;
- Dosage minimum : 400 kg/m^3 ;
- Résistance à la compression à 28 jours : fc_{28}= 25 MPa ;
- Résistance à la traction à 28 jours $ft_{28} = 0{,}6 + 0{,}06fc_{28}$ = 2,1 MPa ;
- Densité du béton : 25 kN/m^3 ;
- Contrainte admissible du béton en compression à l'ELU : $\sigma_{bc} = \frac{0{,}85 \times fc_{28}}{\theta \times \gamma_b}$

avec θ = 1 et γ_b = 1,5 ;

- Contrainte admissible du béton en compression à l'ELS : $\sigma_{bc} = 0{,}6 \times fc_{28}$;
- Fissuration préjudiciable ;
- Enrobage = 3 cm pour le dalot et 2,5 cm pour les caniveaux.

❖ Acier

- Nuance : acier haute adhérence (HA) FeE400 ;
- Limite d'élasticité Fe = 400 MPa ;
- Contrainte de calcul de l'acier : $\sigma_{st} = \frac{fe}{\gamma_s}$ avec $\gamma_s = 1,15$;
- Contrainte limite de l'acier : : $\sigma_{st} = \min\left[\frac{2}{3}fe; max(0,5fe ; 110\sqrt{\eta f t_{28}})\right]$

avec $\eta = 1,6$ car acier haute adhérence.

❖ **Remblai**

Le remblai d'accès est pris sous l'hypothèse d'un graveleux latéritique naturel ;

- Poids spécifique du remblai $\gamma = 20$ kN/m^3 ;
- Coefficient de poussé des terres $k_a = \frac{1-\sin(\varphi)}{1+sin(\varphi)}$;
- Angle de frottement interne $\varphi = 30°$.

3. Règlement et schéma statique de l'ouvrage

Les calculs de ferraillage seront réalisés conformément aux règles BAEL 91 révisées en 99, basées sur la méthode des états limites. Les chaussées seront dimensionnées selon les dispositions du titre II du fascicule 61 du CPC français. Quant aux ouvrages, ils seront vérifiés sous les systèmes de charges A(l), B (Bc, Bt et Br) ainsi que les convois militaires.

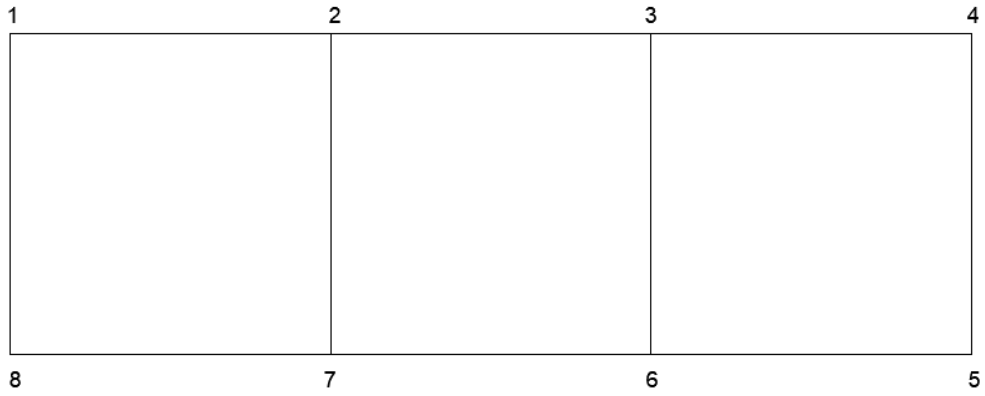


Figure : Schéma statique de l'ouvrage

Le moment du tablier et du radier sera noté I_1, le moment d'inertie I_2 pour les piédroits et le module d'élasticité E. Le paramètre E étant constant (matériau identique), on peut prendre E=1

4. Méthode de calcul

Le calcul du dalot est effectué sur une bande de largeur unitaire égale à 1 m (b =1m). Dans la présente étude, la symétrie de la géométrie de l'ouvrage et la dissymétrie des chargements conduisent à considérer les piédroits intermédiaires comme les éléments soumis à la compression simple. Cette hypothèse permet de négliger les moments fléchissants à leur niveau et d'utiliser la méthode des rotations pour l'analyse de l'équilibre des nœuds de la structure. Désignons par :

- $M_{i.j}$: Moment statique appliqué au noeud i par la barre ij;
- $m_{i.j}$: Moment d'encastrement appliqué au noeud i par la barre j ; (déterminé par les charges appliquées à la barre) ;
- a_i: Rotation au nœud i ;
- k_1: Caractéristique de la rigidité des barres horizontales $k_1 = \frac{2\times E\times I_1}{B}$;
- k_2: Caractéristique de la rigidité des barres horizontales $k_2 = \frac{2\times E\times I_2}{H}$;
- $M_{i.j} = k \times (2 \times a_i + a_j) + m_{i.j}$; $k = k_1$ ou k_2

En considérant pour l'ouvrage, une bande de largeur b = 1 m

$I_1 = \frac{b\times h^3}{12}$ $(élément\ horizontal)$; $I_2 = \frac{h\times b^3}{12}$ $(élément\ vertical)$

$I_1 = \frac{1000\times 250^3}{12} = 1{,}30.10^9\ mm^4$; $I_2 = \frac{250\times 1000^3}{12} = 2{,}08.10^{10}\ mm^4$

$k_1 = \frac{2\times 1{,}30.10^9}{3250} = 8.10^5\ N/mm$; $k_2 = \frac{2\times 2{,}08.10^{10}}{3250} = 1{,}28.10^7\ N/mm$

$2 \times (k_1 + k_2) = 2 \times (8.10^5 + 1{,}28.10^7) = \mathbf{2{,}72.10^7\ N/mm}$

$2 \times (2k_1 + k_2) = 2 \times (2 \times 8.10^5 + 1{,}28.10^7) = \mathbf{2{,}88.10^7\ N/mm}$

L'équilibre au nœud 1 s'écrit donc :

$$M_{12} + M_{18} = 0$$

$$\rightarrow k_1 \times (2 \times a_1 + a_2) + \mathrm{m}_{12} + k_2 \times (2 \times a_1 + a_8) + \mathrm{m}_{18} = 0$$

$$\rightarrow 2 \times (k_1 + k_2) \times a_1 + k_1 \times a_2 + k_2 \times a_8 = -(\mathrm{m}_{12} + \mathrm{m}_{18})$$

En écrivant l'équilibre de tous les nœuds, nous obtenons 8 équations à 8 inconnues $(a_1; a_2; a_3; a_4; a_5; a_6; a_7; a_8)$;

Nœud 1 → $2 \times (k_1 + k_2) \times a_1 + k_1 \times a_2 + k_2 \times a_8 = -(\mathrm{m}_{12} + \mathrm{m}_{18})$

Nœud 2 → $2 \times (2k_1 + k_2) \times a_2 + k_1 \times (a_1 + a_3) + k_2 \times a_7 = -(\mathrm{m}_{21} + \mathrm{m}_{23} + \mathrm{m}_{27})$

Nœud 3 → $2 \times (2k_1 + k_2) \times a_3 + k_1 \times (a_2 + a_4) + k_2 \times a_6 = -(\mathrm{m}_{32} + \mathrm{m}_{34} + \mathrm{m}_{36})$

Nœud 4 → $2 \times (k_1 + k_2) \times a_4 + k_1 \times a_3 + k_2 \times a_5 = -(\mathrm{m}_{43} + \mathrm{m}_{45})$

Nœud 5 → $2 \times (k_1 + k_2) \times a_5 + k_1 \times a_6 + k_2 \times a_4 = -(\mathrm{m}_{54} + \mathrm{m}_{56})$

Nœud 6 → $2 \times (2k_1 + k_2) \times a_6 + k_1 \times (a_5 + a_7) + k_2 \times a_3 = -(\mathrm{m}_{65} + \mathrm{m}_{63} + \mathrm{m}_{67})$

Nœud 7 → $2 \times (2k_1 + k_2) \times a_7 + k_1 \times (a_6 + a_8) + k_2 \times a_2 = -(\mathrm{m}_{76} + \mathrm{m}_{78} + \mathrm{m}_{72})$

Nœud 8 → $2 \times (k_1 + k_2) \times a_8 + k_1 \times a_7 + k_2 \times a_1 = -(\mathrm{m}_{81} + \mathrm{m}_{87})$

5. Calcul des sollicitations

a. Les charges permanentes

- Sur le tablier
  - Poids propre du tablier → $\mathrm{P}_{\mathrm{Propre_tablier}} = \gamma_{\mathrm{béton}} \times \mathrm{e} \times 1 = 25 \times 0{,}25 \times 1$

$$\mathrm{P}_{\mathrm{Propre_tablier}} = 6{,}25\ \mathrm{kN/ml}$$

Poids du remblai : $\gamma_{\mathrm{remblai}} = 20\ kN/m^3$; $\gamma_{\mathrm{bb}} = 24\ kN/m^3$

$$\rightarrow \mathrm{P}_{\mathrm{remblai}} = \gamma_{\mathrm{bb}} \times e_{bb} + \gamma_{\mathrm{remblai}} \times \mathrm{e} = (24 \times 0{,}04 + 20 \times 0{,}4) \times 1$$

$$\mathrm{P}_{\mathrm{remblai}} = 8{,}96\ \mathrm{kN/ml}$$

- Poids des guides roues → $\mathrm{P}_{\mathrm{Guides\ roues}} = \frac{\gamma_{\mathrm{béton}} \times \mathrm{e} \times \mathrm{h} \times \mathrm{L}}{\mathrm{L_r} + 2\mathrm{e}} \times 2$

$$\mathrm{P}_{\mathrm{Guides\ roues}} = \frac{25 \times 0{,}25 \times 0{,}5 \times 10}{11 + 2 \times 0{,}25} \times 2$$

$$P_{Guides\ roues} = 5{,}95\ kN/ml$$

$$P_{Tablier} = 6{,}25 + 8{,}96 + 5{,}95$$

$$P_{Tablier} = 21{,}16\ kN/ml$$

- Sur le radier
  - Poids propre du radier $\rightarrow P_{Propre_radier} = \gamma_{béton} \times e = 25 \times 0{,}25 \times 1$

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

  - Poids des piédroits $\rightarrow P_{Guides\ roues} = \frac{\gamma_{béton} \times e \times h \times L}{n \times B + (n+1) \times 2e} \times (n+1)$

$$P_{Piedroits} = \frac{25 \times 0{,}25 \times 3 \times 1}{3 \times 3 + (3+1) \times 0{,}25} \times 4$$

$$P_{Piedroits} = 7{,}5\ kN/ml$$

$$P_{Radier} = 21{,}16 + 6{,}25 + 7{,}5$$

$$P_{Radier} = 34{,}91\ kN/ml$$

Poussée du remblai sur piédroit de rive uniquement

P (h = 0,44 m) $\rightarrow Pt_1 = (\gamma_{bb} \times e_{bb} + \gamma_{remblai} \times e) \times k_a \times 1$

$\rightarrow Pt_1 = (24 \times 0{,}04 + 20 \times 0{,}4) \times 0{,}33 \times 1$

$$\mathbf{Pt_1 = 2{,}96\ kN/ml}$$

P (h = 3,44 m) $\rightarrow Pt_2 = (\gamma_{bb} \times e_{bb} + \gamma_{remblai} \times (e + H)) \times k_a \times 1$

$Pt_2 = 24 \times 0{,}04 + 20 \times (0{,}4 + 3)) \times 0{,}33 \times 1$

$$\mathbf{Pt_2 = 22{,}76\ kN/ml}$$

Ainsi les charges permanentes sur l'ouvrage se présentent comme suit :

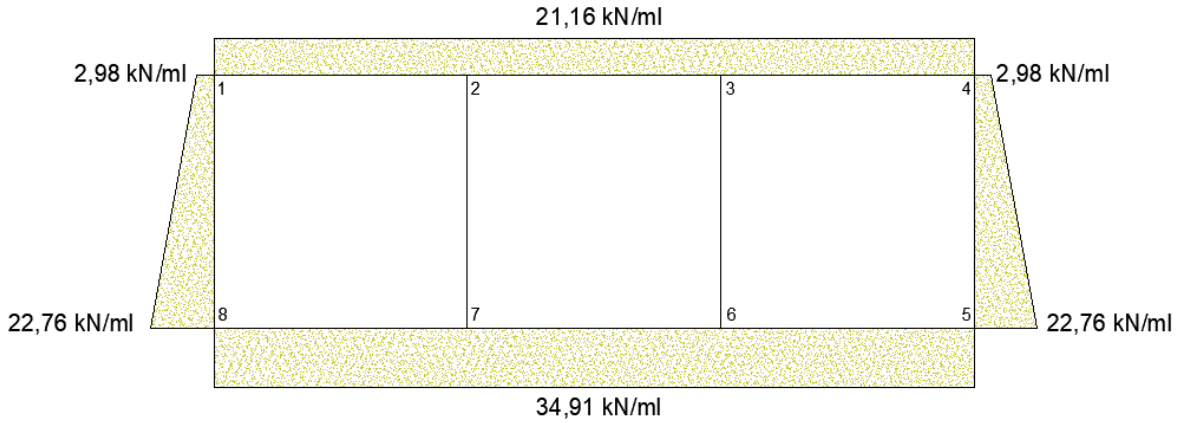


Figure : Charges permanentes sur le dalot

- Effet sur remblai

La poussée latérale transmise aux piédroits extérieures, générée par la surcharge routière de trafic (présence d'un véhicule) sur les remblais d'accès, est modélisée par une pression horizontale uniforme de : **q_0 = 10 kN/m².**

- Calcul des moments d'encastrement

$$m_{12} = -P_1 \times \frac{L^2}{12} = -21{,}16 \times \frac{3^2}{12}$$

$$m_{12} = -15{,}87\ \text{kN.m/ml}$$

$$m_{21} = -m_{12} = 15{,}87\ \text{kN.m/ml}$$

$$m_{12} = m_{23} = m_{34} = -15{,}87\ \text{kN.m/ml}$$

$$m_{21} = m_{32} = m_{43} = 15{,}87\ \text{kN.m/ml}$$

$$m_{56} = -P_2 \times \frac{L^2}{12} = -34{,}91 \times \frac{3^2}{12}$$

$$m_{56} = -26{,}18\ \text{kN.m/ml}$$

$$m_{65} = -m_{56} = 26{,}18\ \text{kN.m/ml}$$

$$m_{56} = m_{67} = m_{78} = -26{,}18\ \text{kN.m/ml}$$

$$m_{65} = m_{76} = m_{87} = 26{,}18\ \text{kN.m/ml}$$

$$m_{81} = -(2Pt_1 + 3Pt_2) \times \frac{L^2}{60} = -(2 \times 2{,}98 + 3 \times 22{,}76) \times \frac{3^2}{60}$$

$$m_{81} = -11{,}14\ \text{kN.m/ml}$$

$$m_{54} = -m_{81} = 11{,}14\ \text{kN.m/ml}$$

$$m_{18} = (3Pt_1 + 2Pt_2) \times \frac{L^2}{60} = (3 \times 2{,}98 + 2 \times 22{,}76) \times \frac{3^2}{60}$$

$$m_{18} = 8{,}17\ \text{kN.m/ml}$$

$$m_{45} = -m_{18} = -8{,}17\ \text{kN.m/ml}$$

$$m_{27} = m_{72} = m_{36} = m_{63} = 0\ \text{kN.m/ml}$$

Calcul des moments d'encastrement

Soit b_i la constante du nœud i ;

$$b_1 = -(m_{12} + m_{18}) = -(-15{,}87 + 8{,}17) = 7{,}7\ \text{kN.m/ml}$$

$$b_2 = -(m_{21} + m_{23} + m_{27}) = -(15{,}87 - 15{,}87 + 0) = 0\ \text{kN.m/ml}$$

$$b_3 = -(m_{32} + m_{34} + m_{36}) = -(15{,}87 - 15{,}87 + 0) = 0\ \text{kN.m/ml}$$

$$b_4 = -(m_{43} + m_{45}) = -(15{,}87 - 8{,}17) = -7{,}7\ \text{kN.m/ml}$$

$$b_5 = -(m_{54} + m_{56}) = -(8{,}17 - 26{,}18) = 18{,}01\ \text{kN.m/ml}$$

$$b_6 = -(m_{65} + m_{67} + m_{63}) = -(26{,}18 - 26{,}18 + 0) = 0\ \text{kN.m/ml}$$

$$b_7 = -(m_{76} + m_{72} + m_{78}) = -(26{,}18 - 0 - 26{,}18) = 0\ \text{kN.m/ml}$$

$$b_8 = -(m_{81} + m_{87}) = -(-8{,}17 + 26{,}18) = -18{,}01\ \text{kN.m/ml}$$

La résolution du système d'équations obtenu avec Excel donne :

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	b_i
27200000	800000	0	0	0	0	0	12800000	**7,7**
800000	28800000	800000	0	0	0	12800000	0	**0**
0	800000	28800000	800000	0	12800000	0	0	**0**
0	0	800000	27200000	12800000	0	0	0	**-7,7**
0	0	0	12800000	27200000	800000	0	0	**18,01**
0	0	12800000	0	800000	28800000	800000	0	**0**
0	12800000	0	0	0	800000	28800000	800000	**0**
12800000	0	0	0	0	0	800000	28800000	**-18,01**

a1	7,324E-07
a2	-4,23E-08
a3	4,447E-08
a4	-7,66E-07
a5	1,024E-06
a6	-4,95E-08
a7	4,662E-08
a8	-9,52E-07

Déduction des moments

$M_{12} = -14{,}73$ kN. m
$M_{21} = 16{,}39$ kN. m
$M_{23} = -15{,}90$ kN. m
$M_{32} = 15{,}90$ kN. m
$M_{34} = -16{,}41$ kN. m
$M_{43} = 14{,}68$ kN. m
$M_{45} = -14{,}67$ kN. m
$M_{54} = 27{,}55$ kN. m
$M_{56} = -24{,}58$ kN. m
$M_{65} = 26{,}92$ kN. m
$M_{67} = -26{,}22$ kN. m
$M_{76} = 26{,}21$ kN. m
$M_{78} = -26{,}87$ kN. m
$M_{87} = 24{,}69$ kN. m
$M_{81} = -26{,}14$ kN. m
$M_{18} = 14{,}73$ kN. m
$M_{27} = -0{,}49$ kN. m
$M_{72} = 0{,}65$ kN. m
$M_{36} = 0{,}50$ kN. m
$M_{63} = -0{,}70$ kN. m

Détermination des moments isostatiques en travée du tablier, du radier et des piédroits :

Tablier : → $M_{0_tablier} = \frac{P_{Tablier}}{8} \times L^2 = \frac{21{,}16}{8} \times 3^2 = \mathbf{23{,}81\ kN.m/ml}$

Radier : → $M_{0_radier} = \frac{P_{Radier}}{8} \times L^2 = \frac{34{,}91}{8} \times 3^2 = \mathbf{39{,}27\ kN.m/ml}$

Piédroits :→ $M_{0_piedroits} = \frac{Pt_1}{8} \times L^2 + \frac{Pt_2 - Pt_1}{9\times\sqrt{3}} \times L^2 = \frac{2{,}96}{8} \times 3^2 + \frac{22{,}76-2{,}96}{9\sqrt{3}} \times 3^2 =$

$\mathbf{14{,}76\ kN.m/ml}$

Détermination des moments des moments de calcul du tablier, du radier et des piédroits :

❖ **Tablier**

➢ Travée 1

$$\text{Appui gauche:} \qquad Mg_t = M_{12} = -14{,}73\ \text{kN.m}$$

$$\text{Appui droit:} \qquad Md_t = -M_{21} = -16{,}39\ \text{kN.m}$$

$$M_{travée_1} = M_{0_tablier} + \frac{Mg_t + Md_t}{2} = 23{,}81 + \frac{-14{,}73 - 16{,}39}{2} = 8{,}25\ \text{kN.m}$$

➢ Travée 2

$$\text{Appui gauche:} \qquad Mg_t = M_{23} = -15{,}90\ \text{kN.m}$$

$$\text{Appui droit:} \qquad Md_t = -M_{32} = -15{,}90\ \text{kN.m}$$

$$M_{travée_2} = M_{0_tablier} + \frac{Mg_t + Md_t}{2} = 23{,}81 + \frac{-15{,}90 - 15{,}90}{2} = 7{,}31\ \text{kN.m}$$

➢ Travée 3

$$\text{Appui gauche:} \qquad Mg_t = M_{34} = -16{,}41\ \text{kN.m}$$

$$\text{Appui droit:} \qquad Md_t = -M_{43} = -14{,}68\ \text{kN.m}$$

$$M_{travée_3} = M_{0_tablier} + \frac{Mg_t + Md_t}{2} = 23{,}81 + \frac{-16{,}41 - 14{,}68}{2} = 8{,}27\ \text{kN.m}$$

❖ **Radier**

➢ Travée 1

$$\text{Appui gauche:} \qquad Mg_t = M_{56} = -24{,}58\ \text{kN.m}$$

$$\text{Appui droit:} \qquad Md_t = -M_{65} = -26{,}92\ \text{kN.m}$$

$$M_{travée_1} = M_{0_radier} + \frac{Mg_t + Md_t}{2} = 39{,}27 + \frac{-24{,}58 - 26{,}92}{2} = 13{,}52\ \text{kN.m}$$

➢ Travée 2

$$\text{Appui gauche:} \qquad Mg_t = M_{67} = -26{,}22\ \text{kN.m}$$

$$\text{Appui droit:} \qquad Md_t = -M_{76} = -26{,}21\ \text{kN.m}$$

$$M_{travée_2} = M_{0_radier} + \frac{Mg_t + Md_t}{2} = 39{,}27 + \frac{-26{,}22 - 26{,}51}{2} = 13{,}06\ \text{kN.m}$$

- Travée 3

$$\text{Appui gauche:} \qquad \mathrm{Mg_t} = \mathrm{M_{78}} = -26{,}87\ \mathrm{kN.m}$$

$$\text{Appui droit:} \qquad \mathrm{Md_t} = -\mathrm{M_{87}} = -24{,}69\ \mathrm{kN.m}$$

$$\mathrm{M_{travée_3}} = \mathrm{M_{0_radier}} + \frac{\mathrm{Mg_t} + \mathrm{Md_t}}{2} = 39{,}27 + \frac{-26{,}87 - 24{,}69}{2} = 13{,}49\ \mathrm{kN.m}$$

❖ **Piédroits**

$$\text{Appui superieur :} \qquad \mathrm{Mapp_{sup}} = -\mathrm{M_{18}} = -14{,}73\ \mathrm{kN.m}$$

$$\text{Appui inférieur:} \qquad \mathrm{Mapp_{inf}} = \mathrm{M_{81}} = -26{,}14\ \mathrm{kN.m}$$

$$\text{En travée :} \qquad \mathrm{Mt_{rive}} = \mathrm{M_{t_piédroits}} = -5{,}68\ \mathrm{kN.m}$$

Détermination des réactions d'appuis sur le tablier, le radier et des piédroits :

❖ **Tablier**

- Travée 1

$$\mathrm{Rapp_{g_t}} = \frac{\mathrm{Mapp_d} - \mathrm{Mapp_g}}{\mathrm{L}} + \frac{P_{Tablier} \times L}{2} = \frac{-16{,}39 - (-14{,}73)}{3} + \frac{21{,}16 \times 3}{2} = 31{,}19\ \mathrm{kN}$$

$$\mathrm{Rapp_{d_t}} = \frac{\mathrm{Mapp_g} - \mathrm{Mapp_d}}{\mathrm{L}} + \frac{P_{Tablier} \times L}{2} = \frac{-14{,}73 - (-16{,}39)}{3} + \frac{21{,}16 \times 3}{2} = 32{,}29\ \mathrm{kN}$$

- Travée 2

$$\mathrm{Rapp_{g_t}} = \frac{\mathrm{Mapp_d} - \mathrm{Mapp_g}}{\mathrm{L}} + \frac{P_{Tablier} \times L}{2} = \frac{-15{,}90 - (-15{,}90)}{3} + \frac{21{,}16 \times 3}{2} = 31{,}74\ \mathrm{kN}$$

$$\mathrm{Rapp_{d_t}} = \frac{\mathrm{Mapp_g} - \mathrm{Mapp_d}}{\mathrm{L}} + \frac{P_{Tablier} \times L}{2} = \frac{-15{,}90 - (-15{,}90)}{3} + \frac{21{,}16 \times 3}{2} = 31{,}74\ \mathrm{kN}$$

- Travée 3

$$\mathrm{Rapp_{g_t}} = \frac{\mathrm{Mapp_d} - \mathrm{Mapp_g}}{\mathrm{L}} + \frac{P_{Tablier} \times L}{2} = \frac{-14{,}68 - (-16{,}41)}{3} + \frac{21{,}16 \times 3}{2} = 32{,}31\ \mathrm{kN}$$

$$\mathrm{Rapp_{d_t}} = \frac{\mathrm{Mapp_g} - \mathrm{Mapp_d}}{\mathrm{L}} + \frac{P_{Tablier} \times L}{2} = \frac{-16{,}41 - (-14{,}68)}{3} + \frac{21{,}16 \times 3}{2} = 31{,}16\ \mathrm{kN}$$

❖ **Radier**

- Travée 1

$$\text{Rapp}_{\text{g_r}} = \frac{\text{Mapp}_\text{d} - \text{Mapp}_\text{g}}{\text{L}} - \frac{P_{Radier} \times L}{2} = \frac{-26{,}92 - (-24{,}58)}{3} - \frac{34{,}91 \times 3}{2}$$

$$= -53{,}15 \text{ kN}$$

$$\text{Rapp}_{\text{d_r}} = \frac{\text{Mapp}_\text{g} - \text{Mapp}_\text{d}}{\text{L}} - \frac{P_{Radier} \times L}{2} = \frac{-24{,}58 - (-26{,}92)}{3} - \frac{34{,}91 \times 3}{2}$$

$$= -51{,}59 \text{ kN}$$

- Travée 2

$$\text{Rapp}_{\text{g_r}} = \frac{\text{Mapp}_\text{d} - \text{Mapp}_\text{g}}{\text{L}} - \frac{P_{Radier} \times L}{2} = \frac{-26{,}21 - (-26{,}22)}{3} - \frac{34{,}91 \times 3}{2}$$

$$= -52{,}37 \text{ kN}$$

$$\text{Rapp}_{\text{d_r}} = \frac{\text{Mapp}_\text{g} - \text{Mapp}_\text{d}}{\text{L}} - \frac{P_{Radier} \times L}{2} = \frac{-26{,}22 - (-26{,}21)}{3} - \frac{34{,}91 \times 3}{2}$$

$$= -52{,}37 \text{ kN}$$

- Travée 3

$$\text{Rapp}_{\text{g_r}} = \frac{\text{Mapp}_\text{d} - \text{Mapp}_\text{g}}{\text{L}} - \frac{P_{Radier} \times L}{2} = \frac{-24{,}69 - (-26{,}87)}{3} - \frac{34{,}91 \times 3}{2}$$

$$= -51{,}64 \text{ kN}$$

$$\text{Rapp}_{\text{d_r}} = \frac{\text{Mapp}_\text{g} - \text{Mapp}_\text{d}}{\text{L}} - \frac{P_{Radier} \times L}{2} = \frac{-26{,}87 - (-24{,}69)}{3} - \frac{34{,}91 \times 3}{2}$$

$$= -53{,}09 \text{ kN}$$

Tablier						
Travées	Mo_t	Mapp_g	Mapp_d	M_tt	$Rapp_g$	$Rapp_d$
1	23,81	− 14,73	− 16,39	8,25	31,19	32,29
2	23,81	− 15,90	− 15,90	7,31	31,74	31,74
3	23,81	− 16,41	− 14,68	8,27	32,31	31,16
Radier						
Travées	Mo_t	Mapp_g	Mapp_d	M_tt	$Rapp_g$	$Rapp_d$
1	39,27	− 16,04 kN	− 29,23	13,52	−53,15	−51,19
2	39,27	− 27,52	− 27,52	13,06	−52,37	−52,37
3	39,27	− 29,23	− 16,03	13,49	−51,64	−53,09

Efforts de compression à prendre en compte sur les piédroits :

Piédroits de rive : $\text{Rapp}_{g_t} - \text{Rapp}_{g_r} = 31{,}19 - (-53{,}15) = 84{,}34$ kN

Piédroits intermédiaires : $2 \times (\text{Rapp}_{d_t} - \text{Rapp}_{d_r}) = 2 \times (31{,}74 - (-52{,}37)) = 168{,}22$ kN

b. Les charges d'exploitation

➢ **Système A**

Conformément aux dispositions du titre 2 du fascicule 61, une charge uniforme sera appliquée sur les chaussées des ouvrages. L'intensité de cette charge, les coefficients a1 et a2 seront déterminés conformément audit fascicule.

$$q(L) = \max[a_1 \times A(L); 4 - 0{,}002L)]$$

$L = \max\begin{cases} Lc \\ a \end{cases}$ on a donc $L = \max\begin{cases} 10\text{ m} \\ 3\text{m} \end{cases}$ → L= 10 m

$A(L) = 2{,}30 + \frac{360}{L+12}\,(\text{kN/m}^2)$ Avec L : largeur chargée

$$A(L) = 2{,}30 + \frac{360}{10+12} = 18{,}66\ \text{kN/m}^2$$

La classe du pont étant I et le nombre de voies chargées 2, le coefficient de dégressivité transversale $a_1 = 1$.

Soit $Q_A = \max[a_1 \times a_2 \times A(L); 4 - 0{,}002L)] \times 1$

$a_2 = \frac{v_0}{v}$ Avec v_0= 3,5 m (classe I) et $v = \frac{Lr}{3} = \frac{10}{3} = 3$ → $v = \frac{Lr}{3} = \frac{10}{3} = 3$

$a_2 = \frac{3{,}5}{3} = 1{,}17$

$$Q_A = \max[1 \times 1{,}17 \times 18{,}66; 4 - 0{,}002 \times 10)] \times 1$$

$$\mathbf{Q_A = 21{,}83\ kN/ml}$$

➢ **Système B**

- **Sous système Bc**

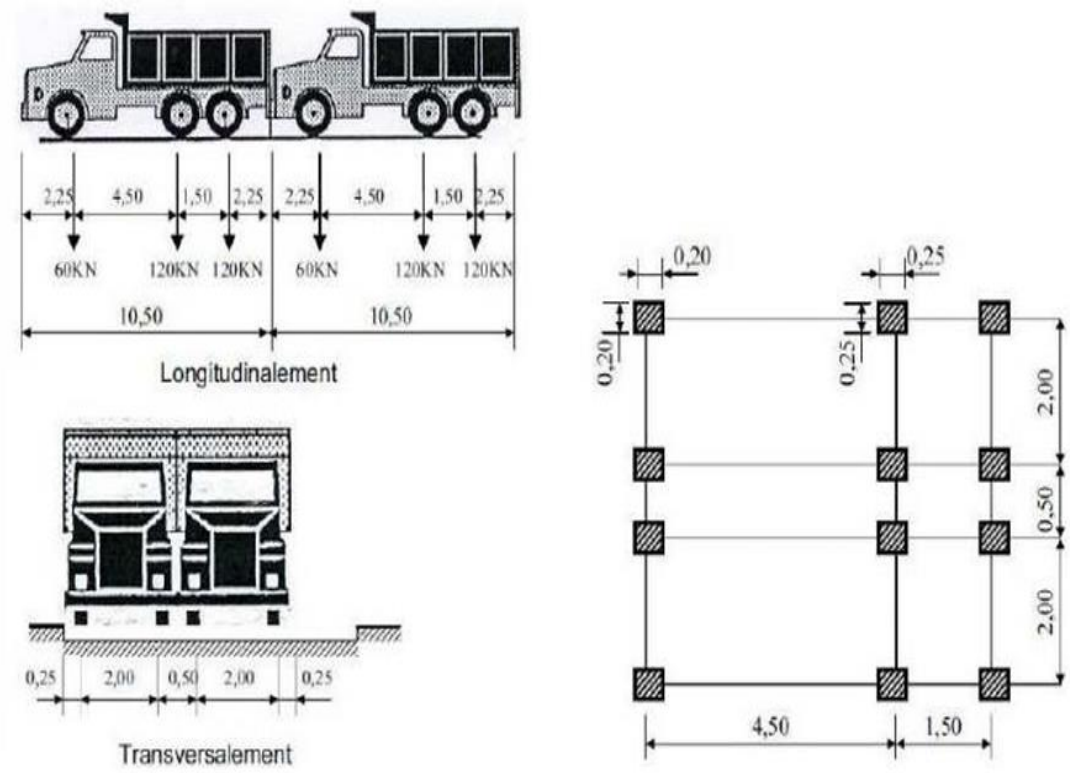


Figure : Matérialisation du sous-système Bc

Dans le cas de notre calcul avec le système de charge Bc, le cas le plus défavorable est celui où nous avons deux roues de 120 kN avec un espacement de 1,5 m.

Nous pouvons ainsi disposer longitudinalement qu'un seul camion et transversale deux camions.

$$P_{Bc} = \frac{Q_{Bc} \times b_c}{S_{encombrement}}$$

Avec L=Max (Largeur roulable ; portée de la travée) d'où L = max (11 ;3) = 11 m

G = Poids total d'une section de couverture de longueur L et toute la largeur relative à cette couverture et aux éléments reposant sur elle.

Q = Poids total maximum des essieux du système (Bc ou Bt) qu'il est possible de placer sur la longueur L.

Le coefficient de majoration dynamique est de :

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

- **Tablier**

$$P_{Bc_tablier} = \frac{(120 + 120) \times 2 \times 1{,}1 \times 1}{1{,}75 \times 4{,}75}$$

$$P_{Bc_tablier} = 63{,}52\ kN/m^2$$

- **Radier**

$$P_{Bc_radier} = \frac{(120 + 60 + 120) \times 2 \times 1{,}1}{10 \times 11}$$

$$P_{Bc_radier} = 6\ kN/ml$$

- **Piédroits**

$$P_{Bc_piédroits} = 1{,}2 \times 10 \times 1{,}1 \times 1$$

$$P_{Bc_piédroits} = 13{,}2\ kN/ml$$

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

$$G = (25 \times 0{,}25 \times 3 \times 11) + (20 \times 0{,}40 \times 3 \times 11) + (24 \times 0{,}040 \times 3 \times 11) + \left(\frac{25 \times 0{,}25 \times 0{,}5 \times 3 \times 2}{11 + 2 \times 0{,}25}\right)$$

$$G = 503{,}56\ kN$$

$$Q = 480\ kN$$

$$\delta = 1 + \frac{0{,}4}{1 + 0{,}2 \times 11} + \frac{0{,}6}{1 + 4 \times \frac{503{,}56}{480}}$$

$$\delta = 1{,}24$$

- **Sous système Bt**

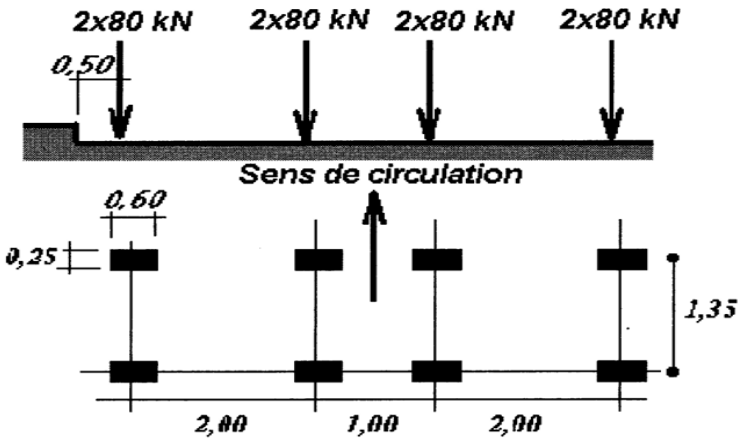


Figure : Matérialisation du sous-système Bt

$$P_{Bt} = \frac{Q_{Bt} \times b_t}{S_{encombrement}}$$

Avec L=Max (Largeur roulable ; portée de la travée) d'où L = max (11 ;3) = 11 m

G = Poids total d'une section de couverture de longueur L et toute la largeur relative à cette couverture et aux éléments reposant sur elle.

Q = Poids total maximum des essieux du système (Bc ou Bt) qu'il est possible de placer sur la longueur L.

Le coefficient de majoration dynamique est de :

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

- **Tablier**

$$P_{Bt_tablier} = \frac{80 \times 8 \times 1 \times 1}{1,6 \times 5,6}$$

$$P_{Bt_tablier} = 71,42\ kN/ml$$

- **Radier**

$$P_{Bt_radier} = \frac{80 \times 8 \times 1 \times 1}{10 \times 11}$$

$$P_{Bt_radier} = 5,81\ kN/ml$$

- **Piédroits**

$$P_{Bt_piédroits} = 1,2 \times 10 \times 1$$

$$P_{Bt_piédroits} = 12\ kN/ml$$

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

$$G = (25 \times 0,25 \times 3 \times 11) + (20 \times 0,40 \times 3 \times 11) + (24 \times 0,040 \times 3 \times 11) + \left(\frac{25 \times 0,25 \times 0,5 \times 3 \times 2}{11 + 2 \times 0,25}\right)$$

$$G = 503,56\ kN$$

$$Q = 640\ kN$$

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 11} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{503,56}{640}}$$

$$\delta = 1,27$$

- **Charges militaires**

Le véhicules de système Mc_{120} peut circuler en convoi ; dans le sens transversal un seul convoi est supposé circuler quelle que soit la largeur de la chaussée ; dans le sens longitudinal.

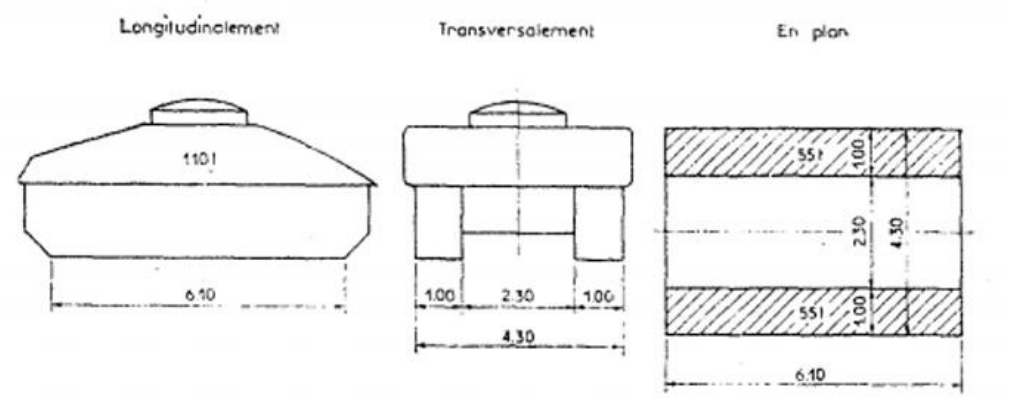


Figure : Matérialisation du convoi militaire Mc120

- **Tablier**

$$P_{Mc120_tablier} = \frac{550 \times 2}{4,3 \times 6,1} \times 1$$

$$P_{Mc120_tablier} = 26,23\ kN/ml$$

- **Radier**

$$P_{Mc120_radier} = \frac{550 \times 2}{10 \times 11} \times 1$$

$$P_{Mc120_radier} = 10\ kN/ml$$

- **Piédroits**

$$P_{Mc120_piédroits} = 1,2 \times 10 \times 1$$

$$P_{Mc120_piédroits} = 12\ kN/ml$$

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

$$G = (25 \times 0,25 \times 3 \times 11) + (20 \times 0,40 \times 3 \times 11) + (24 \times 0,040 \times 3 \times 11) + \left(\frac{25 \times 0,25 \times 0,5 \times 3 \times 2}{11 + 2 \times 0,25}\right)$$

$$G = 503{,}56\ kN$$

$$Q = 1100\ kN$$

$$\delta = 1 + \frac{0{,}4}{1 + 0{,}2 \times 11} + \frac{0{,}6}{1 + 4 \times \frac{503{,}56}{1100}}$$

$$\delta = 1{,}34$$

$$\delta_{max} = (1{,}24; 1{,}27; 1{,}34) = 1{,}34$$

➢ **Sous système Bc**

❖ Tablier

$$P = \delta_{max} \times P_{Tablier} \times 1$$

$$P_1 = 1{,}34 \times 63{,}52 \times 1 = 85{,}12\ kN/ml$$

❖ Radier

$$P = \delta_{max} \times P_{radier} \times 1$$

$$P_2 = 1{,}34 \times 6 \times 1 = 8{,}04\ kN/ml$$

❖ Piédroits

$$P = \delta_{max} \times P_0 \times 1$$

$$P_t = 1{,}34 \times 13{,}2 \times 1 = 17{,}69\ kN/ml$$

➢ **Sous système Bt**

❖ Tablier

$$P = \delta_{max} \times P_{Tablier} \times 1$$

$$P_1 = 1{,}34 \times 71{,}42 \times 1 = 95{,}70\ kN/ml$$

❖ Radier

$$P = \delta_{max} \times P_{radier} \times 1$$

$$P_2 = 1{,}34 \times 5{,}81 \times 1 = 7{,}8\ kN/ml$$

❖ Piédroits

$$P = \delta_{max} \times P_0 \times 1$$

$$P_t = 1{,}34 \times 12 \times 1 = 16{,}08\ kN/ml$$

➢ **Convoi militaire**

❖ Tablier

$$P = \delta_{max} \times P_{Tablier} \times 1$$

$$P_1 = 1{,}34 \times 41{,}94 \times 1 = 56{,}20\ kN/ml$$

- Radier

$$P = \delta_{max} \times P_{radier} \times 1$$

$$P_2 = 1{,}34 \times 10 \times 1 = 13{,}4\ kN/ml$$

- Piédroits

$$P = \delta_{max} \times P_0 \times 1$$

$$P_t = 1{,}34 \times 12 \times 1 = 16{,}08\ kN/ml$$

Le sous-système **Bt** présentant la plus grande charge, nous le considèrerons pour le calcul des sollicitations.

- Calcul des moments d'encastrement

$$m_{12} = -P_1 \times \frac{L^2}{12} = -95{,}71 \times \frac{3^2}{12}$$

$$m_{12} = -71{,}79\ kN.m/ml$$

$$m_{21} = -m_{12} = 71{,}79\ kN.m/ml$$

$$m_{12} = m_{23} = m_{34} = -71{,}79\ kN.m/ml$$

$$m_{21} = m_{32} = m_{43} = 71{,}79\ kN.m/ml$$

$$m_{56} = -P_2 \times \frac{L^2}{12} = -7{,}78 \times \frac{3^2}{12}$$

$$m_{56} = -5{,}84\ kN.m/ml$$

$$m_{65} = -m_{56} = -5{,}84\ kN.m/ml$$

$$m_{56} = m_{67} = m_{78} = -5{,}84\ kN.m/ml$$

$$m_{65} = m_{76} = m_{87} = 5{,}84\ kN.m/ml$$

$$m_{81} = -(2Pt_1 + 3Pt_2) \times \frac{L^2}{60} = -(2 \times 16{,}08 + 3 \times 16{,}08) \times \frac{3^2}{60}$$

$$m_{81} = -12{,}06\ kN.m/ml$$

$$m_{54} = -m_{81} = 12{,}06\ kN.m/ml$$

$$m_{18} = (3Pt_1 + 2Pt_2) \times \frac{L^2}{60} = (3 \times 16{,}08 + 2 \times 16{,}08) \times \frac{3^2}{60}$$

$$m_{18} = 12{,}06\ kN.m/ml$$

$$m_{45} = -m_{18} = -12{,}06\ \text{kN.m/ml}$$

$m_{27} = m_{72} = m_{36} = m_{63} = 0\ \text{kN.m/ml}$

Calcul des moments d'encastrement

Soit b_i la constante du nœud i ;

$b_1 = -(m_{12} + m_{18}) = -(-71{,}79 + 12{,}06) = 59{,}73\ \text{kN.m/ml}$

$b_2 = -(m_{21} + m_{23} + m_{27}) = -(71{,}79 - 71{,}79 + 0) = 0\ \text{kN.m/ml}$

$b_3 = -(m_{32} + m_{34} + m_{36}) = -(71{,}79 - 71{,}79 + 0) = 0\ \text{kN.m/ml}$

$b_4 = -(m_{43} + m_{45}) = -(71{,}79 - 12{,}06) = -59{,}73\ \text{kN.m/ml}$

$b_5 = -(m_{54} + m_{56}) = -(12{,}06 - 5{,}84) = -6{,}22\ \text{kN.m/ml}$

$b_6 = -(m_{65} + m_{67} + m_{63}) = -(5{,}84 - 5{,}84 + 0) = 0\ \text{kN.m/ml}$

$b_7 = -(m_{76} + m_{72} + m_{78}) = -(5{,}84 - 0 - 5{,}84) = 0\ \text{kN.m/ml}$

$b_8 = -(m_{81} + m_{87}) = -(-12{,}06 + 5{,}84) = 6{,}22\ \text{kN.m/ml}$

La résolution du système d'équations obtenu avec Excel donne :

a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	b_i
27200000	800000	0	0	0	0	0	12800000	**59,73**
800000	28800000	800000	0	0	0	12800000	0	**0**
0	800000	28800000	800000	0	12800000	0	0	**0**
0	0	800000	27200000	12800000	0	0	0	**-59,73**
0	0	0	12800000	27200000	800000	0	0	**-6,22**
0	0	12800000	0	800000	28800000	800000	0	**0**
0	12800000	0	0	0	800000	28800000	800000	**0**
12800000	0	0	0	0	0	800000	28800000	**6,22**

a1	2,654E-06
a2	-1,12E-07
a3	1,141E-07
a4	-2,69E-06
a5	1,039E-06
a6	-8,18E-08
a7	7,884E-08

a8	-9,66E-07

Déduction des moments

$M_{12} = -67{,}63\ \text{kN.m}$
$M_{21} = 73{,}73\ \text{kN.m}$
$M_{23} = -71{,}88\ \text{kN.m}$
$M_{32} = 71{,}88\ \text{kN.m}$
$M_{34} = -73{,}74\ \text{kN.m}$
$M_{43} = 67{,}58\ \text{kN.m}$
$M_{45} = -67{,}62\ \text{kN.m}$
$M_{54} = 4{,}23\ \text{kN.m}$
$M_{56} = -4{,}24\ \text{kN.m}$
$M_{65} = 6{,}54\ \text{kN.m}$
$M_{67} = -5{,}91\ \text{kN.m}$
$M_{76} = 5{,}90\ \text{kN.m}$
$M_{78} = -6{,}49\ \text{kN.m}$
$M_{87} = 4{,}36\text{kN.m}$
$M_{81} = -2{,}82\ \text{kN.m}$
$M_{18} = 67{,}64\ \text{kN.m}$
$M_{27} = -1{,}86\ \text{kN.m}$
$M_{72} = 0{,}58\ \text{kN.m}$
$M_{36} = 1{,}87\ \text{kN.m}$
$M_{63} = -0{,}63\ \text{kN.m}$

Détermination des moments isostatiques en travée du tablier, du radier et des piédroits :

Tablier : → $M_{0_tablier} = \frac{P_{Tablier}}{8} \times L^2 = \frac{95{,}71}{8} \times 3^2 = \mathbf{107{,}67\ kN.m/ml}$

Radier : → $M_{0_radier} = \frac{P_{Radier}}{8} \times L^2 = \frac{7{,}8}{8} \times 3^2 = \mathbf{8{,}75\ kN.m/ml}$

Piédroits :→ $M_{0_piedroits} = \frac{Pt_1}{8} \times L^2 = \frac{16{,}08}{8} \times 3^2 = \mathbf{18{,}09\ kN.m/ml}$

Détermination des moments des moments de calcul du tablier, du radier et des piédroits :

- **Tablier**

- Travée 1

Appui gauche: $Mg_t = M_{12} = -67{,}63\ \text{kN.m}$

Appui droit: $Md_t = -M_{21} = -73{,}73\ \text{kN.m}$

$$M_{travée_1} = M_{0_tablier} + \frac{Mg_t + Md_t}{2} = 107{,}67 + \frac{-67{,}63 - 73{,}73}{2} = 36{,}99\ \text{kN.m}$$

- Travée 2

$$\text{Appui gauche:} \qquad Mg_t = M_{23} = -71{,}88\ \text{kN.m}$$

$$\text{Appui droit:} \qquad Md_t = -M_{32} = -71{,}88\ \text{kN.m}$$

$$M_{travée_2} = M_{0_tablier} + \frac{Mg_t + Md_t}{2} = 107{,}67 + \frac{-71{,}88 - 71{,}88}{2} = 35{,}79\ \text{kN.m}$$

- Travée 3

$$\text{Appui gauche:} \qquad Mg_t = M_{34} = -73{,}74\ \text{kN.m}$$

$$\text{Appui droit:} \qquad Md_t = -M_{43} = -67{,}58\ \text{kN.m}$$

$$M_{travée_3} = M_{0_tablier} + \frac{Mg_t + Md_t}{2} = 107{,}67 + \frac{-73{,}74 - 67{,}58}{2} = 37{,}01\ \text{kN.m}$$

❖ **Radier**

- Travée 1

$$\text{Appui gauche:} \qquad Mg_t = M_{56} = -4{,}24\ \text{kN.m}$$

$$\text{Appui droit:} \qquad Md_t = -M_{65} = -6{,}54\ \text{kN.m}$$

$$M_{travée_1} = M_{0_radier} + \frac{Mg_t + Md_t}{2} = 8{,}75 + \frac{-4{,}24 - 6{,}54}{2} = 3{,}36\ \text{kN.m}$$

- Travée 2

$$\text{Appui gauche:} \qquad Mg_t = M_{67} = -5{,}91\ \text{kN.m}$$

$$\text{Appui droit:} \qquad Md_t = -M_{76} = -5{,}90\ \text{kN.m}$$

$$M_{travée_2} = M_{0_radier} + \frac{Mg_t + Md_t}{2} = 8{,}75 + \frac{-5{,}91 - 5{,}90}{2} = 2{,}85\ \text{kN.m}$$

- Travée 3

$$\text{Appui gauche:} \qquad Mg_t = M_{78} = -6{,}49\ \text{kN.m}$$

$$\text{Appui droit:} \qquad Md_t = -M_{87} = -4{,}36\ \text{kN.m}$$

$$M_{travée_3} = M_{0_radier} + \frac{Mg_t + Md_t}{2} = 8{,}75 + \frac{-6{,}49 - 4{,}36}{2} = 3{,}33\ \text{kN.m}$$

❖ **Piédroits**

Appui superieur : $\text{Mapp}_{\text{sup}} = -\text{M}_{18} = -67{,}64\ \text{kN.m}$

Appui inférieur: $\text{Mapp}_{\text{inf}} = \text{M}_{81} = -2{,}82\ \text{kN.m}$

En travée : $\text{Mt}_{\text{rive}} = \text{M}_{\text{t_piédroits}} = -17{,}14\ \text{kN.m}$

Détermination des réactions d'appuis sur le tablier, le radier et des piédroits :

❖ **Tablier**

➢ Travée 1

$$\text{Rapp}_{\text{g_t}} = \frac{\text{Mapp}_{\text{d}} - \text{Mapp}_{\text{g}}}{\text{L}} + \frac{P_{Tablier} \times L}{2} = \frac{-73{,}73 - (-67{,}63)}{3} + \frac{95{,}71 \times 3}{2}$$

$$= 141{,}53\ \text{kN}$$

$$\text{Rapp}_{\text{d_t}} = \frac{\text{Mapp}_{\text{g}} - \text{Mapp}_{\text{d}}}{\text{L}} + \frac{P_{Tablier} \times L}{2} = \frac{-67{,}63 - (-73{,}73)}{3} + \frac{95{,}71 \times 3}{2}$$

$$= 145{,}60\ \text{kN}$$

➢ Travée 2

$$\text{Rapp}_{\text{g_t}} = \frac{\text{Mapp}_{\text{d}} - \text{Mapp}_{\text{g}}}{\text{L}} + \frac{P_{Tablier} \times L}{2} = \frac{-71{,}88 - (-71{,}88)}{3} + \frac{95{,}71 \times 3}{2}$$

$$= 143{,}57\ \text{kN}$$

$$\text{Rapp}_{\text{d_t}} = \frac{\text{Mapp}_{\text{g}} - \text{Mapp}_{\text{d}}}{\text{L}} + \frac{P_{Tablier} \times L}{2} = \frac{-71{,}88 - (-71{,}88)}{3} + \frac{95{,}71 \times 3}{2}$$

$$= 143{,}57\ \text{kN}$$

➢ Travée 3

$$\text{Rapp}_{\text{g_t}} = \frac{\text{Mapp}_{\text{d}} - \text{Mapp}_{\text{g}}}{\text{L}} + \frac{P_{Tablier} \times L}{2} = \frac{-73{,}74 - (-67{,}58)}{3} + \frac{95{,}71 \times 3}{2}$$

$$= 141{,}51\ \text{kN}$$

$$\text{Rapp}_{\text{d_t}} = \frac{\text{Mapp}_{\text{g}} - \text{Mapp}_{\text{d}}}{\text{L}} + \frac{P_{Tablier} \times L}{2} = \frac{-67{,}58 - (-73{,}74)}{3} + \frac{95{,}71 \times 3}{2}$$

$$= 145{,}62\ \text{kN}$$

❖ **Radier**

- Travée 1

$$\text{Rapp}_{g_r} = \frac{\text{Mapp}_d - \text{Mapp}_g}{L} - \frac{P_{Radier} \times L}{2} = \frac{-6{,}54 - (-4{,}24)}{3} - \frac{7{,}8 \times 3}{2} = -12{,}47 \text{ kN}$$

$$\text{Rapp}_{d_r} = \frac{\text{Mapp}_g - \text{Mapp}_d}{L} - \frac{P_{Radier} \times L}{2} = \frac{-4{,}24 - (-6{,}54)}{3} - \frac{7{,}8 \times 3}{2} = -10{,}93 \text{ kN}$$

- Travée 2

$$\text{Rapp}_{g_r} = \frac{\text{Mapp}_d - \text{Mapp}_g}{L} - \frac{P_{Radier} \times L}{2} = \frac{-5{,}90 - (-5{,}91)}{3} - \frac{7{,}8 \times 3}{2} = -11{,}7 \text{ kN}$$

$$\text{Rapp}_{d_r} = \frac{\text{Mapp}_g - \text{Mapp}_d}{L} - \frac{P_{Radier} \times L}{2} = \frac{-5{,}91 - (-5{,}90)}{3} - \frac{7{,}8 \times 3}{2} = -11{,}7 \text{ kN}$$

- Travée 3

$$\text{Rapp}_{g_r} = \frac{\text{Mapp}_d - \text{Mapp}_g}{L} - \frac{P_{Radier} \times L}{2} = \frac{-4{,}36 - (-6{,}49)}{3} - \frac{7{,}8 \times 3}{2} = -10{,}99 \text{ kN}$$

$$\text{Rapp}_{d_r} = \frac{\text{Mapp}_g - \text{Mapp}_d}{L} - \frac{P_{Radier} \times L}{2} = \frac{-6{,}49 - (-4{,}36)}{3} - \frac{7{,}8 \times 3}{2} = -12{,}41 \text{ kN}$$

Tablier						
Travées	Mo_t	Mapp_g	Mapp_d	M_{tt}	$Rapp_g$	$Rapp_d$
1	107,67	− 67,63	− 73,73	36,99	141,53	145,60
2	107,67	−71,88	−71,88	35,79	143,57	143,57
3	107,67	− 73,74	− 67,58	37,01	141,51	145,62
Radier						
Travées	Mo_t	Mapp_g	Mapp_d	M_{tt}	$Rapp_g$	$Rapp_d$
1	8,75	− 4,24 kN	− 6,54	2,36	−12,47	−10,93
2	8,75	− 5,90	− 5,91	2,85	−11,70	−11,70
3	8,75	− 6,49	− 4,36	3,23	−10,99	−12,41

Efforts de compression à prendre en compte sur les piédroits :

Piédroits de rive : $\text{Rapp}_{g_t} - \text{Rapp}_{g_r} = 143{,}57 - (-12{,}41) = 155{,}98$ kN

Piédroits intermédiaires : $2 \times (\text{Rapp}_{d_t} - \text{Rapp}_{d_r}) = 2 \times (143{,}57 - (-11{,}70)) = 310{,}54$ kN

À l'issue de l'ensemble des calculs développés et présentés ci-dessus, portant sur les différentes parties d'ouvrage que sont le tablier, le radier, les piédroits extrêmes ainsi que les piédroits intérieurs, et tenant compte des diverses sollicitations appliquées notamment les moments fléchissants et les efforts normaux sous les charges permanentes G ainsi que sous les différents systèmes de charges réglementaires Bc, Bt et MC120, les résultats obtenus sont récapitulés et synthétisés dans le tableau suivant ci -après :

Tableau: Sollicitations de dimensionnement ELU/ELS

Partie de l'ouvrage	Sollicitations	Positions	ELU :1,35G+1,6Bt	ELS : G+1,2Bt
Tablier	Moment fléchissant	Gauche	-140,14	-104,90
		Droite	-140,10	-104,87
		Milieu	70,38	52,68
Radier	Moment fléchissant	Gauche	-49,84	-37,02
		Droite	-49,92	-37,08
		Milieu	23,52	17,4
Piédroits de rive	Moment fléchissant	Milieu	35,09	26,25
	Effort Normal		363,43	271,52
Piédroits intermédiaires	Effort Normal		723,96	540,87

c. Calcul des sections d'acier

Données de calcul : $h = 0{,}25\ m\ \ d = 0{,}9 \times 0{,}25 = 0{,}225\ m$

$\sigma_{bc} = 14{,}17$ MPa $\quad F_{su} = \sigma_s = 347{,}83$ MPa $\quad b = 1$ m

Tablier

Calcul de section à mi-travée

- Calcul à l'ELU

$$M_u = 70{,}38\ kN.m$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times \sigma_{bc}} \qquad \rightarrow \mu_u = \frac{70{,}38 \times 10^{-3}}{1 \times 0{,}225^2 \times 14{,}17} = 0{,}098$$

On a $\mu_u = 0{,}098 < 0{,}186 \rightarrow$ Pivot A, donc pas d'acier comprimé

Paramètre de déformation :

$$\alpha_u = 1{,}25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1{,}25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0{,}098}) = 0{,}129$$

$$Z_u = d(1 - 0{,}4\alpha_u) = 0{,}225(1 - 0{,}4 \times 0{,}129) = 0{,}213\ \text{m}$$

Section d'acier théorique

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times \sigma_s} = \frac{70{,}38 \times 10}{0{,}213 \times 347{,}83} = \mathbf{9{,}50\ cm^2}$$

Condition de non fragilité (CNF)

$$A_{st\,min} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \left(\frac{f_{tj}}{f_e}\right) = 0{,}23 \times 1 \times 0{,}225 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}71\ \text{cm}^2$$

La section d'acier retenue est **Ast = 9,50 cm² qui est supérieure à Ast min = 2,71 cm²**

- Calcul à l'ELS

Moment de service : $M_{ser} = 52{,}68\ \text{KN} \cdot \text{m/ml}$

Paramètre de déformation

$$\sigma_{st}\begin{cases} \varphi \rightarrow \text{Fissuration préjudiciable} \\ 0{,}8\varphi \rightarrow \text{Fissuration très préjudiciable} \end{cases}$$

$$\text{Avec } \varphi = \min\begin{cases} \frac{2}{3}\,fe = 266{,}67 \\ \max\begin{cases} 0{,}5\,fe = 200 \\ 110\sqrt{\eta \times ftj} = 201{,}63 \end{cases} \end{cases} \qquad \varphi = 201{,}63\ \text{MPa}$$

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

Fibre neutre :

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

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

Moment résistant :

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_o \times y_{ser} \times \overline{\sigma_{bc}} \times Z_{ser} = 0{,}5 \times 1 \times 0{,}12 \times 15 \times 0{,}185$$

$$= 166{,}5\ \text{kN} \cdot \text{m/ml}$$

$$M_{ser} < M_{serb} \rightarrow \text{Pas de présence d'aciers comprimé}$$

Calcul des aciers

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z \times \sigma_{st}} = \frac{52{,}68 \times 10}{0{,}185 \times 201{,}63} = 14{,}12\ cm^2\ ;$$

$$\mathbf{A_{st} = 14{,}12\ cm^2}$$

Condition de non fragilité (CNF)

$$A_{st\,min} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \left(\frac{f_{tj}}{f_e}\right) = 0{,}23 \times 1 \times 0{,}225 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}71\ cm^2$$

La section d'acier retenue est **Ast = 14,12 cm² qui est supérieure à Ast min = 2,71 cm²**

Calcul de section sur appuis

- Calcul à l'ELU

$$M_u = 140{,}14\ kN.m$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times \sigma_{bc}} \qquad \rightarrow \mu_u = \frac{140{,}14 \times 10^{-3}}{1 \times 0{,}225^2 \times 14{,}17} = 0{,}195$$

On a $\mu_u = 0{,}195 > 0{,}186 \rightarrow$ Pivot B, donc présence d'acier comprimé

$$As_t = \frac{M_{urb}}{Z_L \times f_{su}} + \frac{M_u - M_{urb}}{(d - d') \times f_{su}}$$

$$As_t = \frac{133{,}43 \times 10}{0{,}202 \times 347{,}83} + \frac{(140{,}14 - 133{,}43) \times 10}{(0{,}225 - 0{,}025) \times 347{,}83} = 19{,}95\ cm^2$$

$$\mathbf{As_t = 19{,}95\ cm^2}$$

$$As_c = \frac{M_u - M_{urb}}{(d - d') \times \sigma_{sc}} = \frac{(140{,}14 - 133{,}43) \times 10}{(0{,}225 - 0{,}025) \times 347{,}83} = 0{,}96\ cm^2$$

$$\mathbf{As_c = 0{,}96\ cm^2}$$

Condition de non fragilité (CNF)

$$A_{st\,min} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \left(\frac{f_{tj}}{f_e}\right) = 0{,}23 \times 1 \times 0{,}225 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}71\ cm^2$$

La section d'acier calculée est **Ast = 19,95 cm² qui est supérieure à Ast min = 2,71 cm²**

- Calcul à l'ELS

Moment de service : $M_{ser} = 104{,}90\ KN \cdot m/ml$

Paramètre de déformation

$$\sigma_{st}\begin{cases} \varphi \rightarrow \text{Fissuration préjudiciable} \\ 0{,}8\varphi \rightarrow \text{Fissuration très préjudiciable} \end{cases}$$

$$\text{Avec } \varphi = \min\begin{cases} \frac{2}{3}\,fe = 266{,}67 \\ \max\begin{cases} 0{,}5\,fe = 200 \\ 110\sqrt{\eta \times ftj} = 201{,}63 \end{cases} \end{cases} \qquad \varphi = 201{,}63\ MPa$$

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

Fibre neutre :

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

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

Moment résistant :

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_o \times y_{ser} \times \overline{\sigma_{bc}} \times Z_{ser} = 0{,}5 \times 1 \times 0{,}12 \times 15 \times 0{,}185$$

$$= 166{,}5\ kN \cdot m/ml$$

$$M_{ser} < M_{serb} \rightarrow \text{Pas de présence d'aciers comprimé}$$

Calcul des aciers

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z \times \sigma_{st}} = \frac{104{,}90 \times 10}{0{,}185 \times 201{,}63} = 28{,}12\ cm^2\ ;$$

$$\mathbf{A_{st} = 28{,}12\ cm^2}$$

Condition de non fragilité (CNF)

$$A_{st\,min} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \left(\frac{f_{tj}}{f_e}\right) = 0{,}23 \times 1 \times 0{,}225 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}71\ cm^2$$

La section d'acier calculée est **Ast = 28,12 cm² qui est supérieure à Ast min = 2,71 cm²**

- **Piédroits centraux**

Les calculs sont effectués pour un piédroit considéré au mètre linéaire comme un poteau de 1 m × 0,25

Données : $h = 0{,}25\ m$ Hauteur $H = 3\ m$ $b = 1\ m$ $c = 0{,}02\ m$

■ Effort normal sollicitant le Poteau

$$N_u = 723{,}96\ KN/ml$$

Longueur de flambement : $l_f = 0{,}7 \times 3 = 2{,}1\ m$

Elancement : $\lambda = 3{,}46 \times \frac{l_f}{h} = 3{,}46 \times \frac{2{,}10}{0{,}25} = 29{,}06$

On a $\lambda < 50 \rightarrow \quad \beta = 1 + 0{,}2 \times \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2 = 1{,}14$

$$B_r = (h - c) \times (b - c) = (0{,}25 - 0{,}02) \times (1 - 0{,}02) = 2254\ cm^2$$

Béton : $N_b = \frac{B_r \times f_{bu}}{0{,}9} = \frac{0{,}2254 \times 14{,}17}{0{,}9} = 3548{,}8\ kN$

Acier : $N_s = \frac{k \times \beta \times N_u - N_b}{0{,}85} = \frac{1{,}1 \times 1{,}14 \times 723{,}96 - 3548{,}8}{0{,}85} = -3107\ KN$

Avec k = 1,1 car plus de la moitié des charges est appliqué avant 90 jours.

Ns < 0 → donc le béton est surabondant, il suffit de prévoir la section minimale.

Calcul de la section minimale armatures

$$u = 2 \times (h + b) = 2 \times (0{,}25 + 1) = 2{,}5\ m \rightarrow \text{périmètre}$$

$$B = h \times b = 0{,}25 \times 1 = 0{,}25\ cm^2 \rightarrow \text{aire}$$

$$A_{min} = \max \begin{cases} 4\ \frac{cm^2}{m} \times u(m^2) \\ 0{,}2 \times \frac{B}{100} \end{cases}$$

$$A_{min} = \max \begin{cases} 4 \times 3 = 12\ cm^2 \\ 0{,}2 \times \frac{B}{100} = 0{,}2 \times \frac{2500}{100} = 5\ cm^2 \end{cases}$$

$$A = A_{min} = 12\ cm^2$$

Vérification : $A_{max} = 5 \times \frac{B}{100} = 5 \times \frac{2500}{100} = 125\ cm^2 \rightarrow A_{min} < A_{max}$

Donc $\mathbf{A_C = 12\ cm^2}$

- **Piédroits de rive**
  - Calcul à l'ELU

$$M = 35{,}09\ kN.m/ml$$

$$N = 363{,}43\ kN/ml$$

$$e_a = \max \begin{cases} 2\ cm \\ \frac{H}{250} \end{cases} \rightarrow e_a = 2\ cm$$

$$e_1 = \frac{M}{N} + e_a = \frac{35{,}09}{363{,}43} + 0{,}02 = 0{,}117\ m$$

Sollicitations ultimes corrigées pour le flambement

Élancement géométrique :

$$l_f = 0{,}7 \times l_0 = 0{,}7 \times 3\ m = 2{,}1\ m$$

Pièce chargée de façon excentrée :

$$\rightarrow \frac{l_f}{h} < Max \begin{cases} 15 \\ 20 \times \frac{e_1}{h} \rightarrow \frac{2{,}1}{0{,}25} = 7 < 15 \leq \end{cases}$$

Excentricité du 2nd ordre :

$$\alpha = \frac{5{,}68}{5{,}68 + 17{,}14} = 0{,}249$$

$$e_2 = \frac{3 \times l_f^2}{10^4 \times h}(2 + \alpha \times \varphi) = \frac{3 \times 2{,}1^2}{10^4 \times 0{,}25}(2 + 0{,}396 \times 2) = 0{,}015$$

$$= 1{,}5\ cm$$

Avec φ = 2

Sollicitations corrigées pour le calcul en flexion composée :

$$\begin{cases} Nu = Ni \\ M = Nu\,(e_1 + e_2) \\ e_0 = e_1 + e_2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} Nu = 363{,}43 \\ M = 363{,}43(0{,}117 + 0{,}015) = 47{,}97\ kN.m \\ e_0 = 0{,}117 + 0{,}015 = 0{,}132\ m \end{cases}$$

Sollicitation ramenée au centre de gravité des aciers tendus :

$$\begin{cases} e_A = e_0 + (d - \frac{h}{2}) \\ M_{u_A} = N_u \times e_A \end{cases} \rightarrow \begin{cases} e = 0{,}132 + \left(0{,}225 - \frac{0{,}25}{2}\right) = 0{,}232 \\ M_{u_A} = 363{,}43 \times 0{,}232 = 84{,}32 \text{kN.m} \end{cases}$$

Moment réduit de référence à l'ELU :

$$\mu_{BC} = 0{,}8 \times \frac{h}{d} \times \left(1 - 0{,}4 \times \frac{h}{d}\right) = 0{,}8 \times \frac{0{,}25}{0{,}225} \times \left(1 - 0{,}4 \times \frac{0{,}250}{0{,}225}\right)$$

$$\mu_{BC} = 0{,}494$$

Moment réduit agissant :

$$\mu_{uA} = \frac{M_{uA}}{b \times d^2 \times f_{bu}} \rightarrow \mu_{uA} = \frac{84{,}32 \times 10^{-3}}{1 \times 0{,}225^2 \times 14{,}17} = 0{,}118$$

- Calcul à l'ELS

$$\begin{cases} N_{ser} = 271{,}52 \text{ kN} \\ M_{serG0} = 26{,}25 \text{ kN.m} \\ e_{ser0} = 0{,}10 \end{cases}$$

$$\begin{cases} e_A = e_{ser0} + \left(d - \frac{h}{2}\right) \\ M_{serA} = N_u \times e_A \end{cases} \rightarrow \begin{cases} e_A = 0{,}10 + \left(0{,}225 - \frac{0{,}25}{2}\right) = 0{,}20 \\ M_{serA} = 271{,}52 \times 0{,}20 = 54{,}30 \text{ kN.m} \end{cases}$$

$$\gamma_M = \frac{M_{uA}}{M_{serA}} = \frac{84{,}32}{54{,}30} = 1{,}55$$

$$10^4 \mu_{lu} = 3440 \times \theta \times \gamma_M + 49 \times \frac{f_{c28}}{\theta} - 3100$$

$$= 3440 \times 1 \times 1{,}55 + 49 \times \frac{25}{1} - 3100$$

$$10^4 \mu_{lu} = 3457$$

$$\mu_{lu} = 0{,}346$$

$\mu_{uA} < \mu_{BC} \rightarrow$ Section partiellement comprimée

Et $\mu_{uA} < \mu_{lu} \rightarrow$ Pas besoin d'aciers comprimés

$$\alpha_{uA} = 1{,}25 \times \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu_{uA}}\right) = 1{,}25 \times \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0{,}118}\right) = 0{,}157$$

$$z_{uA} = d \times (1 - 0{,}4 \times \alpha_{uA}) = 0{,}225 \times (1 - 0{,}4 \times 0{,}157) = 0{,}211 \text{ m}$$

$$\check{A} = \frac{M_{uA}}{z_{uA} \times \sigma_s} = \frac{84{,}32 \times 10}{0{,}211 \times 347{,}83} = 12{,}83 \text{ cm}^2$$

$$A_u = \check{A} - \frac{N_u}{\sigma_s} = 11{,}49 - \frac{363{,}43 \times 10}{347{,}83} = 1{,}05\ cm^2$$

$$A_{st\ min} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \left(\frac{f_{tj}}{f_e}\right) = 0{,}23 \times 1 \times 0{,}225 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}71\ cm^2$$

Au < Ast min → Nous allons considérer Ast min = **2,71 cm²**

6. Dimensionnement structurel de caniveaux

- **Prédimensionnement**

$$e = \frac{b}{32} + 12{,}5 = \frac{60}{32} + 12{,}5 = 14{,}375\ cm$$

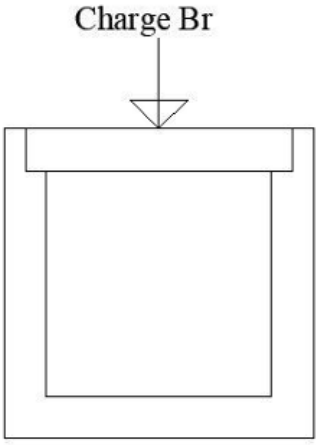
On retiendra une épaisseur de 20 cm pour le caniveau.

- Epaisseur de la lèvre de feuillure : $a = \frac{e}{2} = \frac{20}{2} = 10$ cm ;
- Redent de feuillure : $h = e - a = 10$ cm ;
- Portée de la dallette : $l = B + 2h = 80$ cm ;
- Epaisseur de la dallette : $e = 20$ cm ;
- Epaisseur des piédroits : $e = 20$ cm ;
- Epaisseur du radier : $e = 20$ cm ;

❖ **Calcul des sections d'acier de la dallette**

Conformément le fascicule 61 Titre II, la dallette est dimensionnée avec une surcharge routière Br pour une roue isolée de 100 kN.

La dallette sera dimensionnée comme une poutre en flexion simple et est soumise à :



Son propre : $P_{propre} = 25 \times 0{,}2 \times 0{,}8 \times 1 = 4$ kN/ml

Poids concentré de la charge Br : $P_{Br} = 100 \times 0{,}8 \times 1 = 80\ \text{kN/ml}$

Le moment vaut donc :

$$M_u = \frac{1{,}35 \times P_{propre} \times l^2}{8} + \frac{1{,}5 \times P_{Br} \times l}{4} = \frac{1{,}35 \times 4 \times 0{,}8^2}{8} + \frac{1{,}5 \times 80}{4}$$
$$= 30{,}432\ \text{kN.m/ml}$$

Paramètre de déformation

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}} \quad \rightarrow \mu_u = \frac{30{,}432 \times 10^{-3}}{1 \times (0{,}9 \times 0{,}2)^2 \times 14{,}17}$$

$\mu_u = 0{,}066 < \mu_{AB} = 0{,}186 \rightarrow$ Pas de présence d'aciers comprimé

$$\alpha_u = 1{,}25 \times \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu_u}\right) = 1{,}25 \times \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0{,}066}\right) = 0{,}085$$

$$z_u = d \times (1 - 0{,}4 \times \alpha_u) = 0{,}180 \times (1 - 0{,}4 \times 0{,}085) = 0{,}174\ \text{m}$$

Calcul des aciers

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{su}} = \frac{30{,}432 \times 10}{0{,}174 \times 347{,}83} = 5{,}03\ \text{cm}^2\ ;$$

$$\mathbf{A_{st} = 5{,}03\ cm^2}$$

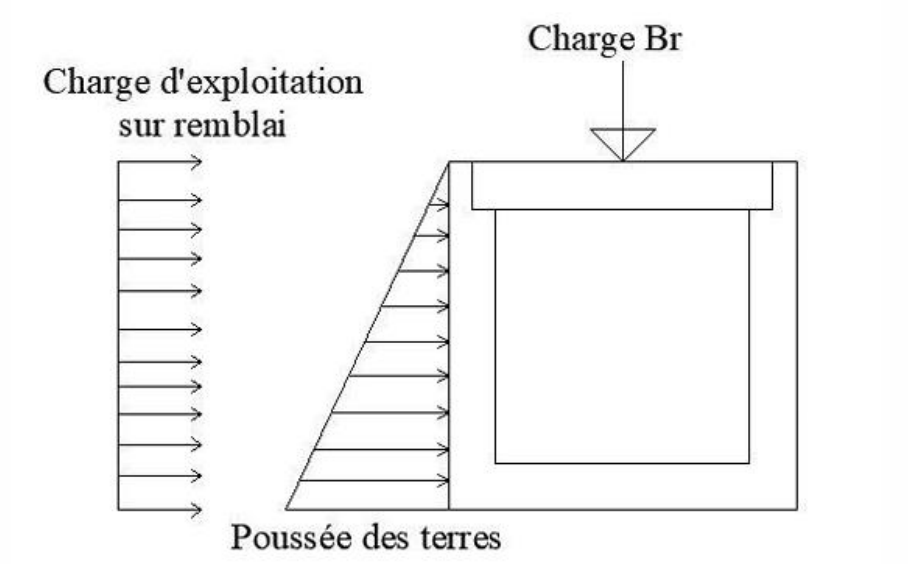
Condition de non fragilité (CNF)

$$A_{st\,min} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \left(\frac{f_{tj}}{f_e}\right) = 0{,}23 \times 1 \times 0{,}18 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}17\ \text{cm}^2$$

La section d'acier calculée est **Ast = 5,03 cm² qui est supérieure à Ast min = 2,17 cm²**

- **Calcul des sections d'acier dans les piédroits**

Sous l'action combinée des charges verticales issues de la dallette et des poussées horizontales des remblais, les piédroits sont soumis à une flexion composée avec compression axiale. Leur vérification est effectuée à l'état limite de service (ELS).



Poids propre de la dallette sur piédroit

$$P_{Piédroit} = \frac{P_{dallette}}{2} = \frac{4}{2} = 2\ KN/ml$$

$$P_{Piédroit} = 2\ KN/ml$$

Effort de la roue sur un piédroit

$$Br = \frac{100}{2} = 50\ KN/ml$$

Poids propre du piédroit

$$P_{Propre_piédroit} = \gamma_b \times h \times e \times 1 = 25 \times 0{,}6 \times 0{,}2 \times 1 = 3\ KN/ml$$

$$P_{Propre_piédroit} = 3\ KN/ml$$

Poussée des terres

$$P_{Terre} = 0{,}5 \times \gamma_{sol} \times ka \times h^2 = 0{,}5 \times 20 \times 0{,}33 \times 0{,}6^2 = 1{,}19\ KN/ml$$

Surcharge sur remblai

$$q = q_{remblai} \times ka \times h = 10 \times 0{,}33 \times 0{,}6 = 1{,}98\ KN/ml$$

Calcul de Nser

$$N_{ser} = P_{Piédroit} + P_{Propre_piédroit} + 1{,}2Q = 2 + 3 + 1{,}2 \times 50 = 55\ KN/ml$$

$$N_{ser} = 55\ KN/ml$$

Calcul de Mser

$$M_{ser} = \frac{P_t \times h^2}{8} + \frac{q \times h}{4} = \frac{1{,}19 \times 0{,}6^2}{8} + \frac{1{,}98 \times 0{,}6}{4} = 0{,}35\ \text{kN.m}$$

Calcul de l'excentricité

$$e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{0{,}35}{55} = 0{,}006\text{m}$$

$$e = 0{,}006\text{m}$$

Vérification de la section de l'ouvrage

Si $e < \frac{B}{6}$ nous avons une section entièrement comprimée ; avec B = épaisseur du voile

Si $e > \frac{B}{6}$ nous avons une section partiellement comprimée

$$\frac{B}{6} = 0{,}033$$

$e = 0{,}006 < \frac{B}{6} = 0{,}033$ nous avons une section partiellement comprimée.

$$A_s' = \frac{M_{ser} + (Nser - bh\overline{\sigma_{bc}})(d - \frac{h}{2})}{15\overline{\sigma_{bc}}\,(d - d')}$$

$$A_s = \frac{N_{ser} - bh\overline{\sigma_{bc}}}{15\overline{\sigma_{bc}}} - A_s'$$

$$A_s' = \frac{0{,}35 + (55 - 1 \times 0{,}2 \times 15)(0{,}18 - \frac{0{,}2}{2})}{15 \times 15\,(0{,}18 - 0{,}02)} \times 10 = 1{,}25\ \text{cm}^2$$

$$\mathbf{A_s' = 1{,}25\ cm^2}$$

$$A_s = \frac{55 - 1 \times 0{,}2 \times 15}{15 \times 15} \times 10 - 1{,}475$$

$$\mathbf{A_s = 1{,}06\ cm^2}$$

Condition de non fragilité (CNF)

$$A_{st\,min} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \left(\frac{f_{tj}}{f_e}\right) = 0{,}23 \times 1 \times 0{,}18 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}17\ \text{cm}^2$$

Donc la section d'acier retenue est **Ast = Ast min = 2,17 cm².**

❖ **Calcul de sections d'acier dans le radier**

Poids propre du radier

$$P_{Propre_radier} = \gamma_b \times h \times e \times 1 = 25 \times 1 \times 0{,}2 \times 1 = 5\ KN/ml$$

$$P_{Propre_radier} = 5\ KN/ml$$

Poids propre des piédroits

$$P_{Piédroits} = \gamma_b \times h \times e \times 2 = 25 \times 0{,}6 \times 0{,}2 \times 2 = 6\ KN/ml$$

$$P_{Piédroits} = 6\ KN/ml$$

Poids propre de dallette

$$P_{Propre_dallette} = \gamma_b \times h \times e \times 1 = 25 \times 0{,}8 \times 0{,}2 \times 1 = 4\ KN/ml$$

$$P_{Propre_dallette} = 4\ KN/ml$$

Réaction du sol

$$R_{sol} = P_{Propre_radier} + P_{Piédroits} + P_{Propre_dallette} = 5 + 6 + 4$$

$$R_{sol} = 15\ kN/ml$$

Le moment vaut donc :

$$M_u = \frac{1{,}35 \times R_{sol} \times l^2}{8} + \frac{1{,}5 \times Br \times l}{4} = \frac{1{,}35 \times 15 \times 1^2}{8} + \frac{1{,}35 \times 100 \times 1^2}{4}$$

$$= 40{,}03\ kN.m/ml$$

Paramètre de déformation

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}} \quad \rightarrow \mu_u = \frac{40{,}03 \times 10^{-3}}{1 \times (0{,}9 \times 0{,}2)^2 \times 14{,}17}$$

$\mu_u = 0{,}087 < \mu_{AB} = 0{,}186 \rightarrow$ Pas de présence d'aciers comprimé

$$\alpha_u = 1{,}25 \times \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu_u}\right) = 1{,}25 \times \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0{,}087}\right) = 0{,}114$$

$$z_u = d \times (1 - 0{,}4 \times \alpha_u) = 0{,}180 \times (1 - 0{,}4 \times 0{,}114) = 0{,}172\ m$$

Calcul des aciers

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{su}} = \frac{40{,}03 \times 10}{0{,}172 \times 347{,}83} = 6{,}69\ cm^2\ ;$$

$$\mathbf{A_{st} = 6{,}69\ cm^2}$$

Condition de non fragilité (CNF)

$$A_{st\ min} = 0{,}23 \times b_0 \times d \times \left(\frac{f_{tj}}{f_e}\right) = 0{,}23 \times 1 \times 0{,}18 \times \frac{2{,}1}{400} = 2{,}17\ cm^2$$

La section d'acier calculée est **Ast = 6,69 cm² qui est supérieure à Ast min = 2,17 cm²**

ANNEXE 4 : IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

1. Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES)

Le plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) est un outil opérationnel qui permet d'intégrer les aspects environnementaux et sociaux dans l'exécution d'un projet de construction. Elaboré conformément au décret n°96-894 du 8 novembre 1996 et aux directives de l'ANDE, il définit les mesures nécessaires pour contrôler les impacts environnementaux, suivre l'efficacité des actions d'atténuation, maintenir les relations avec les parties prenantes et prévenir les risques d'accidents. Il doit être régulièrement actualisé dès le début des travaux et pendant la phase d'exploitation de l'ouvrage.

En Côte d'Ivoire, le PGES rassemble l'ensemble des mesures et actions que le promoteur doit mettre en œuvre pour assurer la surveillance et le contrôle de l'environnement, évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation, maintenir une collaboration continue avec les différentes parties prenantes (MINEDD, ANDE, collectivités territoriales, populations riveraines, ONG, etc…)

Le PGES se subdivise en plusieurs programmes :

- Un programme de mise en œuvre des mesures d'atténuation et de compensation des impacts du projet, incluant la gestion des déchets, la maîtrise des nuisances sonores et la protection des ressources en eau ;
- Un programme de suivi-surveillance environnemental, assuré conjointement par le promoteur et l'ANDE ;
- Un programme de renforcement des capacités des acteurs locaux, en partenariat avec les structures déconcentrées du MINEDD ;
- Un programme de consultation et d'information des communautés riveraines et des parties prenantes concernées.

2. Principales Mesures Environnementales et Sociales

Les mesures environnementales et sociales visent à prévenir, atténuer et compenser les impacts d'un projet, tout en valorisant ses effets positifs. Elles assurent la protection des milieux naturels, la gestion des nuisances et la sécurité des populations, ainsi que l'indemnisation

équitable des personnes affectées. Un suivi rigoureux garantit leur mise en œuvre et la durabilité du projet.

Tableau : Mesures environnementales et sociales

Composantes environnementales et sociales	Impacts potentiels	Mesures environnementales et sociales	Responsable	
			Exécution	Contrôle
Paysage	Modification du paysage par la présence des infrastructures et dépôts de matériaux en bordure de la route.	Eviter les dépôts anarchiques des matériaux et procéder à la remise en état des sites d'emprunt après exploitation.	Entreprise	Maitre d'ouvrage
Flore et Faune	-Perturbation de la quiétude de la faune due aux vibrations et à la destruction de la végétation (savane arborée/arbustive) ; -Reboisement des arbres en compensation des arbres abattus lors des travaux, en saison pluvieuse.	-Réaliser la plantation des arbres (espèces locales adaptées : karité, néré, acacia) en compensation des abattus ; Suivre régulièrement la plantation des arbres ; -Sensibiliser les ouvriers sur l'interdiction de prélever la viande sauvage (Présence de la faune dans la région de Kabadougou).	Entreprise	Maitre d'ouvrage
	-Modification et fragilisation de la structure et de la texture des sols ferralitiques et	-Collecter les déchets solides et liquides du chantier ; -Etablir un contrat d'enlèvement des		

Sols	ferrugineux due aux excavations et décapages ; -Pollution des sols par les déchets solides et liquides issus du chantier.	déchets avec des services agrées de la ville d'Odienné.	Entreprise	Maitre d'ouvrage
Eaux de surface et eaux souterraines	-Pollution des eaux souterraines par des déchets liquides issus du chantier (nappes phréatiques locales) ; -Pollution des eaux de surface par les déchets (marigots, cours d'eau traversés sur l'axe).	-Collecter les déchets solides et liquides du chantier ; -Etablir un contrat d'enlèvement des déchets avec des services agrées ; -Eviter tout déversement de produit chimiques à proximité des points d'eau.	Entreprise	Maitre d'ouvrage
Pollution/Santé	-Risque d'accidents pour les usagers et riverains (traversée agglomération) ; -Risque de propagation des IST/VIH/SIDA liés à l'afflux de travailleurs ; -Nuisances sonores et poussières impactant les riverains et les établissements scolaires.	-Mettre en place une signalisation adéquate et des déviations sécurisées ; -Organiser des campagnes de sensibilisation IST/VIH/SIDA auprès des ouvriers et des populations ; -Respecter les horaires de travail à proximité des zones habitées et scolaires.	Entreprise	Mission de contrôle /Maitre d'ouvrage
	-Perturbation de l'accès aux habitations, commerces et	-Maintenir les accès riverains en permanence ;		

Cadre de vie et patrimoine culturel	services (marchés de Dioulatiédougou) -Risque d'endommagement de sites culturels ou de découverte fortuite de vestiges archéologiques.	-En cas de découverte fortuite de vestiges archéologiques, arrêter les travaux et modifier le Ministère de la Culture.	Entreprise	Maitre d'ouvrage
Emploi et économie locale	-Perturbation des activités économiques riveraines (commerce, agriculture) ; -Opportunité de création d'emplois locaux pour les populations de la région du Kabadougou	-Prioriser le recrutement de la main-d'œuvre locale (Odienné, Dioulatiédougou, villages riverains) ; -Indemniser les personnes affectées conformément au par du projet.	Entreprise	Maitre d'ouvrage

ANNEXE 5 : DEVIS QUANTITATIF ET ESMATIMATIF

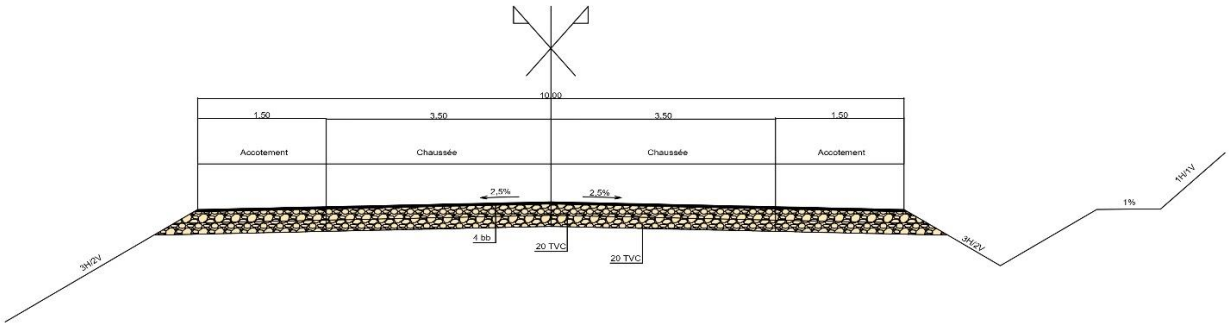
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF – PROJET DE ROUTE Basé sur le Bordereau des Prix Unitaires (BPU) – Côte d'Ivoire						
N° BPU	Art.	Désignation des Prestations	Unité	Quantité	Prix Unit. (FCFA HT)	Montant (FCFA HT)
CHAPITRE I – INSTALLATION DE CHANTIER ET PRÉPARATION						
101	1.1	Installation générale de chantier (base-vie, laboratoire, bureaux)	Fft	1,00	885 568 900	885 568 900
102	1.2	Repli de chantier et remise en état des lieux	Fft	1,00	391 525 235	391 525 235
					SOUS-TOTAL CHAPITRE I	1 277 094 135
CHAPITRE II – TERRASSEMENTS GÉNÉRAUX						
201	2.1	Déblais en terrain meuble	m³	646 744,50	3 000	1 940 233 500
202	2.2	Finition de plateforme	m²	347 600,00	475	165 110 000
203	2.3	Remblais provenant des déblais (matériaux réutilisables)	m³	290 802,00	4 800	1 395 849 600
204	2.4	Compactage de la plate-forme (OPM ≥ 95%)	m²	347 600,00	750	260 700 000
205	2.5	Traitement des points noirs et zones instables (purge + substitution)	m³	0,00	22 000	0
					SOUS-TOTAL CHAPITRE II	3 761 893 100
CHAPITRE III – ASSAINISSEMENT						
301	3.1	Béton de propreté 150 kg/m³	m³	462,56	75 000	34 692 000
302	3.2	Fouille des caniveaux	m³	4 200,48	3 000	12 601 440
303	3.3	Caniveaux de section 40x40	ml	2 375,00	20 393	48 433 375
304	3.4	Caniveaux de section 50x50	ml	3 250,00	23 693	77 002 250
305	3.5	Caniveaux de section 60x60	ml	882,00	27 411	24 176 502
306	3.6	Coffrage soigné	m²	7 744,62	13 500	104 552 316
307	3.7	Coffrage ordinaire	m²	4 647,77	9 600	44 618 582
308	3.8	Dalots 2 x 1 (béton B25, coffrages)_4				
308.1		Béton de qualité 350 kg/m³	m³	97,00	125 000	12 125 000
308.2		Acier HA en FeE 400	kg	12 901,00	1 710	22 060 710
SOUS TOTAL 306						34 185 710
309	3.9	Dalots 2 x 2 x 2 (béton B25, coffrages)_6				
309.1		Béton de qualité 350 kg/m³	m³	360,54	125 000	45 067 500

309.2		Acier HA en FeE 400	kg	47 951,82	1 710	81 997 612
SOUS TOTAL 307						127 065 112
310	3.10	Dalots 3 x 3 x 3 (béton B25, coffrages)				
310.1		Béton de qualité 350 kg/m³	m³	125,63	125 000	15 703 750
310.2		Acier HA en FeE 400	kg	16 708,79	1 710	28 572 031
SOUS TOTAL 308						44 275 781
311	3.11	Dalots 2 x 3 x 3 (béton B25, coffrages)_5				
311.1		Béton de qualité 350 kg/m³	m³	456,40	125 000	57 050 000
311.2		Acier HA en FeE 400	kg	60 701,20	1 710	103 799 052
SOUS TOTAL 309						160 849 052
312	3.12	Dalots 2 x 2 (béton B25, coffrages)_4				
312.1		Béton de qualité 350 kg/m³	m³	150,20	125 000	18 775 000
312.2		Acier HA en FeE 400	kg	19 976,60	1 710	34 159 986
SOUS TOTAL 310						52 934 986
313	3.13	Dalots 2 x 2 x 1 (béton B25, coffrages)_2				
313.1		Béton de qualité 350 kg/m³	m³	84,60	125 000	10 575 000
313.2		Acier HA en FeE 400	kg	11 251,80	1 710	19 240 578
SOUS TOTAL 311						29 815 578
SOUS-TOTAL CHAPITRE III						795 202 685
CHAPITRE IV – CORPS DE CHAUSSÉE (CHAUSSÉE BITUMÉE)						
401	4.1	Couche de fondation en TVC (Grave Non Traitée) 0/31,5 – ép. 20 cm (OPM ≥ 30%)	m³	69 612,05	9 800	682 198 090
402	4.2	Couche de base en TVC concassé 0/31,5 – ép. 20 cm (OPM ≥ 80%)	m³	69 612,05	14 800	1 030 258 340
403	4.3	Imprégnation au cut-back MC 800 (1,5 kg/m²)	m²	347 600,00	315	109 494 000
404	4.4	Couche de roulement en béton bitumineux BB 0/10 – ép. 4 cm	m²	221 492,50	4 800	1 063 164 000
405	4.5	Couche d'accrochage en enrobé EB 0/14 – ép. 6 cm	m²	347 600,00	1 350	469 260 000
SOUS-TOTAL CHAPITRE IV						3 354 374 430
CHAPITRE V – SIGNALISATION ET ÉQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ ROUTIÈRE						
501	5.1	Marquage axial continue de largeur 10 cm	ml	16 959,00	1 500	25 438 500
502	5.2	Marquage axial discontinu de largeur 10 cm	ml	5 914,00	1 500	8 871 000

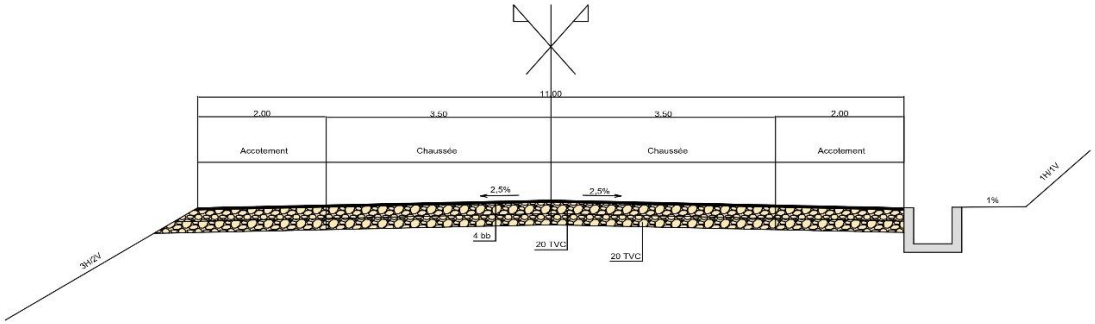
503	5.3	Marquage de rive de largeur 15 cm	ml	63 200,00	1 700	107 440 000
504	5.4	Panneaux de signalisation de type (A,B,,EB et J)	u	136,00	175 000	23 800 000
505	5.5	Mât de 7 m simple crosse	u	1 739,00	435 000	756 465 000
					SOUS-TOTAL CHAPITRE V	922 014 500
CHAPITRE VI – TRAVAUX DIVERS ET ENVIRONNEMENT						
600	6.1	Déplacement et protection de réseaux existants (eau, électricité, téléphone)	Fft	1,00	65 000 000	65 000 000
601	6.2	Indémnistaion sociale	Fft	1,00	47 000 000	47 000 000
602	6.3	Démolition d'ouvrages existants (dalots, buses, murs)	u	22,00	600 000	13 200 000
603	6.4	Remise en état des voies d'accès riveraines	Fft	1,00	12 000 000	12 000 000
604	6.5	Engazonnement des talus (ensemencement hydraulique)	m²	42 000,00	850	35 700 000
605	6.6	Reboisement compensatoire (arbres fruitiers / locaux)	u	350,00	25 000	8 750 000
606	6.7	Aménagement de fossés enherbés (bio-ingénierie)	ml	5 000,00	8 500	42 500 000
607	6.8	Arrosage et entretien de la végétation (12 mois)	Fft	1,00	4 500 000	4 500 000
608	6.9	Gestion et traitement des déchets de chantier	Fft	1,00	35 000 000	35 000 000
609	6.10	Information-Education-Communication	Fft	1,00	30 000 000	30 000 000
610	6.11	Sensibilisation sur les MST,VIH	Fft	1,00	10 500 000	10 500 000
					SOUS-TOTAL CHAPITRE VI	304 150 000
					TOTAL GÉNÉRAL HORS TAXES (FCFA HT)	10 414 728 850
					Sous-total avant TVA (Total HT + Imprévus)	11 456 201 734
					TVA (18% – taux en vigueur en Côte d'Ivoire)	2 062 116 312
					MONTANT TOTAL TTC (FCFA TTC)	12 476 845 162

PLAN DE PROFIL EN TRAVERS TYPE STANDARD

PROFIL EN TRAVERS TYPE EN RASE CAMPAGNE

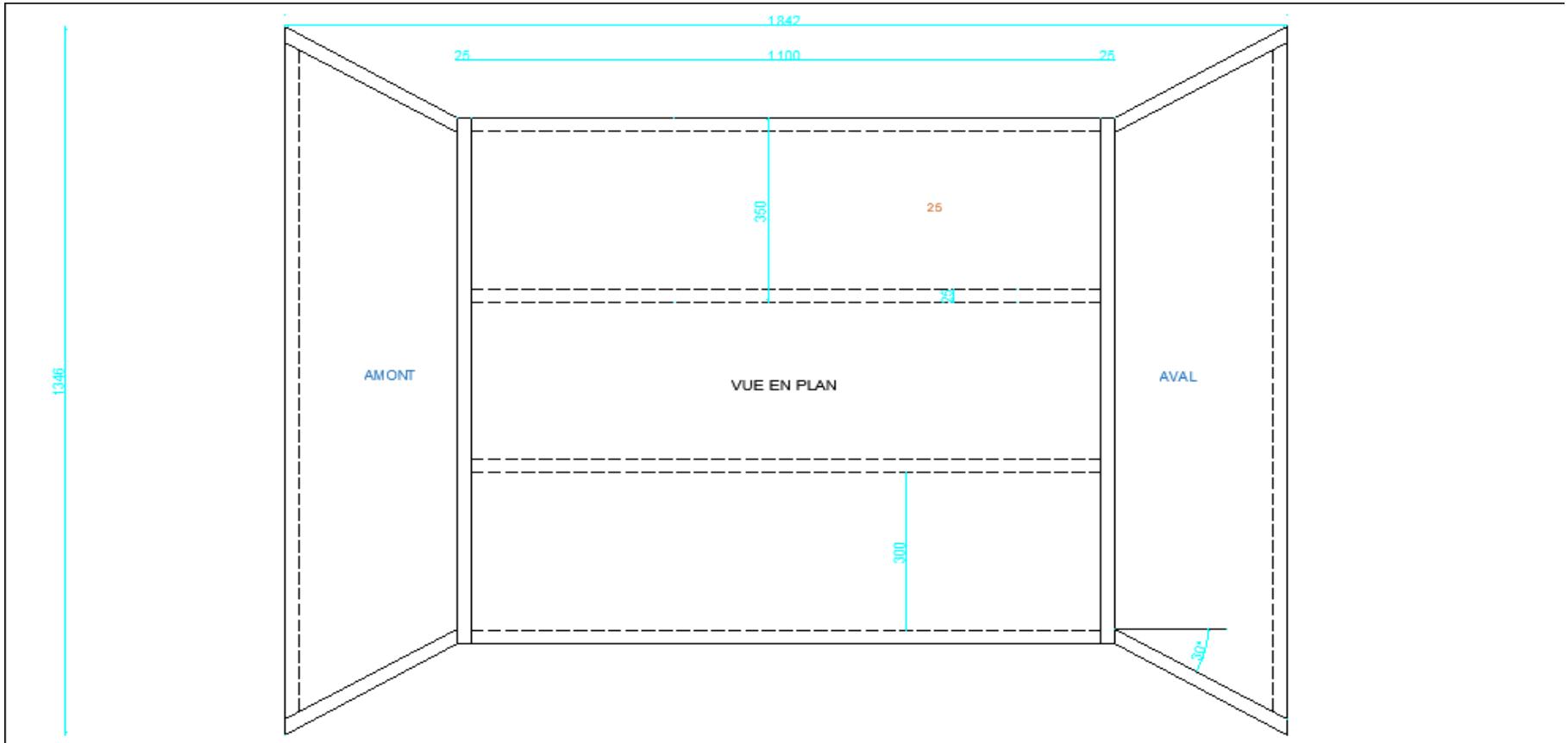


PROFIL EN TRAVERS TYPE EN AGGLOMERATION

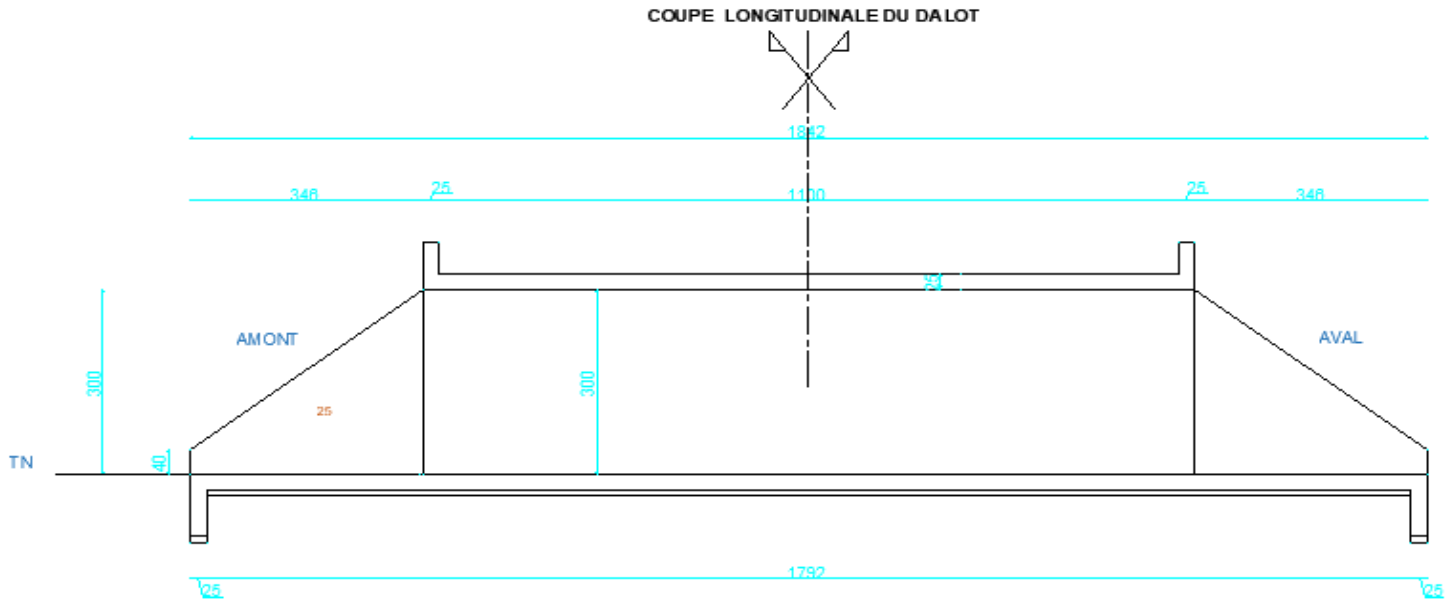


REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE	IRMA	AGEROUTE	Études techniques détaillées pour le bitumage du tronçon Niémesso - Dioulatiédougou 31,6 km : cas du projet Odienné-Dioulatiédougou (Côte d'Ivoire) »	Profil en travers type	Dessiné par :	KONE KARIM S.
					Format	A3
Ministère des Infrastructures et de l'Entretien Routier	Maître d'Oeuvre	Maître d'Ouvrage Délégué			Date	12/06/2026
					Echelle	1/100

PLAN D'EXECUTION DE DALOT

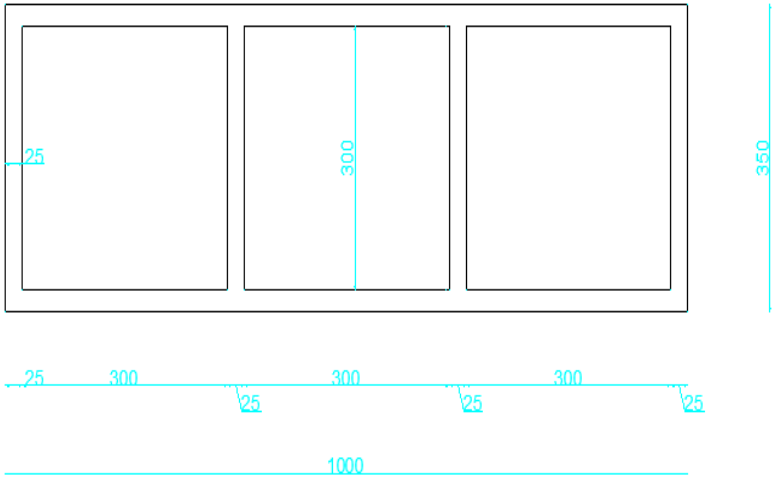


REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE	IRMA	AGEROUTE	Études techniques détaillées pour le bitumage du tronçon Niémesso - Dioulatiédougou 31,6 km : cas du projet Odienné-Dioulatiédougou (Côte d'Ivoire) »	VUE EN PLAN	Dessiné par :	KONE KARIM S.
					Format	A3
Ministère des Infrastructures et de l'Entretien Routier	Maître d'Oeuvre	Maître d'Ouvrage Délégué			Date	14/06/2026
					Echelle	1/100

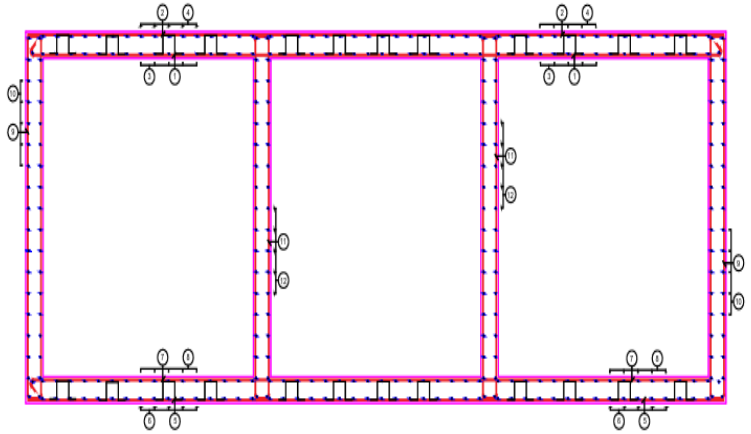


REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE	IRMA	AGEROUTE	Études techniques détaillées pour le bitumage du tronçon Niémesso - Dioulatiédougou 31,6 km : cas du projet Odienné-Dioulatiédougou (Côte d'Ivoire) »	COUPE LONGITUDINALE	Dessiné par :	KONE KARIM S.
					Format	A3
Ministère des Infrastructures et de l'Entretien Routier	Maître d'Oeuvre	Maître d'Ouvrage Délégué			Date	14/06/2026
					Echelle	1/100

COUPE TRANSVERSALE DU DALOT



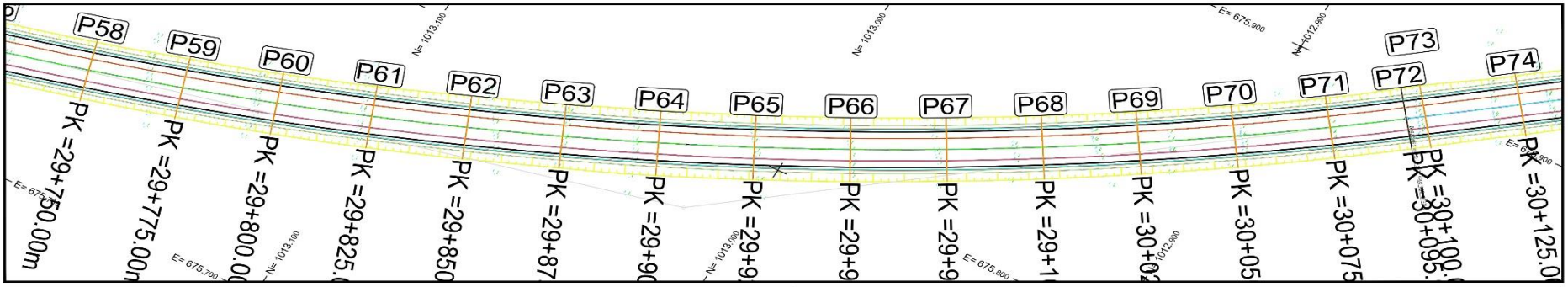
REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE	IRMA	AGEROUTE	Études techniques détaillées pour le bitumage du tronçon Niémesso - Dioulatiédougou 31,6 km : cas du projet Odienné-Dioulatiédougou (Côte d'Ivoire) »	COUPE TRANSVERSALE	Dessiné par :	KONE KARIM S.
					Format	A3
					Date	14/06/2026
Ministère des Infrastructures et de l'Entretien Routier	Maître d'Oeuvre	Maître d'Ouvrage Délégué			Echelle	1/100

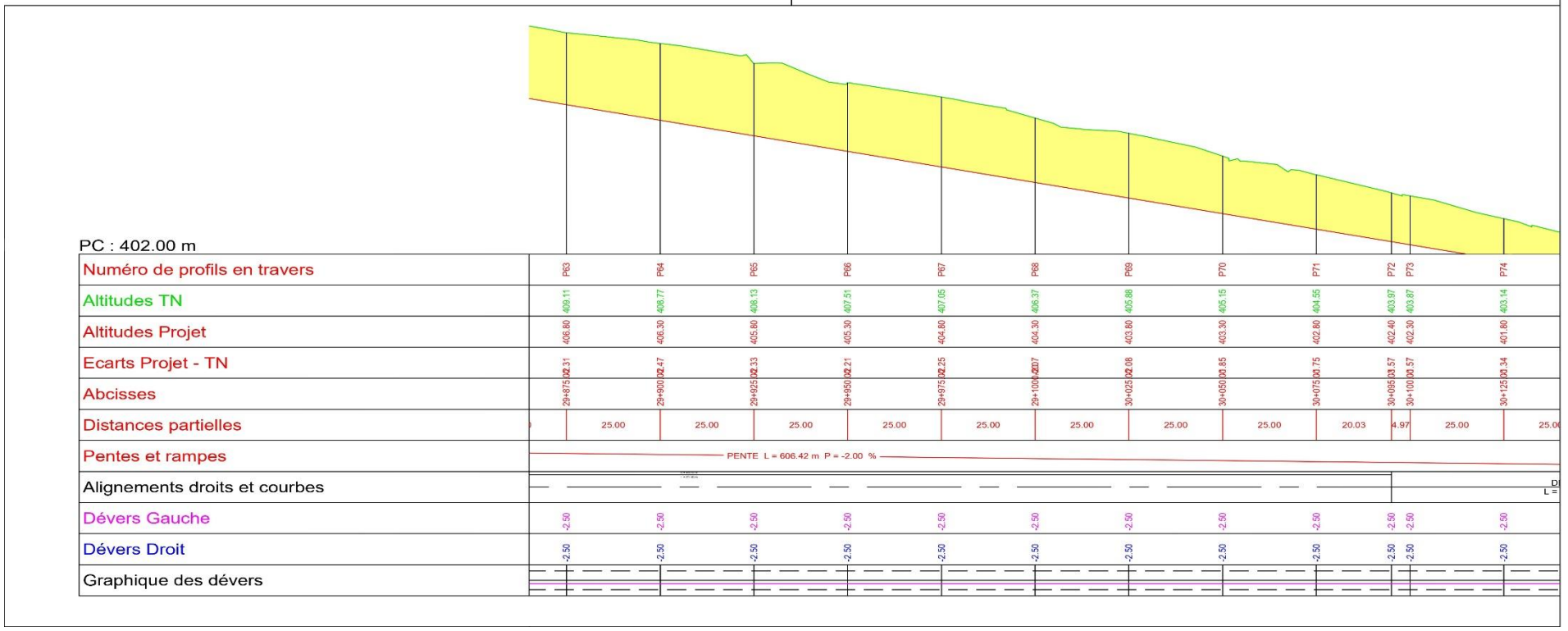


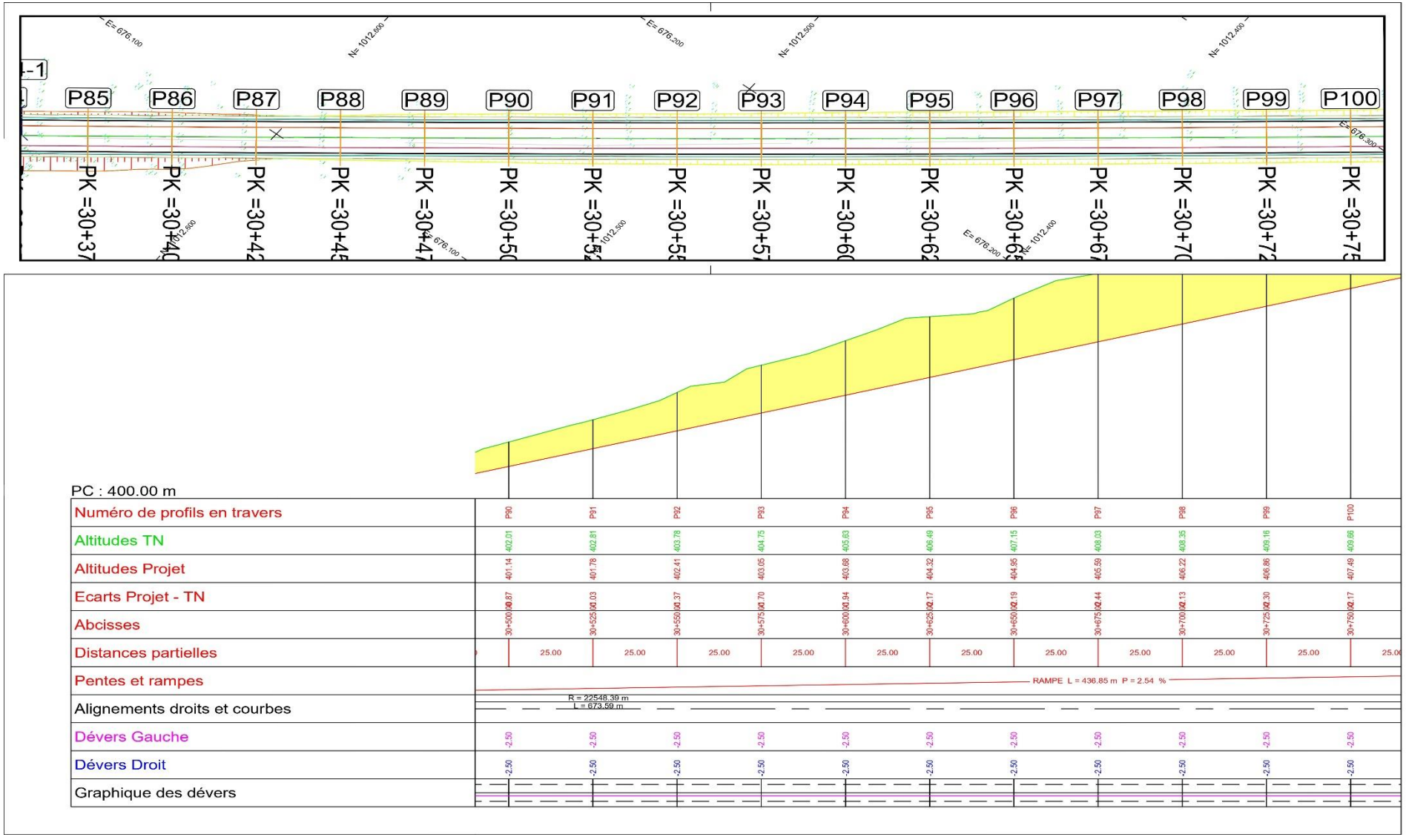
N°	Diamètre	Schéma	Esp	Longueur développée	Nombre
1	HA14	14 994 14	12,50	1022	80
2	HA20	994	20	994	50
3	HA12	12 1094 12	20	1118	55
4	HA14	14 1094 14	15	1122	50
5	HA20	994	20	994	73
6	HA14	14 1094 14	15	1122	73
7	HA14	994 14 14	12,50	1022	80
8	HA12	12 1094 12	20	1118	55
9	HA10	294 20 19 294	20	627	55
10	HA8	8 1094 8	15	1110	73
11	HA14	294 20 19 294	20	627	55
12	HA10	14 1094 14	15	1122	73
13	HA10	24 35 24	20	192	24

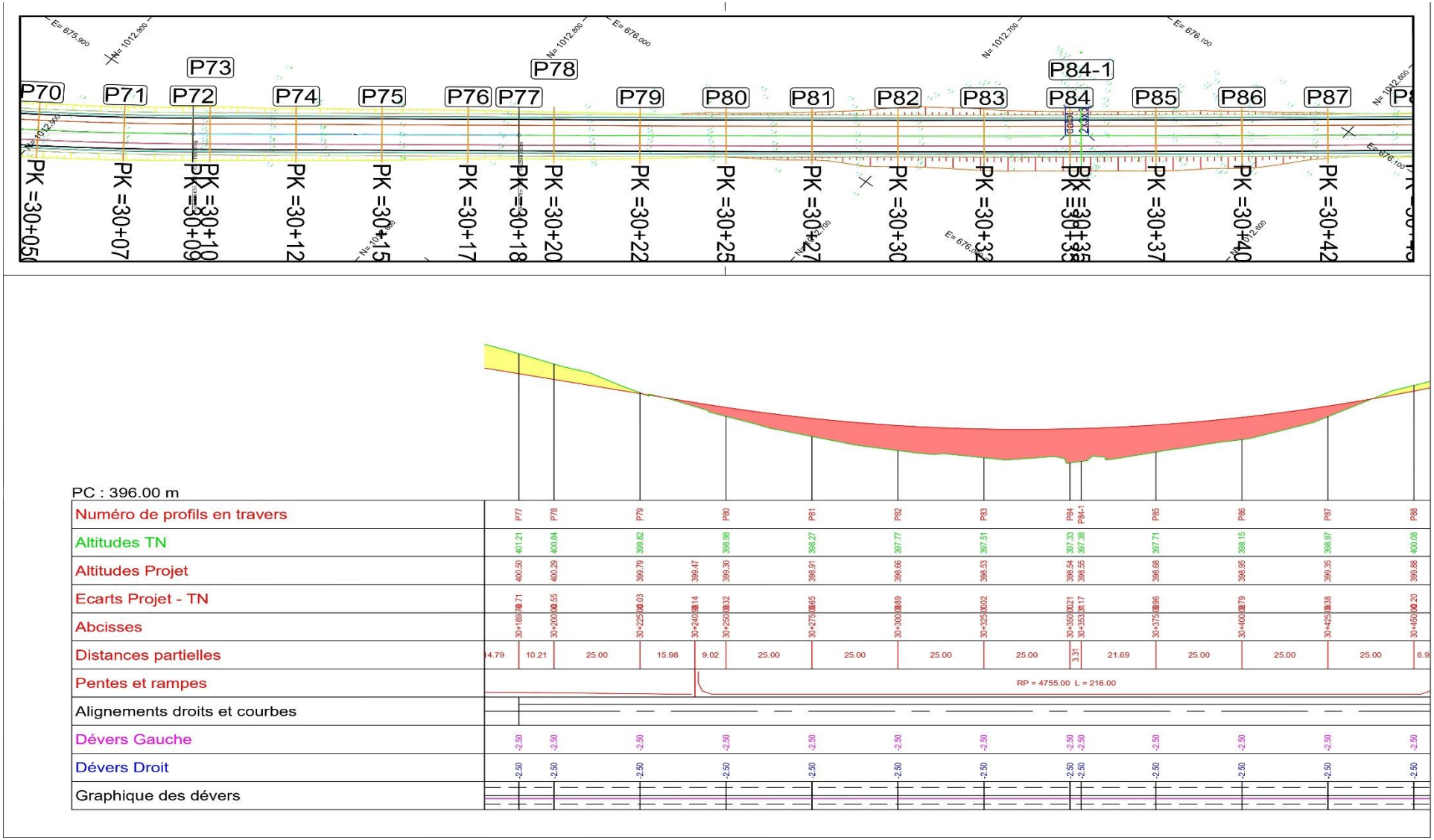
REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE	IRMA	AGEROUTE	Études techniques détaillées pour le bitumage du tronçon Niémesso - Dioulatiédougou 31,6 km : cas du projet Odienné-Dioulatiédougou (Côte d'Ivoire) »	PLAN DE FERRAILLAGE DALOT	Dessiné par : KONE KARIM S.
					Format A3
Ministère des Infrastructures et de l'Entretien Routier	Maître d'Oeuvre	Maître d'Ouvrage Délégué			Date 14/06/2026
					Echelle 1/100

TRACES COMBINES


P58
P59
P60
P61
P62
P63
P64
P65
P66
P67
P68
P69
P70
P71
P72
P73
P74
PK =29+750.00m
PK =29+775.00m
PK =29+800.00
PK =29+825.
PK =29+850
PK =29+87
PK =29+90
PK =29+9
PK =29+9
PK =29+1
PK =30+05
PK =30+075
PK =30+100.
PK =30+125.0
N= 1013.100
N= 1013.000
N= 1012.900
E= 675.900
E= 675.700
E= 675.800


PC : 402.00 m
Numéro de profils en travers
Altitudes TN
Altitudes Projet
Ecarts Projet - TN
Abcisses
Distances partielles
Pentes et rampes
Alignements droits et courbes
Dévers Gauche
Dévers Droit
Graphique des dévers
PENTE L = 606.42 m P = -2.00 %


P85
P86
P87
P88
P89
P90
P91
P92
P93
P94
P95
P96
P97
P98
P99
P100
PC : 400.00 m
Numéro de profils en travers
Altitudes TN
Altitudes Projet
Ecarts Projet - TN
Abcisses
Distances partielles
Pentes et rampes
RAMPE L = 436.85 m P = 2.54 %
Alignements droits et courbes
R = 22548.39 m
L = 673.59 m
Dévers Gauche
Dévers Droit
Graphique des dévers

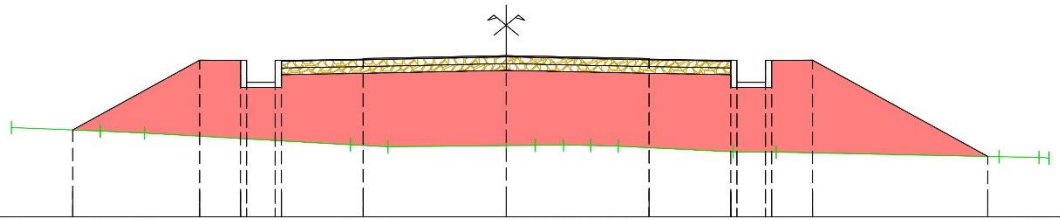

P70
P71
P72
P73
P74
P75
P76
P77
P78
P79
P80
P81
P82
P83
P84
P84-1
P85
P86
P87
PK =30+050
PK =30+07
PK =30+09
PK =30+10
PK =30+12
PK =30+15
PK =30+17
PK =30+18
PK =30+20
PK =30+22
PK =30+25
PK =30+27
PK =30+30
PK =30+32
PK =30+35
PK =30+37
PK =30+40
PK =30+42
PC : 396.00 m
Numéro de profils en travers
Altitudes TN
Altitudes Projet
Ecarts Projet - TN
Abcisses
Distances partielles
Pentes et rampes
RP = 4755.00 L = 216.00
Alignements droits et courbes
Dévers Gauche
Dévers Droit
Graphique des dévers

PROFIL EN TRAVERS COURANT

Axe : Axe 1
Profil n°: P47
Abscisse : 29+500.00
Echelle des longueurs : 1/150
Echelle des altitudes : 1/150

Profil dessiné par AutoPISTE

Remblai
BB
TOUT_VENANT
BETON



Dévers Gauche -2.50 %
Dévers Droite -2.50 %
X= 675680.86
Y= 1013414.63
Gisement : 284.82 gr

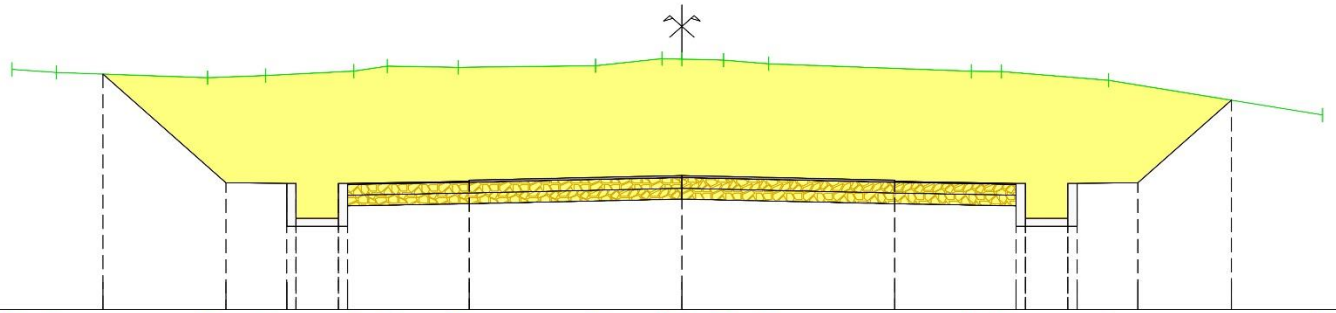
PC : 408.00 m

| | | |

Axe : Axe 1
Profil n°: P100
Abscisse : 30+750.00
Echelle des longueurs : 1/100
Echelle des altitudes : 1/100

Profil dessiné par AutoPISTE

Déblai
BB
TOUT_VENANT
BETON



Dévers Gauche -2.50 %
Dévers Droite -2.50 %
X= 676297.79
Y= 1012349.71
Gisement : 256.74 gr

PC : 405.00 m

| | | |