



**ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25,
TRONÇON DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS LE TABLIER DU PONT SAGA
GOROU AU NIGER**

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

SPECIALITE : Génie Civil-Bâtiments et Travaux Publics

Présenté et soutenu publiquement le 19 janvier 2026 par

MOUSSA ISSA MALAM Hassane (20180034)

Directeur de mémoire : Dr Arnaud Louis Sountong-Noma OUEDRAOGO

Maitre de stage : KARIMOU BONDABOU Abdoul Salam

Structure d'accueil : GERMS-consulting (NIGER)

Jury d'évaluation du mémoire

Président : Pr Wennd Kouni Igor OUEDRAOGO

Membres et correcteurs : Dr Mamadou Pousga Junior KABORE

M. Georges Kibalo TCHAMIE

Promotion [2025-2026]

DEDICACE

À mon père, **Moussa ISSA MALLAM**, pilier de ma vie et phare dans mes épreuves. Votre amour inconditionnel, votre intégrité, votre sagesse et votre exemple de courage ont façonné la personne que je suis aujourd'hui. Chaque réussite que je célèbre, Chaque pas que je fais, porte la trace de votre guidance et de votre confiance inébranlable.

À ma mère, **Aichatou MOUSSA BAGOURME**, source infinie de réconfort et cœur de tendresse. Votre amour silencieux mais profond, votre patience et votre présence constante ont été le refuge où j'ai puisé force et inspiration. Ce mémoire fruit d'années de travail est aussi vôtre, comme témoignage de ma gratitude éternelle et de l'affection sans limite que je vous porte.

REMERCIEMENTS

- Mes remerciements à l'égard des enseignants, administrateurs, et à tout le personnel de l'Institut International de l'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), qui s'engage à nous transmettre une formation adéquate à l'accomplissement de nos projets professionnels ;
- Mes remerciements à Dr. Arnaud Louis Sountong-Noma OUEDRAOGO mon directeur de mémoire pour sa présence, ces orientations, et l'intérêt qu'il a porté à mon travail ;
- Ingénieur KARIMOU BONDABOU Abdoul Salam pour ses orientations, conseils et l'opportunité de travailler sur ce thème passionnant. Vous avez toujours eue du temps à accorder à ce travail et j'en suis redevable ;
- Je remercie toute l'équipe de GERMS-Consulting pour leur accueil au sein de l'entreprise ;
- Enfin j'aimerais remercier mes frères et sœurs pour les encouragements et aussi pour leur soutien moral, ainsi que tous mes camarades pour leur générosité et leur solidarité.

RESUME

Le présent mémoire porte sur l'étude technique détaillée d'aménagement et de bitumage de la RN25, le tronçon compris entre le PK 6+500 et le PK 9+600, y compris le tablier du pont Saga Gorou, situé dans la ville de Niamey au Niger. Ce projet s'inscrit dans la modernisation du réseau routier national afin d'améliorer la mobilité, la sécurité des usagers à travers des infrastructure durable au Niger. Cette étude a consisté à mener dans la ville de Niamey un diagnostic de l'état de la chaussée existante au niveau de la RN25 par la méthode VIZIR, après une analyse géotechnique du sol support et une évaluation du trafic. Les résultats ont conduit à un indice de qualité Q3 pour un trafic de type T3, rendant nécessaire l'élargissement et le renforcement et la chaussée. La structure de chaussée retenue est composée d'une couche de roulement en béton bitumineux de 5 cm, une couche de base en sol-ciment recyclé de 20 cm et en fondation nous avons du graveleux latéritique de 20 cm. La conception géométrique correspond à une chaussée de type 2×2 voies sur une plateforme de 20 m de largeur avec terre-plein central et accotements. Les études hydrologiques et hydrauliques ont conduit au dimensionnement d'ouvrages d'assainissement et de franchissement, à savoir un pont à poutres de 100 m de longueur composé de 5 travées de 20 m au Pk 8+500, ainsi qu'un dalot de dimensions $2 \times 2 \times 2$ m au Pk6+750. Enfin, une évaluation des impacts environnementaux et sociaux a été réalisée, accompagnée d'une estimation du coût global des travaux évalué à environ **8 067 045 303** francs CFA toutes taxes comprises.

Mots clés :

1. Assainissement
2. Bitumage
3. Pont poutres

ABSTRACT

This thesis deals with the detailed technical study of the development and asphalt paving of National Road RN25, covering the section between PK 6+500 and PK 9+600, including the deck of the Saga Gorou Bridge, located in the city of Niamey, Niger. This project is part of the modernization of the national road network in order to improve mobility and user safety through sustainable infrastructure in Niger. This study consisted of carrying out, in the city of Niamey, a diagnosis of the condition of the existing pavement along RN25 using the VIZIR method, following a geotechnical analysis of the supporting subgrade soil and an evaluation of traffic. The results led to a quality index Q3 for a T3-type traffic, making widening and strengthening of the pavement necessary. The adopted pavement structure is composed of a 5 cm asphalt concrete wearing course, a 20 cm recycled soil–cement base layer, and a 20 cm lateritic gravel foundation layer. The geometric design corresponds to a 2×2 lane roadway on a 20 m wide platform with a central median and shoulders. The hydrological and hydraulic studies led to the design of drainage and crossing structures, namely a 100 m long girder bridge composed of five 20 m spans at PK 8+500, as well as a box culvert with dimensions of $2 \times 2 \times 2$ m at PK 6+750. Finally, an assessment of environmental and social impacts was carried out, accompanied by an estimation of the overall cost of the works, estimated at approximately **8 067 045 303** CFA francs, all taxes included.

Key words:

1. **Drainage**
2. **Paving**
3. **Girder bridge**

LISTE DE SIGLES ET ABBREVIATIONS

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

ARP : Aménagement des Routes Principales ;

BA : Béton Armé ;

BAEL : Béton Armé aux Etats Limites ;

BB : Béton Bitumineux ;

BCEOM : Bureau d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer ;

BV: Bassin Versant;

CBR: Californian Bearing Ratio;

CEBTP : Centre Expérimental de recherches et d'étude du Bâtiment et des Travaux Publics ;

CEREMA : Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement »

CIEH : Comité Interafricain d'Études Hydrauliques

DQE : Devis Quantitatif et Estimatif ;

ELS : Etats Limites de Service ;

ELU : Etats Limites Ultime ;

FCFA : Franc des Colonies Française d'Afrique ;

GLN : Graveleux Latéritique Naturel ;

HA : Haute Adhérence ;

HT : Hors taxe ;

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées ;

LNBT : Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics ;

NF : Norme Française ;

OPM : Optimum Proctor Modifié ;

ORSTOM : Office de Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer ;

PK : Point kilométrique ;

PL : Poids Lourds ;

RN1E : Route Nationale Un Est ;

SETRA : Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes ;

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel ;

TN : Terrain Naturel ;

TTC : Toute Taxe Comprise ;

TVA : Taxe sur la Valeur Ajoutée ;

GERMS : Groupe d'étude et de réalisation multiservice ;

KM : Kilomètre.

UEMOA : Union Economique Monétaires Ouest Africaine

Tables des matières

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DE SIGLES ET ABREVIATIONS	v
LISTE DES TABLEAUX	xi
LISTE DES FIGURES	xiii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET... 2	
I.1 Présentation de la structure d'accueil.....	2
I .1.1 Historique	2
I.1.2 Domaine d'intervention.....	2
I.1.4 Moyens humains, matériels et logistique	3
I.2 Présentation du projet.....	4
I.2.1 Contexte Justification du projet.....	4
I.2. 2 Présentation de la zone d'étude	4
CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES	6
II.1 Données de base.....	6
II.1.1 Paramètres géotechniques	6
II.1.2 Données topographiques.....	6
II.1.3 Données hydrologiques	6
II.1.4 Données relatives au trafic	7
II.1.5 Données géométriques.	7
II.1.5 Données sur la carrière	7
II.2 Matériels utilisés	8
II.3 Méthodologie du diagnostic, géotechnique et dimensionnement de la chaussée	8
II.4 Méthodologie de la conception géométrique.....	9
II.5 Méthodologie de l'étude hydrologique et hydraulique	9
CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS.....	10

III.1 Diagnostic, Géotechnique et de la chaussée existante et dimensionnement de la chaussée	10
III.1.1 Diagnostic de la chaussée en place par la méthode VIZIR	10
III.1.1.1 Types de pathologie rencontrée.....	11
III.1.1.2 Causes probables des pathologies relevés	11
III.1.1.3 Solution face aux pathologies	12
III.1.1.4 Analyse des données de la chaussée	12
III.1.1.5 Découpage du tronçon en zone homogènes	13
III.1.1.6 Première note de surface.....	13
III.1.1.7 Facteur correctif	14
III.1.1.8 Etat structurel de la chaussée	15
III.1.1.9 Indice de qualité.....	16
III.1.2 Dimensionnement de la chaussée	19
III.1.2.1 Etude du trafic	19
III.1.2.2 Etude du sol support	20
III.1.2.3 Dimensionnement de la structure de chaussée par la méthode rationnelle	21
III.1.2.4 Dimensionnement au renforcement	22
III.1.2.5 Dimensionnement des zones d'élargissement	23
III.1.2.6 Vérification de la structure de chaussée avec Alizé LCPC	23
III.2 Conception géométrique de la chaussée	25
III.2.1 Type et catégorie de la route	25
III.2.2 Implantations des données topographiques	25
III.2.3 Caractéristiques géométriques	26
III.2.3.1 Tracé en plan	26
III.2.3.2 Profil en long	27
III.2.3.3 Profil en travers	29
III.3 Etude hydrologique	30
III.3.1 Caractéristiques des bassins versants	30
III.3.2 Evaluation des débits des bassins versant.....	32
III.3.2.1 Méthode rationnelle	32
III.3.2.2 Méthode ORSTOM.....	32

III.3.2.3 Méthode CIH	34
III.3.3 Choix du débit de projets	35
III.4 Etude hydraulique	35
III.4.1 Critères et hypothèses de calcul	35
III.4.2 Dimensionnement hydraulique d'un dalot	36
III.4.3 Dimensionnement hydraulique du pont	37
III.4.4 Conception et pré dimensionnement du tablier	37
III.5 Dimensionnement structural du dalot et du pont	39
III.5.1 Dimensionnement structural du dalot	40
III.5.2 Dimensionnement structural du pont	44
III.5.2.1 Dimensionnement des poutres	44
III.5.2.2 Dimensionnement de l'entretoise	46
CHAPITRE IV : NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL - COUT GLOBAL DU PROJET	i
IV.1 Signalisation et sécurité routière	i
IV.1.1 Signalisation temporaire	i
IV.1 .2 Signalisation permanente	i
IV.1.3 Signalisation horizontale	i
IV.1 .5 Signalisation verticale	ii
IV.2 Sécurité routière	ii
IV.2.1 Les ralentisseurs	iii
IV.2.2 Eclairage public	iii
IV.3 Notice d'impact environnemental et social	iii
IV.3.1 Les activités du projet	iv
IV.3.2 Les activités sources d'impacts	iv
IV.3.3 Composantes de l'environnement affecté	iv
IV.3.4 Identification et évaluations des impacts	v
IV.3.5 Cadre politique, juridique et institutionnel	v
IV.3.5.1 Cadre politique	v
IV.3.5.2 Cadre juridique	vi
IV.3.5.3 Cadre institutionnel	vii

IV.3.6 Proposition de mesure contre les impacts.	viii
IV.4 Métré, devis quantitatif et estimatif	viii
CONCLUSION	x
RECOMMANDATIONS	xi
BIBLIOGRAPHIE	xii
ANNEXE	xiv
Liste des Tableaux	xv
Liste des figures	xv
ANNEXE 1 : Conception géométrique	xvi
ANNEXE 2 : Diagnostic, Géotechnique et de la chaussée existante et dimensionnement de la chaussée.....	xxxiv
ANNEXE 3 : Etude hydrologique et hydraulique.....	xlii
ANNEXE 4 : Dimensionnement structural des dalots	lxii
ANNEXE 5 : conception et étude du Tablier	lxxix
Annexe 6 : Signalisation, sécurité routière et notice d'impact environnemental et social.....	xcvi
Annexe 7 : Devis estimative et quantitatifs du projet	civ

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: données Carrière sur la route filingué	7
Tableau 2: classification des dégradations	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 3: Première note d'état de surface	14
Tableau 4: Facteur correctif	15
Tableau 5: récapitulatifs des donnés de déflexion caractéristique.....	16
Tableau 6: Corrélation entre le niveau de dégradation et le niveau de déflexion	16
Tableau 7: Détermination de l'indice de qualité	17
Tableau 8: Solution proposée.....	18
Tableau 9: trafics moyen journalier annuelle (GERMS-Consulting)	19
Tableau 10: Classe du trafic selon le CEBTP	20
Tableau 11: Classe des sols selon le CEBTP (CBR).....	21
Tableau 12: Proposition d'épaisseur pour le renforcement.....	22
Tableau 13: Proposition d'épaisseur pour les zones d'élargissement	23
Tableau 14: Valeurs des rayons et dévers.....	26
Tableau 15: paramètres géométriques du profil en long.....	28
Tableau 16 : Caractéristiques des bassins versants	31
Tableau 17: Méthode rationnelle	32
Tableau 18: Méthode ORSTOM.....	33
Tableau 19: débit du BV2	34
Tableau 20: Sections hydrauliques du dalot.....	37
Tableau 21: récapitulatif éléments du tablier	38
Tableau 22 : Ponderation surcharge routière.....	40
Tableau 23: Section d'acier du dalot	42
Tableau 24: sollicitations dans la poutre	44
Tableau 25 : armature poutre	44
Tableau 26: ESTIMATION DU COUT DU PROJET	ix
Tableau 27: Récapitulatif des essais des sondages : RN25 route Filingué du pk6+500 au pk 9+600	xxxv
Tableau 28: relevé des dégradations	xxxvi
Tableau 29: Calcul méthode rationnelle	xliv
Tableau 30: Caractéristique pluviométrique	xlvi
Tableau 31: Classe d'infiltrabilité	xlvi
Tableau 32: coefficients de montana en fonction de la période de retour.....	xlix
Tableau 33: méthode ORSTOM	lii
Tableau 34 : section du dalot	lvi
Tableau 35: calcul de Y_{phE}	lvii
Tableau 36 : Analyse multicritère	lxi
Tableau 37: Les charges permanentes.....	lxxix
Tableau 38 : Charges permanentes des éléments porteur	lxxxi

Tableau 39:Charges permanentes des éléments non porteur	lxxxii
Tableau 40:Classes de pont en fonction de la largeur roulable	lxxxiv
Tableau 41:valeur du coefficient a_1 en fonction du nombre de voie N_v et de la classe du pont.	lxxxv
Tableau 42:Valeur de V_0 en fonction de la classe du pont	lxxxv
Tableau 43:: Valeurs du coefficient B_c	lxxxvi
Tableau 44:Valeurs du coefficient B_t	lxxxviii
Tableau 45:Gradient thermique en fonction du type de structure	xciv
Tableau 46:Coefficient de pondération à l'ELU et l'ELS.....	xciv
Tableau 47:Combinaisons de charges à l'ELU	xciv
Tableau 48:combinaisons de charge à l'ELS	xcv
Tableau 49 : Activité du projet.....	xcvii
Tableau 50: Activités sources d'impacts	xcviii
Tableau 51: Identification et évaluation des impacts	xcix
Tableau 52: Proposition de mesure	ciii

LISTE DES FIGURES

Figure 1:Organigramme de GERMS-Consulting	3
Figure 2:localisation du projet	5
Figure 3:Fonds Topographique	6
Figure 4: vérification sur alize	24
Figure 5:vu en plan du projet	30
Figure 6 Lignes d’écoulement des BV.....	3
Figure 7 : Organigramme pour le prédimensionnement des dalots	36
Figure 8: Plan de ferrailage du dalot 2x2x2.....	43
Figure 9 combinaison de charge entretoise.....	46
Figure 10 EPAUFRURE	xxxiv
Figure 11 NIE DE POULE AU PK8+700	xxxiv
Figure 12: vérification au renforcementFigure 13: vérification à l’élargissement	xl
Figure 14: Courbe de détermination de Kr70	1
Figure 15: Courbe de détermination de K.....	li
Figure 16: abaque pour le calcul de H1*	liii
Figure 17: Abaque pour le calcul de la pente critique	liv
Figure 18: Abaque pour le calcul de V*	lv
Figure 19 abaque de bradley	lix
Figure 20: diagramme moment fléchissant dalot 2x2x2 ELU.....	lxxv
Figure 21: diagramme effort tranchant dalot 2x2x2 ELS	lxxvi
Figure 22: diagramme effort normal dalot 2x2x2 ELS.....	lxxvi
Figure 23: diagramme moment flechissant dalot 2x2x2 ELS.....	lxxvii
Figure 24:diagramme effort normal dalot 2x2x2 ELU	lxxvii
Figure 25:Disposition longitudinale et transversale du convoi Bc sur le tablier	lxxxvi
Figure 26:Disposition longitudinale et transversale du convoi BcNiger sur le tablier	lxxxvii
Figure 27!Dispositions du système Bt	lxxxviii
Figure 28!: Dispositions du système Br.....	lxxxix
Figure 29:Dimensions chars à chenilles 110 t	lxxxix
Figure 30:Dimensions du convoi type D280	xc
Figure 31:Dimensions du convoi type E400.....	xc
Figure 32:Les différentes charges appliquées à la pile	xciii

INTRODUCTION

Les infrastructures routières jouent un rôle déterminant dans le développement économique et social, en particulier dans les pays en développement où la route constitue le principal moyen de transport des personnes et des marchandises. Au Niger, la croissance démographique, l'urbanisation rapide et l'augmentation du trafic routier exercent une pression importante sur le réseau existant, entraînant une dégradation accélérée des chaussées et une baisse du niveau de service offert aux usagers.

La ville de Niamey, capitale politique et économique du pays, concentre une part significative du trafic national. Parmi les axes structurants de la ville, la Route Nationale 25 (RN25) occupe une place stratégique dans la mobilité urbaine et interurbaine. Cependant, certains tronçons de cette route, notamment entre le PK 6+500 et le PK 9+600, se caractérisent par des voies étroites, un trafic intense, des insuffisances structurelles de la chaussée et des problèmes d'assainissement, aggravés par les conditions climatiques sahéliennes. Ces contraintes limitent la fluidité du trafic, augmentent les distances parcourues et affectent la sécurité des usagers.

Dans ce contexte, la problématique centrale de ce mémoire est la suivante : **comment aménager et renforcer durablement le tronçon de la RN25, caractérisé par des voies étroites et un trafic intense, afin d'améliorer la mobilité, de réduire les distances parcourues et de contribuer au développement économique ainsi qu'à la création d'emplois ?**

Pour répondre à cette problématique, le présent mémoire porte sur l'étude technique détaillée d'aménagement et de bitumage de la RN25 entre le PK 6+500 et le PK 9+600, incluant le tablier du pont de Saga Gorou. L'étude vise à diagnostiquer l'état de la chaussée existante, analyser les caractéristiques géotechniques du sol support, évaluer le trafic, concevoir une structure de chaussée et des ouvrages d'assainissement adaptés, tout en prenant en compte les impacts environnementaux et sociaux et l'estimation du coût global des travaux

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

Ce chapitre porte sur la présentation de la structure d'accueil et propose une vision d'ensemble du projet.

I.1 Présentation de la structure d'accueil

I.1.1 Historique

Le groupe d'Etudes et de Réalisation Multi-Services GERMS-consulting, fondé en mai 2001 est un bureau d'ingénieurs conseil et architectes nigériens qui intervient dans les études techniques, le suivi et le contrôle des travaux en hydraulique et en génie civil. Il dispose d'un réseau d'experts qualifiés et entretient des partenariats solides avec des institutions de recherche et des cabinets d'études tant national qu'international. GERMS-consulting accompagne les entreprises, organisme publics et privés, ainsi que des projets de développement.

I.1.2 Domaine d'intervention

Le groupe d'étude GERMS consulting est agréé par les principaux bailleurs de fonds internationaux, notamment la banque mondiale, la BAD, la BID, la BADEA et la BOAD, spécialisés dans le financement de projets de développement. Le cabinet a acquis une solide expérience dans divers secteurs :

- Routes et autoroutes ;
- Bâtiments ;
- Voiries et réseaux divers ;
- Barrages ;
- Aménagements hydroagricoles ;
- Aéroports ;
- Hydraulique urbaine ;
- Ouvrages d'arts et étude de transports ;
- Environnements ;
- Etudes économiques et générales.

I.1.4 Moyens humains, matériels et logistique

GERMS-consulting dispose de 150 employés, dont 40 ingénieurs expérimentés. Afin de maintenir un haut niveau de compétence, GERMS-consulting met en place un programme de formation continue pour son personnel.

Le bureau d'étude met à la disposition de son personnel un environnement de travail adéquat et fonctionnel pour leur permettre de bien exercer leur mission. En effet il dispose :

- 15 bureaux et salles de dessins équipés d'un câble informatique ;
- 1 centre de documentations regroupant des ouvrages et revues par un personnel spécialisé et expérimenté ;
- 1 atelier d'édition équipé de photocopieurs et de machines d'impression
- 1 salle de réunion ;
- 1 parc de véhicules.

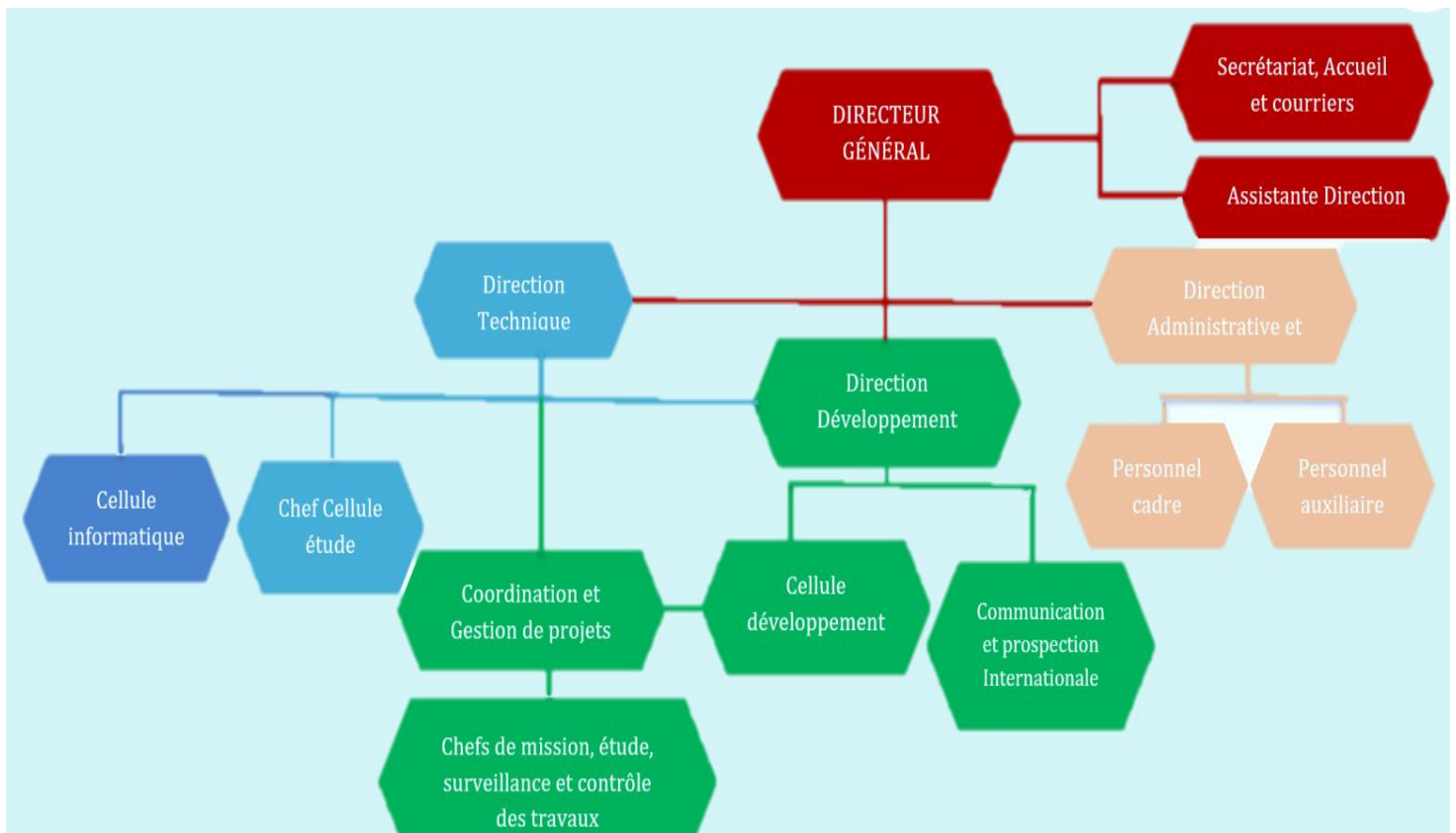


Figure 1: Organigramme de GERMS-Consulting

I.2 Présentation du projet

I.2.1 Contexte Justification du projet

La croissance urbaine de la ville de Niamey et l'intensification des échanges ont accru la pression sur le réseau routier existant, mettant en évidence plusieurs insuffisances fonctionnelles et structurelles. Les axes nationaux assurant les principales liaisons entre la capitale et les régions environnantes, notamment la Route Nationale 25 (RN25) en direction de Filingué, la Route Nationale 1(RN1) vers Dosso, ainsi que la liaison Niamey–Nyala, jouent un rôle déterminant dans la mobilité urbaine et interurbaine. Toutefois, l'absence de certains aménagements adaptés, et particulièrement des ouvrages de franchissements hydrauliques, provoquent des perturbations importantes de la circulation en saison des pluies, allant avec l'isolement temporaire de certaines zones.

Face à cette situation, les autorités nigériennes ont mis en place un vaste projet de modernisation des infrastructures routières de Niamey, comprenant l'aménagement et le bitumage de la RN25 (sortie vers Filingué), de la RN1 (sortie vers Dosso), la réhabilitation de la route Niamey–Nyala, ainsi que l'aménagement des rocade assurant la connexion entre la RN1 et la RN25, et entre la RN1-Est et la RN31 vers Liboré.

C'est dans cette dynamique, que le présent projet s'inscrit comme une action complémentaire, visant la poursuite de l'aménagement du tronçon concerné de la RN25 et la construction d'un pont permettant d'assurer la continuité de la circulation et un écoulement hydraulique maîtrisé. Sa réalisation contribuera à la sécurisation des déplacements, à la fluidification du trafic et à l'amélioration durable de la mobilité dans l'agglomération de Niamey

I.2. 2 Présentation de la zone d'étude

Situé en Afrique de l'ouest, le Niger est à la croisée de l'Afrique du Nord et du Sud Sahara entre les parallèles 11°37' et 23°33' de latitude nord et les méridiens 16° de longitude est et 0°10' de longitude ouest. Le pays s'étend sur une superficie d'environ 1 267 000 km² et compte près de 25 millions d'habitants, avec une densité variable selon les régions. Ce vaste projet de modernisation des infrastructures routières, concerne la ville de Niamey

ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25, TRONÇON DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU NIGER

L'objectif de ce travail est d'effectuer l'étude technique détaillée de notre tronçon. Ce tronçon mesurant une longueur de 3,1 km prend origine à partir du PK6+500 sur la RN 25 et prends fin à la sortie route Filingué SAGA GOROU.

➤ Localisation du tronçon :

Sur une longueur de 3,1 km, notre projet débute du PK6+500 de la RN 25 avec pour coordonnées (13°32'10"N ; 2°12'27"E) et prends fin vers la sortie de la route Filingué SAGA GOROU au PK9+600 (13°32'26"N ; 2°14'15"E). Cette route RN25 est l'un des plus importants axes routiers du Niger qui relie la capitale au nord du pays.



Figure 2: localisation du projet

CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Dans cette section, nous présentons les matériels et méthodes utilisées pour les différentes études étapes de cette étude.

II.1 Données de base

Les données d'entrée utilisées dans le cadre de ce projet sont les suivantes :

II.1.1 Paramètres géotechniques

Le laboratoire National des Travaux Publics et du Bâtiment LNTPB du Niger en collaboration avec le Bureau d'étude GERMS consulting ont mené des études géotechniques dont les résultats sont donnés en (ANNEXE 2 : Diagnostic, Géotechnique et de la chaussée existante et dimensionnement de la chaussée).

II.1.2 Données topographiques

Le fond topographique qui a constitué la base de notre conception géométrique nous a été fournie par la structure d'accueil. Nous avons effectué la conception sur les logiciels COVADIS et AUTOCAD.

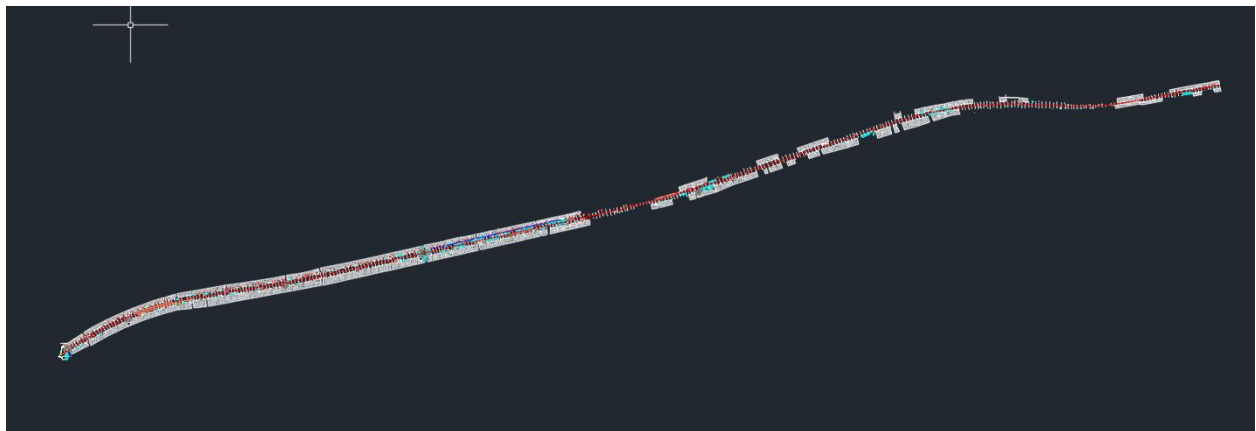


Figure 3:Fonds Topographique

II.1.3 Données hydrologiques

Les données météorologiques de la ville de Niamey permettront de dimensionner nos ouvrages hydrauliques afin de garantir la protection la route contre toute type d'inondation.

II.1.4 Données relatives au trafic

Un comptage a été effectué entre le rond-point WADATA et le péage d'Abala par l'équipe de GERMS-consulting afin d'avoir un trafic moyen journalier annuel (TMJA). Il est donné dans Tableau 8: trafics moyen journalier annuel (GERMS-Consulting)

II.1.5 Données géométriques.

Les données géométriques, essentielles à l'aménagement de ce projet, comprennent la vitesse de référence (VR) qui est de 80km/h, le nombre de chaussées et de voies de circulation (2x2), les accotements de part et d'autre de la chaussée, ainsi que le dévers. Ces données sont issues du CCPT

II.1.5 Données sur la carrière

Située sur la route Filingué à 9 km du PK 12+600 du boulevard TANIMOUNE en quittant Niamey pour Baleyara, la carrière a une surface de 180 000m² avec un volume de 180 000 m³ et présente les caractéristiques suivantes :

Tableau 1: données Carrière sur la route filingué

PK	Zone	Nature	Sondage	Limite		Proctor		CBR a l'OPM		
				LL	IP	gs	W	95%	98%	
9Km a 1+600 a G	Zone1	Latérite	Sd1+Sd2	25	12	2,01	5,3	54	83	Base
		Latérite	Sd3+Sd4	28	14	1,98	7,2	52	56,4	Fondation
		Latérite	Sd5+Sd6	24	12	2,01	6,0	88	112	Base
		Latérite	Sd7+Sd8+Sd9	22	11	2,06	6,6	89	101	Base
	Zone 2	Latérite	Sd1+Sd2+Sd3+Sd4	23	12	2,05	6,0	57	74	Fondation

Le CBR a 95% de l'OPM est supérieur à 30, ce qui nous donne un sol de classe S5

Conclusion : nous avons des sols latéritiques de classe S5, adaptés à une utilisation en couche de base et en couche de fondation.

II.2 Matériels utilisés

La réalisation de ce projet a nécessité l'usage de plusieurs logiciels techniques et bureautiques :

- AutoCAD pour la conception des plans techniques.
- Covadis 16 pour la conception géométrique des routes.
- Alizé-LCPC pour le calcul et la vérification des structures de chaussées.
- Robot Structural Analysis pour le dimensionnement des ouvrages.
- QGIS pour la création des cartes et la représentation spatiale des données.
- Pack Office pour la rédaction des rapports et la présentation des résultats.
- ArcGis pour la délimitation des bassins versant

II.3 Méthodologie du diagnostic, géotechnique et dimensionnement de la chaussée

Pour le dimensionnement de la chaussée « le guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux » élaboré par le **CEBTP** et aussi « le guide de diagnostic et conception des renforcements de chaussées » **CEREMA nous** a servi de base.

Le but est de déterminer la composition et l'épaisseur des différentes couches de la chaussée afin qu'elle supporte les sollicitations auxquelles elle sera exposée.

Le type de structure de chaussée dépend à la fois de la classe portante du sol (Si) et de la classe du trafic (Ti)

➤ Estimation du trafic

Le Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA), nous a été fourni par la structure d'accueil

➤ Sol support

Selon le « Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées pour les Pays Tropicaux » du CEBTP, cinq (05) catégories de sols sont sélectionnées qui correspondent aux différents types de sols rencontrés dans les pays tropicaux. Ces classes ont des valeurs allant de $CBR < 5$ à $CBR > 30$.

➤ Dimensionnement du corps de chaussée.

Le dimensionnement de la chaussée sera fait à l'aide du logiciel Alizé LCPC pour les différentes couches de chaussées

II.4 Méthodologie de la conception géométrique

Pour obtenir un tracé adapté et assurer le raccordement du tronçon à une route existante, il est nécessaire de respecter les conditions liées aux fonctions de cette voie. Ainsi, plusieurs documents d'aménagement routier seront analysés et nous utiliserons le logiciel Covadis 17, en suivant la norme ARP, pour déterminer le tracé précis de la route.

II.5 Méthodologie de l'étude hydrologique et hydraulique

L'objectif de l'étude sera de protéger la route contre les aléas climatiques, en particulier les crues.

Afin d'accomplir cela, nous utilisons une approche et une méthodologie appropriées résumées de la manière suivante :

- Evaluations du terrain et recension des infrastructures hydrauliques existantes ;
- Détermination des différents bassins versants ;
- Détermination des caractéristiques des différents bassins versants ;
- Exposé des méthodes de calcul hydrologique les plus courantes et sélection de la méthode appropriées ;
- Détermination des débits des bassins versants ;
- Calcul hydraulique des ouvrages d'assainissement ;
- Choix des sections des ouvrages d'assainissement ;
- Dimensionnement structural des ouvrages hydraulique

CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Dans cette section, nous exposerons les résultats ainsi que les discussions relatives au diagnostic de la chaussée existante et le dimensionnement de la nouvelle chaussée, de la conception géométrique, à l'étude hydrologique, à l'étude hydraulique, et à la conception et l'analyse des ouvrages de franchissements.

III.1 Diagnostic, Géotechnique et de la chaussée existante et dimensionnement de la chaussée

La géotechnique, c'est une science qui étudie les sols et les roches pour évaluer leur aptitude à supporter des infrastructures comme des routes. Dans le cas de notre projet routier, elle est cruciale pour s'assurer que la route soit stable, durable et sécurisée. Cette étude permet d'adapter les fondations et choisir les bons matériaux, tout en prévenant des problèmes comme l'affaissement ou les dégâts causés par le sol.

Les différents essais réalisés sur les matériaux prélevés au Laboratoire National du Travaux Publics et du Bâtiment (LNTPB) de Niamey avaient pour objectif

- Caractérisation de la chaussée existante et du sol support ;
- Identification des sites d'emprunt pour les matériaux de chaussées ;
- Chercher des granulats pour le béton des ouvrages.

NB : étant donné l'existence déjà une chaussée déjà en place, nous avons jugé important de vérifier la résistance de la chaussée existante pour s'assurer que cette chaussée sera apte à accueillir la nouvelle chaussée.

III.1.1 Diagnostic de la chaussée en place par la méthode VIZIR

Le diagnostic d'une route selon la méthode VIZIR consiste en une observation visuelle de l'état de la chaussée pour relever les dégradations telles que les fissures, les nids-de-poule. Ces dégradations sont ensuite classées selon leur gravité et permettent l'attribution d'un indice global d'état. Ce diagnostic va permettre de formuler des recommandations concernant les interventions à réaliser, qu'elles soient localisées ou plus importantes, en fonction de l'état général de la chaussée

III.1.1.1 Types de pathologie rencontrée

Lors du diagnostic, plusieurs pathologies ont été relevé sur la chaussée, notamment des épaufrures des nids de poules, les fissures transversales et longitudinale etc (Voir ANNEXE 2 : Diagnostic, Géotechnique et de la chaussée existante et dimensionnement de la chaussée)

III.1.1.2 Causes probables des pathologies relevés

Ce sont l'ensemble des facteurs qui contribuent à la dégradation des matériaux et structure de la chaussée réduisant ainsi sa durée de vie et son efficacité. Nous allons décrire ses dégradations (pathologies) et donner les causes probables.

Ces dégradations sont entre autres pour origine :

- Nids de poules : ce sont des désagréations localisées du revêtement sur toute son épaisseur, formant des trous bien définis, de forme généralement arrondie, avec des tailles et des profondeurs variables. Elle résulte d'une destruction et départ de matériaux souvent dus à :
 - Une mauvaise qualité de la chaussée ;
 - Une contamination par remonté d'argile dans la structure de la chaussée ;
 - Une forte perméabilité de la couche de roulement.
- Epaufrures : il s'agit d'une fissure de revêtement au niveau des rives, causée par :
 - Une largeur insuffisante de la bande revêtue et l'érosion des accotements, entraînant une instabilité des bords de chaussée
- Fissures longitudinales : Cassure du revêtement s'étendant de manière relativement parallèle à l'axe de la route. Elle est dû à plusieurs causes comme :
 - Joint de construction mal réalisé le long des travées adjacentes ;
 - Ségrégation de l'enrobé lors de la pose ;
 - Vieillissement du revêtement au fil du temps.

- Fissures Transversales : Cassure du revêtement s'étendant de manière relativement perpendiculaire à l'axe de la route. Elle est dû aussi à plusieurs origines :
 - Retrait thermique ;
 - Vieillissement et fragilisation du bitume ;
 - Remontée de fissures après des travaux de surfacage ;
 - Joint de construction mal exécuté [2].

III.1.1.3 Solution face aux pathologies

Lorsque nous abordons les solutions de réparation des pathologies, nous pouvons retenir pour chacune d'elle les solutions suivantes :

- Nids de poule : procéder à une réfection localisée du corps de chaussée et aussi un bouchage avec une couche d'enrobé
- Epaufures : rechargement des accotements et procéder à une rénovation de la couche de roulement
- Fissures longitudinales et transversales

Procéder à un colmatage ou une imperméabilisation ciblée aux fissures, afin d'éviter toute infiltration d'eau.

III.1.1.4 Analyse des données de la chaussée

Elle vise à exploiter les données recueillis pour effectuer la classification les différents types de dégradations. A cet effet, chaque type de dégradation se voit attribuer une note comprise entre 1 et 5. Cette note, qui correspond à une classe est déterminée en combinant l'étendue et la gravité de la dégradation observée, en fonction du point relevé. Le tableau 2 montre comment ces classes sont définies [3] :

Evaluation			Classe				
Etendue		Gravité			Gravité		
%/ a la surface		Largeur en mm			1	2	3
1	<10%	<2	Etendue	1	1	4	5
2	10-50%	2 a 10		2	2	5	5
3	>50%	>10		3	3	5	5

Voir les différentes notes des dégradations dans **Tableau 27**: relevé des dégradations en
ANNEXE 2 : Diagnostic, Géotechnique et de la chaussée existante et dimensionnement de la
chaussée

III.1.1.5 Découpage du tronçon en zone homogènes

Pour réaliser un diagnostic précis de la chaussée, sur la base de la déflexion, nous avons découpe la chaussée en plusieurs zones homogènes. Cette approche s'explique par le fait que la déflexion mesure la capacité de déformation de la chaussée, qui dépend de la solidité de la plate-forme support et de la rigidité de la structure sous le poids des essieux de 13 tonnes. De plus l'état apparent d'une chaussée est influencé par de nombreux facteurs, souvent non structurels, comme les conditions climatiques. Ce découpage permet ainsi d'adapter l'analyse des caractéristiques de chaque zone.

III.1.1.6 Première note de surface

Cette première note d'état de surface est déterminée à l'aide de l'indice de fissuration (**If**) et de l'indice de déformation (**Id**).

➤ **Indice de fissuration :**

L'indice de fissuration permet d'évaluer l'état des fissures sur la chaussée. Sur le tronçon étudié, nous avons observé des fissures transversales et longitudinales. Son calcul repose sur les classes attribuées à ces deux types de fissures à trois endroits : à droite, à l'axe et à gauche, de chaque point relevé de la route.

Par la suite, l'indice de fissuration est obtenu en additionnant les classes relevées à ces positions, avec une pondération de : 30% pour la gauche et la droite, et 40% pour le centre. Cette répartition s'explique par le fait que les usagers roulent principalement sur l'axe de la chaussée, d'où l'importance accordée à cette zone

Ci-dessous la formule utilisée pour le calcul :

$$\text{If} = \text{arrondi. sup}(30\% \times \text{classe a gauche}) + (40\% \times \text{classe a l'axe}) \\ + (30\% \times \text{classe a droite})$$

➤ **Indice de déformation :**

L'indice de déformation mesure l'état de la chaussée en fonction des déformations visibles, comme les affaissements, les ornières. Il se calcule de la même manière que l'indice de fissuration : en additionnant les indices relevés à chaque point et en appliquant les mêmes pondérations

La combinaison de l'indice de fissuration et l'indice de déformation, permet d'établir la note d'état de surface. Le tableau 3 permet ainsi de mesurer l'état visible de la chaussée :

Tableau 2: Première note d'état de surface

If \ Id	0	1 a 2	3	4 a 5
0	1	2	3	4
1 a 2	3	3	4	5
3	4	5	5	6
4 a 5	5	6	7	7

Voir les différentes notes de surface en **ANNEXE 2 : Diagnostic, Géotechnique et de la chaussée** existante et dimensionnement de la chaussée

III.1.1.7 Facteur correctif

Afin de prendre en compte les réparations de surface, nous intégrons la première note de surface obtenue. Les réparations réalisées sur ce tronçon ont contribué réduire les dégradations de type nids de poule. Le facteur de correction est déterminé à partir des informations dans le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 3: Facteur correctif

Etendue Gravité	0 à 10%	10 à 50%	>50%
1	0	0	0
2	0	0	+1
3	0	+1	+1

Voir les valeurs des facteurs correctifs dans le tableau 32 en **ANNEXE 2** : Diagnostic, Géotechnique et de la chaussée existante et dimensionnement de la chaussée

III.1.1.8 Etat structurel de la chaussée

L'état structurel de la chaussée traduit sa capacité à supporter les charges, et il est mesuré par la déflexion. A partir des valeurs brutes de déflexion mesurées, nous pouvons calculer les déflexions caractéristiques pour chaque tronçon homogène. Voici la formule employée pour ces calculs :

$$Dc = m + k\sigma$$

Dc : déflexion caractéristique

M : la Moyenne des valeurs brutes sur la section

σ : l'écart type

K : le coefficient de probabilité. Egale a 1,3

D'où $Dc = m + 1,3\sigma$

Commentaire : nous avons relevés des valeurs de déflexion caractéristique sur tous le long de notre tronçon a des sur pk définies.

Ci-dessous le tableau 5 nous donne un récapitulatif de nos valeurs de déflexion :

Tableau 4: récapitulatifs des données de déflexion caractéristique

Zone	PK		Déflexion
	Début	Fin	
1	6+500	7+000	27,48
2	7+050	7+550	59,93
3	7+600	8+100	45,31
4	8+150	8+650	55,24
5	8+700	9+200	51,18
6	9+250	9+600	25,26

L'analyse des mesures de déflexion repose sur une classification en trois catégories, définie par deux seuils, d1 et d2 qui se traduisent ainsi :

- d1 : en dessous de cette valeur, la structure est jugée en bon état ;
- d2 : au-delà de cette valeur, la structure présente des problèmes importants de portance ;
- Entre d1 et d2 : la situation est incertaine, et la qualité de la chaussée reste douteuse.

Pour le Niger, conformément au manuel de renforcement des chaussées souples en pays tropicaux, les seuils d1 et d2 sont fixes respectivement à 40/100 et 60/100

Tableau 5: Corrélation entre le niveau de dégradation et le niveau de déflexion

Déflexion	Faible	d1	d2	Forte
Portance	Elevée	Médiocre		Faible
Qualité des structures	Bonne	Douteuse		Mauvaise

III.1.1.9 Indice de qualité

L'indice de qualité Q_i , permet d'évaluer l'état général de la chaussée, aussi bien sur le plan visuel que structurel. Cet indice est établi en fonction du couple déflexion et état apparent, et ses valeurs varient de Q1 à Q5.

Chaque classe de Qi est associée à une solution spécifique pour remettre la structure en état. Le tableau ci-dessous, tirée du manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux.

Tableau 6: Détermination de l'indice de qualité

Déflexion Etat apparent	Faible		Elévé	
	d1	d2		
Bon 1	Q1 (Entretien)	Q1 (Entretien)	Q3 (zone d'indétermination)	
Fissuré non déformé 2-3	Q2 (Entretien)	Q3 (zone d'indétermination)	Q4 (Renforcement)	
Déformé et fissuré 4-7	Q3 (zone d'indétermination)	Q4 (Renforcement)	Q5 (Renforcement)	

Le tableau 8 nous permet de proposer des solutions adaptées aux différentes dégradation observées sur le tronçon. Ces solutions sont présentées dans le tableau a la page suivante

**ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25, TRONÇON DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS
LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU NIGER**

Tableau 7: Solution proposée

Zone	PK		Déflexion caractéristique				Etat apparent			Indice de qualité Qi	Solution
	Début	Fin	Déflexion	Dc<d1	d1<Dc<d2	d2<Dc	Bon (1)	Fissuré non déformé (2-3)	Déformé et fissuré (4-7)		
1	6+500	7+000	27,48	x				x		Q2	Entretien
2	7+050	7+550	59,93		x			x		Q3	Classe de trafic T3 donc renforcement
3	7+600	8+100	45,31		x			x		Q3	Classe de trafic T3 donc renforcement
4	8+150	8+650	55,24		x			x		Q3	Classe de trafic T3 donc renforcement
5	8+700	9+200	51,18		x			x		Q3	Classe de trafic T3 donc renforcement
6	9+250	9+600	25,26	x				x		Q2	Entretien

Nous remarquons que notre chaussée nécessite plus de renforcement que d'entretien. Par conséquent, la méthode de renforcement sera appliquée sur l'ensemble du tronçon.

III.1.2 Dimensionnement de la chaussée

Dimensionner une chaussée consiste à déterminer les caractéristiques des différentes couches qui la composent, afin de lui assurer une bonne résistance aux contraintes auxquelles elle sera soumise.

Ce processus s'appuie sur les principaux paramètres suivants :

- Trafic ;
- Classe de portance du sol support ;
- Caractéristique des matériaux ;
- Conditions climatiques.

III.1.2.1 Etude du trafic

Le dimensionnement de la chaussée repose sur le trafic actualisé.

Pour l'étude du trafic actualisé nous avons utilisé le trafics moyen journalier annuelle fournie par la structure d'accueil. Ci-dessous le récapitulatif du TMJA

Tableau 8: trafics moyen journalier annuelle (GERMS-Consulting)

Zone	Poste	VP	Camionnette	Camion	Autocar	Camion remorque	Articulé	camion- citerne	Articulé citerne	TMJA
Rp- wadata- péage Abala	N25	642	66	202	19	2	4	1	0	936

Au total nous avons 228 poids lourds (Camion, Autocar, Camion remorque, Articulé, camion-citerne)

Pour la suite du calcul les paramètres pris en compte sont :

- Durée de vie (n) : 20 ans ;
- Trafic de l'année 2021 (T1) ;
- Année de comptage 2021 ;

- Année de service 2026 (n) ;
- Taux d'accroissement géométrique (i) : 5%

Notons que ces paramètres ont été fournis par le maître d'ouvrage.

Après calcul nous avons un trafic de $2,94 * 10^6 PL$ le trafic en nombre d'essieux équivalent est le même. Ce qui correspond à un trafic de classe T3.

Ci-dessous le tableau de classification du trafic. Les détails de calcul sont en annexe 2

Tableau 9: Classe du trafic selon le CEBTP

Classe de trafic en fonction de NE
$T1 < 5 * 10^5$
$5 * 10^5 < T2 < 1,5 * 10^6$
$1,5 * 10^6 < T3 < 4 * 10^6$
$4 * 10^6 < T4 < 10^7$
$10^7 < T5 < 2 * 10^7$

III.1.2.2 Etude du sol support

Elle nous donne la classe du sol support en fonction du CBR. Le tableau ci-dessous nous donne la classe de portance du sol en fonction du CBR :

Tableau 10: Classe des sols selon le CEBTP (CBR)

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

Ces classes de portance sont obtenues à partir des essais réalisés au LNBTP. **Voir les différents sondages et essais sur notre tronçon dans ANNEXE 2 : Diagnostic, Géotechnique et de la chaussée existante et dimensionnement de la chaussée.**

Les résultats des essais nous donnent des sols de classe S3, S4 et S5 avec une prédominance de classe S5.

Il faut noter que le sondage géotechnique présente de très bonne portance de CBR et c'est dans ce sens que nous avons retenu une classe de portance S5 pour notre étude.

III.1.2.3 Dimensionnement de la structure de chaussée par la méthode rationnelle

La méthode rationnelle de dimensionnement des structures, contrairement à la méthode empirique, s'appuie sur des approches de calcul mécanique. Elle intègre le comportement rhéologique des matériaux, notamment leurs déformations internes et celles aux interfaces, sous l'effet des sollicitations mécaniques.

Pour le cas de notre tronçon, nous allons effectuer deux dimensionnements à savoir un dimensionnement au renforcement et un dimensionnement de l'élargissement

Pour notre projet nous avons un module élastique $E=195 \text{ MPa}$ ce qui correspond au sol PF3,

La contrainte verticale admissible $\sigma_{Z adm} = 2,09 \text{ MPa}$ et la déformation admissible,

$$\varepsilon_{Z adm} = 439,42 \mu\text{déf}$$

Les détails de calculs sont en annexe 2

III.1.2.4 Dimensionnement au renforcement

Le dimensionnement sera fait conformément au guide méthodologique « Diagnostic et conception des renforcements de chaussée du **CEREMA** » [4]. Pour ce faire, trois paramètres clés sont nécessaires : la durée de vie prévue de la chaussée, le trafic attendu, et la classe de portance du sol d'assise.

La durée de vie de la route est estimée à 20 ans (CCTP), avec un trafic de classe T3 et une classe de sol S5.

Pour le choix des matériaux, nous avons opté pour le recyclage de la couche de base, stabiliser au ciment pour obtenir un sol ciment. Bien que le **manuel de renforcement des chaussées en pays tropicaux** [3] recommande l'utilisation de grave bitume ou de grave ciment dans les cas de renforcement, nous avons choisi le sol ciment. Cette décision repose sur deux raisons principales

- Le tronçon concerné ne nécessite pas réellement de travaux de renforcement lourds ;
- Le sol ciment constitue une solution plus économique tout en étant adoptée pour stabiliser et renforcer le sol existant.

Tableau 11: Proposition d'épaisseur pour le renforcement

Couche	Matériaux proposés	Module (MPa)	Coef poisson	Epaisseur (m)	Interface
Revêtement	Béton Bitumineux	1300	0,35	0,05	collé
Couche de base	Sol-ciment	1500		0,20	collé
Fondation	Graveleux latéritique Naturelle	300		0,20	collé
Sol support	Graveleux latéritique Naturelle	195		6	collé
Substratum rigide	-	10000		infini	-

Selon le guide CEREMA, lors d'un renforcement, le matériau est considéré comme consolidé : l'infini correspond au substratum (module 10 000 MPa), au-dessus duquel on modélise un matériau de 6 m d'épaisseur avec un module défini, avant de prendre en compte la chaussée existante.

III.1.2.5 Dimensionnement des zones d'élargissement

le guide du CEBTP [5] nous servira de référence pour le dimensionnement de la zone à élargir tout en considérant le même matériau que celui du renforcement. Pour à la fois optimiser et conserver les mêmes caractéristiques mécaniques

Tableau 12: Proposition d'épaisseur pour les zones d'élargissement

Couche	Matériaux proposés	Module (MPa)	Coef poisson	Epaisseur (m)	Interface
Revêtement	BB	1300	0,35	0,05	collé
Couche de base	Sol-ciment	1500		0,20	collé
Fondation	Graveleux latéritique Naturelle	300		0,20	collé
Sol support	Graveleux latéritique Naturelle	195		Infini	-

III.1.2.6 Vérification de la structure de chaussée avec Alizé LCPC

Dans le cadre du dimensionnement mécanique de la structure de chaussée, la vérification des performances a été réalisée conformément aux recommandations du guide méthodologique du CEREMA relatif à la conception et au dimensionnement des chaussées souples. Selon cette approche, les critères de vérification reposent principalement sur des paramètres en déformation considérés comme représentatifs des mécanismes réels de dégradation des structures routières. Ainsi, la déformation horizontale en traction à la base des couches bitumineuses (ϵ_t) est utilisée pour l'évaluation de la fatigue des matériaux bitumineux, tandis que la déformation verticale en tête de la plate-forme ou des couches non traitées (ϵ_z) permet d'apprécier le risque d'orniérage. Pour les couches traitées aux liants hydrauliques, la vérification repose sur les sollicitations en traction conformément aux recommandations du guide. Bien que certaines contraintes, notamment

la contrainte verticale σ_z , puissent être calculées par les outils de modélisation mécanique, le guide CEREMA ne les retient pas comme critères normatifs de dimensionnement pour les chaussées souples. Par conséquent, les vérifications réalisées dans cette étude se sont limitées aux critères recommandés par le guide CEREMA, ce qui justifie l'absence d'une analyse spécifique basée sur la contrainte verticale σ_z .

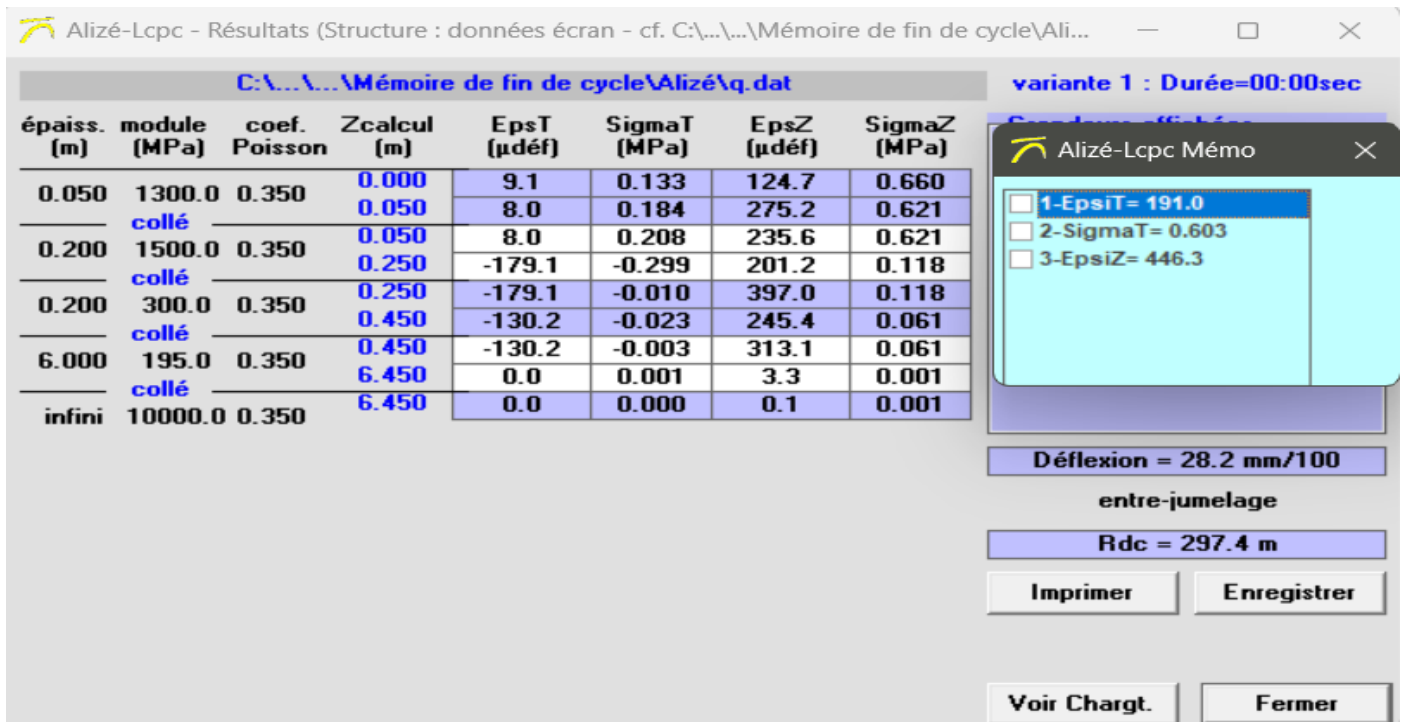


Figure 4: vérification sur alize

Les épaisseurs de couches retenues pour le dimensionnement ont permis d'obtenir, à l'aide du logiciel Alizé LCPC, des valeurs de déformations et de contraintes maximales inférieures aux seuils admissibles définis par le guide CEREMA. Les critères de fatigue des couches bitumineuses (ϵ_t), de traction des matériaux traités (σ_t) et d'orniérage de la plateforme (ϵ_z) sont ainsi vérifiés. Par ailleurs, les valeurs de déflexion obtenues restent dans des limites acceptables, traduisant un bon comportement mécanique global de la structure de chaussée vis-à-vis du trafic de dimensionnement

Les résultats de la modélisation et vérifications des épaisseurs proposées sont donnés en ANNEXE 2 : Diagnostic, Géotechnique et de la chaussée existante et dimensionnement de la chaussée

III.2 Conception géométrique de la chaussée

La classification d'une route tient compte de plusieurs aspects pour assurer qu'elle s'intègre bien à son environnement. Cela inclut des éléments comme les échanges, les accès, ou son emplacement dans une agglomération, etc. Elle repose aussi sur les caractéristiques essentielles de son aménagement.

III.2.1 Type et catégorie de la route

On classe les routes interurbaines en différents types, selon leur fonction et leur usage :

- Les routes types L : elles assurent les grandes liaisons interurbaines et sont souvent appelées autoroutes ;
- Les routes types T : elles facilitent le transit sur des distances moyennes et longues ;
- Les routes types R : elles constituent la majorité des routes en zones rurales, avec un double rôle qui est de relier les villes et desservir les campagnes.

Chaque type est divisé en catégories [6] :

- Les routes de type L comprennent les L100 et L120 ;
- Les routes de type T incluent les T80 et T100 ;
- Les routes de type R regroupent les R60 et R80, cette dernière ayant les mêmes caractéristiques similaires à la T80.

Ce classement permet d'organiser les routes selon leur fonction et leurs spécificités techniques. Pour le cas de notre étude, notre tronçon est une route du type R en agglomération avec une vitesse de référence de 80 km/h.

III.2.2 Implantations des données topographiques

Après avoir collecté les données nécessaires, nous avons utilisé le logiciel COVADIS 16 pour la conception géométrique du projet. Les données disponibles comprenaient les levés topographiques ainsi qu'un fond topographique. Sur la base de ces informations, nous avons suivi les normes ARP

et les directives pour les routes communautaires, afin de respecter les exigences géométriques du tracé en plan et du profil en long de la route. Nous avons également adopté une vitesse de référence de 80 km/h pour les zones traversantes ou contournant les agglomérations, conformément aux recommandations de l'UEMOA.

III.2.3 Caractéristiques géométriques

III.2.3.1 Tracé en plan

Le tracé en plan correspond à la vue horizontale de l'axe d'une route. Il combine des lignes droites et des courbes connectées pour assurer une circulation fluide et sécurisée. L'idée est de concilier à la fois sécurité et efficacité tout en maîtrisant le coût du projet.

a) Valeurs des rayons et dévers

Le tableau ci-dessous montre les différentes valeurs des rayons et dévers pour chaque catégorie de route. Cependant, nous ne prendrons en compte que celles qui correspondent à notre vitesse de référence, et elles sont regroupées dans le tableau ci-après :

Tableau 13: Valeurs des rayons et dévers

Désignation du paramètre			Symbole et unité	Catégorie de route				
				4e	3e	2e	1e	Except
Vitesse de référence			Vr (Km/h)	40	60	80	100	120
Tracé en plan	Dévers maximal		M(%)	7	7	7	7	7
	Rayon en plan RH(m)	Minimal absolu (dévers M)	RH _{mm}	40	120	240	425	5
		Minimal normal (normal)	RHN (%)	120 (5%)	240 (5%)	425 (5%)	665 (4%)	1000 (4%)
		Au dévers minimal	RH'' (2,5%)	250	450	50	900	1500

		RH'' (2%)	300	500	700	1000	1600
	Non déversé		400	600	900	1300	1800

b) Rayons de raccordements

Un rayon de raccordements comme son nom l'indique, est un rayon utilisé pour tracer un arc de cercle qui relie deux alignements droits de la route. Lors de l'aménagement des routes existantes, certaines il est parfois possible de choisir des rayons un peu plus petits que ceux recommandés dans les normes, mais cela doit être fait dans des conditions précises. Voici quelques règles à suivre pour garantir la sécurité et la fluidité du trafic :

- A la fin d'un long alignement (plus de 1 km), il faut éviter d'avoir des rayons inférieurs à 300 m, en particulier en bas de pente raide ;
- Pour les alignements plus courts (entre 0,5 et 1 km), il est conseillé de ne pas descendre en bas de 200 m ;
- Lorsque les deux courbes se suivent (même si elles sont séparées par un alignement droit), leurs rayons doivent être compatible entre eux, avec un rapport compris entre $0,67 < \frac{R1}{R2} < 1,5$, sauf si les deux rayons sont supérieurs à 500m ;
- Enfin, il est préférable d'éviter les courbes en ove, en C ou celles avec un sommet très prononcé.

III.2.3.2 Profil en long

Le profil en long est une vue verticale du tracé de la route, ou l'on représente l'axe de la chaussée, en prenant compte sa longueur (abscisse) et son altitude (ordonnée). Ce profil se compose de sections droites, avec des pentes ou rampes, ainsi que de courbes de raccordement (circulaires ou paraboliques), définies par leur rayon. Pour assurer un trajet confortable et agréable, tant du point de vue du dynamisme que de l'esthétique visuelle, il est essentiel que les paramètres géométriques du profil en long respectent certaines normes, comme le montre le tableau ci-dessous :

Tableau 14: paramètres géométriques du profil en long

Catégorie de la route	R60	T80 et R80	T100
Déclivité maximale	7(%)	6(%)	5(%)
Rayon minimale en angle saillant (m)	1500	3000	6000
Rayon minimale en angle rentrant (m)	1500	2200	3000

Le profil en long de notre route est donné en

ANNEXE 1 : Conception géométrique

III.2.3.3 Profil en travers

Le profil en travers est une représentation graphique montrant une coupe perpendiculaire l'axe d'un projet routier, mettant en évidence les éléments constitutifs de la chaussée. Cette coupe permet de visualiser :

- L'emprise de la route ;
- Les dimensions des différentes couches de la chaussée ;
- Les équipements, tels que les panneaux de signalisation.

Elle joue un rôle central dans la conception des routes, notamment grâce à la pente transversale de 2,5 %, recommandée par l'ARP pour faciliter l'évacuation des eaux de pluie et prévenir leur accumulation sur la chaussée.[2]

NB : sur notre tronçon nous avons une chaussée de 2X2 voies

Voir en

ANNEXE 1 : Conception géométrique différents profils en travers de notre projet.

III.3 Etude hydrologique

L'eau est l'une des causes majeures de dégradation des chaussées, ce qui rend l'assainissement essentiel pour évacuer les eaux pluviales, domestiques ou industrielles. En l'absence de données pluviométriques et cartographiques précises, des outils comme Google Earth ou ArcGIS permettent d'estimer les zones et débits nécessaires au dimensionnement des ouvrages d'assainissement.

III.3.1 Caractéristiques des bassins versants

- Le tronçon a été matérialisé sur le logiciel google Earth puis exporté dans l'outil ArcGIS en format KMZ :



Figure 5:vu en plan du projet

Nous avons délimité les différents bassins versant sur notre tronçon a l'aide du logiciel ArcGIS. Le logiciel fourni directement les caractéristiques des bassins versants.

ci-dessous les différents bassins versants

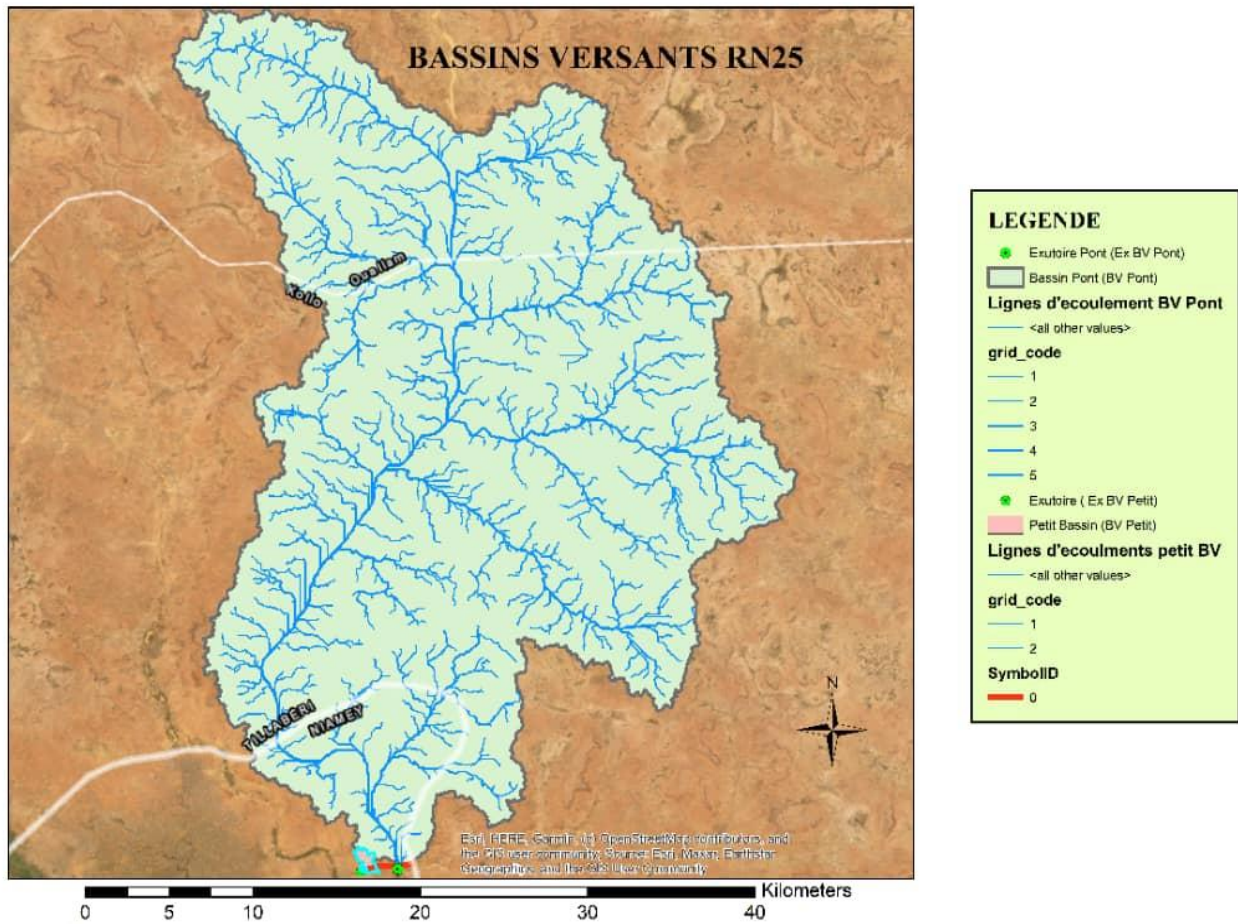


Figure 6 Lignes d'écoulement des BV

Après la délimitation, nous retenons deux (2) bassins versant présent sur notre route. Les caractéristiques ces derniers sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 15 : Caractéristiques des bassins versants

Bassin Versant	Superficie Km2	Périmètre Km	Zmax (m)	Zmin(m)	Pente %	L écoulememnt (m)
BV1	1,23	5,90	210	200	1,54	650
BV2	1077	230.09	230	200	3,5	389 558

III.3.2 Evaluation des débits des bassins versant

Il existe plusieurs méthodes pour la détermination des débits des crues notamment la méthode rationnelle, la méthode ORSTOM et la méthode CIEH.

Méthode rationnelle : cette méthode est utilisable pour les bassins versants de petite taille comprise de 0-4 km²

Méthode ORSTOM : Cette méthode est utilisable pour les moyens et grands bassins comprise entre 0,2 ou 1-2 km² à 200 km²

Méthode CIEH : elle est utilisée pour les grands bassins (> 200 Km²).

III.3.2.1 Méthode rationnelle

Le BV1 fait appel à cette méthode ($S=1,23\text{km}^2 < 4 \text{ km}^2$)

Pour ce bassin versant de faible superficie, caractérisé par des écoulements locaux et un ouvrage hydraulique de faible importance, le débit décennal a été retenu comme crue de projet. Ce choix est conforme aux pratiques courantes de dimensionnement des ouvrages d'assainissement routier pour les petits bassins versants, où une période de retour moyenne permet d'assurer un compromis entre sécurité hydraulique et optimisation économique.

Le récapitulatif de calculs dans le tableau suivant Les détails de calcul sont en annexe 3

Tableau 16: Méthode rationnelle

Bassin Versant	Superficie Km2	Pente %	Intensité de pluie(mm/h)	Coefficient de ruissellement	Débit en m3/s
BV1	1,23	1,14	102,56	0.3	10,51

III.3.2.2 Méthode ORSTOM

Le BV2 fait appel à cette méthode

Après calculs on a les résultats dans le tableau ci-dessous. Les détails de calcul sont en annexe 3

**ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25, TRONÇON DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS
LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU NIGER**

Tableau 17: Méthode ORSTOM

Bassin versant	Superficie (Km2)	Pente (%)	infiltrabilité	A (coefficient abatement)	P10 (mm)	Kr10 (%)	α_{10}	Tb10 (mn)	Pm10	Q10(m ³ /s)
BV1	1,23	1.14	RI	0,98	110	31,74	2.6	180,05	108,65	3,38

III.3.2.3 Méthode CIH

Compte tenu de la grande superficie de ce bassin versant et de l'importance des écoulements générés, le débit centennal a été adopté comme crue de projet. Ce choix vise à garantir un niveau de sécurité hydraulique élevé face aux crues majeures susceptibles d'engendrer des risques importants pour les infrastructures et les zones environnantes, conformément aux pratiques de dimensionnement des ouvrages hydrauliques majeurs.

Après calculs, les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 18: debit du BV2

Basin versant	BV2
Surface du bassin (S)	1077 Km ²
Périmètre du bassin (P)	230,09 km
Indice global de pente (Ig)	3,5%
Longueur d'écoulement (L)	389 558 m
Pluie moyenne annuelle (Pan)	584 mm
Pluie journalière maximale T=10 ans (P10)	110 mm
Coefficient de ruissellement (Kr10)	0,1279
Temps de base Tb10	5700,5 min
Débit décennal (Q10)	569 m ³ /s
Coefficient pondérateur adapté (C)	1,07
Débit centennal (Q100)	607 m ³ /s

III.3.3 Choix du débit de projets

Le débit de projet également appelé crue de projet, correspond au débit décennal calculé (BV1) précédemment et au débit centennal (BV2) précédemment, ce qui nous permettra de sélectionner les infrastructures hydrauliques et ensuite de les dimensionner.

Pour la détermination du débit des crues dans le cas du BV1, nous avons utilisé deux méthodes à savoir la méthode rationnelle, la méthode ORSTOM. Nous avons remarqué que le débit trouvé avec la méthode Rationnelle est supérieur à celui de la méthode ORSTOM. Nous avons fait choix de considérer le cas le plus défavorable pour assurer la sécurité et un meilleur dimensionnement des ouvrages et la méthode rationnelle est celle qui répond mieux à ce critère. En ce qui concerne le BV2 nous avons utilisé la méthode CIH comme c'est un grand bassin ($> 200\text{Km}^2$). Ensuite on a déterminé le débit centennal [7].

III.4 Etude hydraulique

Pour garantir l'évacuation de la chaussée, une étude est réalisée sur la dimension des infrastructures d'assainissement afin de drainer l'eau de pluie qui pourrait endommager notre route et la renvoyer au cours d'eau naturel. Des ouvrages de franchissements transversaux (dalots, buses, ponts) sont nécessaire pour l'eau de ruissellement traversant l'axe de la route et des ouvrages longitudinaux (fossés et caniveaux) lorsque les écoulements sont parallèles à l'axe de la route. L'objectif principale de cette étude consiste à identifier les sections appropriées des ouvrages de franchissement et d'assainissement pluvial de la route, y compris leur localisation.

Dans notre cas d'étude, nous avons choisis un dalot et un pont comme ouvrages de franchissement transversaux et des fossés comme ouvrages longitudinaux.

III.4.1 Critères et hypothèses de calcul

Les critères et hypothèses de calcul des sections des ouvrages hydraulique sont les suivantes :

- La vitesse maximale de l'écoulement est fixée à 3 m/s donnée par le manuel du BCEOM [8] ;
- Les dalots fonctionnent de manière autonome (sortie libre) car ils ne sont pas utilisés dans les zones inondables [8] ;
- Ecoulement à surface libre ;

- Les dalots seront équipés de mur en aile formant un angle de 45° par rapport à l'axe de l'ouvrage.

III.4.2 Dimensionnement hydraulique d'un dalot

En utilisant les instructions du BCEOM, nous avons pu établir un schéma afin de prédimensionner hydrauliquement un dalot qui est le suivant :

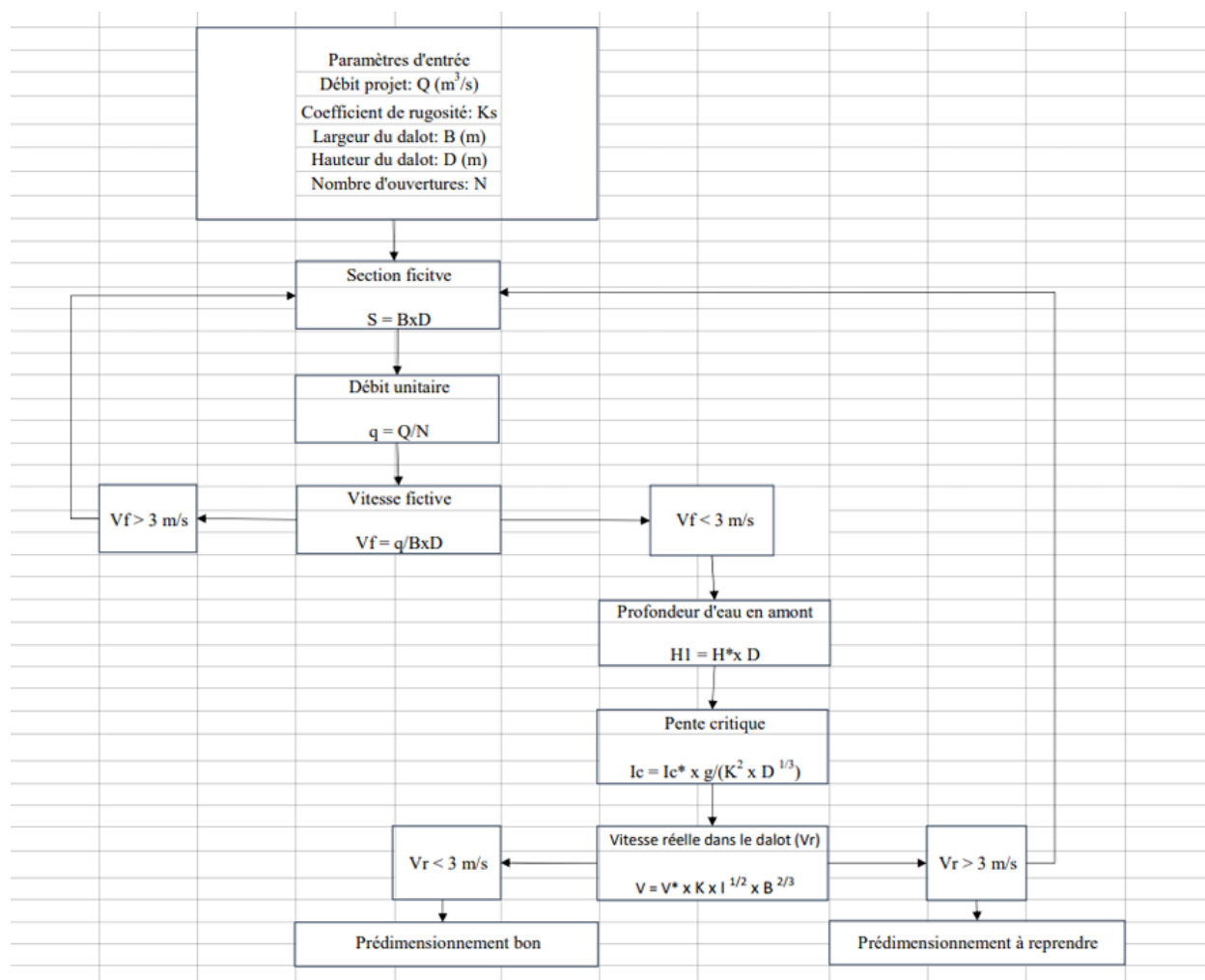


Figure 7 : Organigramme pour le prédimensionnement des dalots

Après application de la méthode, nous obtenons les résultats consignés dans le tableau suivant.
Les détails de calculs sont en annexe 3

Tableau 19: Sections hydrauliques du dalot

Bassin versant	Débit en m ³ /s	Ks	N	B (m)	D (m)	Surface du dalot (m ²)	Débit unitaire (m ³ /s)	vitesse (m/s)	Vmax (m/s)
BV1	10,51	67	2	2	2	4	5,25	2,83	3

Conclusion : nous avons un dalot de 2x2x2

III.4.3 Dimensionnement hydraulique du pont

Après avoir déterminé le débit décennal Q_{10} par la méthode du CIEH, la méthode du GRADEX a été utilisée afin d'estimer le débit centennal Q_{100} , qui est égal à **607 m³/s**.

❖ Détermination du débouché linéaire

Le débouché linéaire qui est de 80,23 m a été obtenu à l'aide la formule de LACY. Cependant cette valeur a été augmenter à 100 m après une visite sur terrain

❖ Détermination de la hauteur des plus hautes eau (YPHE)

La méthode de la débitance a permis de déterminer une hauteur d'eau maximale Y_{PHE} égale à **2,34m**

❖ Détermination de l'exhaussement (Δh)

Il est calculé à l'aide de la méthode de Bradley, après calcul nous avons $\Delta h = 0,23$ m

❖ Détermination de la hauteur du pont

La hauteur du pont (intrados–TN) a été déterminée par la somme de la hauteur d'eau maximale Y_{PHE} , de l'exhaussement Δh et de la revanche. Cette somme a conduit à une hauteur théorique de 5,57 m. Toutefois, par mesure de sécurité et conformément aux recommandations techniques, une hauteur de 6 m a été retenue.

III.4.4 Conception et pré dimensionnement du tablier

III.4.4.1 Conception du pont

Pour la conception du pont, deux variantes ont été envisagées : un pont à poutres et un pont dalle. Une analyse multicritère a été réalisée afin de comparer ces deux solutions. Les résultats de cette

analyse montrent que le pont à poutres est le plus adapté au projet, avec une note globale de 25, contre 17 pour le pont dalle. (voir annexe4)

III.4.4.2 Pre dimensionnement du Tablier

Après calcul les résultats sont récapituler dans le tableau suivant

Tableau 20: récapitulatif éléments du tablier

Élément	Désignation	Valeur retenue (m)
Poutres	Hauteur de la poutre (H _p)	1,20
	Largeur de la poutre (b _p)	0,40
	Nombre de poutres (par tablier)	5
	About	0,50
	Entraxe des poutres (b ₀)	2,20
Entretoises	Hauteur des entretoises	1,00
	Épaisseur des entretoises	0,35
	Longueur des entretoises	1,20
Hourdis	Épaisseur du hourdis	0,20
	Épaisseur de la prédalle	0,05

III.5 Dimensionnement structural du dalot et du pont

Le dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques vise à assurer leur durabilité et leur résistance aux charges. Cela inclut l'analyse des sollicitations, le choix des matériaux, le calcul des efforts et la détermination des sections d'armature en tenant compte des particularités de chaque ouvrage : l'évacuation des eaux pour les dalots et les charges plus importantes pour les ponts.

➤ Hypothèses sur les calculs :

Les hypothèses de calculs ainsi que les propriétés des matériaux, comme le béton et les armatures, sont similaires pour le dalot et le tablier [9].

- Poids volumique du béton armé : 25 kN/m^3 ;
- Poids volumique du remblai : 20 kN/m^3 ;
- Poids volumique du Béton Bitumineux : 24 kN/m^3 ;
- Coefficient de poussée de terre au repos : varie de 0,25 à 0,5 selon le type de matériaux (nous avons fait le choix de $K_{\max} = 0,5$) ;
- Les liaisons aux appuis sont supposées élastiques afin d'avoir les réactions du sol ;
- Le béton a utilisé à un $f_{c28} = 30 \text{ MPa}$ pour le dalot et le pont ;
- L'acier à utiliser est de type HA qui a une nuance $F_e = 400 \text{ MPa}$ et $F_e = 500 \text{ MPa}$ respectivement pour le dalot et le pont
- La fissuration est considérée comme préjudiciable pour le tablier et le piédroit(dalot) ;
- La fissuration est considérée comme très préjudiciable pour le radier(dalot) ;
- L'enrobage est pris égal à 5 cm dans tous les calculs d'armatures conformément à l'article **A.7.1 du BAEL (point 2)** portant sur la protection des armatures pour assurer la durabilité de notre ouvrage ;
- Le coefficient d'équivalence (n) est pris égal à 15 conformément à l'article **A.4.5,1 du BAEL** ;

➤ Caractéristiques des matériaux

🚧 Béton :

- Béton B30 pour le pont ;
- Béton B30 pour le dalot ;
- Résistance à la compression du béton pour le dalot : $F_{c28} = 30 \text{ MPa}$;

- Résistance à la compression du béton pour le pont : $F_{c28} = 30 \text{ MPa}$;
- Résistance à la traction du béton pour le dalot : $F_{t28} = 2,4 \text{ MPa}$;
- Résistance à la traction du béton pour les caniveaux : $F_{t28} = 2.4 \text{ MPa}$;
- Module de déformation instantanée : $E_{ij} = 32164 \text{ MPa}$;
- Module de déformation différé : $E_{vj} = 10819 \text{ MPa}$;
- Contrainte limite de compression du béton pour les dalots : $\overline{\sigma_{bc}} = 18 \text{ MPa}$;
- Contrainte limite de cisaillement : $\tau_u = 3 \text{ MPa}$;

✚ Acier :

- Module d'élasticité : $E_s = 200000 \text{ MPa}$;
- Contrainte de l'acier = 400 MPa

III.5.1 Dimensionnement structural du dalot

➤ Pondération des surcharges routières

Tableau 21 : Ponderation surcharge routiere

Charges`	Coefficients	
	ELU	ELS
Charge permanente	1,35	1
Charge exploitation	1,5	1
Surcharge de type A	1,6	1,2
Surcharge de type Bc	1,6	1,2
Surcharge de Bc Niger	1,6	1,2
Surcharge de Bt	1,6	1,2
Surcharge Mc 120	1,35	1

Nous allons présenter un récapitulatif des résultats des sections déterminées dans le tableau 20 avec le plan de ferraillement du dalot et les détails de calculs sont présentés avec les plans de ferraillement de dalot en **ANNEXE 4**.

**ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25, TRONÇON DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS
LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU NIGER**

Tableau 22: Section d'acier du dalot

Section du dalot	Composant du dalot	Aciers principaux (cm ²)		Aciers répartition (cm ²)	Espacement (cm)
Dalot 2*2*2	Tablier	Travée	6HA14	5HA10	20/15
		Appui	5HA12	5HA10	
	Radier	Travée	10HA16	5HA12	20/15
		Appui	8HA16	4HA12	
	Piedroit	Extérieur	8HA16	5HA10	15/12
		Intermédiaire	5HA12	5HA10	
	Mur en ail		5HA10	5HA10	15

RÉPUBLIQUE DU NIGER Fraternité - Travail - Progrès	MAÎTRE D'OUVRAGE MINISTÈRE DE L'EQUIPEMENT DIRECTION GÉNÉRALE DES GRANDS TRAVAUX DIRECTION DES ROUTES ET OUVRAGES	SURVEILLANCE ET CONTRÔLE : GERMS consulting GÉRMS Consulting Rue de la République, Niamey Tél : +227 20 12 12 12 / 12 12 12 E-mail : info@germsconsulting.com Web : www.germsconsulting.com Vérifié par _____ Approuvé par _____	TITULAIRE : SOGEA SATOM Dessiné par _____ Approuvé par _____	PROJET: ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25, TRONÇON DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU NIGER	Echelles Plan n° 2x2.00x2.00 Date Jan, 2026
---	---	---	---	--	--

43

III.5.2 Dimensionnement structural du pont

III.5.2.1 Dimensionnement des poutres

Récapitulatif de la descente des charges sur une seule poutre.

Les résultats des sollicitations maximales en traction (T) et en moment (M), exprimées en kN et kN.m, aux états limite de service (ELS) et ultime (ELU) pour la poutre, sont présentés dans le tableau ci-dessous. Ces valeurs ont été obtenues sous le passage du convoi militaire Mc120, et les diagrammes correspondants des différentes sollicitations sont illustrés en Nous allons présenter un récapitulatif des résultats des sections déterminées dans le tableau suivant avec le plan de ferrailage de la poutre, de l'entretoise et les détails de calculs sont présentés avec leurs plans de ferrailage en annexe

Tableau 23: sollicitations dans la poutre

Combinaison de charge	Moment fléchissant M (kN.m)	Effort tranchant T (kN)
ELU Mc120	1193,336	238,6714
ELS Mc120	4223, 64	1024,88

Ferrailage

Le dimensionnement est effectué en flexion simple, en considérant un état de fissuration préjudiciable. La sollicitation la plus défavorable est retenue pour le calcul des armatures ci-dessous nous avons le récapitulatif. Les détails de calcul sont présentés en Annexe

Tableau 24 : armature poutre

Armatures Travée				
Élément	Position	Désignation	Lit	As (cm ²)
Armature tendue travée	Partie inférieure	3HA32	1er lit inf	24,12
Armature tendue travée	Partie inférieure	3HA32	2 ^e lit inf	24,12
Armature tendue travée	Partie inférieure	3HA32	3 ^e lit inf	24,12
Armature complémentaire	Partie inférieure	3HA25	4 ^e lit inf	14,73

**ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25,
TRONÇON DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU
NIGER**

Total As travée				87,09 cm²
Armatures Appuis				
Armature tendue appui	Supérieure	HA32	1er lit sup	8,04
Armature tendue appui	Supérieure	HA32	2 ^e lit sup	24,12
Renfort appui	Supérieure	HA20	Lit sup	9,42
Armature tendue appui	Supérieure	HA32	1er lit sup	8,04
Total As Appuis				41,58 cm²
Armatures (cadres / étriers)				
Élément	Zone	Désignation	Espacement	As par cadre (cm²)
Cadres	Travée	HA14	e = 300 mm	3,08
Cadres	Proche appui	HA14	e = 150 mm	3,08
Cadres renforcés	Appui	HA10	e = 50 mm	1,57

III.5.2.2 Dimensionnement de l'entretoise

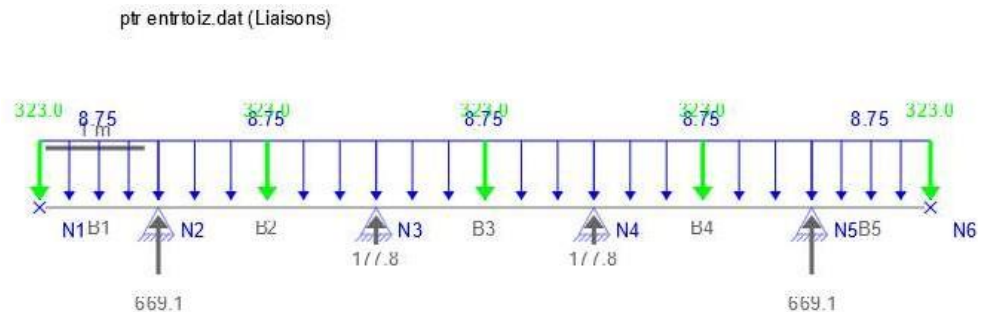


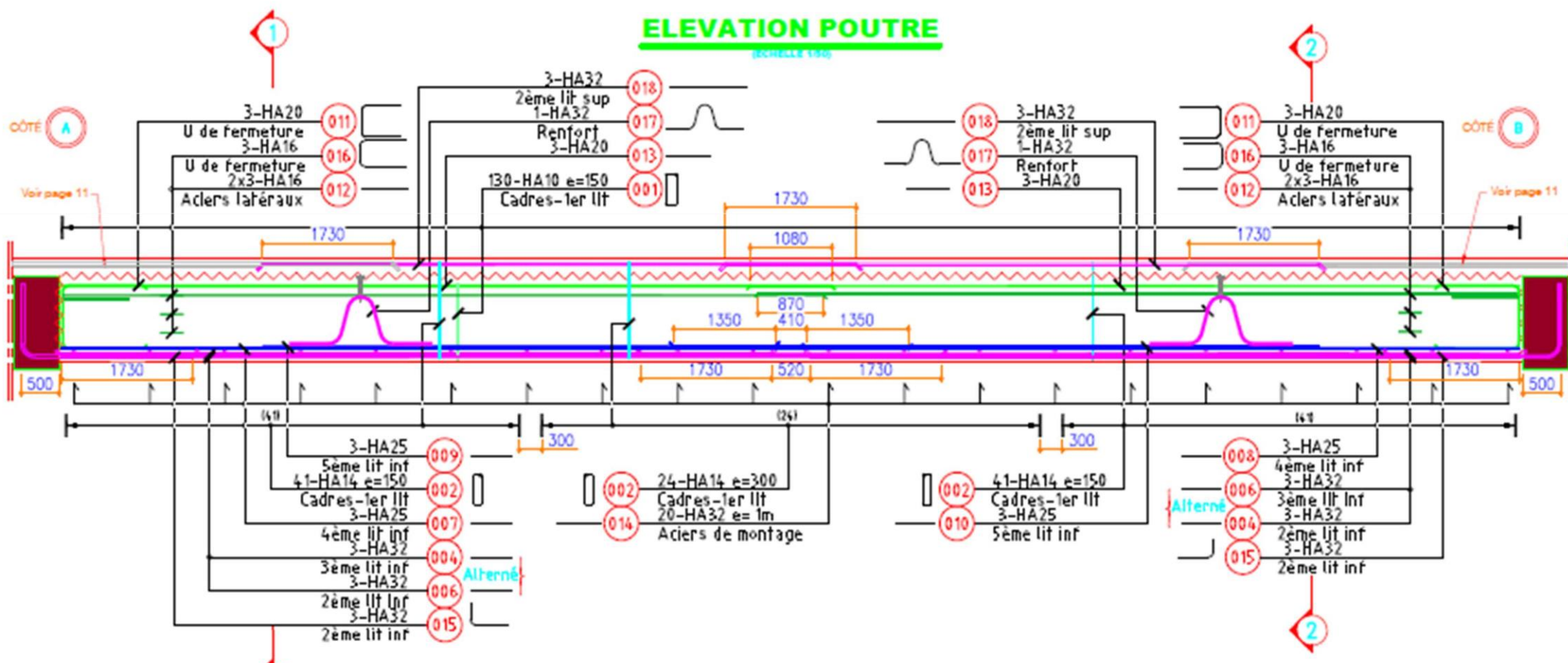
Figure 9 combinaison de charge entretoise

A l'aide du logiciel PYbar, nous avons obtenu les sollicitations suivantes ELS : $M_{\max}$ en appuis : 394 kN.m et $T_{\max} = 335,60$ kN

Calcul des sections d'armatures

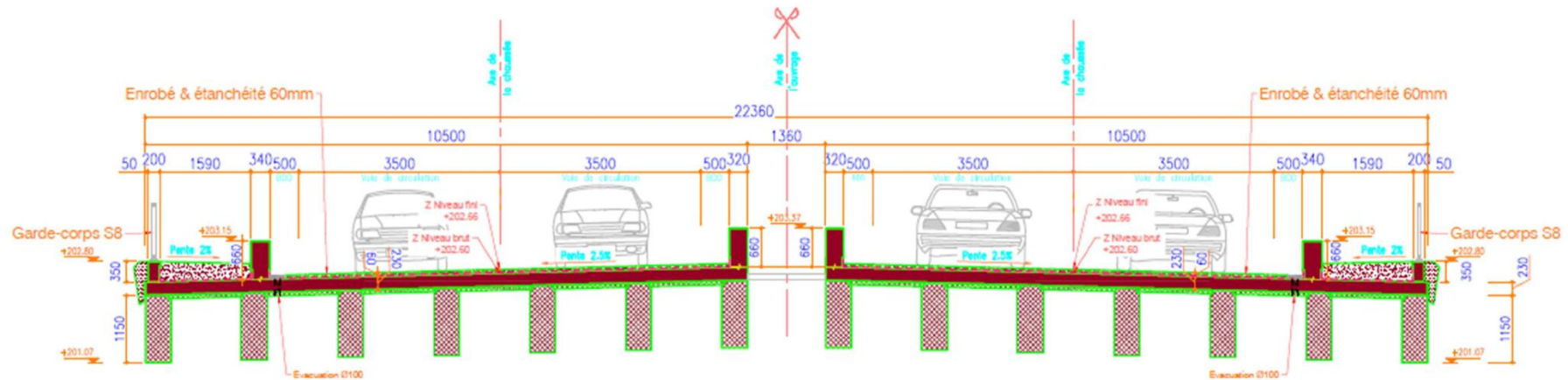
Des calculs faites à ELS nous obtenons les sections d'armature suivantes :

- $A_s = 24,43 \text{ cm}^2$ / **Choix** : nous optons pour **8 HA20** totalisant $25,13 \text{ cm}^2$ pour les armatures en appuis comme en travée.
- Calcul des armatures de peau : $A_s = 3 \times 2,35 = 7,05 \text{ cm}^2$ on prendra 10HA10 soit une section réelle de $7,85 \text{ cm}^2$.
- Calcul des armatures transversales ; $\phi t = 8 \text{ mm}$, espacement 20 cm

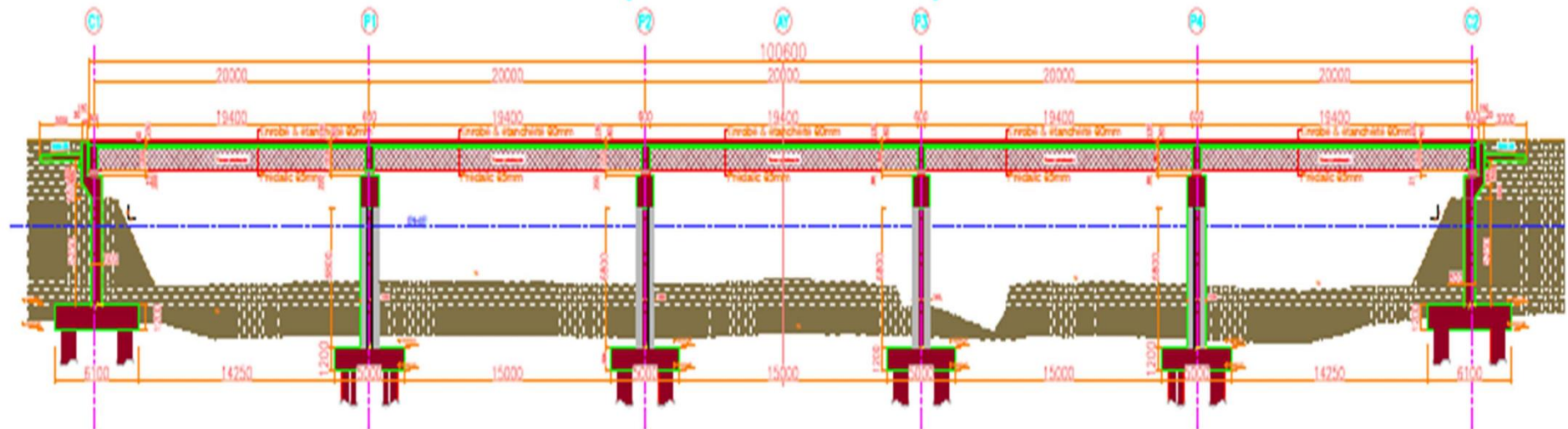


ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25, TRONÇON DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS LE
TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU NIGER

COUPE FONCTIONNELLE
(ECHELLE 1/50)



COUPE LONGITUDINALE A L'AXE DE LA CHAUSSEE (ECHELLE 1/75)



CHAPITRE IV : NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL - COUT GLOBAL DU PROJET

Dans cette partie, nous nous pencherons sur la sécurité routière, en mettant l'accent sur la signalisation verticale et horizontale. Nous réaliserons également une synthèse de l'étude d'impact environnemental pour identifier les effets positifs et négatifs du projet, ce qui nous permettra de proposer des mesures visant à les atténuer ou les corriger.

IV.1 Signalisation et sécurité routière

La construction routière nécessite des précautions pour garantir la sécurité des usagers, des riverains et des travailleurs, tout en assurant la durabilité des infrastructures. La signalisation routière, composée de signaux conformes au code de la route, sécurise et facilite la circulation tout en fournissant des informations essentielles aux conducteurs et aux piétons.

IV.1.1 Signalisation temporaire

Les événements comme les travaux, les accidents ou les embouteillages peuvent perturber le trafic. Sur notre chantier, des itinéraires de déviation ont été mis en place pour éviter que les véhicules ne passent sur la chaussée en construction pouvant provoquer des dégradations. La signalisation temporaire, inclut des marquages au sol, des panneaux et divers dispositifs pour garantir la sécurité et la fluidité du trafic. Nous avons :

-  La signalisation à l'entrée du site (position, pré-signalisation, etc.) ;
-  La signalisation de jalonnement (indications de changements de direction, etc.)
-  La signalisation de limite de vitesse.

IV.1 .2 Signalisation permanente

La signalisation permanente est installée de façon définitive sur la route pour la sécurité des usagers. Elle regroupe deux catégories essentielles : la signalisation horizontale et la signalisation verticale.

IV.1.3 Signalisation horizontale

Elle se compose de marquages au sol qui délimitent clairement les zones de la chaussée réservées aux différents sens de circulation ou à certains types d'usagers. Dans certains cas, ces marquages

indiquent également le comportement à adopter par les usagers. Par défaut, la couleur blanche est utilisée pour ces marquages.

Pour notre projet, nous retenons 3 types de lignes longitudinales :

- Ligne discontinue ou ligne type T1 : elles séparent les trois voies de circulation dans un même sens et permettent aux véhicules de changer de voie en toute sécurité ;
- Ligne de rive ou ligne de type T2 : ce sont des lignes situées au bord de la route. Elles sont nécessaires dans la nuit ou dans la saison pluvieuse pour bien se diriger et le suivre le sens de la route.

IV.1 .5 Signalisation verticale

Cela regroupe tous les panneaux verticaux qui aident les usagers à circuler en toute sécurité, en leur fournissant des informations essentielles sur les passages, les arrêts et les limites de vitesse. On distingue :

- Les panneaux de type A : De forme rectangulaire, ils signalent les dangers éventuels ;
- Les panneaux d'intersection et de priorité de type AB : De forme circulaire, ils indiquent les arrêts obligatoires, les passages piétons, et les priorités de passage.
- Les panneaux de type EB : rectangulaires, ils signalent les entrées ou sorties d'agglomération.

Cette signalisation a pour but de garantir une lecture claire et une compréhension simple pour les usagers, tout en respectant le code de la route et les normes techniques de conception des routes.

Voir en Annexe 6 : Signalisation, sécurité routière et notice d'impact environnemental et social, les différentes signalisation et quantités prévue pour notre projet.

IV.2 Sécurité routière

Dans le cadre de ce projet, nous avons le but d'installer des ralentisseurs et des éclairages publics adapté en agglomération pour garantir la sécurité :

IV.2.1 Les ralentisseurs

Ces dispositifs de sécurité obligent les conducteurs à ralentir, ce qui permet de réduire efficacement le risque d'accidents. Cependant pour ne pas rendre la circulation inconfortable, leur installation doit être bien pensée. Sur notre tronçon, ils seront placés à des endroits clés, comme devant les écoles, les centres de santé et les marchés, où la sécurité des usagers est une priorité.

IV.2.2 Eclairage public

L'éclairage public est un élément clé pour assurer la sécurité routière, tout en améliorant à la fois le confort des usagers et en valorisant l'esthétique de la route. Il permet de circuler de nuit en toute sécurité et avec une sécurité optimale.

Pour notre tronçon, nous avons choisis des candélabres simples, fabriqués en acier galvanisé et alimentés par des panneaux solaires, pour une solution à la fois durable et respectueuse de l'environnement. L'éclairage sera assuré par des tubes fluorescents installés sur un circuit unique. Les caractéristiques prévues :

- Hauteur des candélabres : 10 mètres, pour une bonne diffusion de la lumière ;
- Espacement : 30 mètres entre chaque candélabre, pour une répartition homogène de l'éclairage ;
- Luminance moyenne : 2 cd/m² minimum, adaptée aux voies urbaines à faible trafic.

Ce système offrira un éclairage de qualité tout en combinant performance et efficacité énergétique.

IV.3 Notice d'impact environnemental et social

Cette notice a pour but principal d'identifier et d'évaluer les impacts environnementaux liés aux travaux de réhabilitation de la section RN25, qui s'étend du **PK6+500 à la sortie route Filingué SAGA GOROU (PK9+600)**. Elle prend en compte toutes les phases du projet, depuis la pré-construction jusqu'à la construction, le repli et l'exploitation, tout en proposant des mesures pour atténuer ou valoriser ces impacts.

La méthodologie utilisée repose sur une approche structurée et participative, en collaboration avec tous les acteurs concernés. Cette démarche a permis d'intégrer, au fil du processus, les contributions des populations locales, des autorités administratives et coutumières, des services

techniques et des élus locaux. Le travail s'est organisé autour de plusieurs étapes clés : l'analyse des documents existants, les consultations avec les parties prenantes, les enquêtes de terrain, ainsi que l'étude des données collectées.

Cette notice est structurée en plusieurs parties :

- Description des activités du projet ;
- Identification des activités source d'impact d'impacts ;
- Analyse des composantes environnementales affecté ;
- Évaluation des impacts identifiés
- Présentation du cadre politique, juridique et institutionnel lié au projet

IV.3.1 Les activités du projet

Dans cet aménagement, plusieurs opérations doivent être réalisées. Ces interventions sont synthétisées dans un tableau figurant en Annexe 6 : Signalisation, sécurité routière et notice d'impact environnemental et social

IV.3.2 Les activités sources d'impacts

L'identification des sources d'impact repose sur l'analyse des effets que chaque activité du projet pourrait avoir sur l'environnement à chaque étape de sa mise en œuvre. Les activités principales qui pourraient avoir un impact sur l'environnement, telles que **la signalisation, la sécurité routière et la notice d'impact environnemental et social, dans l'annexe.**

IV.3.3 Composantes de l'environnement affecté

Tout projet a des répercussions sur l'environnement, qui englobe à la fois les aspects naturels et humains. Les éléments qui peuvent être touchés sont :

- Pour le milieu naturel : les sols, l'eau, l'air, le paysage, la faune et la flore ;
- Pour le milieu humain : les infrastructures, l'emploi, les revenus, ainsi que la sécurité et la santé.

IV.3.4 Identification et évaluations des impacts

Le projet comprend plusieurs activités qui peuvent avoir des impacts à différentes étapes : la pré-construction, la construction, le repli et l'exploitation. Cette partie est dédiée à l'analyse de ces impacts, avec pour objectif d'identifier, de décrire et d'évaluer les principaux effets du projet sur l'environnement.

Pour identifier les impacts, une grille adaptée de la matrice de Leopold est utilisée. Cette méthode permet de relier les sources d'impacts majeurs aux éléments de l'environnement touchés par le projet. La matrice met ainsi en évidence les liens entre les activités du projet et les caractéristiques des milieux concernés.

L'évaluation des impacts repose sur l'analyse de plusieurs critères : la nature, l'intensité, la durée et l'étendue des perturbations sur les composantes clés de l'environnement. Cependant, certains impacts peuvent être difficiles à évaluer, soit par manque de données, soit parce qu'ils présentent à la fois des aspects positifs et négatifs.

Une synthèse des résultats, sous forme de matrice, est disponible **en Annexe 6 : Signalisation, sécurité routière et notice d'impact environnemental et social**

IV.3.5 Cadre politique, juridique et institutionnel

Cette section expose le cadre politique, juridique et institutionnel qui encadre le projet. Elle inclut les politiques de développement, les politiques environnementales et sociales nationales, ainsi que les dispositions juridiques applicables, qu'elles soient internationales ou nationales.

IV.3.5.1 Cadre politique

Depuis 1998, le gouvernement s'est doté d'un Plan National de l'Environnement pour un développement durable (PNEDD), structuré autour de six programmes prioritaires.

- La stratégie Nationale des transports actualisée (SNT 2016-2025) ;
- La stratégie de développement durable et de croissance inclusive (SDDCI Niger 2035) ;
- La politique genre.

IV.3.5.2 Cadre juridique

➤ Cadre juridique international :

Le cadre juridique international regroupe les conventions et accords signés et ratifiés par le Niger, qui encadrent les actions en matière d'environnement et de travail. Parmi les principaux textes, on retrouve :

- La Convention sur la Diversité Biologique, adoptée le 11 juin 1992 à Rio. Son article 14 stipule que chaque pays doit mettre en place des procédures d'évaluation des impacts environnementaux des projets susceptibles de nuire à la biodiversité, tout en impliquant le public si nécessaire. Cette convention a été ratifiée par le Niger le 25 juillet 1995 ;
- La Convention n°161, qui encadre les services de santé au travail, en particulier sur les dispositions des articles 12 et 13 ;
- La Convention n°174, qui définit les accidents du travail et précise les responsabilités de l'employeur en matière de prise en charge ;
- La Convention n°148, qui vise à éliminer les risques liés à la pollution de l'air, au bruit et aux vibrations sur les lieux de travail ;
- La Convention n°155, relative à la sécurité et à la santé au travail, adoptée par le Niger en 1993.

➤ Cadre juridique national :

Sur le plan national, le Niger dispose de textes législatifs et réglementaires pour gérer et protéger l'environnement. Les textes majeurs incluent :

- La Constitution de la 7^e République (25 novembre 2010) :
 - Article 28 : Toute personne a droit à la propriété ;
 - Article 35 : L'État a le devoir de protéger l'environnement pour les générations présentes et futures ;
- La loi n°98-56 (29 décembre 1998) : cette loi-cadre fixe les grandes lignes de la gestion environnementale, notamment à travers son article 31 ;
- La loi n°2004-040 (8 juin 2004) : elle régit la gestion des ressources forestières, en particulier dans ses articles 2 et 3 ;

- La loi n°2006-26 : elle modifie l'ordonnance n°93-16 sur les activités minières, complétée par l'ordonnance n°99-48 ;
- La loi n°61-37, modifiée par la loi n°2008-037 (10 juillet 2008), qui encadre l'expropriation pour utilité publique et l'occupation temporaire ;
- La loi n°2018-28 (14 mai 2018) : elle établit les bases de l'évaluation environnementale au Niger ;
- L'arrêté n°140 (27 septembre 2004) : il fixe les normes pour le rejet des déchets dans le milieu naturel ;

Ces cadres, internationaux et nationaux, définissent les règles et obligations à respecter pour assurer un développement durable et protéger à la fois l'environnement et les populations.

IV.3.5.3 Cadre institutionnel

Les institutions impliquées dans la protection et la préservation de l'environnement. Plusieurs institutions participent activement à la protection et à la préservation de l'environnement. Parmi elles :

- Le Ministère de l'Équipement : Ce ministère veille à la bonne réalisation des travaux dans le respect des normes en vigueur. Il joue un rôle essentiel en intégrant les enjeux environnementaux dans la construction des équipements et infrastructures, à travers ses différentes directions ;
- Le Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre la Désertification : Il s'assure que les procédures nationales d'évaluation environnementale sont respectées ;
- Le Ministère de l'Emploi, du Travail et de la Protection Sociale : Ce ministère garantit l'application des lois et règlements en matière d'emploi et de protection sociale. Ses services locaux sont également impliqués dans le suivi et le contrôle des activités ;
- Le Ministère des Mines : À travers ses directions centrales, régionales et départementales, il est chargé de délivrer les autorisations nécessaires pour l'ouverture et l'exploitation des carrières ;
- Les collectivités territoriales : Elles jouent un rôle important dans les processus d'expropriation et d'indemnisation des populations concernées ;

- Les chefferies traditionnelles : Ces autorités locales interviennent dans la médiation des conflits liés aux coutumes, au civil et au commerce. Elles rédigent des procès-verbaux pour acter les accords ou désaccords entre les parties.

Ces différentes institutions collaborent pour assurer une gestion harmonieuse des projets, en tenant compte des aspects environnementaux, sociaux et économiques.

IV.3.6 Proposition de mesure contre les impacts.

Dans cette section, les mesures d'atténuation sont proposées pour chaque composante du projet et selon ses différentes phases de développement. Elles sont présentées dans un tableau situé en **Annexe 6 : Signalisation, sécurité routière et notice d'impact environnemental et social**. L'objectif de ces mesures est de prévenir, voire de réduire, les impacts négatifs du projet.

IV.4 Métré, devis quantitatif et estimatif

Dans le cadre du projet d'aménagement et de bitumage de la RN25 (PK6+500au PK9+600). L'entreprise chargée de l'étude a fourni le **Devis Quantitatif et Estimatif (DQE)**. Ce document détaille les quantités de matériaux, les interventions prévues et les postes budgétaires nécessaires, garantissant une gestion efficace du projet.

Le coût estimatif de ce projet est détaillé en

Annexe 7 : Devis estimative et quantitatifs du projet. Cependant, un résumé est présenté dans le tableau ci-dessous."

Tableau 25: ESTIMATION DU COUT DU PROJET

N° Prix	Désignation	Montant (HT-HD) F CFA
0	INSTALLATION DE CHANTIER	375 280 329
100	DEGAGEMENT DES EMPRISES	625 467 214
200	CHAUSSÉES	1 503 362 743
300	REVETEMENT	1 250 934 429
400	OUVRAGES, ASSAINISSEMENT ET PROTECTION	3 127 336 072
500	SECURITE ET SIGNALISATION	375 280 329
600	PROVISIONS POUR DEPLACEMENT DES RESEAUX DIVERS EXISTANTS	500 373 772
700	ENVIRONNEMENT	250 186 886
800	AMENAGEMENT CONEXE	58 823 529
TOTAL PROJET TTC		8 067 045 303

CONCLUSION

Ce mémoire a porté sur l'étude technique détaillée d'aménagement et de bitumage de la RN25, sur le tronçon allant du PK 6+500 au PK 9+600, incluant le tablier du pont de Saga Gorou. L'objectif principal était de proposer une solution technique durable permettant d'améliorer la fonctionnalité et la sécurité de cet axe routier stratégique. Les études réalisées ont permis de diagnostiquer l'état de la chaussée existante et de définir des solutions adaptées aux contraintes géotechniques, hydrologiques et de trafic. Le dimensionnement de la structure de chaussée ainsi que la conception des ouvrages d'assainissement et de franchissement ont été réalisés conformément aux normes en vigueur et aux conditions locales. Les résultats obtenus montrent que les solutions proposées répondent aux objectifs du projet et sont techniquement réalisables. Toutefois, la pérennité des ouvrages dépendra de la qualité de leur exécution et de la mise en place d'un programme d'entretien régulier. Il est également recommandé de prendre en compte l'évolution future du trafic et les effets des conditions climatiques dans les projets similaires.

RECOMMANDATIONS

- Revoir les différentes méthodes empiriques en trouvant de nouvelles méthodes plus modernes,
- Actualiser les différentes normes de dimensionnement pour les adapter au plus à la réalité de nos pays africain ;
- Suivi et contrôles du dosage des matériaux ;
- Gestions des impacts environnementaux ;
- Revoir la température prise pour le béton bitumineuse en prenant une température adaptée à nos pays sahélien ;
- Planification de maintenance à long terme ;
- Assouplir la politique de confidentialité de l'entreprise pour permettre l'accès à certaines données aux stagiaires.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Brodeur, M. & Bernard, F. « Manuel d'identification des dégradations des chaussées souples », Transports Québec, Service de la qualité et des normes, Québec, 2003.
- [2] Hassan Nouhou, H. « étude technique d'aménagement et de bitumage de la portion de voirie RN25 "rondpoint telwa-sortie route filingué saga gorou" sur un linéaire de 6,5 Km dans le cadre du projet d'aménagement et de bitumage de voirie dans la ville de Niamey », Mémoire académique, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), Ouagadougou, janvier 2025.
- [3] CEREMA – LCPC. « Manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux », Paris, 1985.
- [4] SETRA – LCPC. « Diagnostic et conception des renforcements de chaussées », Paris, Mai 2016.
- [5] CEBTP. « Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux », Paris.
- [6] Ministère des Travaux Publics. « Aménagement des routes principales », Document technique interne, format PDF.
- [7] Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). « 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, Italie, 1996.
- [8] BCEOM. « Hydraulique routière », Paris, 1981.
- [9] Ministère de l'Équipement. « Règles BAEL 91 révisées 99 : règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites », Fascicule 62, Titre I, CCTG – Travaux, France, 1999.
- [10] SETRA – LCPC. « Guide de conception et de dimensionnement des structures de chaussée », Paris, 1994.
- [11] CIEH, CEMAGREF/ENGREF & FAO. « 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, Italie, 1996.
- [12] Ministère de l'Équipement. « Fascicule 61 – Titre II : Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art – Programme de charges et épreuves », France.

[13] Nguyen, V. T., Lemoine, B., Pouplard, J. & Joneaux, R. « Hydraulique routière », BCEOM, Paris, 1981.

ANNEXE

<u>ANNEXE 1 : Conception géométrique</u>	xvi
<u>ANNEXE 2 : Diagnostic, Géotechnique et de la chaussée existante et dimensionnement de la chaussée</u>	xxxiv
<u>ANNEXE 3 : Etude hydrologique et hydraulique</u>	xlii
<u>ANNEXE 4 : Dimensionnement structural des dalots</u>	lxii
<u>ANNEXE 5 : Dimensionnement structural des caniveaux</u>	lxxix
<u>ANNEXE 6 : Signalisation, sécurité routière et notice d'impact environnemental et social</u>	xcvi
<u>ANNEXE 7 : Devis estimative et quantitatifs du projet</u>	civ

Liste des Tableaux

Tableau 31: Récapitulatif des essais des sondages : RN25 route Filingué sur 6,5 km à partir du rond-point Telwa	xxxv
Tableau 32: relevé des dégradations	xxxvi
Tableau 33: Calcul méthode rationnelle	xliv
Tableau 34: coefficients de montana en fonction de la période de retour	xliv
Tableau 35: méthode ORSTOM	lii
Tableau 36 : dimensionnement hydraulique des sections des dalots	
Tableau 37 : Activité du projet	xcvii
Tableau 38: Activités sources d'impacts	xcviii
Tableau 39: Identification et évaluation des impacts	xcix
Tableau 40: Proposition de mesure	ciii

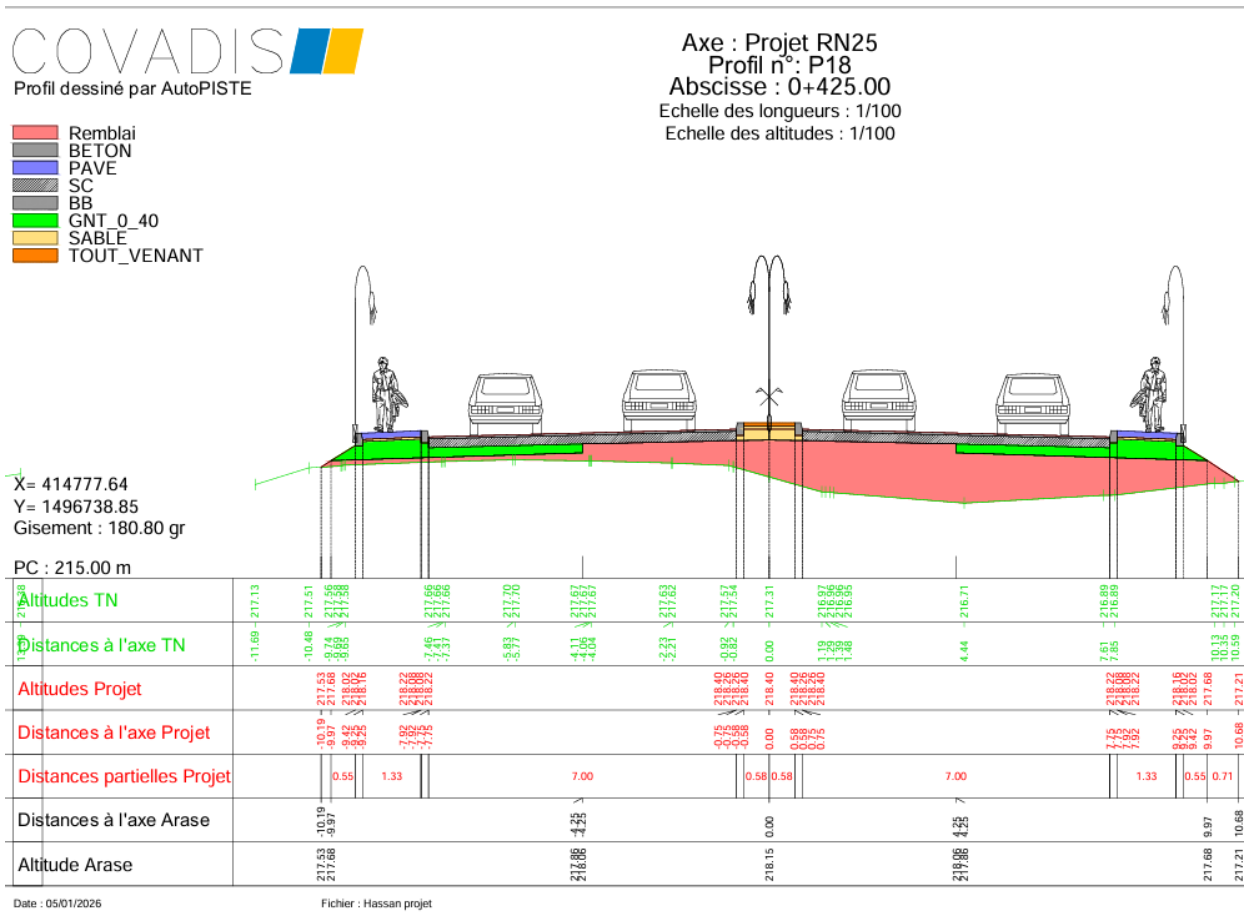
Liste des figures

Figure 16: vérification au renforcement	Figure 17: vérification à l'élargissement	xl
Figure 18: Courbe de détermination de Kr70		l
Figure 19: Courbe de détermination de Kr100	Erreur ! Signet non défini.	
Figure 20: abaque pour le calcul de H1*		liii
Figure 21: Abaque pour le calcul de la pente critique		liv
Figure 22: Abaque pour le calcul de V*		lv
Figure 29: Diagramme moment fléchissant dalot 2x2x2 ELU		lxxvii
Figure 30: Diagramme effort normal dalot 2x2x2 ELU	Erreur ! Signet non défini.	
Figure 31: Diagramme effort tranchant dalot 2x2x2 ELU		lxxvii
Figure 32: Diagramme moment fléchissant dalot 2x2x2 ELS	Erreur ! Signet non défini.	
Figure 33: Diagramme effort normal dalot 2x2x2 ELS	Erreur ! Signet non défini.	
Figure 34: Diagramme effort tranchant dalot 2x2x2 ELS	Erreur ! Signet non défini.	

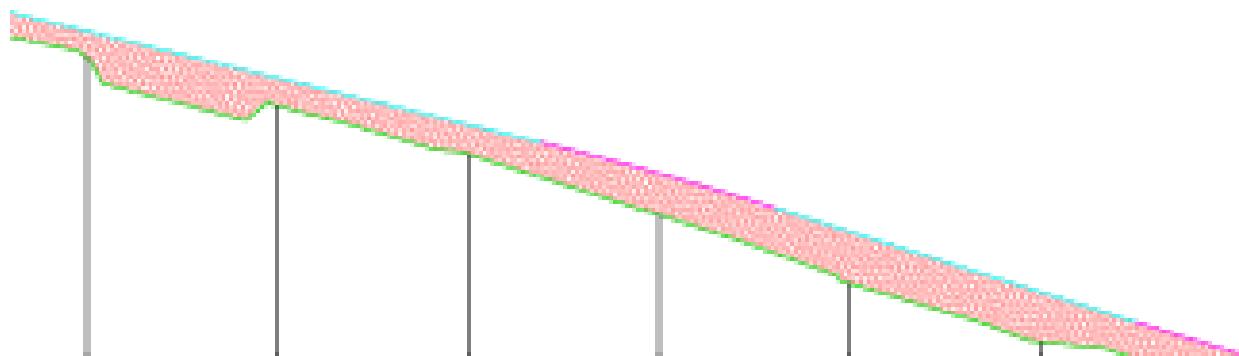
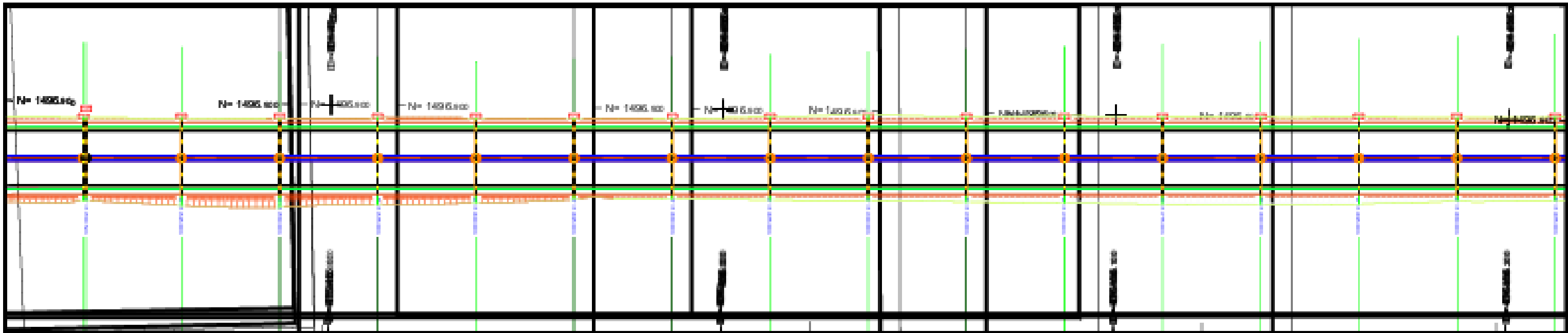
ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25, TRONÇON DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU NIGER

ANNEXE 1 : Conception géométrique

Ci-dessous, nous avons les différents profils en travers à leur PK bien spécifique.

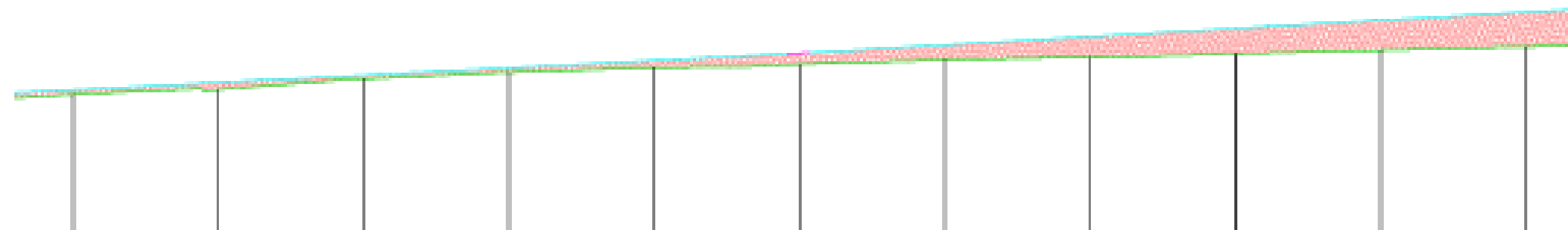
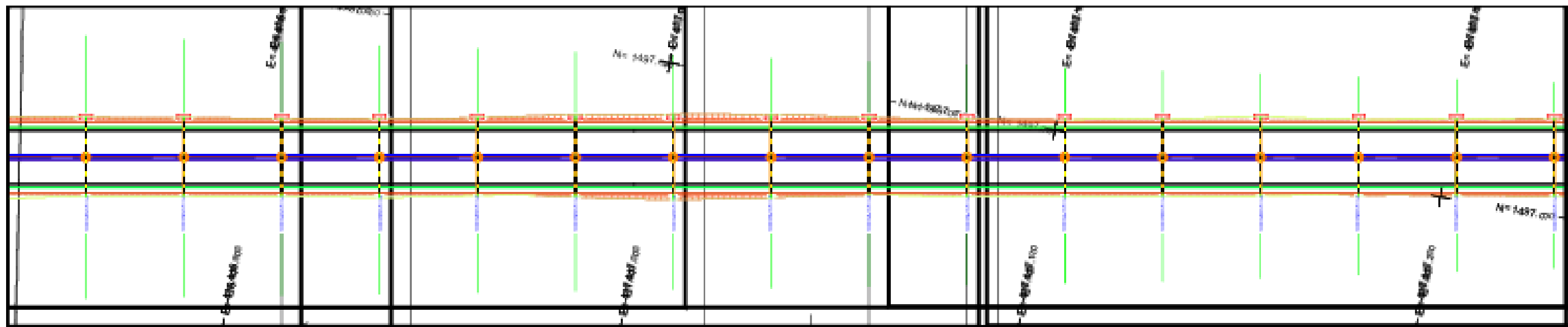


➤ Ci-dessous, nous allons présenter le profil en long de notre projet :



PC : 200.00 m

Numéro de profils en travers	P00	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10				
Altitudes TN	203.88	203.32	202.88	201.88	201.87	200.86	199.21	198.83	198.48	197.88	197.21				
Altitudes Projet	204.31	203.89	203.87	203.84	203.43	201.87	201.86	200.86	200.46	199.43	198.12				
Ecart Proj - TN	0.43	0.57	1.00	2.00	2.57	1.99	3.65	2.03	1.96	1.55	0.91				
Abcisses	1+005.00.00	1+050.00.00	1+075.00.00	1+084.00.00	1+100.00.00	1+115.00.00	1+130.00.00	1+162.50.00	1+175.00.00	1+205.00.00	1+215.00.00				
Distances partielles	25.00	25.00	9.60	15.40	15.37	9.75	25.00	12.51	12.49	25.00	25.00	12.52	1.78	9.09	25.00
Pentes et rampes	135.81m P=-2.47 %			RP=-4378.97 L=30.60			PENTE L=47.24m P=-3.19 %			RP=-4619.88 L=75.00					
Alignements droits et courbes	DROITE L=893.88m														
Dévers Gauche															
Dévers Droit															



PC : 199.00 m

	P113	P114	P115	P116	P117	P118	P119	P120	P121	P122	P123
Numéro de profils en travers											
Altitudes TN	301.45	301.55	301.74	301.95	301.93	302.00	302.07	302.12	302.18	302.25	302.31
Altitudes Projet	301.54	301.67	301.80	301.94	302.07	302.20	302.34	302.49	302.64	302.79	302.93
Ecart s Projet - TN	0.09	0.12	0.07	0.06	0.13	0.18	0.27	0.37	0.45	0.53	0.62
Abcisses	2+600.00	2+675.00	2+700.00	2+735.00	2+790.00	2+773.00 2+775.00	2+800.00	2+835.00	2+850.00	2+875.00	2+900.00
Distances partielles	25.00	25.00	25.00	25.00	21.90	0.90	25.00	35.00	25.00	25.00	25.00
Pentes et rampes	RAMPE L = 199.49 m P = 0.52 ‰										
Alignements droits et courbes	PROFIL L = 758.15 m										
Dévers Gauche											
Dévers Droit											

ANNEXE 2 : Diagnostic, Géotechnique et de la chaussée existante et dimensionnement de la chaussée

Ces images illustrent quelques dégradations identifiées sur notre tronçon à savoir des nids de poules, fissurations et épaufure.

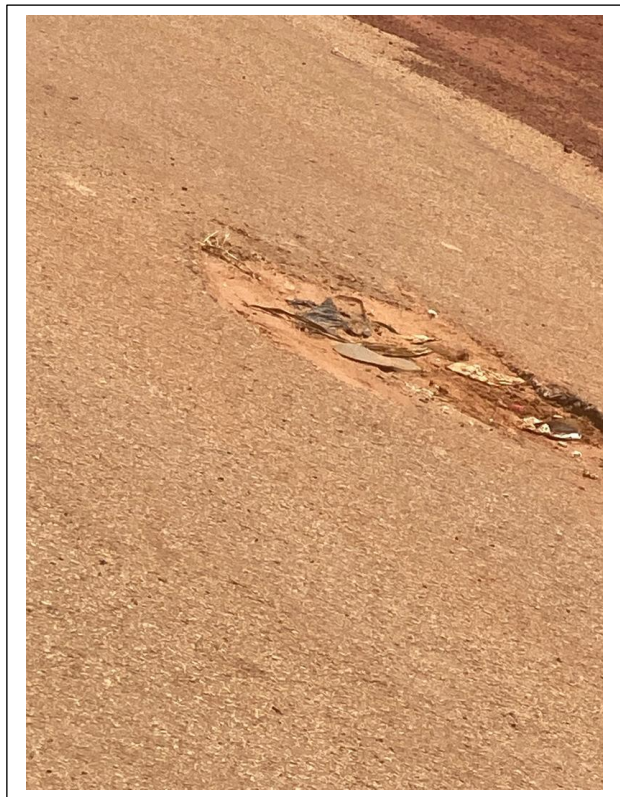


Figure 11 NID DE POULE AU PK8+700



Figure 10 EPAUFRURE

**ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25, TRONÇON DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS
LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU NIGER**

Le Tableau ci-dessous nous donne les différents essais effectués par LNBTP sur notre tronçon.

Tableau 26: Récapitulatif des essais des sondages : RN25 route Filingué du pk6+500 au pk 9+600

 SOGEA SATOM entente VINCI	RAPPORT D'ETUDE GEOTECHNIQUE		
	CARACTERISATION DE LA CHAUSSEE EXISTANTE DE LA RN25	VUNy/RN25/LABO/DG-01	
	Indice : A	Page : 3 / 5	

Profil							Analyse granulométrique					Limite d'Atterberg		E.S	Proctor		CBR			Classification HRB
N° Echantillon	PK	Nature	Côté	Couche	Epaisseurs (cm)	Coordonne GPS	20mm	10mm	5mm	2mm	0,08um	LL	IP		γopt	Wopt	CBR 95%	CBR 98%	CBR 100%	
PK 6+530																				
27	6+530	Grave Sablo-Argileuse	Axe	1ère Couche	35 cm	31P 0414494 / UTM 1496648	89,9	80,4	65,3	53,3	20,5	21,2	10,0		2,21	8,2	59	87	107	A-2-4
28	6+530	Sable Argilo-Limoneux	Axe	2ème Couche	70 cm	31P 0414494 / UTM 1496648	100	98,3	96,9	95,8	17,6			22	2,00	5,3	33	44	51	A-2-4
PK 7+000																				
29	7+000	Grave Sablo-Argileuse	Axe	1ère Couche	40 cm	31P 0414987 / UTM 1496801	81,9	70,4	57,7	46,5	16,9	19,0	8,4		2,19	6,6	81	124	156	A-2-4
30	7+000	Sable Argilo-Graveleux	Axe	2ème Couche	60 cm	31P 0414987 / UTM 1496801	100	97,6	94,2	91,5	14,8			20	1,99	4,6	29	38	43	A-2-4
PK 7+500																				
31	7+500	Grave Sablo-Argileuse	Axe	1ère Couche	30 cm	31P 0415503 / UTM 1496884	87,5	75,9	62,6	53,4	21,2	20,2	10,0		2,10	6,8	29	36	41	A-2-4
32	7+500	Sable Argilo-Graveleux	Axe	2ème Couche	70 cm	31P 0415503 / UTM 1496884	100	95,9	90,6	84,3	32,5	30,2	15,1		2,00	8,9	32	41	46	A-2-6
PK 8+000																				
33	8+000	Grave Sablo-Argileuse	Axe	1ère Couche	30 cm	31P 0416022 / UTM 1496878	88,1	80	63,4	49,2	13,9	18,0	7,2		2,18	5,8	36	49	57	A-2-4
34	8+000	Sable Gravelo-Argileux	Axe	2ème Couche	50 cm	31P 0416022 / UTM 1496878	84	77,6	68,2	60,9	22,4	21,1	10,4		2,13	9,2	67	92	107	A-2-6
35	8+000	Sable Argilo-Graveleux	Axe	3ème Couche	20 cm	31P 0416022 / UTM 1496878	98,9	97,9	95,2	92,1	20,9			30,8	2,00	5,8	30	38	43	A-2-4
PK 9+000																				
36	9+000	Grave Sablo-Argileuse	Axe	1ère Couche	40 cm	31P 0416879 / UTM 1496950	92,9	84,1	68,3	53,2	20,7	21,0	9,7		2,20	8,9	35	46	53	A-2-4
37	9+000	Sable Argilo-Graveleux	Axe	2ème Couche	60 cm	31P 0416879 / UTM 1496950	100	98,1	96,1	93,7	21,4			30,4	2,09	7,0	56	85	108	A-2-4
PK 9+500																				
38	9+500	Grave Sablo-Argileuse	Axe	1ère Couche	40 cm	31P 0417392 / UTM 1497047	88,4	78,8	62,2	48,3	17,5	19,2	8,7		2,29	5,6	69	126	168	A-2-4
39	9+500	Sable Argilo-Graveleux	Axe	2ème Couche	60 cm	31P 0417392 / UTM 1497047	100	98,4	95,2	93,6	15,8			20,7	2,05	5,6	33	45	54	A-2-4

Le tableau 24 illustre les relevés des dégradations qui ont aboutis à la détermination de l'indice de qualité Q_i et des solutions proposé

Tableau 27: relevé des dégradations

Calcul du trafic

Pour le dimensionnement structural de la chaussée, le trafic potentiel est caractérisé à partir des comptages, permettant de déterminer à la fois les valeurs actuelles du trafic et la répartition par catégorie de véhicules.

La campagne à consister en des comptages manuels qui ont été réalisés sur la RN25 : **Section Rond-point wadata-péage Abala. Il faut noter qu'entre ces deux points se trouver notre tronçon d'étude.**

La typologie des véhicules recensées est la suivante :

- Voiture Particulière (VP) : véhicule léger avec un maximum de neuf places à usage individuel ou commercial ;
- Véhicule Tout Terrain (Station 4x4) : véhicule tout terrain Station Wagon,
- Camionnette (Pick Up) : véhicule de type Pick Up,
- Minibus (Mn) : véhicules de transport collectif avec un nombre de places supérieur à 9 et inférieur à 20,
- Autocar (AT) : véhicules de transport collectif avec un nombre de places supérieur à vingt

(20) places,

- Camions 2 (C2E) : Camion à deux essieux dont la charge utile n'excède pas 10 tonnes,
- Camions 3 essieux (C3E) : Camion à trois essieux dont la charge utile est comprise entre

10 et 30 tonnes,

- Ensemble Articulé (EA) : Tracteur plus semi-remorque ou tout autre véhicule dont le poids total autorisé en charge dépasse 30 tonnes.
- Durée de vie (n) : 20 ans ;
- Trafic de l'année 2021 (T1) ;
- Année de comptage 2021 ;
- Année de service 2026 (n) ;
- Taux d'accroissement géométrique (i) : 5%

✓ **Calcul du trafic actualisé**

Le calcul est fait selon la méthode CEBTP qui prend N comme la somme totale des poids lourd sur la période de calcul de P années.

Méthode CEBTP

- **N cas de croissance exponentielle :**

➤ Calcul du TMJA actualisé :

$T_n = T_1(1 + i)^{n'-1}$ Avec n' différence entre l'année de mise en service et l'année de comptage

$$T_{2026} = 228(1 + 5\%)^{(2026-2021)-1}$$

$$T_{2026} = 277,14 \sim 278 \text{ PL}$$

$$T_{2026} = 278 \text{ PL}$$

➤ Nombre cumulé de poids lourd :

$$N = 365 * T_{2026} * \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

$$N = 365 * 8 * \frac{(1 + 5\%)^{20} - 1}{5\%}$$

$$N1 = 2,20 * 10^6 \text{ PL}$$

- **N cas de croissance linéaire**

➤ TMJA actualisé :

$$T_n = T_1(1 + (n - 1)i)$$

$$T_{2026} = 228(1 + ((2026 - 2021) - 1)5\%)$$

$$T_{2026} = 273,6 \sim 274 \text{ PL}$$

$$T_{2026} = 274 \text{ PL}$$

➤ Nombre cumulé de poids lourd :

$$N = 365 * n * T_{2026} * \left(\frac{2 + (n - 1)i}{2}\right)$$

$$N = 365 * 20 * 274 * \left(\frac{2 + (20 - 1)5\%}{2}\right)$$

$$N2 = 2,94 * 10^6 \text{ PL}$$

$N2 > N1$ (nous allons considérer N2 pour la suite d'estimation du trafic)

- Calcul du nombre d'essieux standard (NE) :

$$NE = N1 * CAM$$

$$NE = 2,94 * 10^6 * 1$$

$$NE = 2,94 * 10^6 \text{ PL}$$

Calcul des contraintes

Hypothèse de calcul :

- La plateforme est de classe PF3 selon le guide LCPC-SETRA ;
- La température du béton bitumineux est prise égale à 30°C (recommandation du maître d'ouvrage) ;
- Les interfaces des couches sont toutes collées ;
- Le coefficient de poisson est pris égal à 0,35

➤ Calcul du module élastique :

- Plate-forme : $5 \times \text{CBR}$

De cette relation et avec un $\text{CBR} = 39$, on aura $E = 5 \times 39 = 195 \text{ MPa}$ ce qui correspond au sol PF3 selon le guide (SETRA-LCPC) [10]

➤ Calcul des contraintes et des déformations admissibles :

Les matériaux utilisés pour les corps de chaussée présentent des seuils acceptables en matière de contraintes et de déformations. Autrement dit, il est essentiel de ne pas dépasser ces limites pour préserver leur intégrité.

La contrainte verticale admissible est calculée à l'aide de la formule de Kerkhoven et Dormon :

$$\sigma_{Z \text{ adm}} = \frac{0,3 \times \text{CBR}}{1 + 0,71 \times \log N}$$

Avec, N : Trafic cumulé de poids lourds,

CBR : Valeur du CBR du matériau utilisé pour la couche

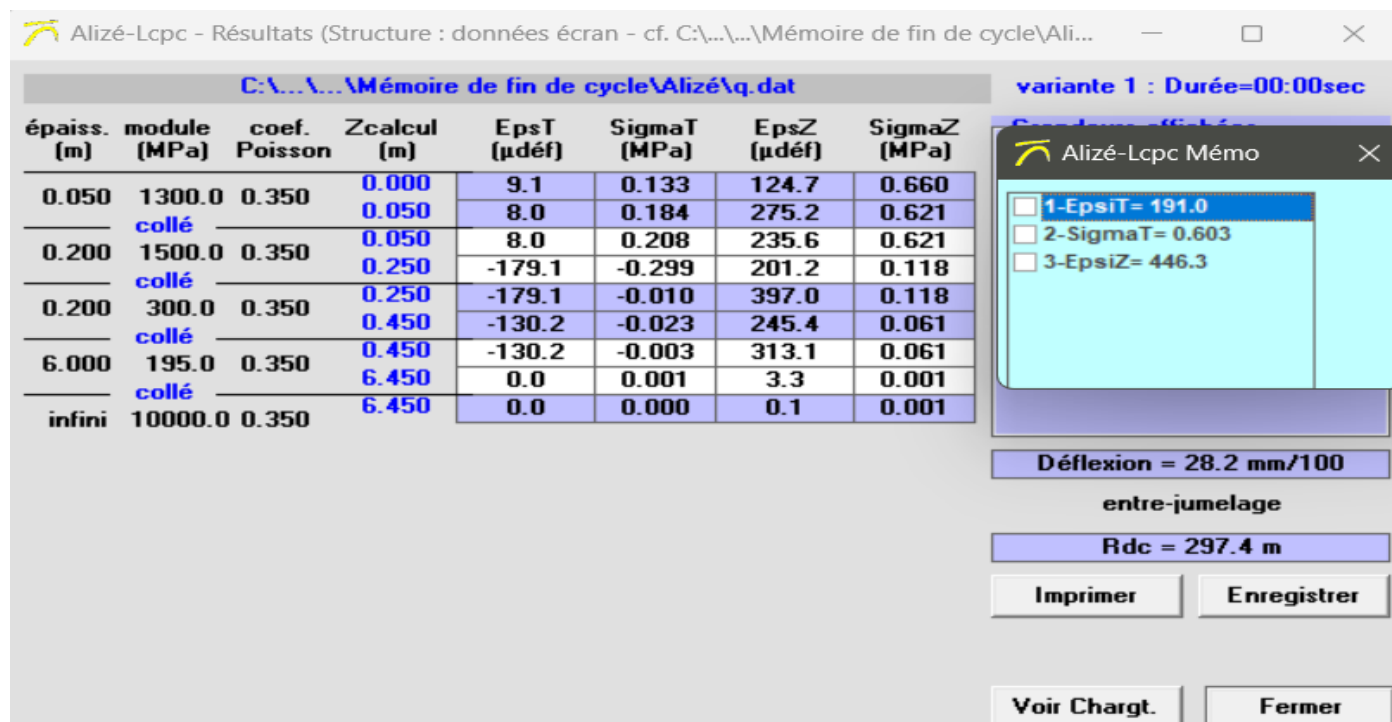
- Sol support S5 ($\text{CBR} = 39$) : $\sigma_{Z \text{ adm}} = 2,09 \text{ MPa}$

Pour le calcul de la déformation admissible, elle dépend de la classe de trafic et se calcule comme suit :

$\varepsilon_{Z \text{ adm}} = A \times N E^{-0,222}$ Avec A (en fonction de la classe de trafic), source LCPC.

$$\varepsilon_{Z \text{ adm}} = 12000 \times (2,95 \times 10^6)^{-0,222} = 439,42 \mu\text{déf}$$

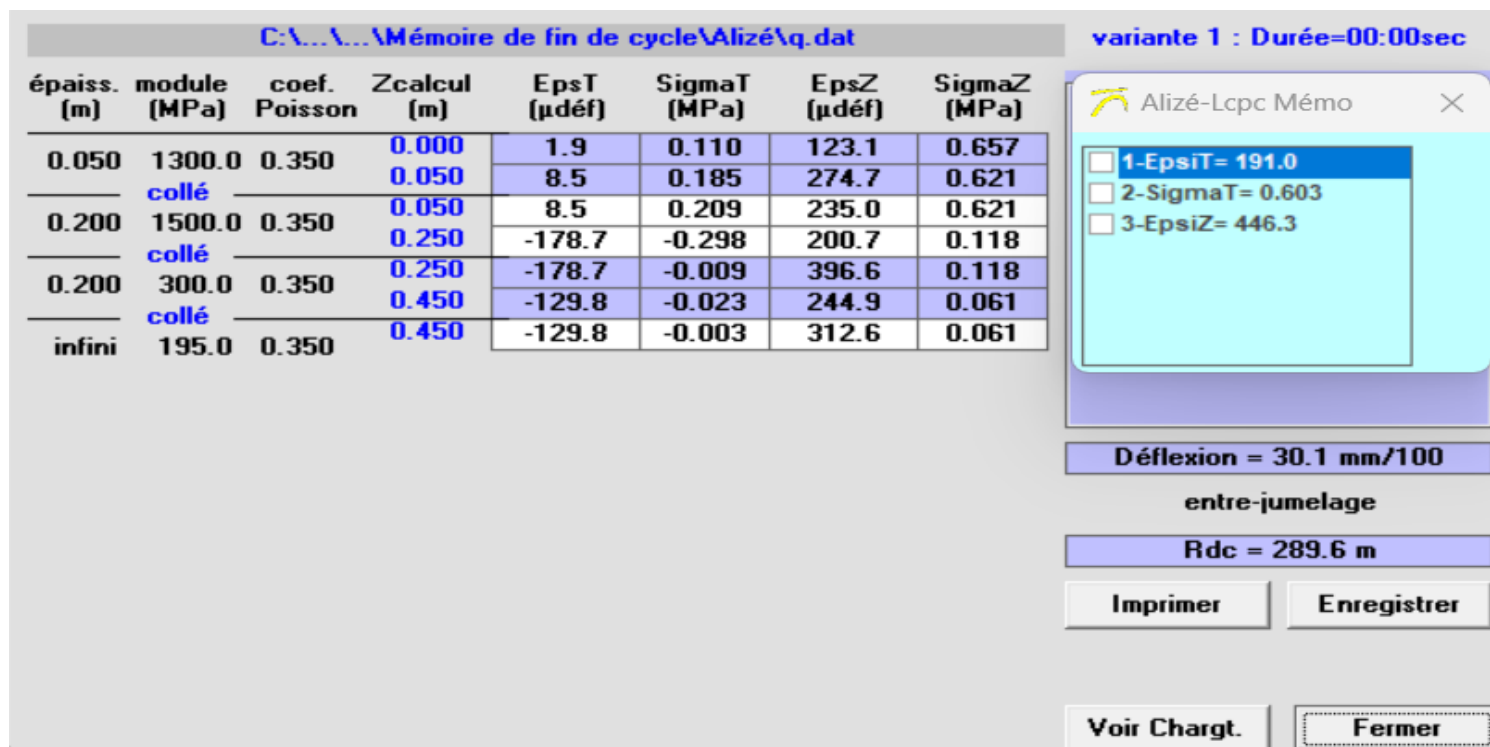
Ci-dessous, nous avons les résultats de vérifications du dimensionnement de nos différentes épaisseur sur vérification sur le logiciel Alizé LCPC du renforcement et de l'élargissement :



	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
surface (z=0.000)					
h= 0.050 m	0.000m	9.1 X-J	0.133 X-J	124.7 Z-R	0.660 Z-R
E= 1300.0 MPa					
nu= 0.350	0.050m	8.0 X-R	0.184 Y-J	275.2 Z-R	0.621 Z-R
collé (z=0.050m)					
h= 0.200 m	0.050m	8.0 X-R	0.208 Y-J	235.6 Z-R	0.621 Z-R
E= 1500.0 MPa					
nu= 0.350	0.250m	-179.1 Y-J	-0.299 Y-R	201.2 Z-R	0.118 Z-R
collé (z=0.250m)					
h= 0.200 m	0.250m	-179.1 Y-J	-0.010 Y-J	397.0 Z-R	0.118 Z-R
E= 300.0 MPa					
nu= 0.350	0.450m	-130.2 Y-J	-0.023 Y-J	245.4 Z-J	0.061 Z-J
collé (z=0.450m)					
h= 6.000 m	0.450m	-130.2 Y-J	-0.003 Y-J	313.1 Z-J	0.061 Z-J
E= 195.0 MPa					
nu= 0.350	6.450m	0.0 Y-J	0.001 Y-R	3.3 Z-J	0.001 Z-J
collé (z=6.450m)					
h infini	6.450m	0.0 Y-J	0.000 Y-R	0.1 Z-J	0.001 Z-J
E= 10000.0 MPa					
nu= 0.350					

Déflexion maximale = 28.2 mm/100 (entre-jumelage)
Rayon de courbure = 297.4 m (entre-jumelage)

Figure 12: vérification au renforcement



	niveau calcul	EpsilonT horizontale	SigmaT horizontale	EpsilonZ verticale	SigmaZ verticale
surface (z=0.000)					
h= 0.050 m	0.000m	1.9 X-J	0.110 X-J	123.1 Z-R	0.657 Z-R
E= 1300.0 MPa					
nu= 0.350	0.050m	8.5 X-R	0.185 Y-J	274.7 Z-R	0.621 Z-R
collé (z=0.050m)					
h= 0.200 m	0.050m	8.5 X-R	0.209 Y-J	235.0 Z-R	0.621 Z-R
E= 1500.0 MPa					
nu= 0.350	0.250m	-178.7 Y-J	-0.298 Y-R	200.7 Z-R	0.118 Z-R
collé (z=0.250m)					
h= 0.200 m	0.250m	-178.7 Y-J	-0.009 Y-J	396.6 Z-R	0.118 Z-R
E= 300.0 MPa					
nu= 0.350	0.450m	-129.8 Y-J	-0.023 Y-J	244.9 Z-J	0.061 Z-J
collé (z=0.450m)					
h infini	0.450m	-129.8 Y-J	-0.003 Y-J	312.6 Z-J	0.061 Z-J
E= 195.0 MPa					
nu= 0.350					

Déflexion maximale = 30.1 mm/100 (entre-jumelage)
Rayon de courbure = 289.6 m (entre-jumelage)

Figure 13: vérification à l'élargissement

ANNEXE 3 : Etude hydrologique et hydraulique

Méthode rationnelle

C'est par cette formule que le débit de crue décennale est calculé [8] :

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A$$

Avec

Q : débit de crue décennale (m³/S)

C : coefficient de ruissellement qui est adimensionnel

I : Intensité de pluie (mm/h),

A : superficie du bassin versant (Km²)

➤ Coefficient de ruissellement C

Il fait référence à la quantité d'eau qui parvient à l'exutoire d'un bassin versant par rapport à la quantité d'eau précipitée. Il varie en fonction de la superficie et de la pente du terrain. Les valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de la superficie sont présentées dans le tableau ci-dessous :

TYPE DE SURFACE	COEFFICIENT C, FONCTION DE LA PENTE DU TERRAIN		
	Plat < 2%	Moyenne 2-10%	Raide >10%
Pavées, toitures	0,90	0,90	0,90
Centres urbains	0,80	0,85	0,85
Habitations très denses	0,60	0,65	0,70
Zones suburbaines	0,45	0,50	0,55
Terre naturelle	0,60	0,65	0,70
Zones engazonnées	0,25	0,30	0,30
Zones cultivées			
Terre argileuse	0,50	0,55	0,60
Terre sablonneuse	0,25	0,30	0,35
Prairies	0,25	0,30	0,35
Zones boisées	0,10	0,15	0,20

➤ Intensité de pluie :

Elle dépend du temps de concentration T_c et fait référence à la hauteur tombée pendant cette période de concentration. Elle peut être déterminée en utilisant la formule suivante :

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

Avec T_c : temps de concentration en min

a,b : coefficient de montana avec $a=7,5$ et $b=0,5$ avec un temps de retour $T=10$ ans.

NOTE : ces deux données sont acquises dans le BCEOM à la page 151 [8]

- Temps de concentration

Le temps de concentration correspond à la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau parvienne du point le plus élevé d'un bassin versant jusqu'au point le plus bas (exutoire). La formule de KIRPICH a été choisie pour le calcul du temps de concentration dans le cadre de ce projet :

$$T_c = 0,01947 \times \frac{L^{0,77}}{I^{0,385}}$$

Avec, L : plus long chemin hydraulique (m)

I : pente moyenne $= \frac{\Delta z}{L}$ (m/m)

Ci-dessous les données et résultats qui nous ont permis de déterminer les débits du bassin versant par la méthode rationnelle :

Tableau 28: Calcul méthode rationnelle

Bassins versants	BV	BV1
Surface	S (Km ²)	1,23
perimètre	P(Km)	5,9
Altitude	Zmax(m)	210
	Zmin (m)	200
Denivelé	D (m)	10
Longueur d'écoulement	L(m)	870
Pente	I(%)	1,14942529
Temps de concentration	Tc(min)	19,250579
Coefficient de MONTANA	a	7,5
	b	0,5
Coefficient de ruissellement	c	0,3
Intensité de pluie	i(mm/h)	102,562976
Debits	Q(m3/s)	10,5127051

Méthode ORSTOM

La proposition de cette méthode, qui est résolument déterministe, consiste en un modèle global de pluie-débit basé sur la théorie de l'hydrogramme unitaire, avec un domaine d'application allant de 0,2 ou 1-2 km² à 200 km².

Dans notre situation, nous nous concentrerons exclusivement sur les méthodes qui nous permettent d'obtenir le débit annuel dans la zone sahélienne (zone d'étude).

Selon le manuel de crue et apport décennale [11], le débit de crue annuel, obtenu par le ruissellement superficiel, est calculé en utilisant la relation suivante :

$$Qr_{10} = A \times P_{10} \times Kr_{10} \times \alpha_{10} \times \frac{S}{Tb_{10}}$$

Avec

$$A = 1 - \left[\frac{161 - 0,042 \times Pan}{1000} \times \text{Log}S \right] \text{ (Le coefficient d'abattement)}$$

P_{10} : la hauteur de pluie journalière décennale

Kr_{10} : le coefficient de ruissellement correspondant à la crue décennale

α_{10} : le coefficient de pointe correspondant à la crue décennale (2,6)

S : la superficie du bassin versant

Tb_{10} : temps de base correspondant à la crue décennale

Tableau 29: Caractéristique pluviométrique

CARACTERISTIQUES PLUVIOMETRIQUES	Hauteur d'averse décennales ponctuelle P10(mm)	Le coefficient de pointe correspondant à la crue décennale α_{10}
	110	2,6

Source GERMS-Consulting

Toutes ces données sont déterminées grâce à des abaques ou des formules. α_{10} est le seul qui peut être assimilée à une constante. Les valeurs K_{r70} et K_{r100} sont obtenue graphique à l'aide de courbe **(page 39 et 40 crues et apports)** ou de formule empirique.

Après l'obtention de ses valeurs, nous avons procédé interpolation linéaire pour la détermination des valeurs du coefficient de ruissellement K_{r10} . Cette interpolation s'est faite en fonction de la valeur de P_{10} , de la surface du bassin, de la classe d'infiltrabilité et de l'indice de pente global.

Pour le cas de notre projet, les valeurs K_{r70} et K_{r100} ont été obtenue graphiquement sur les courbes et ont aidé à faire l'interpolation linéaire pour le calcul des valeurs K_{r10} et nous avons une classe d'infiltrabilité RI(P3).

Tableau 30: Classe d'infiltrabilité

Classe d'infiltrabilité	Signification
I(P2)	Bassin imperméable. Pas moins de 85 à 90 % de la surface sont constitués par des sols imperméables : roche très saine et sans trop de rugosité, regs (plaines d'argiles et de cailloux très vite saturées), glaciés (surfaces planes à faible pente aux sols les plus divers, mais à forte propension à engendrer des formations pelliculaires), colluvions argileuses, argiles pouvant parfois présenter des fentes de retrait telles que celles rencontrées fréquemment dans les bas-fonds (vertisols par exemple).
RI(P3)	Bassin relativement imperméable. Mélange en proportions à peu près égales de sols imperméables (I) et de sols perméables (P)
P(P4)	Bassin perméable, constitué d'éboulis rocheux avec produits de décomposition assez perméables, de cuirasses ferrugineuses très disloquées, d'affleurements rocheux tectonisés et diaclasés avec des pentes non négligeables, de sols sableux sans pellicule imperméable ou avec un couvert végétal significatif et de sables grossiers
TP	Bassin très perméable, formé d'affleurements rocheux très diaclasés et disloqués avec de faibles pentes, de dunes et d'arènes épaisses, et de carapaces latéritiques excessivement fissurées.

➤ Indice globale de pente

Le relief du bassin versant est défini par cet indice, qui est calculé selon la formule suivante :

$$I_g = \frac{\Delta z}{L_{eq}} \text{ avec } \Delta z \text{ le dénivelé entre } Z_{max} \text{ et } Z_{min}$$

$$L_{eq} = S^{1/2} \times \left(\frac{I_{comp}}{1,128} \right) \times \left[1 + \left(1 - \left(\frac{1,128}{((I_{comp})^2)^{1/2}} \right) \right) \right] \text{ (Longueur équivalente en km)}$$

$$I_{comp} = 0,282 \times P \times S^{1/2} \text{ Indice de compacité}$$

S : la superficie du bassin en km²

P : périmètre du bassin versant en km

Le coefficient de ruissellement kr_{10} est calculé en utilisant l'interpolation linéaire entre les valeurs obtenues pour $P_{10}=70$ mm et $P_{10}=100$ mm, en fonction du rapport de pluviométrie de Niamey.

➤ Volume ruisselé décennal

Le volume ruisselé décennal se calcule par la formule suivante :

$$Vr_{10} = 10^3 \times Pm_{10}(mm) \times Kr_{10}(Km^2)$$

➤ Temps de base

Le temps de base est aussi calculé par interpolation linéaire et est fonction de la classe d'infiltrabilité RI. **Voir en ANNEXE 3 : Etude hydrologique et hydraulique les démarches de l'interpolation linéaire.**

➤ Le débit moyen de ruissellement

Le débit moyen de ruissellement est donné par l'expression :

$$Qmr_{10} = (Pm_{10} \times kr_{10} \times S) / Tb_{10} \quad \text{En m}^3/\text{S}$$

➤ Le débit maximum de ruissellement Qr_{10}

Le débit maximum est donné par l'expression : $Qr_{10} = \alpha_{10} \times Qmr_{10}$ avec α_{10} égale à 2,6 quelle que soit la superficie du bassin

➤ Débit de pointe décennal Q_{10}

$$Q_{10} = 1,06 \times Qr_{10}$$

Nous avons le tableau qui nous a permis de choisir les coefficients de montana à partir de la zone de l'étude en fonction de la période de retour.

Tableau 31: coefficients de montana en fonction de la période de retour

Tableau 34. Coefficients a et b pour des averses de durées de retour de 1 à 20 ans.

Période de retour	1 an	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans
Zone sahélo-soudanienne ($b = 0,5$)	5,4	6,0	6,9	7,5	8,2
Sénégal ($b = 0,5$)	6	6,75	7,6	8,5	9,1
Zone côtière : Axim-Abidjan ($b = 0,4$)	5,6	6,7	8,9	10	12,6
Zone côtière : Accra ($b = 0,4$)	4,6	5,3	6,8	8,5	9,2
Zone forestière : Kumasi ($b = 0,5$)	7	8,9	11	12,7	14,3

- Détermination du temps de base par interpolation linéaire :

Pour le BV1, on a $I_g=7,58$ m/km, $S=1,23$ km²

$$\Rightarrow I_g=7 \text{ mlkm}$$

$$I= Tb_{10,1}= 13,9 \times S + 255 = 260,70$$

$$P= Tb_{10,2}= 19,6 \times S + 218 = 226,65$$

$$\text{Pour RI } Tb_{10,3}= \text{Moyenne } (Tb_{10,1} + Tb_{10,2}) = 243,39$$

$$\Rightarrow I_g=10 \text{ m/km}$$

$$I= Tb_{10,1}= 8,9 \times S + 183 = 186,65$$

$$P= Tb_{10,2}= 8,9 \times S + 165 = 168,65$$

$$\text{Pour RI } Tb_{10,3}= \text{Moyenne } (Tb_{10,1} + Tb_{10,2}) = 177,65$$

Ainsi pour $I_g= 7,58$ m/km et RI :

$$Tb_{10} = \frac{(243,39 - 177,65)(10 - 7,58)}{10 - 7} + 177,65$$

$$Tb_{10} = 230,68 \text{ mn}$$

Les figures 15 et 16 nous ont permis de déterminée la valeur du coefficient Kr70 et Kr100 en fonction de l'indice globale de pente et de la surface du bassin versant.

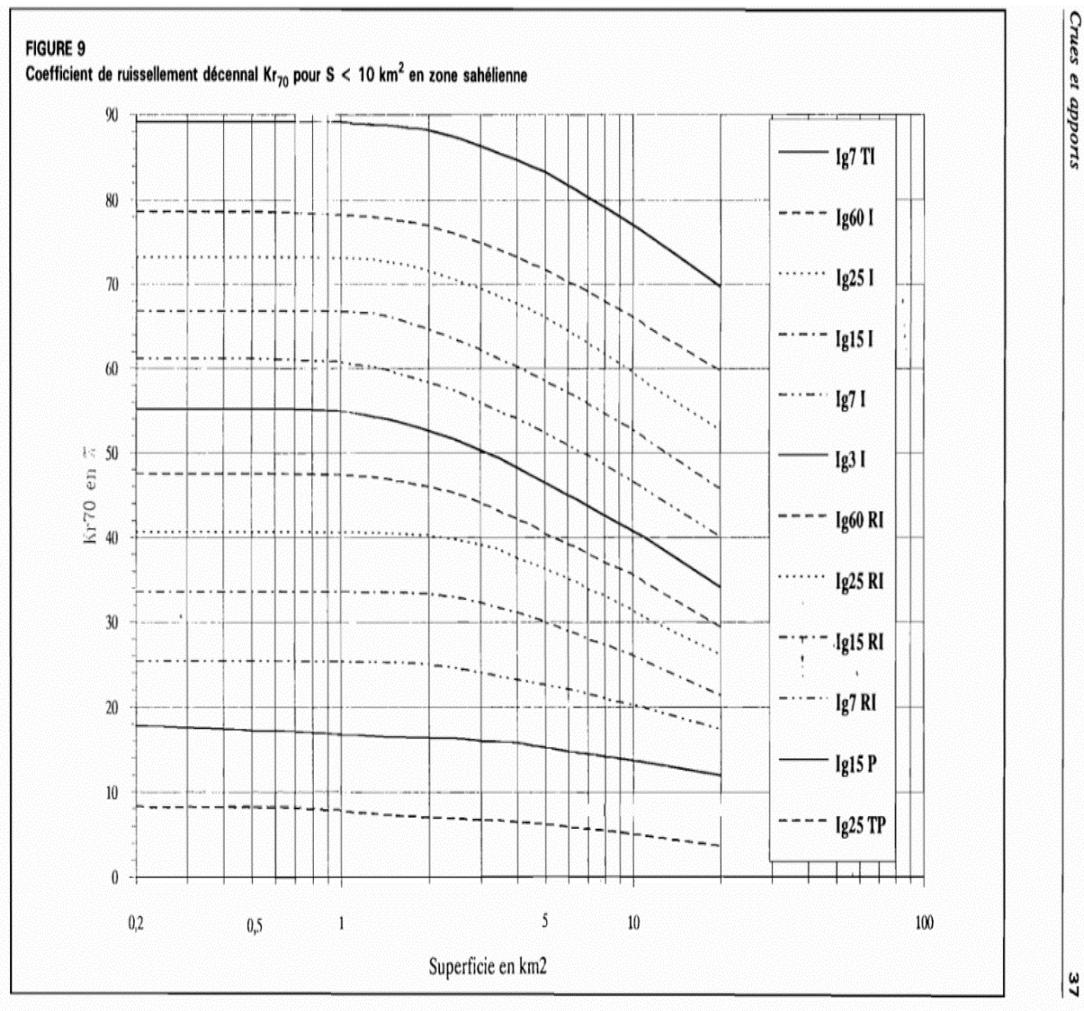


Figure 14: Courbe de détermination de Kr_{70}

FIGURE 10

Coefficient de ruissellement décennal Kr_{100} pour $S < 10 \text{ km}^2$ en zone sahélienne .

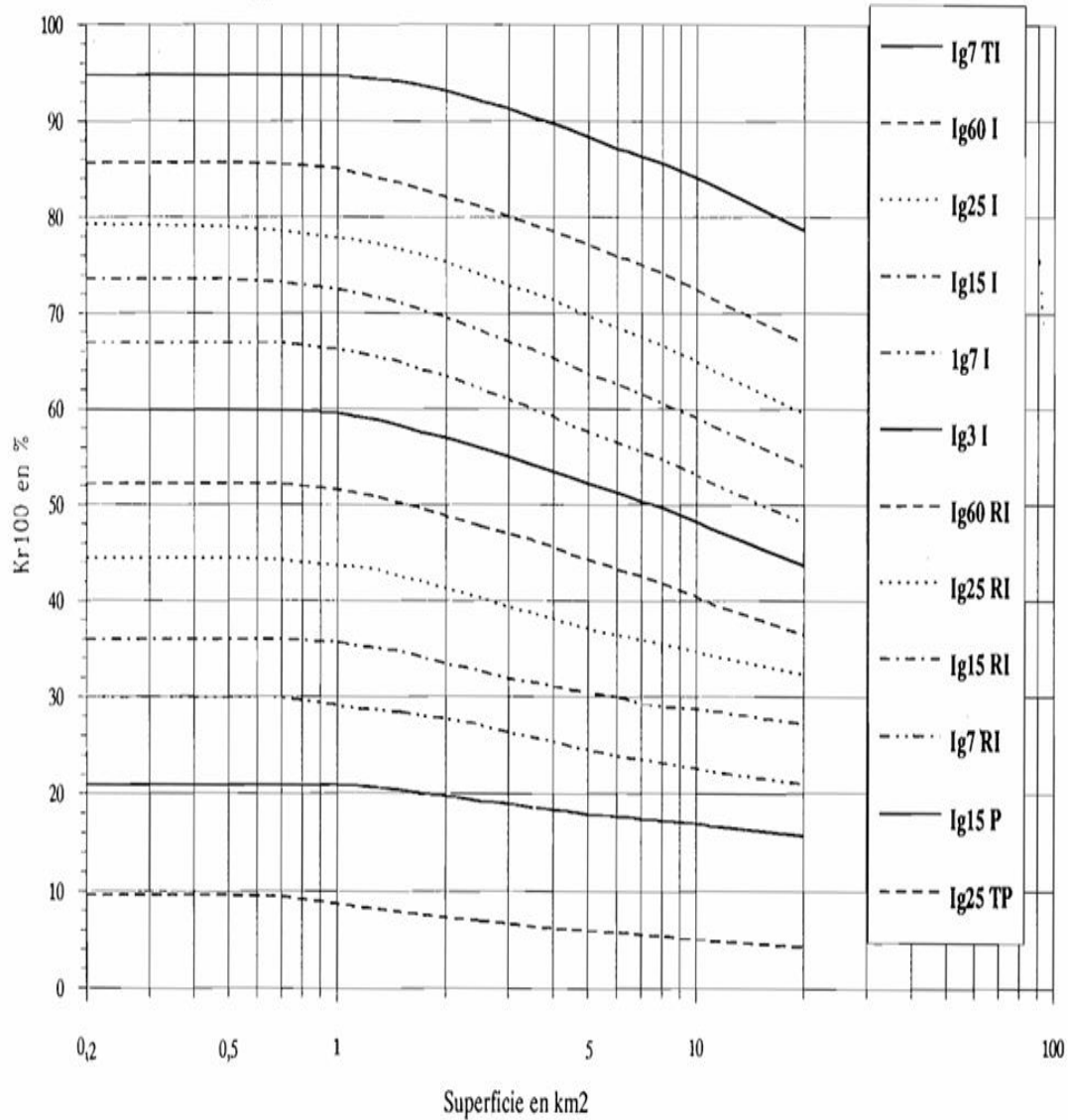


Figure 15: Courbe de détermination de K

**ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25, TRONÇON DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS
LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU NIGER**

Le tableau 27 nous les données utilisées de la méthode ORSTOM pour la détermination des débits de crue de chaque bassin versant

Tableau 32: méthode ORSTOM

Bassin versant	Superficie (Km2)	Pente (%)	infiltrabilité	A (coefficient abatement)	P10 (mm)	Kr10 (%)	α_{10}	Tb10 (mn)	Pm10	Q10(m ³ /s)
BV1	1,23	1.14	RI	0,98	110	31,74	2.6	180,05	108,65	3,38

Ci-dessous, les abaques qui nous ont permis de faire le dimensionnement hydraulique des dalots

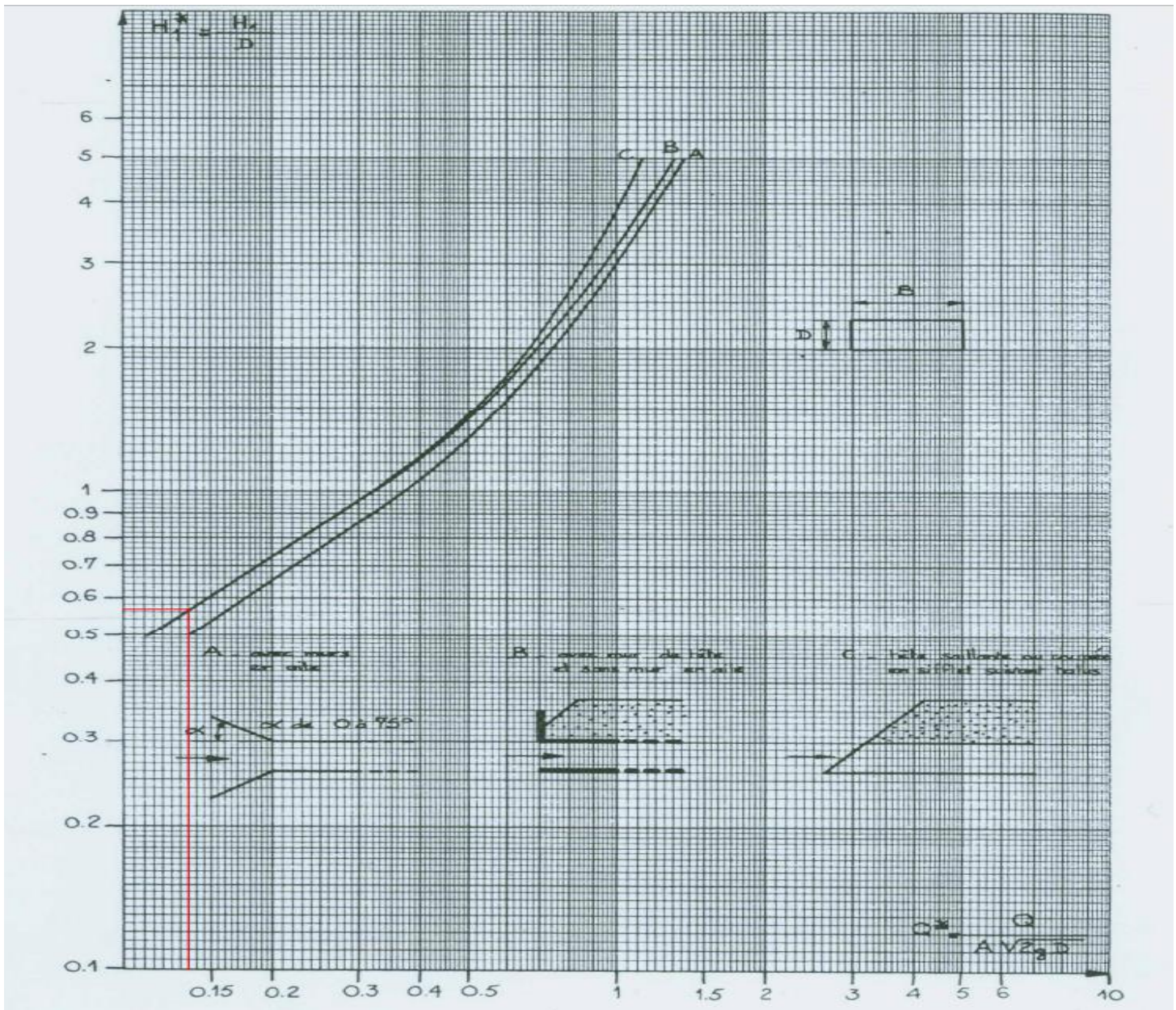


Figure 16: abaque pour le calcul de $H1^*$

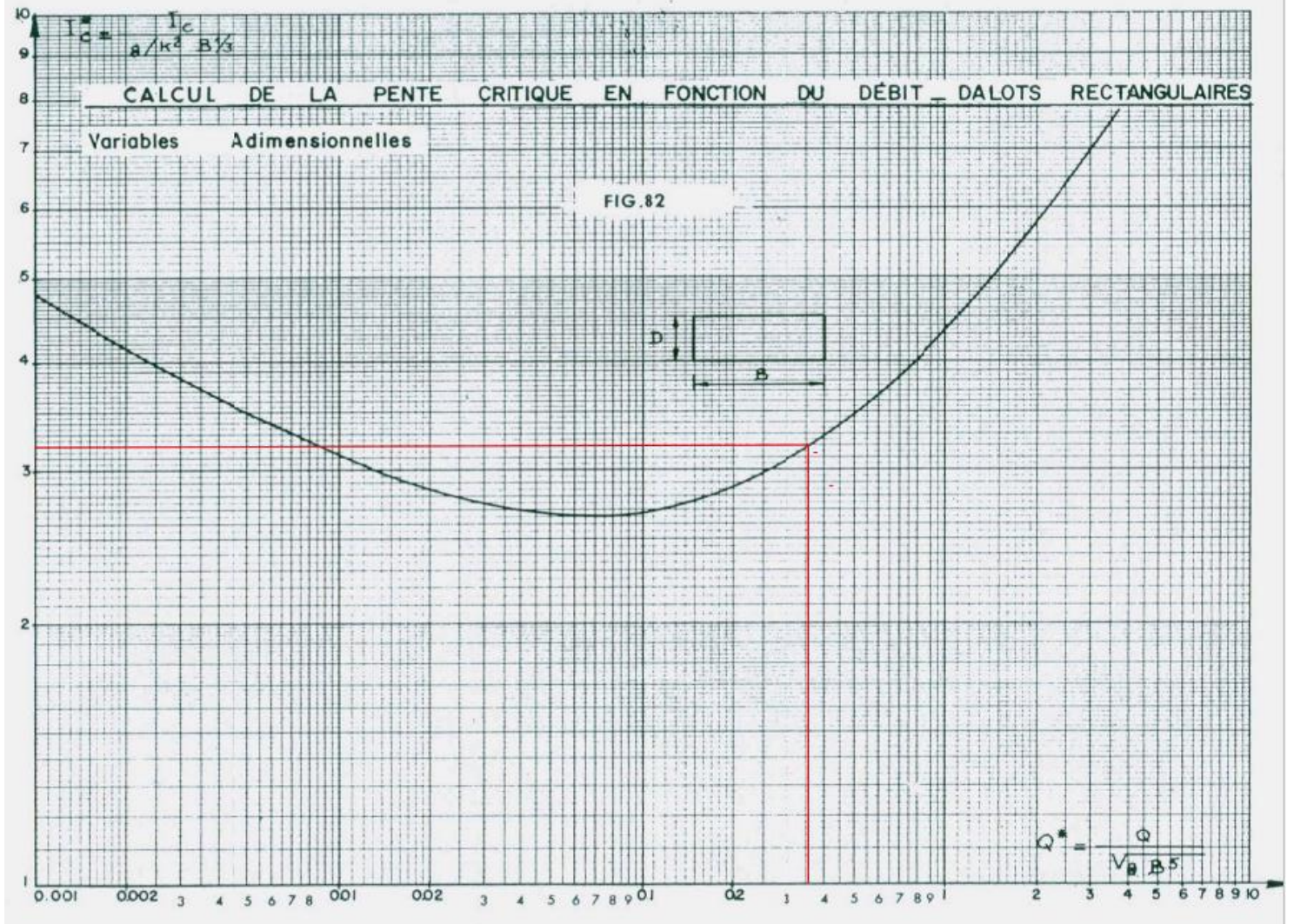


Figure 17: Abaque pour le calcul de la pente critique

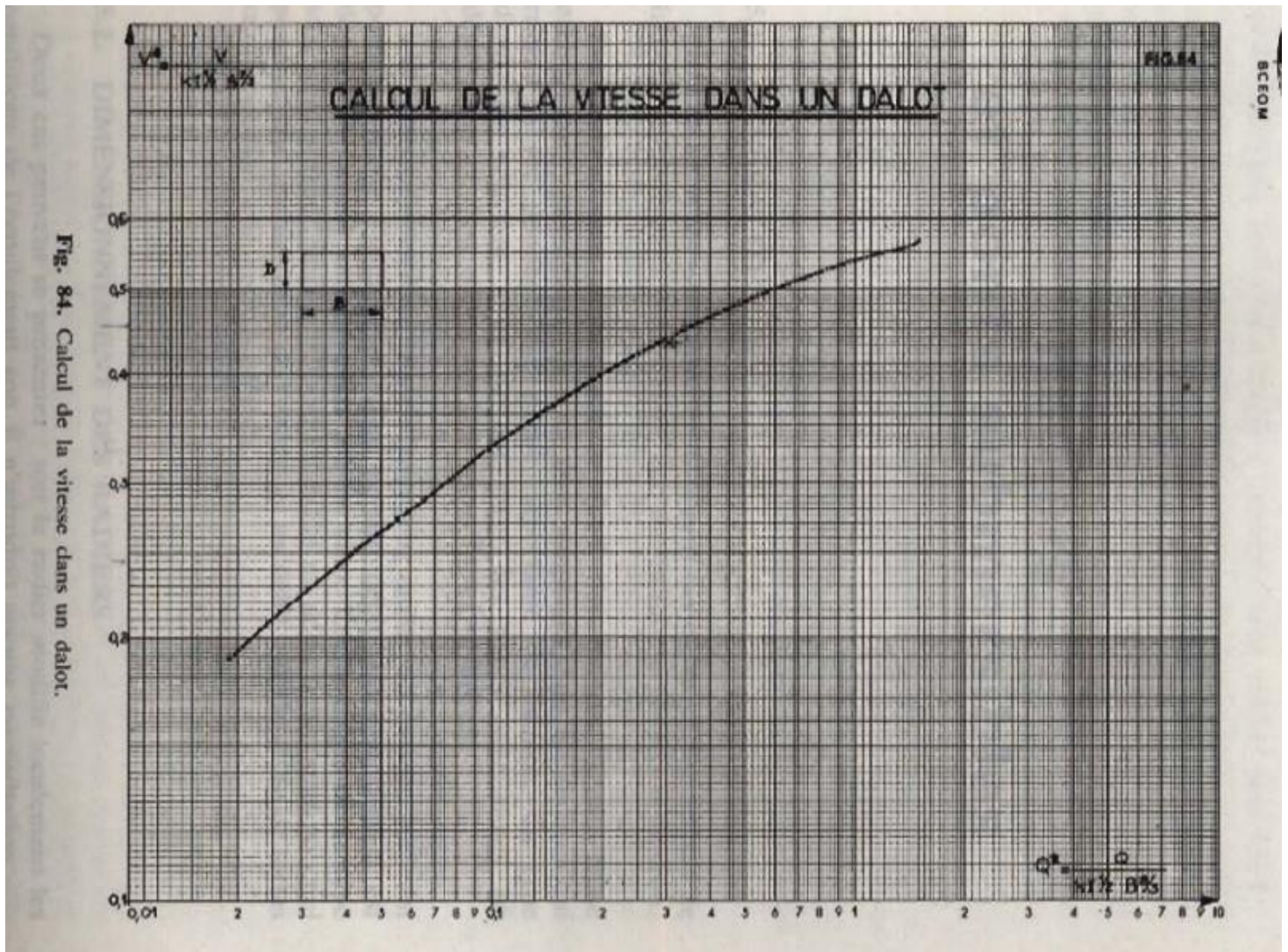


Figure 18: Abaque pour le calcul de V^*

**ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25, TRONÇON
DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU NIGER**

Le tableau 36 présente les étapes déterminations des sections des dalot

Tableau 33 : section du dalot

Etude Hydraulique	
Bassins Versants	BV 01
Débit Projet Q10	10,51270507
Largeur Dalot b(m)	1,5
Hauteur du Dalot D(m)	1,5
Vitesse max admissible (m/s)	3
Nombre de Cellule	3
Coefficient de rugosité du béton Ks	67
Surface du Dalot	2,25
Débit par cellule (m3/s)	7,008470048
pésanteur g(m2/s)	9,81
Calcul de la Profondeur d'eau en amont	
Vitesse fictive(m/s)	3,114875577
Débit réduit Q*	0,211680297
Hauteur réduite H1* (abaque 77 bceom)	0,5
profondeur d'eau en amont H1(m)	0,75
Vérification $H1/D \leq 1,25$	Vérifié
Revanche D/H1(m)	0,75
Calcul de la pente critique	
Débit réduit Q**	0,812008491
pente critique Ic* réduit (abaque bceom figu82)	2,9
Coefficient de Rugosité Kc	67
Pente critique Ic	0,005536309
Détermination de la vitesse de sortie	
Débit réduit Q***	0,476827804
vitesse V* abaque bceom figu84	0,33
V	2,14990431
Vsortie $\leq V_{max}$	Vérifié
Décision	2X2X2

Dimensionnement hydraulique du pont

❖ Détermination du débouché linéaire

Après avoir déterminé le débit décennal Q_{10} par la méthode du CIEH, la méthode du GRADEX a été utilisée afin d'estimer le débit centennal Q_{100} , qui est égal à **607 m³/s**.

$$L = 0.3048 \times \sqrt{35.315 \times b} \times \sqrt{Q}$$

où :

- L : débouché linéaire théorique (m)
- b : facteur multiplicatif lié au terrain, ici $b = 1,8$
- Q : débit centennal (m³/s)

Pour déterminer Y_{PHE} , nous avons utilisé la méthode de la débitance, un **calcul itératif basé sur la formule de Manning-Strickler**. La section de notre canal a été considérée comme rectangulaire

La formule de Manning-Strickler utilisée pour le calcul est la suivante

$$Q = K_s \times S(y) \times R_h(y)^{(2/3)} \times \sqrt{I}$$

où :

Q : débit (m³/s)

K_s : coefficient de rugosité de Strickler

$S(y)$: surface mouillée pour une hauteur y (m²)

$R_h(y)$: rayon hydraulique correspondant à y (m)

I : pente du canal

En utilisant la méthode de la débitance, cette formule peut être réécrite sous la forme

$$Q / \sqrt{I} = K_s \times S(y) \times R_h(y)^{(2/3)} = D(y)$$

Tableau 34: calcul de Y_{phE}

Y (m)	P (m)	S (m²)	Rh (m)	Rh^(2/3)	I	√I	Ks	Vitesse (m/s)	Q (m³/s)
0,5	101,0	50,2	0,497	0,629	0,035	0,187	30	3,56	179,3
0,7	101,5	70,5	0,598	0,698	0,035	0,187	30	2,69	189,7

0,9	102,0	90,8	0,700	0,762	0,035	0,187	30	2,20	199,8
1,1	103,0	111,2	0,802	0,824	0,035	0,187	30	1,89	210,6
1,5	105,0	147,0	1,050	0,939	0,035	0,187	30	1,43	247,0
2,0	110,0	220,0	1,450	1,236	0,035	0,187	30	1,20	401,0
2,34	112,0	268,0	1,65	1,36	0,035	0,187	30	1,10	607,0

$Y_{PHE} = 2,34 \text{ m}$

❖ Détermination de l'exhaussement (Δh)

Il est calculé à l'aide de la **méthode de Bradley**, qui propose la formule suivante :

$$\Delta h = \frac{K^* \cdot V_a^2}{2g}$$

Avec :

- V_a : la vitesse moyenne de l'écoulement dans la section rétrécie, ici $V_a \approx 1,18 \text{ m/s}$
- g : la pesanteur, prise égale à $9,81 \text{ m/s}^2$
- $K^* = K_b + \Delta K_p + \Delta K_e$;

K_b tenant compte de la **contraction latérale** M , de la forme des **culées** et de la **longueur à franchir**

ΔK_p tenant compte de l'obstruction due aux **piles**

ΔK_e : tenant compte de la **contraction** et de l'excentrement

Dans notre cas, le pont comporte **4 piles** et **2 culées non excentrées**. La largeur du lit majeur du cours d'eau a été estimée sur site à **95 m**, et le débouché linéaire du pont est $L = 100 \text{ m}$.

La contraction est donc :

$$M = \frac{L}{\text{largeur du lit majeur}} = \frac{100}{95} \approx 1,05$$

• Abaque de Bradley n°1

**Détermination du coefficient K_b fonction du rapport de contraction,
du type de culée et de l'ouverture de l'ouvrage.**

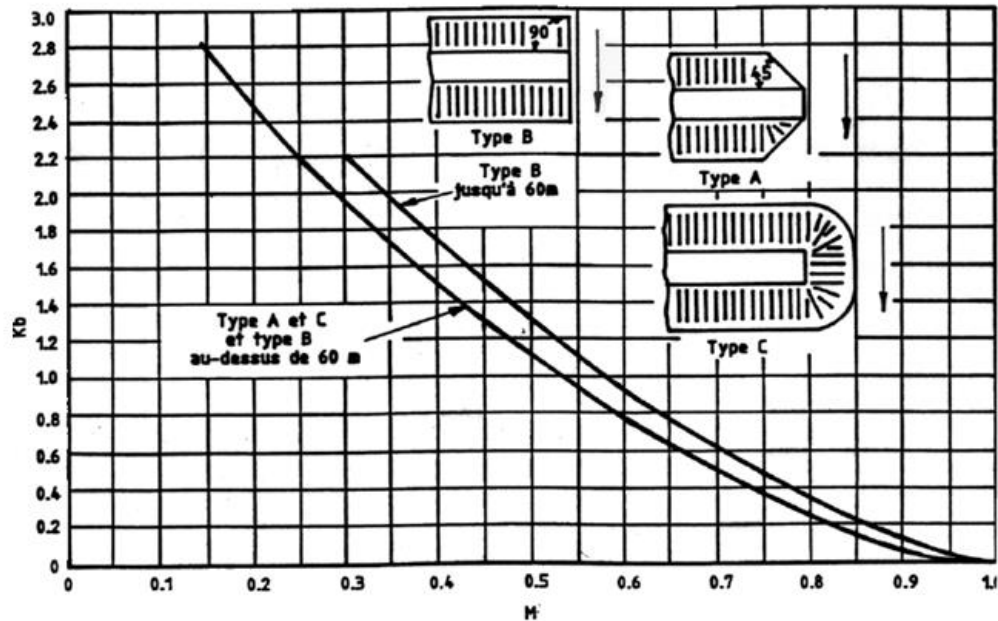


Figure 19 abaque de bradley

Tableau : Détermination de K^*

Détermination de K_b (à partir de l'abaque de Bradley)	2,45
Détermination de ΔK_p (4 piles)	0,8
Détermination de ΔK_e (culées non excentrées)	0
Calcul final de K^*	$K^* = K_b + \Delta K_p + \Delta K_e = 2,45 + 0,8 + 0 = 3,25$

$K^* = 3,25$

Donc $\Delta h = \frac{3,25 \times (1,18)^2}{2 \times 9,81} = 0,23 \text{ m}$

❖ **Détermination de la hauteur du pont**

La hauteur totale du pont est donnée par la formule :

$$H_{\text{pont}} = Y_{\text{PHE}} + \Delta h + R$$

$$H_{\text{pont}} = 2,34 + 0,23 + 3 = 5,57m$$

On prendra $H_{\text{pont}} = 6m$

Analyse multicritères

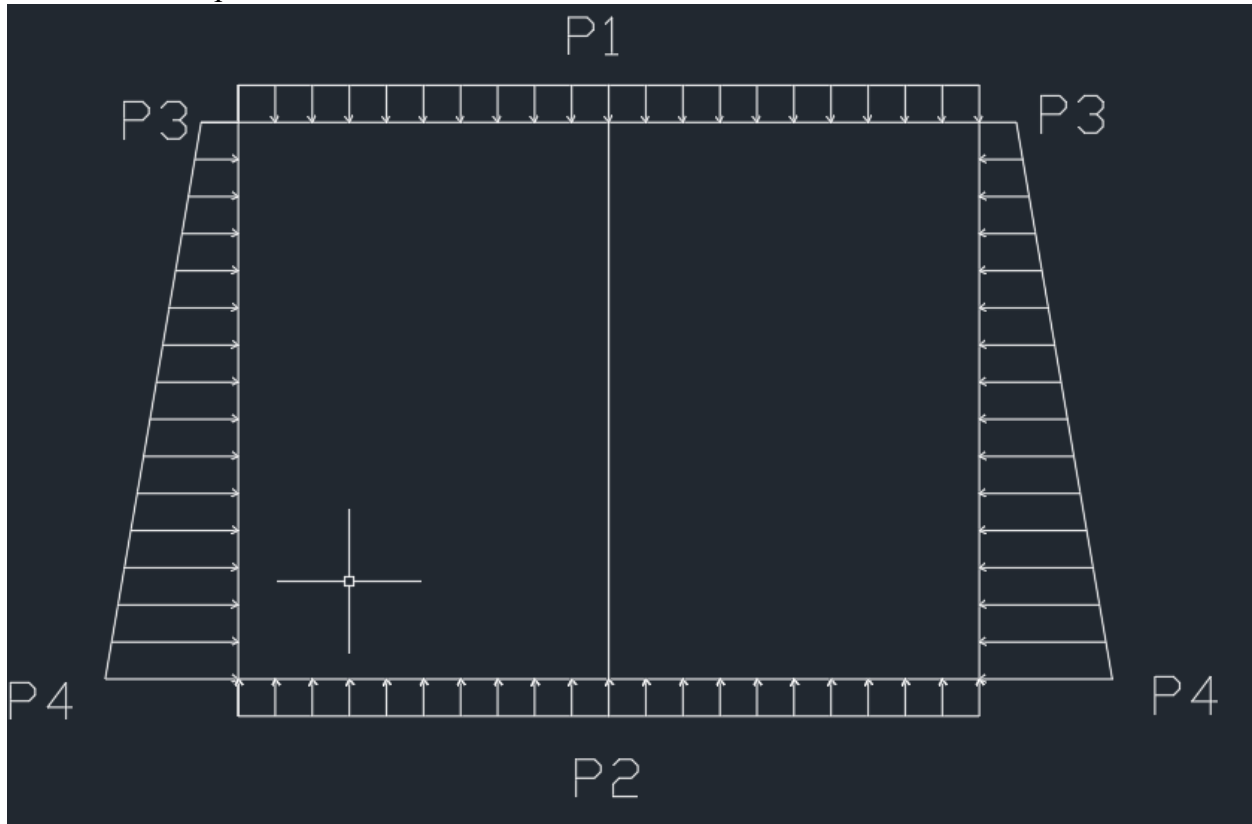
Tableau 35 : Analyse multicritère

Critères	Pont à poutre en béton armé	Note sur 5	Pont-dalle en béton armé	Note sur 5
Longueur travée courante (domaine d'emploi)	15 à 25 m	5	15 m	1
Contraintes de construction	Utilisation minimale d'engins de levage ; coffrage simple	3	Coffrage complet sur site ; travail plus complexe	2
Faisabilité locale	Technique bien maîtrisée localement	3	Technique maîtrisée mais coffrage plus exigeant	3
Coût	Moins coûteux en matériaux et main-d'œuvre	3	Plus coûteux en matériaux et main-d'œuvre	2
Coût d'entretien	Entretien des joints et des appareils d'appui	4	Entretien similaire : joints et appareils d'appui	4
Temps de construction	Relativement rapide, possibilité de préfabrication	4	Plus long, coffrage entièrement sur place	2
Impact environnemental	Impacts similaires	3	Impacts similaires	3
Total note	—	25	—	17

Avec une de 25, le pont à poutre est le plus adapté

ANNEXE 4 : Dimensionnement structural des dalots

Nous allons montrer les étapes du dimensionnement structural des dalots et la détermination des sections d'acier pour les différents dalots :



Prédimensionnement de l'épaisseur du dalot :

$$e = \frac{L_{ouverture\ dalot}}{32} + 0,125$$

$$e = \frac{2}{32} + 0,125 = 0,19\ m$$

On prendra $e = 0,25\ m$ comme épaisseur du dalot

- Evaluation des charges du dalot
 - Sur le tablier (P1)

$$\text{Poids du remblai (Pr)} : Pr = \gamma r \times hr = 20 \times 0,4 = 8\ kN/m^2$$

Poids du aux revêtement (Prev) : $P_{rev} = \gamma_{rev} \times e_{BB} = 24 \times 0,05 = 1,2 \text{ kN/m}^2$

Poids propre du tablier (Pp) : $P_p = \gamma_b \times e_t = 25 \times 0,30 = 7,5 \text{ kN/m}^2$

Donc $P_1 = 7,5 + 1,2 + 8 = 16,7 \text{ kN/m}^2$

➤ Sur les piédroits (P3 et P4)

Soit hr3 la hauteur de remblai sur la partie supérieur du piédroit :

$$P_3 = K_a \times \gamma_r \times h_{r3} = 0,5 \times 20 \times (0,45 + 0,3/2) = 6 \text{ kN/m}^2$$

Soit hr4 la hauteur sur la partie inférieure du piédroit :

$$P_4 = K_a \times \gamma_r \times h_{r4} = 0,5 \times 20 \times (0,25 + 2) = 23 \text{ kN/m}^2$$

➤ Sur le radier (P2)

Soit Ppr la charge du piédroit et Prd le poids propre du radier :

$$P_p = 25 \times 0,3 + \frac{2}{2 \times 2 + 3 \times 0,25} = 6,67 \text{ kN/m}^2$$

$$P_2 = P_1 + 3P_{pr} + P_{rd} = 16,7 + 3 \times 6,67 + 25 \times 0,3$$

$$P_2 = 44,21 \text{ kN/m}^2$$

- Charges d'exploitation

➤ Surcharges A(L) :

ELU	ELS
14.13 kN/m	10,60 Kn/m

➤ Surcharge type B :

➤ Charges QB :

Charge	ELU	ELS
Q_{bc}	128,56 kN/m	96,42 kN/m
$Q_{bcNiger}$	139,27 kN/m	104,45 kN/m
Q_{bt}	247,10 kN/m	185,32 kN/m

➤ Surcharges Mc120

Valeur de la surcharge Mc120 :

ELU	ELS
310,14 kN/m	229,73 kN/m

Donc la surcharges max sont de :

Q=229,73 kN/m a ELS et Q=310,14 kN/m a ELU

Récapitulatifs des descentes de charges :

	Elément de structure (kN/m²)	Charges permanentes (kN/m)	Surcharges routières (kN/m)	Chages total (kN/m)
ELU	Tablier	16,7	310,14	487,76
	Piedroits	6 26	8	20,1 47,1
	radier	44,21	310,14	524,89
ELS	Tablier	16,7	229,73	246,43
	Piedroits	6 26	6	12 32
	radier	44,21	229,73	273,94

Note : nous allons déterminer les moments de nos différentes sollicitations avec le logiciel Pybar.
Pour la détermination des sections d'acier :

➤ Détermination de la section d'acier

A ce stade, nous allons simplement présenter les étapes de calculs des armatures du dalot, aussi réaliser le calcul en tenant compte a (ELU) et vérifierons les sections d'acier a (ELS) :

1. Tablier

➤ Travée

❖ ELU :

$M_u = 39,3 \text{ kN.m}$

Calcul du moment réduit :

$$\mu_u = \frac{Mu}{b_0 \times d^2 \times \sigma_{bc}}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b} = 17 \text{ MPa}$$

$$\mu_u = \frac{0,0774}{1 \times (0,27)^2 \times 17} = 0,062$$

$$\mu_u < \mu_{AB}; \text{ avec } \mu_{AB} = 0,186$$

Par conséquent, nous sommes en pivot A Ast $\neq 0$ et Asc = 0.

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

$$\alpha_u = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,046}) = 0,08$$

$$\alpha_u = 0,06$$

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

$$Z_u = 0,225 \times (1 - 0,4 \times 0,06)$$

$$Z_u = 0,26$$

➤ Calcul de la section d'acier :

$$Ast = \frac{Mu}{Z_u \times f_{su}} = \frac{77,4}{0,26 \times 347,83} \times 10 = 8,55 \text{ cm}^2$$

❖ ELS :

$$M_{ser} = 57,3 \text{ kN.m}$$

Paramètre de déformation

$$\alpha_{ser} = \frac{n \cdot \sigma_{bc}}{n \cdot \sigma_{bc} + \sigma_{st}}$$

Avec σ_{st} (type de fissuration) et la fissuration est considérée préjudiciable, donc $\sigma_{st} = \left[\frac{2}{3} f_e ; \max(0,5 f_e ; 110 \sqrt{\eta \times f_{tj}}) \right]$

Avec $\eta=1,6$ (l'article A.4.5,33 du BAEL)

$$\sigma_{bc} = 0,6 \times f_{c28} = 18 \text{ MPa}$$

$$\alpha_{ser} = \frac{15 \times 18}{15 \times 18 + 215,56} = 0,56$$

$$\alpha_{ser} = 0,56$$

$$Y_{ser} = \alpha_{ser} \times d = 0,56 \times 0,27 = 0,151 \text{ m}$$

$$Y_{ser} = 0,151 \text{ m}$$

- Bras de levier :

$$Z_{ser} = d - \frac{Y_{ser}}{3} = 0,27 - \frac{0,151}{3} = 0,22$$

$$Z_{ser} = 0,22$$

- Moment résistant :

$$M_{serb} = 0,5 \times b_0 \times d^2 \times \alpha_{ser} \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \alpha_{ser}\right) \times \sigma_{bc}$$

$$M_{serb} = 0,5 \times 1 \times (0,27)^2 \times 0,56 \times \left(1 - \frac{1}{3} \times 0,56\right) \times 18 = 0,298 \text{ MN.m}$$

$M_{ser} < M_{serb} \Rightarrow$ pas d'acier comprimé

➤ Calcul de la section d'acier :

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{d \times \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}\right) \times \sigma_{st}} \quad \text{Avec } \sigma_{st} = n * \sigma_{bc} * \frac{\alpha_{ser} * (d - d')}{\alpha_{ser} * d}$$

$$A_{st} = \frac{57,3}{0,27 \left(1 - \frac{0,56}{3}\right) \times 226,67} \times 10 = 9,17 \text{ cm}^2$$

➤ Condition de non fragilité (A_{smin}) :

$$A_{smin} = 0,23 \times \frac{f_{t28}}{f_e} \times b \times d = 0,23 \times \frac{2,4}{400} \times 1 \times 0,27$$

$$A_{smin} = 3,72 \text{ cm}^2$$

Donc Ast= 9,17 cm²

Apr = 9,17 cm².....6HA14 = 9,24 cm²

Arep = 3,72 cm²..... 5HA10= 3,93 cm²

➤ Sur appui:

❖ ELU:

Mu= 39,7 kN.m

$$\mu_u = \frac{Mu}{b_0 \times d^2 \times \sigma_{bc}}$$

$$\mu_u = \frac{0.0397}{1 \times (0,27)^2 \times 18} = 0,032$$

$$\mu_u < \mu_{AB}; \text{avec } \mu_{AB} = 0.186$$

Nous sommes en pivot A Ast ≠ 0 et Asc = 0.

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

$$\alpha_u = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,032}) = 0,041$$

$$\alpha_u = 0,041$$

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

$$Z_u = 0,27 \times (1 - 0,4 \times 0,041)$$

$$Z_u = 0,27$$

➤ Calcul de la section d'acier :

$$Ast = \frac{Mu}{Z_u \times f_{su}} = \frac{39,7}{0,27 \times 347,83} \times 10 = 4,22 \text{ cm}^2$$

❖ ELS :

Mser= 29,4 kN.m

$$\alpha_{ser} = 0,56$$

$$Y_{ser} = 0,151 \text{ m}$$

$$Z_{ser} = 0,22$$

$$M_{serb} = 0,5 \times 1 \times (0,27)^2 \times 0,56 \times \left(1 - \frac{1}{3} \times 0,56\right) \times 18 = 0,298 \text{ MN.m}$$

$M_{ser} < M_{serb} \Rightarrow$ pas d'acier comprimé

➤ Calcul de la section d'acier :

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{d \times \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}\right) \times \sigma_{st}}$$

$$A_{st} = \frac{29,4}{0,27 \left(1 - \frac{0,56}{3}\right) \times 266,67} \times 10 = 5,02 \text{ cm}^2$$

➤ Condition de non fragilité (A_{smin}) :

$$A_{smin} = 0,23 \times \frac{f_{t28}}{f_e} \times b \times d = 0,23 \times \frac{2,4}{400} \times 1 \times 0,27$$

$$A_{smin} = 3,72 \text{ cm}^2$$

Donc $A_{st} = 5,02 \text{ cm}^2/\text{ml}$

$A_{pr} = 5,02 \text{ cm}^2 \dots \dots \dots 5\text{HA}12 = 5,63 \text{ cm}^2$

$A_{rep} = 3,72 \text{ cm}^2 \dots \dots \dots 5\text{HA}10 = 3,93 \text{ cm}^2$

2. Radier

➤ Travée:

Le radier se dimensionne en fissuration très préjudiciable, donc on le dimensionne à ELS

❖ ELS :

$M_{ser} = 73,6 \text{ kn.m}$

$\alpha_{ser} = 0,56$

$Y_{ser} = 0,151 \text{ m}$

$Z_{ser} = 0,22$

$$M_{serb} = M_{serb} = 0,5 \times 1 \times (0,27)^2 \times 0,56 \times \left(1 - \frac{1}{3} \times 0,56\right) \times 18 = 0,298 \text{ MN.m}$$

$M_{ser} < M_{serb} \Rightarrow$ pas d'acier comprimé

➤ Calcul de la section d'acier :

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{d \times \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}\right) \times \sigma_{st}} \sigma_{st}, \sigma_{st} = 0,8 \times \xi \text{ D'après l'article A.4.5,34 du BAEL}$$

$$\xi = \min\left[\frac{2}{3} f_e; \max\left(0,5 f_e; 110 \sqrt{\eta \times f_{tj}}\right)\right]$$

$$A_{st} = \frac{73,6}{0,27 \left(1 - \frac{0,56}{3}\right) \times 172,45} \times 10 = \mathbf{19,43 \text{ cm}^2}$$

➤ Condition de non fragilité (Asmin) :

$$A_{smin} = 0,23 \times \frac{f_{t28}}{f_e} \times b \times d = 0,23 \times \frac{2,4}{400} \times 1 \times 0,27$$

$$\mathbf{A_{smin} = 3,72 \text{ cm}^2}$$

Donc $A_{st} = 19,43 \text{ cm}^2$

$A_{pr} = 19,43 \text{ cm}^2$ 10HA16 = $20,10 \text{ cm}^2$

$A_{rep} = 3,72 \text{ cm}^2$ 4HA10 = $3,93 \text{ cm}^2$

➤ Sur appui

❖ ELS :

$M_{ser} = 73,6 \text{ kn.m}$

$\alpha_{ser} = 0,56$

$Y_{ser} = 0,151 \text{ m}$

$Z_{ser} = 0,22$

$$\mathbf{M_{serb} = M_{serb} = 0,5 \times 1 \times (0,27)^2 \times 0,56 \times \left(1 - \frac{1}{3} \times 0,56\right) \times 18 = 0,298 \text{ MN.m}}$$

$M_{ser} < M_{serb} \Rightarrow$ pas d'acier comprimé

➤ Calcul de la section d'acier :

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{d \times \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3}\right) \times \sigma_{st}}$$

$$A_{st} = \frac{73,6}{0,27(1 - \frac{0,56}{3}) \times 172,45} \times 10 = \mathbf{19,43 \text{ cm}^2}$$

➤ Condition de non fragilité (A_{smin}) :

$$A_{smin} = 0,23 \times \frac{f_{t28}}{f_e} \times b \times d = 0,23 \times \frac{2,4}{400} \times 1 \times 0,27$$

$$\mathbf{A_{smin} = 3,72 \text{ cm}^2}$$

Donc $A_{st} = 19,43 \text{ cm}^2$

$A_{pr} = 19,43 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 10\text{HA}16 = 20,10 \text{ cm}^2$

$A_{rep} = 3,72 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 4\text{HA}10 = 3,93 \text{ cm}^2$

3. Piedroit extérieur

$N_u = 303,6 \text{ kN}$

$M_u = 36,8 \text{ kN.m}$

Calcul de l'excentricité (e)

$$e = \frac{M_u}{N_u} = \frac{36,8}{303,6} = 0,12 \text{ m}$$

- Calcul du coefficient de remplissage Ψ_1 :

$$\Psi_1 = \frac{N_u}{b \times d \times f_{bu}} = \frac{0,3036}{1 \times 0,27 \times 17} = 0,066 < 0,81$$

- L'excentricité critique relative ζ

On a $\Psi_1 < \frac{2}{3}$ on a donc: $\zeta = \frac{1 + \sqrt{9 - 12 \times \Psi_1}}{4(3 + \sqrt{9 - 12 \times \Psi_1})} = 0,17$

Calcul de $e_{NC} = \zeta \times h = 0,17 \times 0,3 = 0,05 \text{ m}$

$e > e_{NC}$ Donc on a une section partiellement comprimée

- Calcul du moment fictif par rapport à l'acier tendu

$$M_{uA} = N_u \times e_A \text{ avec } e_A = e_0 + (d - 0,5 \times h)$$

$$e_A = 0,11 + (0,27 - 0,5 \times 0,3) = 0,22 \text{ m}$$

$$M_{uA} = 303,6 \times 0,22 = \mathbf{66,79 kN.m}$$

- Calcul du moment réduit

$$\mu_u = \frac{M_{uA}}{b_0 \times d^2 \times \sigma_{bc}} = 0,054$$

$$\mu_u < \mu_{AB}; \text{ avec } \mu_{AB} = 0,186$$

Nous sommes en pivot A (ce pivot traduit que la section d'acier comprimée est nulle et la section d'acier tendue non nulle)

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

$$\alpha_u = \mathbf{0,077}$$

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

$$Z_u = 0,27 \times (1 - 0,4 \times 0,077)$$

$$Z_u = \mathbf{0,26}$$

- Calcul de la section d'acier :

$$A_{st} = \frac{M_{uA}}{Z_u \times f_{su}} = \frac{66,79}{0,26 \times 347,83} \times 10 = \mathbf{7,38 \text{ cm}^2}$$

❖ A ELS :

$$M_{ser} = 36,8 \text{ kN.m}$$

$$N_{ser} = 224,9 \text{ kN}$$

$$e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \mathbf{0,16 \text{ m}}$$

Rappel : section partiellement comprimée

$$M_{fictif} = M_{ser} + Z \times N_{ser} = 36,8 + 0,22 \times 224,9$$

$$M_{fictif} = \mathbf{86,28 kN.m}$$

- Moment résistant:

$$M_{serb} = 0,298 \text{ MN.m}$$

$$M_{serb} > M_{serf} \Rightarrow \text{pas d'acier comprimé}$$

- Calcul de la section d'acier :

$$A_{pr} = \frac{M_{serf}}{Z_{ser} \times \sigma_{st}} = \frac{86,28}{0,22 \times 266,67} \times 10 = \mathbf{14,70 \text{ cm}^2}$$

- Condition de non fragilité:

$$A_{rep} = \frac{A_{pr}}{4} = 3,67 \text{ cm}^2/ml$$

$$A_{min} = 0,23 \times \frac{f_{t28}}{f_e} \times b \times d = 0,23 \times \frac{2,4}{400} \times 1 \times 0,27$$

$$\mathbf{A_{min} = 3,72 \text{ cm}^2}$$

Les sections d'acier retenue sur appui :

$$A_{pr} = 14,70 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 8\text{HA}16 = 16,08 \text{ cm}^2$$

$$A_{rep} = 3,72 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 5\text{HA}10 = 3,93 \text{ cm}^2$$

4. Piedroit intermédiaire

Ce piedroit se calcule comme un poteau

- Longueur de flambement

$$L_f = 0,7 \times L_0 = 0,7 \times 2 = 1,4 \text{ m}$$

- Elancement mécanique λ :

$$\lambda = 3,5 \times \frac{L_f}{a} = 3,5 \times \frac{1,4}{0,3} = 16,33$$

- Coefficient α

$$\lambda < 50, \text{ donc } \alpha = \frac{0,85}{1 + 0,2 \times \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2} = \frac{0,85}{1 + 0,2 \times \left(\frac{16,33}{35}\right)^2}$$

$$\alpha = 0,82$$

- Section réduite de béton :

$$B_r = (a - 0,02)(b - 0,02)$$

$$B_r = (0,3 - 0,02)(1 - 0,02)$$

$$\mathbf{B_r = 0,27 \text{ m}^2}$$

- Section d'acier:

$$Asc = \left(\frac{Nu}{\alpha} - \frac{Br \times fc28}{0,9 \times \gamma b} \right) \times \left(\frac{\gamma s}{fe} \right)$$
$$Asc = \left(\frac{0,7842}{0,83} - \frac{0,27 \times 30}{0,9 \times 1,5} \right) \times \left(\frac{1,15}{400} \right)$$
$$Asc = -0,014 \text{ cm}^2$$

On prendra $As_{min} = 3,72 \text{ cm}^2$.

5HA12 en acier principaux et 5HA10 en acier de répartition.

5. Mur en aile

- Pression à la base du mur :

$$P = 20 \times 0,5 \times 1,5 = 15 \text{ kN/m}^2$$

- Moment fléchissant du a la poussée des terres :

$$M = 20 \times 0,5 \times \frac{(1,5)^3}{6} = 5,63 \text{ kN.m}$$

- Calcul a ELU :

$$Nu = 1,35 \times 15 = 20,25 \text{ kN}$$

$$Mu = 1,35 \times 5,63 = 7,60 \text{ kN.m}$$

$$e = \frac{Mu}{Nu} = 0,38 \text{ m}$$

- coefficient de remplissage Ψ_1 :

$$\Psi_1 = \frac{Nu}{b \times d \times f_{bu}} = 0,003 < 0,81$$

- L'excentricité relative :

$$\text{Dans notre cas } \Psi_1 < \frac{2}{3} \text{ donc } \zeta = \frac{1 + (\sqrt{9 - 12 \times \Psi_1})}{4(3 + \sqrt{9 - 12 \times \Psi_1})} = 0,168$$

- $e_{Nc} = \zeta \times h = 0,042$

$e > e_{Nc}$, section partiellement comprimée

$$e_A = e + (d - 0,5 \times h) = 0,38 + (0,27 - 0,5 \times 0,25) = 0,52$$

$$M_{fictif} = 20,25 \times 0,52 = 10,53 \text{ kN.m}$$

- Calcul en flexion simple :

$$\mu_u = \frac{M_{fictif}}{b \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{0,01053}{1 \times (0,27)^2 \times 17} = 0,0085 < \mu_{AB}$$

Pivot A => pas d'acier comprimé

$$A_{pr} = \frac{10,53}{0,19 \times 347,83} \times 10 = 1,59 \text{ cm}^2$$

❖ ELS:

$$M_{ser} = 5,63 \text{ kN.m}$$

$$N_{ser} = 15 \text{ kN}$$

$$e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = 0,38 \text{ m}$$

NOTE: section partiellement comprimée

$$M_{serfictif} = 5,63 + 0,26 \times 15 = 9,53 \text{ kN.m}$$

- Moment résistant:

$$M_{serb} = 0,298 \text{ MN.m}$$

$M_{serb} > M_{ser} \Rightarrow$ pas d'acier comprimée

$$A_{pr} = \frac{9,53}{0,22 \times 266,67} \times 10 = 1,62 \text{ cm}^2/ml$$

$$A_{pr} = A_{smin} = 3,72 \text{ cm}$$

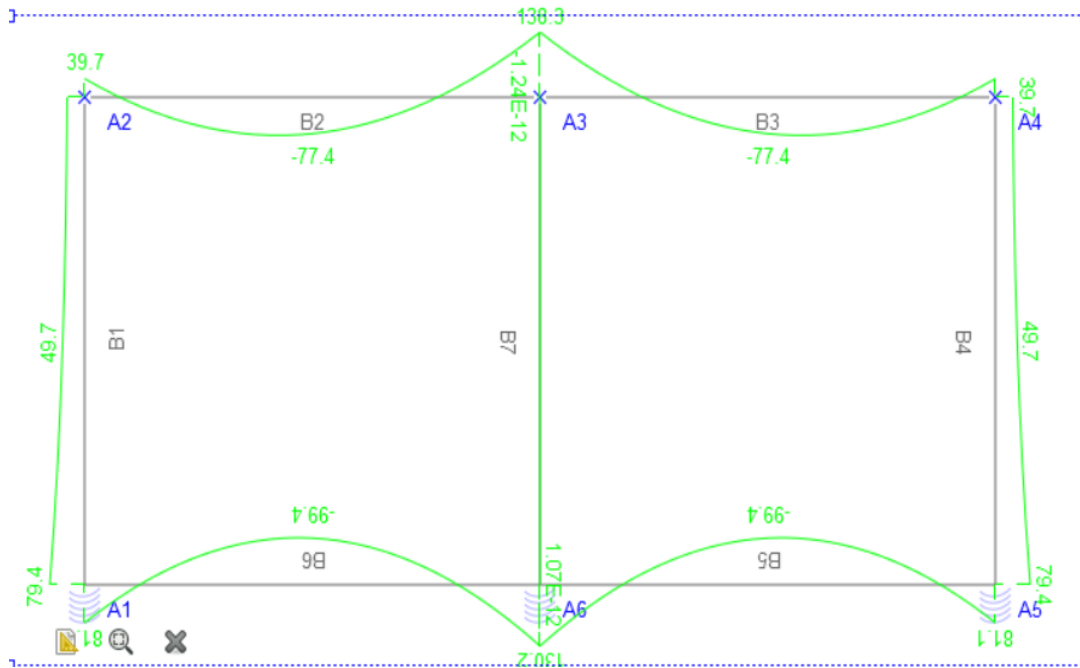


Figure 20: diagramme moment fléchissant dalot 2x2x2 ELU

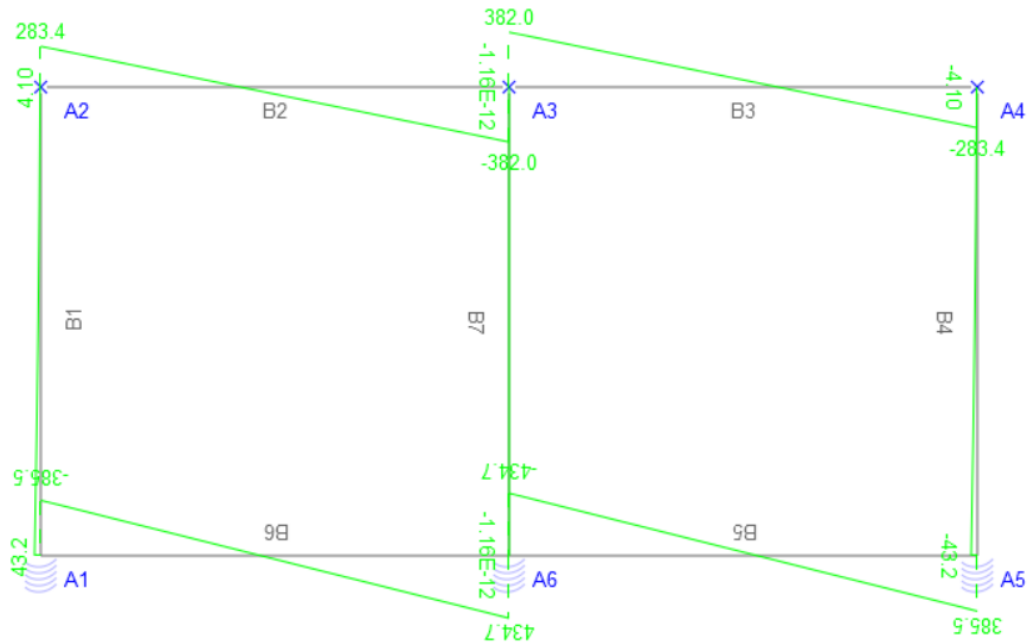


Figure 20: diagramme effort tranchant dalot 2x2x2 ELU

**ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25,
TRONÇON DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU
NIGER**

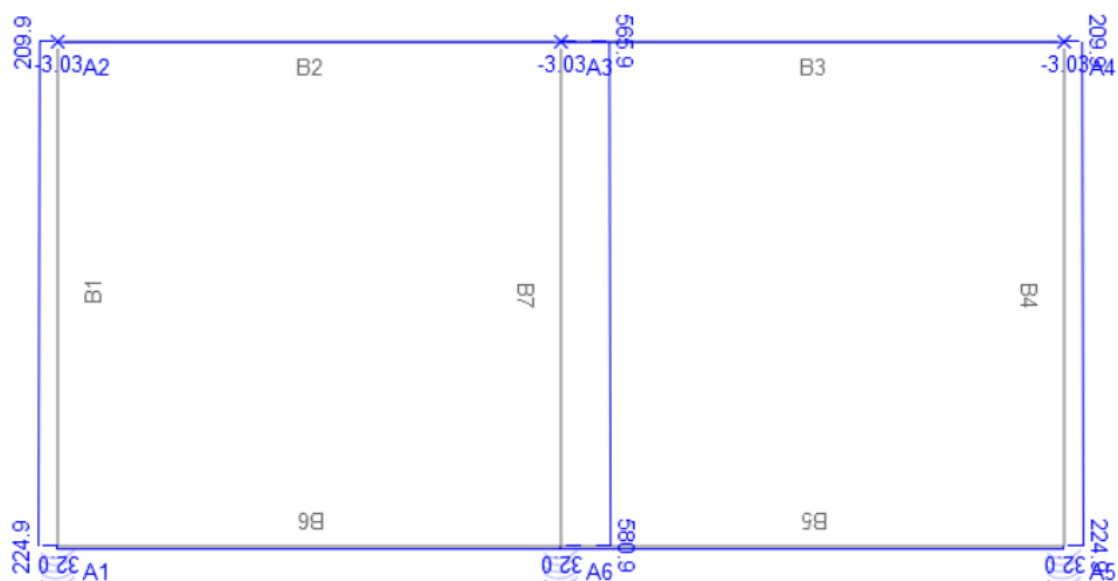


Figure 22: diagramme effort normal dalot 2x2x2 ELS

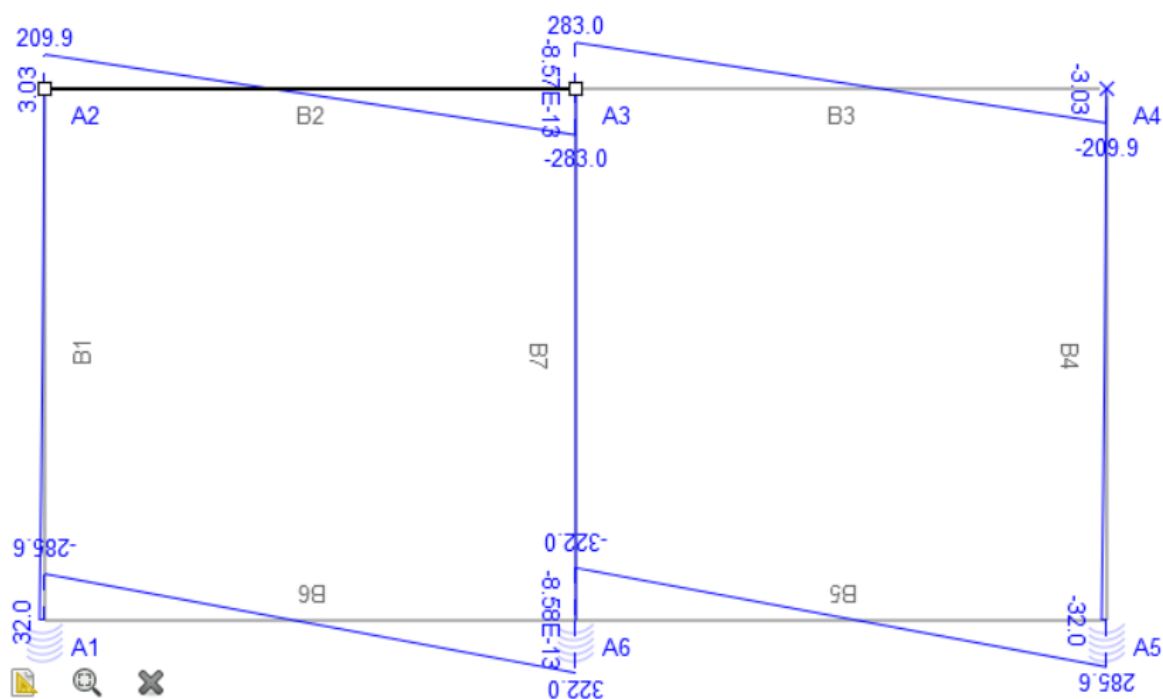


Figure 21: diagramme effort tranchant dalot 2x2x2 ELS

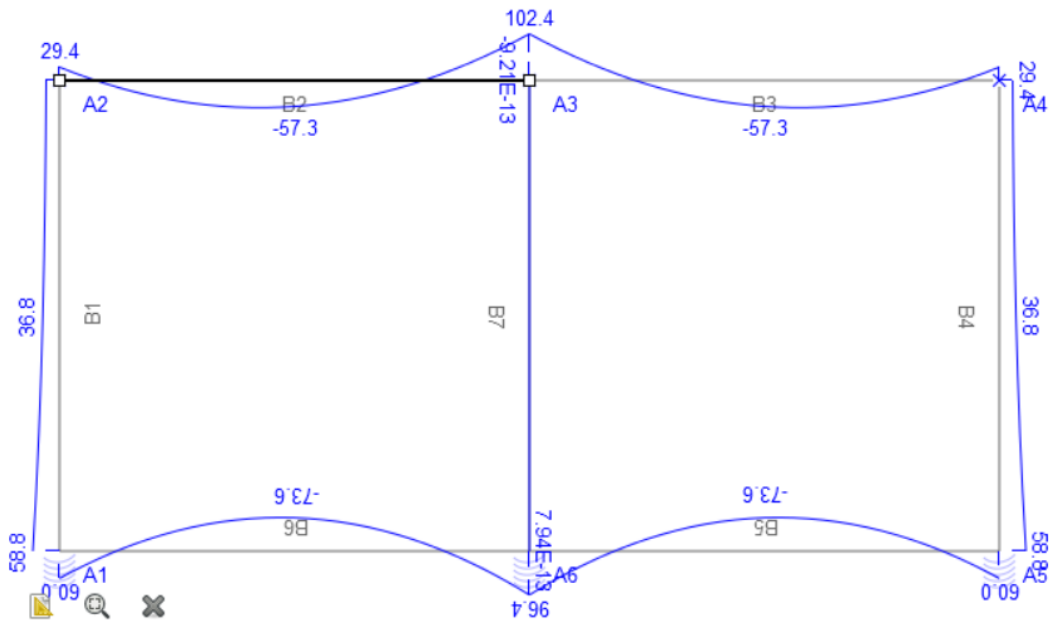


Figure 23: diagramme moment flechissant dalot 2x2x2 ELS

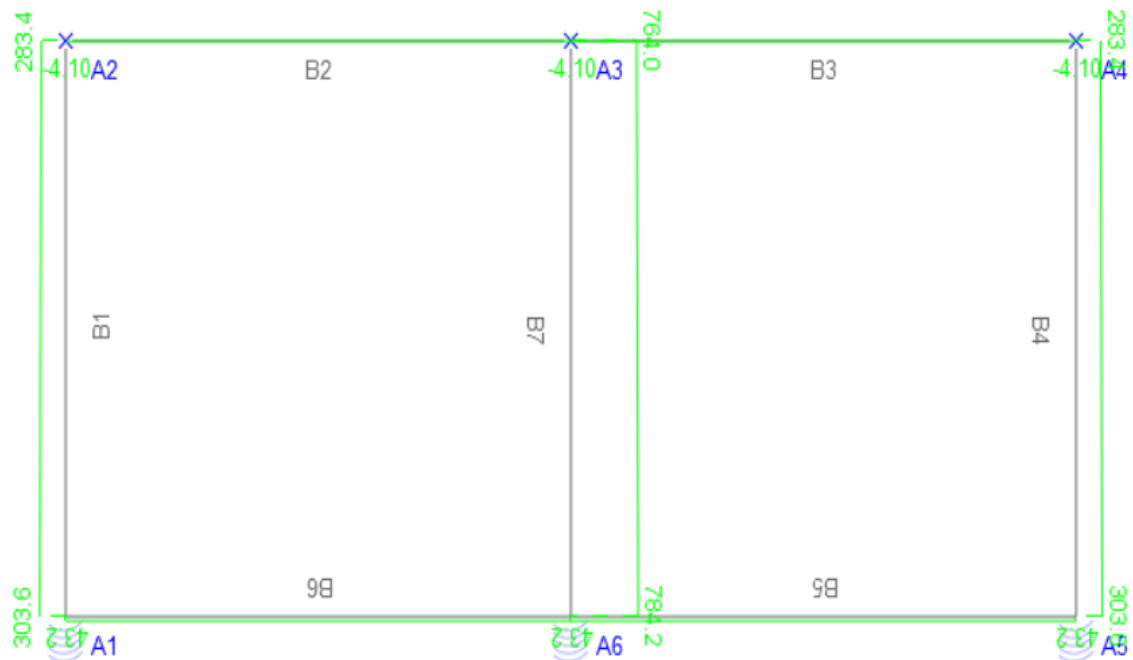
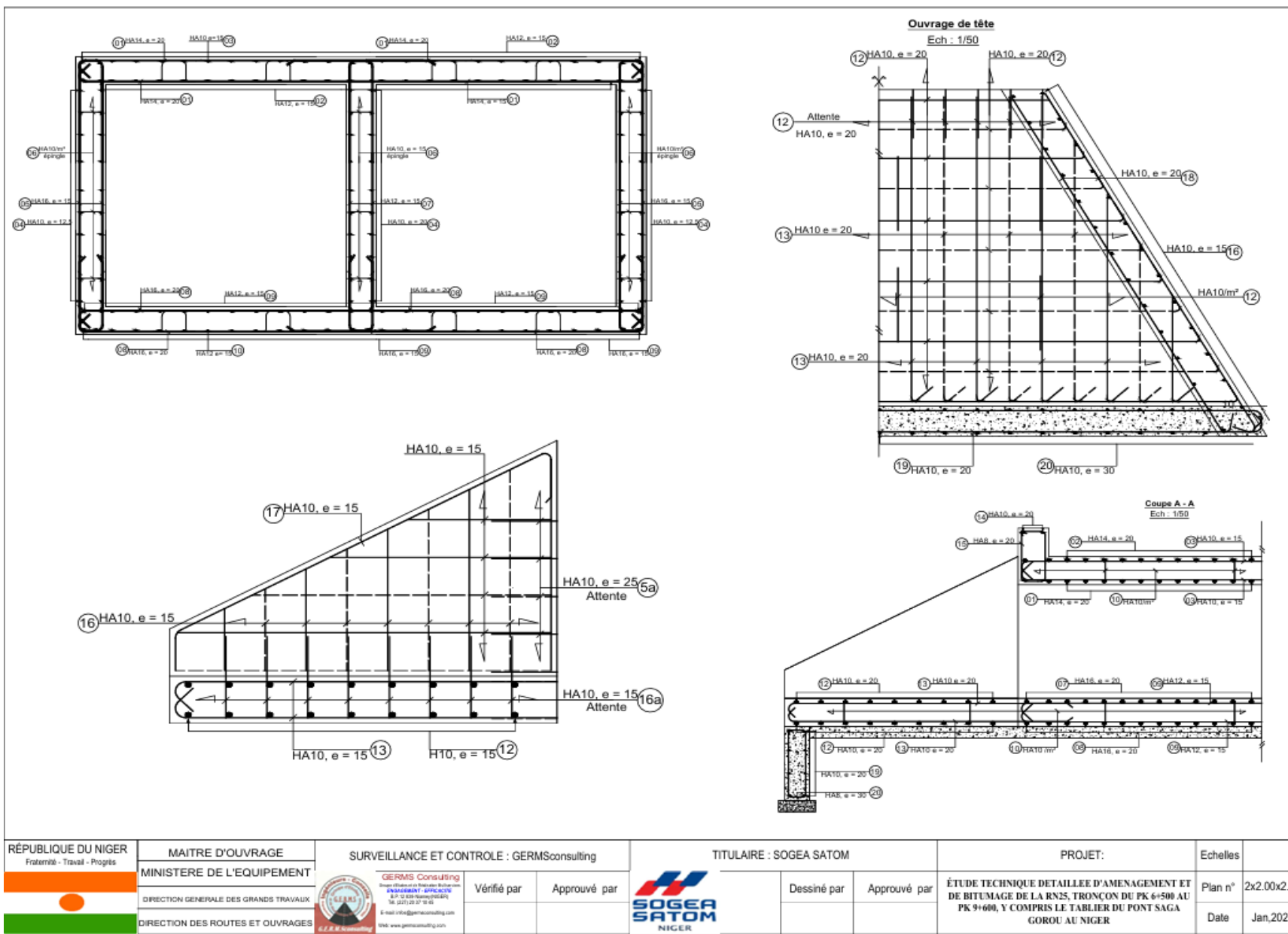


Figure 24: diagramme effort normal dalot 2x2x2 ELU

ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25, TRONÇON DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU NIGER



Ici seront détaillée les étapes de calculs du tablier et la détermination des sections d'aciers avec plan de ferrailage

ANNEXE 5 : conception et étude du Tablier

Définition des charges et surcharges :

NB : Les deux tabliers du pont étant identiques nous allons évaluer les charges d'un seul tablier.

Les matériaux sont régis par la norme Française NFP 06-001.

Les surcharges d'exploitation proviennent du Fascicule 61, titre II.

1 Charges permanente (Pour une travée)

Tableau 36: Les charges permanentes

Désignation	Poids nominal	Kmax	Kmin
Revêtement de chaussée	24 kN/m^3	1,4	0,8
Étanchéité	22 kN/m^3	1,4	0,8
Corniches Type PF3	$3,06 \text{ kN/ml}$	1,03	0,97
Relevé de béton	25 kN/m^3	1,03	0,97
Bordure de trottoir T1	$0,56 \text{ kN/ml}$	1,03	0,97
Trottoir	25 kN/m^3	1,03	0,97
Hourdis	25 kN/m^3	1	1
Poutre	25 kN/m^3	1	1

Autres équipements (gargouilles, fourreaux, autres canalisations)	1,50 <i>kN/ml</i>	1	1
GBA	6 <i>kN/ml</i>	1	1
Barrière BN4	0,65 <i>kN/ml</i>	1,5	0,9
Entretoise	25 <i>kN/m³</i>	1	1
Prédalle	25 <i>kN/m³</i>	1	1

1.1 Evaluation des charges permanentes des éléments porteurs G1

- **Poids propre de la poutre**

Volume de la poutre : $V_{poutre} = S \times L$

Avec S : La surface de la poutre en m^2 et L la longueur de la poutre sur 1 m

$$\Rightarrow V_{poutre} = 0,45 \times 1,05 \times 1 = 0,4725 \text{ m}^3/\text{ml} \text{ d'où}$$

$$P_{poutre} = V_{poutre} \times \gamma_b \text{ Avec } \gamma_b: \text{Poids volumique du béton}$$

$$\Rightarrow P_{poutre} = 0,4725 \times 25 = 11,8125 \text{ kN/ml}$$

$$\mathbf{P_{poutre} = 11,8125 \text{ kN/ml}}$$

- **Poids propre de l'hourdis**

Volume de l'hourdis : $V_{hourdis} = S \times L$

Avec S : La surface de l'hourdis en m^2 et L la longueur de la poutre sur 1 m

$$\Rightarrow V_{hourdis} = 0,20 \times 9,63 \times 1 = 1,926 \text{ m}^3/\text{ml} \text{ d'où}$$

$$P_{hourdis} = V_{hourdis} \times \gamma_b \text{ Avec } \gamma_b: \text{Poids volumique du béton}$$

$$\Rightarrow P_{hourdis} = 1,926 \times 25 = 48,15 \text{ kN/ml}$$

$$\mathbf{P_{hourdis} = 48,15 \text{ kN/ml}}$$

- **Poids propre de l'entretoise**

Volume de l'hourdis : $V_{entretoise} = S \times L$

Avec S : La surface de l'entretoise en m^2 et L la longueur transversale de l'entretoise

$$\Rightarrow V_{entretoise} = 0,90 \times 0,25 \times 8,17 = 1,84 \text{ m}^3 \text{ d'où}$$

$$P_{entretoise} = V_{entretoise} \times \gamma_b \text{ Avec } \gamma_b: \text{Poids volumique du béton}$$

$$\Rightarrow P_{entretoise} = 1,84 \times 25 = 45,96 \text{ kN}$$

Pour une entretoise on a $P_{entretoise} = 45,96 \text{ kN}$ et sur une travée on 2 entretoises d'about

Tableau 37 : Charges permanentes des éléments porteur

Éléments	Nombre d'élément sur une travée	Poids d'un élément kN/ml	Poids total G_1 (kN/ml)	Kmax	Kmin	$G_1 \text{ max}$	$G_1 \text{ min}$
Poutres	5	11,8125	59,0625	1	1	59,0625	59,0625
Hourdis	1	48,15	48,15	1	1	48,15	48,15
Total G_1 (kN/ml)						107,2125	107,2125
Total G_1 (kN/ml $\times 20$) + 2 $\times P_{entretoise}$ (91,9125 kN)						2236,1625	2236,1625

1.2 Evaluation des charges complémentaires permanentes ou des éléments non porteurs G_2

Elles sont constituées des poids propres des éléments suivants :

- Revêtement.
- L'étanchéité.
- Relevé de béton.
- Prédalle
- Trottoir

• Poids du revêtement

$$P_{revêtement} = S_{revêtement} \times \gamma_{bb} \text{ Avec } \gamma_{bb}: \text{Poids volumique du béton bitumineux (24 kN/m}^3\text{)}$$

$$\Rightarrow P_{revêtement} = 0,06 \times 7,25 \times 24 = 10,44 \text{ kN/ml}$$

$$\mathbf{P_{revêtement} = 10,44 \text{ kN/ml}}$$

- **Poids de l'étanchéité**

$$P_{\text{étanchéité}} = S_{\text{étanchéité}} \times \gamma_e \text{ Avec } \gamma_e: \text{Poids volumique de la chape (22 kN/m}^3\text{)}$$

$$\Rightarrow P_{\text{étanchéité}} = 0,03 \times 7,25 \times 22 = 4,78 \text{ kN/ml}$$

$$\mathbf{P_{\text{revêtement}} = 4,785 \text{ kN/ml}}$$

- **Trottoirs**

$$P_{\text{trottoir}} = S_{\text{trottoir}} \times \gamma_b \text{ Avec } \gamma_b: \text{Poids volumique du béton (25 kN/m}^3\text{)}$$

$$\Rightarrow P_{\text{trottoir}} = 0,20 \times 1,50 \times 25 = 7,5 \text{ kN/ml}$$

$$\mathbf{P_{\text{trottoir}} = 7,5 \text{ kN/ml}}$$

- **Relevé de béton**

$$P_{\text{RB}} = S_{\text{RB}} \times \gamma_b \text{ Avec } \gamma_b: \text{Poids volumique du béton (25 kN/m}^3\text{)}$$

$$\Rightarrow P_{\text{RB}} = 0,15 \times 0,48 \times 25 = 1,18 \text{ kN/ml}$$

$$\mathbf{P_{\text{RB}} = 1,18 \text{ kN/ml}}$$

- **Prédalle**

$$P_{\text{PD}} = S_{\text{PD}} \times \gamma_b \text{ Avec } \gamma_b: \text{Poids volumique du béton (25 kN/m}^3\text{)}$$

- $P_{\text{PD}} = 0,07 \times 1,58 \times 25 = 2,76 \text{ kN/ml}$

$$\mathbf{P_{\text{PD}} = 2,765 \text{ kN/ml}}$$

Tableau 38: Charges permanentes des éléments non porteur

Éléments	Nombre d'élément sur une travée	Poids d'un élément (kN/ml)	Poids total G2 (kN/ml)	Kmax	Kmin	G ₂ max	G ₂ min
Revêtement	1	10,44	10,44	1,4	0,8	14,616	8,352
Étanchéité	1	4,78	4,78	1,4	0,8	6,692	3,824
Trottoirs	1	7,5	7,5	1,03	0,97	7,725	7,275
Relevé de béton	1	1,18	1,18	1,03	0,97	1,2154	1,1446
Prédalle	4	2,76	11,04	1	1	11,04	11,04
GBA	1	6	6	1	1	6	6

BN4	1	0,65	0,65	1,5	0,9	0,975	0,585
Autres équipements (Canalisation ..)	-	1,50	1,50	1	1	1,50	1,50
Bordure de trottoir T1	1	0,56	0,56	1,03	0,97	0,5768	0,5432
Corniches	1	3,06	3,06	1,03	0,97	3,1518	2,9682
Total (kN/ml)						53,492	43,232
Total G_2 (kN/ml $\times$ 20)						1069,84	864,64

$$G_{max} = G_1_{max} + G_2_{max} \text{ et } G_{min} = G_1_{min} + G_2_{min}$$

$$\Rightarrow G_{max} = 2236,1625 + 1069,84 = \mathbf{3306,0025 \text{ kN}}$$

$$\text{Et } G_{min} = 2236,1625 + 864,64 = \mathbf{3100,8025 \text{ kN}}$$

2 Surcharges (Pour une travée)

Les surcharges prises en compte dans les calculs sont celles préconisées dans le fascicule 61 titre II relatives aux surcharges routières.

b.2.1 La largeur roulable

La largeur roulable est définie comme la largeur comprise entre les dispositifs de retenue ou les bordures. Dans notre cas :

$$L_r = 7,25 \text{ m}$$

b.2.2 La largeur chargeable

Elle se déduit de la largeur roulable en enlevant une bande de 0.5m le long de chaque dispositif de retenue (glissière, barrière) lorsqu'il existe, Dans le cas de notre étude la largeur roulable est égale à la largeur chargeable.

$$L_r = L_c = 7,25 \text{ m}$$

2.3 La classe du pont

On distingue trois (03) différentes classes de pont en fonction de la largeur roulable :

Tableau 39: Classes de pont en fonction de la largeur roulable

Classe du pont	La largeur roulable (L_r)
1^{ère} classe	$L_r \geq 7 \text{ m}$
2^{ème} classe	$5,5 \leq L_r \leq 7 \text{ m}$
3^{ème} classe	$L_r < 5,5 \text{ m}$

Nous avons $L_r \geq 7 \text{ m}$, par conséquent notre ouvrage est de la première classe.

b.2.4 Nombre de voie

Elle est égale à l'entier de largeur chargeable divisé par 3.

$$N_v = E \left(\frac{L_c}{3} \right)$$

$$N_v = E \left(\frac{7,25}{3} \right) = E(2,42) = 2, \text{ Ainsi on a 2 voies de largeur } 3,63 \text{ m.}$$

2.4 Les surcharges routières

D'après le fascicule 61 titre II, les surcharges utilisées pour le dimensionnement sont les suivantes :

- La surcharge A(l) ;
- Le système des charges B (système Bc et système Bt, et système Br) ;
- La surcharge militaire (système Mc 120 et Me 80) ;
- Les charges exceptionnelles (Convoi type D et E) ;
- Les autres surcharges (trottoirs, Efforts de freinage, charge sur remblai.)

b.2.4.1 Evaluation des surcharges

b.2.4.1.1 Surcharge A(l)

Pour les ponts de portées unitaires inférieures à 200 m, la chaussée supporte une charge uniforme dont l'intensité est égale au produit de la valeur A(l) et doit être multipliée par des coefficients a_1 et a_2 .

Selon le fascicule 61 titre II On définit la charge A(l) en kN/m^2 par :

$$A(l) = 2,30 + \frac{360}{L+12} \text{ Avec } L \text{ la longueur chargée en m (20 m)}$$

$$\Rightarrow A(l) = 2,30 + \frac{360}{20+12} = 13,55 \text{ kN/m}^2$$

-Déterminons $A(l)$ pondérée : $A(L) = A(l) \times a_1 \times a_2$

Tableau 40: valeur du coefficient a_1 en fonction du nombre de voie N_v et de la classe du pont.

Détermination de a_1						
Nombre de voies chargées		1	2	3	4	>5
Classe du pont	Première	1	1	0,9	0,75	0,7
	Deuxième	1	0,9	---	---	---
	Troisième	0,9	0,8	---	---	---

La valeur de a_2 est exprimé comme suit :

$$a_2 = \frac{V_0}{V}; V \text{ étant la largeur d'une voie et } V_0 \text{ ayant les valeurs suivantes :}$$

Tableau 41: Valeur de V_0 en fonction de la classe du pont

Classe du pont	V_0
I	3,5 m
II	3,0 m
III	2,75 m

Pour le coefficient a_1 on a un pont de première classe et 2 voies chargées donc $a_1 = 1$ et pour le coefficient a_2 on a $V_0 = 3,5 \text{ m}$ d'où $a_2 = \frac{3,5}{3,63} = 0,96$

Donc pour le système de type A on a :

$$A(L) = A(l) \times a_1 \times a_2 \Rightarrow A(L) = 13,55 \times 1 \times 0,96 = 13,008 \text{ kN/m}^2$$

$$A(L) = \mathbf{13,008 \text{ kN/m}^2}$$

b.2.4.1.2 Le système de chargement B

Il comprend 4 sous-systèmes dont les effets pour chaque élément de ponts sont examinés indépendamment :

- Le sous-système Bc qui se compose de camions types de 30 tonnes
- Le sous-système Bc-Niger 42t s'applique aux pays enclavés de l'espace UEMOA
- Le sous-système Bt se compose de deux (2) essieux
- Le sous-système Br se compose d'une roue isolée de 10t

Les charges du système B sont affectées par un coefficient de majoration dynamique

Applicable aux trois (3) Système Bc, Bt et Br donné par l'expression :

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

Avec : L : La longueur de la travée exprimée en m ; G : la charge permanente de l'ouvrage ; S : Charge maximale des essieux du Système B (Bc, Bt ou Br) qui peut être disposé sur cette travée.

- **Système Bc**

Il se compose de camions types de 30 t disposés comme suit :

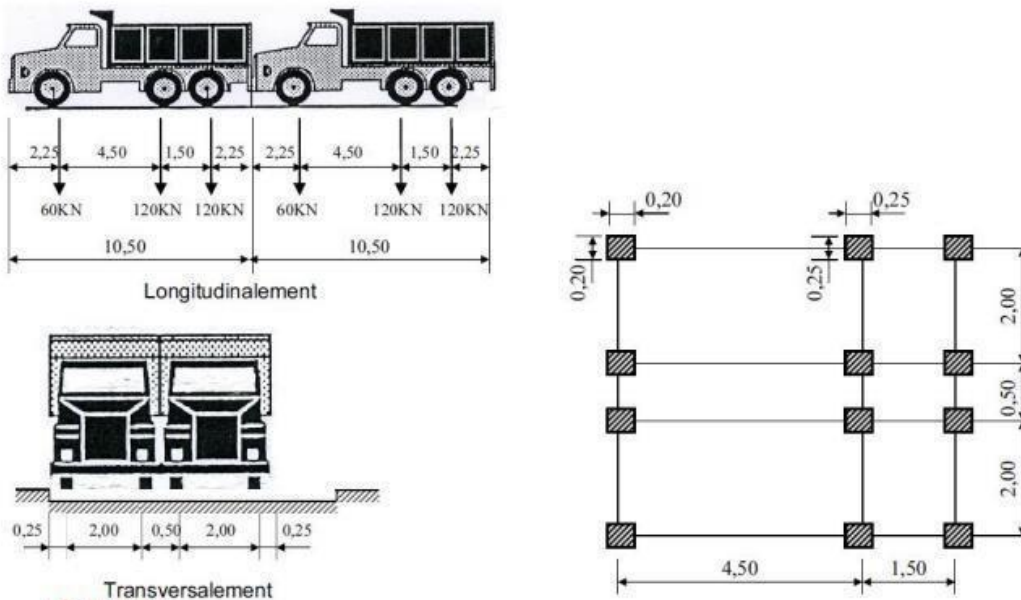


Figure 25: Disposition longitudinale et transversale du convoi Bc sur le tablier

Selon la classe du pont et du nombre de voies ou files considérées, les valeurs des charges du système Bc sont multipliées par des coefficients bc donnés selon le Fascicule N°61 Titre II, Les coefficients bc sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 42:: Valeurs du coefficient Bc

Classe du pont	Première*** . . .	1.20	1.10	0.95	0.8	0.7
	Deuxième	1.00	1.00	–	–	–
	Troisième	1.00	0.8	–	–	–

Nous avons $N_v = 2$ et notre pont est de la première classe, donc on a $bc=1,10$.

La valeur de « S » à introduire dans la formule est celle obtenue après multiplication par le Coefficient bc ainsi :

Avec 2 files sur la longitudinale

$$S_{bc} = (300 \times 4) \times 1,10 = 1320 \text{ kN} \text{ Pour une travée de } 20 \text{ m}$$

On a $G = 3306,0025 \text{ kN}$ et $L = 20 \text{ m}$

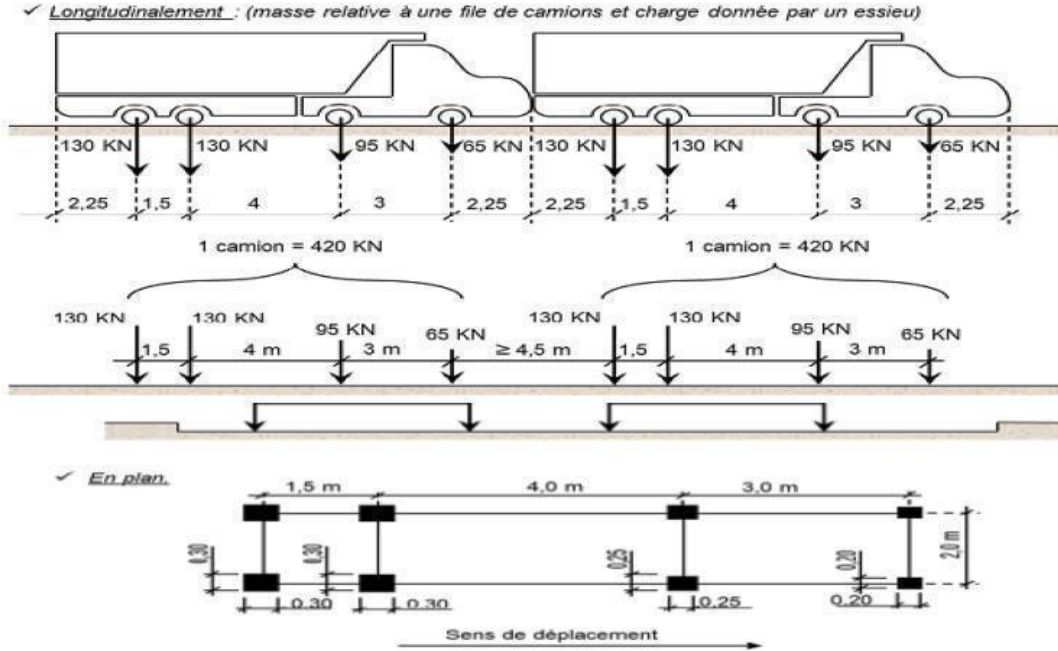


Figure 26: Disposition longitudinale et transversale du convoi BcNiger sur le tablier

$$\text{Ainsi } \delta_{bc} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 20} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{3306,0025}{1320}} = 1,13$$

$$\delta_{bc} = 1,13$$

- Système bc Niger**

Le camion Bc de 30 tonnes du fascicule 61 est remplacé par le camion Bc-Niger de 42 tonnes définis par le schéma représentatif ci-dessous.

La charge maximale du système Bc Niger est :

Le coefficient bc est le même que pour le système Bc classique.

$$S_{bcNiger} = (420 \times 2 + 355 \times 2) \times 1,10 = 1705 \text{ kN} \text{ Pour une travée de } 20 \text{ m}$$

Le coefficient de majoration dynamique du sous-système Bc Niger vaut alors :

$$\text{Ainsi } \delta_{bcNiger} = 1 + \frac{0,4}{1+0,2 \times 20} + \frac{0,6}{1+4 \times \frac{3306,0025}{1705}} = 1,14$$

$$\delta_{bcNiger} = 1,14$$

- **Système Bt**

Il comporte deux essieux de 16 t (160 kN), tous deux à roues simples. La figure ci-après présente le système Bt :

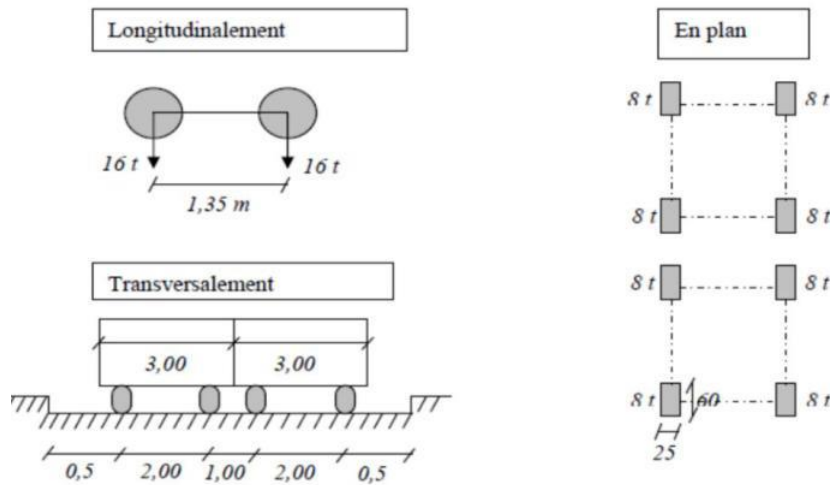


Figure 27!Dispositions du système Bt

Le coefficient multiplicateur $bt = 1$ pour un pont de 1ère classe.

Tableau 43: Valeurs du coefficient Bt

Classe du pont	Première.	Deuxième.
Coefficient	1,0	0,9

Le poids total maximal S des essieux du système Bt est alors égal à :

$$S_{bt} = (160 \times 4) \times 1 = 640 \text{ kN}$$

Le coefficient de majoration dynamique du sous-système Bt vaut alors :

$$\delta_{bt} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 20} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{3306,0025}{640}} = 1,10$$

$$\delta_{bt} = 1,10$$

- **Système Br**

Ce chargement représente une roue unique de 10t (100 kN) qui peut être disposée n'importe où sur la chaussée. La surface d'impact sur la chaussée est un rectangle de 0,6m transversalement et 0,3 m longitudinalement. Ce chargement sera utilisé pour les vérifications locales.

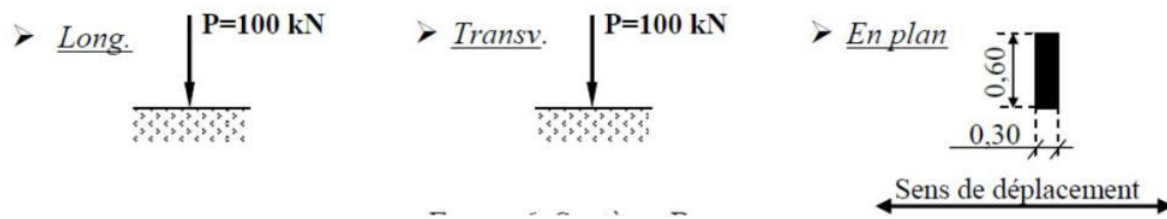


Figure 28!: Dispositions du système Br

Les charges du système Br sont également pondérées par un coefficient de majorations dynamiques. Ce coefficient de majoration dynamique est déterminé par la formule :

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

Avec $G = 3306,0025 \text{ kN}$ et $S = 100 \text{ kN}$

$$\delta_{br} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 20} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{3306,0025}{100}} = 1,08$$

$$\delta_{br} = 1,08$$

b.2.4.1.3 Les charges routières à caractère militaire

Les charges militaires sont de deux classes : M 80 et M 120. Chaque classe se compose de 2 Systèmes distincts :

Mc : véhicule type à chenilles ; Me : groupe de 2 essieux.

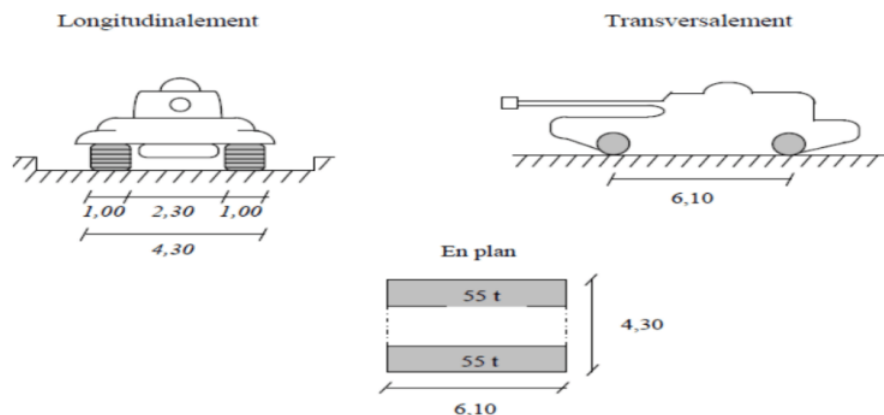


Figure 29:Dimensions chars à chenilles 110 t

Le système Mc à chenille étant le plus utilisé, et compte tenu du fait que la classe M 120 est très souvent plus contraignante que la classe M 80, nous faisons l'hypothèse que le pont ne sera dimensionné que pour les convois du type Mc 120.

Le système Mc120 est constitué d'un char militaire de 110 tonnes réparties sur deux chenilles supportant 55 tonnes chacune et pouvant circuler sur toute la largeur de la chaussée. Dans ce cas de système on ne peut pas place plus d'un char car dans un convoi de surcharges militaires, la distance entre chars est de 36,60 m.

Le coefficient de majoration dynamique du fascicule 61-Titre II pour la charge Mc 120 est alors déterminé par la formule :

$$\delta_{Mc120} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times L} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{G}{S}}$$

Avec $G = 3306,0025$ kN et $S = 1100$ kN

$$\delta_{Mc120} = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2 \times 20} + \frac{0,6}{1 + 4 \times \frac{3306,0025}{1100}} = 1,12$$

$$\delta_{Mc120} = 1,12$$

b.2.4.1.4 Convoi exceptionnel de type D et E

- **Le convoi-type D280**

Le convoi-type D280 comporte deux remorques supportant chacune 140 tonnes, dont le poids est supposé réparti au niveau de la chaussée sur un rectangle uniformément chargé de 3,30 m de large et 11 mètres de long ; la distance entre axes des deux rectangles est de 19 mètres.

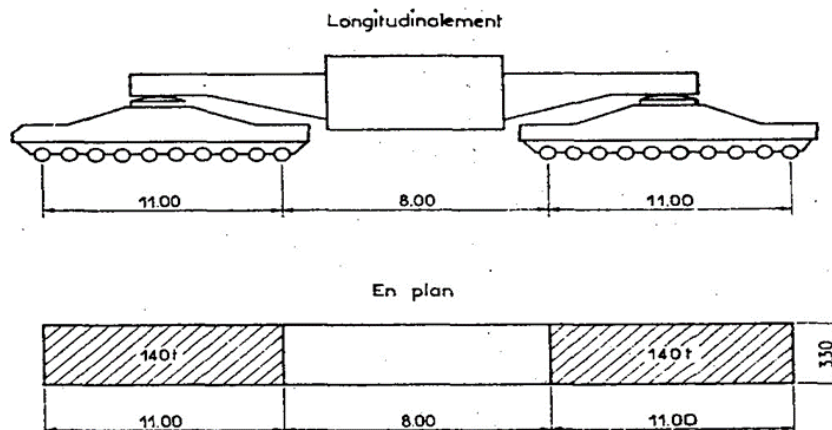


Figure 30: Dimensions du convoi type D280

Dans ce cas de système aussi on ne peut pas place plus d'un char militaire, ainsi l'on a : $S(D)=1400$ kN.

- **Le convoi de type E400**

Le convoi type E400 comporte 2 remorques portant chacune 200 tonnes repartis au niveau de la chaussée sur un rectangle uniformément chargé de 3,3 m de large et 15 m de long. La distance entre axe des 2 rectangles est de 33 m.

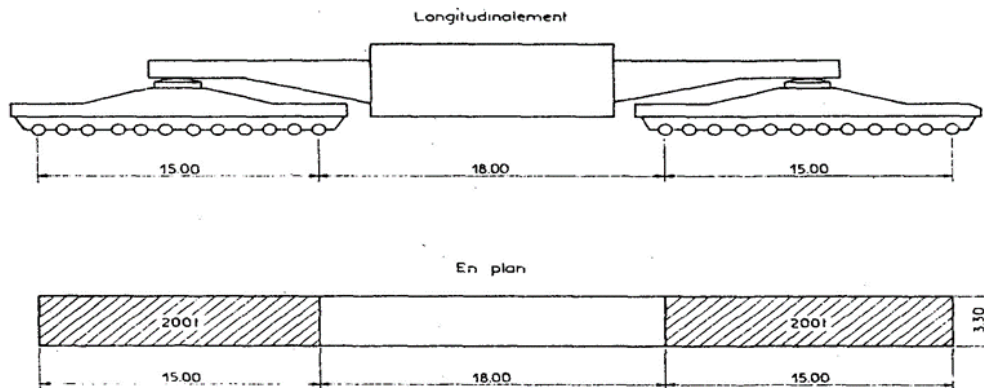


Figure 31: Dimensions du convoi type E400

La charge maximale du système E d'une remorque sur la travée est $S(E)=2000$ kN.

b.2.4.1.5 Autres surcharges

- **Les surcharges du trottoir**

Les charges de trottoirs à prendre en compte dans le dimensionnement des éléments de la structure sont de deux sortes :

-Charge locale

Une surcharge uniforme de $4,5 \text{ kN/m}^2$ de trottoir qui sera à prendre en compte pour le calcul du hourdis et des entretoises.

-Charges générale

Elles sont prises en compte pour la justification des poutres et ont une valeur de $1,5 \text{ kN/m}^2$.

- **Efforts de freinage**

Les systèmes de charges A et B_c sont susceptibles de développer de forces de freinage « F_A » et « F_{B_c} ». Les efforts de freinage n'intéressent pas en général la stabilité des tabliers mais sont considérés pour la stabilité des appuis (piles et culées) et pour la résistance des appareils d'appui.

-Effort de freinage correspondant à la charge A

$$Fr_A = \frac{A(L) \times S}{20 + 0,0035 \times S}$$

Avec $S = \text{Largeur chargeable} \times \text{Longueur de la travée} = 145 \text{ m}^2$.

En considérant le cas de deux voies chargées l'on a :

$$F_{rAL} = \frac{A(L) \times S}{20 + 0,0035 \times S} = \frac{13,008 \times 145}{(20 + 0,0035 \times 145)} = 91,97 \text{ kN}$$
$$Fr_{AL} = 91,97 \text{ kN}$$

- Effort de freinage correspondant à la charge Bc Niger et Bc

Chaque essieu d'un camion du système Bc Niger ou Bc peut développer un effort de freinage égal à son poids, parmi les camions Bc Niger et Bc que l'on peut placer, un seul est supposé freiner. Ainsi l'on a :

$$Fr_{BcNiger} = B_{cNiger} = 420 \text{ kN}$$

Et

$$Fr_{B_c} = B_c = 300 \text{ kN}$$

- **Les actions du vent**

Le vent souffle horizontalement dans une direction normale à l'axe longitudinal de la chaussée sur toute la surface de la structure, et il développe une pression de :

2 kN/m^2 lorsque l'ouvrage est en service et $1,25 \text{ kN/m}^2$ lorsque l'ouvrage est en exécution dont la durée excède un mois.

- **La force du courant**

Les actions hydrodynamiques du courant sont évaluées à partir des niveaux de l'eau relative à la situation considérée.

Pour former les combinaisons, cette action est assimilée à une action permanente. Sa valeur Caractéristique est notée F_W .

$$F_{Wa} = k \times \rho_w \times h \times b \times v^2 [\text{Fascicule 62 CCTG}]$$

Avec : $k = 0,35$ un coefficient de forme pour une pile de section transversale horizontale circulaire et $k = 0,72$ pour une section transversale horizontale rectangulaire

ρ_w : 10 kN/m^3 Masse volumique de l'eau ;

h : Profondeur de l'eau n'incluant pas le cas échéant, la sur profondeur due à l'affouillement en mètres ;

b : Largeur de l'élément ;

$v: 2,60 \text{ m/s}$ Vitesse du courant

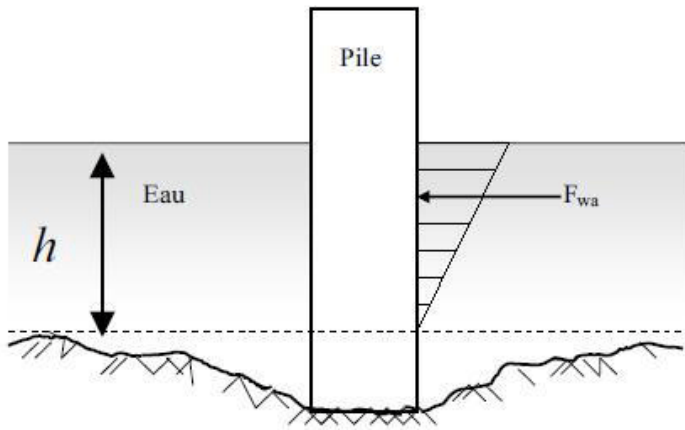


Figure 32: Les différentes charges appliquées à la pile

- **Surcharge sur remblai**

Sur les remblais d'accès aux ouvrages, on dispose une charge uniforme répartie sur toute la largeur de la plateforme et d'intensité égale à 10 kN/m^2 . Elle intervient dans la justification de la stabilité des culées. En outre, pour la justification des éléments de faible dimension (tel que mur garde grève), il est recommandé de disposer sur le remblai les systèmes Bt ou Br (sans majoration dynamique), qui peuvent donner des effets plus défavorables que celui de 10 kN/m^2 et la poussée de la surcharge concentrée dont la valeur est de 20 kN horizontalement et 40 kN verticalement.

- **Action thermique**

Le gradient thermique, dans le cas d'un pont est la variation de température entre la surface supérieure et la surface inférieure du tablier, provoquant des déformations différentielles susceptibles d'engendrer des contraintes internes et des flèches dans la structure. Le gradient thermique peut être de signe quelconque. Le signe conventionnel admis par le programme est positif si la face supérieure du tablier est plus chaude que sa face inférieure, négatif dans le cas contraire.

En général, les valeurs numériques à prendre en compte pour le gradient thermique sont données dans le tableau suivant [20] :

Tableau 44: Gradient thermique en fonction du type de structure

Type de structure	$\Delta\theta$ Gradient en phase de construction (C°)	$\Delta\theta$ Gradient en phase de service (C°)
Tablier métallique	± 18	± 10
Tablier mixte	± 15	± 8
Tablier en béton	± 12	± 7

B. Combinaison des charges

Un coefficient de pondération est affecté à chaque action en fonction de sa nature prépondérante ou concomitante

Tableau 45: Coefficient de pondération à l'ELU et l'ELS

Type de Charge	ELU	ELS
Charge Permanente	1,35	1
Convoi Normal (A, B)	1,6	1,2
Convoi Militaire (M)	1,35	1
Convoi Exceptionnel	1,35	1
Surcharge sur trottoir	1,6	1,2
Surcharge sur remblai	1,6	1,2
Charge hydrodynamique	1,35	1

Ces coefficients seront multipliés par le coefficient de majoration dynamique des chargements du système Bc, BcNiger, Bt, Br, Mc120.

Tableau 46: Combinaisons de charges à l'ELU

ELU	Combinaison de charges
ELU A(L)	$1,35G + 1,6 (A(L) + S_{trottoir}) + \Delta\theta$
ELU Bc	$1,35G + 1,6S_{trottoir} + 1,81Bc + \Delta\theta$
ELU BcNiger	$1,35G + 1,6S_{trottoir} + 1,82Bc + \Delta\theta$
ELU Bt	$1,35G + 1,6 S_{trottoir} + 1,76Bt + \Delta\theta$
ELU Br	$1,35G + 1,6 S_{trottoir} + 1,73Br + \Delta\theta$
ELU Mc120	$1,35G + 1,6 S_{trottoir} + 1,51Mc120 + \Delta\theta$

ELU Convoi Type D	$1,35(G + \text{Convoi Type D}) + 1,6 S_{\text{trottoir}} + \Delta\theta$
ELU Convoi Type E	$1,35(G + \text{Convoi Type E}) + 1,6 S_{\text{trottoir}} + \Delta\theta$

Tableau 47: combinaisons de charge à l'ELS

ELS	Combinaison de charges
ELS A(L)	$G + 1,2(A(L) + S_{\text{trottoir}}) + \Delta\theta$
ELS Bc	$G + 1,2(S_{\text{trottoir}} + Bc) + \Delta\theta$
ELS BcNiger	$G + 1,2(S_{\text{trottoir}} + BcNiger) + \Delta\theta$
ELS Bt	$G + 1,2(S_{\text{trottoir}} + Bt) + \Delta\theta$
ELS Br	$G + 1,2(S_{\text{trottoir}} + Br) + \Delta\theta$
ELS Mc120	$G + 1,2 S_{\text{trottoir}} + Mc120 + \Delta\theta$
ELS Convoi Type D	$G + \text{Convoi Type D} + 1,2 S_{\text{trottoir}} + \Delta\theta$
ELS Convoi Type E	$G + \text{Convoi Type E} + 1,2 S_{\text{trottoir}} + \Delta\theta$

Annexe 6 : Signalisation, sécurité routière et notice d'impact environnemental et social

Ci-dessous, nous avons les différentes signalisations prévues pour notre projet :

QUANTITATIF (08/01/2025)		
APERCU	NOM	QUANTITE
	A13b	2
	A1a	2
	A1b	1
	A2b	14
	A3	2
	C20a	16
	Total	37

1. Les travaux du projet

Le tableau 29 nous donne les différentes activités qui seront sur notre projet.

Tableau 48 : Activité du projet

2. Les activités source d'impact

PHASE DU PROJET	LES ACTIVITES DU PROJET
Pré-construction	Apport des matériels et mobilisation du personnel
	Installations du chantier et de la base vie
Construction	Dégagement des emprise
	Nettoyage du terrain et débroussaillage
	Décapage de la terre végétale
	Réalisation des déviations
	Curage ou démolition des ouvrages existants
	Scarification de la chaussée existante
	Déblais
	Remblais
	Recyclage de la chaussée
	Caniveaux et Fossés
	Ralentisseurs et Glissière de sécurité
	Panneaux de signalisations
	Ligne de rive
Repli	Démentiellement de la base et le repli du matériels
Exploitation	Mise en service de la route et l'entretien courant

Le tableau 38 nous donne les activités qui pourrait engendrer des impacts sur notre projet.

Tableau 49: Activités sources d'impacts

PHASE DU PROJET	LES ACTIVITES SOURCE D'IMPACTE DU PROJET
Pré-construction	Installation du chantier (préparation du site et mise en place des ateliers, le garage) et de la Base vie (bureau mission de contrôle, laboratoire, ...)
	Réalisation de forage pour approvisionnement en eau du chantier
	Installation des centrales de concassage de granulat, centrale à béton et béton bitumineux
Contruction	Dégagement des emprises (débroussaillage, abattage des arbres, démolition des ouvrages existants)
	Les travaux de terrassement
	Les travaux de chaussées
	Ouverture et exploitation des carrières en roches massifs et emprunts latéritique
	Les travaux d'ouvrages hydrauliques
	Réalisation de déviations
	Circulation des engins
Repli	Démentiellement de la base vie
	Remise en état des sites exploités
	Repli du matériels
Exploitation et entretien	Mise en service de la route
	Travaux d'entretien

3. Identification et évaluation des impacts

**ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25, TRONÇON
DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU NIGER**

Le tableau 51 résume et donne une évaluation des différents impacts du projet.

Tableau 50: Identification et évaluation des impacts

Activités sources d'impacts			Milieu Biophysique						Milieu humain		
			Sols	Eaux	Air	Paysage	Faune	Flore	Infrastruct ure	Emploi et revenue	Sécurité et Santé
Activités	Pré- construc tion	Installation du chantier et de la Base vie	-	-	-	-	-	-	-	+/-	-
		Réalisation de forage	-	-	-	-	-	-	-	+/-	-
		Installation des centrales	-	-	-	-	-	-	-	+/-	-
	Construc tion	Dégagement des emprises	-	-	-	-	-	-	+	+/-	+/-
		Les travaux de terrassement	-	-	-	-	-	-	+	+/-	+/-
		Les travaux de chaussées	-	-	-	-	-	-	+	+/-	+/-
		Ouverture et exploitation des carrières en roche massifs et emorunts latéritique	-	-	-	-	-	-	+	+/-	+/-
		Les travaux d'ouvrages hydrauliques	-	-	-	-	-	-	+	+/-	+/-
		Réalisation de déviation	-	-	-	-	-	-	+	+/-	+/-
		Circulation des engins	-	-	-	-	-	-	+	+/-	+/-

**ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25, TRONÇON
DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU NIGER**

	Repli	Démentiellem ent de la base vie	+	+	+/-	n	n	n	n	+	+/-
		Remise en état des sites exploités	+	+	+/-	n	n	n	n	+	+/-
		Repli du matériel	+	+	+/-	n	n	n	n	+	+/-
	Exploita tion et entretien	Mise en service de la route	n	n	-	+	n	n	+	+	+/-
		Travaux d'entretien	n	n	-	+	n	n	+	+	+/-

4. Proposition de mesure

Le tableau 32 nous donne des différentes mesures d'atténuation des différents impacts du projet.

**ÉTUDE TECHNIQUE DETAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25, TRONÇON
DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU NIGER**

Phase	Composante	Mesure
Pré construction et construction	Sols	• Restaurer les sols perturbés pendant les travaux, y compris dans les zones où les matériaux sont extraits et les carrières ; • Assurer collecter et à gérer de manière écologique tous les déchets générés sur le chantier et dans la base de vie ; • Éviter l'ouverture de carrières et de zones d'extraction dans des espaces sensibles sur le plan écologique ; • Gérer les déchets du chantier de façon respectueuse de l'environnement pour éviter qu'ils ne soient déversés dans les eaux et ne les polluent.
	Air	• Recouvrir les bennes des camions de transport de matériaux avec des bâches pour éviter les dispersions ; • Arroser le chantier chaque jour de manière suffisante pour limiter la poussière ; • Veiller à ce que les moteurs soient bien entretenus et en bon état de fonctionnement.
	Eaux	• Installer une barrière pour retenir les gravats et les sédiments ; • Collecter les déchets du chantier et les gérer de façon écologique et responsable ; • Construire un forage pour répondre aux besoins en eau du projet.
	Faune	• Veiller à ce que les véhicules et engins de chantier soient toujours en bon état de fonctionnement ; • Mettre en place une signalisation adaptée pour limiter les travaux bruyants à la tombée de la nuit ; • Sensibiliser les équipes à l'importance de protéger la faune ; • Collecter et traiter les déchets des chantiers de manière responsable afin d'éviter qu'ils ne se retrouvent dans les cours d'eau et ne causent de pollution.
	Flore	• Impliquer les services environnementaux compétents avant tout abattage d'arbres se trouvant dans la zone du projet ;

**ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25, TRONÇON
DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU NIGER**

		• Planter des arbres le long de la route pour compenser les pertes et embellir l'environnement ; • Réaliser des actions de conservation et de restauration des sols sur les sites des carrières pour limiter les impacts environnementaux.
	Infrastructures	• Informer les populations riveraines et les propriétaires des biens concernés avant le lancement des travaux ; • Identifier et recenser les biens, infrastructures et personnes qui seront touchés par le projet ; • Évaluer les impacts sur les personnes affectées et leur fournir un dédommagement approprié.
	Emploi et revenue	• Collaborer avec l'inspection du travail et les communes pour recruter les travailleurs ; • Donner la priorité à l'embauche de main-d'œuvre locale.
	Sécurité et Santé	• Installer des panneaux de signalisation sur le chantier, notamment dans les zones sensibles comme les écoles, les marchés, les centres de santé, et aux niveaux des déviations ; • Mettre en place des porteurs de drapeau pour réguler la circulation dans ces zones ; • Sensibiliser les travailleurs et les riverains à l'importance de la santé et de la sécurité sur le chantier ; • Créer une infirmerie sur le chantier pour les premiers secours ; • Placer des boîtes à pharmacie dans les ateliers pour faciliter l'accès aux soins ; • Limiter les travaux pendant les heures de repos pour réduire les nuisances sonores et autres dérangements.
Repli	Sols	• Réduire la circulation des engins sur le chantier pour minimiser les perturbations ; • Restaurer les sites après les travaux pour les rendre à leur état initial.
	Emploi et revenue	Favoriser le recrutement de la main d'œuvre local.
	Santé et sécurité	Installer une signalisation claire et adaptée pour assurer la sécurité
Exploitation et entretien	Air	Sensibiliser les conducteurs aux bonnes pratiques de conduite écologique.

**ÉTUDE TECHNIQUE DÉTAILLÉE D'AMÉNAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA RN25, TRONÇON
DU PK 6+500 AU PK 9+600, Y COMPRIS LE TABLIER DU PONT SAGA GOROU AU NIGER**

	Paysage	Mettre en place un comité de vigilance pour garantir la pérennité des aménagements.
	Sécurité et santé	• Organiser des campagnes de sensibilisation à la solidarité sur les routes ; • Informer et sensibiliser les usagers de la route sur l'importance de respecter le code de la route.

Tableau 51: Proposition de mesure

Annexe 7 : Devis estimative et quantitatifs du projet