

**ÉTUDE TECHNIQUE DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION ET DE
BITUMAGE DE ROUTES DE DÉSENCLAVEMENT DE ZONES A
FORTE PRODUCTION AGRICOLE AU BURKINA FASO : CAS DE LA
RR29, TRONÇON SAFANÉ - TIENZAN (10,063 KM)**

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

SPÉCIALITÉ : GÉNIE CIVIL - BATIMENT ET TRAVAUX PUBLIC

Présenté et soutenu publiquement le 20 janvier 2026 par

Mohamed Lamine LOMPO (2020 0363)

**Directeur de mémoire : Dr Césaire HEMA, Enseignant-Chercheur en Génie Civil, Institut
2iE**

Maître de stage : M. Oral KY, Ingénieur Génie Civil à AGEIM-IC

Structure d'accueil du stage : AGEIM-IC

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Pr. Kokouvi Edem N'TSOUKPOE

Membres et correcteurs : Dr. Hassane SEINI MOUSSA

M. Célestin OVONO MEZUI

Promotion 2025/2026

DEDICACES

Je dédie ce travail à :

Mon **Père** et ma **Mère** pour leur amour inconditionnel, leurs sacrifices, et leur soutien constant tout au long de mon parcours académique.

Mes **Frères** et **Sœur** pour leur affection et leur soutien moral qui ont largement contribué à la réussite de ce travail.

Toute personne qui prendra le temps de lire ce travail, en espérant que ce dernier puisse être une source d'inspiration.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour la qualité de la formation dispensée et pour le cadre scientifique et académique favorable qu'il met à la disposition des étudiants.

Mes sincères remerciements s'adressent tout particulièrement à mon directeur de mémoire, Monsieur HEMA Césaire, pour sa disponibilité, ses orientations pertinentes, sa rigueur technique et ses conseils avisés qui ont grandement contribué à la réalisation de ce travail.

J'adresse également mes remerciements à mon maître de stage, Monsieur KY Oral, pour son encadrement, son accompagnement technique et les enseignements pratiques qu'il m'a transmis tout au long de mon stage.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à la structure d'accueil AGEIM – Ingénierie Conseil, pour l'opportunité qui m'a été offerte d'y effectuer mon stage. Durant lequel j'ai beaucoup appris. À cet effet, je remercie particulièrement le Directeur Général, Monsieur Tiraogo Hervé OUEDRAOGO, ainsi que le Directeur Général Adjoint, Monsieur Mahamane OUEDRAOGO, pour leur accueil et la confiance qu'ils m'ont accordée.

Mes remerciements vont également à l'ensemble du personnel d'AGEIM, dont la disponibilité, l'esprit de collaboration et les conseils ont contribué au bon déroulement de ce travail.

Je remercie sincèrement les membres du jury pour l'attention portée à ce mémoire, ainsi que pour leurs observations et suggestions qui contribueront à l'amélioration de la qualité de ce travail.

Enfin, j'adresse mes remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation et à la réussite de ce mémoire.

RESUMÉ

Ce mémoire porte sur l'étude technique des travaux d'aménagement et de bitumage du tronçon Safané – Tienzan de la route régionale RR29, situé dans la région de la boucle du Mouhoun au Burkina Faso. D'une longueur de 10,063 km, entre les points kilométriques PK 54+997 et PK 65+040, ce tronçon constitue un axe stratégique pour la mobilité des populations rurales et des produits agricoles. L'objectif principale de l'étude est de concevoir une infrastructure routière durable, sécurisée et conforme aux normes. La méthodologie adoptée repose sur la conception géométrique de la route, le dimensionnement de la structure de chaussée, les études hydrologiques et hydrauliques, ainsi que les aspects de sécurité routière, de signalisation et d'impacts environnementaux et sociaux. L'étude du trafic a permis de classer la chaussée en trafic de classe T2. En absence de résultats géotechniques définitifs, la plateforme a été supposée de classe S4 avec un indice CBR de 20%. Sur cette base une chaussée souple a été dimensionnée et vérifiée à l'aide de la méthode issue du CEBTP et grâce au logiciel Alizé-LCPC. La structure de chaussée retenue est composée d'une couche de roulement en béton bitumineux de 5 cm, d'une couche de base en graveleux latéritique amélioré au ciment de 20 cm et d'une couche de fondation en graveleux latéritique naturel de 20 cm. Les études hydrologiques et hydrauliques ont permis d'estimer les débits de crue du projet et de dimensionner les ouvrages d'assainissement. Le dimensionnement structural des ouvrages en béton armé a conduit à la détermination des sections et d'armatures assurant leur stabilité sous les charges routières. Des aménagements de sécurité routière, de signalisation verticale et horizontale ainsi que des dispositifs d'éclairage public notamment en agglomération ont été proposés afin d'améliorer la sécurité des usagers. Les principaux impacts environnementaux et sociaux ont également été déterminés, accompagné des mesures d'atténuation visant à réduire les effets négatifs du projet. Le devis quantitatif et estimatif a permis d'évaluer le coût global des travaux estimer à 6 108 616 806 francs CFA TTC, soit un coût moyen kilométrique de 607 037 345 francs CFA.

Mots clés : Aménagement routier, Étude du trafic, Hydrologie, Hydraulique, Impacts environnementaux et sociaux.

ABSTRACT

This thesis focuses on the technical study of the development and paving works of the Safané–Tienzan section of the regional road RR29, located in the Boucle du Mouhoun region of Burkina Faso. With a total length of 10.063 km, extending between kilometer points PK 54+997 and PK 65+040, this road section constitutes a strategic axis for the mobility of rural populations and the transportation of agricultural products. The main objective of this study is to design a durable, safe, and standards-compliant road infrastructure. The adopted methodology is based on the geometric design of the roadway, the structural design of the pavement, hydrological and hydraulic studies, as well as considerations related to road safety, traffic signage, and environmental and social impacts. Traffic analysis led to the classification of the pavement as Traffic Class T2. In the absence of definitive geotechnical investigation results, the platform was assumed to be of class S4, with a California Bearing Ratio (CBR) of 20%. On this basis, a flexible pavement structure was designed and verified using the CEBTP method and the Alizé-LCPC software. The selected pavement structure consists of a 5 cm asphalt concrete wearing course, a 20 cm cement-treated lateritic gravel base course, and a 20 cm natural lateritic gravel subbase course. Hydrological and hydraulic studies made it possible to estimate the project flood discharges and to design the drainage structures accordingly. The structural design of reinforced concrete structures led to the determination of cross-sections and reinforcement ensuring their stability under traffic loads. Road safety improvements, including vertical and horizontal signage as well as public lighting systems, particularly in built-up areas, were proposed to enhance user safety. The main environmental and social impacts were also identified, together with mitigation measures aimed at reducing the negative effects of the project. The bill of quantities and cost estimate made it possible to evaluate the total cost of the works at 6,108,616,806 CFA francs (including taxes), corresponding to an average cost per kilometer of 607,037,345 CFA francs.

Keywords: Road development, Traffic analysis, Hydrology, Hydraulics, Environmental and social impacts.

SOMMAIRE

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUMÉ	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	ix
SIGLES ET ABREVIATIONS	x
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D’ACCUEIL ET DU PROJET	2
I. Présentation de la structure d’accueil.....	2
1. Historique de la structure d’accueil	2
2. Domaine d’intervention et missions de l’entreprise.....	2
3. Organisation de l’entreprise	3
II. Présentation du projet	5
1. Contexte et justification du projet.....	5
2. Objectif général du projet	6
3. Localisation du projet.....	6
4. Etat des lieux de la route	10
5. Données de base.....	10
CHAPITRE II : Conception géométrique de la route et dimensionnement de la chaussée	11
I. Conception géométrique de la route	11
1. Méthodologie	11
1.1 La topographie.....	11
1.2 Norme et choix de la catégorie de route.....	12
1.3 Caractéristiques géométriques de la route.....	13
2. Résultat de la conception géométrique	15
2.1 Tracé en plan	15
2.2 Profil en long.....	16
II. Dimensionnement de la structure de la chaussée.....	16
1. Études techniques de base	16
1.1 La géotechnique	16

2. Etudes du trafic	17
2.1 Méthodologie	17
2.2 Résultat de l'étude du trafic	18
3. Dimensionnement des épaisseurs des couches de la chaussée	19
3.1 Méthode de dimensionnement	19
a. Choix de la variante de la couche de chaussée	20
4. Vérification de la structure de chaussée par la méthode LCPC	21
4.1 Théorie de vérification des contraintes et déformations	21
4.2 Charges agissantes sur la chaussée	21
4.3 Emprunt et caractérisation des matériaux	22
4.4 Calcul des contraintes et déformations admissibles	23
4.5 Résultat et interprétation	23
III. Analyse critique	25
CHAPITRE III : Assainissement de la route	26
I. Étude hydrologique	26
1. Période retour et détermination de la pluviométrie annuelle et journalière	26
1.1 Période de retour	26
1.2 Détermination de la pluviométrie annuelle et journalière	26
2. Détermination des caractéristiques des bassins versants	27
3. Méthodologie de calcul des débits	30
3.1 Méthode Rationnelle	30
3.2 Méthode OSTROM ou de RODIER	32
3.3 Méthode CIEH	32
3.4 Méthode superficielle de CAQUOT	32
4. Résultat des calculs de débits de crue des bassins versants	33
II. Etude hydraulique	35
1. Détermination des sections hydrauliques des ouvrages transversaux	35
2. Déterminations des sections hydrauliques des ouvrages longitudinaux	36
III. Analyse critique	37
CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DES OUVRAGES HYDRAULIQUES	39
I. Normes et hypothèse de calcul	39
1. Normes de calcul	39
2. Caractéristiques des matériaux	39
II. Dimensionnement du dalot 4x300x300	41

1. Méthodologie de calcul.....	41
2. Résultat du dimensionnement.....	41
III. Dimensionnement des ouvrages longitudinaux	44
1. Définition des charges appliquées.....	44
2. Calcul des sollicitations.....	45
3. Résultats des calculs des sections d'aciers	45
CHAPITRE V : Aménagement, sécurité routière éclairage et signalisation	47
I. Aménagement routier.....	47
1. Définition et principes de fonctionnement du carrefour giratoire	47
2. Étude du trafic.....	47
3. Conception géométrique du giratoire	48
4. Résultat de la conception géométrique du giratoire	49
5. Aménagement des amorces	50
II. Signalisation, sécurité routière et éclairage public	51
1. La signalisation routière.....	51
2. La sécurité routière.....	52
3. Eclairage public.....	53
Chapitre VI : Principaux impacts et mesures environnementales et sociales du projet .55	
I. Impacts potentiels, risques et mesures environnementales et sociales.....	55
CHAPITRE VII : devis quantitatif et estimatif	60
I. Avant métré.....	60
1. L'installation et le repli du chantier.....	60
2. Les travaux préparatoires	60
3. Le terrassement.....	61
4. La réalisation de la chaussée et son revêtement	61
5. L'Assainissement routier.....	61
6. Les signalisations, la sécurité et l'éclairage	61
7. Les mesures environnementales et sociales	62
II. Devis estimatif du projet	62
CONCLUSION	63
RECOMMANDATIONS	64
BIBLIOGRAPHIE.....	65
ANNEXES	1

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Valeurs des rayons du tracé en plan	13
Tableau 2 : Valeurs des rayons du profil en long	13
Tableau 3: Caractéristiques des chaussées du projet selon le TDR	14
Tableau 4 : Récapitulatif des résultats du tracé en plan	15
Tableau 5: Récapitulatif des résultats du profil en long	16
Tableau 6 : Classification des sols	17
Tableau 7: Données d'entrée des calculs de dimensionnement de la chaussée.....	18
Tableau 8 : Application et résultats des calculs	18
Tableau 9 : Trafic en nombre cumulé de poids lourds sur la durée de vie.....	19
Tableau 10 : Variantes des chaussées souples.....	20
Tableau 11 : Récapitulatif des exigences de la couche d'assise	22
Tableau 12 : Résultats du dimensionnement assisté par Alizé-LCPC	23
Tableau 13 : Caractéristiques des bassins versants	29
Tableau 14 : Caractéristiques des sous-bassins versants.....	30
Tableau 15 : Coefficients de Montana	31
Tableau 16 : Formules des coefficients d'ajustement pour la méthode de Caquot	33
Tableau 17 : Récapitulatif des débits des bassins versants	33
Tableau 18 : Récapitulatif des débits sous bassins versants	34
Tableau 19 : Récapitulatif des sections de dalots retenus	35
Tableau 20 : Récapitulatif des sections des caniveaux	37
Tableau 21 : Sollicitations sur le tablier.....	42
Tableau 22 : Classification des ponts.....	42
Tableau 23 : Récapitulatif des valeurs des surcharges routières	43
Tableau 24 : Récapitulatif des charges majorées	44
Tableau 25 : récapitulatifs des sollicitations des caniveaux.....	45
Tableau 26 : Récapitulatif des aciers des caniveaux	45
Tableau 27: Paramètres de construction d'un giratoire ($R_g=15m$).....	49
Tableau 28 : Paramètres de construction des îlots séparateurs	49
Tableau 30 : potentiels impacts et mesures sur le milieu biophysique et sur le milieu humain et socio-économique	55
Tableau 31 : Récapitulatif du devis estimatif du projet	62

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de la structure AGEIM	4
Figure 2 : Carte de situation la zone d'étude	8
Figure 3 : Image satellitaire du projet issu du logiciel Google Earth	9
Figure 4 : définition de la charge de référence.....	22
Figure 5 : Délimitation des bassins versants.....	28
Figure 6 : Délimitation des sous-bassins versants	29
Figure 7 : Coupe transversale du dalot	40
Figure 8 : Principaux éléments et paramètres du carrefour giratoire.....	49
Figure 9 : Aménagement du giratoire au début du tronçon	50
Figure 10 : Route à 2 voies en rase campagne.....	52
Figure 11 : Principaux types d'implantation des dispositifs d'éclairage	54

SIGLES ET ABBREVIATIONS

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

AGEIM-IC : Agence d'Etudes d'Ingénierie et de Maitrise d'œuvre -Ingénieur Conseils ;

APS : Avant-Projet Sommaire ;

ARP : Aménagement des Routes Principales ;

BAEL : Béton Armé aux Etats Limites ;

BB : Béton Bitumineux ;

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

BV : Bassin Versant ;

CAM : Coefficient d'Agressivité Moyen ;

CBR : Californian Bearing Ratio (Indice de Portance Californien) ;

CEBTP : Centre expérimental des recherches et d'Etude du Bâtiment et des Travaux Publics ;

CIEH : Comité Interafricain d'Études Hydrauliques ;

CRT : Coefficient de Répartition Transversale ;

DGTT : Direction Générale des Transport Terrestre ;

DTMF : Direction des Transport Maritimes et Ferroviaire ;

EIES : Études d'Impact Environnemental et Social ;

EP : Eclairage Public ;

GB : Grave Bitume ;

GLN : Graveleux Latéritique Naturel ;

GLA : Grave Latéritique Amélioré au ciment ;

HA : Haute Adhérence ;

HT : Hors Taxe ;

ICTAAL : Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Autoroutes de Liaison ;

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

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et chaussées ;

LNBT : Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics ;

NE : Nombre d'essieu Equivalent ;

NPL : Nombre de Poids Lourds ;

NF : Norme Française ;
ONASER : Office Nationale de la Sécurité Routière ;
OPM : Optimum Proctor Modifié ;
OSTROM : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer ;
PK : Point Kilométrique ;
PL : Poids Lourd ;
RR : Route Régionale ;
SETRA : Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes ;
SIG : Système d'Information Géométrique ;
SRTM: Shuttle Radar Topography Mission;
TDR : Termes de Reference ;
TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel ;
TN : Terrain Naturel ;
TVA : Taxe sur Valeur Ajoutée ;
UTM : Transverse Universelle de Mercator.

INTRODUCTION GENERALE

Le développement économique et social d'un pays repose en grande partie sur la qualité et la performance de ses infrastructures de transport. Au Burkina Faso, le réseau routier joue un rôle stratégique dans le désenclavement des zones rurales, la fluidité des échanges commerciaux et l'accès des populations aux services sociaux de base. Toutefois, une partie importante de ce réseau demeure constituée de routes en terre ou faiblement aménagées, particulièrement vulnérables aux effets combinés du trafic, des conditions climatiques et de l'insuffisance des ouvrages d'assainissement.

La région de la boucle du Mouhoun, reconnue comme l'un des principaux bassins agricoles du pays, illustre parfaitement cette problématique. Malgré son fort potentiel de production, l'accessibilité de certaines localités reste limitée en raison de l'état dégradé des infrastructures routières. L'axe Boromo – Lanfiera de la route régionale RR29 constitue un linéaire important pour la mobilité des usagers et l'acheminement des produits agricoles vers les centres de commercialisation. Le présent mémoire porte sur l'étude techniques détaillée du tronçon reliant la commune de Safané à celle de Tienzan de la route régionale RR29, longue de 10,063 km situé entre les points kilométriques PK 54+997 et PK 65+040, elle est caractérisée par une chaussée en terre dégradée, un assainissement insuffisant et des interruptions du trafic en saison de pluies, compromettant la sécurité des usagers.

Face à cela, l'aménagement et le bitumage de ce tronçon apparaissent comme une nécessité afin d'améliorer la sécurité routière et soutenir le développement socio-économique local. La réussite d'un tel projet repose cependant sur une conception rigoureuse intégrant à la fois les aspects géométriques, structurels, hydrologiques et environnementaux, tout en tenant compte des contraintes locales et des normes techniques en vigueur.

L'objectif principal de ce travail est de réaliser une étude technique globale relative à l'aménagement et au bitumage de ce tronçon routier. Il s'agira donc de concevoir la géométrie de la route, de dimensionner la structure de la chaussée en fonction du trafic et des caractéristiques géotechniques, de mener une étude hydrologique et hydraulique pour le dimensionnement des ouvrages d'assainissement, de proposer des aménagements de sécurité routière et de signalisation, d'identifier les impacts environnementaux et sociaux et enfin d'estimer le cout global des travaux à travers un devis quantitatif et estimatif.

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

Dans ce chapitre, il est d'abord question de présenter la structure d'accueil, son fonctionnement et son cadre d'intervention. Il expose par la suite les activités réalisées durant le stage, et montre comment celles-ci ont contribué à la mise en œuvre du présent projet.

I. Présentation de la structure d'accueil

1. Historique de la structure d'accueil

L'AGEIM-IC (Agence d'Études d'Ingénierie et de Maîtrise d'Œuvre – Ingénieur Conseils) est un bureau d'ingénieurs-conseils organisé en SARL et fondé en janvier 2000 par M. Tiraogo Hervé OUEDRAOGO au Burkina Faso. Son objectif principal est d'accompagner le développement des pays de la sous-région dans les domaines du génie civil et des infrastructures.

Composée d'ingénieurs spécialisés et de techniciens expérimentés, l'agence intervient sur l'ensemble du cycle des projets, des études initiales au contrôle et au suivi des travaux.

Son siège social est situé à Ouagadougou, Cité 1200 Logements, 64 Rue 14.10 (villas 205-206), 10 BP 13478 – Ouagadougou 10.

2. Domaine d'intervention et missions de l'entreprise

AGEIM-IC est un bureau d'études pluridisciplinaire qui mobilise des ingénieurs (génie civil, génie rural, environnementaliste etc.) et techniciens experts pour concevoir, planifier et superviser vos projets d'infrastructure et d'aménagement, suivant une logique de développement durable. Les domaines d'intervention de l'agence couvrent notamment :

- Les infrastructures de transport : réalisation de routes, voiries, réseaux divers, pistes rurales, réhabilitation d'ouvrages et travaux topographique ;
- L'aménagement hydraulique et environnemental : conception de barrages, aménagements agricoles, études hydrologiques et hydrogéologique, hydraulique urbaine et rurale, protection de l'environnement ;

- Les bâtiments et ouvrages d'art : construction et réhabilitation de bâtiments, structures métalliques ou en bois, ouvrages d'art, études géotechniques, expertises techniques.

L'AGEIM-IC déploie ses activités dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest, notamment le Burkina Faso, le Bénin, la Côte d'Ivoire, la Guinée Bissau, la Guinée Conakry, la Mauritanie, le Mali, le Togo, et le Tchad.

Ses missions spécifiques des projets incluent : L'identification des projets, la reconnaissance des sites de projet, la réalisation des études préliminaires et techniques, l'élaboration des dossiers de consultation des entreprises, la supervision et le contrôle des travaux, le suivi post-réalisation et la maintenance, l'étude d'impact environnemental, l'aménagement forestier, l'études des diagnostics conjoints, la gestion des ressources naturelles, les études sur les énergies nouvelles et renouvelables, la cartographie, la formation intra-entreprise ou inter-entreprises, la formation théorique et pratique.

3. Organisation de l'entreprise

L'Agence est organisée en plusieurs directions tel que :

- ✓ Direction générale comprenant le Directeur général Adjoint, l'assistant de direction et le secrétariat :
 - Un auditeur interne et contrôleur de gestion
 - Un responsable qualité
- ✓ Direction de communication et des ressources humaines
- ✓ Direction administrative et financière comprenant : un département administratif, financier et comptable.
- ✓ Direction technique comprenant : département d'infrastructures de transport, d'aménagement hydraulique d'économie et d'environnement, structure et recherche, une cellule de projet, une cellule de développement, une cellule topographique.

L'organigramme de l'entreprise est présenté ci-dessous :

Organigramme de AGEIM Ingénieurs Conseils

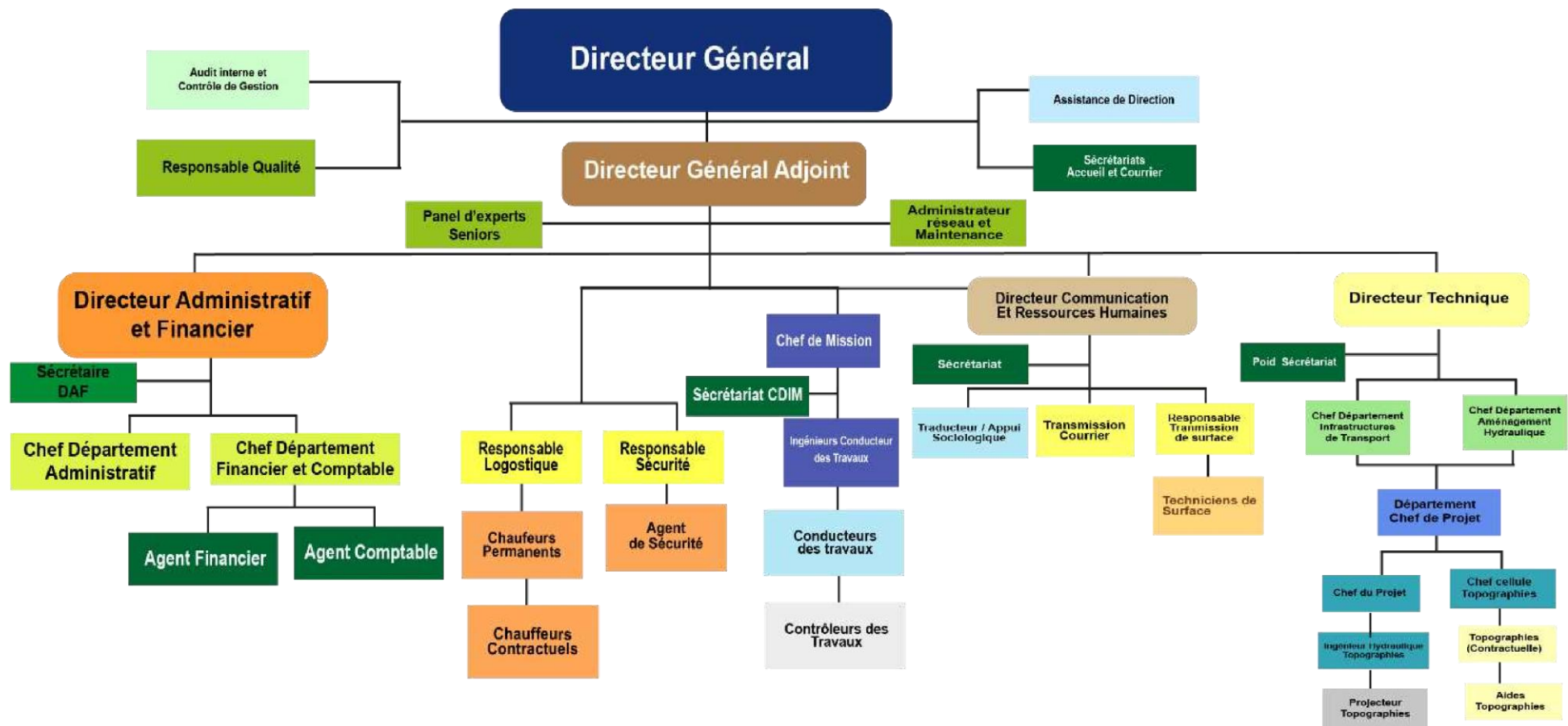


Figure 1 : Organigramme de la structure AGEIM

II. Présentation du projet

1. Contexte et justification du projet

a. Contexte général du projet

Le projet étudié s'inscrit dans le cadre de la stratégie nationale du secteur des transports du Burkina Faso pour la période 2011-2025. Cette stratégie est structurée autour de cinq (5) axes majeurs qui contribuent au développement, à la modernisation et au renforcement du réseau routier national.

Afin de contribuer de manière significative à une croissance économique forte et inclusive, reposant sur des modes de production et de consommation durables, le gouvernement a choisi de mettre l'accent sur le désenclavement des zones à fort potentiel agricole.

La région de la Boucle du Mouhoun, située au nord-ouest du Burkina Faso, constitue l'une des 13 régions administratives du pays. Avec une population estimée à environ 1,898 million d'habitants en 2019 et une densité moyenne de 55 habitants/km², cette région occupe une place stratégique dans la production agricole nationale. À titre d'illustration, au cours de la campagne agricole 2022-2023, elle a produit environ 1 138 998 tonnes de céréales, faisant d'elle un bassin agricole majeur dont l'accessibilité est essentielle pour la compétitivité logistique et la sécurité alimentaire.

b. Justification du projet

Le choix du tronçon Safané –Tienzan s'inscrit dans une logique stratégique de renforcement du réseau routier régional de la boucle du Mouhoun, reconnu pour son fort apport dans le développement économique et social [1]. Cet axe permet de relier plusieurs zones à fort potentiel agricole caractérisée par d'importantes productions de denrées de rentes, vers les zones de commercialisation. Il est également utilisé au quotidien par les populations rurales pour leurs déplacements, ainsi que pour l'acheminement des marchandises et l'accès aux services sociaux de base.

Cependant, la route est actuellement en mauvais état, avec une chaussée en terre très dégradée et un système d'assainissement insuffisant. Cette situation rend la circulation difficile, surtout en saison pluvieuse, rallongeant les durées d'acheminement et augmentant ainsi les coûts de transport.

L'aménagement et le bitumage de ce tronçon constituent donc une solution appropriée pour améliorer les conditions de circulation, renforcer la sécurité routière, faciliter l'écoulement des productions agricoles et contribuer au désenclavement et au développement socio-économique de la zone.

2. Objectif général du projet

L'objectif général dans le cadre de ce mémoire consistera à mener une étude technique et environnementale détaillée relative à l'aménagement et au bitumage de la route régionale N°29 cas du tronçon Safané – Tienzan. Les objectifs spécifiques de notre étude se présentent comme suit :

- Conception géométrique de la route (selon les normes de conception routière en vigueur) ;
- Dimensionnement de la chaussée (prise en compte du trafic projeté, de la portance des sols, conformément aux méthodes du CEBTP) ;
- Étude hydrologique et hydraulique (analyse des bassins versants, calculs de débit de crue de projet) ;
- Dimensionnement des ouvrages d'art et des caniveaux selon les normes en vigueur ;
- Aménagement routier, signalisation et équipements de sécurité routière (panneaux de signalisation, marquage au sol, etc.) ;
- Notice d'impact environnemental et social (identification des risques et mesures d'atténuation)
- Estimation détaillée des coûts des travaux (métré, analyse des prix unitaires) ;

3. Localisation du projet

Le projet de bitumage de la RR29 s'étend de Boromo à Lanfièra, soit un linéaire total de 81 km, situé dans la région de la Boucle du Mouhoun. Le tronçon objet de la présente étude se situe dans la commune de Safané, sur une longueur de 10,063km, allant du PK 54+977 au PK 65+04 [1]. La localisation précise du projet a été réalisée à l'aide du logiciel QGIS, un système d'information géographique (SIG) permettant la création, l'édition, l'analyse et la publication

de données spatiales. L'intégration des données géo-référencées a permis de générer des cartes de localisation, facilitant la planification technique et environnementale du projet.

La figure ci-après présente la cartographie SIG du projet :

CARTE DE SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE

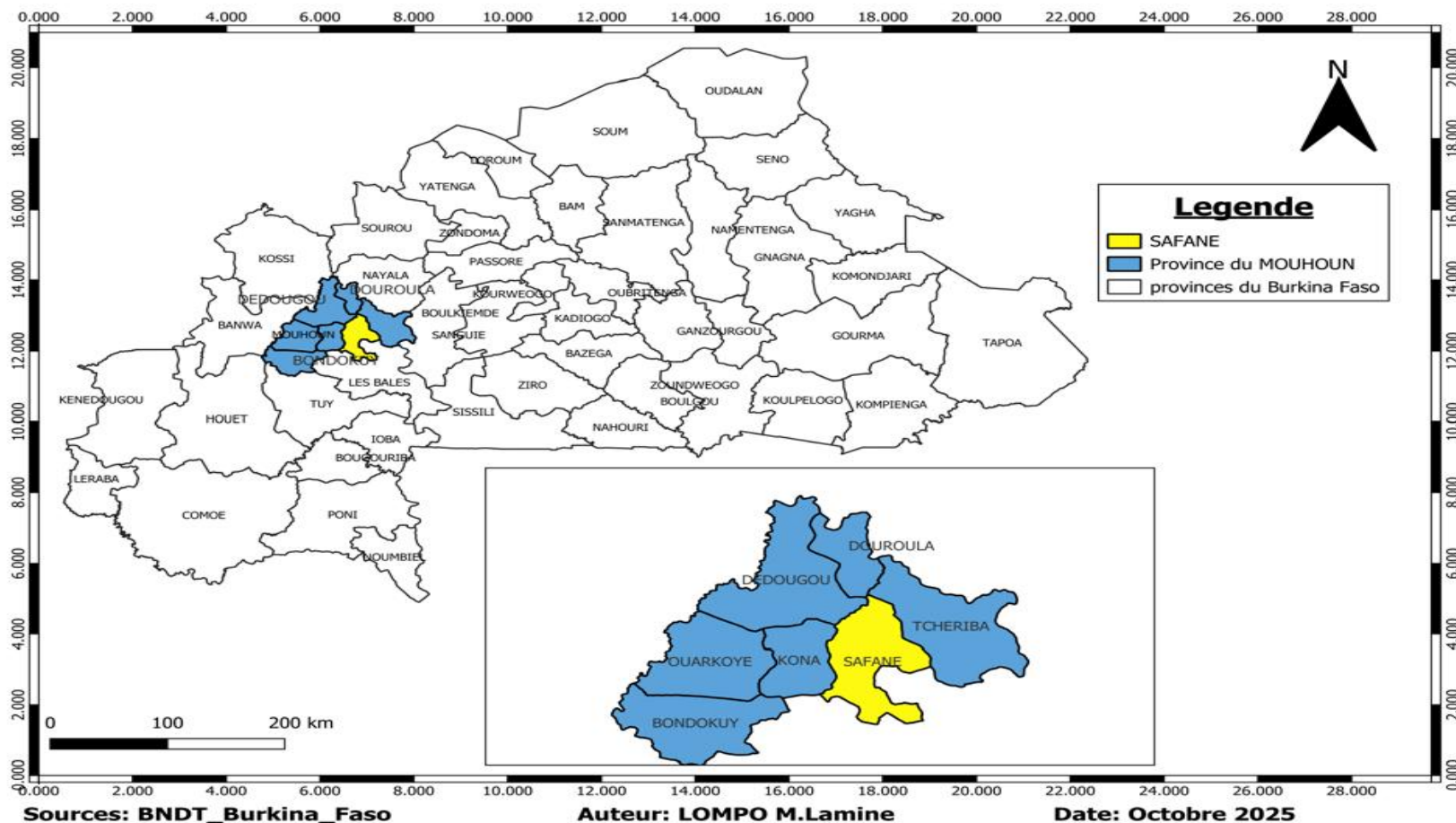


Figure 2 : Carte de situation la zone d'étude

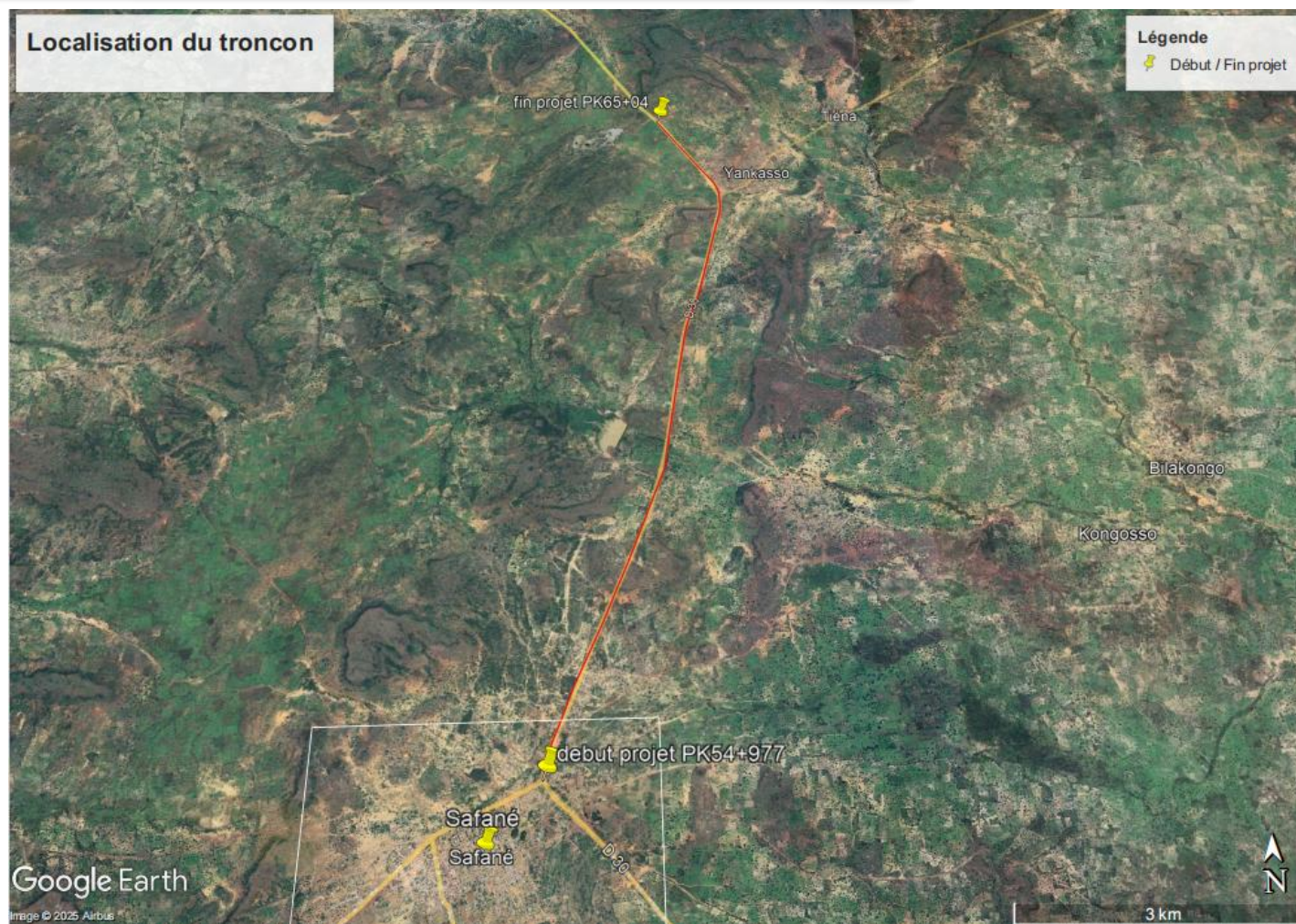


Figure 3 : Image satellitaire du projet issu du logiciel Google Earth

4. Etat des lieux de la route

Compte tenu de la non réalisation d'une visite personnelle sur le site, le diagnostic du tronçon fut réalisé à partir des documents techniques disponibles et aussi des données topographiques. Ainsi, le tronçon présente une route en terre assez dégradée en raison d'un assainissement insuffisant et défaillant causé par des passages d'eau coupant de façon transversal l'axe de la route. Des ouvrages existants (buses) bouchés et insuffisamment dimensionnés. Cette situation favorise l'érosion du sol ainsi que le développement des différentes pathologies telles que les nids-de-poule, les ravinements et les boursiers particulièrement en saison des pluies. Ces dernières sont accentuées par la densité du trafic, constituer généralement de transport de passagers et de marchandises ainsi que des véhicules légers et engins à deux roues. Il traverse plusieurs zones péri-urbaines (villages) et est longé par des concessions en maçonnerie, des plantations d'arbre des vergers et aussi une zone d'emprunt. L'environnement du projet présente également diverses infrastructures tels que des écoles, les hangars commerciaux et aussi des centres de santé.

5. Données de base

Les données de base mise à disposition par la structure d'accueil comprennent principalement le plan topographique, qui fournit la géométrie existante de la route ainsi que les éléments de son environnement, indispensable à la réalisation de la conception géométrique du tracé. Elles incluent également les données de trafic, utile pour le dimensionnement la chaussée à réaliser ainsi que les données pluviométriques permettant d'obtenir la pluviométrie annuelle et journalière dans le cadre de l'étude hydrologique, quant aux données géotechniques, leur indisponibilité se traduit par le traitement en cours des différents essais par le laboratoire associé au projet.

L'acquisition de ces données constitue le socle sur lequel repose l'ensemble de l'étude. Elles permettent de disposer d'information fiables afin d'orienter les différents choix techniques.

CHAPITRE II : Conception géométrique de la route et dimensionnement de la chaussée

La conception d'une infrastructure routière repose sur deux composantes majeures : la conception géométrique et le dimensionnement de la chaussée. La conception géométrique vise à définir le tracé, les profils et les formes de la route de manière à répondre aux exigences de sécurité, de confort et de fluidité de la circulation. Le dimensionnement de la chaussée, pour sa part, consiste à déterminer la nature, l'épaisseur et l'agencement des différentes couches constitutives en fonction du trafic prévisionnel et des conditions géotechniques et climatiques locales, afin d'assurer la pérennité et la performance de l'ouvrage.

I. Conception géométrique de la route

1. Méthodologie

La conception géométrique constitue une étape primordiale dans la réalisation d'une infrastructure routière, puisqu'elle permet de définir les dimensions appropriées afin de garantir la sécurité et le confort des usagers. Elle s'appuie principalement sur la vitesse de référence retenue ainsi que le type d'environnement traversé (urbain, rural, etc.). Cette phase englobe la détermination du tracé de l'axe en plan (vue horizontale), du profil en long (vue longitudinale) et du profil en travers (vue transversale), éléments indispensables à une conception cohérente et fonctionnelle de la route.

1.1 La topographie

Essentielle à la planification et au tracé des infrastructures routières, la topographie permet de produire les plans précis en fournissant des informations sur le relief, la forme du terrain, les pentes et les irrégularités du site.

Dans le cadre du présent projet, les levés topographiques effectués par l'équipe d'AGEIM ont été intégrés au réseau de nivellement général du Burkina Faso, puis exploités à l'aide du logiciel AutoCAD. Les données produites, présentées sous forme de fonds topographiques, recensent l'ensemble des éléments observés sur le terrain ou situés à proximité immédiate du tracé projeté. Ces informations constituent une base essentielle pour le dimensionnement précis du tronçon. Elles comprennent notamment :

- Les concessions et les bornes de lotissements ;

- La chaussée en terre existante ainsi que les talus ;
- Les sites d’emprunt localisés le long du tracé et les arbres ;
- Les candélabres, ainsi que les supports des réseaux électriques et téléphoniques ;
- Les panneaux publicitaires et les affleurements latéritiques ;
- Les bas-fonds et passages d’eau ;
- Les ouvrages de franchissement existants ;
- Les limites de parcelles et les seuils d’accès aux concessions ;
- Les panneaux de signalisation en service ainsi que les bornes kilométriques.

1.2 Norme et choix de la catégorie de route

Pour la réalisation d’un projet routier, il est indispensable de respecter les règles techniques permettant de définir la forme, les dimensions et le tracé de la route. Dans le cadre du projet, la norme ARP (Aménagement des routes principales)[2], publiée en août 1994 par le Centre de la Sécurité et des Techniques Routière, a été retenue, car elle est spécifiquement adaptée aux routes situées en dehors des zones urbaines, ce qui correspond au cas étudié.

Le choix de la catégorie de la route dépend de plusieurs paramètres, notamment sa fonction, son type, la vitesse de projet, le tracé ainsi que le budget disponible. Selon [2], trois grandes catégories de routes sont distinguées :

- Les routes de types **L**, réservées aux grandes liaisons, communément appelées autoroutes.
- Les routes de type **T**, favorisant principalement l’écoulement du trafic sur des distances moyennes ou longues ; elles correspondent aux routes express à une chaussée.
- Les routes de types **R**, qui représentent la majorité du réseau des voies principales en zones rurales. Elles sont polyvalentes et désignées sous l’appellation artères interurbaines.

Les termes de référence (TDR) du projet ont précisé en amont les catégories et types de routes à adopter selon les zones traversées. Ainsi, les routes de types **R60** ont été retenues pour les traversées situées en agglomération (2,099 km), tandis que les routes de type **T100** concernent les zones en rase campagne(7,963km) [1].

1.3 Caractéristiques géométriques de la route

Étudier une route revient d'abord à définir ses caractéristiques géométriques, en particulier le tracé de l'axe en plan, ainsi que les profils en long et en travers.

a. Tracé en plan

Le tracé en plan représente la vue horizontale de la route et définit l'orientation de l'axe sur le terrain. Il se compose d'alignements droits raccordés entre elle par des raccordements progressifs ou circulaires à grands rayons assurant ainsi la sécurité des usagers en limitant l'effet des forces centrifuges. Un bon tracé se doit de respecter des exigences réglementaires et les valeurs géométriques minimales fixées par la norme [2] et résumées dans ce tableau :

Tableau 1: Valeurs des rayons du tracé en plan

Catégorie de routes	R60	T100
Rayon minimal R_m (m)	120	425
Rayon non déversé R_{nd} (m)	600	1300
Rayon au devers minimal R_{dm} (m)	450	900

Source : Aménagement des routes principales (ARP)

b. Profil en long

Le profil en long représente la coupe verticale de la route selon son axe, montrant l'évolution des altitudes et des pentes tout au long du tracé. Il est constitué d'une alternance de rampes et de pentes, appelées déclivité et sont définies en fonction de la vitesse de référence de la route. Elles sont reliées entre elles par des raccordements à géométrie paraboliques. Ces raccordements peuvent être situés soit au sommet d'une pente (raccordement en angle saillant), soit au point bas (raccordement à angle rentrant). La conception du profil en long vise à :

- Garantir une visibilité suffisante aux usagers ;
- Assurer un drainage efficace de l'eau ;
- Offrir un confort de conduite optimal ;
- Optimiser les volumes de terrassement (remblais, déblais).

Les paramètres limites donnés par [2] à respecter sont données ci-dessous :

Tableau 2 : Valeurs des rayons du profil en long

Catégorie de routes	R60	T100
Déclivité maximale	7%	5%
Rayon minimal en angle saillant (m)	1500	6000
Rayon minimal en angle rentrant (m)	1500	3000

Source : Aménagement des routes principales (ARP)

c. Profil en travers

Le profil en travers représente la coupe verticale perpendiculaire à l'axe de la route. Il met en évidence l'organisation géométrique et fonctionnelle de la plateforme routière, en montrant les différents éléments constitutifs tels que l'assiette, la plateforme, la chaussée, les couches structurelles, les trottoirs les fossés ou caniveaux, avec leurs différentes dimensions respectives. Ce profil permet également d'identifier les pentes transversales assurant l'évacuation des eaux et d'estimer les volumes de déblais et remblais nécessaires à la construction. On distingue généralement deux types de profils :

- Le profil en travers type : qui sert de modèle de conception et définit les caractéristiques géométriques de référence ;
- Le profil en travers courant : c'est l'application du modèle le long du tracé, en fonction des variations du profil en long et du tracé en plan.

Le tronçon de 10,063 km est conçu comme une route R60 en agglomération et T100 en rase campagne en accord avec les prescriptions du terme de référence. L'observation du tronçon sur Google Earth a montré que le projet débute dans une zone en agglomération qui s'étend sur 2,099 km puis continue et se termine par une zone en rase campagne longue de 7,963km.

Tableau 3: Caractéristiques des chaussées du projet selon le TDR

En agglomération	En rase campagne
------------------	------------------

– Route régionale 1x2 voies – Largeur de la plateforme : 12 m – Largeur de la chaussée : 8 m (soit 4m par voie) – Accotement : 2m de part et d'autre – Vitesse de référence : 60Km/h – Durée de vie : 15 ans	– Route régionale 1x2 voies – Largeur de la plateforme : 10 m – Largeur de la chaussée : 7m (soit 3,5m par voie) – Accotement : 1,5m de part et d'autre – Vitesse de référence : 100Km/h – Durée de vie : 15 ans
– Choix du type de route : T60	– Choix du type de route : T100

La conception géométrique du tronçon routier étudié a été élaborée conformément aux normes techniques en vigueur, en intégrant les caractéristiques propres à l'infrastructure ainsi que les exigences de sécurité et de confort des usagers. Les profils en travers types et courants, de même que le tracé combiné de certains profils spécifiques représentatifs du tronçon, sont présentés en Annexe I.

2. Résultat de la conception géométrique

2.1 Tracé en plan

Le tracé en plan qui définit l'alignement horizontal de la route et conditionne le confort et la sécurité routière a été réalisé à l'aide du logiciel Piste5. Les principaux paramètres notamment les longueurs des alignements droits et des courbes circulaires furent déterminées et synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 : Récapitulatif des résultats du tracé en plan

Tracé en plan			
paramètres géométriques	nombre	longueur(m)	Total (m)
alignement droit	24	8825.291	10063.5
courbes circulaires	22	1238.208	

2.2 Profil en long

A l'aide du logiciel Piste5 les différentes caractéristiques du profil en long à savoir les pentes, les rampes, les paraboles de raccordement furent déterminées, ainsi que la mise en place de la ligne rouge qui correspond à l'axe projeté sur la route et sert de référence pour les mesures verticales permettant d'identifier les zones de remblais et déblais en assurant une certaine cohérence de l'implantation cette axe par rapport au terrain naturel. Le tableau ci-dessous illustre les résultats des paramètres du profil ainsi que les volumes de cubatures.

Tableau 5: Récapitulatif des résultats du profil en long

Profil en long				Cubatures	
paramètres géométriques	nombre	longueur (m)	total (m)	désignations	quantités (m3)
pentés et rampes	35	8317.778	10063.5	déblais	40926
paraboles	33	1745.721		remblais	45044

II. Dimensionnement de la structure de la chaussée

1. Études techniques de base

Le démarrage et l'exécution d'un projet routier s'appuient sur diverses études préparatoires, notamment la géotechnique et les études du trafic.

1.1 La géotechnique

La géotechnique constitue une étape fondamentale dans tout projet routier. Elle vise à déterminer les propriétés mécaniques du sol en place ainsi que celles des matériaux susceptibles d'être utilisés pour les remblais. Pour caractériser ces matériaux, plusieurs essais de laboratoire sont généralement réalisés, notamment :

- L'analyse granulométrique par tamisage, qui permet d'identifier la répartition des diamètres des particules constituant le sol ;
- Les limites d'Atterberg, utilisées pour classer les sols fins et évaluer leur consistance à partir de l'indice de plasticité ;
- L'essai Proctor modifié, qui détermine la densité sèche maximale et la teneur en eau optimale correspondante à une énergie de compactage donnée ;

- L'essai CBR, destiné à mesurer la portance d'un sol compacté

Dans le cadre du présent projet, et en absence de données géotechniques préalables, la structure d'accueil nous oriente vers le choix théorique d'un sol de classe S4. Ce choix repose sur les prescriptions définies dans le Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP).

Tableau 6 : Classification des sols

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

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

Pour un sol S4 correspondant à $15 < \text{CBR} < 30$, nous prendrons un $\text{CBR} = 20$, considéré comme une moyenne afin de dimensionner la chaussée.

2. Etudes du trafic

2.1 Méthodologie

Le trafic routier correspond à l'intensité de la circulation sur un axe donné. Toutefois, bien que différents types de véhicules empruntent la voie, l'analyse se concentre principalement sur les poids lourds, en raison de leur rôle déterminant dans la dégradation des structures de chaussée. Ainsi, le paramètre essentiel pour le dimensionnement d'une route demeure le nombre de poids lourds appelés à circuler sur l'infrastructure durant toute sa durée de service. Le bureau AGEIM a mené des enquêtes sur le trafic au cours de l'année 2023, résultant à un trafic moyen journalier de 95 poids lourds dans les deux sens, auquel un coefficient de répartition transversale (CRT) de 75%. En effet, dans le cadre de notre projet, la largeur de la chaussée est supérieure à 6,5m mais le choix de ce coefficient s'aligne avec le contexte africain où les poids lourds ont tendance à circuler au milieu de la voie [3]. **Voir Annexe I.** En plus Le CAM pour les chaussées souples est de 0,8, cependant, suite au calcul du CAM réel de notre tronçon réalisé par la

structure d'accueil en se basant sur le comptage et le pesage des poids lourds, nous avons comme résultat un CAM de 1 qui sera retenue pour le dimensionnement de la chaussée.

Le trafic cumulé pendant la durée de vie de la chaussée se calcule grâce à la formule suivante [4]:

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

- T_n : trafic moyen journalier à l'année de mise en service ;
- i : Taux d'accroissement annuel du trafic ;
- n : Durée de service.

Les tableaux ci-dessous regroupent l'ensemble des données exploitées ainsi que les résultats obtenus pour le calcul du trafic cumulé et du nombre d'essieux équivalents requis pour le dimensionnement de la chaussée.

Tableau 7: Données d'entrée des calculs de dimensionnement de la chaussée

Données	Valeurs
Essieu de référence (t)	13
Durée de service (n)	15
Taux d'accroissement annuel du trafic (i)	0.05
Année de comptage	2023
Année de mise en service	2028
Coefficient d'agressivité moyen (CAM)	1
Trafic moyen journalier de la première année	95 (2 sens)
Coefficient de répartition transversale (CRT)	0.75

2.2 Résultat de l'étude du trafic

Les données préalables nous ont permis de déterminer les caractéristiques du trafic nécessaires à la détermination de la classe de trafic du tronçon. Les résultats de nos calculs sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 8 : Application et résultats des calculs

Description	Formule	Résultat
Trafic moyen journalier de l'année n	$T_n = \text{TMJA} \times \text{CRT}$	71.25 PL/J

Facteur de cumul	$C = \frac{(1+i)^{n-1}}{i}$	21.579
Trafic cumulé en poids lourds pendant la durée de vie	$NPL = 365 \times T_n \times C$	561177.5193 PL
Trafic en nombre d'essieux standards équivalents	$NE = NPL \times CAM$	561177.5193 PL

Source : auteur

Les résultats de nos calculs nous donnent un trafic cumulé en poids lourds égal à **561177.5193 PL**. Ce résultat est arrondi à **5.61 x 10⁵**, nous permettant ensuite de déterminer la classe de trafic de notre tronçon.

Le guide du CEBTP définit cinq (05) classes de trafic en nombre de véhicules par jour, en nombre de passage d'un essieu standard ou en nombre cumulé de poids lourds. Le résultat de NPL obtenu nous permet ainsi, de classer le trafic en catégorie T2, comme nous le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 9 : Trafic en nombre cumulé de poids lourds sur la durée de vie

Classe du trafic	Trafic cumulé en nombre de poids lourds
T1	$NPL < 5 \times 10^5$
T2	$5 \times 10^5 < NPL < 1,5 \times 10^6$
T3	$1,5 \times 10^6 < NPL < 4 \times 10^6$
T4	$4 \times 10^6 < NPL < 10^7$
T5	$10^7 < NPL < 2 \times 10^7$

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

3. Dimensionnement des épaisseurs des couches de la chaussée

3.1 Méthode de dimensionnement

La méthode de dimensionnement adoptée est la méthode CEBTP-LCPC qui consiste généralement à :

- Pré-dimensionner la chaussée à partir du guide CEBTP, en fonction du sol support et du trafic ;
- Déterminer les contraintes et déformations admissible selon le guide LCPC ;
- Renseigner les paramètres des différentes couches de la chaussée (épaisseur, module de déformation, coefficient de poisson) ;

- Vérifier et comparer les contraintes et déformations avec les valeurs admissibles grâce au logiciel ALYZE-LCPC.

a. Choix de la variante de la couche de chaussée

Le choix des matériaux a été réalisé en tenant compte à la fois de la disponibilité des matériaux dans la zone d'étude, notamment avec la présence d'une zone d'emprunt sur notre tronçon. Selon la classe de portance du sol de la plateforme et la catégorie de trafic, CEBTP propose plusieurs solutions techniques. Parmi celles-ci, trois (3) variantes ont été retenues et présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 10 : Variantes des chaussées souples

Sol/Traffic	Couche	Variante 1	Variante 2	Variante 3
S4/T2	Revêtement	4 cm Enrobé Bicouche ou Tri-couche	4 cm Enrobé Bicouche ou Tri-couche	4 cm Enrobé Bicouche ou Tri-couche
S4/T2	Base	15 cm de graveleux latéritique naturel	15 cm de graveleux naturelle améliorée au ciment	15 cm de concassé 0/d
S4/T2	Fondation	20 cm de graveleux latéritique naturel	20 cm de graveleux latéritique naturel	20 cm de graveleux latéritique naturel

La variante 01 a été retenue principalement en raison de l'utilisation de matériaux locaux, facilement disponibles au Burkina Faso, ce qui contribue à optimiser les coûts du projet. Malgré la recommandation initiale d'un enduit superficiel bicouche sur toute la chaussée dans les termes référence, l'évaluation technique a mis en évidence l'intérêt d'opter pour un béton bitumineux. Ce revêtement offre une performance supérieure face aux surcharges, dans un contexte où les véhicules lourds circulent souvent au-delà des charges réglementaires. Il résiste mieux aux fortes pluies propres à la zone du projet et limite ainsi les risques d'érosion, retarde l'apparition de certaines pathologies, tout en garantissant un meilleur confort de roulement. Cette option s'avère également pertinente compte tenu de l'irrégularité des travaux d'entretien routier en rase campagne, nécessitant un revêtement durable et moins exigeant en maintenance. En revanche un enduit superficiel bicouche sera appliqué sur les accotements qui eux, supportent des charges plus faibles, solution techniquement suffisante et plus économique. Un tableau comparatif entre l'enduit superficiel et le béton bitumineux sera fourni en Annexe I.

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

4.1 Théorie de vérification des contraintes et déformations

La vérification sur Alizé consiste à contrôler, par simulation mécanique que le dimensionnement de la chaussée est conforme aux normes et capable de supporter le trafic prévu durant sa durée de vie. 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 connaître pour le projeteur :

- Le module de Young ;
- Les conditions d'interface au sommet et à la base des couches (collée dans notre cas).
- 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.

La méthode de dimensionnement du CEBTP a permis d'établir les épaisseurs des différentes couches de la chaussée ainsi que les matériaux appropriés. Sur la base de ces paramètres, le logiciel procède à la vérification de la structure. Cette étape 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.

4.2 Charges agissantes sur la chaussée

L'essieu de référence utilisé est celui défini par la méthode Alizé-LCPC. Il s'agit d'un essieu de 13 tonnes équipé de roues jumelées et présentant les caractéristiques techniques suivantes :

- Jumelage standard français : 65KN
- Pression verticale : 0,6620 MPa
- Rayon de contact : 0,125 m
- Entraxe jumelage : 0,375 m

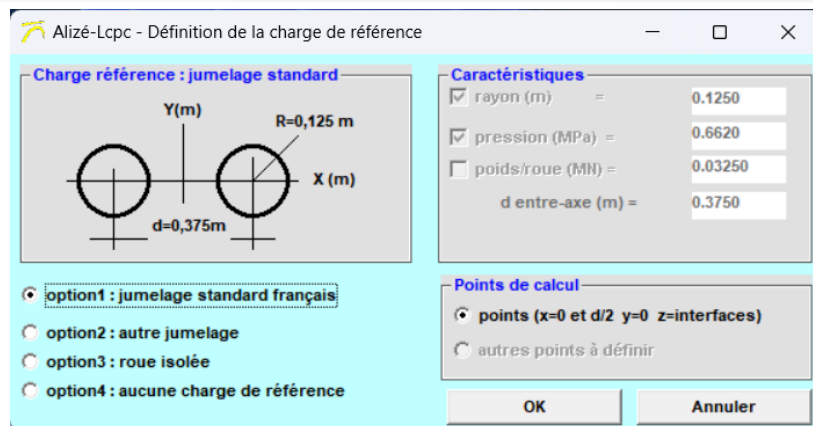


Figure 4 : définition de la charge de référence

4.3 Emprunt et caractérisation des matériaux

a. Couche de revêtement

La performance mécanique de la couche en béton bitumineux est influencée par la température de la zone d'implantation, puisque le module de rigidité du matériau varie en fonction des conditions thermiques. Dans le cadre de ce projet, une température équivalente de 30 °C en conformité avec les valeurs de température issues du CEBTP pour les pays tropicaux.

b. La couche d'assise

Le graveleux latéritique naturel est l'option retenu au vue de notre projet du fait de son abondance et de son moindre coût.

En absence des résultats des essais géotechniques, toujours en cours de traitement par le Laboratoire National, nous adopterons les prescriptions minimales définies par le CEBTP pour le dimensionnement.

Tableau 11 : Récapitulatif des exigences de la couche d'assise

Couche d'assise	Couche de base	Couche de fondation
Matériaux	Graveleux latéritique naturel	Graveleux latéritique naturel
Exigence définie par le CEBTP	80	30
CBR à 95% de l'OPM	Non déterminé	Non déterminé

c. Sol support

Selon [4], à défauts des études spécifiques des matériaux, le module de Young se détermine par :

$$E \text{ (MPa)} = 5 \times \text{CBR}$$

Notre CBR retenu étant de 20 pour une plateforme de type S4, de la relation ci-dessus nous avons $E = 100 \text{ MPA}$ appartenant à une plateforme de 2^{ème} classe : PF2.

4.4 Calcul des contraintes et déformations admissibles

Selon la fiche méthode de dimensionnement des chaussées souples du guide Sénégal 2015, la plateforme est le critère à vérifier pour les chaussées souples en graveleux latéritique naturel. Ainsi :

$$\epsilon_{z \text{ adm}} > \epsilon_{\text{calculé}}$$

La déformation en haut de la plateforme est donné par :

$$\epsilon_{z \text{ adm}} = A \times NE^{-0,222}$$

Avec : $A = 16\,000$ pour un trafic faible et $A = 12\,000$ pour un trafic fort. Notre projet présente un trafic fort car : $NE (561\,177) > 250\,000$ [4].

4.5 Résultat et interprétation

Les résultats du dimensionnement assisté par le logiciel Alizé-LCPC sont fournis dans le tableau ci-dessous :

Tableau 12 : Résultats du dimensionnement assisté par Alizé-LCPC

Epaisseur	Module	Coeff de poisson	Z calcul	EpsT	Sigma T	Eps Z	Sigma Z
(m)	(Mpa)		(m)	(μdéf)	(MPa)	(μdéf)	(MPa)
0,05	1300	0,350	0	-473,9	0,009	0	0,658
			0,05	-443,7	0,248	720,2	0,555
0,20	200	0,350	0,05	-443,7	0,136	2182,5	0,555
			0,25	-164,2	-0,144	710,2	0,183
0,20	400	0,350	0,25	-164,2	-0,026	425,7	0,183
			0,450	-280,3	-0,076	350,6	0,066

Infini	100	0,351	0,450	-280,3	-0,005	660,0	0,066
--------	-----	-------	-------	--------	--------	--------------	-------

Les valeurs des contraintes et déformations admissibles obtenus sont :

- Contrainte admissible EpsT : 235,9 μ déf
- Déformation admissible EpsZ : 635,2 μ déf
- La déflexion : 65,1 mm/100.

Les conditions de vérification de la chaussée souple en grave latéritique ne sont pas respectées. En effet, la contrainte à la base de la couche bitumineuse est supérieure à la valeur limite admissible, quant à la déformation verticale du sol support due aux charges qui lui sont appliquées, elle reste supérieure à la déformation admissible ce qui veut dire que les déformations sont contraignantes sous les couches de la chaussée. Pour pallier à cela, il est donc nécessaire de procéder à une amélioration au ciment de l'ordre de 2,5 ou 3% de la couche de base, afin d'atteindre les performances mécaniques attendues. Les valeurs minimales de dimensionnement des chaussées amélioré issus du catalogue du Sénégal seront retenus pour vérification.

Tableau 13 : Vérification du dimensionnement assisté par Alizé

Epaisseur	Module	Coeff de poisson	Z calcul	EpsT	Sigma T	Eps Z	Sigma Z
(m)	(Mpa)		(m)	(μ déf)	(MPa)	(μ déf)	(MPa)
0,05	1300	0,350	0	-70,8	0,031	26,7	0,658
			0,05	-37,0	0,20	324,8	0,613
0,20	800	0,350	0,05	-37,0	0,136	508,5	0,613
			0,25	-190,5	-0,133	273,0	0,140
0,20	400	0,350	0,25	-190,5	-0,032	381,8	0,140
			0,450	-219,4	-0,098	277,8	0,050
Infini	100	0,350	0,450	-219,4	-0,004	509,8	0,050

Les valeurs des contraintes et déformations admissibles obtenus sont :

- Contrainte admissible E_{psT} : 235,9 $\mu\text{déf}$
- Déformation admissible E_{psZ} : 635,2 $\mu\text{déf}$
- La déflexion : 47,7 mm/100.

Les conditions de vérification de la chaussée souple avec couche de base améliorée au ciment sont respectées. Ici les contraintes et déformations sont tous inférieurs aux contraintes et déformations admissibles, ce qui témoigne d'une bonne résistance de la couche de revêtement face aux efforts mécaniques. De là, nous pouvons retenir une structure de chaussée composée de :

- **5 cm** de béton bitumineux en couche de roulement ;
- **20 cm** de graveleux latéritique amélioré au ciment en couche de base ;
- **20 cm** de graveleux latéritique naturel en couche de fondation.

III. Analyse critique

Bien que les résultats du dimensionnement soient satisfaisants, l'absence d'essais géotechniques définitifs constitue une limite à l'étude du dimensionnement de la structure de chaussée car les résultats obtenus reposent en effet sur des hypothèses.

CHAPITRE III : Assainissement de la route

Les études hydrologiques et hydrauliques ont pour finalité d'estimer les débits de projet et de dimensionner de manière optimale les ouvrages d'assainissement et hydrauliques nécessaires à leur évacuation. Leur objectif principal est d'assurer la mise hors d'eau de la chaussée afin de garantir sa durabilité et sa bonne fonctionnalité.

I. Étude hydrologique

L'étude vise à déterminer, d'une part, les caractéristiques pluviométriques journalière annuelle, notamment pour des périodes de retour décennale et centennale, et d'autre part, les débits à évacuer par les différents ouvrages hydrauliques prévus le long du tronçon étudié. Le calcul de ces débits repose sur l'application de plusieurs méthodes, choisies en fonction des spécificités de la zone d'étude. Ces valeurs dépendent de divers facteurs tel que le climat, la nature des sols, le relief ainsi que la couverture végétale.

1. Période retour et détermination de la pluviométrie annuelle et journalière

1.1 Période de retour

La période de retour se définit comme l'intervalle de temps statistique au cours duquel il est probable de revoir une crue exceptionnelle déjà observée dans la zone d'étude. Son estimation est d'une importance capitale dans les analyses hydrologiques, puisqu'elle constitue un paramètre déterminant pour le dimensionnement et la sécurisation des ouvrages face aux risques de débordement. Dans le cadre du présent projet, une période de retour de dix (10) ans a été retenue pour l'ensemble des ouvrages transversaux et longitudinaux. Ce choix traduit une recherche d'équilibre entre les contraintes économiques liées aux coûts d'investissement et la maîtrise des risques potentiels de dépassement.

1.2 Détermination de la pluviométrie annuelle et journalière

La pluviométrie se définit comme l'évaluation quantitative des précipitations, en considérant leur intensité, leur nature et leur répartition dans le temps et dans l'espace [5]. Sa prise en compte est indispensable dans les études hydrologiques, dans la mesure où la répartition des précipitations au cours de l'année est généralement hétérogène : certains mois sont plus arrosés que d'autres, et ces variations dépendent des conditions climatiques et des spécificités géographiques de la zone concernée. Les stations météorologiques constituent à cet effet la

principale source de données, en fournissant des séries chronologiques indispensables pour l'analyse statistique et la modélisation hydrologique.

Dans le cadre du présent projet, il n'a pas été possible de disposer de séries pluviométriques continues et fiables pour la commune rurale de Safané, point de départ du tracé, située à quelques kilomètres de Boromo. Par conséquent, les données issues de la station météorologique de Boromo, disposant d'enregistrements complets et représentatifs, ont été utilisées comme référence pour les analyses hydrologiques. Les relevés exploités sont présentés en annexe II.

- Pluviométrie annuelle moyenne : Elle a été déterminée à partir des observations de la station de Boromo sur la période 1980–2011. Cette moyenne, qui permet de caractériser le régime climatique de la zone d'étude, a conduit à une hauteur annuelle moyenne de 862 mm
- Pluie maximale journalière (pluie décennale) : La hauteur de pluie journalière correspondant à une période de retour de dix (10) ans a été estimée à 101 mm, à partir d'un ajustement statistique réalisé selon la loi de Gumbel en utilisant le logiciel Hyfran Plus.

Les résultats issus de ce traitement sont représentés graphiquement par les courbes des pluies journalières maximales obtenues à l'aide du logiciel, et sont présentés dans les figures suivantes.

L'analyse pluviométrique révèle que la zone d'étude est caractérisée par un régime climatique de type soudano-sahélien, avec une hauteur annuelle moyenne de précipitations de 862 mm, traduisant une saison des pluies relativement marquée mais concentrée dans le temps. La valeur de 101 mm de pluie journalière décennale constitue un indicateur essentiel pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques, car elle permet de prendre en compte les événements extrêmes susceptibles d'affecter la durabilité et la sécurité des infrastructures. L'utilisation de cette valeur garantit un compromis entre la maîtrise du risque hydrologique et l'optimisation des coûts de construction.

2. Détermination des caractéristiques des bassins versants

Un bassin versant se définit comme une entité géographique au sein de laquelle l'ensemble des eaux de ruissellement converge vers un même point de sortie, appelé exutoire. Dans le cadre de ce travail, la délimitation des bassins versants a été effectuée à l'aide des logiciels Google Earth et Global Mapper.

L'utilisation de Google Earth a permis de localiser précisément la zone d'étude et de la positionner dans le système de coordonnées UTM (Universal Transverse Mercator), basé sur une projection cartographique universelle. Quant au logiciel Global Mapper, il a servi à identifier les différents bassins et sous-bassins traversés par le tronçon routier objet de notre étude.

À partir du Modèle Numérique de Terrain (MNT), le réseau hydrographique a été généré. Les lignes de partage des eaux ont ensuite été tracées en suivant les lignes de crête jusqu'à l'exutoire.

Cette approche a permis de déterminer plusieurs paramètres caractéristiques des bassins versants, notamment la superficie (S), le périmètre (P), la pente moyenne (I), ainsi que les altitudes maximale (Z max) et minimale (Z min).

La figure ci-après illustre la délimitation des bassins versants associés au projet.

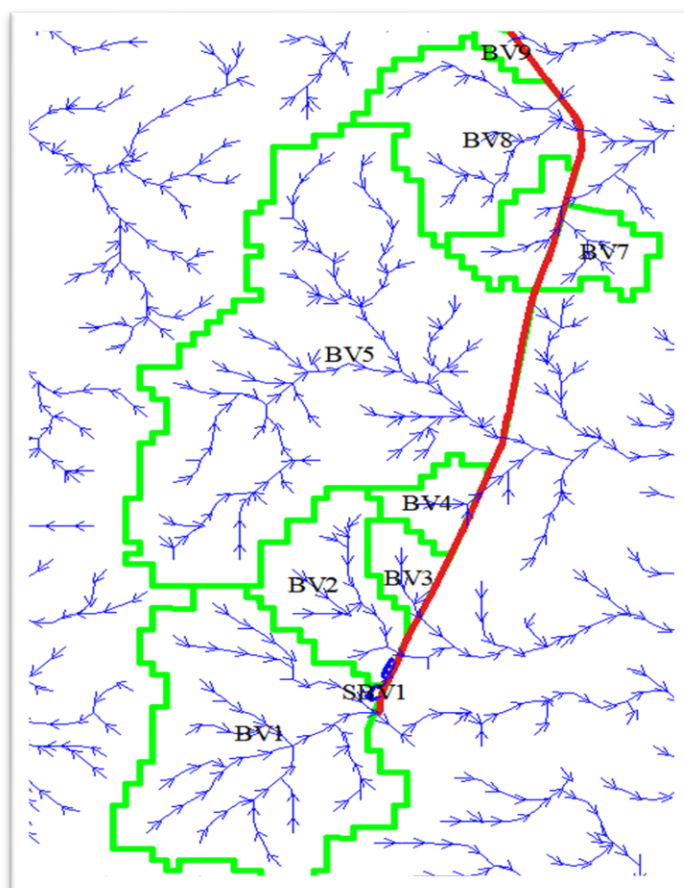


Figure 5 : Délimitation des bassins versants

La figure ci-après illustre la délimitation des sous-bassins versants associés au projet.

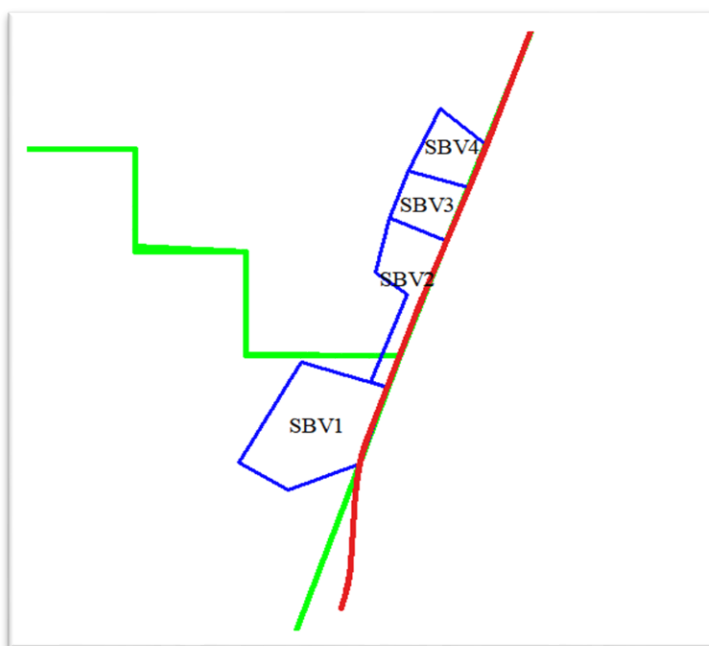


Figure 6 : Délimitation des sous-bassins versants

Les tableaux suivants présentent les caractéristiques des bassins versants et des sous bassins versants :

Tableau 14 : Caractéristiques des bassins versants

NOM	SURFACE (km ²)	PERIMETRE (km)	PENTE (%)	Z max (m)	Z min (m)	LONGUEUR (km)
BV1	9.128	16.107	2.09	365	316	4,446
BV2	2.876	9.25	1.62	353	316	2,806
BV3	0.833	4.817	1.07	329	316	1.555
BV4	0.945	5.171	1.87	334	312	1.198
BV5	17.032	24.463	2.77	390	306	7.43
BV6	2.453	9.528	2.39	346	315	1.826
BV7	1.185	5.477	2.32	346	316	1.645
BV8	4.228	11.321	4.75	401	312	3.345
BV9	0.3447	3.383	2.18	340	318	0.532

Tableau 15 : Caractéristiques des sous-bassins versants

Bassin versant	Sous-bassins versant	SURFAC E (km ²)	Périmètre (km)	PENTE (%)	Z max (m)	Z min (m)	Longueur hydraulique (hm)
BV1	SBV1	0.02323	0.60311	0.94	320	316	3.234
BV2	SBV1-2	0.01045	0.62127	0.54	318	317	2.463
	SBV2-2	0.00684	0.33611	0.66	318	317	0.985
	SBV3-2	0.00708	0.34062	0.97	318	317	0.862

3. Méthodologie de calcul des débits

Le débit de projet correspond au débit choisi par le concepteur pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques. Ce débit est déterminé en fonction de la période de retour adoptée et peut être évalué à l'aide de diverses formules empiriques, particulièrement adaptées aux petits bassins versants. En l'absence de données de jaugeage sur le terrain, plusieurs chercheurs et institutions, notamment le CIEH et l'ORSTOM, ont développé des formules empiriques applicables à différents types de bassins, selon les conditions climatiques locales. Dans le cadre de cette étude, l'estimation du débit à évacuer s'est appuyée sur deux références techniques majeures :

- BCEOM – Hydraulique routière, par Nguyen VAN TUU ;
- Crues et apports, élaboré par le CIEH, ORSTOM, LCT-CEMAGREF-ENGREF.

Ces ouvrages constituent des outils de référence pour le calcul des débits de projet en contexte de petits bassins versants.

3.1 Méthode Rationnelle

Cette méthode est couramment employée pour l'estimation des débits, mais son application demeure limitée aux bassins versants dont la superficie est inférieure à 4 km². Le débit maximal est atteint lorsque la durée de l'averse est au moins égale au temps de concentration du bassin versant [6]. Ainsi, les coefficients de Montana retenus correspondent au cas où la durée de pluie (T) est égale au temps de concentration (T_c).

L'expression permettant le calcul du débit selon cette méthode est donnée ci-après [6] :

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

- Q : débits à l'exutoire en m³/s
- C : coefficient de ruissellement
- I : l'intensité de l'averse en mm/h
- A : surface du bassin en km².

En zone urbaine, la valeur du coefficient de ruissellement (C) est déterminée en fonction du type d'habitat. Dans le cas présent, caractérisé par une agglomération assez dense, ce coefficient aura une valeur de 0,75. En revanche, en rase campagne, il prend une valeur moyenne de 0,13 en raison de la couverture végétale dominée par les sous-bois touffus.

L'intensité de l'averse est, quant à elle, calculée à partir de la relation suivante [6]:

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

Où a et b représentent les coefficients de Montana, dont les valeurs sont issues du [7]. Les coefficients correspondant à la zone d'étude sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 16 : Coefficients de Montana

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

Le temps de concentration est donné par la formule de Kirpich [6]:

$$T_c = \frac{1}{52} \times \frac{L^{0.77}}{p^{0.38}}$$

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

3.2 Méthode OSTROM ou de RODIER

Cette méthode permet d'estimer le débit de projet pour des bassins versants dont la superficie est comprise entre 4 et 200 km² [6]. Elle définit le débit de pointe associé au ruissellement superficiel d'une crue décennale selon la relation suivante :

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

- A : coefficient d'abattement
- P₁₀ : hauteur de pluie journalière décennale en mm
- K_{r10} : coefficient de ruissellement correspondant à la crue décennale
- α₁₀ : coefficient de pointe à la crue décennale
- S : superficie du bassin versant en km²
- Tb₁₀ : temps de base correspondant à la crue décennale en seconde (s).

3.3 Méthode CIEH

Élaborée en 1983 par Puech et Chabi-Gonni du CIEH, la méthode CIEH sert à estimer le débit du projet des bassins versants. Elle s'applique aux bassins dont la superficie varie entre 10 et 2500 km² dans les zones sahéliennes, et à ceux dont la superficie est inférieure à 1500 km² dans les zones tropicales sèches[5]. Le débit de projet est déterminé à partir de la relation suivante :

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

- a, s, p, i, k, d : sont des coefficients à déterminer
- S : surface du bassin en km²
- I_g : indice global de pente en m/km
- P_{an} : pluie annuelle moyenne en mm
- K_{r10} : coefficient de ruissellement décennal en %
- Dd : densité de drainage km⁻¹.

3.4 Méthode superficielle de CAQUOT

Il s'agit d'une méthode simplifiée permettant d'estimer le débit maximal à l'exutoire d'un bassin versant urbain (sous-bassins versants) dont la superficie est inférieure à 2 km². La formule de Caquot, dérivée de la formule rationnelle, s'exprime sous la forme suivante [6]:

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

- A : surface du bassin en km²
- I : intensité de l'averse en mm/h
- C : coefficient de ruissellement
- K, U, V, W sont des coefficients d'ajustement.

Le tableau ci-dessous présent les formules des coefficients d'ajustement pour la méthode de CAQUOT :

Tableau 17 : Formules des coefficients d'ajustement pour la méthode de Caquot

k	U	V	W	M	m	μ
$\frac{0,5^b \times a}{6,6}$	$1+0,278*b$	$-0,41*b$	$0,95+0,507*b$	$\frac{L}{\sqrt{A}}$	$(\frac{M}{2})^\mu$	$\frac{0,84 \times b}{1 + 0,287 \times b}$

- a et b : coefficients de Montana
- M : allongement des bassins versants
- m : facteur correctif en fonction de la morphologie des bassins versants.

4. Résultat des calculs de débits de crue des bassins versants

Les méthodes de calcul ont été choisies en tenant compte de leur condition d'utilisation spécifique. Ainsi :

- La méthode rationnelle a servi au calcul des débits des bassins versants 2, 3, 4, 6, 7 et 9.
- Les méthodes CIEH et OSTROM ont, eux servis au calcul des bassins versants 1, 5 et 8.
- La méthode de CAQUOT quant à elle, a permis de calculer les débits des sous-bassins versants.

Les tableaux (17) et (18) ci-dessous présentent les résultats des calculs de débit obtenus pour chaque méthode :

Tableau 18 : Récapitulatif des débits des bassins versants

Tableau récapitulatif des débits	
----------------------------------	--

NOM	SURFACE (km ²)	PERIMETRE (km)	PENTE (%)	Z max (m)	Z min (m)	Méthode de calcul			Débits retenus (m ³ /s)
						Rationnelle	ORSTOM	CIEH	
BV1	9.128	16.107	2.09	365	316	/	20.9144482	21.5488	21.5488
BV2	2.876	9.25	1.62	353	316	13.9182274	/	/	13.91823
BV3	0.833	4.817	1.07	329	316	4.53584158	/	/	4.535842
BV4	0.945	5.171	1.87	334	312	5.88161845	/	/	5.881618
BV5	17.032	24.463	2.77	390	306	/	29.1633539	28.04347	29.16335
BV6	2.453	9.528	2.39	346	315	13.031538	/	/	13.03154
BV7	1.185	5.477	2.32	346	316	7.14438974	/	/	7.14439
BV8	4.228	11.321	4.75	401	312	/	19.0092653	21.16887	21.16887
BV9	0.3447	3.383	2.18	340	318	2.4919223	/	/	2.491922

Source : Auteur

Tableau 19 : Récapitulatif des débits sous bassins versants

Bassin versant	Sous-bassins versant	SURFACE(km ²)	PERIMETRE(km)	PENTE(%)	Z max	Z min	Qp (m ³ /s)
BV1	SBV1	0.02323	0.60311	0.94	320	316	1.326
BV2	SBV1-2	0.01045	0.62127	0.54	318	317	0.581
	SBV2-2	0.00684	0.33611	0.66	318	317	1.117
	SBV3-2	0.00708	0.34062	0.97	318	317	1.965

Source : Auteur

Les méthodes hydrologiques utilisées dans cette étude présentent chacune des domaines d'application spécifiques. La méthode rationnelle, simple et rapide, est adaptée aux petits bassins versants de superficie réduite, mais demeure sensible au choix du coefficient de ruissellement. Les méthodes CIEH et OSTROM quant à elles sont plus élaborées et intègrent un plus grand nombre de paramètres physiques et climatiques, ce qui rend les débits issus de ces méthodes plus fiables pour les bassins versants de taille moyenne. La méthode de Caquot s'avère particulièrement adaptée au calcul des débits des sous-bassins dans la zone urbaine

(agglomération), où le ruissellement est rapide et fortement influencé par l'imperméabilisation des surfaces. Le recours à plusieurs méthodes a permis de comparer les résultats obtenus et de retenir les valeurs les plus défavorables, garantissant ainsi un dimensionnement sécuritaire des ouvrages hydrauliques.

II. Etude hydraulique

Les études hydrauliques ont pour objectif de déterminer les sections adaptées des ouvrages transversaux et longitudinaux afin d'assurer une évacuation sécurisée des eaux pour les débits considérés. Le tronçon concerné comporte déjà plusieurs ouvrages hydrauliques, à savoir neuf (09) dalots, dix (10) buses et deux (02) radiers submersibles. Les données collectées sur le terrain ont permis de vérifier la capacité de ces ouvrages existants à évacuer les débits calculés. Lorsque cette capacité s'avère insuffisante, des solutions optimales sont proposées en respectant la vitesse maximale d'écoulement fixée à 3 m/s.

1. Détermination des sections hydrauliques des ouvrages transversaux

Les dalots, ouvrages hydrauliques en béton armé placés sous la chaussée, sont privilégiés sur ce tronçon en remplacement des buses en raison de leur meilleure durabilité et de leur faible besoin d'entretien pour une route revêtue. Leur dimensionnement a été réalisé selon la méthode tirée du BCEOM, appliquée aux ponts-cadres, en adoptant un régime d'écoulement à sortie dénoyée (la hauteur d'eau en aval est inférieure à la hauteur du dalot) et à surface libre (la hauteur d'eau en amont est inférieure à 1.25 x la hauteur du dalot). Les paramètres hydrauliques nécessaires ont été obtenus à partir des abaques en annexe II. Le tableau suivant présente les dimensions retenues des dalots sur le tronçon.

Tableau 20 : Récapitulatif des sections de dalots retenus

Désignation	Ouvrage existant	Section initial	Débits à évacuer (m ³ /s)	Ouvrage à réaliser	Section retenue
BV1	Dalot	4 x 3 x 3	21.54	Dalot	4 x 3 x 3
BV2	Dalot	1 x 1 x 1	6.96	Dalot	3 x 2 x 1
	Buse	1 x Ø80	6.96	Dalot	3 x 2 x 1
BV3	/	/	4.54	Dalot	2 x 2 x 1
BV4	/	/	5.88	Dalot	2 x 2 x 1.5
BV5	Buse	1 x Ø100	0.58	Dalot	1 x 1 x 1
	Dalot	4 x 2 x 1	6.12	Dalot	4 x 2 x 1
	Buse	1 x Ø80	0.58	Dalot	1 x 1 x 1
	Dalot	4 x 2 x 1	6.12	Dalot	4 x 2 x 1
	Buse	2 x Ø60	0.58	Dalot	1 x 1 x 1

	Dalot	4 x 2 x 1	6.12	Dalot	4 x 2 x 1
	Buse	1 x Ø100	0.58	Dalot	1 x 1 x 1
	Dalot	4 x 2 x 1	6.12	Dalot	4 x 2 x 1
	Buse	1 x Ø60	0.58	Dalot	1 x 1 x 1
	Buse	1 x Ø100	0.58	Dalot	1 x 1 x 1
	Dalot	1 x 1 x 1	0.58	Dalot	1 x 1 x 1
BV6	Radier	R20	6.52	Dalot	2 x 2 x 1.5
	Buse	1 x Ø100	6.52	Dalot	2 x 2 x 1.5
BV7	Dalot	1 x 1 x 1	7.14	Dalot	2 x 2.5 x 1.5
BV8	Buse	1 x Ø100	7.05	Dalot	2 x 2.5 x 1.5
	Buse	2 x Ø120	7.05	Dalot	2 x 2.5 x 1.5
	Radier	R30	7.05	Dalot	2 x 2.5 x 1.5
BV9	/	/	2.49	Dalot	1 x 2 x 1.5

En résumé nous avons huit (8) différents types sections de dalots obtenus à savoir :

- 1 dalot 4 x 300 x 300
- 2 dalots 3 x 200 x 100
- 1 dalot 2 x 200 x 100
- 3 dalot 2 x 200 x 150
- 7 dalots 1 x 100 x 100
- 4 dalots 4 x 200 x 100
- 4 dalots 2 x 250 x 150
- 1 dalot 1 x 200 x 150.

Les détails des calculs de l'étude hydrauliques des dalots sont donnés dans l'Annexe II.

2. Déterminations des sections hydrauliques des ouvrages longitudinaux

Ces ouvrages regroupent les caniveaux, les fossés, les dalots de traversée situés aux amorces de chaussée, ainsi que les bordures. Leur rôle consiste à assurer l'évacuation des eaux pluviales provenant de la chaussée, mais également des écoulements issus des zones urbanisées et des espaces situés à proximité de la route. Dans le cadre de ce projet, des caniveaux en béton armé sont prévus en zone d'agglomération et des fossés en terre pour la zone hors agglomération. Le dimensionnement des caniveaux rectangulaire en béton armée a été réalisé à partir de la formule de Manning-Strickler, en tenant compte des débits estimés et de la pente moyenne afin de déterminer les sections hydrauliques appropriées.

L'expression est donnée par [6]:

$$Q = V \times S \text{ avec } V = Ks \times R^{2/3} \times \sqrt{I}$$

- V : vitesse d'écoulement dans le canal en m/s

- Q : débit s'écoulant dans le canal
- Ks : coefficient de rugosité pris à 67 pour le béton
- R : rayon hydraulique = section mouillée sur périmètre mouillée (S_m / P_m)
- I : pente du canal
- S : section mouillée (B x Y)
- P : périmètre mouillé = $B + 2h(1+m^2)^{0.5}$ avec $m=0$ pour les sections rectangulaires.

On fixe $V_{max} = 3\text{m/s}$ et $V_{min} = 0,5\text{m/s}$, pour les ouvrages en béton.

La détermination des sections de caniveaux consiste généralement à fixer la base de l'ouvrage puis à calculer le tirant d'eau, ou inversement. Le débit de crue issu des sous-bassins versants est ensuite comparé au débit transitant dans le caniveau, en procédant par approximations successives. On ajuste ainsi progressivement la hauteur d'eau ou la largeur du caniveau jusqu'à obtenir un écart minimal entre les deux valeurs de débit. Une fois cette convergence atteinte, les dimensions retenues sont adoptées, avec l'ajout d'une revanche de 15 cm sur le tirant d'eau, conformément aux exigences du projet. La pente longitudinale est celle du terrain naturel.

Tableau 21 : Récapitulatif des sections des caniveaux

Bassin versant	Sous-bassins versant	Qp (m3/s)	Section retenue
BV1	SBV1	1.326	100 x 100
BV2	SBV1-2	0.581	80 x 80
	SBV2-2	1.117	100 x 100
	SBV3-2	1.965	120 x 120

L'analyse du tableau met en évidence trois principales sections de caniveaux : 120×120 cm, 100×100 cm et 80×80 cm. Par ailleurs, une section minimale de 80×80 cm est prévue du côté droit de la chaussée afin de collecter les eaux pluviales provenant directement de la route. En dehors des zones urbanisées, des fossés triangulaires en terre sont aménagés de part et d'autre de la chaussée. Ils assurent la même fonction que le caniveau minimal, en permettant l'évacuation efficace des eaux de ruissellement.

III. Analyse critique

L'études hydrologiques a permis d'estimer les débits de crue du projet à partir des méthodes empiriques adaptées aux bassins versants étudiés. Cependant l'une des principales limites de

cette étude réside dans le fait que les données météorologiques utilisées ne sont pas récentes et nécessite une mise à jour. Cette situation joue sur la précision des estimations des intensités pluviométrique (P_{an} et P_{10}) et par conséquent sur les débits de crues calculés surtout que l'on est dans un contexte marqué par une variabilité climatique croissante.

Cette imprécision impact aussi la précision sur la détermination des sections des ouvrages. Les sections retenues peuvent au fil des années s'avérer insuffisantes et créer une mauvaise évacuation des eaux et même impacter sur la durabilité de l'ouvrage.

En conclusion, les études hydrologiques et hydrauliques ont permis de quantifier les débits à évacuer et de dimensionner précisément les ouvrages de drainage (dalots et caniveaux) sur la base des caractéristiques des bassins et sous-bassins versants. Les sections retenues assurent une évacuation efficace des eaux de ruissellement tout en protégeant la chaussée. Les ouvrages en béton ont été conçus pour garantir stabilité, durabilité et performance hydraulique optimale.

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Ce chapitre est consacré au dimensionnement structurel des ouvrages hydrauliques, étape essentielle garantissant leur stabilité, leur résistance ainsi que leur durabilité face aux différentes sollicitations auxquelles ils sont soumis. Le dimensionnement vise à déterminer les sections optimales de béton et d'acier nécessaires pour assurer la sécurité, la performance et la pérennité des structures. Dans le cadre de cette étude, l'attention sera particulièrement portée sur le dalot de section $4 \times 300 \times 300$, dont le dimensionnement sera réalisé à l'aide du logiciel Cype 2018. Cette approche permettra d'obtenir une conception fiable et conforme aux normes en vigueur, tout en optimisant les matériaux et les coûts de réalisation.

I. Normes et hypothèse de calcul

1. Normes de calcul

Les normes considérées sont celles des documents suivant :

- 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
- Sollicitations déterminées par la méthode des tranches

2. Caractéristiques des matériaux

Béton

- Béton B25 de poids volumique $\rho = 2,5 \text{ t/m}^3$
- Dosage minimum : 400 kg/m^3
- Résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
- Résistance à la traction à 28 jours $f_{t28} = 0,6 + 0,006f_{c28} = 2,1 \text{ MPa}$
- Densité du béton : 25 kN/m^3
- Contrainte admissible du béton en compression à l'ELU : $\sigma_{bc} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b} = \frac{0,85 \times 25}{1 \times 1,5}$

On a : $\sigma_{bc} = 14,17 \text{ MPa}$ avec $\theta = 1$ et $\gamma_b = 1,5$

- Contrainte admissible du béton en compression à l'ELS : $\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 \times f_{c28} = 15 \text{ MPa}$.

- Fissuration préjudiciable
- Enrobage = 3,5 cm pour le dalot et 3 cm pour les caniveaux.

Acier

- Nuance : acier haute adhérence (HA) FeE400
- Limite d'élasticité $f_e = 400$ MPa
- Contrainte de calcul de l'acier : $\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 348$ MPa avec $\gamma_s = 1,15$
- Contrainte limite de l'acier : $\bar{\sigma}_{st} = \min \left[\frac{2}{3} f_e ; \max(0,5 f_e ; 110 \sqrt{\eta f t 28}) \right]$, $\bar{\sigma}_{st} = 216$ MPa avec $\eta = 1,6$ car acier haute adhérence.

Remblai

Nous supposons que le remblai d'accès est un graveleux latéritique naturel.

- Poids spécifique du remblai $\gamma = 20$ kN/m³
- Coefficient de poussée des terres $K = 0,33$
- Angle de frottement interne $\varphi = 30^\circ$

Le pré-dimensionnement de l'ouvrage est fait conformément aux règles du guide de conception pont cadre et portique du SETRA (Annexe III).

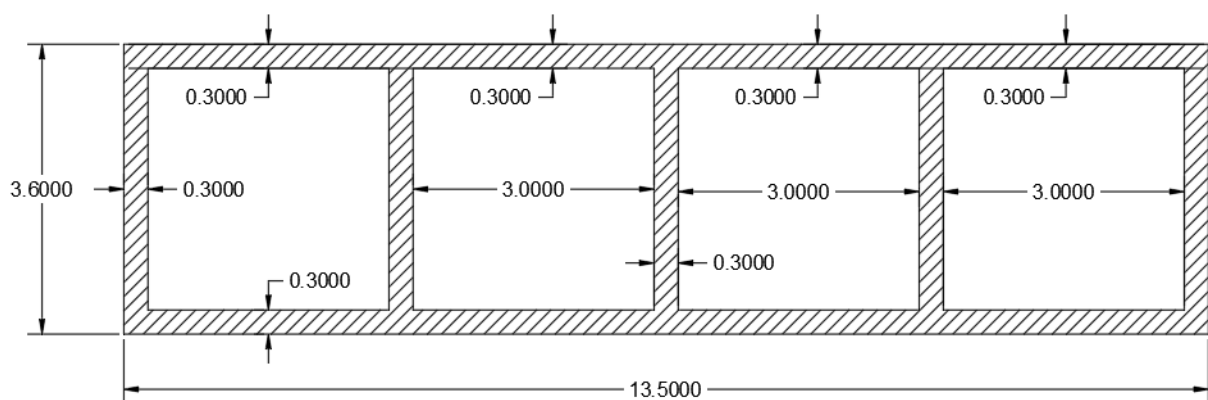


Figure 7 : Coupe transversale du dalot

II. Dimensionnement du dalot 4x300x300

1. Méthodologie de calcul

Le dimensionnement du dalot de type 4 x 300 x 300 a été réalisé à l'aide du logiciel de calcul de structure CYPECAD, reconnu pour l'analyse et le dimensionnement des ouvrages en béton armé conformément aux normes en vigueur.

Dans un premier temps, les données géométriques de l'ouvrage ont été définies dans le logiciel, notamment le nombre de cellules, les dimensions internes du dalot, les épaisseurs des voiles, radiers ainsi que les d'appui et d'encastrement. Les matériaux ont ensuite été définies tels que la classe de béton et d'acier utilisées pour le calcul.

Dans un second temps, les actions appliquées à l'ouvrage ont été introduites dans le modèle de calcul. Celles-ci comprennent entre autre les charges routières et aussi les charges permanentes liées au remblai et au poids propre du tablier. Les combinaisons d'actions ont été générées automatiquement par le logiciel.

Et enfin, le dimensionnement des armatures a été effectué automatiquement par le logiciel, avec une vérification des états limites ultimes et de services. Les sections d'armatures obtenues ont été contrôlées afin de garantir la stabilité, la résistance et la durabilité de l'ouvrage.

2. Résultat du dimensionnement

Evaluation des charges appliquées à l'ouvrage

– Charges permanentes

Les charges permanentes sont les actions appliquées de façon constante et durable sur l'ouvrage tout au long de sa durée de vie. Elles comprennent le poids propre des éléments structurels et non-structurels ainsi que les charges fixes d'exploitation.

- Poids propre des éléments structurels : piédroits, tablier, parois et tout autre composant en béton armé constituant l'ouvrage. Le calcul du poids propre du tablier se fera à partir du volume géométrique et de la masse volumique du matériau, fixée à 25 kN/m³ pour le béton armé.
 - Charges de remblais : poids des terres situées au-dessus ou latéralement à l'ouvrage, calculé selon la masse volumique moyenne des remblais (comprise entre 18 et 22 kN/m³), alors $\gamma_{\text{remblais}} = 20 \text{ kN}$.

Tableau 22 : Sollicitations sur le tablier

Sollicitations	Formule	Résultat
poids propre du tablier	$e_t \times \gamma_{\text{béton}} \times \text{largeur}$	90 kN/ml
poids du remblai sur le tablier	$e_r = 0,3 \times \gamma_{\text{remblais}} \times \text{largeur}$	72 kN/ml
Charge permanente G		162 kN/ml

Evaluation des charges routières

Classification générale des ponts routes :

Les ponts routes sont classés en trois catégories, selon la largeur roulable et leur fonction.

- Ponts de première classe :
 - Les ponts dont la largeur roulable est ≥ 7 m ;
 - Les ponts supportant des bretelles d'accès à ces chaussées ;
- Ponts de deuxième classe :
 - Les ponts supportant des chaussées à deux voies, avec une largeur roulable comprise entre 5,50 m et 7 m.
- Ponts de troisième classe :
 - Les ponts supportant des chaussées à une ou deux voies, dont la largeur roulable $\leq 5,50$ m.

Tableau 23 : Classification des ponts

classe de pont	1 ^{ère} classe	$L_r > 7\text{m}$
	2 ^{ème} classe	$5,5 < L_r < 7\text{m}$
	3 ^{ème} classe	$L_r < 5,5 \text{ m}$

La largeur roulable de notre projet étant de 12m ($L_r=12\text{m}$) on a alors une largeur chargeable $L_c = L_r = 12\text{m}$ car il n'existe pas de dispositif de retenu. Donc une classe de pont de 1^{ère} classe

Les charges d'exploitations routières à considérer seront [8]:

- Les systèmes de charges A
- Les systèmes B (Bc, Bt, Br)
- Le système de charge militaire Mc120

Les valeurs des différents systèmes sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 24 : Récapitulatif des valeurs des surcharges routières

Systèmes	Valeurs
A(l)	15,46 KN/m ²
Bc	1344 KN
Bt	640 KN
Br	100 KN
Mc120	1100 KN

Source : Auteur

Les détails des calculs sont donnés en annexe III.

- ❖ Les charges du système B ainsi que le convoi Mc120 sont frappées d'une majoration dynamique. Ce coefficient de majoration dynamique est déterminé par la formule [8] :

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

Avec :

- G : poids total des charges permanentes que supporte le tablier (kN)
- S : poids total des charges des essieux du système
- L : longueur de l'élément en (m).

Calculons :

- $\delta_{Bc} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 13,5} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{162 \times 13,5}{1344}} = 1,19$
- $\delta_{Bt} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 13,5} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{162 \times 13,5}{640}} = 1,15$
- $\delta_{Br} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 13,5} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{162 \times 13,5}{100}} = 1,11$

$$\bullet \quad \delta_{Mc120} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 13,5} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{162 \times 13,5}{1100}} = 1,17$$

Tableau 25 : Récapitulatif des charges majorées

Systèmes	Valeurs	Majoration dynamique	Valeur majorée (KN)
Bc	1344 KN	1,19	1547
Bt	640 KN	1,15	736
Br	100 KN	1,11	111
Mc120	1100 KN	1,17	1287

Source : Auteur

Ces données sont ainsi introduites dans le logiciel CYPE afin de mener à bien le dimensionnement de notre dalot et nous fournir les plans de ferrailage des différents éléments constitutif du dalot. Les détails des résultats du dimensionnement issu du logiciel CYPE sont présentés en Annexe III.

III. Dimensionnement des ouvrages longitudinaux

1. Définition des charges appliquées

- Les charges permanentes :
 - Poids propre de l'ouvrage
 - Poussé des terres sur les voiles
- Surcharge routière sur dalle [8] : on considèrera une charge routière Br de 10t pour le dimensionnement des dalles.

Les épaisseurs des dalles, radiers et pénétrations sont pré-dimensionnées par la formule suivante :

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

Les calculs sont effectués d'une manière générale pour une bande de 1m.

2. Calcul des sollicitations

Les sollicitations sont calculées conformément aux règles techniques de conception et de calcul des ouvrages en béton armé selon la méthode des états limites, telles que définies par [9].

Tableau 26 : récapitulatifs des sollicitations des caniveaux

Caniveaux 120 x 120							
Désignation	Mu	Mser	Nu	Nser	Ast	Asc	Ar
Unités	KN.ml	KN.ml	KN	KN	cm ²	cm ²	cm ²
Dalette	52,22	35,09	-	-	8,394	0	4,197
Piédroit	44,14	29,88	85,13	57,5	8,57	0	4,285
Radier	32,68	29,75	-	-	10,16	0	5,08

Caniveaux 100 x 100							
Désignation	Mu	Mser	Nu	Nser	Ast	Asc	Ar
Unités	KN.ml	KN.ml	KN	KN	cm ²	cm ²	cm ²
Dalette	42,91	28,65	-	-	6,854	0	3,427
Piédroit	44,14	29,88	85,13	57,5	7,46	0	3,73
Radier	24,38	22,71	-	-	9,51	0	4,755

Caniveaux 80 x 80							
Désignation	Mu	Mser	Nu	Nser	Ast	Asc	Ar
Unités	KN.ml	KN.ml	KN	KN	cm ²	cm ²	cm ²
Dalette	35,24	23,52	-	-	5,629	0	2,815
Piédroit	28,37	18,98	83,44	56,25	3,73	0	1,865
Radier	18,07	17,06	-	-	7,03	0	3,515

3. Résultats des calculs des sections d'aciers

Le ferrailage est calculé conformément aux règles techniques de conception et de calcul des ouvrages en béton armé selon la méthode des états limites, telles que définies par [9].

Tableau 27 : Récapitulatif des aciers des caniveaux

Elément de l'ouvrage	Disposition	Caniveau 120 x 120	Caniveau 100 x 100	Caniveau 80 x 80
----------------------	-------------	--------------------	--------------------	------------------

Dalette	Supérieur	6HA10 e=20cm	5HA10 e=20cm	6HA8 e=20cm
	Inférieur	6HA10 e=20cm	5HA10 e=20cm	6HA8 e=20cm
	Répartition	5HA8 e=20cm	5HA8 e=20cm	5HA8 e=20cm
Piédroit	Principale	2x6HA10 e=20cm	2x5HA10 e=20cm	2x5HA8 e=20cm
	Transversale	5HA8 e=20cm	5HA8 e=20cm	5HA8 e=20cm
Radier	Supérieur	6HA10 e=20cm	6HA10 e=20cm	5HA8 e=20cm
	Inférieur	6HA10 e=20cm	6HA10 e=20cm	5HA8 e=20cm
	Répartition	5HA8 e=20cm	5HA8 e=20cm	5HA8 e=20cm

Le dimensionnement des ouvrages hydrauliques a été réalisé conformément aux normes techniques en vigueur tout en tenant compte des conditions hydrauliques et des contraintes structurelles. Les calculs ont permis de définir les armatures nécessaires qui garantiront la stabilité et la longévité des ouvrages hydrauliques. Les détails de calcul et les plans correspondants sont présentés en Annexe III.

CHAPITRE V : Aménagement, sécurité routière éclairage et signalisation

I. Aménagement routier

L'aménagement routier constitue un élément essentiel du développement urbain et territorial, visant à garantir des conditions de circulation sûres, fluides et adaptées aux besoins des usagers. Il englobe l'ensemble des interventions permettant de concevoir, organiser et optimiser les infrastructures de transport, tout en assurant leur intégration harmonieuse dans l'environnement. A travers des solutions techniques et environnementales, l'aménagement routier contribue à améliorer la mobilité, renforcer la sécurité et soutenir le développement socio-économique durable des territoires[2].

1. Définition et principes de fonctionnement du carrefour giratoire

Le carrefour giratoire est une intersection aménagée dans laquelle la circulation s'effectue autour d'un îlot central, dans le sens trigonométrique pour les pays circulant à droite. Son principe fondamental repose sur la priorité donnée aux véhicules déjà engagés dans l'anneau circulaire. Il permet de réduire les conflits de circulation par rapport aux carrefours traditionnels, en transformant les mouvements frontaux et perpendiculaires en interactions essentiellement tangentielles. De plus, la géométrie du giratoire impose des vitesses modérées, favorisant une meilleure sécurité pour l'ensemble des usagers, y compris les piétons et cyclistes. Ainsi, le giratoire constitue une solution efficace pour gérer les intersections nécessitant à la fois fluidité, sécurité et continuité du trafic [10].

2. Étude du trafic

L'étude du trafic constitue une étape fondamentale pour dimensionner correctement l'aménagement projeté. Elle consiste à analyser les flux de circulation actuels ainsi que leur évolution prévisible à moyen et long terme. L'emplacement de notre aménagement se situe notamment dans une zone périurbaine caractérisée par la présence de pôles générateurs de trafic tels que établissements scolaires, infrastructures administratives, zones d'habitation et commerces. Notre route étant de type R à chaussée unique comportant 2 sens de circulations, avec une classe de trafic T2, l'aménagement d'un carrefour plan (ou toute les voies se croise au même niveau) s'avère être la meilleure option compte tenu de la distribution du trafic.

3. Conception géométrique du giratoire

- L'îlot central (R_g) constitue l'élément principal du giratoire et son dimensionnement influe directement sur le comportement des usagers ainsi que sur la sécurité de l'intersection. Ses dimensions sont déterminées en fonction de la catégorie du giratoire, du volume de trafic et du type de véhicules dominants notamment les poids lourds et les transports en commun.
- L'anneau circulatoire (C_a) représente la zone de roulement autour de l'îlot central. Sa largeur doit permettre une circulation fluide et sécurisée suivant le sens antihoraire, en tenant compte du nombre de voies, de la nature du trafic, ainsi que des exigences liées aux véhicules de grande dimension.
- Le dimensionnement se base aussi sur des rayons intérieurs (R_i) et extérieurs (R_e) adaptés, garantissant un espace suffisant pour les trajectoires de giration, notamment pour les poids lourds. Dans le cas des giratoires urbains, une seule voie de circulation est généralement privilégiée afin de limiter les conflits, tandis que les giratoires de grande capacité peuvent être multivoies, sous réserve d'une signalisation adaptée et d'une géométrie correctement étudiée.
- La conception géométrique d'un îlot séparateur vise à organiser et sécuriser les flux de circulation en séparant physiquement les voies et en guidant les trajectoires des véhicules. Son dimensionnement se fonde sur les normes routières, la vitesse de référence, la typologie du trafic et les contraintes du site. L'îlot doit garantir une visibilité optimale, favoriser la réduction de vitesse et assurer des conditions de circulation sûres pour tous les usagers, notamment aux abords des intersections et des passages piétons.
- Le drainage constitue un élément essentiel de la conception du giratoire, permettant d'assurer l'évacuation efficace des eaux pluviales et de préserver la durabilité de la chaussée. L'étude hydraulique détermine les pentes transversales et longitudinales nécessaires, ainsi que l'implantation des ouvrages d'assainissement tels que caniveaux, avaloirs et regards.

Les dimensions d'un carrefour giratoire doivent épouser parfaitement l'emprise disponible du terrain, la configuration transversale de la route principale et bien d'autres facteurs. Différents paramètres sont à prendre en compte pour bien réussir le dimensionnement de notre carrefour comme l'illustre le schémas ci-dessous [11] :

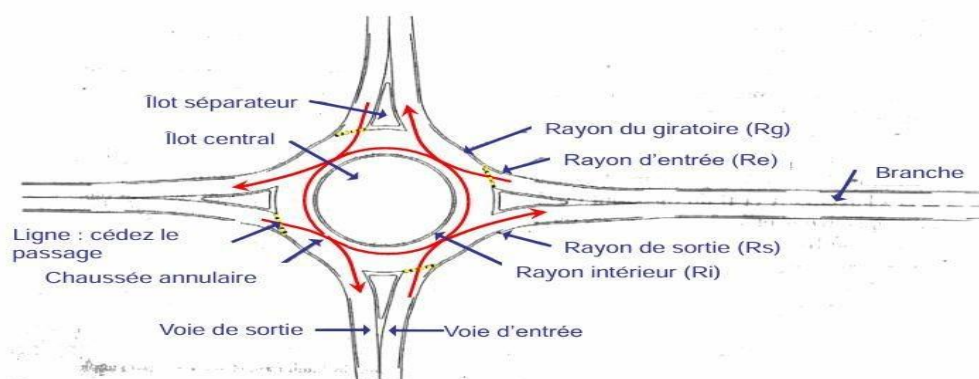


Figure 8 : Principaux éléments et paramètres du carrefour giratoire

4. Résultat de la conception géométrique du giratoire

Dans le cadre de notre projet, un rayon de giration (R_g) sera égal à 15m car nous sommes sur une chaussée unique à deux sens de circulation. Les spécifications géométriques de notre giratoire sont synthétisées dans le tableau ci-dessous [11]:

Tableau 28: Paramètres de construction d'un giratoire ($R_g=15m$)

	Notation	Paramétrage	Valeurs courantes en m
Rayon du giratoire	R_g	$12m \leq R_g \leq 25m$	15
Largeur de l'anneau	la	$6m \leq la \leq 9m$	7
Sur-largeur franchissable	slf	$1,5m$ si $R_g \leq 15m$	1,5
Rayon intérieur	R_i	$R_g - la - slf$	6,5
Rayon d'entrée	R_e	$10m \leq R_e \leq 15m$ et $\leq R_g$	15
Largeur de la voie entrante	le	$le = 4m$	4
Rayon de sortie	R_s	$15m \leq R_s \leq 30m$ et $> R_i$	20
Largeur de la voie sortante	ls	$4m \leq ls \leq 5m$	4
Rayon de raccordement	R_r	$R_r = 4R_g$	60

Source : Aménagement des carrefours interurbain

Un ilot est un aménagement central ou latéral généralement surélevé, implanté dans la chaussée afin d'organiser, canaliser ou sécuriser les mouvements de circulation.

L'ilot séparateur dans un carrefour giratoire présente généralement une forme triangulaire évasée à la base et est conçu selon un triangle de référence. Ses dimensions géométriques dépendent du rayon de giration ($R_g=15m$) et sont listées dans le tableau ci-dessous [11] :

Tableau 29 : Paramètres de construction des ilots séparateurs

	Notation	Paramétrage	Valeurs courantes en m
Rayon du giratoire	Rg		15
Hauteur du triangle de construction	H	$H = Rg$	15
Base du triangle de construction	B	$B = Rg / 4$	3,75
Départ de l'îlot sur l'axe	d	$d = (0,5 + Rg/50)/2$ ou 0	0,4
Rayon de raccordement des bordures	r	$r = Rg / 50$	0,3

Source : Aménagement des carrefours interurbain

La figure ci-dessous nous montre un aperçu de l'aménagement de notre giratoire :

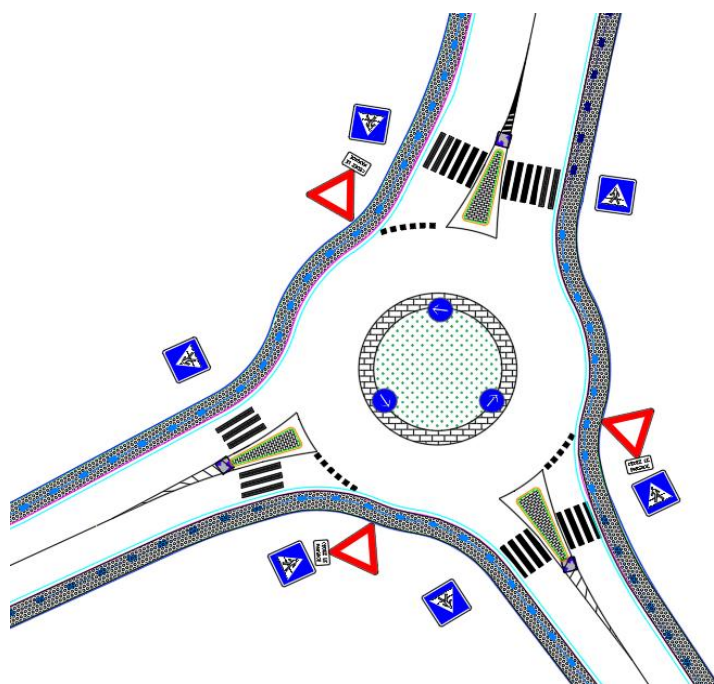


Figure 9 : Aménagement du giratoire au début du tronçon

Les détails de construction du giratoire de notre projet seront présentés en annexe IV.

5. Aménagement des amorces

Les amorces assurent une bonne transition vers la route principale. Le rayon de raccordement, généralement fixé à 8 mètres, vise à faciliter les manœuvres des véhicules mais peut toutefois être modifié selon les contraintes du terrain. Les principales caractéristiques géométriques de nos amorces sont :

- Largeur de chaussée de 7 m
- Longueur maximale de 15 m

- Déclivité (pente) maximale de 10%

II. Signalisation, sécurité routière et éclairage public

La signalisation, la sécurité routière et l'éclairage constituent des éléments essentiels pour garantir la sûreté et la fluidité de la circulation sur une infrastructure routière. Ce chapitre présente les dispositions prévues pour assurer une signalisation conforme aux normes en vigueur, la mise en place d'équipements de sécurité adaptés, ainsi que l'installation d'un système d'éclairage efficace. L'ensemble de ces aménagements vise à améliorer la visibilité, prévenir les risques d'accidents et assurer le confort des usagers, de jour comme de nuit.

Définition de mots clé :

- **Candélabre :** un mat d'éclairage public destiné à supporter un ou plusieurs luminaires permettant d'éclairer la chaussée, les trottoirs ou les espaces publics.

1. La signalisation routière

La signalisation routière regroupe tous les dispositifs visuels placés sur ou autour de la route afin d'informer, guider et réglementer la circulation des usagers de la route. Elle constitue une valeur légale en cas de conflit entre les usagers ou l'administration. On distingue deux types de signalisations :

- La signalisation verticale (temporaire et définitive): panneaux de signalisation ;
- La signalisation horizontale : les différents marquages au sol.

a. La signalisation verticale

Il s'agit ici de l'ensemble des panneaux implantés le long de la chaussée. Elle assure la sécurité des usagers car elle permet la lecture claire et anticipée des conditions de la route telles que les déviations, la limitation de vitesse, la succession de virage, les dos d'âne etc. nous avons recensé au total 75 panneaux de signalisation définitives. Le tableau suivant regroupe quelques types de panneaux qui seront observer pendant (signalisation temporaire) et à la fin des travaux (signalisation définitive) [12].

Un tableau récapitulatif des signalisations verticales liées au projet, sera présenté en détails en Annexe IV.

b. La signalisation horizontale

Elle regroupe l'ensemble des marquages appliqués sur la chaussée et ses abords. Ces marquages sont réalisés grâce à une peinture routière rétro-réfléchissante afin d'assurer leurs visibilités de jour comme de nuit. Notre projet présente principalement :

- Les lignes au sol dans le sens de la route (marquage axial et de rive) ;
- Les passages piétons à chaque intersection et au niveau du giratoire
- Le cédez le passage notamment au niveau du giratoire.

Dans le cadre de notre projet (route de type 1 fois 2 voies) et surtout pour la partie hors agglomération, cette configuration pour le marquage au sol serait une option adapter [13] :



Figure 10 : Route à 2 voies en rase campagne

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « u » qui varie selon le type de route :

- $u = 7,5$ cm pour les autoroutes et les routes à 4 voies de rase campagne
- $u = 6$ cm pour les routes importantes
- $u = 5$ cm sur toutes les autres routes

Alors dans le cadre du projet nous aurons $u = 5$ cm

Les détails des différents types de marquages que doit comporter la signalisation horizontale liée à notre projet sont présentés en Annexe IV.

2. La sécurité routière

Elle regroupe l'ensemble des mesures, dispositifs et aménagements destinés à prévenir les accidents de la route et à protéger les usagers. Elle vise à garantir des conditions de circulation sûres, confortables et adaptées à tous types d'usagers (piétons, cycliste et automobilistes) entre

autre grâce aux ralentisseurs type dos d'âne et ou les feux tricolores et tous dispositifs relatif à la sécurité des usagers de la route.

3. Eclairage public

Il a pour objectif principal d'améliorer la visibilité des usagers de la route, réduire les risques d'accident et favoriser la sécurité, notamment des piétons, durant la nuit. Il regroupe l'ensemble des installations destinées à éclairer les voies, les carrefours, les zones piétonnes afin de réduire les risques d'accidents.

Il existe quatre principaux types d'implantations selon le guide technique module 3 éclairage public [14]:

- Implantation unilatérale : les luminaires sont implantés sur un seul côté de la route. Recommandé pour les chaussées simples à double sens de circulation, dans le cas où la largeur de la chaussée est proche ou inférieur à la hauteur des candélabres.
- Implantation bilatérale vis-à-vis : les luminaires sont implantés des deux côtés de la route et en opposition. Utiliser sur les chaussées simples à double sens de circulation, lorsque la largeur de la route est supérieure à 1,5 fois la hauteur des candélabres.
- Implantation bilatérale en quinconce : les luminaires sont situés de chaque côté de la route en implantation alternée ou zigzag. Recommandé pour les chaussées simples à double sens de circulation dont la largeur des voies est inférieure à 1,5 fois la hauteur du feu.
- Implantation axiale (rétro-bilatérale) : les luminaires sont implantés au-dessus de la zone centrale. Recommandé pour les chaussées double à deux sens de circulation.

La figure ci-dessous illustre la compréhension des implantations :

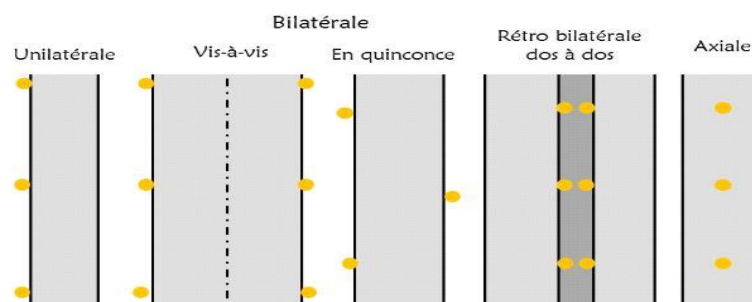


Figure 11 : Principaux types d'implantation des dispositifs d'éclairage

Notre choix ici sera l'implantation unilatérale car cette installation est couramment utilisée pour l'éclairage d'une route à chaussée simple à double sens de circulation et s'avère être plus économique [14].

Calcul des inter-distances et hauteur des candélabres

Pour les inter-distances entre les candélabres nous avons [14]:

$$3,5 \times H \leq d \leq 4 \times H$$

$$\text{Résultat : } 42\text{m} \leq d \leq 48\text{m}$$

On obtient alors $d = 45\text{m}$ comme inter-distance entre les candélabres sur tout le long du tronçon en agglomération (2099.62m), soient 47 candélabres à implantés sur le côté droit de la route avec des embases en guise de support, en béton dosé à 350 kg/m^3 de section $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$ et 1m de hauteur.

Pour une implantation unilatérale, la largeur de la chaussée est proche ou inférieur à la hauteur des candélabres [14] :

$$L \leq H$$

Pour une largeur de route = 12m, nous prendrons $H = 12\text{m}$ pour la hauteur des candélabres.

En résumé, la signalisation, la sécurité routière et l'éclairage public jouent un rôle primordial dans la qualité et la sûreté d'un aménagement routier. Une infrastructure bien signalée, sécurisée et correctement éclairée contribue à réduire les risques d'incident, à améliorer le confort des conducteurs et à assurer un usage durable et efficace de la route.

Chapitre VI : Principaux impacts et mesures environnementales et sociales du projet

Ce chapitre présente les principaux impacts et les mesures environnementales et sociales mises en place dans le cadre du projet afin de minimiser les impacts négatifs sur l'environnement et la population. Il s'agit d'actions préventives, correctives et compensatoires visant à assurer la durabilité du projet, la protection des ressources naturelles, ainsi que le bien-être des communautés locales.

I. Impacts potentiels, risques et mesures environnementales et sociales

L'analyse des impacts environnementaux et sociaux constitue une étape essentielle dans l'évaluation d'un projet routier. Elle permet d'identifier les effets potentiels du projet sur le milieu biophysique, humain et socio-économique, aussi bien durant la phase de construction que d'exploitation. Cette démarche vise non seulement à mettre en évidence les impacts positifs contribuant au développement local, mais aussi à recenser les impacts négatifs susceptibles d'affecter l'environnement, la sécurité, la santé et les conditions de vie des populations. À partir de cette analyse, des mesures d'atténuation, de compensation ou d'amélioration sont proposées afin d'assurer la durabilité du projet et sa conformité avec les exigences environnementales et sociales en vigueur au Burkina Faso.

Les tableaux suivants présenteront les potentiels risques, impacts et mesures environnementales appliquées sur le milieu biophysique aussi bien que sur le milieu humain et socio-économique notamment en agglomération soit sur un linéaire de 2099 km.

Tableau 30 : potentiels impacts et mesures sur le milieu biophysique et sur le milieu humain et socio-économique

Les potentiels impacts et mesures environnementales et social sur le milieu Biophysique

	Faune	Flore	Sur le Sol	Les eaux de surfaces	Les eaux souterraines	Qualité de l'air	Ambiance sonore et vibration
Impacts négatifs	-Risque de mortalité animale (collision avec les engins et véhicules du chantier pendant les travaux). -Destruction d'habitat faunique due à l'abattage d'arbres dans l'emprise.	-Destruction de 50 arbres dans l'emprise de la route.	-Pollution du sol due au rejet de déchets solides de chantier et aussi de déchets domestiques.	-Contamination de l'eau de surface par ruissellement des pluies due au non traitement des huiles usées et hydrocarbures. -Réduction de la quantité des eaux de surfaces due contraintes liées à la réalisation du projet.	-Pollution des eaux souterraines essentiellement causé par le carburants ou lubrifiants utilisés par les engins de chantier causant ainsi une infiltration au sol jusqu'à la nappe phréatique.	-Dégradation temporaire de la qualité de l'air due au soulèvement de poussière issue des travaux de fouilles, de terrassement, de déblais et remblais et à la circulation des engins et véhicules sur le chantier. - Emission de gaz polluant.	-Augmentation du niveau sonore et des vibrations due aux différents travaux liés à la réalisation du projet (compactages, terrassement, remblais, déblais, etc.)

Mesures d'atténuations/ bonifications	-Limitation de la vitesse de circulation à 30 km/h sur le chantier et voies d'accès aux zones d'emprunts.	-Respect de l'emprise utile des travaux par l'entreprise afin d'éviter des abattages anarchiques.	-Collecte des déchets solides et liquides issues du chantier en fonction de leur nature et leur enlèvement et traitement à travers des structures agréées.	-Collecte des déchets solides et liquides issues du chantier en fonction de leur nature et leur enlèvement pour traitement.	-Collecte des déchets solides et liquides issues du chantier en fonction de leur nature et leur enlèvement et traitement à travers des structures agréées.	-Arrosage régulier de l'emprise des travaux, des déviations et des pistes d'accès aux zones d'emprunts la zone de travaux.	-Règlementation sur les heures de travaux Utilisation d'engins et véhicules en bon état de fonctionnement neuves.
		-Réalisation de l'inventaire des arbres à abattre dans l'emprise des travaux par la direction provinciale de l'environnement .	-Entretien des véhicules et engins de chantier sur des aires bétonnées. -Récupération des eaux usées dans des bacs de retentions pour décantation et réutilisation.	-Entretien des véhicules et engins de chantier sur des aires bétonnées. -Récupération des eaux usées dans des bacs de retentions pour décantation et réutilisation. -Eviter le lavage des véhicules et engins à proximité d'un cour d'eau.	- Entretien des véhicules et engins de chantier sur des aires bétonnées. -Récupération des eaux usées dans des bacs de retentions pour décantation et réutilisation.	-Utilisation d'engins et véhicules en bon état de fonctionnement neuves. -Port de masque anti-poussière par le personnel. -Limitation de la vitesse de circulation à 30 km/h sur le chantier. -Entretien périodique de tous les engins et véhicules du chantier.	-Entretien périodique de tous les engins et véhicules du chantier.

Les potentiels impacts et mesures environnementales et social sur le milieu Humain et socio-économique

	Infrastructures et biens des populations	Emploie	Santé	Sécurité	Circulation et transport	Activités économique	Us et coutumes
Impacts positif	-Aménagement d'infrastructures et biens de meilleurs standing le long du tronçon de la route	-Création d'emplois temporaire due au recrutement de la main d'œuvre pour les travaux.	-Accès facilité aux centres de santé et services sociaux. -Réduction des maladies respiratoires due au bitumage de la route	-Réduction d'accidents de circulation due à l'existence du tronçon de route bitumé. -Augmentation de la sécurité routière la nuit due à l'éclairage du tronçon de la route aménager.	-Amélioration durable de la mobilité et désenclavement des localités. -Facilitation de la circulation due au bitumage du tronçon de la route	Redynamisation de l'économie locale (commerce, transport, agriculture). -Valorisation du foncier à proximité de l'axe routier.	
Impacts négatifs	-Pertes de cinq (5) infrastructures commerciales (hangars)		-Propagation et contamination d'infections sexuellement transmissibles (IST), VIH/SIDA. -Risque de grossesses non désirées. -Accident de travail.	-Risques d'accidents liés à la circulation des engins et véhicules du chantier, au non-respect des consignes sécuritaires, au non-respect du code de la route et au excès de vitesse.	-Risques d'accidents liés à la circulation des engins et véhicules du chantier, au non-respect du code de la route et au excès de vitesse. -Perturbation temporaire de la circulation sur le tronçon de la route.	-Perturbation temporaires des activités économique génératrices de revenu le long du tronçon. -Pertes définitives de 5 hangars dans l'emprise des travaux.	-Risque de conflits entre la population locale et les travailleurs due au non-respect des us et coutumes locaux.

Mesures d'atténuations/ bonifications	-Mise en œuvre des mesures de compensation pour la perte des cinq (5) hangars. -Information et consultation des autorités administratives locales avant le démarrage des travaux. -Réparation en cas de destruction accidentelle de biens par l'entreprise. -Respect de l'emprise utile définie pour les travaux. -Réparation rapide de tout réseau perturbé (eau, électricité, télécommunications).	-Respect du code du travail du Burkina Faso. -Formation et intégration de la main d'œuvre local non qualifié.	-Sensibilisation du personnel du chantier et des populations riveraines sur les IST, le VIH/SIDA et les grossesses non désirées. -Arrosage régulier de l'emprise des travaux, des déviations et des voies d'accès aux zones d'emprunts. -Dotation du personnel de chantier en EPI. -Visite médical annuel de tout le personnel du chantier.	-Mettre en place une signalisation claire du chantier : panneaux, rubans. -Limitation de la vitesse de circulation à 30 km/h sur le chantier et voies d'accès aux zones d'emprunts. -Prévoir des déviations sécurisées pour les usagers durant les travaux. -Faciliter les accès des populations riveraines à leur domicile et services. -Équiper les travailleurs de protections individuelles (EPI)	-Réalisation de campagne de sensibilisation sur la sécurité routière. -Respect du code de la route par le personnel du chantier. -Limitation de la vitesse de circulation à 30 km/h sur le chantier et voies d'accès aux zones d'emprunts et selon la réglementation en vigueur	-Recrutement prioritaire de la main d'œuvre local. -Prioriser les prestataires locaux dans l'acquisition des biens et services connexes.	-Sensibilisation du personnel de chantier au respect des us et coutumes locaux. -Mettre en place un mécanisme simple de plaintes et de gestion des conflits.
---------------------------------------	--	--	--	---	---	---	---

CHAPITRE VII : devis quantitatif et estimatif

L'analyse financière d'un projet routier joue un rôle essentiel dans le processus de décision, car elle permet au maître d'ouvrage et aux bailleurs de fonds d'apprécier la viabilité économique du projet dès la phase d'avant-projet sommaire (APS). Pour ce faire, l'ingénieur en génie civil doit adopter des choix techniques rationnels et économiquement justifiés, tant lors des études que pendant l'exécution des travaux. Le devis estimatif et quantitatif est établi à partir d'un avant métré, qui recense et mesure les différents éléments de l'ouvrage. En y appliquant les prix unitaires appropriés, on obtient une estimation du coût total du projet, servant de référence pour la planification, la négociation et le suivi financier.

I. Avant métré

L'avant métré sert de base à l'élaboration du devis estimatif et quantitatif car il permet de calculer les quantités de travaux nécessaires pour la réalisation du projet. Il est organisé en plusieurs groupes de tâches à savoir : L'installation et le repli du chantier ; Les travaux préparatoires ; Le terrassement ; La réalisation de la chaussée et son revêtement ; L'assainissement de la route ; Les signalisations la sécurité et l'éclairage ; Les mesures environnementales et sociales.

1. L'installation et le repli du chantier

Elle consiste à la mise en place et au retrait, une fois les travaux terminés, des moyens matériels, humains et logistiques par l'entreprise chargée de l'exécution et la mission de contrôle. Il comprend notamment :

- La mise en place des bases de vies (bureaux, magasins, sanitaires, etc.) ;
- La délimitation et la signalisation temporaire du chantier (panneaux de déviations, rubans, barrières, etc.) ;
- La réalisation d'une centrale à béton ;

2. Les travaux préparatoires

Cette partie constitue la première phase de l'exécution d'un projet de construction. Elle comprend généralement :

- Le décapage des terres végétales et le nettoyage de l'emprise ;
- L'abattage des grands arbres présents sur l'emprise ;

- La démolition des ouvrages existant endommagés ;

3. Le terrassement

C'est l'ensemble des modifications de la configuration naturelle du terrain afin d'obtenir les formes et niveaux prévus dans la conception du projet. Les travaux de terrassement comprennent généralement :

- Les purges et substitutions des sols de mauvaise qualité ;
- Les déblais ;
- Les remblais provenant des sites d'emprunt ou des déblais ;

4. La réalisation de la chaussée et son revêtement

C'est l'exécution des différentes couches qui constituent la structure portante de la route obtenue à la fin du dimensionnement sur Alize. Elle comprend entre autre :

- La fourniture et la mise en œuvre de la couche de fondation en graveleux latéritique naturelle (ép. =20cm) ;
- La fourniture et la mise en œuvre de la couche de base en graveleux latéritique amélioré au ciment (ép. =20cm) ;
- L'application d'une couche d'accrochage à émulsion de bitume (Cut Back 0/1) ;
- Fourniture et mise en œuvre de la couche de roulement en béton bitumineux (ép. =5cm) ;

5. L'Assainissement routier

Elle regroupe l'ensemble des dispositifs et travaux destinés à l'évacuation des eaux de ruissellement afin d'assurer la protection de la chaussée et ses abords. Les tâches à réaliser ici sont les suivantes :

- La réalisation des fossés ;
- Les fouilles et la réalisation des caniveaux ;
- La réalisation des ouvrages transversaux ;

6. Les signalisations, la sécurité et l'éclairage

Cette partie constitue un élément essentiel dans un projet routier car elle assure la sécurité des usagers lors de la mise en service, ainsi que la bonne exploitation de la route. Elle comprend essentiellement :

- La réalisation des marquages au sol ;
- La fourniture et pose des panneaux de signalisation et feux tricolores ;
- La fourniture et pose des poteaux d'éclairages ;

7. Les mesures environnementales et sociales

Elles visent à réduire les impacts négatif d'un projet routier sur l'environnement et sur la population locale et aussi à leur sensibilisation. Elle comprend entre autre :

- La restauration du paysage et la replantation des arbres après les travaux ;
- La sensibilisation sur les IST etc.

II. Devis estimatif du projet

L'estimation du coût global des différents travaux réalisés sur le tronçon a été déterminé à partir de [15], spécifiquement dédiée aux routes bitumées. Les résultats obtenus sont synthétisés dans le tableau ci-après et présentés de façon détaillée en Annexe VI.

Tableau 31 : Récapitulatif du devis estimatif du projet

Devis quantitatif et estimatif des aménagement prévus		
N° de prix	désignations	montant total
100	Installation et repli de chantier	160 000 000
200	Travaux préparatoires	342 917 750
300	Terrassement	872 682 772
400	Chaussée et revêtement	2 125 132 447
500	Assainissement routier	1 483 177 520
600	Signalisation-Sécurité-Eclairage	140 883 414
700	Mesures environnementales et sociales	52 000 000
I	Total HT	5 176 793 903
II	TVA (18%)	931 822 903
III	Total général TTC	6 108 616 806
IV	Cout moyen kilométrique TTC	607 037 345

Ce chapitre nous a permis quantifier et estimer l'ensemble des prestations nécessaire à la réalisation du projet. Le montant total des travaux d'aménagement et de bitumage de notre tronçon s'élève à six milliards cent huit millions six cent seize mille huit cent six (6 108 616 806) francs CFA toutes taxes comprises, correspondant à un cout moyen kilométrique de six cent sept million trente-sept mille trois cent quarante-cinq (607 037 345) francs CFA TTC.

CONCLUSION

Le présent mémoire avait pour objectif principale de mener une étude technique complète en vue de l'aménagement et du bitumage de la route régionale RR29 cas du tronçon Safané – Tienzan, dans la région de la boucle du Mouhoun. L'analyse de l'état des lieux a mis en évidence les insuffisances de la chaussée existante et la nécessité d'une intervention durable pour assurer la continuité et la sécurité du trafic.

Les études menées ont permis de définir une conception géométrique conforme aux normes en vigueur, les profils en plan, en long et en travers ont été établis de manière à garantir le confort des usagers, une bonne visibilité et une gestion optimale des terrassements

Le dimensionnement de la structure de chaussée souple basé sur les méthodes CEBTP et LCPC, a conduit à une chaussée adaptée à un trafic T2 et une plateforme de classe S4, tout en mettant en évidence la nécessité d'une amélioration au ciment de la couche de base afin d'atteindre les performances mécaniques requises.

Les études hydrologiques et hydrauliques ont permis d'estimer les débits de projet à partir de méthodes empiriques adaptées aux différents bassins versants concernés et ainsi dimensionner les ouvrages d'assainissement.

Les propositions d'aménagement routier, de signalisation, de sécurité routière et d'éclairage public visent à améliorer la sécurité et la lisibilité de l'axe routier par les usagers notamment en agglomération.

Par ailleurs l'analyse des impacts environnementaux et sociaux a permis d'identifier les principaux risques liés au projet et de proposer des mesure d'atténuation conformes aux exigences, favorisant une intégration harmonieuse de l'infrastructure dans son milieu.

Enfin, l'établissement du devis quantitatif et estimatif a permis d'évaluer le cout global du projet à hauteur de **6 108 616 806 francs CFA TTC**.

Malgré les résultats satisfaisant obtenus, certaines limites subsistent, notamment l'indisponibilité de données géotechniques et aussi une actualisation des données pluviométriques indispensables à la détermination des débits de projet.

Ce travail constitue une contribution technique à l'amélioration du réseau routier régional du Burkina Faso et met en évidence le rôle majeur de l'ingénieur civil dans le développement durable et le désenclavement des territoires.

RECOMMANDATIONS

Afin d'assurer la durabilité et le bon fonctionnement de la route dans le temps, il est recommandé à l'entreprise chargée des travaux de :

- Contrôler la qualité des matériaux au laboratoire avant leur mise en œuvre ;
- Assurer le suivi rigoureux de l'exécution des travaux tout au long du chantier ;
- Mettre en place un entretien périodique de la chaussée et des ouvrages hydrauliques afin de garantir leur durabilité ;
- Installer des dispositifs de sécurité routière conforme aux normes ;
- Renforcer la sensibilisation des usagers et des populations au respect du code de la route.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] « TDR_Boromo-Safané-Lanfiéra ».
- [2] « aménagement des routes principales ARP ».
- [3] « Guide_pratique_dimensionnement ».
- [4] « catalogue de structures de chaussées neuves et de dimensionnement des chaussées au senegal_compress ».
- [5] *Crues et apports: manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1996.
- [6] « Hydraulique Routière BCEOM ».
- [7] « cieh pluie durée fréquence ».
- [8] « fascicule_61_titre_ii_cpc_1971_charges_et_epreuves_des_ponts-routes_cle289a28 ».
- [9] « Béton Armé Bael 91 Modif 99 ».
- [10] « guide-des-carrefours-urbains ».
- [11] « aménagement des carrefours interurbains ».
- [12] « TOUS LES PANNEAUX ».
- [13] « IISR_7eme_partie_Marquage sur chaussée ».
- [14] « guide technique module 3 éclairage public ».
- [15] « MERCURIALE_2025_OUAGADOUGOU ».

ANNEXES

Annexe I : CONCEPTION GEOMETRIQUE DE LA CHAUSSEE	2
Annexe II : ASSAINISSEMENT DE LA ROUTE	1
Annexe III : DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DES OUVRAGES HYDRAULIQUES.....	30
Annexe IV : AMÉNAGEMENT, SÉCURITE ROUTIÈRE, ÉCLAIRAGE ET SIGNALISATION.....	62
Annexe V : PRINCIPAUX IMPACT ET MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES DU PROJET.....	77
Annexe VI : DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF	83
Annexe VII : LISTING DE LA CONCEPTION GEOMETRIQUE.....	88

Annexe I : CONCEPTION GEOMETRIQUE DE LA CHAUSSEE

1. Tracé de l'axe

Tableau : valeur des rayons du tracé en plan

Catégorie de routes	R60	T100
Rayon minimal Rm (m)	120	425
Rayon non déversé Rnd (m)	600	1300
Rayon au devers minimal Rdm (m)	450	900

Source : Aménagement des routes principales (ARP)

2. Profil en long

Tableau : valeurs des rayons du profil en long

Catégorie de routes	R60	T100
Déclivité maximale	7%	5%
Rayon minimal en angle saillant (m)	1500	6000
Rayon minimal en angle rentrant (m)	1500	3000

Source : Aménagement des routes principales (ARP)

I. Données structurales et fonctionnelles de la chaussée

 Valeur du CAM

Le tableau ci-dessous nous présente les valeurs de CAM

Types de structures	CAM
Chaussées souples	0,8
Chaussées neuves semi rigides	1,3
Renforcements bitumineux de chaussées souples	0,8
Chaussées neuves bitumineuse épaisses	1
Renforcements semi-rigides de chaussées souples	0,5
Chaussée en béton	1,3
Chaussée en béton armé continu	Non disponible

Source : norme NF P 98-082

Le CAM pour les chaussées souples est de 0,8, cependant, suite au calcul du CAM réel de notre tronçon réalisé par la structure d'accueil en se basant sur le comptage et le pesage des poids lourds, nous avons comme résultat un CAM de 1 qui sera retenue pour le dimensionnement de la chaussée.

📊 Valeur du CRT (coefficient de répartition transversale)

Les coefficients appliqués au trafic sont :

- Pour les routes bitumées dont la largeur de la chaussée est inférieure à 5,5m, le coefficient de répartition transversale correspondant est égal à 1.
- Pour les routes dont la largeur bitumée est comprises en $5,5m < l < 6,5m$, le coefficient de répartition transversal correspondant est égal à 0,75.
- Pour les routes bidirectionnelles à 2 voies dont la largeur totale bitumée est au moins égale à 6,5m et lorsque la circulation est canalisée sur 2 voies, le trafic de la voie la plus chargée est considéré pour le dimensionnement.

Dans le cadre de notre projet, la largeur de la chaussée est supérieure à 6,5m mais nous opterons pour un CRT= 0,75 car dans le contexte africain, les poids lourds ont tendance à circuler au milieu de la voie.

📊 Calcul du TMJA de la voie la plus chargée

TMJA de la voie la plus chargée = TMJA dans les 2 sens x CRT

AN : TMJA = 95 PL x 0,75

TMJA de la voie la plus chargée = 71,25 PL
--

II. Dimensionnement structurel de la chaussée

Dans notre étude, deux méthodes de dimensionnement furent appliquées :

- La méthode Empirique
- La méthode Rationnelle

1. Dimensionnement par la méthode Empirique

a. Variantes de chaussée

Tableau : variantes des chaussées souples

Sol/Trafic	Couche	Variante 1	Variante 2	Variante 3
S4/T2	Revêtement	4 cm Enrobé Bicouche ou Tri-couche	4 cm Enrobé Bicouche ou Tri-couche	4 cm Enrobé Bicouche ou Tri-couche
S4/T2	Base	15 cm de graveleux latéritique naturel	15 cm de graveleux naturelle améliorée au ciment	15 cm de concassé 0/d
S4/T2	Fondation	20 cm de graveleux latéritique naturel	20 cm de graveleux latéritique naturel	20 cm de graveleux latéritique naturel

b. Choix de la variante et justifications

La variante 01 a été retenue principalement en raison de l'utilisation de matériaux locaux, facilement disponibles au Burkina Faso, ce qui contribue à optimiser les coûts du projet. Malgré la recommandation initiale d'un enduit superficiel bicouche sur toute la chaussée dans les termes de référence, l'évaluation technique a mis en évidence l'intérêt d'opter pour un béton bitumineux. Ce revêtement offre une performance supérieure face aux surcharges, dans un contexte où les véhicules lourds circulent souvent au-delà des charges réglementaires. Il résiste mieux aux fortes pluies propres à la zone du projet et limite ainsi les risques d'érosion, retarde l'apparition de certaines pathologies, tout en garantissant un meilleur confort de roulement. Cette option s'avère également pertinente compte tenu de l'irrégularité des travaux d'entretien routier en rase campagne, nécessitant un revêtement durable et moins exigeant en maintenance. En revanche, un enduit superficiel bicouche sera appliqué sur les accotements qui eux, supportent des charges plus faibles, solution techniquement suffisante et plus économique.

Tableau comparatif

	Enduit superficiel (ESU)	Béton bitumineux (BB)
Cout	Faible cout de construction (moins cher que le BB)	Cout élevé lié au bitume, les granulats et les engins de réalisation
Durée de vie	5 à 10 ans (selon le trafic et l'entretien)	15 à 20 ans voire plus avec un bon entretien
Complexité de réalisation	Réalisation simple nécessitant très peu de moyen sophistiqué	Nécessite centrale ou import d'enrobage, engins lourds et une main d'œuvre qualifiée

Adaptation au trafic	Traffic léger de type T1 ou T2	Mieux adapter au trafic lourd, de type T3, T4
Entretien	Fréquent (reprise local, reprise total)	Moins fréquent mais plus coûteux
Comportement climatique	Sensible aux températures élevées et aux fortes pluies (dégradation rapide)	Meilleure résistance à la chaleur et aux pluies
confort	Surface rugueuse	Surface lisse avec bonne adhérence
Sécurité	Bonne adhérence mais rugosité variable	Bonne adhérence, meilleure sécurité
Flexibilité économique	Convient aux budgets limités et projets en zones rurales	Adapté aux grands axes, zones urbaines et aux routes à fort trafic

2. Dimensionnement par la méthode rationnelle

En absence des données géotechniques, on retiendra la relation du catalogue Sénégal :

$$E(\text{MPa}) = 5 \times \text{CBR}$$

Avec un CBR pris à 20 pour une plateforme S4 dans le cas de notre projet, on a :

$$E(\text{MPa}) = 100$$

Tableau : classe de plateforme

Soit une plateforme de classe : **PF2**

D'après le CEBTP, les matériaux en couche de fondation et de base doivent avoir un CBR au moins égal à 30 et 80 respectivement. Ainsi nous avons comme valeur de module par couche :

Tableau :

Couche d'assise	Couche de base	Couche de fondation
Matériaux	Graveleux latéritique naturel	Graveleux latéritique naturel
Exigence définie par le CEBTP	80	30
CBR à 95% de l'OPM	Non déterminé	Non déterminé



Calculs des contraintes et déformations verticales

Selon la fiche méthode de dimensionnement du guide Sénégal 2015, la plateforme est le critère à vérifier pour les chaussées souples en graveleux latéritique naturel. Ainsi :

$$\epsilon_{z \text{ adm}} > \epsilon_{\text{calculé}}$$

La déformation en haut de la plateforme est donné par :

$$\epsilon_{z \text{ adm}} = A \times NE^{-0,222}$$

Avec $NE = NPL \times CAM$

$$NE = 561177,5193 \times 1 = 561177,5193 \text{ PL}$$

Avec : $A = 16\,000$ pour un trafic faible et $A = 12\,000$ pour un trafic fort. Notre projet présente un trafic fort car : **$NE (561177,52) > 250\,000$** .

$$AN: \epsilon_{z \text{ adm}} = 12000 \times (561177,52)^{-0,22}$$

$\epsilon_{z \text{ adm}} = 635,2 \mu\text{def}$
--

3. Vérification avec le logiciel Alize

a. Hypothèse de calcul

- Durée de vie : 15ans
- Moyenne journalière annuelle : 71,25
- Croissance du trafic : 5%
- CAM : 1

b. Paramètre des charges

- Jumelage standard français : 65KN
- Pression verticale : 0,6620 MPa
- Rayon de contact : 0,125 m
- Entraxe jumelage : 0,375 m

c. Qualité des matériaux

- Béton bitumineux avec pour valeur de température de référence de 30° ;
- Coefficient de poisson pour les couches liées : 0,35 ;
- Classe de plateforme S4 c'est à dire PF2 avec un module de 100MPa.

d. Natures des interfaces

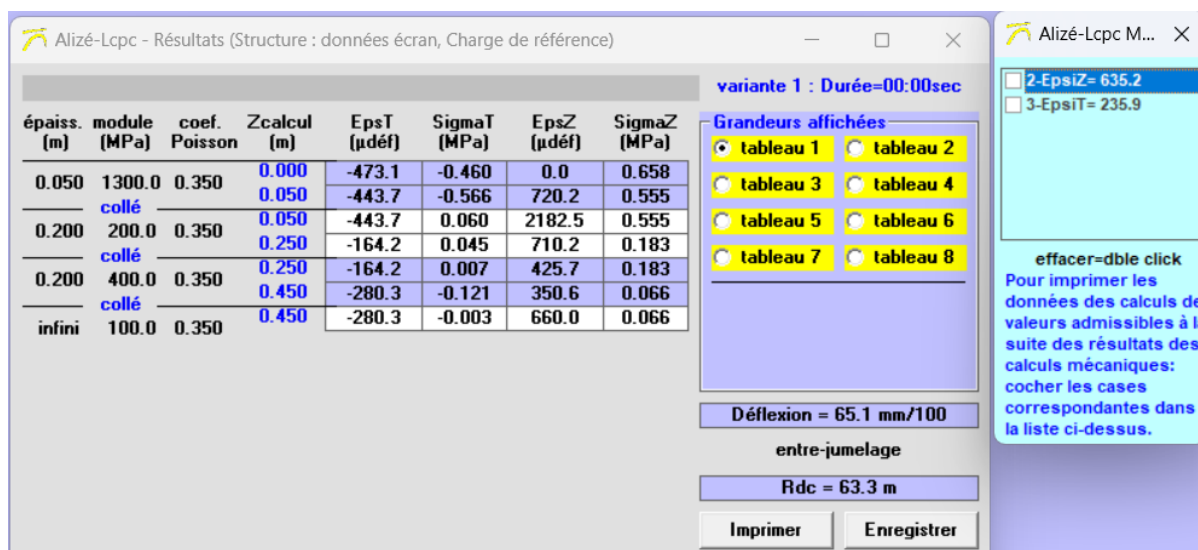
Tableau : natures des interfaces

Type d'interface	Nature d'interface
------------------	--------------------

BB/GNT ou GL ou EME	Collée
BB/Gla ou GC ou SC ou BQc	Collée
Base / Fondation des structures souples ou bitumineuse	Collée
Base / Fondation des structures semi-rigides	Semi-collée
BC5/BC2	Glissante
Fondation /plateforme	Collée

Source : Guide de dimensionnement des chaussées du Sénégal

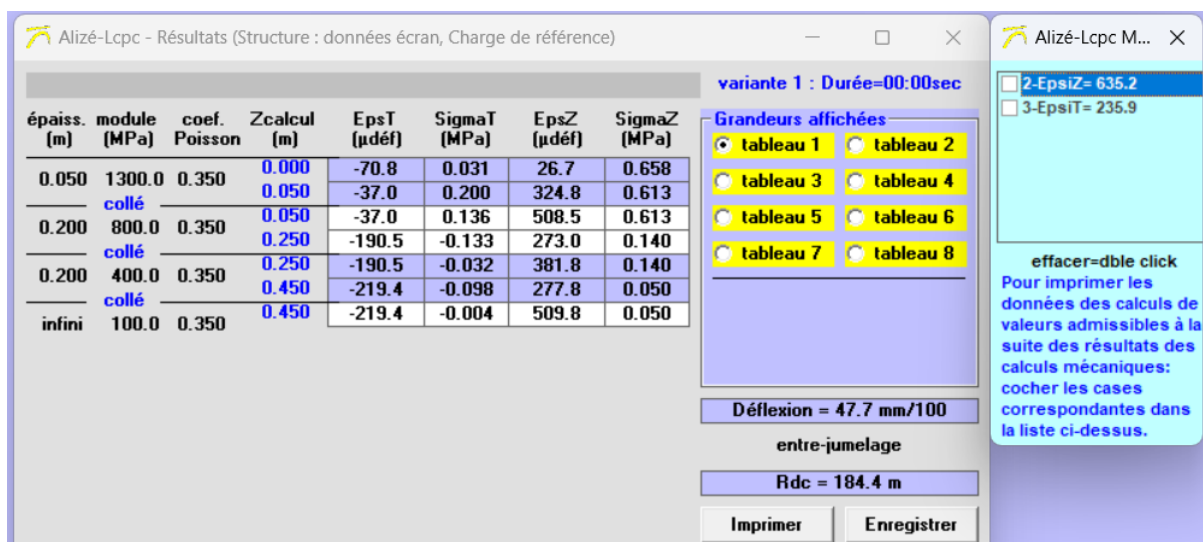
e. Résultats et interprétation



Les conditions de vérification de la chaussée souple en grave latéritique ne sont pas respectées. En effet, la contrainte à la base de la couche bitumineuse est supérieure à la valeur limite admissible, quant à la déformation verticale du sol support due aux charges qui lui sont appliquées, elle reste supérieure à la déformation admissible ce qui veut dire que les déformations sont contraignantes sous les couches de la chaussée. Pour pallier à cela, il est donc nécessaire de procéder à une amélioration au ciment de l'ordre de 2,5 ou 3% de la couche de base, afin d'atteindre les performances mécaniques attendues. Les valeurs minimales de dimensionnement des chaussées amélioré issus du catalogue du Sénégal seront retenus pour vérification en absence des résultats en laboratoire.

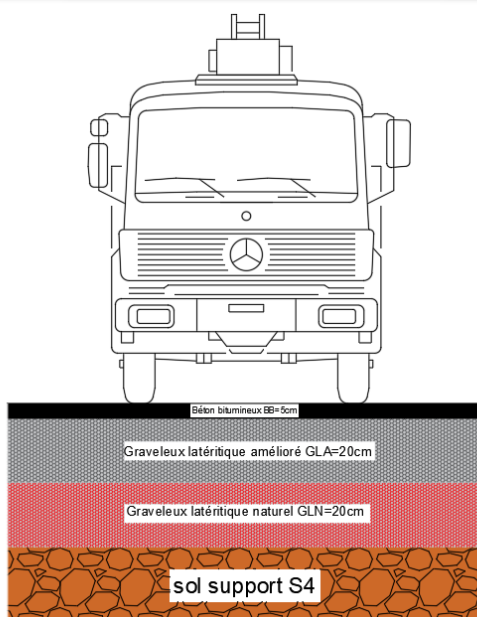
Tableau 18 - Caractéristiques de dimensionnement latérite non traitée et améliorée

Caractéristiques	Notations	GL1	GL2 ou GLIi	GLa
Module de la couche de fondation, MPa	E	2x module de la couche inférieure	2x module de la couche inférieure	800 MPa
Module de la couche de base, MPa		maxi 200 MPa	maxi 400 MPa	
Coefficient de Poisson	V	0.35	0.35	0.35



Les conditions de vérification de la chaussée souple avec couche de base améliorée au ciment sont respectées. Ici les contraintes et déformations sont tous inférieurs aux contraintes et déformations admissibles, ce qui témoigne d'une bonne résistance de la couche de revêtement face aux efforts mécaniques. La structure de chaussée retenue à l'issue du dimensionnement réalisé sur Alize se présente alors comme suit :

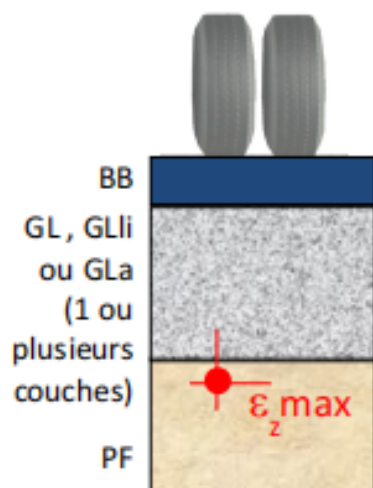
- 5 cm de béton bitumineux en couche de roulement ;
- 20 cm de graveleux latéritique amélioré au ciment en couche de base ;
- 20 cm de graveleux latéritique naturel en couche de fondation.





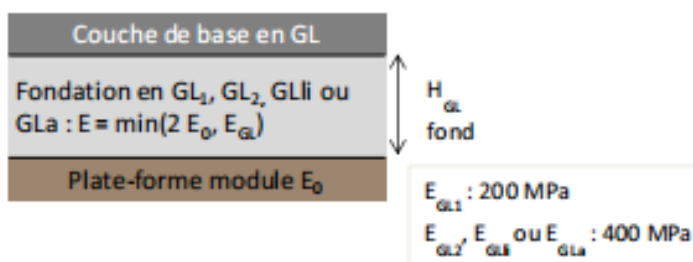
Calcul des chaussées souples en GL :

Mode d'endommagement : orniérage : déformation verticale irréversible des matériaux non traités

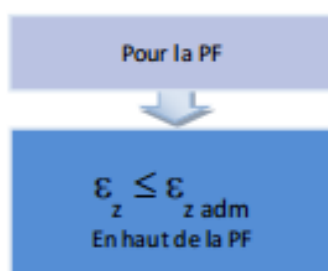


Création du modèle de la structure : GL/GL

- Trafic maximal des GL1 : Base : 150 PL/j
Fondation : 750 PL/j
- Trafic maximal des GL2, GLli et GLa : 750 PL/j
- Épaisseur minimale de couche de surface bitumineuse :
100 000 ≤ NE < 3. 10⁴ : 6cm 3. 10⁴ ≤ NE < 10. 10⁴ : 8cm
- Épaisseur de GL en couche de base définie forfaitairement par rapport au trafic :
 - 15 cm jusqu'à un trafic NE de 100 000 essieux
 - 20 cm au-delà
- Épaisseur de mise en œuvre : Couches de 10 à 30 cm
- Dimensionnement sur l'épaisseur de la GL de Fondation, avec :



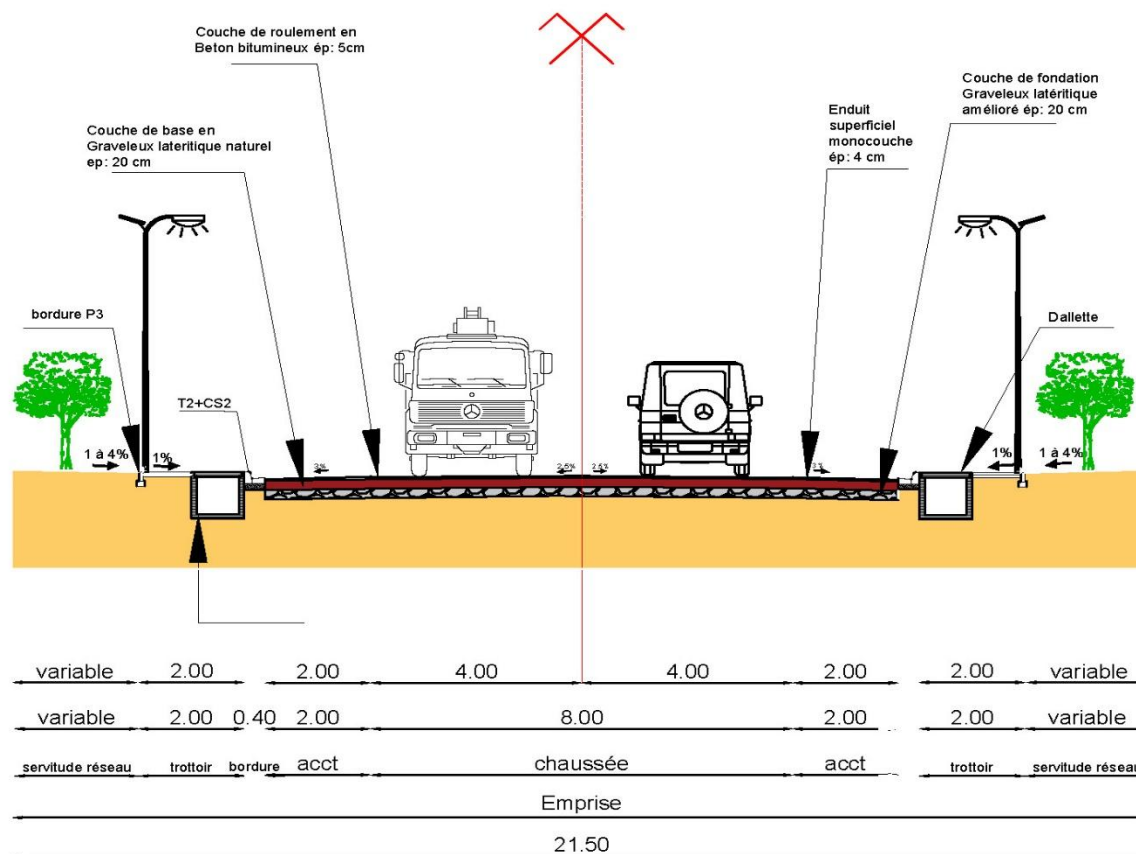
Critères à vérifier:

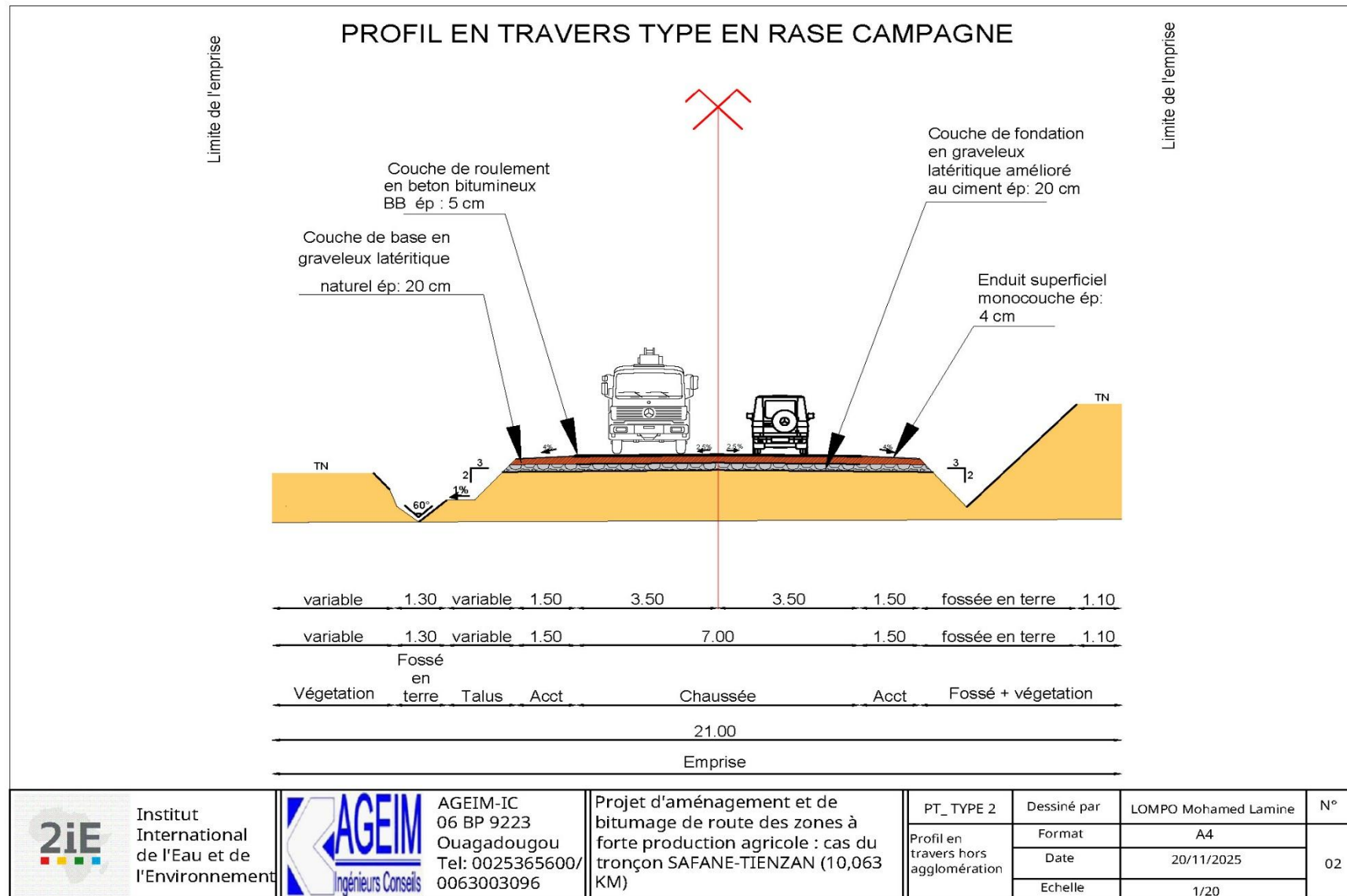


PLAN GEOMETRIQUE DU PROJET

- PROFIL EN TRAVERS TYPE**
- PROFIL EN TRAVERS COURANT**
- TRACE COMBINE**

PROFIL EN TRAVERS TYPE EN AGGLOMERATION





PROFIL EN TRAVERS COURANT

ROUTE 1X2 VOIES EN RASE CAMPAGNE

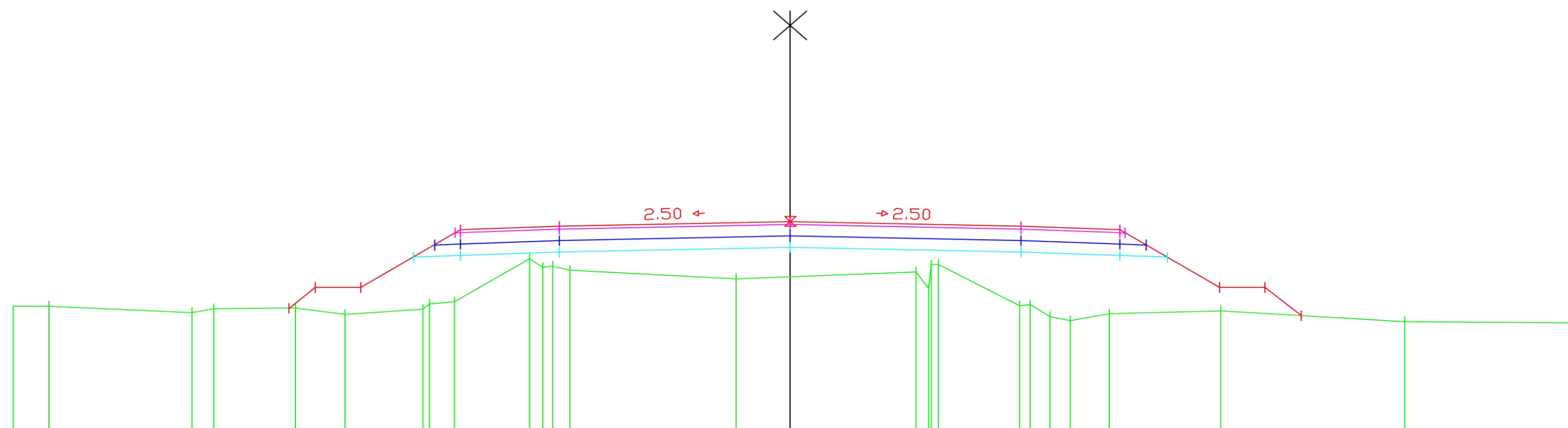
PROFIL 183

AXE1TR 3.PIS

S = 4860.000
 ZTN = 338.716
 ZPRO = 339.680

ECHS=1/ 100
 ECHZ=1/ 100
 PC = 336.0

LICENCE : 3958



TERRAIN	DISTANCES	-11.78 -11.24	-9.07 -8.74	-7.51 -6.76	-5.58 -5.47 -5.09	-3.96 -3.76 -3.60 -3.34	-0.82	1.91 2.09 2.13	3.47 3.64 3.94 4.25	4.84	6.52	9.32	11.93
	COTES	338.20 338.20	338.09 338.15	338.16 338.05	338.14 338.24 338.27	339.03 338.87 338.90 338.82	338.68	338.80 338.50 338.92	338.20 338.22 338.02 337.94	338.06	338.12	337.92	337.91
PROJET	DISTANCES		-7.61 -7.20	-6.51	-5.00	-3.50	0.00	3.50	5.00	6.51	7.20	7.75	
	COTES		338.16 338.53	338.53	339.53	339.59	339.68	339.59	339.53	338.53	338.53	338.03	
ASSISE	DISTANCES			-5.72 -5.00	-3.50	0.00	3.50	5.00	5.72				
	COTES			339.05 339.08	339.14	339.23	339.14	339.08	339.05				

 Institut International de l'Eau et de l'Environnement	 AGEIM-IC 06 BP 9223 Ouagadougou Tel: 0025365600/ 0063003096	Projet d'aménagement et de bitumage de route des zones à forte production agricole : cas du tronçon SAFANE-TIENZAN (10,063 KM)	PT_couant	Dessiné par	LOMPO Mohamed Lamine	N°
			Profil en travers courant en rase campagne	Format	A3	01
				Date	20/11/2025	
				Echelle	1/100	

PROFIL EN TRAVERS COURANT

ROUTE 1X2 VOIES EN RASE CAMPAGNE

PROFIL 190

AXE1TR 3.PIS

S = 5070.000

ZTN = 340.726

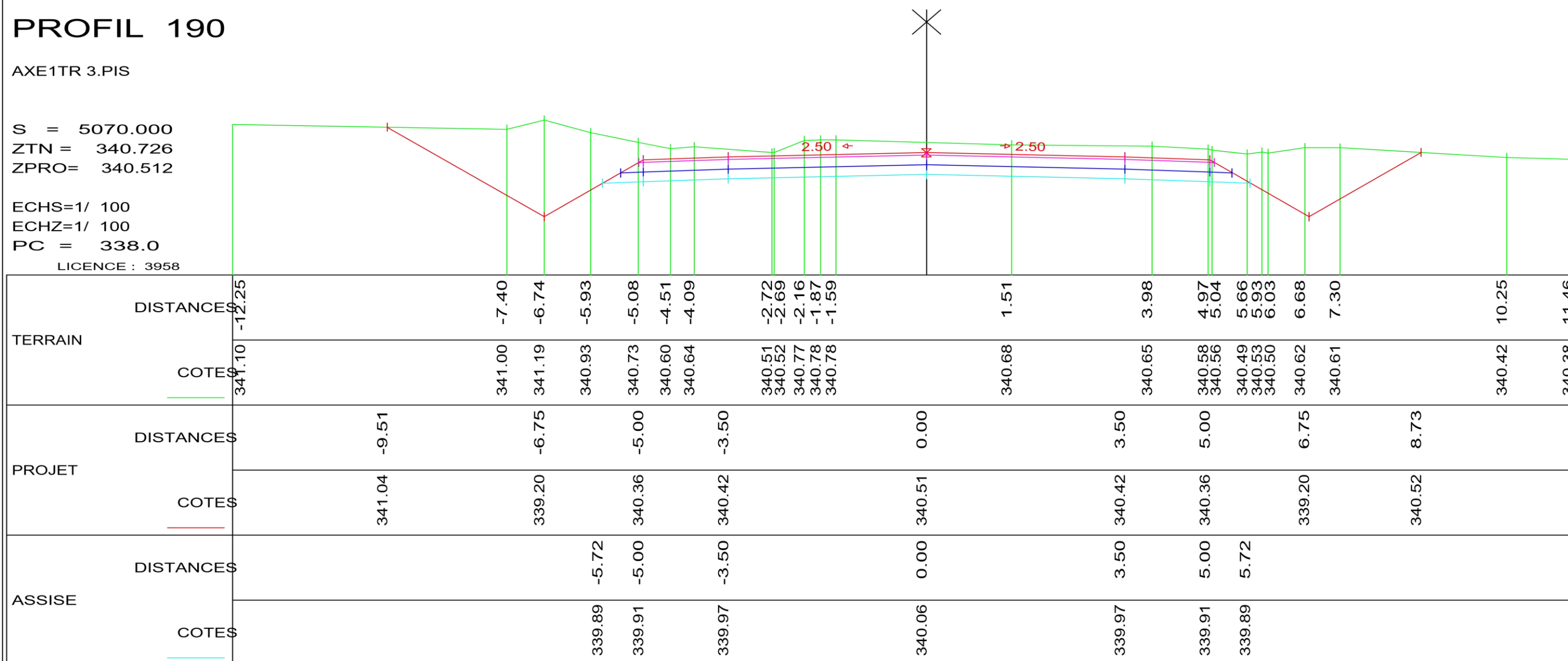
ZPRO= 340.512

ECHS=1/ 100

ECHZ=1/ 100

PC = 338.0

LICENCE : 3958



PROFIL EN TRAVERS COURANT

ROUTE 1X2 VOIES EN AGGLOMÉRATION

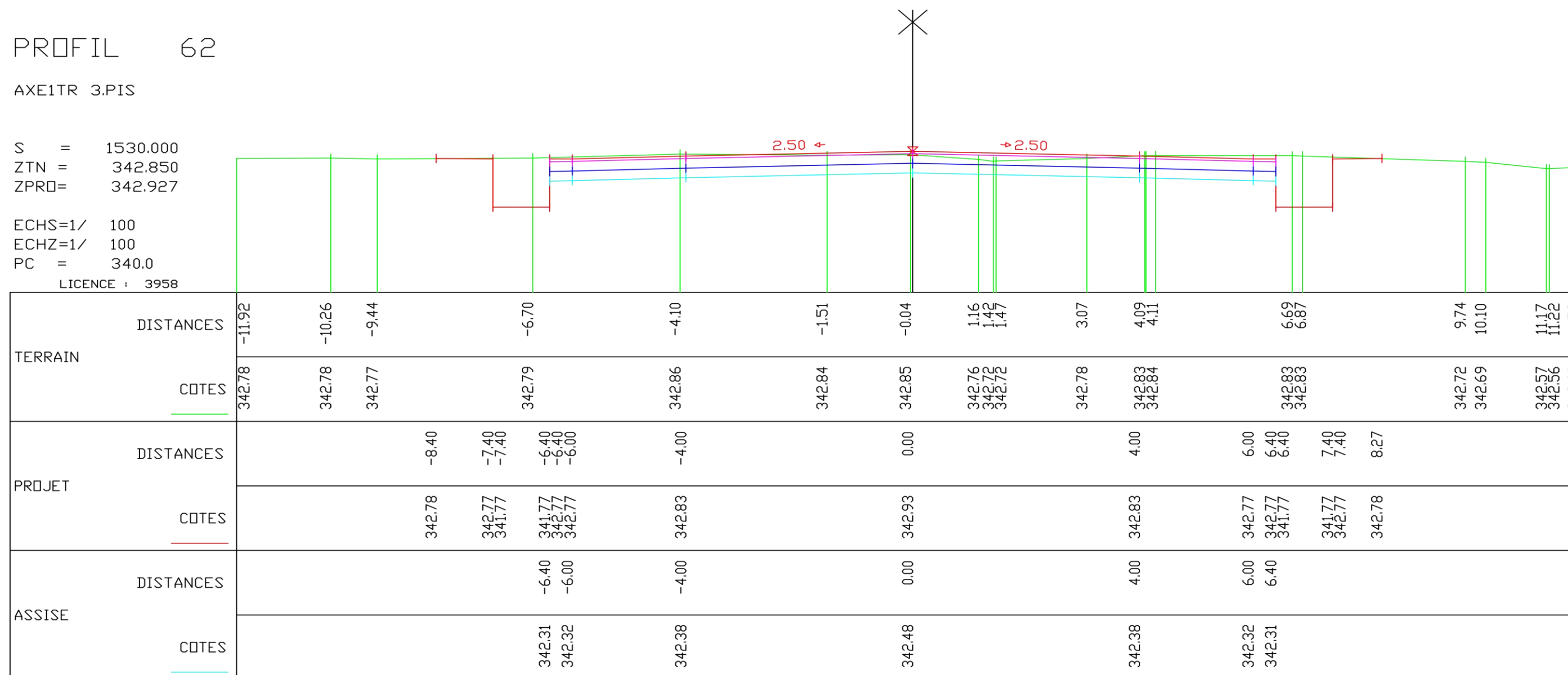
PROFIL 62

AXE1TR 3.PIS

S = 1530.000
ZTN = 342.850
ZPRD = 342.927

ECHS=1/ 100
ECHZ=1/ 100
PC = 340.0

LICENCE : 3958



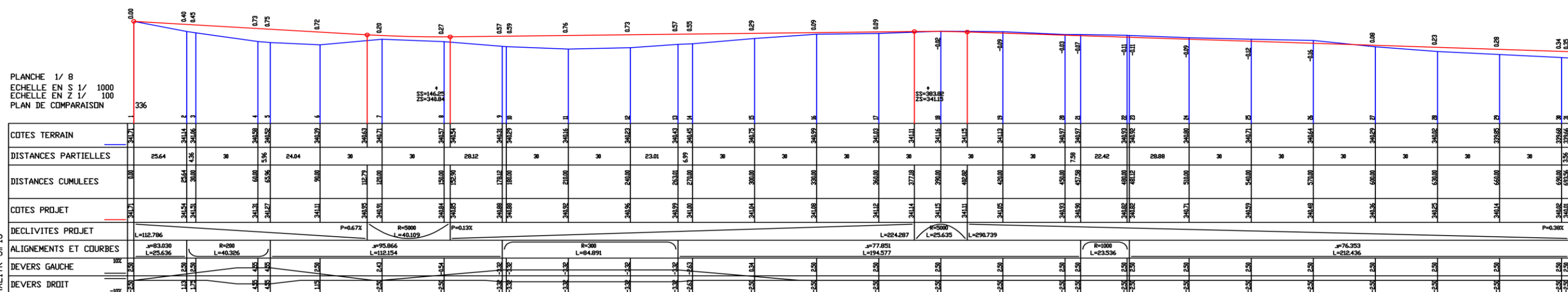
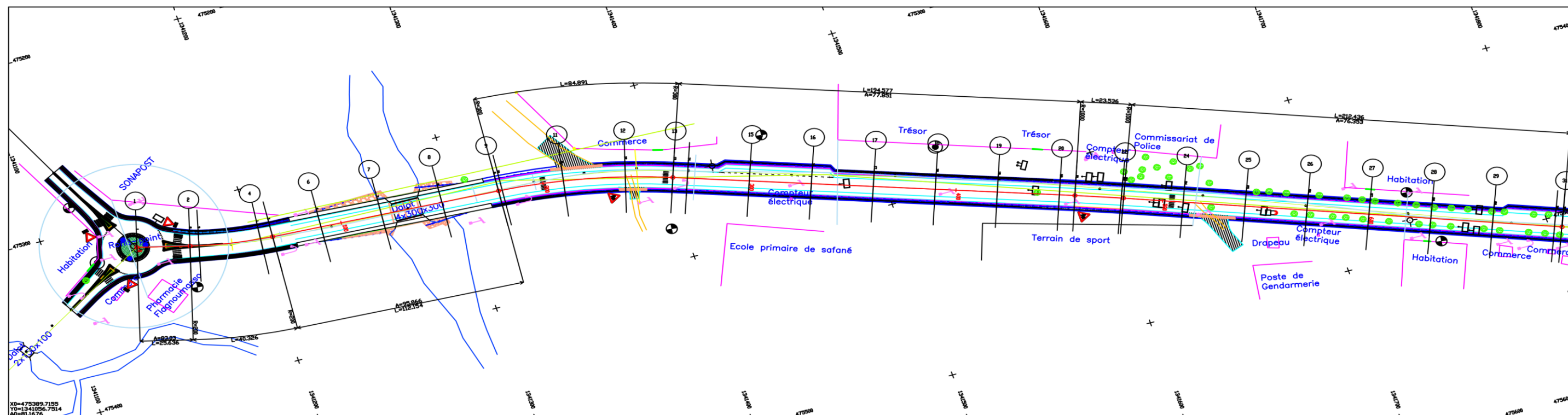
Institut
International
de l'Eau et de
l'Environnement

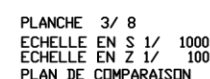


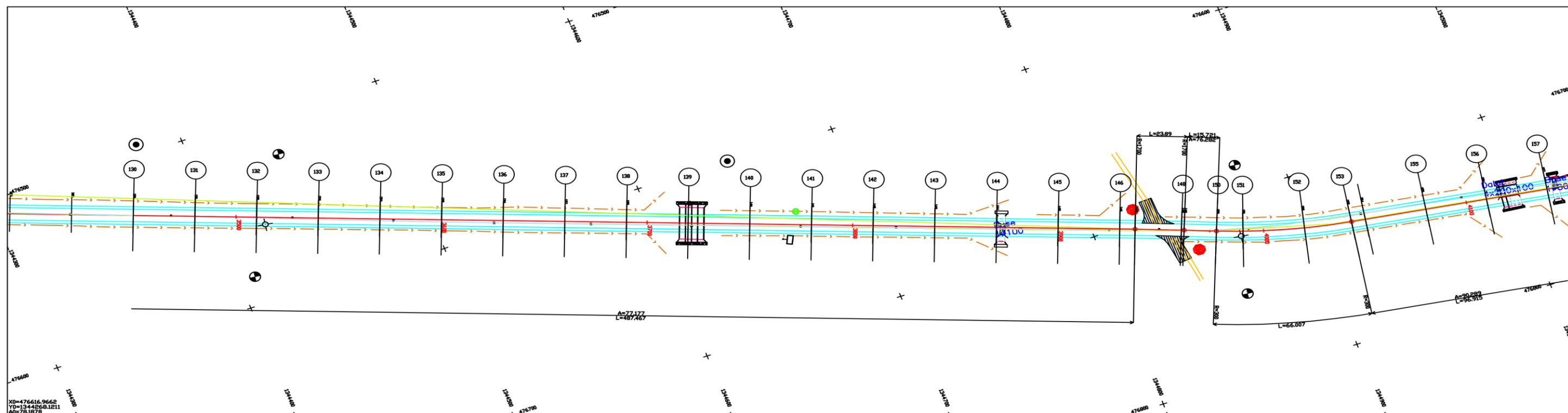
AGEIM-IC
06 BP 9223
Ouagadougou
Tel: 0025365600/
0063003096

Projet d'aménagement et de
bitumage de route des zones à
forte production agricole : cas du
tronçon SAFANE-TIENZAN (10,063
KM)

PT_couant	Dessiné par	LOMPO Mohamed Lamine	N°
Profil en travers courant en agglomeration	Format	A3	03
	Date	20/11/2025	
	Echelle	1/100	



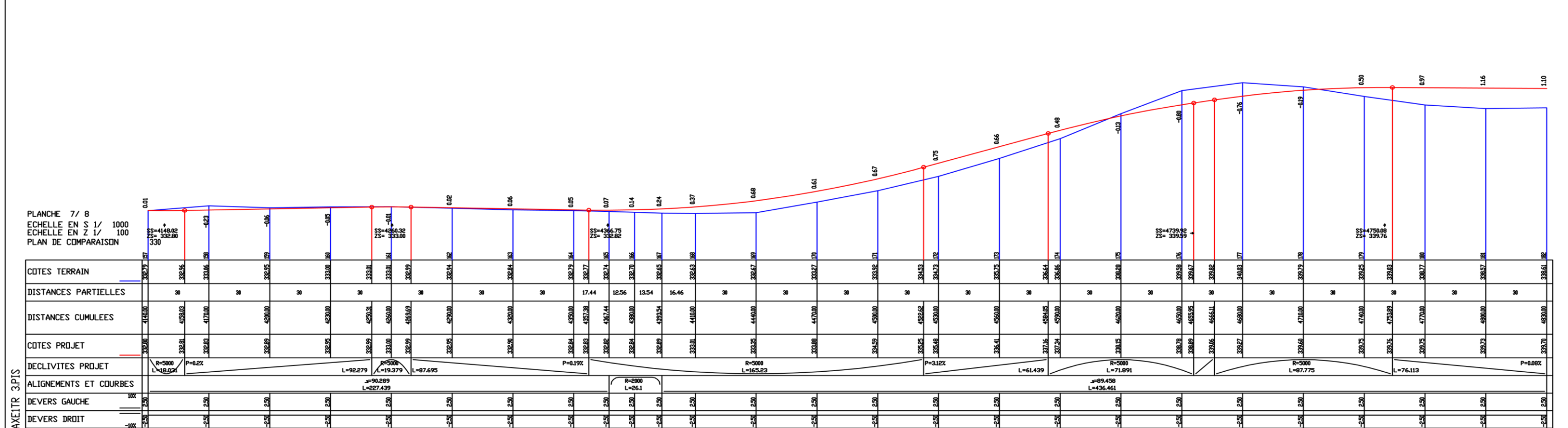
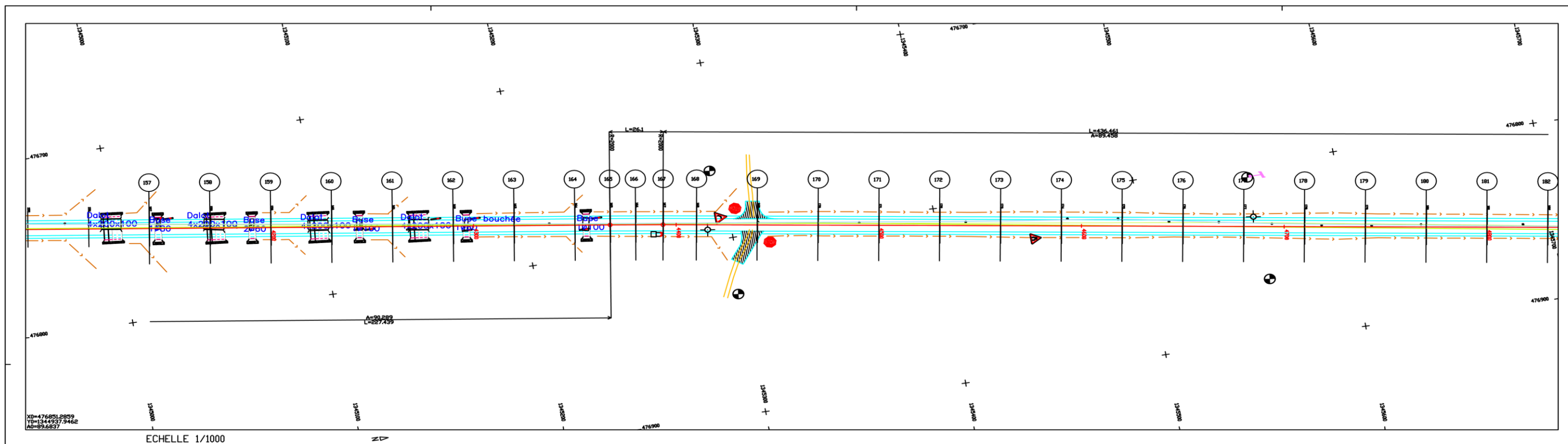
[illegible]



ECHELLE 1/1000

PLANCHE 6/ 8
ECHELLE EN S 1/ 1000
ECHELLE EN Z 1/ 100
PLAN DE COMPARAISON

COTES TERRAIN	335.00	334.80	334.60	334.40	334.20	334.00	333.80	333.60	333.40	333.20	333.00	332.80	332.60	332.40	332.20	332.00	331.80	331.60	331.40	331.20	331.00	330.80	330.60	330.40	330.20	330.00	329.80	329.60	329.40	329.20	329.00	328.80	328.60	328.40	328.20	328.00	327.80	327.60	327.40	327.20	327.00	326.80	326.60	326.40	326.20	326.00	325.80	325.60	325.40	325.20	325.00	324.80	324.60	324.40	324.20	324.00	323.80	323.60	323.40	323.20	323.00	322.80	322.60	322.40	322.20	322.00	321.80	321.60	321.40	321.20	321.00	320.80	320.60	320.40	320.20	320.00	319.80	319.60	319.40	319.20	319.00	318.80	318.60	318.40	318.20	318.00	317.80	317.60	317.40	317.20	317.00	316.80	316.60	316.40	316.20	316.00	315.80	315.60	315.40	315.20	315.00	314.80	314.60	314.40	314.20	314.00	313.80	313.60	313.40	313.20	313.00	312.80	312.60	312.40	312.20	312.00	311.80	311.60	311.40	311.20	311.00	310.80	310.60	310.40	310.20	310.00	309.80	309.60	309.40	309.20	309.00	308.80	308.60	308.40	308.20	308.00	307.80	307.60	307.40	307.20	307.00	306.80	306.60	306.40	306.20	306.00	305.80	305.60	305.40	305.20	305.00	304.80	304.60	304.40	304.20	304.00	303.80	303.60	303.40	303.20	303.00	302.80	302.60	302.40	302.20	302.00	301.80	301.60	301.40	301.20	301.00	300.80	300.60	300.40	300.20	300.00	299.80	299.60	299.40	299.20	299.00	298.80	298.60	298.40	298.20	298.00	297.80	297.60	297.40	297.20	297.00	296.80	296.60	296.40	296.20	296.00	295.80	295.60	295.40	295.20	295.00	294.80	294.60	294.40	294.20	294.00	293.80	293.60	293.40	293.20	293.00	292.80	292.60	292.40	292.20	292.00	291.80	291.60	291.40	291.20	291.00	290.80	290.60	290.40	290.20	290.00	289.80	289.60	289.40	289.20	289.00	288.80	288.60	288.40	288.20	288.00	287.80	287.60	287.40	287.20	287.00	286.80	286.60	286.40	286.20	286.00	285.80	285.60	285.40	285.20	285.00	284.80	284.60	284.40	284.20	284.00	283.80	283.60	283.40	283.20	283.00	282.80	282.60	282.40	282.20	282.00	281.80	281.60	281.40	281.20	281.00	280.80	280.60	280.40	280.20	280.00	279.80	279.60	279.40	279.20	279.00	278.80	278.60	278.40	278.20	278.00	277.80	277.60	277.40	277.20	277.00	276.80	276.60	276.40	276.20	276.00	275.80	275.60	275.40	275.20	275.00	274.80	274.60	274.40	274.20	274.00	273.80	273.60	273.40	273.20	273.00	272.80	272.60	272.40	272.20	272.00	271.80	271.60	271.40	271.20	271.00	270.80	270.60	270.40	270.20	270.00	269.80	269.60	269.40	269.20	269.00	268.80	268.60	268.40	268.20	268.00	267.80	267.60	267.40	267.20	267.00	266.80	266.60	266.40	266.20	266.00	265.80	265.60	265.40	265.20	265.00	264.80	264.60	264.40	264.20	264.00	263.80	263.60	263.40	263.20	263.00	262.80	262.60	262.40	262.20	262.00	261.80	261.60	261.40	261.20	261.00	260.80	260.60	260.40	260.20	260.00	259.80	259.60	259.40	259.20	259.00	258.80	258.60	258.40	258.20	258.00	257.80	257.60	257.40	257.20	257.00	256.80	256.60	256.40	256.20	256.00	255.80	255.60	255.40	255.20	255.00	254.80	254.60	254.40	254.20	254.00	253.80	253.60	253.40	253.20	253.00	252.80	252.60	252.40	252.20	252.00	251.80	251.60	251.40	251.20	251.00	250.80	250.60	250.40	250.20	250.00	249.80	249.60	249.40	249.20	249.00	248.80	248.60	248.40	248.20	248.00	247.80	247.60	247.40	247.20	247.00	246.80	246.60	246.40	246.20	246.00	245.80	245.60	245.40	245.20	245.00	244.80	244.60	244.40	244.20	244.00	243.80	243.60	243.40	243.20	243.00	242.80	242.60	242.40	242.20	242.00	241.80	241.60	241.40	241.20	241.00	240.80	240.60	240.40	240.20	240.00	239.80	239.60	239.40	239.20	239.00	238.80	238.60	238.40	238.20	238.00	237.80	237.60	237.40	237.20	237.00	236.80	236.60	236.40	236.20	236.00	235.80	235.60	235.40	235.20	235.00	234.80	234.60	234.40	234.20	234.00	233.80	233.60	233.40	233.20	233.00	232.80	232.60	232.40	232.20	232.00	231.80	231.60	231.40	231.20	231.00	230.80	230.60	230.40	230.20	230.00	229.80	229.60	229.40	229.20	229.00	228.80	228.60	228.40	228.20	228.00	227.80	227.60	227.40	227.20	227.00	226.80	226.60	226.40	226.20	226.00	225.80	225.60	225.40	225.20	225.00	224.80	224.60	224.40	224.20	224.00	223.80	223.60	223.40	223.20	223.00	222.80	222.60	222.40	222.20	222.00	221.80	221.60	221.40	221.20	221.00	220.80	220.60	220.40	220.20	220.00	219.80	219.60	219.40	219.20	219.00	218.80	218.60	218.40	218.20	218.00	217.80	217.60	217.40	217.20	217.00	216.80	216.60	216.40	216.20	216.00	215.80	215.60	215.40	215.20	215.00	214.80	214.60	214.40	214.20	214.00	213.80	213.60	213.40	213.20	213.00	212.80	212.60	212.40	212.20	212.00	211.80	211.60	211.40	211.20	211.00	210.80	210.60	210.40	210.20	210.00	209.80	209.60	209.40	209.20	209.00	208.80	208.60	208.40	208.20	208.00	207.80	207.60	207.40	207.20	207.00	206.80	206.60	206.40	206.20	206.00	205.80	205.60	205.40	205.20	205.00	204.80	204.60	204.40	204.20	204.00	203.80	203.60	203.40	203.20	203.00	202.80	202.60	202.40	202.20	202.00	201.80	201.60	201.40	201.20	201.00	200.80	200.60	200.40	200.20	200.00	199.80	199.60	199.40	199.20	199.00	198.80	198.60	198.40	198.20	198.00	197.80	197.60	197.40	197.20	197.00	196.80	196.60	196.40	196.20	196.00	195.80	195.60	195.40	195.20	195.00	194.80	194.60	194.40	194.20	194.00	193.80	193.60	193.40	193.20	193.00	192.80	192.60	192.40	192.20	192.00	191.80	191.60	191.40	191.20	191.00	190.80	190.60	190.40	190.20	190.00	189.80	189.60	189.40	189.20	189.00	188.80	188.60	188.40	188.20	188.00	187.80	187.60	187.40	187.20	187.00	186.80	186.60	186.40	186.20	186.00	185.80	185.60	185.40	185.20	185.00	184.80	184.60	184.40	184.20	184.00	183.80	183.60	183.40	183.20	183.00	182.80	182.60	182.40	182.20	182.00	181.80	181.60	181.40	181.20	181.00	180.80	180.60	180.40	180.20	180.00	179.80	179.60	179.40	179.20	179.00	178.80	178.60	178.40	178.20	178.00	177.80	177.60	177.40	177.20	177.00	176.80	176.60	176.40	176.20	176.00	175.80	175.60	175.40	175.20	175.00	174.80	174.60	174.40	174.20	174.00	173.80	173.60	173.40	173.20	173.00	172.80	172.60	172.40	172.20	172.00	171.80	171.60	171.40	171.20	171.00	170.80	170.60	170.40	170.20	170.00	169.80	169.60	169.40	169.20	169.00	168.80	168.60	168.40	168.20	168.00	167.80	167.60	167.40	167.20	167.00	166.80	166.60	166.40	166.20	166.00	165.80	165.60	165.40	165.20	165.00	164.80	164.60	164.40	164.20	164.00	163.80	163.60	163.40	163.20	163.00	162.80	162.60	162.40	162.20	162.00	161.80	161.60	161.40	161.20	161.00	160.80	160.60	160.40	160.20	160.00	159.80	159.60	159.40	159.20	159.00	158.80	158.60	158.40	158.20	158.00	157.80	157.60	157.40	157.20	157.00	156.80	156.60	156.40	156.20	156.00	155.80	155.60	155.40	155.20	155.00	154.80	154.60	154.40	154.20	154.00	153.80	153.60	153.40	153.20	153.00	152.80	152.60	152.40	152.20	152.00	151.80	151.60	151.40	151.20	151.00	150.80	150.60	150.40	150.20	150.00	149.80	149.60	149.40	149.20	149.00	148.80	148.60	148.40	148.20	148.00	147.80	147.60	147.40	147.20	147.00	146.80	146.60	146.40	146.20	146.00	145.80	145.60	145.40	145.20	145.00	144.80	144.60	144.40	144.20	144.00	143.80	143.60	143.40	143.20	143.00	142.80	142.60	142.40	142.20	142.00	141.80	141.60	141.40	141.20	141.00	140.80	140.60	140.40	140.20	140.00	139.80	139.60	139.40	139.20	139.00	138.80	138.60	138.40	138.20	138.00	137.80	137.60	137.40	137.20	137.00	136.80	136.60	136.40	136.20	136.00	135.80	135.60	135.40	135.20	135.00	134.80	134.60	134.40	134.20	134.00	133.80	133.60	133.40	133.20	133.00	132.80	132.60	132.40	132.20	132.00	131.80	131.60	131.40	131.20	131.00	130.80	130.60	130.40	130.20	130.00	129.80	129.60	129.40	129.20	129.00	128.80	128.60	128.40	128.20	128.00	127.80	127.60	127.40	127.20	127.00	126.80	126.60	126.40	126.20	126.00	125.80	125.60	125.40	125.20	125.00	124.80	124.60	124.40	124.20	124.00	123.80	123.60	123.40	123.20	123.00	122.80	122.60	122.40	122.20	122.00	121.80	121.60	121.40	121.20	121.00	120.80	120.60	120.
---------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	------



LICENCE : 2025  Institut International de l'Eau et de l'Environnement		 AGEIM-IC 06 BP 9223 Ouagadougou Tel: 0025365600/0063003096	Projet d'aménagement et de bitumage de route des zones à forte production agricole : cas du tronçon SAFANE-TIENZAN (10,063 KM)	<table><tr><td>Axe 01</td><td>Dessiné par</td><td>LOMPO Mohamed Lamine</td><td>N°</td></tr><tr><td rowspan="3">Tracé combiné hors Agglomération</td><td>Format</td><td>A3</td><td rowspan="3">04</td></tr><tr><td>Date</td><td>20/11/2025</td></tr><tr><td>Echelle</td><td>1/100 et 1/1000</td></tr></table>	Axe 01	Dessiné par	LOMPO Mohamed Lamine	N°	Tracé combiné hors Agglomération	Format	A3	04	Date	20/11/2025	Echelle	1/100 et 1/1000
Axe 01	Dessiné par	LOMPO Mohamed Lamine	N°													
Tracé combiné hors Agglomération	Format	A3	04													
	Date	20/11/2025														
	Echelle	1/100 et 1/1000														

Annexe II : ASSAINISSEMENT DE LA ROUTE

I. ETUDE HYDROLOGIQUE

1. Délimitation des bassins versants

Grace aux logiciels Global Mapper et Google Earth, la délimitation des bassins versants fut réalisé sur l'appui de cartes topographiques récentes. De là nous avons obtenus neuf (9) bassins versants et trois (3) sous bassins versants.

Tableau : caractéristiques des bassins versants

NOM	SURFACE (km ²)	PERIMETRE (km)	PENTE (%)	Z max (m)	Z min (m)	LONGUEUR (km)
BV1	9.128	16.107	2.09	365	316	4,446
BV2	2.876	9.25	1.62	353	316	2,806
BV3	0.833	4.817	1.07	329	316	1.555
BV4	0.945	5.171	1.87	334	312	1.198
BV5	17.032	24.463	2.77	390	306	7.43
BV6	2.453	9.528	2.39	346	315	1.826
BV7	1.185	5.477	2.32	346	316	1.645
BV8	4.228	11.321	4.75	401	312	3.345
BV9	0.3447	3.383	2.18	340	318	0.532

Tableau : caractéristiques des sous bassins versants

Bassin versant	Sous-bassins versant	SURFAC E (km ²)	Périmètre (km)	PENTE (%)	Z max (m)	Z min (m)	Longueur hydraulique (hm)
BV1	SBV1	0.02323	0.60311	0.94	320	316	3.234
BV2	SBV1-2	0.01045	0.62127	0.54	318	317	2.463

	SBV2-2	0.00684	0.33611	0.66	318	317	0.985
	SBV3-2	0.00708	0.34062	0.97	318	317	0.862

- BV : Bassin versant
- SBV : Sous bassin versant

2. Méthodes de calculs des débits

Les calculs des débits au niveau de l'exutoire des bassins versants ont été fait à l'aide des méthodes de calculs hydrologiques à savoir :

- La méthode rationnelle, applicable aux bassins versants dont la superficie n'excède pas 4 km²
- La méthode d'OSTROM, applicable aux bassins versants dont la superficie est comprise entre 4 à 200 km²
- La méthode CIEH, applicable aux bassins versants dont la superficie est comprise entre 10 km² et 2500 km² en zone sahélienne et aux bassins inférieurs à 1500 km² en zone tropicale sèche.
- La méthode de CAQUOT dérive de la méthode rationnelle applicable aux bassins versants dont la superficie n'excède pas 4 km² pour l'assainissement en agglomération.

Les calculs commencent d'abord en déterminant les paramètres physiques des bassins versants :

L'indice de compacité : $I_{com} = 0,282 \times \frac{P}{S^{1/2}}$

Rectangle équivalent L en (km): $L = S^{1/2} \times \left(\frac{I_{com}}{1,128}\right) \times \left[1 + \left(1 - \left(\frac{1,128}{I_{com}}\right)^2\right)^{1/2}\right]$

Dénivelée D : **Alt5%-Alt95%**

Indices global Ig en (m/km): **D/L**

Moyennes des hauteurs pluviométriques annuelles Pan en (mm) : **Moyenne des pluies**

Hauteur d'averse décennale ponctuelle P10 en (mm) : **déterminée par la Loi de Gumel**

Coefficient de ruissèlement Kr70 et Kr100 en (%) : **Kr_{70} ou $kr_{100} = \frac{a}{S+b} + c$**

Coefficient de ruissèlement kr10 en (%) : **Interpolation entre Kr70 et Kr100**

Coefficient d'abattement A : $A = 1 - \left[\frac{(161 - 0,042 P_{an})}{1000} \times \log S \right]$

Temps de base Tb en (min) : $T_{b10} = a \times S^{0,36} + b$

Coefficient de Montana a et b : **valeur déterminer en fonction de la zone d'étude**

Coefficient de pointe alpha : **2,6 en général**

Précipitation décennale Pm10 en (mm) : $P_{m10} = P_{10} \times A$

Temps de concentration Tc en (min) : $T_c = \frac{1}{52} \times \frac{L^{0,77}}{p^{0,38}}$

Intensité moyenne I en (mm/h) : $I = a \times T_c^{(-b)}$

a. Méthode OSTROM

Le débit de pointe correspondant au ruissellement superficiel de la crue décennale est défini par la relation suivante :

$$Q_{10} = A \times P_{10} \times K_{r10} \times \alpha_{10} \times \frac{S}{T_{b10}}$$

- A : coefficient d'abattement
- P₁₀ : hauteur de pluie journalière décennale en mm
- K_{r10} : coefficient de ruissellement correspondant à la crue décennale
- α₁₀ : coefficient de pointe à la crue décennale
- S : superficie du bassin versant en km²
- T_{b10} : temps de base correspondant à la crue décennale en seconde (s).

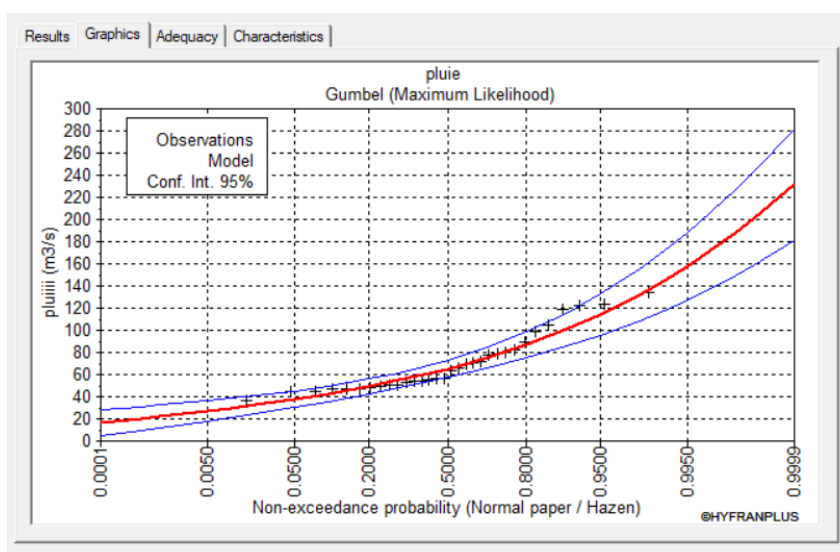
Tableau : données pluviométrique de la zone du projet

Pluie annuel (mm)	Année	Pluie annuel (mm)	Année
826.5	1980	1067.2	1996
751.5	1981	988.9	1997
830.5	1982	1035.4	1998
634.9	1983	1006.8	1999
772.8	1984	696.2	2000
883.4	1985	790.5	2001
859.4	1986	639.5	2002
848.6	1987	1040.4	2003
942.8	1988	861.8	2004
780.5	1989	763.3	2005
583.5	1990	829	2006
1047.4	1991	868.3	2007

683	1992	1134.7	2008
1021.1	1993	829.8	2009
987.3	1994	1034.5	2010
729.1	1995	815.6	2011

$$P_{an} = 855 \text{ mm}$$

La hauteur décennale d'averse P10 est déterminée par la loi de Gumbel grâce au logiciel Hyfran Plus.



T	q	XT	Standard déviation	Confidence interval 95%
10000	0.9999	231	25.7	181 - 282
2000	0.9995	201	21.5	159 - 243
1000	0.999	188	19.7	149 - 227
200	0.995	158	15.5	127 - 188
100	0.99	145	13.7	118 - 171
50	0.98	132	11.9	108 - 155
20	0.95	114	9.52	95.5 - 133
10	0.9	101	7.76	85.4 - 116
5	0.8	86.5	6.02	74.7 - 98.3
3	0.6667	75.3	4.78	65.9 - 84.7
2	0.5	65.2	3.88	57.6 - 72.8
1.4286	0.3	54.9	3.36	48.3 - 61.5
1.25	0.2	49.4	3.33	42.9 - 55.9
1.1111	0.1	42.7	3.52	35.8 - 49.6
1.0526	0.05	37.8	3.81	30.3 - 45.2
1.0204	0.02	32.7	4.2	24.5 - 41.0
1.0101	0.01	29.7	4.48	20.9 - 38.5
1.005	0.005	27.1	4.74	17.8 - 36.3

1.001	0.001	22.1	5.27	11.7 - 32.4
1.0005	0.0005	20.3	5.47	9.56 - 31.0
1.0001	0.0001	16.7	5.88	5.14 - 28.2

$$P_{10} = 101\text{mm}$$

Trois bassins versants rentrent dans les conditions de superficie qu'impose la méthode. Les tableaux suivants présentent les courbes hypsométriques respectives de ces bassins :

Détermination des paramètres a, b et c pour le calcul de Kr

Le projet se situe dans une région tropical sèche avec une in filtrabilité des bassins 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

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

Paramètre de calcul Kr_{70} (BV1)

Classe de bassin versant	Indice de pente global Ig	a'	b'	c'
RI	15	250	20	21.7
	7.964795	206.03	20	18.88592
	7	200	20	18.5

Paramètre de calcul Kr100(BV1)				
Classe de bassin versant	Indice de pente global Ig	a'	b'	c'
RI	15	325	30	26
	7.964795	250.251	30	22.33751
	7	240	30	22

Paramètre de calcul Kr70 (BV5)				
Classe de bassin versant	Indice de pente global Ig	a'	b'	c'
RI	15	250	20	21.7
	7.711103	204.4444	20	18.78444
	7	200	20	18.5

Paramètre de calcul Kr100(BV5)				
Classe de bassin versant	Indice de pente global Ig	a'	b'	c'
RI	15	325	30	26
	7.711103	247.5555	30	22.33751
	7	240	30	22

Paramètre de calcul Kr70 (BV8)				
Classe de bassin versant	Indice de pente global Ig	a'	b'	c'
RI	15	250	20	21.7
	20.64899	119.3671	20	23.9596
	7	200	20	18.5

Paramètre de calcul Kr100(BV8)				
Classe de bassin versant	Indice de pente global Ig	a'	b'	c'

	15	325	30	26
RI	20.64899	385.0205	30	22.33751
	7	240	30	22

🔗 Détermination des paramètres a et b pour le calcul des temps de base

Les paramètres a et b varient en fonction de l'indice de pente et est déterminé par interpolation suivant les formules suivantes :

$$I_g = 7; T_{b10} = 163 \times S^{0,36} + 142$$

$$I_g = 15; T_{b10} = 75 \times S^{0,36} + 55$$

Paramètre de calcul Tb10(BV1)			
Classe de bassin versant	Indice de pente global I_g	a	b
RI	15	75	55
	7.9648	152.3872	131.5078
	7	163	142

Paramètre de calcul Tb10(BV5)			
Classe de bassin versant	Indice de pente global I_g	a	b
RI	15	75	55
	7.711	155.179	134.2679
	7	163	142

Tableaux : résultats de la méthode OSTROM

Calcul de l'indice global de pente Ig										
BV	Superficie (km2)	périmètre (km)	Indice de compacité	Longueur rectangle équivalent (km)	Alt 5%	Alt 95%	Indice global de la pente Ig	Indice de pente transversal It	n	Indice de pente global corrigé Icor (m/km)

BV1	9.128	16.107	1.5034049	4.150389	360.623	327.566	7.96479	20.9	2	14.4324
BV5	17.032	24.463	1.6715755	6.430986	382.1	332.51	7.71110	27.7	3	14.3740
BV8	4.228	11.321	1.5526244	2.934186	394.994	334.406	20.64899	47.5	2	34.0745

CALCUL DU COEFFICIENT D'ABATTEMENT			
BV	superficie (km ²)	Pluie annuelle pan (m.m)	Coefficient d'abattement A
BV1	9.128	862	0.880149
BV5	17.032	862	0.846343
BV8	4.228	862	0.9218609

DETERMINATION DE COEFFICIENT Kr10						
BV	Superficie (km ²)	Indice de pente global Ig	Kr70 (%)	K100(%)	P10	Kr10(%)
BV1	9.128	7.964795395	25.95918	28.73321	101	25.86671
BV5	17.032	7.711103163	24.30519	27.60106	101	24.19533
BV8	4.228	20.64899131	28.88642	33.58621	101	28.72976

DETERMINATION DU TEMPS DE BASE Tb10					
BV	Superficie (km ²)	Indice de pente global Ig	a	b	Tb10 (min)
BV1	9.128	7.964795395	152.3873	131.5079	469.32669
BV5	17.032	7.711103163	155.1779	134.2668	564.87804
BV8	4.228	20.64899131	111.4211	91.00722	278.23747

CALCUL DE CRUE DECENALE Q10							
BV	Superficie (m ²)	Coefficient d'Abattement A	Kr10	P10 (m)	coefficient de pointe(alpha10)	Tb10 (s)	Debit Q10 (m ³ /s)
BV1	9128000	0.880149	25.866713	0.109	2.6	28159.6	20.91444823
BV5	17032000	0.846343	24.195328	0.109	2.6	33892.68	29.16335386

BV8	4228000	0.9218609	28.72976	0.109	2.6	16694.25	19.00926529
-----	---------	-----------	----------	-------	-----	----------	-------------

b. Méthode CIEH

La formule utilisée pour le calcul du débit de pointe Q₁₀ est basée sur un schéma de régression multiple et se présente ainsi :

$$Q_{10} = a * S^s * P_{an}^p * I_g * K_{r10}^k * Dd^d$$

- a, s, p, i, k, d : sont des coefficients à déterminer
- S : surface du bassin en km²
- I_g : indice global de pente en m/km
- P_{an} : pluie annuelle moyenne en mm
- K_{r10} : coefficient de ruissellement décennal en %
- Dd : densité de drainage km⁻¹.

Les paramètres I_g, K_{r10}, P₁₀ et P_{m10}, ainsi que les coefficients a, s, i, k, d sont définis et calculer au début. Dans le cas de notre projet nous retenons les équations suivantes : 39, 40, 41, 42, 43, 44 et 45.

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

Equations	a	s	i	k	p
39	0.41	0.425	-	0.923	-
40	0.254	0.462	0.101	0.976	-
41	0.407	0.532	-	0.941	-
42	0.0912	0.643	0.399	1.019	-
43	35600	0.342	-	-	-1.808
44	203	0.459	-	0.813	-1.301
45	22400	0.363	0.059	-	-1.748

De là nous avons obtenus les débits des différents bassins versants et ces derniers sont présenter dans le tableau ci-dessous :

Tableau : résultats du calcul par la méthode CIEH

BV	Superficie (km ²)	Indice de pente global Ig	Kr10 (%)	Coefficient d'abattement A	P10 (mm)	Pm10	EQ39	EQ40	EQ41	EQ42	EQ43	EQ44	EQ45	Débit Q(m ³ /s)
BV1	9.128	7.96	25.13	0.88	109	95.936	20.572	20.234	27.419	23.111	19.791	20.327	19.388	21.55
BV5	17.032	7.71	23.32	0.85	109	92.251	25.028	25.010	35.612	31.572	26.295	26.799	25.988	28.04
BV8	6.61	20.65	27.48	0.92	109	100.483	19.477	20.941	25.119	30.084	16.300	17.747	16.823	21.17

c. Méthode rationnelle

Le calcul du débit se fait grâce à la relation :

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

- Q : débits à l'exutoire en m³/s
- C : coefficient de ruissellement
- I : l'intensité de l'averse en mm/h
- A : surface du bassin en km².

La valeur du coefficient de ruissellement est choisie en fonction de la zone dans laquelle le projet se trouve, de la pente et de la surface du bassin concerné. Dans le cas de notre projet, nous avons un C = 0,13.

Tableau : valeur du coefficient de ruissellement

Tableau 30. Coefficient de ruissellement dans la méthode rationnelle.

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

Les coefficients de Montana au Burkina Faso notamment dans la province de Boromo sont donnés par le CIEH :

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

Source : Courbe intensité durée fréquence

Tableau : résultats du calcul des bassins versants par la méthode Rationnelle

BV	SUPERFICIE en km ²	PERIMETRE en km	PENTE en (m/s)	LONGUEUR D'ÉCOULEMENT en m	INDICE DE COMPACTITE	LONGUEUR DU RECTANGLE EQUIVALENT en m	TEMPS DE CONCENTRATION en min	coefficient de Montana		INTENSITE en mm/h	coefficient de ruissellement	DEBIT S en (m ³ /s)
								a	b			
BV 2	2.876	9.25	0.016	2806	1.53814	2393.3	42.4973	10	0.4	133.90	0.13	13.9182
BV 3	0.833	4.817	0.010	1555	1.48834	1239.04	31.6458	10	0.4	150.66	0.13	4.535
BV 4	0.945	5.171	0.018	1198	1.50006	1331.92	22.6561	10	0.4	172.21	0.13	5.881
BV 6	2.453	9.528	0.023	1826	1.71554	2517.83	33.6592	10	0.4	146.99	0.13	13.03
BV 7	1.185	5.477	0.023	1645	1.41884	1397.72	24.5319	10	0.4	166.82	0.13	7.144
BV 9	0.3447	3.383	0.021	532	1.62491	884.413	15.5817	10	0.4	200.03	0.13	2.491

d. Méthode CAQUOT

Applicable pour le calcul des sous bassins versants, l'expression de la formule s'écrit sous la forme suivante :

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

- A : surface du bassin en km²
- I : intensité de l'averse en mm/h
- C : coefficient de ruissellement
- K, U, V, W sont des coefficients d'ajustement.

Tableau : formules des coefficients d'ajustement

k	U	V	W	M	m	μ
$\frac{0,5^b \times a}{6,6}$	$1+0,278*b$	$-0,41*b$	$0,95+0,507*b$	$\frac{L}{\sqrt{A}}$	$(\frac{M}{2})^\mu$	$\frac{0,84 \times b}{1 + 0,287 \times b}$

- a et b : coefficients de Montana
- M : allongement des bassins versants
- m : facteur correctif en fonction de la morphologie des bassins versants.

Bassin versant		Assemblage	Superficie (km2)	Superficie Aj (ha)	Superficie cumulée Aeq = ΣAj (ha)	Périmètre (km)	Pente (m/m)	Indice de compacité	Coefficient de ruissellement	Chemin hydraulique Lj (hm)	Leq = ΣLj (hm)	Mj = Lj/√Aj	Meq = ΣLj/√ΣAj	μ = 0,84b/1+0,287b
Série 1	SBV1- 1	SBVeq1 = SBV1-1	0.02323	2.323	2.323	0.60311	0.0094	1.116	0.75	3.234	3.234	2.122	2.122	-0.380
Série 2	SBV2- 2	SBVeq2 = SBV2-2	0.01045	1.045	1.045	0.62127	0.0054	1.714	0.75	2.463	2.463	2.410	2.410	-0.380
	SBV3- 2	SBVeq3 = SBV2- 2+SBV3-2	0.00684	0.684	1.729	0.33611	0.0066	1.146	0.75	0.985	3.448	1.191	2.622	-0.380
	SBV4- 2	SBVeq4 = SBV2- 2+SBV3-2+SBV4- 2	0.00708	0.708	2.437	0.34062	0.0097	1.142	0.75	0.862	4.311	1.025	2.761	-0.380

Coefficient de Montana		c	d	f	e	β+δ						
a		b	-0.41	0.507	-0.287	0.05	1.4					
	10	-0.4	Qp = m*(K^1/u) * (I^v/u)*(C^1/u)*(A^w/u)									
u = 1+0,287b	v = -0,41b	w = 0,95+0,507b	Mj # 2 mj = (Mj/2)^(0,7*b)	Meq # 2 m = (Meq/2)^(0,7*b)	K = 0,5^b*a/6,6	C = Ceq =(ΣCj*Aj)/ΣAj	Ieq = (ΣLj)^2/(Σ(Lj/√Ij))^2	Qj (m3/s)	ΣQj (m3/s)	Qeq (m3/s)	Qp (m3/s)	
0.885	0.164	0.747	0.978	0.978	1.999	0.75	0.0094	1.326	1.326	1.326	1.326	
0.885	0.164	0.747	0.932	0.932	1.999	0.75	0.0054	0.581	0.581	0.581	0.581	
0.885	0.164	0.747	1.217	0.902	1.999	0.75	0.0057	0.536	1.117	0.869	1.117	
0.885	0.164	0.747	1.289	0.885	1.999	0.75	0.0426	0.848	1.965	1.653	1.965	

II. ETUDE HYDRAULIQUE

Après l'estimation des débits provenant des bassins et sous-bassins versants, on passe à l'étude hydraulique qui vise à définir les sections capables d'évacuer les débits obtenus de l'étude hydrologique. Pour cela, l'analyse s'appuie également sur l'état des lieux, qui a permis d'identifier les ouvrages hydrauliques déjà en place sur l'ancienne chaussée.

Tableau : récapitulatif des ouvrages existants

Désignation	Ouvrage existant	Section initial
BV1	Dalot	4 x 3 x 3
BV2	Dalot	1 x 1 x 1
	Buse	1 x Ø80
BV5	Buse	1 x Ø100
	Dalot	4 x 2 x 1
	Buse	1 x Ø80
	Dalot	4 x 2 x 1
	Buse	2 x Ø60
	Dalot	4 x 2 x 1
	Buse	1 x Ø100
	Dalot	4 x 2 x 1
	Buse	1 x Ø60
	Buse	1 x Ø100
BV6	Dalot	1 x 1 x 1
	Radier	R20
BV7	Buse	1 x Ø100
	Dalot	1 x 1 x 1
BV8	Buse	1 x Ø100
	Buse	2 x Ø120
	Radier	R30

1. Principe de dimensionnement

Pour le dimensionnement hydraulique, il faut connaître la condition de fonctionnement. On distingue 2 types selon le BCEOM :

- La sortie noyée : le niveau de l'eau à l'exutoire immédiat de l'ouvrage dépasse le bord supérieur de l'ouvrage ($H_2 > D$) ;
- La sortie dénoyée : pour les zones non inondables ou l'écoulement est à surface libre ou à pleine section ($H_2 \leq D$).

La hauteur d'eau en amont joue alors un rôle important dans la détermination du type d'écoulement

- Si $H_1/D \leq 1,25$: écoulement à surface libre
- Si $H_1/D > 1,25$: écoulement à pleine section

Avec H_1 la hauteur d'eau en amont, H_2 la hauteur d'eau en aval et D la hauteur du dalot.

La sortie dénoyée sera le choix la plus adapté à notre projet car l'objectif est de mettre la chaussée hors de portée des eaux

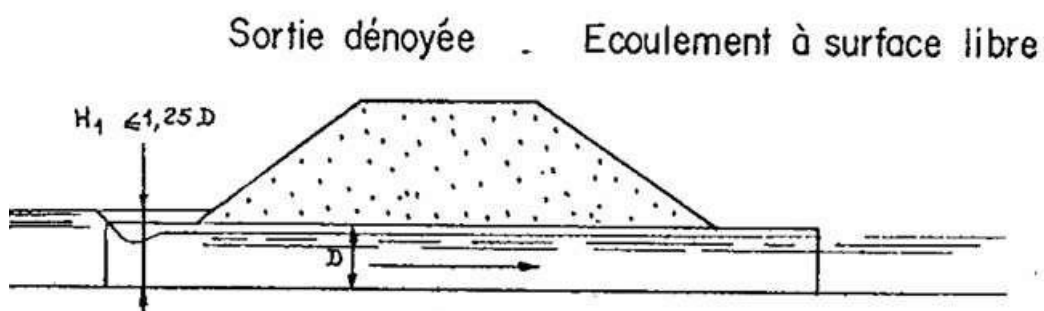


Figure : écoulement à surface libre

2. Données nécessaires pour le dimensionnement hydraulique

Débit de crue du projet : Q (m³/s)

- La cote de la ligne rouge au droit du franchissement H (m)
- La cote du fond du talwegs h_{min} (m)
- La cote max d l'eau h_{max} (m)
- La largeur de la plateforme
- Nature de la buse (métal ou béton)
- La vitesse maximale d'écoulement des eaux V_{max} (m/s)

3. Application du principe de dimensionnement

Le débit le plus grand (cas le plus défavorable) issus des méthodes OSTROM et CIEH de chaque bassin sera retenu pour le dimensionnement hydraulique afin d'éviter les risques de sous-dimensionnement.

Après le choix, une répartition du débit est effectuée afin d'attribuer des pourcentages qui correspondent aux sections des ouvrages hydrauliques existants à l'exutoire considéré afin d'optimiser le débit au ouvertures des différents ouvrages.

- Capacité de portance = Section (4x3x3) x vitesse admissible (3) x coefficient (0,75)
- Pourcentage de répartition = Capacité individuelle / somme des capacités

Tableau : Résultat du dimensionnement des sections des ouvrages hydrauliques

Ouvrage de Franchissement: Dalots																						
Bassin Versant	BV1	BV2	BV3	BV4	BV5												BV6	BV7	BV8			BV9
Debits (m3/s)	21.55	13.92	4.54	5.88	29.16												13.03	7.14	21.17			2.49
Ouvrages existants	Dalot	Dalot	Buse	/	/	Buse	Dalot	Buse	Dalot	Buse	Dalot	Buse	Dalot	Buse	Buse	Dalot	Radier	Buse	Dalot	Buse	Buse	Radier
	4x3x3	1x1x1	1xØ80			1xØ100	4x2x1	1xØ80	4x2x1	2xØ60	4x2x1	1xØ100	4x2x1	1xØ60	1xØ100	1x1x1	R20	1xØ100	1x1x1	1xØ100	2xØ120	R30
Pourcentage de repartition (%)	100	50	50	1	1	2	21	2	21	2	21	2	21	2	2	2	50	50	1	33.3	33.3	33.3

Debit à évacuer Q10 (m3/s)	21.55	6.96	6.96	4.54	5.88	0.58	6.12	0.58	6.12	0.58	6.12	0.58	6.12	0.58	0.58	0.58	0.58	6.52	6.52	7.14	7.05	7.05	7.05	2.49
Pesanteur g(m ² /s)	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81	9.81
Vitesse admissible Vadm(m/s)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Nombre de Cellule n	4	3	3	2	2	1	4	1	4	1	4	1	4	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1
Debit par cellule Q10/n (m3/s)	5.39	2.32	2.32	2.27	2.94	0.58	1.53	0.58	1.53	0.58	1.53	0.58	1.53	0.58	0.58	0.58	0.58	3.26	3.26	3.57	3.52	3.52	3.52	2.49
Hauteur du dalot D(m)	3	1	1	1	1.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Largeur d'une cellule B(m)	3	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2	2.5	2.5	2.5	2.5	2
Calcul de la hauteur d'eau en amont H1 (m)																							
Débit réduit Q*(m3/s)	0.08	0.26	0.26	0.26	0.18	0.13	0.17	0.13	0.17	0.13	0.17	0.13	0.17	0.13	0.13	0.13	0.20	0.20	0.18	0.17	0.17	0.17	0.15
Hauteur réduite H* (abaque 77 du BCEOM) (m)	0.45	0.78	0.78	0.76	0.62	0.51	0.56	0.51	0.56	0.51	0.56	0.51	0.56	0.51	0.51	0.51	0.64	0.64	0.56	0.56	0.56	0.56	0.525
Hauteur d'eau en amont H1(m)	1.35	0.78	0.78	0.76	0.93	0.51	0.56	0.51	0.56	0.51	0.56	0.51	0.56	0.51	0.51	0.51	0.96	0.96	0.84	0.84	0.84	0.84	0.787 5

Vérification ($H1/D \leq 1,25$)	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Revanche $r(\geq 0,5)=(D - H1) \text{ (m)}$	1.65	0.22	0.22	0.24	0.57	0.49	0.44	0.49	0.44	0.49	0.44	0.49	0.44	0.49	0.49	0.49	0.54	0.54	0.66	0.66	0.66	0.66	0.712	5
Détermination de la pente longitudinale critique I_c (I du projet $\geq I_c$ trouvée)																								
Débit réduit $Q^*(m^3/s)$	0.11	0.13	0.13	0.13	0.17	0.19	0.09	0.19	0.09	0.19	0.09	0.19	0.09	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.14
Pente critique réduite I_c^* (abaque 82 du BCEOM)(m)	2.65	2.75	2.75	2.73	2.78	2.8	2.65	2.8	2.65	2.8	2.65	2.8	2.65	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.75

Coefficient de rugosité Ks	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
Pente critique Ic	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.005	0.006	0.005	0.006	0.005	0.006	0.005	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005
Détermination de la vitesse d'écoulement Vmax																							
Débit réduit Q*(m3/s)	0.07	0.08	0.08	0.08	0.10	0.11	0.05	0.11	0.05	0.11	0.05	0.11	0.05	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08
Vitesse réduite V* (abaque 84 du BCEOM)(m/ s)	0.28	0.29	0.29	0.29	0.315	0.34	0.26	0.34	0.26	0.34	0.26	0.34	0.26	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.295	0.295	0.295	0.295	0.31

Vitesse de sortie V (m/s)	2.47	2.17	2.17	2.16	2.33	1.78	1.91	1.78	1.91	1.78	1.91	1.78	1.91	1.78	1.78	1.78	2.45	2.45	2.40	2.40	2.40	2.40	2.28
Vérification de la vitesse	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Ouvrage retenu	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot
Section retenue	4 x 3 x 3	3 x 2 x 1	3 x 2 x 1	2 x 2 x 1	2 x 2 x 1.5	1 x 1 x 1	4 x 2 x 1	1 x 1 x 1	4 x 2 x 1	1 x 1 x 1	4 x 2 x 1	1 x 1 x 1	4 x 2 x 1	1 x 1 x 1	1 x 1 x 1	1 x 1 x 1	2 x 2 x 1.5	2 x 2 x 1.5	2 x 2.5 x 1.5	2 x 2.5 x 1.5	2 x 2.5 x 1.5	2 x 2.5 x 1.5	1 x 2 x 1.5

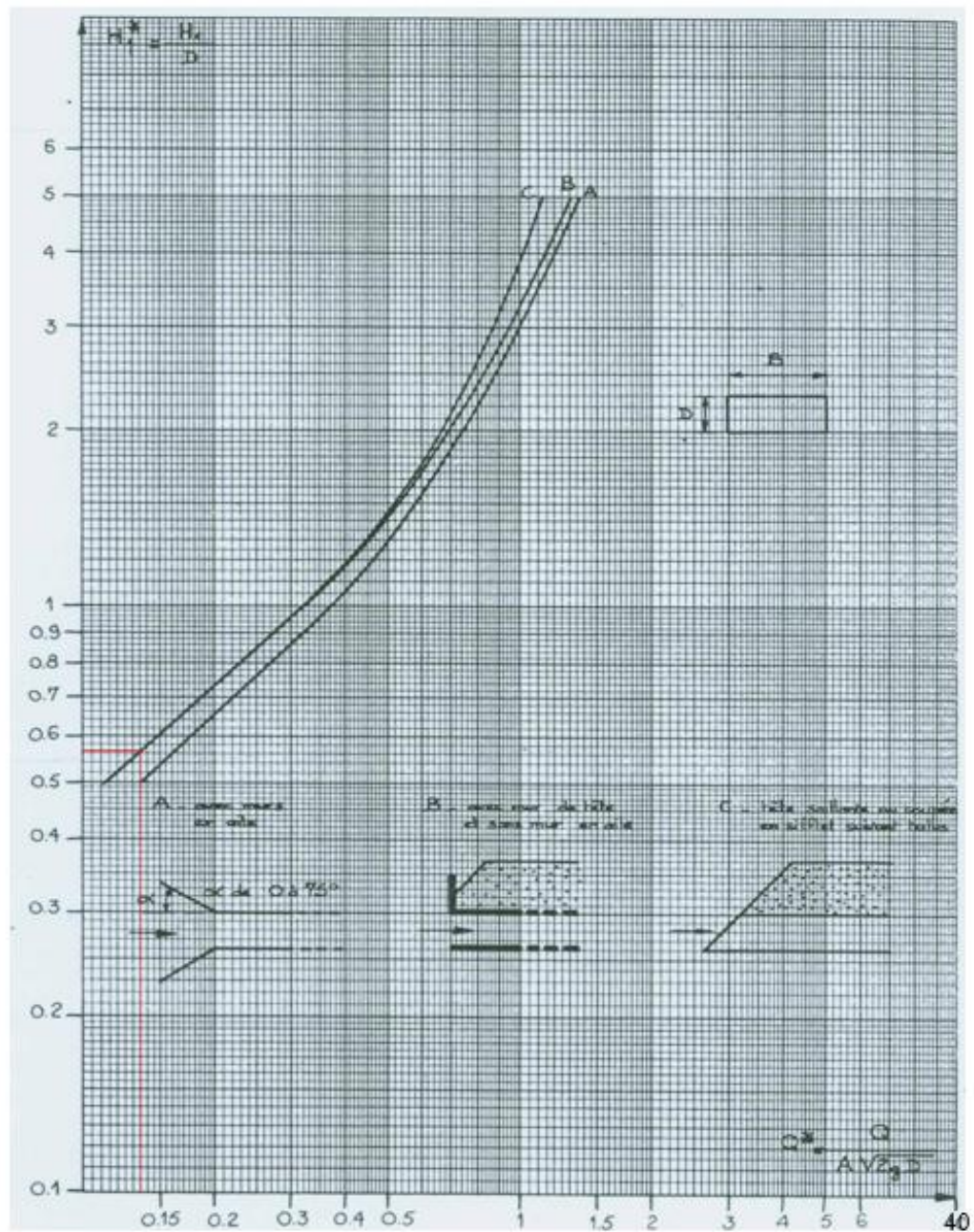


Fig. 77. Sortie libre. Dalots rectangulaires.

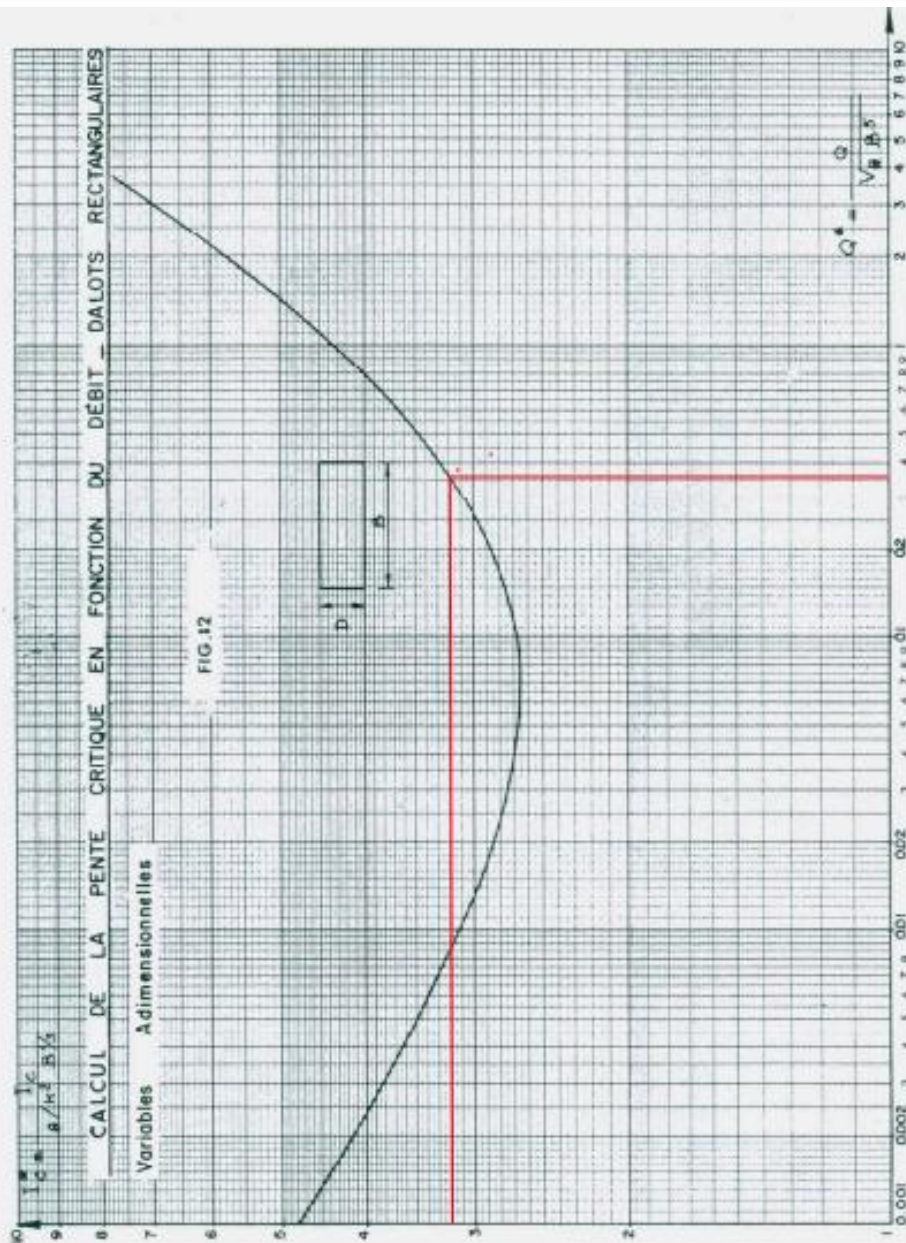


Fig. 82. Calcul de la pente critique en fonction du débit. Dalots rectangulaires.

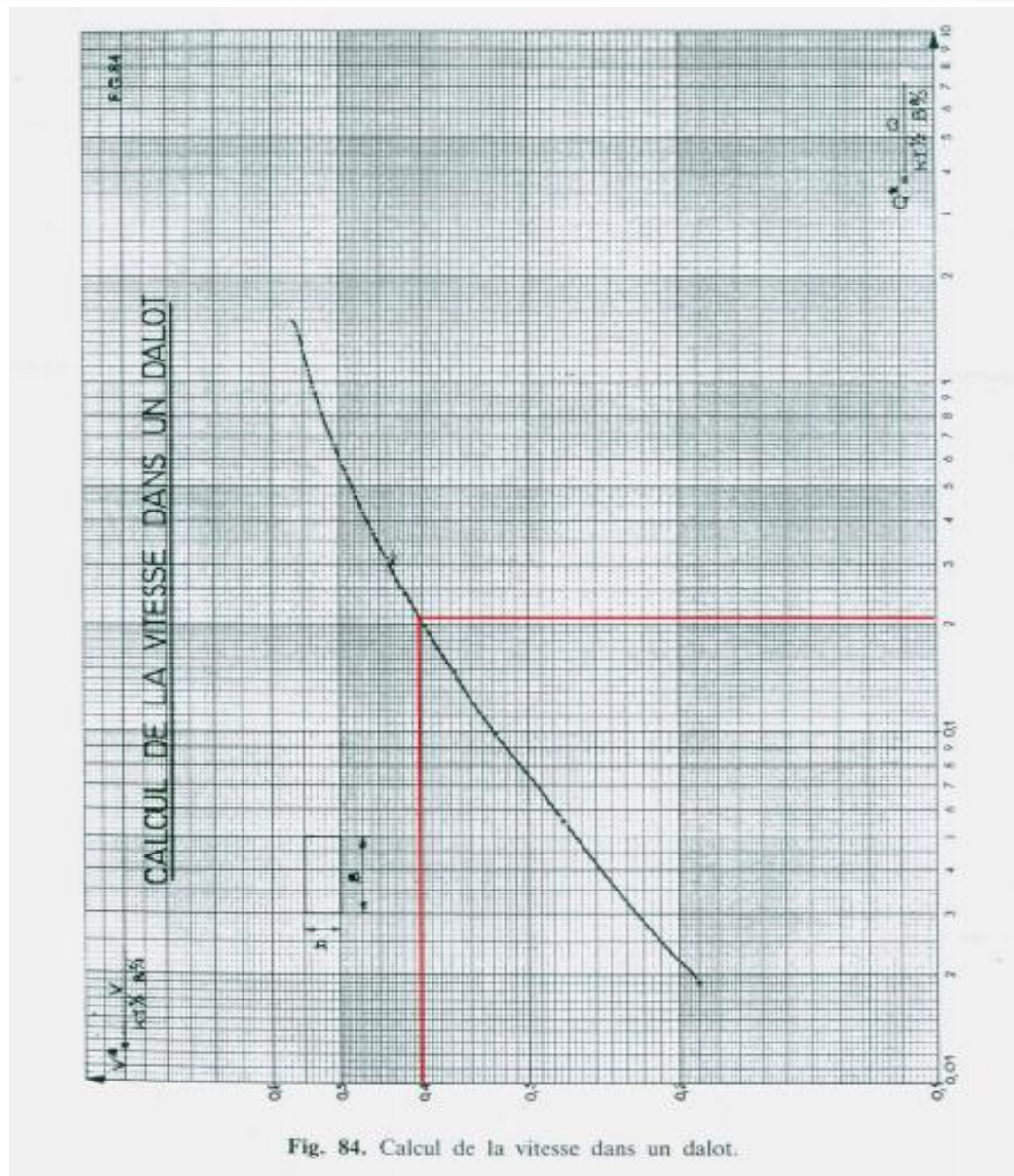


Fig. 84. Calcul de la vitesse dans un dalot.

4. Dimensionnement des sections hydraulique des caniveaux

Le principe de l'écoulement uniforme sera la base du dimensionnement hydraulique des caniveaux. La formule de Manning Strickler est donnée par le BCEOM :

$$Q = V \times S \text{ avec } V = K_s \times R^{2/3} \times \sqrt{I}$$

- V : vitesse d'écoulement dans le canal en m/s
- Q : débit s'écoulant dans le canal
- K_s : coefficient de rugosité pris à 67 pour le béton
- R : rayon hydraulique = section mouillée sur périmètre mouillée (S_m / P_m)
- I : pente du canal
- S : section mouillée (B x Y)
- P : périmètre mouillé = $B + 2h(1+m^2)^{0.5}$ avec $m=0$ pour les sections rectangulaires.

On fixe $V_{max} = 3\text{m/s}$ et $V_{min} = 0,5\text{m/s}$, pour les ouvrages en béton.

a. Principe de dimensionnement

La détermination des sections des caniveaux consiste soit à fixer la largeur de base et calculer le tirant d'eau, soit à procéder inversement. Le débit issu des sous-bassins est ensuite comparé par approximation successive au débit que peut évacuer le caniveau. Cette méthode permet d'ajuster la hauteur et la largeur jusqu'à obtenir un écart minimal entre les deux débits. Une revanche de 15 cm est ajoutée au tirant d'eau sur les dimensions définitives retenues. La pente est celle du terrain naturel obtenu dans le profil en long.

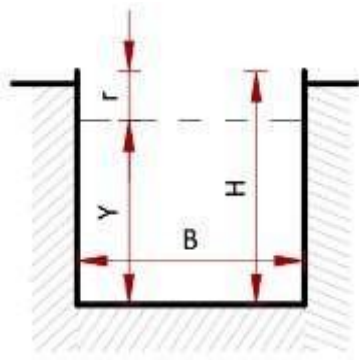


Figure : géométrie d'un caniveau à section rectangulaire

Tableau : résultat du dimensionnement des sections des caniveaux

Ouvrage longitudinal: Caniveaux

		$Q_p = K_s * S * R_h^{2/3} * I^{1/2}$								Débitance D		Variation	section S		revanche	vitesse	vitesse adm
Bassin versant	Assemblage SBV	K_s	B (m)	Y (m)	S (m ²)	P (m)	Rh (m)	I (‰)	Q (m ³ /s)	$D1 = K_s * S * R^{2/3}$	$D2 = Q / I^{1/2}$	$K = D1 - D2$	B (m)	H (m)	r (m)	V (m/s)	$0,5 < V(m/s) < 3$
BV1	SBVeq1 = SBV1-1	67	1	0.60	0.6	2.2000	0.27272727	1.3	1.326	16.91	1.163	15.74	1	0.96	0.36	1.4	Condition vérifiée
BV2	SBVeq2 = SBV2-2	67	0.8	0.40	0.32	1.6	0.2	3.8	0.5808	7.332	0.298	7.03	0.8	0.73	0.33	1.0	Condition vérifiée
	SBVeq3 = SBV2-2+SBV3-2	67	1	0.60	0.6000	2.2000	0.27272727	3.8	1.117	16.906	0.573	16.33	1	0.96	0.36	1.2	Condition vérifiée
	SBVeq4 = SBV2-2+SBV3-2+SBV4-2	67	1.2	0.80	0.9600	2.8000	0.34285714	3.8	1.965	31.508	1.008	30.50	1.2	1.19	0.39	1.4	Condition vérifiée

5. Dimensionnement des fossés triangulaire

Nous considérons une vitesse admissible de 0,9m/s et une pente prise à 1%

D'après le BCEOM pour les fossés triangulaires à talus 3/2 et 2/3 on a :

$$R = \left(\frac{V}{K \times \sqrt{I}} \right)^{3/2} = \frac{h \sqrt{13}}{10}$$

En faisant l'application numérique on a $R = 0,143$, nécessaire à la déduction de la profondeur du fossé :

$$h = \frac{10 \times R}{\sqrt{13}} = 0,395 \text{ m}$$

Prenons $h = 50 \text{ cm}$, la section transversale sera alors :

$$S = \frac{13 \times h^2}{12} = 0,271 \text{ m}^2$$

Soit une section de $0,271 \text{ m}^2$ devant évacuer un débit maximal de $0,244 \text{ m}^3/\text{s}$; au-delà de cette valeur il faudra prévoir des longueurs revêtir de manière à accroître la capacité.



Figure : fossé triangulaire en terre

Annexe III : DIMENSIONNEMENT STRUCTUREL DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Il s'agit ici de déterminer la section de béton et d'aciers garantissant la stabilité, la résistance ainsi que la durabilité face aux différentes sollicitations auxquelles sont soumis les ouvrages hydrauliques. Le dimensionnement fut réalisé à l'aide du logiciel CYPE.

Les charges d'exploitations routières à considérer seront :

- Les systèmes de charges A
- Les systèmes B (Bc, Bt, Br)
- Le système de charge militaire Mc120

a. Système A

Il s'agit de charges uniformément réparties, dont l'intensité varie selon la longueur de la zone surchargée. Ces charges correspondent à la présence d'une ou plusieurs files de véhicules à l'arrêt sur le pont. Ce type de chargement traduit des situations réelles telles que les embouteillages ou un trafic dense comprenant à la fois des voitures légères et des poids lourds. La valeur de ce chargement est déterminée par la formule suivante :

$$A(l) = \left(2,3 + \frac{360}{l+12}\right) \times a_1 \times a_2 \quad \text{avec} \quad a_2 = \frac{V_0}{V}$$

- a_1 : coefficient de dégression transversal obtenu en fonction de la classe du pont et du nombre de voie
- V_0 : largeur dépendant de la classe du pont en (m)
- V : largeur d'une voie en (m)
- $A(l)$: charge fonction de la largeur de voie chargée (kN/m²)
- l : largeur chargée (12m)

Classe du pont			Nombre de voies chargées a_1				
	Largeur roulable	V_0	1	2	3	4	5
1 ^{ère} classe	$L_r > 7\text{m}$	3,5 m	1	1	0,9	0,75	0,75
2 ^{ème} classe	$5,5 < L_r < 7\text{m}$	3 m	1	0,9	-	-	-
3 ^{ème} classe	$L_r < 5,5 \text{ m}$	2,75 m	0,9	0,8	-	-	-

L'ouvrage étant de 1^{ère} classe avec $n = 4$ voies, nous avons donc :

- $a_1 = 0,75$
- $V = \frac{Lc}{4} = 3 \text{ m}$
- $a_2 = \frac{V_0}{V} = \frac{3,5}{3} = 1,67$
- $A(l) = 2,3 + \frac{360}{12+12} \times 0,75 \times 1,17 = \boxed{15,46 \text{ kN/m}^2}$

b. Les systèmes de charges 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 :

- Le système B_c se compose de camions types
- Le système B_r se compose d'une roue isolée
- Le système B_t se compose de groupes de deux essieux dénommés essieux-tandems.

Les deux premiers systèmes B_c et B_r s'appliquent à tous les ponts quelle que soit leur classe ; le système B_t ne s'applique qu'aux ponts de première ou de deuxième classe.

- Le système B_c

Un camion type du système B_c comporte trois essieux, tous trois à roues simples munies de pneumatiques, et répond aux caractéristiques suivantes :

Masse totale	30 t
Masse portée par chacun des essieux arrière	12 t
Masse portée par l'essieu avant	6 t
Longueur d'encombrement	10,50 m

Largeur d'encombrement 2,50 m

Distance des essieux arrière 1,50 m

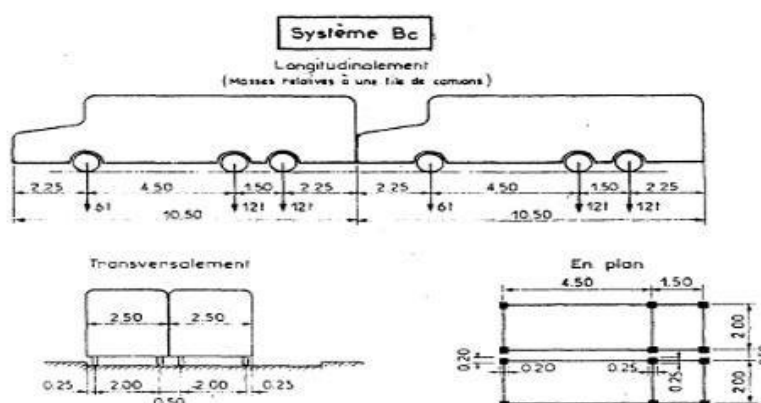
Distance de l'essieu avant au premier essieu arrière 4,50 m

Distance d'axe en axe des deux roues d'un essieu 2 m

Surface d'impact d'une roue arrière : carré de 0,25 m de côté

Surface d'impact d'une roue avant : carré de 0,20 m de côté.

On dispose sur la chaussée au plus autant de files ou convois de camions que la chaussée comporte de voies de circulation :



En fonction de la classe du pont et du nombre de files considérées, les valeurs des charges du système B_c prises en compte sont multipliées par les coefficients b_c du tableau suivant :

Nombre de files considérées		1	2	3	4	5
classe de pont	1ère classe	1,2	1,1	0,95	0,8	0,7
	2ème classe	1	1	-	-	-
	3ème classe	1	0,8	-	-	-

La valeur du coefficient de régression B_c = 0,8 pour une route à 4 voies.

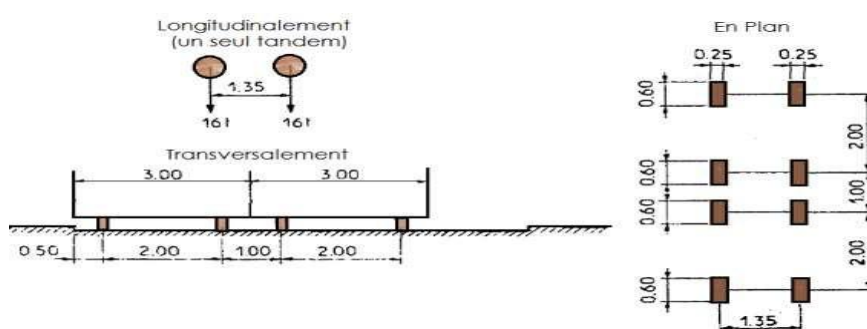
$$B_c = (12 \times 3 + 6) \times 4 \times 0,8 = 1344 \text{ kN}$$

- Système B_t :

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

Masse portée par chaque essieu	16 t.
Distance des deux essieux	1,35 m.
Distance d'axe en axe des deux roues d'un essieu	2 m.

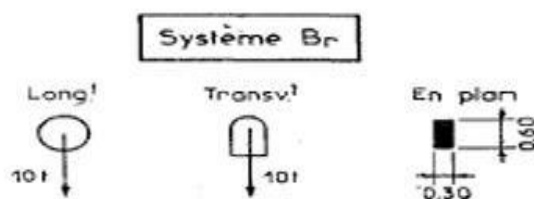
Dans les ponts biais, il est loisible, pour faciliter les calculs, de décaler suivant le biais les 2 tandems, ainsi que les roues homologues de chacun des essieux :



$$B_t = (160 \times 2) \times 2 = 640 \text{ kN}$$

- Système B_r :

La roue isolée, qui constitue le système B_r porte une masse de 10 tonnes. Sa surface d'impact sur la chaussée est un rectangle uniformément chargé dont le côté transversal mesure 0,60 m et le côté longitudinal 0,30 m.



$$B_r = 100 \text{ kN}$$

c. Le système de charge militaire Mc120

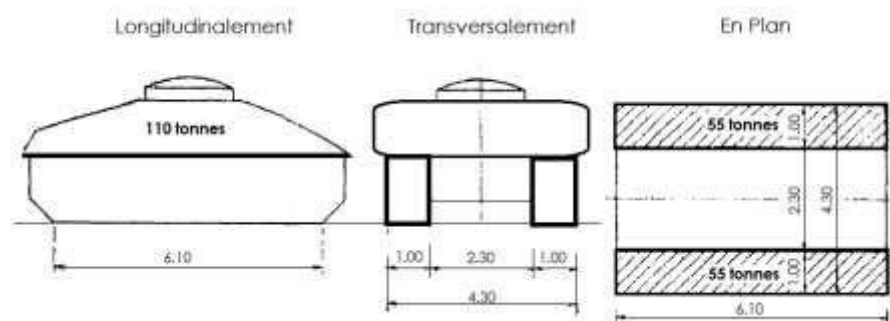
On distingue deux types de convois militaires : M80 et M120. Selon la nature des charges, ces convois peuvent être à chenilles ou à essieux. Dans le cadre de cette étude, le convoi à chenilles

M_C 120 a été retenu, car il génère les effets les plus défavorables sur la structure. La charge transmise au dalot par chaque chenille est évaluée à 55 tonnes.

Un véhicule type du système M_c 120 comporte deux chenilles et répond aux caractéristiques suivantes :

Masse totale	110 t.
Longueur d'une chenille	6,10 m.
Largeur d'une chenille	1 m.
Distance d'axe en axe des deux chenilles	3,30 m.

Le rectangle d'impact de chaque chenille est supposé uniformément chargé :



$$M_C 120 = 1100 \text{ kN}$$

Le logiciel Cype est un programme utilisé pour faire des calculs sur des éléments d'une structure métallique ou en béton armé. Il permet d'établir des plans avec les dimensions, les sections d'acier pour les étages, les poteaux, les voiles, etc. il est aussi capable de fournir un rapport détaillé contenant les données utilisées les résultats ainsi que les plans qui seront enregistrés en format DXF/DWG.

Normes et matériaux

- BAEL 91 modifié en 99
- Le fascicule n°61 titre II
- Béton B25
- Acier FeE400
- Enrobage extérieur et intérieur de 3,5cm

✚ Géométrie de l'ouvrage

2.- GÉOMÉTRIE

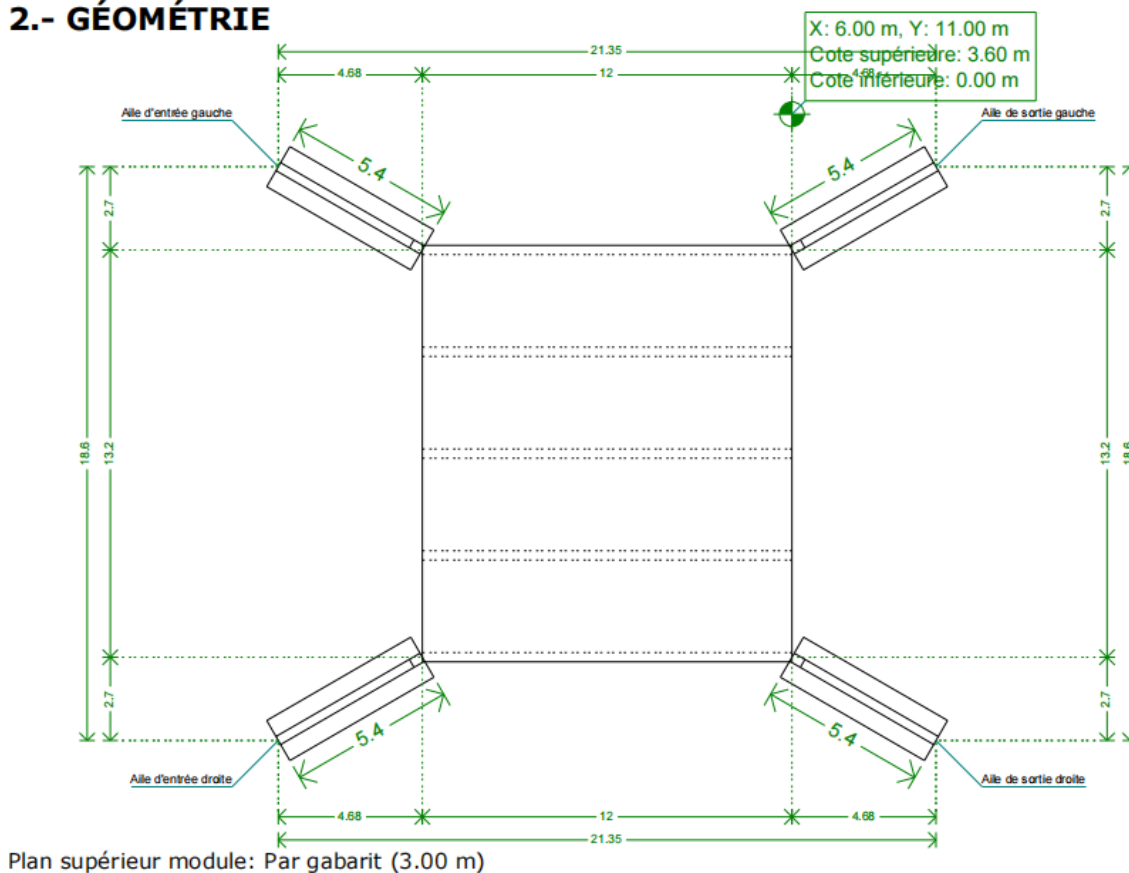


Figure : Modélisation de l'ouvrage sur CYPE

✚ Récapitulatif des données de la modélisation de l'ouvrage

MODULE

Épaisseurs	Piédroits: 30 cm Tablier/radier: 30 cm
Cellule 1	Mesure de la portée: Perpendiculairement à la paroi gauche Portée à l'entrée: 300 cm Portée en sortie: 300 cm
Mur intermédiaire 1	Épaisseur: 30 cm
Cellule 2	Mesure de la portée: Perpendiculairement à la paroi gauche Portée à l'entrée: 300 cm Portée en sortie: 300 cm
Mur intermédiaire 2	Épaisseur: 30 cm
Cellule 3	Mesure de la portée: Perpendiculairement à la paroi gauche Portée à l'entrée: 300 cm Portée en sortie: 300 cm
Mur intermédiaire 3	Épaisseur: 30 cm

MUR EN AILE D'ENTREE GAUCHE

Longueur totale: 5.40 m
 Longueur supérieure: 0.40 m
 Épaisseur en extrémité: 0.30 m
 Surcharge du terrain sur l'arrière: 5.00 kN/m²
 Épaisseur du mur: 0.30 m
 Épaisseur de la semelle: 0.30 m
 Débords semelle:
 - Arrière: 0.60 m
 - Avant: 0.60 m

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Longueur totale: 5.40 m
 Longueur supérieure: 0.40 m
 Épaisseur en extrémité: 0.30 m
 Surcharge du terrain sur l'arrière: 5.00 kN/m²
 Épaisseur du mur: 0.30 m
 Épaisseur de la semelle: 0.30 m
 Débords semelle:
 - Arrière: 0.60 m
 - Avant: 0.60 m

MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

Longueur totale: 5.40 m
 Longueur supérieure: 0.40 m
 Épaisseur en extrémité: 0.30 m
 Surcharge du terrain sur l'arrière: 5.00 kN/m²
 Épaisseur du mur: 0.30 m
 Épaisseur de la semelle: 0.30 m
 Débords semelle:
 - Arrière: 0.60 m
 - Avant: 0.60 m

MUR EN AILE DE SORTIE DROITE

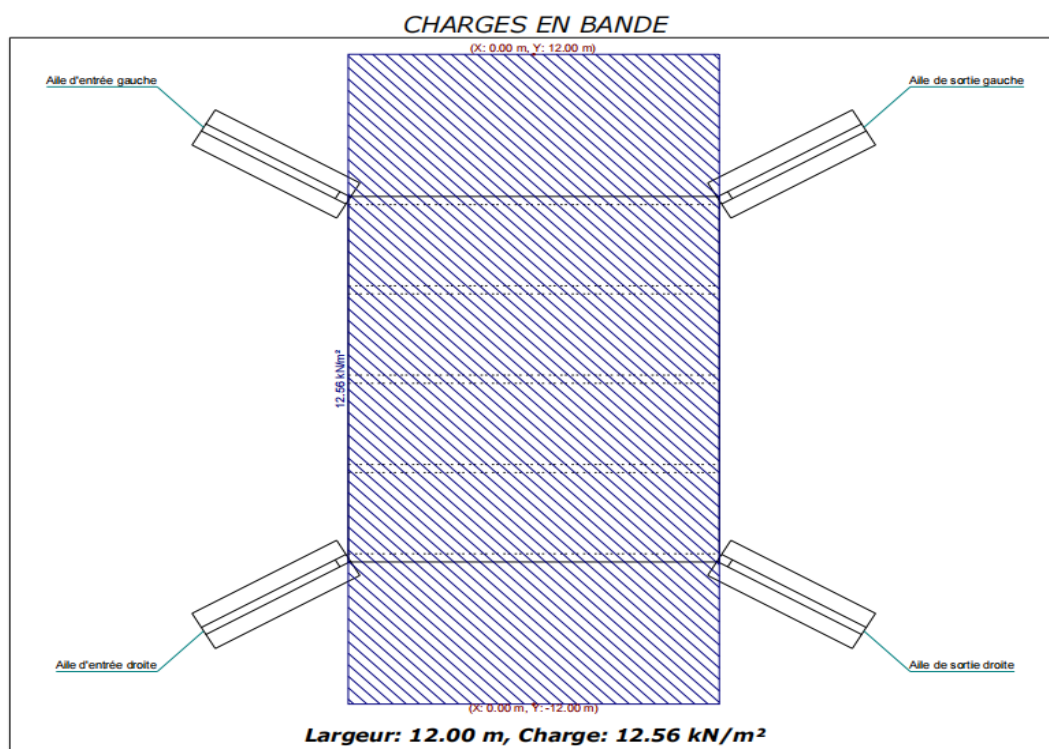
Longueur totale: 5.40 m
 Longueur supérieure: 0.40 m
 Épaisseur en extrémité: 0.30 m
 Surcharge du terrain sur l'arrière: 5.00 kN/m²
 Épaisseur du mur: 0.30 m
 Épaisseur de la semelle: 0.30 m
 Débords semelle:
 - Arrière: 0.60 m
 - Avant: 0.60 m

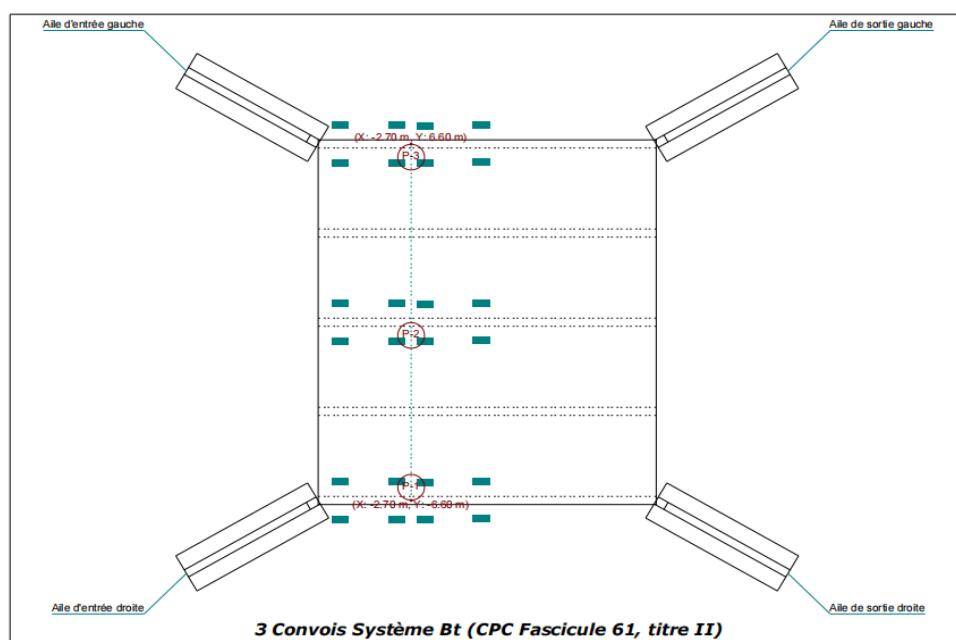
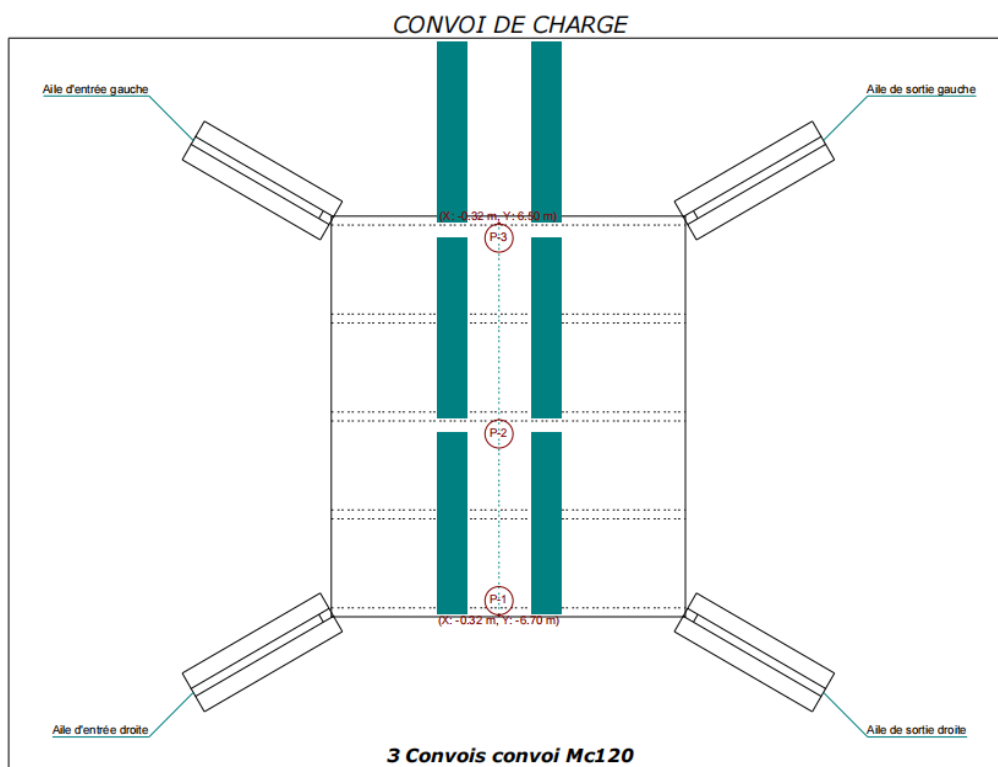
Terrains

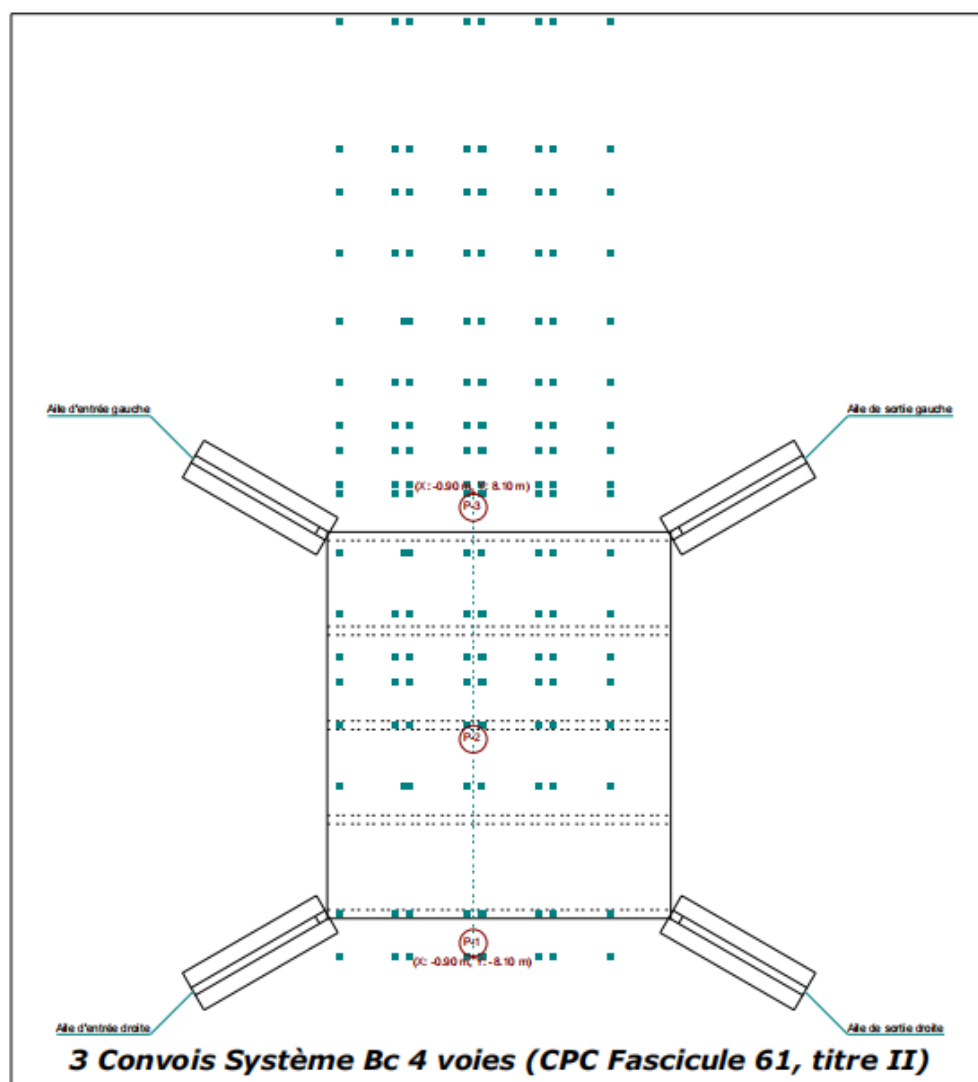
- Module de réactions : 90000 kN/m³
- Contrainte admissible sol d'assise : 150 kN/m²
- Angle de frottement interne : 38°
- Cohesion: 0 kN/m²
- Angle de transmission des charges : 45°

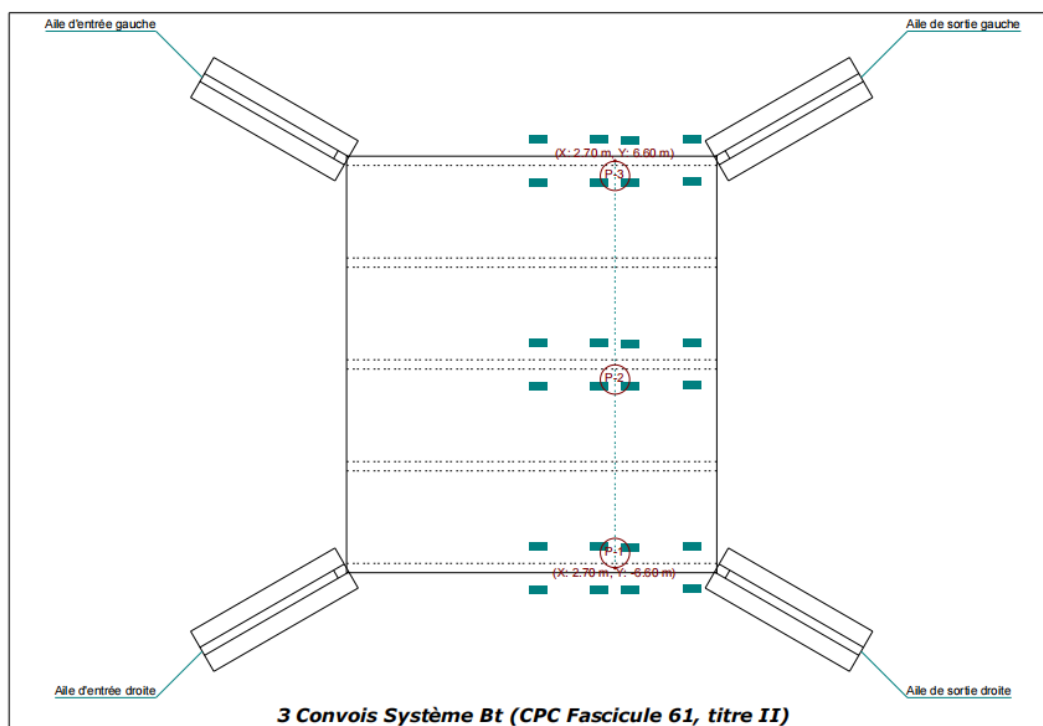
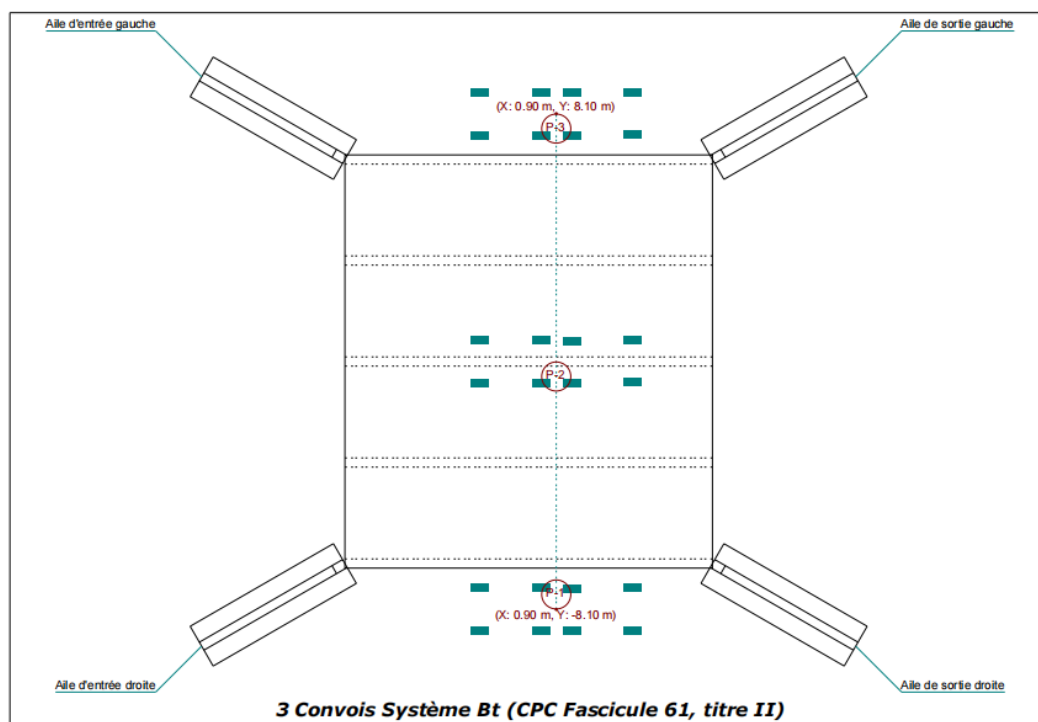
Actions

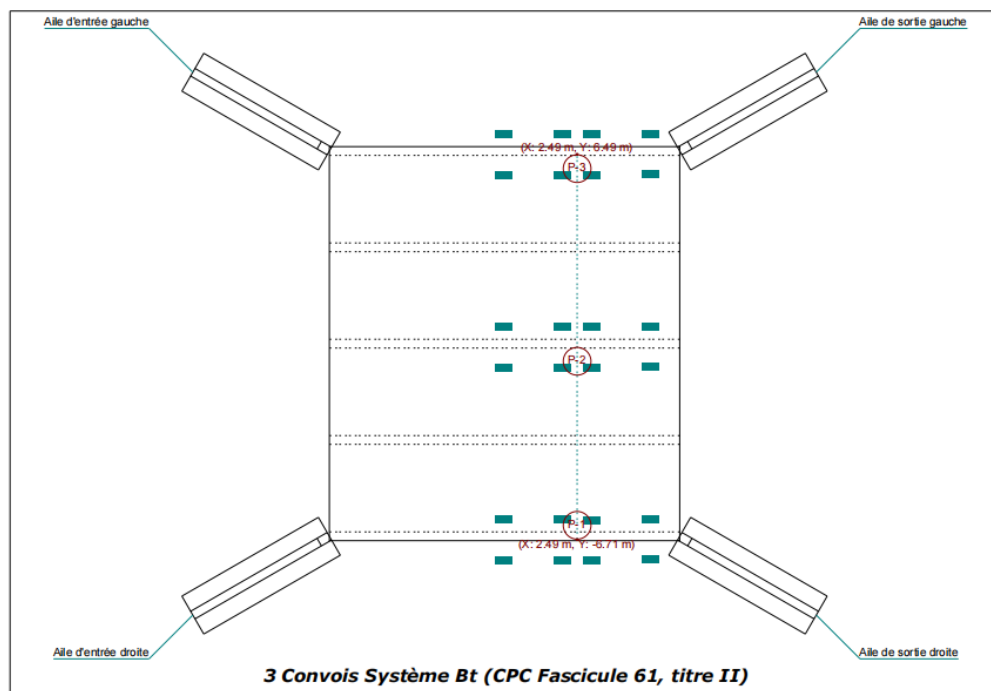
- Sans surcharge supérieure
- Sans surcharge inférieure
- Avec charge hydraulique : plan de surface libre de l'eau : par tirant d'eau (1,40 m)











🔧 Méthode de calcul

Le calcul de l'ouvrage est réalisé à l'aide de la méthode des éléments finis, en utilisant des éléments triangulaires de type lamelle épaisse, intégrant les effets de l'effort tranchant. Le maillage du pont-cadre est établi en fonction de ses dimensions géométriques, notamment l'épaisseur et la portée. Une analyse élastique linéaire permet de déterminer les efforts internes nécessaires au dimensionnement et à la vérification des sections en béton armé. Les déplacements obtenus servent également à vérifier les critères de service, tels que la flèche, les pressions exercées sur le sol et le soulèvement éventuel du radier.

✚ Résultats du dimensionnement

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA12e=20, crosse=42cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA14e=20, crosse=30cm	Renforts 1: HA10 - Murs 1 à 1 - Longueur ini. = 1.35m - Longueur fin. = 1.35m Renforts 2: HA10 - Murs 2 à 2 - Longueur ini. = 1.28m - Longueur fin. = 1.24m Renforts 3: HA10 - Murs 3 à 3 - Longueur ini. = 1.23m - Longueur fin.= 1.23m
	Inférieur	Longitudinal	HA12e=20, crosse=42cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA14e=20, crosse=30cm	

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
Radier	Inférieur	Longitudinal	HA12e=20, crosse=42cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA14e=20, crosse=30cm	Renforts 1: HA10 - Murs 1 à 1 - Longueur ini. = 1.35m - Longueur fin. = 1.35m Renforts 2: HA10 - Murs 2 à 2 - Longueur ini. = 1.42m - Longueur fin. = 1.38m Renforts 3: HA10 - Murs 3 à 3 - Longueur ini. = 1.16m

				- Longueur fin.= 1.16m
	Supérieur	Longitudinal	HA12e=20, crosse=42cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA14e=20, crosse=30cm	
Piédroit gauche	Arrière	Vertical	HA16e=20, crosse=35cm - Attente=0.33 m - Longueur crosse en pied=35 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
	Avant	Vertical	HA12e=20, crosse=42cm - Attente=0.33 m - Longueur crosse en pied=35 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
Piédroit droit	Arrière	Vertical	HA16e=20, crosse=35cm - Attente=0.36 m - Longueur crosse en pied=35 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
	Avant	Vertical	HA12e=20, crosse=25cm - Attente=0.33 m - Longueur crosse en pied=35 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
Mur intermédiaire 1	Gauche	Vertical	HA12e=20, crosse=42cm - Attente=0.33 m - Longueur crosse en pied=35 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
	Droite	Vertical	HA12e=20, crosse=42cm - Attente=0.33 m - Longueur crosse en pied=35 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
Mur intermédiaire 2	Gauche	Vertical	HA12e=20, crosse=42cm - Attente=0.33 m - Longueur crosse en pied=35 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	

	Droite	Vertical	HA12e=20, crosse=42cm - Attente=0.33 m - Longueur crosse en pied=35 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
Mur intermédiaire 3	Gauche	Vertical	HA12e=20, crosse=42cm - Attente=0.33 m - Longueur crosse en pied=35 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	
	Droite	Vertical	HA12e=20, crosse=42cm - Attente=0.33 m - Longueur crosse en pied=35 cm	
		Horizontal	HA12e=20, crosse=42cm	

MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE

Armature horizontale: HA10e=15 Armature longitudinale inférieure: HA10e=20, crosse=13cm Armature longitudinale supérieure: HA10e=20, crosse=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA10e=15 - Recouvrement =0.40m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.17m - Renfort : HA10 - Longueur=1.50m - Crosse =20cm Armature verticale avant: HA10e=15 - Recouvrement =0.25m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.17m	Transversal inférieur: HA10e=20 -Longueur crosse arrière=10cm -Longueur crosse avant=10cm Transversal supérieur: HA10e=20 -Longueur crosse arrière=10cm -Longueur crosse avant=10cm

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Armature horizontale: HA10e=15 Armature longitudinale inférieure: HA10e=20, crosse=13cm Armature longitudinale supérieure: HA10e=20, crosse=13cm	
Armature verticale	Armature semelle

Armature verticale arrière: HA10e=15 - Recouvrement =0.40m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.17m - Renfort : HA10 - Longueur=1.50m - Crosse =20cm Armature verticale avant: HA10e=15 - Recouvrement =0.25m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.17m	Transversal inférieur: HA10e=20 -Longueur crosse arrière=10cm -Longueur crosse avant=10cm Transversal supérieur: HA10e=20 -Longueur crosse arrière=10cm -Longueur crosse avant=10cm
--	--

MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

Armature horizontale: HA10e=15 Armature longitudinale inférieure: HA10e=20, crosse=13cm Armature longitudinale supérieure: HA10e=20, crosse=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière: HA10e=15 - Recouvrement =0.40m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.17m - Renfort : HA10 - Longueur=1.50m - Crosse =20cm Armature verticale avant: HA10e=15 - Recouvrement =0.25m - Crosse =20cm - Ancrage face supérieure =0.17m	Transversal inférieur: HA10e=20 -Longueur crosse arrière=10cm -Longueur crosse avant=10cm Transversal supérieur: HA10e=20 -Longueur crosse arrière=10cm -Longueur crosse avant=10cm

III. Dimensionnement des ouvrages longitudinaux

1. Normes et règles de calcul

- Fascicule 61 titre II
- Sollicitations déterminées par la méthode des tranches
- Le ferrailage suivra les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages en béton armé du BAEL 91 modifié 99.

2. Caractéristiques des matériaux

Béton

- Dosage 350 kg/m³
- Béton B25 de poids volumique $\varphi = 2,5 \text{ t/m}^3$
- Résistance à la compression à 28 jours $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
- Résistance à la traction à 28 jours $f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28} = 2,1 \text{ MPa}$
- Contrainte de calcul du béton en compression à l'ELU $\sigma_{bc} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b} = \frac{0,85 \times 25}{1 \times 1,5} = 14,17 \text{ MPa}$ avec $\theta = 1$ et $\gamma_b = 1,5$
- Contraint limite du béton en compression à l'ELS $\overline{\sigma}_{bc} = 0,6 \times f_{c28} = 0,6 \times 25 = 15 \text{ MPa}$
- Enrobage $e = 3 \text{ cm}$ et la fissuration est préjudiciable.

Acier

- Nuance : acier haute adhérence HA Fe E400
- Limite d'élasticité $f_e = 400 \text{ MPa}$
- Contrainte de calcul d'acier $\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 348 \text{ MPa}$ avec $\gamma_s = 1,15$
- Contrainte limite de l'acier $\overline{\sigma}_{st} = \min \left[\frac{2}{3} f_e ; \max (0,5 f_e ; 110 \sqrt{\eta f_{t28}}) \right] = 202 \text{ MPa}$ avec $\eta = 1,6$ car acier haute adhérence.

Remblai

Le remblai utilisé est le graveleux latéritique naturel.

- Poids spécifique du remblai $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- Coefficient de poussée de terres $K = 0,33$
- Angle de frottement $\varphi = 30^\circ$

Définition des charges appliquées

- Les charges permanentes :
 - Poids propre de l'ouvrage

- Poussé des terres sur les voiles
- Surcharge routière sur dalle : on considérera une charge routière Br de 10t pour le dimensionnement des dalles.

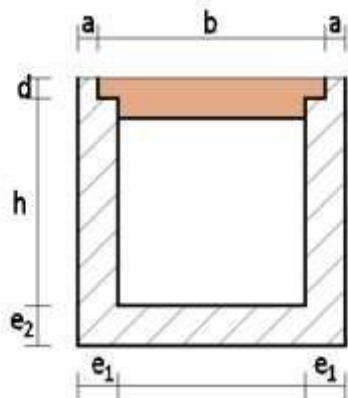


Figure : schémas de principe d'un caniveau

3. Pré-dimensionnement de la structure

Les calculs sont effectués d'une manière générale pour une bande de 1m. Les épaisseurs des dalles, radiers et piédroits sont pré-dimensionnées par la formule suivante :

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

- Ouverture du caniveau : $B = 130 \text{ cm}$
- Epaisseur de lèvre de la feuillure : $a = \frac{e}{2}$
- Rendent de la feuillure : $d = e - a$
- Porté de la dalle : $L_d = b + 2h$
- Epaisseur de la dalle e_d
- Largeur de la dalle : $L_d = B + 2a$
- Epaisseur du piédroit : e_1
- Epaisseur du radier : e_2

4. Calcul des charges et du ferrailage de la structure

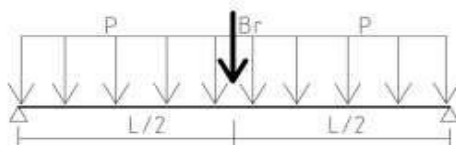


Figure : schémas illustrant les charges appliquées à la dalle

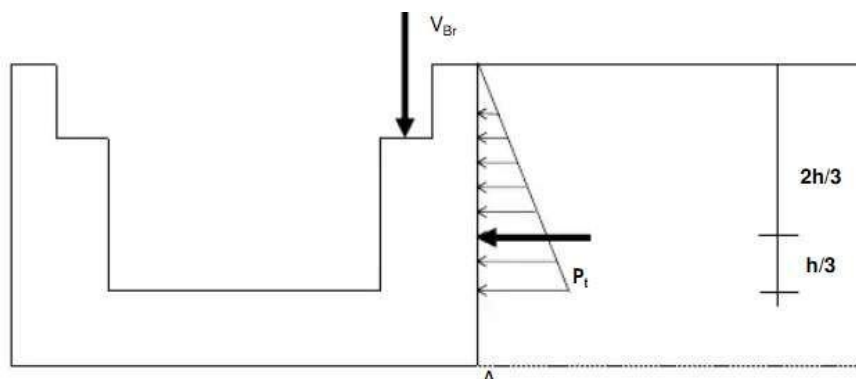


Figure : schémas illustrant les charges appliquées aux piliers

Tableau : Paramètre de calcul et pré-dimensionnement des caniveaux

GEOMETRIE		Caniveau 120x120	Caniveau 100x100	Caniveau 80x80	Unité
Ouverture du caniveau	B	1.2	1	0.8	m
hauteur libre	H	1.2	1	0.8	m
Epaisseur de voile	C	0.2	0.15	0.15	m
Epaisseur de radier	F	0.2	0.15	0.15	m
Epaisseur de la lèvre de feuillure	A	0.1	0.075	0.075	m
Largeur de la dalle	I	0.5	0.5	0.5	m
Epaisseur de la dalle	E	0.2	0.2	0.2	m
Longueur de la dalle	D	1.4	1.15	0.95	m
Portée de la dalle	L	1.38	1.13	0.93	m
MATERIAUX					
BETON					
Résistance à la compression à 28jrs	fc28	25	25	25	MPa
Dimension max des granulats	Dmax	25	25	25	mm
Poids volumique du Béton	γ_b	25	25	25	KN
ARMATURES					

Résistance des armatures	f_e	400	400	400	MPa
enrobage des armatures	e	3	3	3	Cm
SOL					
Poids volumique du sol	γ_s	20	20	20	KN/m ³
Angle de frottement	ϕ	35	35	35	°
CHARGES					
Charge Roue isolé 10T	Br	100	100	100	KN
Poids volumique de l'Eau	γ_e	10	10	10	KN/m ³

Tableau : dimensionnement de la dalle et du piédroit

CALCUL DES SOLlicitATIONS DE LA DALLE					
Moment fléchissant max à ELU	M_u	52.553	42.914	35.240	KN.m
Effort tranchant max à ELU	V_u	77.329	76.907	76.569	KN
Moment fléchissant max à ELS	M_{ser}	35.095	28.649	23.520	KN.m
Effort tranchant max à ELS	V_{ser}	51.725	51.413	51.163	KN

CALCUL BETON ARME: Flexion simple à l'ELU					
Épaisseur d'une dalle	E	0.2	0.2	0.2	m
Largeur	b	0.5	0.5	0.5	m
Hauteur utile	d	0.18	0.18	0.18	m
Moment de calcul ultime	M_u	0.053	0.043	0.035	MN.m
Effort tranchant ultime	V_u	0.077	0.077	0.077	MN
Moment réduit	μ_{bu}	0.114	0.093	0.077	-
Avons-nous $\mu_{bu} \leq 0,186$?		Oui	Oui	Oui	-
Rapport M_u/M_{ser}	Y	1.497	1.498	1.498	-
Moment réduit critique	μ_c	0.391	0.391	0.391	-
Avons-nous $\mu_{bu} \leq \mu_c$?		Oui	Oui	Oui	-
Armature de compression nécessaire?		Pas besoin	Pas besoin	Pas besoin	-
Position de la fibre neutre	α_u	0.152	0.123	0.100	-
Bras de levier du couple élastique	Z_u	0.169	0.171	0.173	m

Section d'armature tendue	Au	8.394	6.854	5.629	Cm ²
Condition de non fragilité	Amin	1.087	1.087	1.087	Cm ²

VERIFICATION A L'ELS: Flexion simple à l'ELS					
Moment max à l'ELS	Mser	35.095	28.649	23.520	Mpa
Calcul de l'axe neutre	Yser	0.078	0.072	0.067	m
moment quadratique	Iser	0.000370	0.000309	0.000258	m ⁴
Contrainte réelle de compression du béton	σ_{bc}	7.422	6.716	6.103	Mpa
Contrainte limite de compression du béton	σ_{bc}^*	15	15	15	Mpa
Vérification du béton à l'ELS	-	condition vérifiée	condition vérifiée	condition vérifiée	-
Contrainte réelle de l'acier	σ_s	144.63	149.62	154.34	Mpa
Contrainte limite de l'acier	σ_s^*	202	202	202	Mpa
		condition vérifiée	condition vérifiée	condition vérifiée	
Contrainte de cisaillement	Tu	0.859	0.855	0.851	Mpa
Contrainte limite tangentielle	τ	3.33	3.33	3.33	Mpa
Vérification	-	condition vérifiée	condition vérifiée	condition vérifiée	
Calcul des armatures Tendue par face	Ast/face	4.197	3.427	2.814	cm ²
Choix d'armatures tendues	HA	2x 6HA10	2x 5HA10	2x 6HA8	-
Section commerciale	As	9.420	7.860	6.040	cm ²
Espacement minimal longitudinal	Emin	3.750	3.750	3.750	cm
Espacement longitudinal retenu	E	17.000	17.000	17.000	cm
Choix d'armatures transversales	HA	5HA8	5HA8	5HA8	-
Section commerciale	As	2.510	2.510	2.510	Cm ²
Espacement	Er	20.000	20.000	20.000	cm

PIEDROIT SANS DALLE					
DISTANCE ET CALCUL DES DISTANCES		Caniveau 120x120	Caniveau 100x100	Caniveau 80x80	Unité
distance adoptée	a	0.65	0.65	0.65	m
Hauteur h= E+H	h	1.4	1.2	1	m
cote Z1=a.tanφ	Z1	0.455	0.455	0.455	m
cote Z2=a.Cot(Π/4-φ/2)	Z2	0.577	1.249	0.577	m
cote Zp=0,5*(Z1+Z2)	Zp	0.516	0.852	0.516	m
Bras dde levier (A,P) Lp=h-Zp	Lp	0.884	0.348	0.484	m
Bras dde levier (A,Pt) Lpt=h/3	Lpt	0.467	0.400	0.333	m
CALCUL DES SOLLICITATIONS (SANS DALLE)					
Coefficient de poussée	Ka	0.271	0.271	0.271	-
Resultante du à la charge Br (ELU)	P	78.085	78.085	78.085	KN
Resultante du au poussée de terre (ELU)	Pt	2.901	2.158	1.480	KN
Moment max à ELU	Mu	70.398	28.037	38.304	KN.m
Effort tranchant max à l'ELU	Vu	80.986	80.243	79.565	KN
PIEDROIT AVEC DALLE					
Hauteur h= E+H	h	1.4	1.2	1	m
Bras dde levier (A,Pt) Lpt=h/3	Lpt	0.467	0.400	0.333	m
CALCUL DES SOLLICITATIONS (AVEC DALLE)					
Coefficient de poussée	Ka	0.271	0.271	0.271	-
Resultante du au poussée de terre (ELU)	Pt	13.05	9.59	6.66	KN
Moment d'encastrement max à ELU	Mu	6.091	3.836	2.220	KN.m
Effort tranchant max à l'ELU	Vu	13.05	9.59	6.66	KN

Effort normal max à l'ELU	Nu	85.13	83.44	83.44	KN
Effort normal max à l'ELS	Nser	57.50	56.25	56.25	KN
RECAP DES SOLlicitATIONS MAXIMALES DES PIEDROITS					
Moment d'encastrement max à ELU	Mu	70.398	28.037	38.304	KN.m
Moment d'encastrement max à ELS	Mser	47.384	18.979	25.700	KN.m
Effort tranchant max à l'ELU	Vu	81.0	80.24	79.57	KN
Effort normal max à l'ELU	Nu	85.13	83.44	83.44	KN
Effort normal max à l'ELS	Nser	57.50	56.25	56.25	KN
CALCUL BETON ARME					
Epaisseur du piedroit	C	0.2	0.15	0.15	m
Largeur	b	1	1	1	m
Hauteur utile	d	0.18	0.135	0.135	m
Moment de calcul ultime	Mu	0.070	0.028	0.038	MN.m
Effort normal ultime	Nu	0.085	0.083	0.083	MN
Excentricité	e	0.83	0.34	0.46	m
Effort de compression centré	Nbmax	3.97	2.55	2.13	-
Coefficient de remplissage Psi	ψ	0.021	0.033	0.039	-
$\psi < 0,81$ excentricité critique relative	ξ	0.166	0.166	0.166	-
Excentricité critique	Ec	0.033	0.025	0.025	m
Etat de section	-	SPC	SPC	SPC	
Moment fictif	Muf	0.077	0.033	0.043	MN.m
Moment réduit	μ_{bu}	0.153	0.109	0.148	-
Verification $\mu < 0,186$	-	Pivot A	Pivot A	Pivot A	-
Position relative de la fibre neutre	α_u	0.209	0.144	0.202	-
Bras de levier du couple élastique	Zu	0.165	0.127	0.124	m

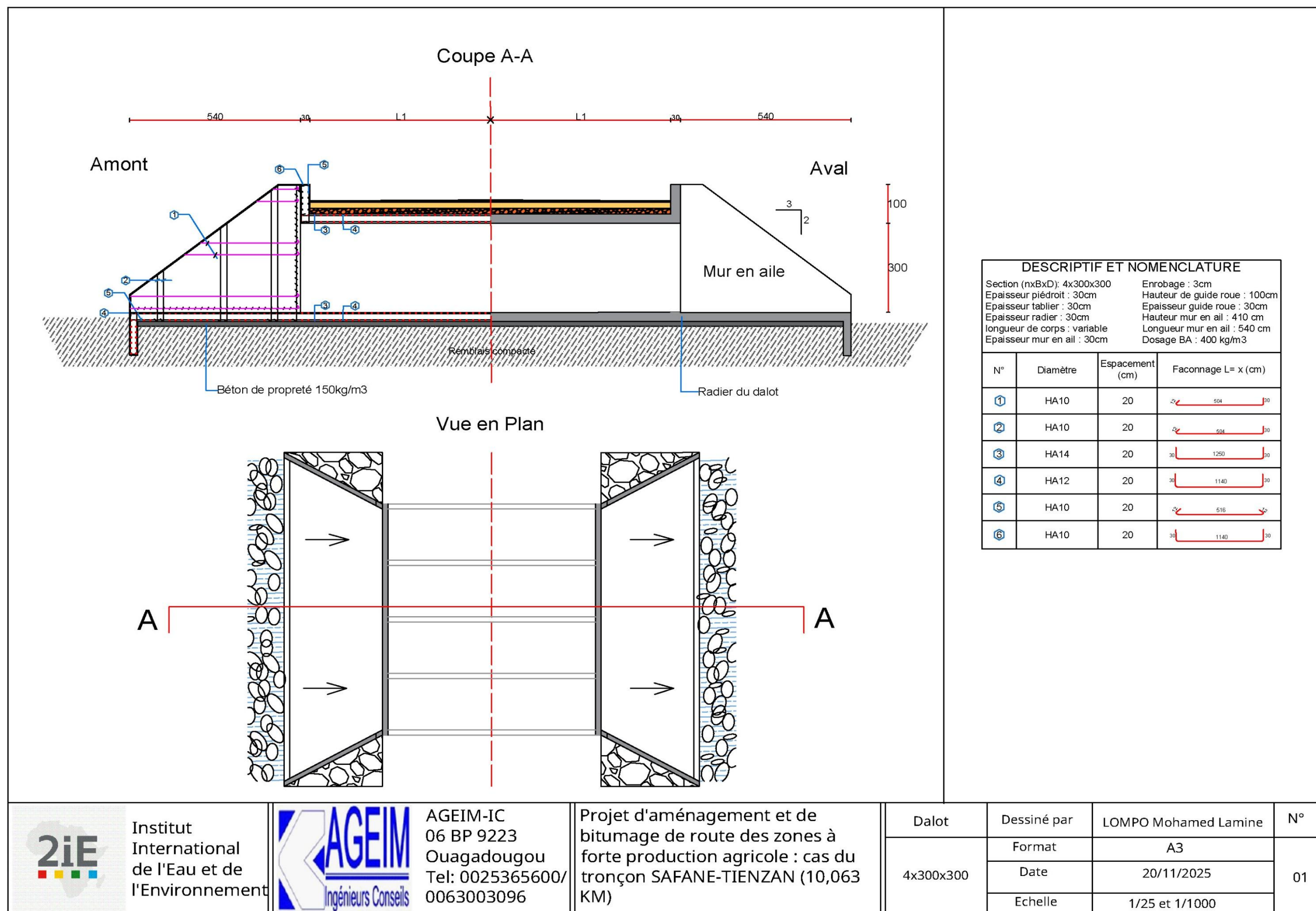
Section d'armature	As	13.458	7.467	10.033	Cm ²
VERIFICATION A L'ELS					
Calcul de l'axe	Y _{ser}	0.067	0.045	0.050	m
moment quadratique	I _{ser}	0.000409	0.000136	0.000172	m ⁴
Contrainte réelle de compression du béton	σ_{bc}	7.809	6.259	7.547	Mpa
Contrainte limite de compression du béton	σ_{bc}^*	15	15	15	Mpa
Vérification du béton à l'ELS	-	condition vérifiée	condition vérifiée	condition vérifiée	-
Contrainte réelle de l'acier	σ_s	195.60	188.27	189.75	Mpa
Contrainte limite de l'acier	σ_s^*	202	202	202	Mpa
		condition vérifiée	condition vérifiée	condition vérifiée	-
Quand la vérification à l'ELS n'est pas vérifiée, il faut redimensionner la section à l'Etat Ultime de service					
calcul de U	U	0.217	0.155	0.000	-
calcul de lambda	λ	1.217	1.155	0.000	-
calcul de lambda exp(-3/2)	$\lambda \exp(-3/2)$	0.745	0.806	0.000	-
calcul de Psi	ϕ	41.870	36.296	0.000	-
Cos(240 + $\phi/3$)	X	-0.276	-0.307	0.000	-
Calcul de α	α	0.390	0.339	0.000	-
Contrainte du béton	σ_{bc}	8.617	6.919	0.000	Mpa
Vérification du béton	-	condition vérifiée	condition vérifiée	condition vérifiée	-
Calcul des armatures	As	10.023	12.712	13.031	Cm ²
Armature par face	As/fce	5.011	6.356	6.515	Cm ²
Choix des armatures	HA	7HA10	6HA12	6HA12	
Section d'Acier commercial	-	5.5	3.02	2.51	Cm ²
Espacement minimal	E _{min}	3.75	3.75	3.75	Cm

Espacement minimal	Er	20	17	20	Cm
Acier de Répartition	Ar	2.51	2.51	2.51	Cm ²
Choix des armatures reparties	HA	5HA8	5HA8	5HA8	-
Espacement minimal	Emin	3.75	3.75	3.75	Cm
Espacement minimal	Er	20	20	20	Cm

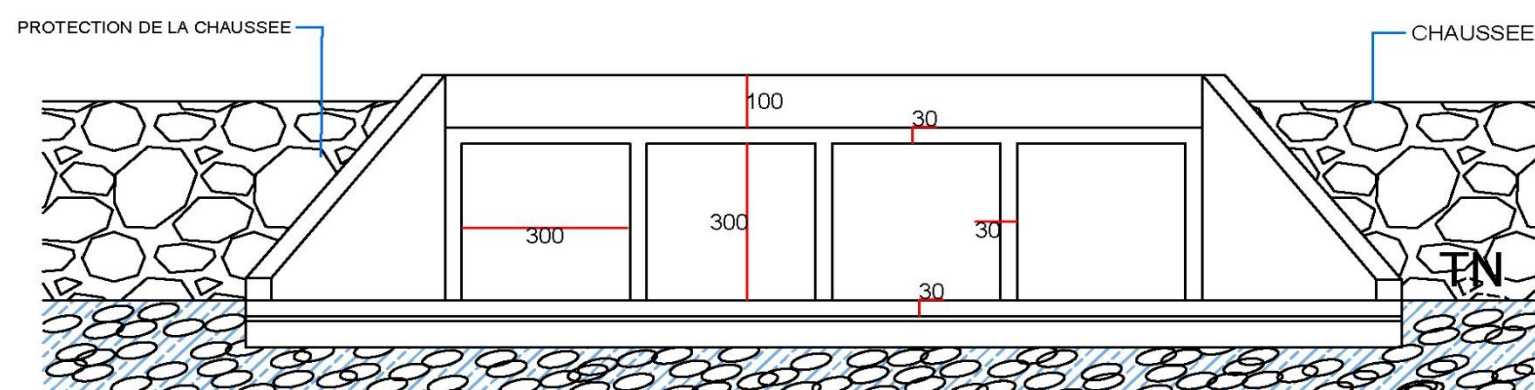
Récapitulatif des section d'acier

Elément de l'ouvrage	Disposition	Caniveau 120 x 120	Caniveau 100 x 100	Caniveau 80 x 80
Dalette	Supérieur	6HA10 e=17cm	5HA10 e=20cm	6HA8 e=17cm
	Inférieur	6HA10 e=17cm	5HA10 e=20cm	6HA8 e=17cm
	Répartition	5HA8 e=20cm	5HA8 e=20cm	5HA8 e=20cm
Piédroit	Principale	2x6HA10 e=17cm	2x5HA10 e=20cm	2x5HA8 e=20cm
	Transversale	5HA8 e=20cm	5HA8 e=20cm	5HA8 e=20cm
Radier	Supérieur	6HA10 e=17cm	6HA10 e=17cm	5HA8 e=20cm
	Inférieur	6HA10 e=17cm	6HA10 e=17cm	5HA8 e=20cm
	Répartition	5HA8 e=20cm	5HA8 e=20cm	5HA8 e=20cm

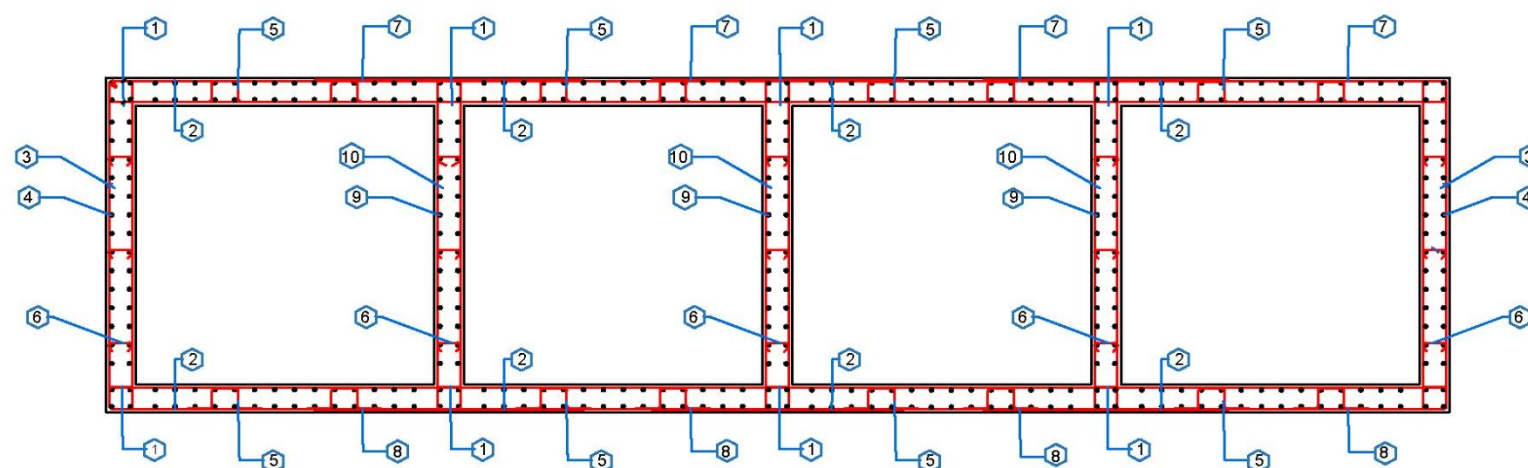
PLAN D'EXCECUTION DES OUVRAGES HYDRAULIQUES



VUE DE FACE DU DALOT



FERRAILLAGE DU DALOT



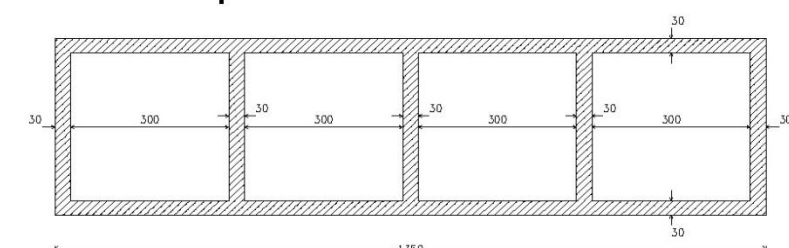
Descriptif et nomenclature

Section (nxBxD): 4x300x300
Epaisseur piédroit : 30cm
Epaisseur tablier : 30cm
Epaisseur radier : 30cm
longueur de corps : variable
Epaisseur mur en ail : 30cm

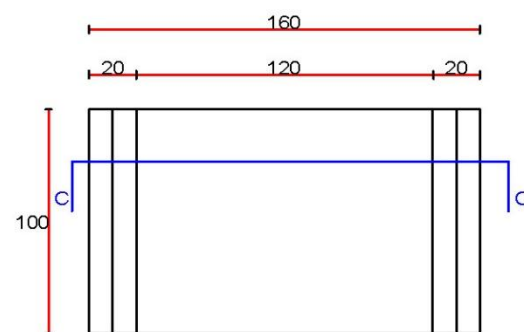
Enrobage : 3cm
Hauteur de guide roue : 100cm
Epaisseur guide roue : 30cm
Dosage BA : 400 kg/m3
Dosage BP : 150kg/m3

N°	Diamètre (mm)	Espacement (cm)	Faconnage L = x(cm)
1	HA 14	20	
2	HA 12	20	
3	HA16	20	
4	HA 12	20	
5	HA 10	2/m²	
6	HA 10	3/ml	
7	HA 10	1/piedroit	
8	HA 10	1/piedroit	
9	HA 12	20	
10	HA 12	20	

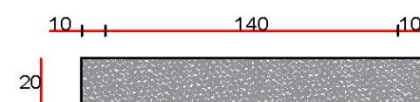
Coupe transversale du dalot



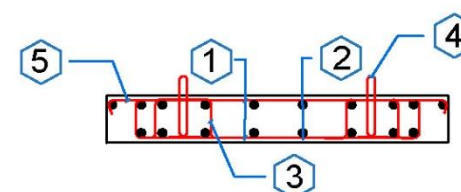
Vue en plan du caniveau



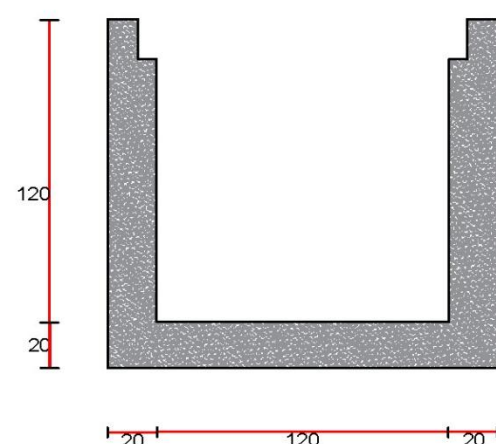
Coupe A-A



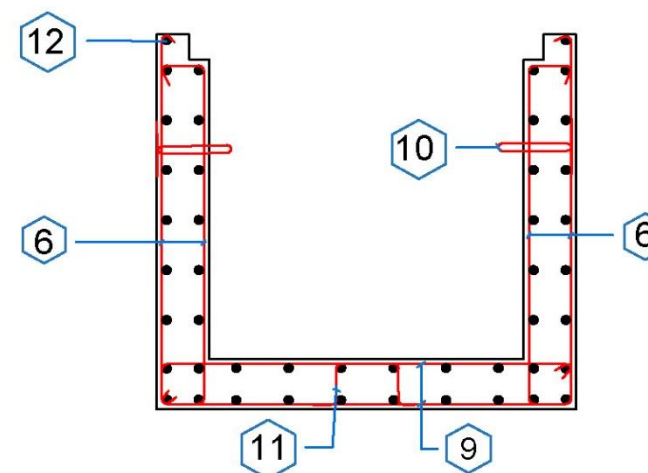
Plan de ferrailage dalette



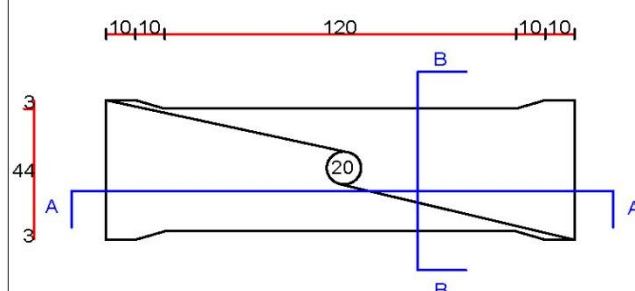
Coupe transversale C-C



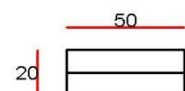
Plan de ferrailage caniveau



Vue en plan de la dalle



Coupe transversale B-B



Descriptif et nomenclature

Section (B x D): 120x120
Epaisseur piedroit : 20cm
Epaisseur dalette : 20cm
Epaisseur radier : 20cm
longueur de corps : variable

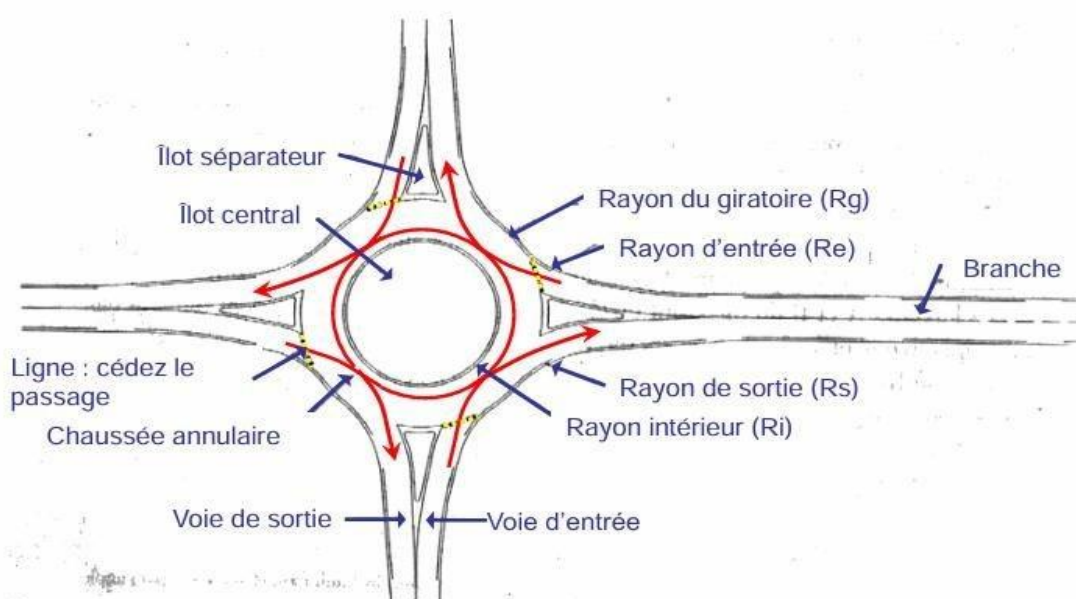
Enrobage : 3cm
Hauteur de fouille: 150cm
largeur de fouille: 180cm
Dosage BA : 350 kg/m3
Dosage BP : 150kg/m3

N°	Diamètre (mm)	Espacement (cm)	Faonnage L = x(cm)
1	HA 10	17	220
2	HA 8	20	100
3	HA 8	2/m²	20 12 12 20
4	HA 12	50	20 50 20
5	HA 10	17	15 120 15
6	HA 10	17	15 120 15
7	HA 8	20	100
8	HA 8	20	100
9	HA 10	17	15 120 15
10	HA 12	50	20 50 20
11	HA 8	1/m²	20 30 20
12	HA 8	20	100

Annexe IV : AMÉNAGEMENT, SÉCURITÉ ROUTIÈRE, ÉCLAIRAGE ET SIGNALISATION

I. Aménagement routier

Les dimensions d'un carrefour giratoire doivent épouser parfaitement l'emprise disponible du terrain, la configuration transversale de la route principale et bien d'autres facteurs. Différents paramètres sont à prendre en compte pour bien réussir le dimensionnement de notre carrefour



La détermination de ces paramètres doit respecter les normes en vigueur donné par l'aménagement des carrefours interurbains. Pour un rayon de giratoire égale à 15 m, les spécifications géométriques du carrefour sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Tableau : paramètres de construction du giratoire

	Notation	Paramétrage	Valeurs courantes en m
Rayon du giratoire	R_g	$12m \leq R_g \leq 25m$	15
Largeur de l'anneau	la	$6m \leq la \leq 9m$	7
Sur-largeur franchissable	slf	$1,5m$ si $R_g \leq 15 m$	1,5
Rayon intérieur	R_i	$R_g - la - slf$	6,5
Rayon d'entrée	R_e	$10m \leq R_e \leq 15m$ et $\leq R_g$	15
Largeur de la voie entrante	le	$le = 4m$	4

Rayon de sortie	Rs	$15m \leq Rs \leq 30m$ et $> Ri$	20
Largeur de la voie sortante	ls	$4m \leq ls \leq 5m$	4
Rayon de raccordement	Rr	$Rr = 4Rg$	60

Source : Aménagement des carrefours interurbain

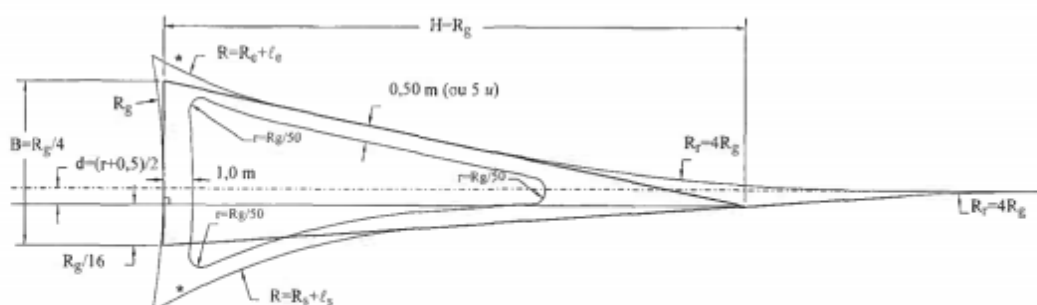
Ilot : Aménagement centrale ou latéral généralement surélevé, implanté dans la chaussée afin d'organiser, canaliser ou sécuriser les mouvements de circulation.

Il présente généralement une forme triangulaire évasée à la base et est conçu selon un triangle de référence. Ses dimensions géométriques dépendent du rayon de giration et sont listées dans le tableau ci-dessous :

Tableau : paramètres de construction des ilots séparateurs

	Notation	Paramétrage	Valeurs courantes en m
Rayon du giratoire	Rg		15
Hauteur du triangle de construction	H	$H = Rg$	15
Base du triangle de construction	B	$B = Rg / 4$	3,75
Départ de l'îlot sur l'axe	d	$d = (0,5 + Rg/50)/2$ ou 0	0,4
Rayon de raccordement des bordures	r	$r = Rg / 50$	0,3

Source : Aménagement des carrefours interurbain



II. Sécurité routière, éclairage et signalisation

La signalisation, la sécurité routière et l'éclairage constituent des éléments essentiels pour garantir la sûreté et la fluidité de la circulation sur une infrastructure routière. Ce chapitre présente les dispositions prévues pour assurer une signalisation conforme aux normes en vigueur, la mise en place d'équipements de sécurité adaptés, ainsi que l'installation d'un système d'éclairage efficace. L'ensemble de ces aménagements vise à améliorer la visibilité, prévenir les risques d'accidents et assurer le confort des usagers, de jour comme de nuit.

1. Signalisation Verticale Définitive

Tableau : Signalisation verticale définitive

Position du panneau du début vers la fin projet	Position par apport à la chaussée	Type de panneau	Illustration	Nombre de panneau	Description
Au niveau des lieux publics	De part et d'autre de la chaussée; 50 m avant l'obstacle(Aggl)	A2b		4	Panneau de pré-signalisation d'un ralentisseur type dos-d'âne
A chaque intersection	A chaque intersection	AB4		8	Signal de position : arrêt à l'intersection
A proximité des passages piétons	De part et d'autre de la chaussée; 50 m avant l'obstacle(Aggl)	A13b		13	Panneau de pré-signalisation d'un passage pour piéton
A proximité des écoles	De part et d'autre de la chaussée; 50 m avant l'obstacle(Aggl)	A13a		1	Panneau de pré-signalisation d'un endroit fréquenté par les enfants

Au niveau des succession de virage	De part et d'autre de la chaussée; 150 m avant l'obstacle (Hors aggl)	AC1		1	Panneau de pré- signalisation d'une succession de virages dont le premier est à droite
Au niveau des succession des virage à droite	De part et d'autre de la chaussée; 150 m avant l'obstacle (Hors aggl)	A1b		2	Panneau de pré- signalisation : virage à droite
Au niveau d'un pont ou un dalot	De part et d'autre de la chaussée; 50 m avant l'obstacle (Aggl)	A3		1	Panneau de pré- signalisation d'une chaussée rétrécie
A l'entrée du carrefour giratoire	A l'entrée du carrefour giratoire	AB3a		3	Signal de position : cédez le passage à l'intersection

A proximité du giratoire	A droite de la route ; 50m avant l'obstacle (Aggl)	AB25		3	Panneau de pré signalisation : carrefour à sens giratoire
150 m avant la zone d'agglomération	De part et d'autre de la route	B14		2	Panneau renseignement : limitation de vitesse à 50 km/h
150 m après la zone d'agglomération	De part et d'autre de la route	B33		2	Panneau renseignement : Fin de limitation de vitesse à 50 km/h
Au niveau des passages piétons	De part et d'autre de la route	C20a		16	Signal de position : passage pour piétons

Au niveau des ralentisseurs	De part et d'autre de la route	C27		8	Signal de position : ralentisseur type dos- d'âne
Au niveau des arrêts de bus	A gauche de la route	C6		2	Signal de position : Lieu aménagé pour les autobus
Au niveau des lieux de stationnement	A droite de la route	C1a		1	Signal de position : Lieu aménagé pour le stationnement
Au niveau du giratoire	Sur l'îlot central	B21-1		3	Obligation de tourner à droite avant le panneau
Au niveau de l'îlot séparateur	Sur l'îlot séparateur	J5		3	Signalisation des têtes d'îlots directionnels à contournement par la droite

Tous les 4 km en rase campagne	De part et d'autre de la route	E52		4	Borne kilométrique
En entrée d'agglomération	De part et d'autre de la route	EB10		2	Panneau d'entrée d'agglomération
En sortie d'agglomération	De part et d'autre de la route	EB20		2	Panneau de sortie d'agglomération

2. Signalisation verticale temporaire

Tableau : Signalisation temporaire

Illustration	Type de panneau	Description
	KD22	Direction de déviation
	KD42	Pré-signalisation de déviation
	KD69	Fin de déviation
	AK14	Dangers particulier ; la nature peut ou non être précisée
	Dispositif conique K5a	Signalisation de position des limites d'obstacles temporaires

	AK5D	Travaux
	Ruban K14	Signal de délimitation de chantier

3. Signalisations horizontales

La signalisation horizontale regroupe l'ensemble des marquages appliqués sur la chaussée et ses abords. Elle est réalisée généralement à l'aide de peintures routières ou de résines. Son rôle principal est de guider, renseigner et réguler la circulation des usagers grâce aux indications visuelles au sol.

Les éléments principaux de la signalisation horizontale sont :

- Les lignes longitudinales : axes centraux et lignes de rives ;
- Les lignes transversales : les stops, cédez-le-passage, passage piétons ;
- Les symboles au sol : les flèches directionnelles, limitation de vitesse ;
- Les marquages spéciaux : zones de stationnement etc.

Nous avons trois types de modulations de lignes longitudinales avec leurs variantes comme illustré sur la figure suivante :

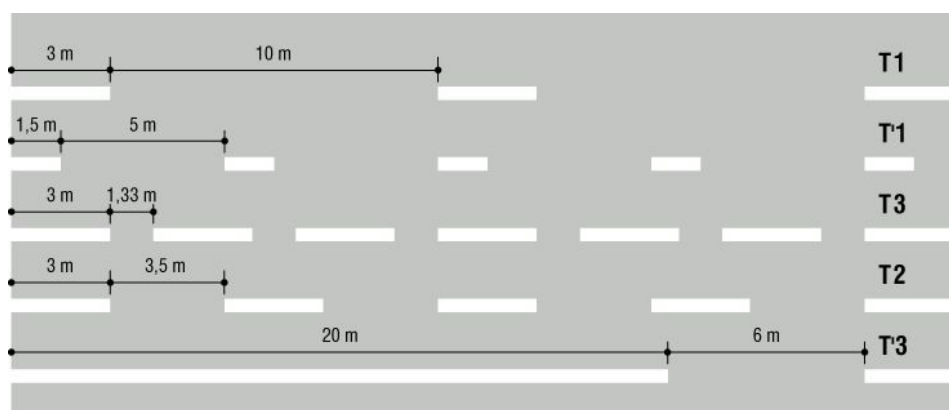
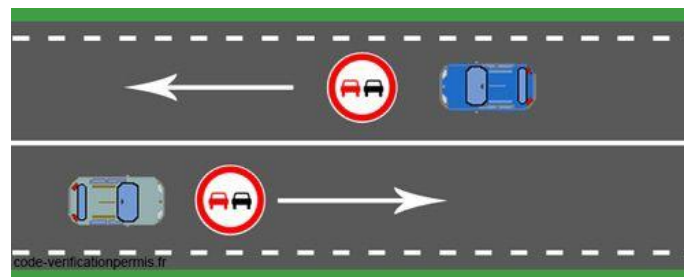


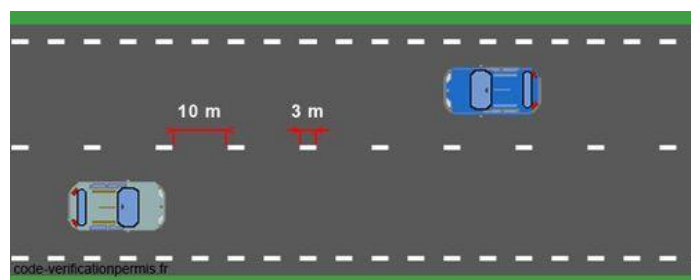
Figure : Illustration des types de modulations de lignes discontinues

Source : IISR 7^{ème} partie marquage au sol.**a. Les lignes longitudinales**

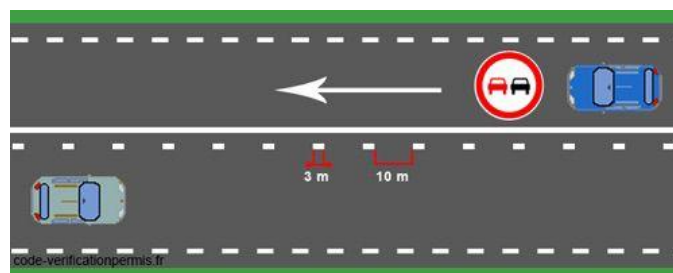
- Les lignes continues axiales : généralement réalisé pour ne pas franchir que ce soit pour effectuer un dépassement, tourner ou faire demi-tour. Elle peut néanmoins être discontinu un bref instant dans une intersection afin de changer de direction.



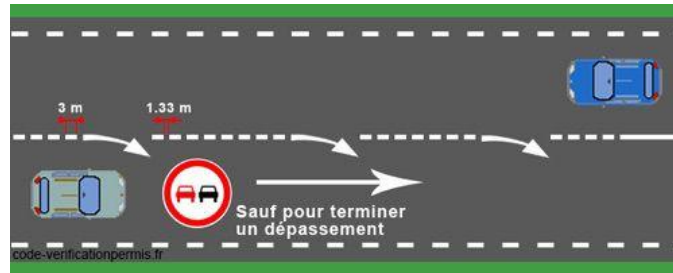
- La ligne discontinue axiale : composé d'un trait de 3m avec un espace de 10m, il autorise franchissement pour changer de direction.



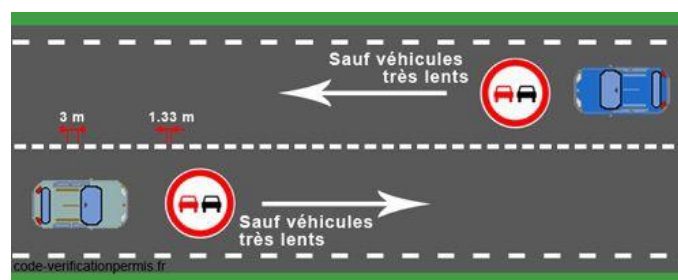
- La ligne mixte : composé à la fois d'une ligne continue et d'une ligne discontinue, elle donne la possibilité au véhicule du côté de la ligne discontinue de la franchir pour un dépassement tandis que celui proche de la ligne continue ne peut la franchir.



- Les lignes d'avertissement avec des flèches de rabattement : elles annoncent une ligne continue et le franchissement n'est pas autorisé sauf pour terminer un dépassement.



- ✚ Les lignes de dissuasion : le franchissement est toléré pour le dépassement des véhicules trop lents roulant à moins de 60 km/h.



Dans le cadre de notre projet (route de type 1 fois 2 voies) et surtout pour la partie hors agglomération, nous opterons pour cette configuration pour le marquage au sol :



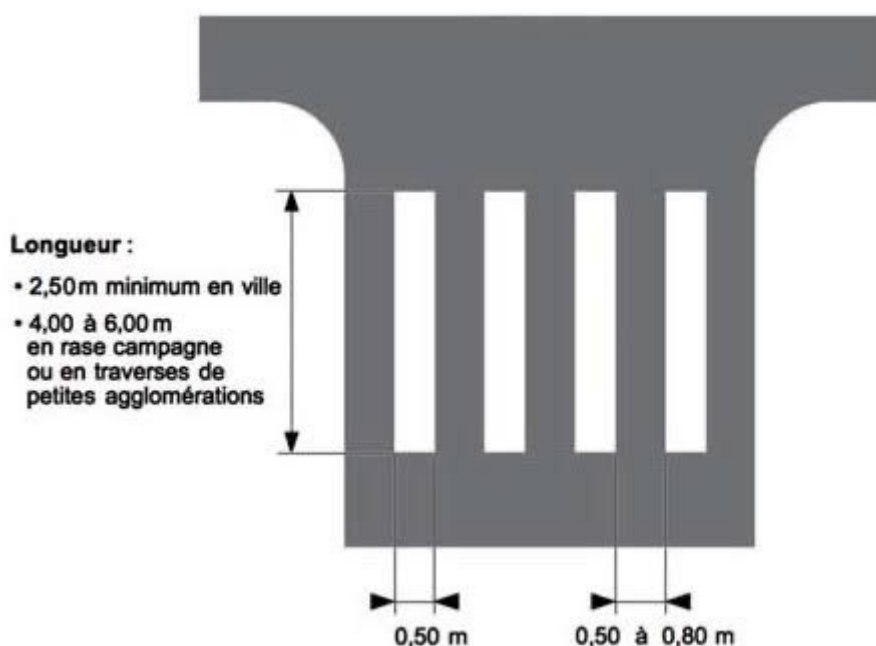
La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « u » qui varie selon le type de route :

- $u = 7,5$ cm pour les autoroutes et les routes à 4 voies de rase campagne
- $u = 6$ cm pour les routes importantes
- $u = 5$ cm sur toutes les autres routes

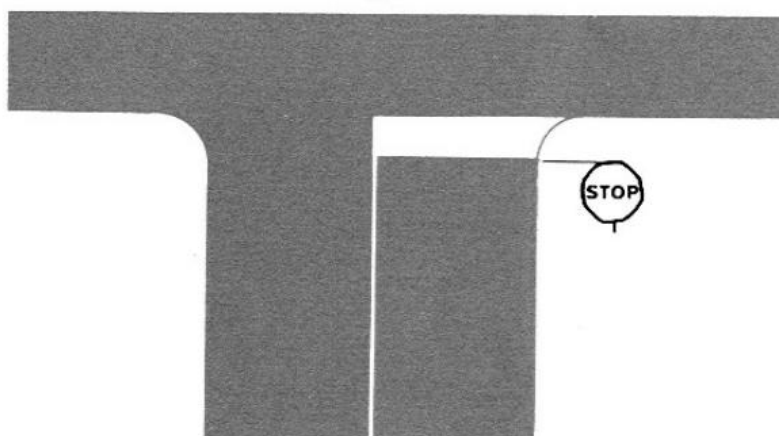
Alors dans le cadre du projet nous aurons $u = 5$ cm

b. Les lignes transversales

Elles sont généralement implantées de façon perpendiculaire à l'axe et ont pour fonction d'indiquer le comportement spécifique à l'utilisateur. La figure ci-dessous nous illustre le cas des passages piétons qui seront implanté sur notre chaussée :

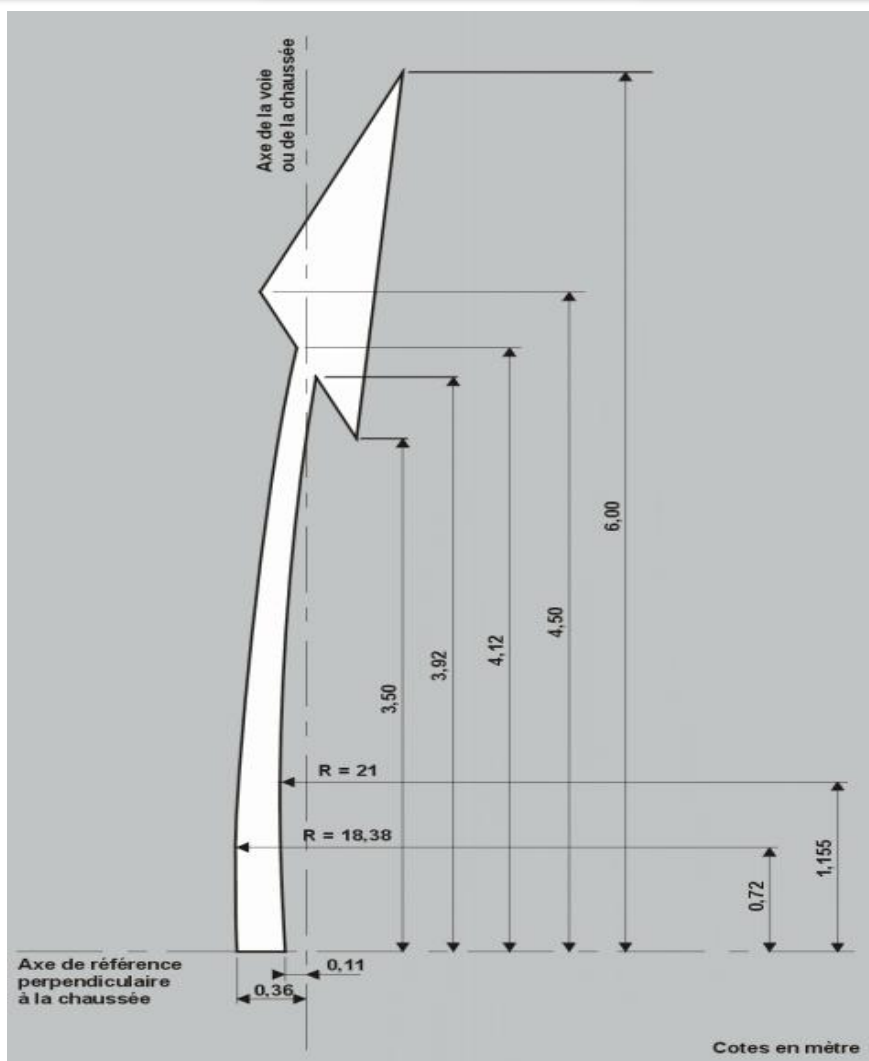


La figure suivante quant à elle nous présente la disposition d'une ligne complétant le panneau stop, avec une largeur égale à 50cm et qui s'étend sur toute la demi-largeur de la chaussée. Ce type de signalisation seront visible au niveau des amorces.



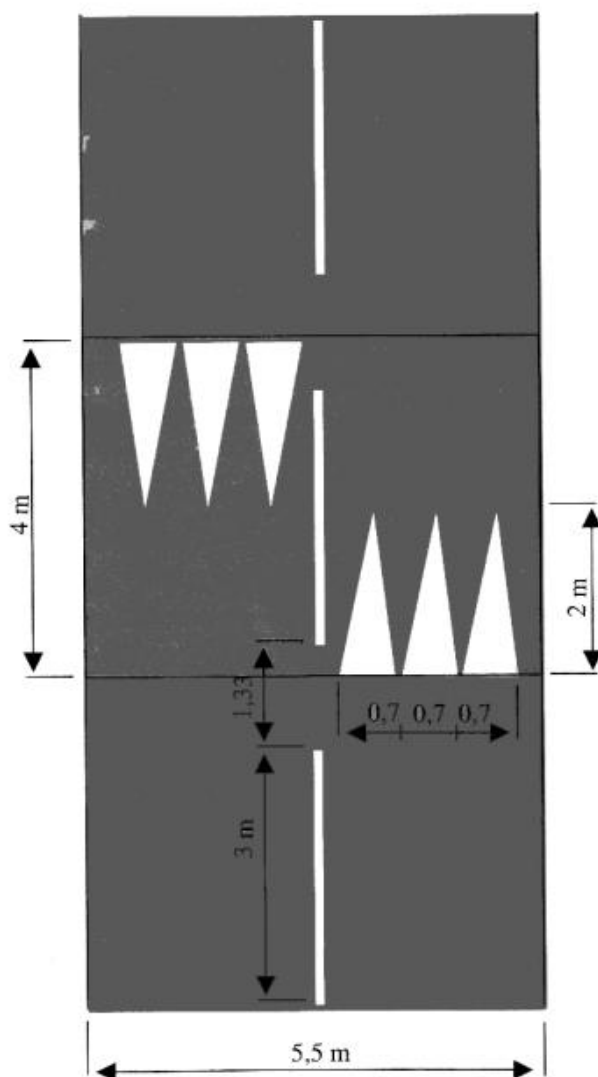
c. Les symboles au sol

Elles permettent de transmettre des informations rapides et facilement interprétables par l'utilisateur. La figure ci-dessous nous illustre une flèche de rabattement ainsi que ses dimensions en mètre (m) :



d. Marquages spéciaux

La figure suivante nous illustre le cas des marquages des ralentisseurs type dos-d'âne pour une chaussée à deux (2) sens :



Annexe V : PRINCIPAUX IMPACT ET MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES DU PROJET

Définition de quelques mots clé :

- Environnement : c'est l'ensemble des éléments naturels et artificiels qui entourent l'être humain et influencent ses conditions de vie. Il comprend entre autre : le milieu physique (air, eau, sol), le milieu biologique (faune, flore) ainsi que les composantes socio-économiques et culturelles créées par l'Homme.
- Évaluation environnementale et sociale : c'est le processus d'analyse qui permet d'identifier, de prévoir et évaluer les impacts potentiels d'un projet sur l'environnement naturel et sur la population.
- Impact : un impact désigne toute modification, positive ou négative, qui résulte directement ou indirectement d'une activité, d'un projet ou d'une action sur l'environnement et la société.
- Risques : c'est la probabilité qu'un événement dommageable se produise et entraîne des effets négatifs sur l'environnement, la santé, les biens et ou les activités socio-économiques
- Composantes environnementales : c'est l'ensemble des éléments qui constituent l'environnement et qui peuvent être affectés par un projet.
- Plan de gestion environnementale et sociale (PGES) : est un document opérationnel qui regroupe l'ensemble des mesures à mettre en œuvre pour prévenir, atténuer, compenser les impacts environnementaux et sociaux identifiés lors de l'évaluation.

1. CADRE POLITIQUE

Le cadre politique du Burkina Faso repose sur un ensemble d'orientations, de stratégies nationales et de textes réglementaires qui encadrent la gouvernance publique, la planification du développement et la gestion durable des infrastructures. Il définit les principes fondamentaux guidant l'action de l'État en matière d'aménagement du territoire, de protection de l'environnement, de sécurité, ainsi que de participation des populations aux décisions de développement. Ce cadre constitue ainsi la base sur laquelle s'appuient les projets routiers pour assurer leur cohérence avec les priorités nationales, leur conformité aux politiques sectorielles et leur contribution au développement socio-économique du pays. Quelques politiques liées à notre projet sont mises en exergue en annexe V.

- **Le Plan national de développement économique et social (PNDES II)** : Adopté par le conseil des ministres en sa séance du 30 Juillet 2021, elle vise à transformer l'économie burkinabè afin de garantir une croissance durable et résiliente, créatrice d'emplois décents pour tous et améliorant le bien-être des populations.
- **La Politique nationale de développement durable** : fixe comme vision qu'à l'horizon 2050, le Burkina Faso devienne un pays émergent engagé dans un développement durable, où toutes les stratégies sectorielles, les plans et programmes contribuent à une meilleure qualité de vie, en particulier pour les plus vulnérables.
- **La Politique nationale en matière d'environnement (PNE)** : adoptée par le gouvernement, sert de cadre de référence pour intégrer les enjeux environnementaux dans les politiques et stratégies de développement.
- **La Politique nationale du genre** a pour objectif de promouvoir un développement équitable et participatif entre hommes et femmes, en garantissant à chacun un accès juste aux ressources et une participation équilibrée aux instances de décision, dans le respect des droits fondamentaux.
- **La Politique nationale d'aménagement du territoire** constitue un document d'orientation guidant les études et interventions sur le terrain. Elle vise à traduire spatialement les orientations stratégiques de l'Étude nationale prospective 2025 à travers trois axes majeurs.
- **La Politique nationale d'hygiène publique**, approuvée en 2003, poursuit quatre objectifs principaux, dont la prévention des maladies et intoxications, ainsi que l'amélioration du confort et de la qualité de vie.

2. CADRE JURIDIQUE

Le cadre juridique du Burkina Faso regroupe l'ensemble des lois, règlements et textes normatifs qui organisent la vie publique, définissent les droits et obligations des acteurs, et encadrent la mise en œuvre des projets de développement

Il peut être scindé en deux parties à savoir :

- Les textes législatifs ;
- Les textes réglementaires.

a. Les textes législatifs

Les textes législatifs regroupent les lois adoptées par l'Assemblée législative ou les organes compétents, qui fixent les principes fondamentaux en matière d'environnement, d'urbanisme, d'aménagement du territoire, de sécurité routière et de gestion des infrastructures. Entre autre nous avons comme textes de loi :

- La loi N°006-2013/AN du 2 Avril 2013 portant code de l'environnement qui demeure la référence principale ;
- La loi N°003 – 2011/AN du 05 Avril 2011 portant Code forestier au Burkina Faso qui fixe les principes fondamentaux de gestions durable, de protection et de valorisation des ressources forestières, fauniques et halieutiques (gestion des ressources aquatiques) ;
- La loi N°002-2002/AN du 8 février 2001 portant loi d'orientation relative à la gestion de l'eau. Chargé de la réglementation de l'utilisation des ressources en eau ;
- La loi N°055-2004/AN du 21 décembre 2004, ensemble et ses modificatifs, portant Code Général des Collectivités Territoriales (CGCT);
- La loi N°028-2008/AN du 13 mai 2008 portant Code de travail au Burkina Faso en garantissant l'égalité des chances et en interdisant les discriminations en matière d'emploi ;
- La loi N°009-2018/AN du 03 mai 2018, portant expropriation pour cause d'utilité publique et indemnisation des personnes affectées par les aménagements et projets d'utilité publique et d'intérêt général au Burkina Faso ;
- La loi N°0246-2007/AN du 13 novembre 2007, portant protection du patrimoine culturel ;
- La loi n°022/2005/AN du 24 mai 2005 portant code de l'hygiène publique, a pour objectif principal de préserver et de promouvoir la santé publique.

b. Les textes réglementaires

Le cadre réglementaire regroupe les décrets, arrêtés et instructions techniques pris pour préciser les modalités pratiques d'application des lois. Nous avons comme décret :

- Le décret N°2015-1187/PRES- TRANS/PM/MERH du 22 octobre 2015, portant conditions et procédures de réalisation et de validation de l'évaluation

environnementale stratégique, de l'étude et de la notice d'impact environnemental et social ;

- Le décret N°2015-1205/PRES/TRANS/PM/MERH/MEF/MARHASA/MS/MRA/MICA du 28 octobre 2015 portant normes et conditions de déversements des eaux usées ;
- Le décret N°2012-302/PRES/PM/MTPEN/MEF/MID du 24 avril 2012 portant sur le développement et le renforcement du réseau routier;
- Le décret N°2011- 445/PRES/PM/MEF/MAH du 21 Juin portant sur la détermination des taux et modalités de recouvrement de la taxe de prélèvement de l'eau brute ;
- Le décret N°2000 – 268/PRES/PM/MH du 21 Juin 2000 portant sur la définition et la réglementation du réseau routier national au Burkina Faso.

3. Cadre institutionnel

Cette section présente les acteurs impliqués dans la mise en œuvre du Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES). Nous avons :

a. Les institutions étatiques impliquées

Les principaux ministères impliqués de façon direct sur le projet sont :

Le Ministère des Infrastructures et du Désenclavement : ce ministère est chargé de la mise en œuvre et du suivi de la politique du gouvernement en matière d'infrastructures transport et de désenclavement.

Le Ministère de l'Economie et des Finances : il assure la tutelle financière de tous les projets exécutés par l'Etat sur le territoire national et pilote trois (3) grandes fonctions économiques qui sont :

- La mobilisation des ressources financière internes et externes pour soutenir les activités de développement ;
- La poursuite d'un développement économique durable, par la conduite de stratégies et des programmes économiques ;
- La répartition optimum des ressources financières de l'Etat et le contrôle de leur utilisation à travers l'exécution des différentes lois des finances.

Le Ministère de l'Administration Territoriale et de la Mobilité : a pour mission principale de suivre et de mettre en œuvre la politique du gouvernement en matière de transport, en vue de moderniser le système des transports et d'organiser les activités de ce domaine. Dans le cadre de notre projet les structures comme l'ONASER, la DGTT et la DTMF assureront l'encadrement et la sensibilisation des usagers de la route durant les travaux et pendant la phase d'exploitation des ouvrages ;

Le Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement : il est le principal garant institutionnel en matière de gestion de l'environnement et des ressources naturelles au Burkina Faso. Il a pour compétence :

- La réglementation en matière de ressources forestières, fauniques et de contrôle de son application ;
- La constitution, classement, conservation, aménagement et gestion du patrimoine forestier national ;
- La protection et l'amélioration de la gestion des ressources naturelles.

b. Mission de contrôle

La mission de contrôle est tenue de contrôler le respect par l'entreprise des exigences environnementales et sociales prescrites par le contrat de marché, ainsi que la conformité des travaux environnementaux et sociaux au cahier des charges. Ainsi, la mission de contrôle mettra à disposition à temps plein un expert environnementaliste véhiculé qui fera quotidiennement le suivi et s'assurera de la mise en œuvre des mesures sur le chantier.

c. Entreprise en charge des travaux

L'entreprise chargée des travaux est dans l'obligation de se conformer aux clauses du contrat de marché contenant en particulier, les spécifications environnementales et sociales. Elle recrutera un cadre compétent (environnementaliste) responsable de la gestion des aspects environnementaux et sociaux de son contrat. Il sera véhiculé et disposera des moyens de travail (GPS, ordinateur, appareil photo, etc.). Le contrôle de l'entreprise pour la mise en œuvre de tous ces aspects environnementaux et sociaux se fera par la mission de contrôle.

d. Autorités communale de SAFANE

Elles seront impliquées dans la mise en œuvre du projet. Leur concours sera requis dans la conduite des tâches suivantes sur le terrain :

- La mise en place et l'application de procédures formelles
- Mobilisation sociale pour la contribution effective et l'engagement des populations ;
- Identification des bénéficiaires des parcelles irriguées;
- Suivi-évaluation ;
- Recueil et résolution des plaintes à travers les structures habilitées.

e. Population locales riveraines et usagers de la route

Elles sont les bénéficiaires du Projet d'aménagement de la RR29, les pistes d'accès et de la construction des infrastructures communautaires. Elles seront impliquées dans la mise en œuvre des mesures environnementales et sociales sur les différents sites d'intervention du Projet. Par le biais des Conseils Villageois de Développement, elles participent aux procédures menant à l'établissement des actes fonciers, à la documentation et au suivi des transactions foncières rurales.

Annexe VI : DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

Métré des dalots en béton armé

Tableau : Métré des différents types dalots

OUVRAGES EN BETON ARME									
Qts	Dalots	Matériaux	Volume tablier	Volume radier	Volume piédroits	Volume mur en aile	Volume semelle	Volume total/dalot	volume total
Type 01			e=30cm	e=30cm	e=30cm	e=30cm	e=30cm	V1	V1
1	4 x 300 x300	beton	47.52	47.52	54	16	9.72	174.76	174.76
		acier(kg.m3)	4752	4752	5400	1600	972	17476	17476
type 02			e=30cm	e=30cm	e=30cm	e=25 cm	e=30cm	V2	V2
2	2 x 200 x100	Beton (m3)	17.64	17.64	10.8	4.27	5.25	55.6	111.2
		Acier(kg.m3)	1764	1764	1080	427	525	5560	11120
Type 03			e=30cm	e=30cm	e=30cm	e=25cm	e=30cm	V3	V3
1	3 x 200 x100	Beton (m3)	25.92	25.92	14.4	4.48	4.5	75.22	75.22
		Acier(kg.m3)	2592	2592	1440	448	450	7522	7522
Type 04			e=30cm	e=30cm	e=25cm	e=20cm	e=30cm	V4	V4
6	1 x 100 x100	Beton (m3)	5.76	5.76	6	1.364	3	21.884	131.304
		Acier(kg.m3)	576	576	600	136.4	300	2188.4	13130.4
Type 05			e=30cm	e=30cm	e=30cm	e=25cm	e=30cm	V5	V5
2	2 x 200 x150	Beton (m3)	17.64	17.64	16.2	3	4.5	58.98	117.96
		Acier(kg.m3)	1764	1764	1620	300	450	5898	11796
Type 06			e=30cm	e=30cm	e=30cm	e=25cm	e=30cm	V6	V6
3	2 x 250 x150	Beton (m3)	21.24	21.24	16.2	42.56	4.5	105.74	317.22
		Acier(kg.m3)	2124	2124	1620	3	450	6321	18963
Type 07			e=30cm	e=30cm	e=25cm	e=20cm	e=30cm	V7	V7
1	1 x 200 x150	Beton (m3)	9.36	9.36	9	2.32	4.5	34.54	34.54
		Acier(kg.m3)	936	936	900	232	450	3454	3454

Métré des matériaux divers

Tableau : Métré des matériaux divers

MATERIAUX	Unité	Volume total
VOLUME DE TERRASSEMENT		
Déblai	m3	40926
Remblai	m3	45044
Total volume terrassement		85970
VOLUME DE REVETEMENT		
Agglomération	m3	846.17045

Hors agglomération	m3	2787.358
Accotement	m3	701.1944
FOUNITURE DE PEINTURE DE SIGNALISATION		
marquage axiale discontinu	ml	2451
marquage de rive continu	ml	20127
Total marquage au sol		22578
FOURNITURE DES BORDURES ET DES PAVES		
Bordure type T2	ml	4198
Bordure type P3	ml	4198
Pavé ordinaire pour trottoir	m ²	4693.7
Pavé de luxe ilot	m ²	28.17
Total bordure		8396
Total pavé		4721.87
Eclairage public		
Kit complet candélabres et lumineuses	U	42

Devis quantitatif et estimatif du projet

Devis quantitatif et estimatif des aménagement prévus					
N°	désignation	unité	quantité	Prix unitaire	prix total
100	installation et repli du chantier				
101	installation du chantier	fft	1	35 000 000	35 000 000
102	amener et repli du matériel	fft	1	20 000 000	20 000 000
103	installation d'une centrale à béton de 1000 L	U	1	75 000 000	75 000 000
104	laboratoire	fft	1	30 000 000	30 000 000
sous total 100					160 000 000
200	travaux preparatoires				
201	abattage des arbres supérieur à 1m	U	50	38 500	1 925 000
202	nettoyage de l'emprise	m ²	211333.5	1000	211 333 500
203	démolition d'ouvrage existant en BA	U	13	50 000	650 000
	démolition des habitats présent sur l'emprise	U	5	68 500	342 500
204	aménagement des déviations	km	10	2 300 000	23 000 000
205	décapage de terre végétale (20cm)	m ²	211 334	500	105 666 750
sous total 200					342 917 750
300	terrassement				
301	remblai provenant du site d'emprunt	m3	45044	8 000	360 352 000
	remblai provenant du déblais pour le terrassement	m3	40926	5 750	235 324 500
302	déblai mise en depos définitif	m3	40926	6 000	245556000

303	mise en forme réglage et compactage de la plateforme	m ²	104834.24	300	31450272
sous total 303					872 682 772
400	chaussée et revêtement				
	fourniture et transport de Cut-Back 0/1	T	115.31	775 000	89 365 250
	mise en œuvre de la couche d'imprégnation Cut-Back 0/1	m ²	104834.24	700	73 383 968
401	fourniture et mise en œuvre du revêtement en beton bitumineux(ep=5cm)	m ³	3633.53	220 000	799 376 259
402	fourniture et mise en œuvre du revêtement en enduit superficiel monocouche acct hors aggl(ep=2cm)	m ³	477.83	410 000	195 911 448
403	fourniture et mise en œuvre du revêtement en enduit superficiel bicouche acct aggl(ep=2cm)	m ³	167.97	570 000	95 742 672
404	fourniture et mise en œuvre du revêtement en enduit superficiel monocouche amorces (ep=2cm)	m ³	55.39	410 000	22 710 720
405	fourniture et mise en œuvre du graveleux latéritique naturel pour la fondation (ep=20cm)	m ³	21013.01	8 800	184 914 470
406	fourniture et mise en œuvre du graveleux latéritique amélioré au ciment pour la couche de base (ep=20cm)	m ³	21013.01	20 000	420 260 160
407	fourniture et mise en œuvre des bordures T2-CS2	ml	4198	25 000	104 950 000
408	fourniture et pose des bordures P3	m	4198	23 000	96 554 000
409	fourniture et pose de pavé de luxe 10 cm giratoire	m ²	645	10 000	6 450 000
410	fourniture et pose de pavé de luxe 10 cm ilots	m ²	28.72	10 000	287 200
411	fourniture et pose de pavé ordinaire 10cm trottoir	m ²	4049	8 700	35 226 300
sous total 400					2 125 132 447
500	ouvrage d'assainissement				
501	beton de propreté dosé a 150kg/m3	m ³	1610.16	77 500	124 787 400
502	fouilles pour les caniveaux	ml	4199.24	6 500	27 295 060
503	caniveau beton armé 120 x 120	ml	180	115 000	20 700 000
504	caniveau beton armé 100 x 100	ml	120	105 000	12 600 000
505	caniveau beton armé 80 x 80	ml	3145.62	80 000	251 649 600
506	dalot de traverse en beton armé 80 x 80 (nbr=4)	ml	85.34	135 000	11 520 900
507	dalot de traverse en beton armé 120 x 120 (nbr1)	ml	24	187 000	4 488 000

508	dalette en beton armé pour caniveau 120 x 120	ml	180	49 000	8 820 000
509	dalette en beton armé pour caniveau 100 x 100	ml	120	37 000	4 440 000
510	dalette en beton armé pour caniveau 80 x 80	ml	3145.62	35 000	110 096 700
511	execution des fossés en terre	ml	15927.76	33 000	525 616 080
512	curage des ouvrages existants (dalots)	U	8	30 000	240 000
	sous total				1102253740
513	1 dalot 4 x 300 x 300				
513-1	beton dosé a 400kg/m3	m3	176.92	255 000	45 114 600
513-2	acier HA en FeE400	kg	17692.00	1 400	24 768 800
	sous total				69 883 400
514	1 dalot 3 x 200 x 100				
514-1	beton dosé a 400kg/m3	m3	75.22	255 000	19 181 100
514-2	acier HA en FeE400	kg	7522.00	1 400	10 530 800
	sous total				29 711 900
515	2 dalots 2 x 200 x 100				
515-1	beton dosé a 400kg/m3	m3	111.20	255 000	28 356 000
515-2	acier HA en FeE400	kg	11120.00	1 400	15 568 000
	sous total				43 924 000
516	6 dalots 1 x 100 x 100				
516-1	beton dosé a 400kg/m3	m3	131.30	255 000	33 482 520
516-2	acier HA en FeE400	kg	13130.4	1 400	18 382 560
	sous total				51 865 080
517	2 dalots 2 x 200 x 150				
517-1	beton dosé a 400kg/m3	m3	117.96	255 000	30 079 800
517-2	acier HA en FeE400	kg	11796.00	1 400	16 514 400
	sous total				46 594 200
518	3 dalots 2 x 250 x 150				
518-1	beton dosé a 400kg/m3	m3	317.22	255 000	80 891 100
518-2	acier HA en FeE400	kg	31722.00	1 400	44 410 800
	sous total				125 301 900
519	1 dalot 1 x 200 x 150				
519-1	béton dosé a 400kg/m3	m3	34.54	255 000	8 807 700
519-2	acier HA en FeE400	kg	3454.00	1 400	4 835 600
	sous total				13 643 300
	sous total 500				1 483 177 520
600	signalisation sécurité et éclairage				

601	fourniture et pose de bornes kilométrique	U	4	35 000	140 000
602	fourniture et pose de panneau de signalisation type A	U	27	145 000	3 915 000
603	fourniture et pose de panneau de signalisation type B	U	7	145 000	1 015 000
	fourniture et pose de panneau de signalisation type AB	U	14	145 001	2 030 014
	fourniture et pose de panneau de signalisation type C	U	27	149 000	4 023 000
604	fourniture et pose de panneau de signalisation type J5	U	3	149 000	447 000
	fourniture et pose de panneau de signalisation type E	U	4	149 000	596 000
605	marquage en peinture blanche retro-réfléchissante axiale discontinue	ml	2451	3 600	8 823 600
606	marquage en peinture blanche retro-réfléchissante de rive continue	ml	20127	3 600	72 457 200
607	marquage en peinture blanche retro-réfléchissante spécial (stop, passage piéton)	m ²	127	5 800	736 600
610	fourniture et pose d'éclairage public solaire H=10m crosse simple en LED y compris les accessoires	U	42	1 100 000	46 200 000
611	fourniture et pose de ralentisseur en béton, type dos d'âne	U	2	250 000	500 000
sous total 600					140 883 414
700	mesures environnementales et sociales				
701	mesures comparatrices environnementales et sociales	forfaitaire	1	15 000 000	15 000 000
702	dédommagement due au démolition	forfaitaire	5	5 000 000	25 000 000
703	plantation d'arbre d'alignement, protection et entretien	U	250	9 000	2 250 000

704	remise en état des lieux des carrières et aires de stockage	forfaitaire	1	6 750 000	6 750 000
705	sensibilisation sur les MST et VIH	forfaitaire	1	3 000 000	3 000 000
sous total 700					52 000 000
I	Total général HT				5 176 793 903
II	TVA 18%				931 822 903
III	Total général TTC				6 108 616 806
IV	Cout kilométrique				607 037 345

Le montant total des travaux d'aménagement et de bitumage de notre tronçon s'élève à six milliards trois cent quatre-vingt-trois millions quatre cent dix mille quatre cent quatre-vingt-six (6 108 616 806) francs CFA toutes taxes comprises, correspondant à un cout moyen kilométrique de six cent trente-quatre million trois cent quarante-quatre mille six cent soixante-dix-sept (607 037 345) francs CFA TTC.

Annexe VII : LISTING DE LA CONCEPTION GEOMETRIQUE

- AXE EN PLAN
- PROFIL EN LONG

Le 17/11/2025 à 15:42 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958
C:\Users\HP\ONEDRI~1\Bureau\STAGED~1\AXE1TR~3.PIS

AXE EN PLAN

Elément	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	475316.694	1341143.861
D1	ANG = 83.030g	25.636			
			25.636	475323.447	1341168.591
C1	XC= 475130.511 YC= 1341221.276 R = 200.000	40.326			
			65.961	475330.089	1341208.297
D2	ANG = 95.866g	112.154			
			178.116	475337.368	1341320.215
C2	XC= 475636.735 YC= 1341300.746 R = -300.000	84.891			
			263.007	475354.709	1341403.027
D3	ANG = 77.851g	194.577			
			457.584	475421.048	1341585.946
C3	XC= 476361.134 YC= 1341245.011 R = -1000.000	23.536			
			481.121	475429.332	1341607.976
D4	ANG = 76.353g	212.436			
			693.556	475506.438	1341805.924

C4	XC= 473642.833 YC= 1342531.855 R = 2000.000	51.287			
			744.843	475524.439	1341853.947
D5	ANG = 77.985g	290.158			
			1035.002	475622.789	1342126.929
C5	XC= 476845.833 YC= 1341686.288 R = -1300.000	91.981			
			1126.983	475657.001	1342212.290
D6	ANG = 73.481g	746.024			
			1873.007	475958.855	1342894.519
C6	XC= 474587.125 YC= 1343501.444 R = 1500.000	51.601			
			1924.608	475978.918	1342942.057
D7	ANG = 75.671g	772.342			
			2696.950	476266.943	1343658.684
C7	XC= 474689.579 YC= 1344292.656 R = 1700.000	40.207			
			2737.157	476281.495	1343696.164
D8	ANG = 77.177g	1200.310			
			3937.467	476702.657	1344820.160
C8	XC= 478294.573 YC= 1344223.668 R = -1700.000	23.890			
			3961.357	476711.196	1344842.472
D9	ANG = 76.282g	15.721			
			3977.078	476716.919	1344857.114
C9	XC= 476437.499				

1 / 2

Le 17/11/2025 à 15:42 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958

C:\Users\HP\ONEDRI~1\Bureau\STAGED~1\AXE1TR~3.PIS

AXE EN PLAN

Elément	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
	YC= 1344966.315 R = 300.000	66.007			
			4043.085	476734.016	1344920.731
D10	ANG = 90.289g	324.353			
			4367.439	476783.301	1345241.318
C10	XC= 478760.078 YC= 1344937.424 R = -2000.000	26.100			
			4393.539	476787.435	1345267.089
D11	ANG = 89.458g	1058.814			
			5452.353	476961.961	1346311.420

LONGUEUR DE L'AXE 5452.3 ;

2 / 2

Le 17/11/2025 à 16:02 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958

C:\Users\HP\ONEDRI~1\Bureau\STAGED~1\AX0A70~1.PIS

AXE EN PLAN

Elément	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
			0.000	476961.961	1346311.420
D1	ANG = 88.684g	537.173			
			537.173	477056.942	1346840.129
C1	XC= 478041.186 YC= 1346663.314 R = -1000.000	58.252			
			595.425	477068.905	1346897.131
D2	ANG = 84.976g	65.445			
			660.869	477084.207	1346960.761
C2	XC= 478250.944 YC= 1346680.182 R = -1200.000	107.482			
			768.352	477113.982	1347064.000
D3	ANG = 79.274g	134.339			
			902.690	477156.950	1347191.282
C3	XC= 478293.912 YC= 1346807.463 R = -1200.000	26.237			
			928.927	477165.613	1347216.046
D4	ANG = 77.882g	243.207			
			1172.134	477248.421	1347444.722
C4	XC= 476308.172 YC= 1347785.208 R = 1000.000	82.005			
			1254.139	477273.152	1347522.885
D5	ANG = 83.102g	191.071			
			1445.210	477323.274	1347707.264
C5	XC= 475682.808 YC= 1348153.214 R = 1700.000	33.828			
			1479.038	477331.823	1347739.994
D6	ANG = 84.369g	766.841			
			2245.879	477518.219	1348483.836
C6	XC= 479167.234 YC= 1348070.616 R = -1700.000	11.802			
			2257.682	477521.128	1348495.275

D7	ANG = 83.927g	190.422			
			2448.103	477568.695	1348679.660
C7	XC= 479505.290 YC= 1348180.062 R = -2000.000	2.368			
			2450.471	477569.288	1348681.952
D8	ANG = 83.852g	186.580			
			2637.052	477616.109	1348862.562
C8	XC= 476841.708 YC= 1349063.318 R = 800.000	60.717			
			2697.768	477629.102	1348921.857
D9	ANG = 88.683g	11.693			
			2709.461	477631.169	1348933.366
C9	XC= 477139.048				

1 / 2

Le 17/11/2025 à 16:02 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958

C:\Users\HP\ONEDRI~1\Bureau\STAGED~1\AX0A70~1.PIS

AXE EN PLAN

Elément	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
	YC= 1349021.779 R = 500.000	98.102			
			2807.563	477638.963	1349031.001
D10	ANG = 101.174g	192.200			
			2999.763	477635.419	1349223.168
C10	XC= 477335.470 YC= 1349217.635 R = 300.000	84.950			
			3084.713	477621.928	1349306.752
D11	ANG = 119.201g	20.077			
			3104.790	477615.964	1349325.923
C11	XC= 477043.048 YC= 1349147.688 R = 600.000	161.694			
			3266.484	477547.832	1349472.023
D12	ANG = 136.357g	539.858			
			3806.343	477256.007	1349926.209
C12	XC= 478938.620 YC= 1351007.326 R = -2000.000	10.945			
			3817.288	477250.116	1349935.434
D13	ANG = 136.009g	793.860			
			4611.148	476824.649	1350605.652
LONGUEUR DE L'AXE 4611.1					

2 / 2

Le 17/11/2025 à 15:43 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958
C:\Users\HP\ONEDRI~1\Bureau\STAGED~1\AXE1TR~3.PIS

PROFIL EN LONG

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	341.709
D1	PENTE= -0.669 %	112.786		
			112.786	340.954
PAR1	S= 146.2537 Z= 340.8422 R = 5000.00	40.109		
			152.896	340.847
D2	PENTE= 0.133 %	224.287		
			377.182	341.145
PAR2	S= 383.8243 Z= 341.1490 R = -5000.00	25.635		
			402.818	341.113
D3	PENTE= -0.380 %	385.048		
			787.865	339.650
PAR3	S= 806.8585 Z= 339.6142 R = 5000.00	84.369		
			872.234	340.042
D4	PENTE= 1.308 %	36.454		
			908.689	340.518
PAR4	S= 974.0644 Z= 340.9456 R = -5000.00	49.221		
			957.909	340.920
D5	PENTE= 0.323 %	528.818		
			1486.727	342.628
PAR5	S= 1470.5721 Z= 342.6020 R = 5000.00	26.546		
			1513.273	342.784
D6	PENTE= 0.854 %	355.283		
			1868.556	345.819
PAR6	S= 1825.8553 Z= 345.6362 R = 5000.00	42.888		
			1911.444	346.369
D7	PENTE= 1.712 %	235.655		
			2147.099	350.403
PAR7	S= 2232.6874 Z= 351.1352 R = -5000.00	85.802		
			2232.901	351.135
D8	PENTE= -0.004 %	95.803		
			2328.705	351.131

PAR8	S= 2328.4909 Z= 351.1311 R = -5000.00	82.591		
			2411.295	350.445
D9	PENTE= -1.656 %	599.325		
			3010.620	340.520
PAR9	S= 3093.4245 Z= 339.8344 R = 5000.00	38.760		
			3049.380	340.028
D10	PENTE= -0.881 %	540.589		
			3589.969	335.266
PAR10	S= 3634.0136 Z= 335.0724 R = 5000.00	20.062		
			3610.031	335.130
D11	PENTE= -0.480 %	243.680		
			3853.711	333.961

1 / 2

Le 17/11/2025 à 15:43 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958

C:\Users\HP\ONEDRI~1\Bureau\STAGED~1\AXE1TR~3.PIS

PROFIL EN LONG

Elém	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
PAR11	S= 3877.6941 Z= 333.9036 R = 5000.00	49.237		
			3902.949	333.967
D12	PENTE= 0.505 %	42.452		
			3945.400	334.182
PAR12	S= 3970.6548 Z= 334.2455 R = -5000.00	89.200		
			4034.600	333.837
D13	PENTE= -1.279 %	49.475		
			4084.075	333.204
PAR13	S= 4148.0200 Z= 332.7950 R = 5000.00	73.956		
			4158.031	332.805
D14	PENTE= 0.200 %	92.279		
			4250.310	332.990
PAR14	S= 4260.3215 Z= 332.9998 R = -5000.00	19.379		
			4269.690	332.991
D15	PENTE= -0.187 %	87.695		
			4357.385	332.827
PAR15	S= 4366.7529 Z= 332.8180 R = 5000.00	165.230		
			4522.615	335.247
D16	PENTE= 3.117 %	61.439		
			4584.055	337.162
PAR16	S= 4739.9170 Z= 339.5918 R = -5000.00	71.891		
			4655.945	338.887
D17	PENTE= 1.679 %	10.167		

			4666.113	339.057
PAR17	S= 4750.0843 Z= 339.7626 R = -5000.00	87.775		
			4753.887	339.761
D18	PENTE= -0.076 %	198.571		
			4952.458	339.610
PAR18	S= 4956.2615 Z= 339.6086 R = 5000.00	55.083		
			5007.542	339.872
D19	PENTE= 1.026 %	444.812		
			5452.353	344.434
LONGUEUR DE L'AXE 5452.353				

Le 17/11/2025 à 16:03 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958
C:\Users\HP\ONEDRI~1\Bureau\STAGED~1\AX0A70~1.PIS

PROFIL EN LONG

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
			0.000	344.434
D1	PENTE= 0.753 %	283.593		
			283.593	346.570
PAR1	S= 245.9249 Z= 346.4282 R = 5000.00	32.814		
			316.407	346.925
D17	PENTE= 1.410 %	244.068		
			560.475	350.365
PAR16	S= 630.9573 Z= 350.8622 R = -5000.00	19.050		
			579.525	350.598
D2	PENTE= 1.029 %	56.752		
			636.277	351.181
PAR2	S= 687.7094 Z= 351.4460 R = -5000.00	107.446		
			743.723	351.132
D3	PENTE= -1.120 %	47.097		
			790.821	350.605
PAR3	S= 846.8342 Z= 350.2909 R = 5000.00	38.359		
			829.179	350.322
D4	PENTE= -0.353 %	247.044		
			1076.223	349.450
PAR4	S= 1058.5684 Z= 349.4809 R = -5000.00	67.818		
			1144.041	348.750
D5	PENTE= -1.709 %	211.942		
			1355.983	345.127

PAR5	S= 1441.4558 Z= 344.3967 R = 5000.00	48.033		
			1404.017	344.537
D6	PENTE= -0.749 %	267.136		
			1671.152	342.537
PAR6	S= 1708.5916 Z= 342.3965 R = 5000.00	17.695		
			1688.848	342.435
D7	PENTE= -0.395 %	283.283		
			1972.131	341.317
PAR7	S= 1991.8749 Z= 341.2778 R = 5000.00	43.974		
			2016.105	341.337
D8	PENTE= 0.485 %	197.676		
			2213.782	342.294
PAR8	S= 2238.0118 Z= 342.3532 R = -5000.00	35.287		
			2249.068	342.341
D9	PENTE= -0.221 %	332.837		
			2581.905	341.605
PAR9	S= 2570.8487 Z= 341.6172 R = -5000.00	56.189		
			2638.095	341.165
D10	PENTE= -1.345 %	201.947		
			2840.042	338.449

1 / 2

Le 17/11/2025 à 16:03 --- PISTE 5.05 --- Licence n° 3958

C:\Users\HP\ONEDRI~1\Bureau\STAGED~1\AX0A70~1.PIS

PROFIL EN LONG

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
PAR10	S= 2907.2878 Z= 337.9968 R = 5000.00	37.024		
			2877.066	338.088
D11	PENTE= -0.604 %	26.173		
			2903.239	337.930
PAR11	S= 2933.4610 Z= 337.8386 R = 5000.00	42.985		
			2946.225	337.855
D12	PENTE= 0.255 %	52.344		
			2998.569	337.988
PAR12	S= 3011.3321 Z= 338.0048 R = -5000.00	9.023		
			3007.591	338.003
D13	PENTE= 0.075 %	188.545		
			3196.136	338.144
PAR13	S= 3192.3957 Z= 338.1430 R = 5000.00	27.727		
			3223.864	338.242

D14	PENTE= 0.629 %	395.427		
			3619.290	340.731
PAR14	S= 3587.8225 Z= 340.6317 R = 5000.00	21.419		
			3640.710	340.911
D15	PENTE= 1.058 %	464.510		
			4105.219	345.825
PAR15	S= 4158.1066 Z= 346.1044 R = -5000.00	33.144		
			4138.364	346.065
D16	PENTE= 0.395 %	472.785		
			4611.148	347.932
LONGUEUR DE L'AXE 4611.148				