





MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER EN GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE

SPECIALITE: ROUTES ET OUVRAGE D'ART

Présenté et soutenu publiquement le 11/01/2019 par

Chaïbou LAMINOU AMADOU (n° d'inscription : 2013 1457)

Encadrant 2iE: Dr. David Latifou BELLO,

(Enseignant-Chercheur en Génie Civil à 2iE)

Maître de stage : M. Mahamane Nouri ABDOULAYE DAOUDA

(Ingénieur Génie Civil/ROA à Germs consulting)

Jury d'évaluation du stage :

Président: Prof. Adamah MESSAN

Membres et correcteurs : M. Issa Madougou

M. Moussa Lo

M. Ousmane Zoungrana

Promotion: [2018/2019]

DEDECACES

Je dédie ce modeste travail à toute la famille « LAMINOU MAI GOUJIYA » et particulièrement à ma mère Hadjia GADATOU HAMZA, à mon père Elhaj LAMINOU AMADOU, à mes frères et sœurs pour toute la confiance et le soutien qu'ils ont montrés envers moi.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord je remercie ALLAH (S.W.A), le Tout Miséricordieux et le Très Miséricordieux, pour Sa bénédiction, Ses innombrables et immenses bienfaits qu'Il m'accorde et par la grâce de qui ce travail a pu être accompli.

Mes sincères remerciements vont également à l'encontre de ces nombreuses volontés, qui sans leurs concours ce travail aurait été impossible. Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui m'ont assisté, d'une manière ou d'une autre, tant par leurs conseils, leurs soutiens, que leurs savoir-faire au bon déroulement de mon stage et à la rédaction de ce présent mémoire.

Je saisis cette occasion pour remercier particulièrement :

- > Dr. David Latifou BELLO encadrant interne de ce mémoire.
- M.ABDOULAYE DAOUDA Mahamane Nouri encadrant externe de ce mémoire.
- ➤ Monsieur IBRAHIM TAMOU, Coordonnateur National du Projet Multinational de la Route Transsaharienne Algérie- Niger Tchad, pour nous avoir orienté au plus grand bureau d'étude Germs pour notre stage.
- ➤ M. le Directeur Général du Bureau d'Etude G.E.R.M.S Consulting, ELH Hadj Mahamane Ousmane Doutchi et son Directeur Technique M. Kassoum MAMAN BAOUA dit RAOUL, pour m'avoir accepté comme stagiaire et donner l'opportunité de travailler dans leur équipe.

RESUME

Le présent mémoire intitulé : « Etudes techniques détaillées des travaux d'aménagement, de bitumage et de réhabilitation des voies d'accès à l'ouvrage de Farié sur le fleuve Niger » s'inscrit dans le cadre du projet des travaux de construction du pont sur le fleuve Niger à Farié financé par la Banque Africaine de Développement (BAD). Le travail effectué dans ce mémoire présente d'une part les travaux de réhabilitation d'une voie d'accès (existante) sur la rive gauche du fleuve Niger à Farié et d'autre part à l'aménagement et le bitumage d'une nouvelle voie d'accès au pont Farié sur la rive droite.

La méthode VIZIR appliquée à l'étude de déflexion, l'évaluation de la dégradation de la chaussée et l'étude de trafic, a permis de proposer une solution de préconisation de réhabilitation de la chaussée existante. Cette solution comprend le renforcement de 25 cm en graveleux latéritique naturel, avec un revêtement en béton bitumineux de 5 cm après recyclage des couches existantes + un apport de 5 à 10 cm des matériaux pour l'élargissement et le réglage.

L'analyse de l'étude géotechnique et l'étude du trafic ont permis de faire le dimensionnent structural des chaussées qui a été vérifié par la suite à l'aide du logiciel Alizé. En outre, l'étude d'assainissement a permis de dimensionner les ouvrages hydrauliques sur le tronçon de notre étude. Par ailleurs, les questions de signalisation, de sécurité routière et d'étude environnementale ont été abordées. Enfin l'étude d'avant métré et devis estimatif a permis d'estimer le coût prévisionnel du projet à deux milliards neuf cents soixante-dix-huit millions deux cents cinquante-huit mille trois cents neuf (2 978 258 309 F CFA) hors taxes.

Mots Clés :

1 – Aménagement, 2 – Bitumage, 3 – Chaussée, 4 – Déflexion, 5 – Réhabilitation

ABSTRACT

The present paper entitled "Detailed technical studies of the development, tarring and rehabilitation of access roads to Farié's work on the Niger River " is part of the project for the construction of the bridge over the river. Niger to Farié funded by the African Development Bank (ADB). The work carried out in this brief presents on the one hand the rehabilitation work of an (existing) access road on the left bank of the Niger River in Farié and on the other hand the development and tarring of a new access road to the Farié Bridge on the right bank.

The Vizier method applied to the study of deflection, the assessment of pavement degradation and the study of traffic, allowed to propose a solution of recommendation of rehabilitation of the existing roadway. This solution includes the strengthening of 25 cm in gravelly natural lateritic, with a 5 cm bituminous concrete coating after recycling of existing layers + a 5 to 10 cm supply of materials for enlargement and adjustment.

The analysis of the geotechnical study and the study of traffic allowed to do the structural sizing of the roadways which was subsequently verified using the Alizé software. In addition, the sanitation study allowed for the sizing of the hydraulic works on the section of our study. In addition, the issues of signalling, road safety and environmental studies have been addressed. Finally, the pre-quantities study and estimate estimated the projected cost of the project to **two billion nine hundred seventy-eight million two hundred fifty-eight thousand three hundred nine (2 978 258 309 F CFA) excluding taxes.**

Key Words:

1 – Landscaping, 2 – tarring, 3 – Pavement, 4 – deflection, 5 – rehabilitation

LISTES DES SIGLES ET ABREVIATIONS

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

GERMS : Groupe d'Etude et de Réalisation Multiservice

CEBTP : Centre Expérimental de Recherche et de l'Etude du Bâtiment et des Travaux

Publics

LCPC: Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

SETRA: Services des Transports et Autoroutes

BA: Béton Armé

BAEL: Béton Armé aux Etats Limites

ELS: Etat Limite de Service

ELU: Etat Limite Ultime

RN: Route National

OPM: Optimum Proctor Modifié

CBR: Californian Bearing Ratio

TMJ: Trafic Journalier Moyen

ARP: Aménagement des Routes Principal

CAM : Coefficient d'Agressivité Moyen

NE: Trafic Equivalent

PL: véhicule Poids Lourds

PK: Point Kilométrique

TABLES DES MATIERES

		natières ES	·
		EMENTS.	
		S SIGLES ET ABREVIATIONS	
		ES MATIERES	
		TABLEAUX	
		FIGURES	
		CTION GENERALE	
I.	PR	OBLEMATIQUE	1
II.	CC	ONTEXTE GENERAL ET JUSTIFICATION DU PROJET	2
III.	OE	BJECTIFS DE L'ETUDE	3
IV.	MI	ETHODOLOGIE ET CADRE LOGIQUE	3
СНАР	ITRE	I : GENERALITES	4
1.1	PR	ESENTATION GENERALE DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL	4
1.	1.1	Situation géographique	4
1.	1.2	Domaines d'intervention	4
1.	1.3	Organigramme de GERMS consulting	4
1.2	PR	ESENTATION DU PROJET	5
1.3	2.1	Situation géographique de la zone du projet	5
1.	2.2	Description du projet	5
1.3	2.3	Milieu physique de la zone du projet	6
1.3	2.4	Activités socio-économiques de la zone du projet	8
		ZII : DIAGNOSTIC DE L'INFRASTRUCTURE DE LA VOIE EX	
		VE GAUCHE	
2.1		STORIQUE ET CARACTERISTIQUES	
2.2		VESTIGATION SUR SITE	
	2.1	Analyse visuelle	
	2.2	Mesure et analyse des résultats de la déflexion :	
	2.3	Essais géotechniques	
2.3	IIN	VESTIGATION AU LABORATOIRE	13

2.4	EVALUATION DU NIVEAU DE DEGRADATION	13
2.4	.1 Détermination de l'indice de fissuration	13
2.4	.2 Détermination de l'indice de déformation	14
2.4	.3 Détermination de l'indice de dégradation	14
2.4	.4 Détermination de la note de qualité	15
2.5	ETUDE DE TRAFIC	16
2.5	.1 DONNEES SUR LE TRAFIC ET HYPOTHESE DE CALCUL	16
2.3	.1 Trafic à l'année de mise en service	18
2.5	.3 Trafic cumulé	18
2.5	.4 Classe de trafic	19
2.6	PRECONISATION DE SOLUTION DE L'ENTRETIEN OU DE RENFORC	EMENT
	19	
CHAPI	TRE III : CONCEPTION GEOMETRIQUE DES AMENAGEMENTS	
3.1	NORME GEOMRTRIQUE :	
3.2	CATEGORIE ET TYPE DE LA ROUTE	21
3.3	PARAMETRES ET CARACTERISTIQUES DE LA CONCEPTION	21
3.3.1	PARAMETRE	22
3.3.2	CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES	22
a)	TRACE EN PLAN	22
b)	PROFIL EN LONG	23
c)	PROFIL EN TRAVERS	24
3.4	AMENAGEMENTS DES ZONES PARTICULIERES DU TRONCON	26
3.4	.1 Aires de stationnement	26
3.4	.2 AMORCE	27
3.4	.3 CARREFOURS	27
	TRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT DE LA	
CHAUS	SSEE	
4.1	ETUDE GEOTECHNIQUE	
4.1	1	
4.1		
4.1	•	
4.1		
4.2		
4.3	. Vérification avec le logiciel Alizé LCPC	36

	TRE V : ETUDE D'ASSAINISSEMENT ET DIMENSIONNEMENT D' AGES EN BETON ARME	
5.1	ETUDE HYDROLOGIQUE	
5.1	.1 Détermination de débit pour les caniveaux	
5.2	ETUDE HYDRAULIQUE	
5.3	DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES OUVRAGES	
5.3	.1 Pré - dimensionnement du caniveau	43
5.3	.2 Pré - dimensionnement de dalot (1x 4 x 4)	43
5.3	.3 Calcul des armatures	44
СНАРІ	TREVI : ETUDES COMPLEMENTAIRES	47
I.	SIGNALISATION ET SECURITE ROUTIRE	47
1.1	SIGNALISATION TEMPORAIRE	47
1.2	SIGNALISATION PERMANENTE	47
1.2	.1 Signalisation horizontale	48
1.2	.2 Signalisation verticale	49
1.3	EQUIPEMENTS ET DISPOSITIFS DE SECURITE	49
1.3	.1 Glissière de sécurité	49
1.3	.2 Ralentisseurs	50
1.3	.3 Eclairage public	50
II.	ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMEMAL ET SOCIALE	50
2.1	ETUDES DES MODIFICATIONS ENGENDRER PAR LE PROJET	51
2.1.1	Identification et évaluation des impacts du projet	51
b)	Evaluation des impacts du projet	52
2.2	MESURES D'ATTENUATION ET OU DE BONIFICATION DES IMPAGET	
III.	AVANT METRE ET ESTIMATION DU COUT DU PROJET	
3.1	AVANT METRE ET ESTIMATION DU COUT DU PROJET	
3.1	ESTIMATION DES COÛTS	
	LUSION	
	OGRAPHIE	
ANNEX		XII

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Interprétation de qualité de la structure	12
Tableau 2: Indice de fissuration (If)	 14
Tableau 3: Indice de déformation (Id)	 14
Tableau 4: Indice de dégradation	 15
Tableau 5: Note de qualité et solution de réhabilitation appropriée	 16
Tableau 6: résultats de comptage	 17
Tableau 7: trafic journalier moyen annuel de base	 17
Tableau 8: classe de trafic	 19
Tableau 9: valeurs limites des rayons en tracé en plan (SETRA, ARP, Août 1994)	22
Tableau 10 : caractéristiques géométriques limites du profil en long (SETRA, ARP,	
Août 1994)	24
Tableau 11: dimension des aires de stationnement	26
Tableau 12: récapitulatifs des aménagements possibles sur les routes de type R et l	eurs
conditions d'emplois	28
Tableau 13: spécification pour l'utilisation de GLN	31
Tableau 14: résultats des essais géotechniques	32
Tableau 15: détermination de nouvelle classe de portance	33
Tableau 16: Identification des carrières	34
Tableau 17: résultats des essais géotechniques des carrières	34
Tableau 18: variantes des structures de chaussée	35
Tableau 19: analyse multicritère	36
Tableau 20: module de Young	37
Tableau 21: sollicitations admissibles	38
Tableau 22: vérifications des sollicitions calculées	39
Tableau 23: structures de chaussées retenues	39
Tableau 24: Paramètres d'entrées pour la débitance	42
Tableau 25: profondeur normale Yn	42
Tableau 27:Ferraillage dalot (4 x 4)	46
Tableau 28: matrice de bilan des impacts	53
Tableau 29:séries de prix	55
Tableau 30: quantitatif de terrassement	55
Tableau 31: quantitatif chaussée	
Tableau 32: quantitatif revêtement	56
Tableau 33: quantitatif signalisation	56
Tableau 34: caractéristiques des routes (SETRA, ARP, 1994)	
Tableau 35: listing d'élément d'axe en plan (rive gauche)	_ xvi
Tableau 36:listing d'éléments d'axe en plan (rive droite)	_ xvii
Tableau 37: LISTING D'ELEMENT DU PROFIL EN LONG (RIVE GAUCHE)	xix

Tableau 38: LISTING D'ELEMENT DU PROFIL EN LONG (RIVE DROITE)	XX
Tableau 39: Paramètres de conception des giratoires	xxxiv
Tableau 40: Mesures de déflexion à droite	xxxvii
Tableau 41: Mesures de déflexion à l'axe	_ xxxviii
Tableau 42: Mesures de déflexion à gauche	xxxix
Tableau 43: Cadre logique	<i>lxxvii</i>
Tableau 44 : Panneaux des signalisations verticales	lxxxi

LISTE DES FIGURES

Figure 1: situation géographique de la zone du projet	5
Figure 2: localisation du projet	<i>6</i>
Figure 3 Dégradation de la chaussée existante	11
Figure 4: solutions de réhabilitation applicables	20
Figure 5: Profil type 1	25
Figure 6: profil type 2	26
Figure 7: Aires de stationnement	27
Figure 8: Amorce type 1	27
Figure 9: Eléments et paramètres d'un giratoire	29
Figure 10: graphe de répartition des coûts par poste	57
Figure 11: organigramme de GERMS consulting	lxxix

INTRODUCTION GENERALE

I. PROBLEMATIQUE

Les activités humaines (économiques, sociales, culturelles etc.) nécessitent des déplacements de biens et de personnes. A ce titre, le transport accompagne l'économie : il est le reflet de sa vigueur, mais également celui de ses faiblesses en période de crise. L'accroissement sans cesse des activités humaines avec la libération croissante des échanges a généré une utilisation importante de plusieurs modes de transport (aérien, fluviaux, terrestres, maritimes, etc..). A l'heure actuelle, dans le monde, le transport routier occupe une place prépondérante au sein des différents modes de transport. Au Niger, pays enclavé du fait de sa situation géographique au cœur du Sahel et de l'immense superficie désertique, 95% de fret global est assuré par la route. De ce fait, un réseau routier fonctionnel est nécessaire afin d'assurer le désenclavement (intérieur et extérieur), accroître la production et rendre plus compétitive les exportations pour le développement socio-économique du pays. Une route est un ouvrage vital, dimensionnée pour une durée de vie bien déterminée, cependant elle peut céder avant ou après cette durée de vie préalablement définie puisqu'il est difficile de maitriser parfaitement tous les paramètres liés à sa conception et son dimensionnement.

Alors, il semble impératif de se poser les questions suivantes : quelles sont les causes de dégradations sur les voies existantes et quelles solutions adéquates proposées ? Quelles solutions techniquement et économiquement viables proposons-nous pour nos structures des chaussées neuves ? Tels sont les questionnements structurant cette étude.

II. CONTEXTE GENERAL ET JUSTIFICATION DU PROJET

L'enclavement intérieur et extérieur, la dégradation du réseau routier et l'insuffisance des infrastructures de transport sont des facteurs qui freinent les performances de l'économie nigérienne.

Conscient de ce problème, les autorités de la 7ème République accordent une importance particulière aux infrastructures routières. Ainsi en s'inscrivant toujours dans la dynamique de l'intégration régionale, le Niger, à travers son référentiel du développement (Renaissance acte II) volet infrastructure, a élaboré un vaste programme de renforcement, de diversification et de modernisation des infrastructures en vue de satisfaire ses ambitions en matière de développement économique.

C'est dans le cadre de la mise en œuvre de sa politique sectorielle en matière de transport, que le Gouvernement de la République du Niger a sollicité et a obtenu de la Banque Africaine de Développement (BAD) le financement du projet des travaux de construction d'un pont sur le fleuve Niger au niveau de Farié (région de Tillabéry), et de ses voies d'accès.

En effet, en l'absence de cet ouvrage, les deux rives du fleuve Niger au niveau de Farié sont connectées par un bac de capacité ne dépassant pas 12 UVP (Unités de Véhicules Particuliers) et opérant seulement sur 12 heures de la journée. Il en résulte par conséquent, des pertes de temps et une élévation des coûts généralisés de transport. Les contraintes qu'impose le transport par bac, induisent sûrement une déviation d'une partie des usagers vers un itinéraire plus long, évoluant le long du prolongement de la RN4 sur un tronçon non revêtu vers le Sud, en passant par Namaro, Dyonkoto, jusqu'à la jonction avec la RN6 (qui permet aussi une connexion avec le Burkina Faso via la route communautaire CU2 : Niamey – Fada Ngourma – Ouagadougou). Cet itinéraire se prolonge au sein de l'agglomération de Niamey le long du Boulevard du Gourma, puis du pont sur le fleuve Niger à Niamey.

Ce projet est une partie intégrante de la route Transsaharienne (Algérie – Niger – Tchad), il permettra la jonction entre les deux routes nationales RN4 et RN1 qui

évoluent respectivement le long de deux axes communautaires desservant la zone de l'UEMOA et reliant respectivement le Niger au Burkina Faso d'une part et à l'Est du Mali d'autre part.

III. OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'objectif général est la réalisation des études techniques détaillées des travaux d'aménagement, de bitumage et de réhabilitation des voies d'accès à l'ouvrage de Farié dans le but de construire des voies capables de supporter l'ensemble du trafic pendant sa durée de vie projetée.

Pour atteindre l'objectif global, plusieurs objectifs spécifiques ont été fixés. Il s'agit de :

- Décrire la zone du projet ;
- ♣ Diagnostiquer et évaluer le niveau de dégradation de la chaussée sur la voie existante de la rive gauche;
- ♣ Étudier les caractéristiques géotechniques des matériaux et faire le dimensionnement structural de la chaussée sur les voies;
- ≠ Étudier l'assainissement et dimensionner éventuellement les ouvrages préconisés ;
- Étudier la signalisation et sécurité routière ;
- ♣ Évaluer les mesures d'impact sur l'environnement ;
- Etablir un avant métré détaillé et un devis quantitatif estimatif.

IV. METHODOLOGIE ET CADRE LOGIQUE

Pour atteindre l'objectif global de cette étude, une méthodologie a été définie selon une logique explicite et évidente représentée dans le tableau 43 intitulé « cadre logique » consigné en annexe 4 A, ce tableau définit la chronologie des différentes activités à mener et les résultats attendus à chaque objectif spécifique préalablement fixé.

CHAPITRE I : GENERALITES

1.1 PRESENTATION GENERALE DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL

Le groupe d'Etudes et de Réalisation Multi-Services **GERMS** *consulting* est un Bureau d'Ingénieurs Conseils créé en mai 2001 par des cadres Nigériens dans le domaine des études techniques d'exécution, du suivi et contrôle des travaux d'hydraulique et de génie civil.

1.1.1 Situation géographique

Le bureau d'Etudes **GERMS** *consulting* fut logé au quartier Koara Kano jusqu'en 2009 avant d'occuper son propre local au quartier KOUBIA sur la route de Tillabéry à Niamey.

1.1.2 Domaines d'intervention

GERMS *consulting* assure la prestation de services multiples dans plusieurs domaines d'intervention. Il dispose d'un réseau d'experts qualifiés, disponibles et sûrs. Il jouit de solides relations de partenariat avec plusieurs institutions de recherches et cabinets d'études de haut niveau au Niger et à l'extérieur.

Les principaux domaines d'intervention de **GERMS** consulting sont :

- ♣ Infrastructures des transports ;
- ♣ Architectures, Bâtiments et Ouvrages d'arts ;
- Hydrauliques et Aménagements ;
- Urbanisme;
- ♣ Topographie générale ;
- **Livironnement, Sociologie et Economie.**

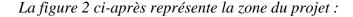
1.1.3 Organigramme de GERMS consulting

Le bureau d'Etude **GERMS consulting** est organisé suivant l'organigramme représenté dans *en annexe 4 B du présent document.*

1.2 PRESENTATION DU PROJET

1.2.1 Situation géographique de la zone du projet

La zone du projet est située dans la région de Tillabéri. Cette région se localise au sudouest de la République du Niger où Niamey la capitale se trouve enclavée par la région. Elle est située entre 14°12'25'' de latitude Nord et 1°27'15'' de longitude Est. La région de Tillabéri est limitée au sud par la région de Dosso, au nord-est par la région de Tahoua et la République du Mali, enfin à l'ouest par le Burkina Faso.



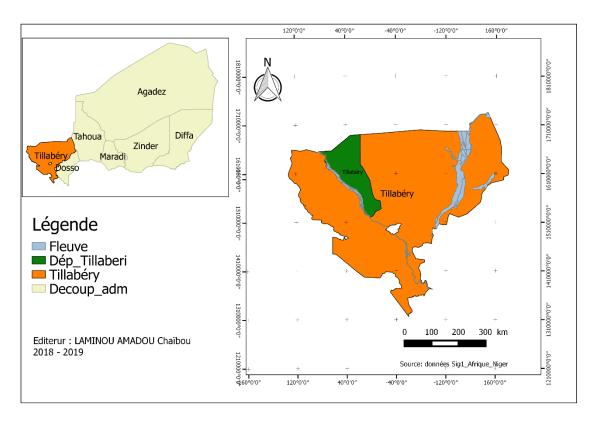


Figure 1: situation géographique de la zone du projet

1.2.2 Description du projet

Le travail qui nous est confié comprend d'une part les travaux de réhabilitation d'une première voie d'accès (voie existante) sur la rive gauche du fleuve Niger raccordant la RN1 à l'ouvrage au niveau de Farié et d'autre part les travaux d'aménagement et de bitumage d'une deuxième voie d'accès sur la rive droite reliant l'ouvrage à la RN4. Les deux voies d'accès ont une longueur d'environ 3 km.

L'ouvrage au niveau de Farié est un pont à poutres préfabriquées précontraintes par post-tension (VIPP) d'une longueur de 640 m constitué de 16 travées indépendantes de 40 m chacune. Le tablier a une largeur de 12,5 m avec deux (2) voies de 3,5 m chacune et deux (2) trottoirs de 2,5 m de part et d'autre.

Le projet prévoit aussi au droit de lit majeur une digue de protection sur une longueur d'environ 463 m munie de deux (2) ouvrages d'équilibres (OH) dalots (4 m \times 4 m) afin de réduire la section hydraulique du fleuve à la rive droite et donc de réduire le coût de l'ouvrage. Ce stage porte en partie sur l'étude du dimensionnement structural de ces deux ouvrages, dalots (4 m \times 4 m).

La figure 3 ci – après réalisée à l'aide de logiciel Google Earth nous montre en lieux et place la localisation de notre projet.



Figure 2: localisation du projet

1.2.3 Milieu physique de la zone du projet

a) Le relief

Le relief de la zone du projet est caractérisé par la topo séquence des unités géomorphologiques du Liptako Gourma composé de la vallée du fleuve Niger et celles de deux de ses affluents notamment le Dargol et la Sirba. Ces unités

géomorphologiques qui forment chacune une unité paysagère caractéristique, sont constituées par les collines à pentes raides, les plateaux latéritiques, les glacis, les terres dunaires et les zones de bas-fonds du cours principal du fleuve Niger et celles de l'affluent Sirba et Dargol.

Ces unités paysagères sont confrontées à une forte dégradation due aux effets des changements climatiques et de la pression démographique.

b) Le climat

La zone du projet a un climat de type sahélien au Nord et sahélo soudanien au Sud dans la zone du parc de W.

En ce qui concerne les précipitations, elles sont comprises entre les isohyètes 100 mm au Nord et 800 mm au Sud. La moyenne interannuelle des précipitations varie de 310 à 465 mm du Nord au Sud. Les précipitations décennales sèches sont de 311 mm à Gothèye.

Depuis plus d'une décennie, la région de Tillabéri enregistre un déficit pluviométrique devenu chronique.

c) La pédologie

On rencontre dans la zone du projet quatre (04) groupes de sols :

- ♣ Sols subarides ou faciès sableux (associations sols bruns ou iso humiques, sols brun rouge) typiques du pédoclimat sahélien ;
- ♣ Sols sablo-argileux : Ils sont localisés soit en bordure soit à l'intérieur des plaines d'inondation du fleuve Niger et des affluents Dargol et Sirba, et sont conservés sous forme de lambeaux plus ou moins étendus ;
- ♣ Sols hydromorphes et les vertisols limités aux bas-fonds : ils ont une rétention en eau plus élevée et sont aptes aux cultures pluviales ainsi qu'aux cultures irriguées ;
- ♣ Sols des lambeaux de terrasse ancienne graveleuse : cette unité ne présente qu'une faible portion Nord de la commune de Karma, longeant la route bitumée Niamey Tillabéri.

A l'exception des vertisols, tous ces sols sont pauvres en humus et en fractions colloïdales. De ce fait, ils sont peu structurés.

d) Hydrologie et Hydrogéologie

Eaux de surface

Le réseau hydrographique de la zone de l'étude est constitué principalement du Fleuve Niger, le seul cours d'eau permanent qui traverse les quatre communes concernées, ses deux affluents (Dargol et Sirba) et de plusieurs Koris et mares. Le fleuve connait ses plus hautes eaux de janvier à février (crue médiane de 2000 m3/s) et ses étiages en maijuin-juillet (étiage médian de 38 m3/s) en juillet 1974 le débit est descendu à 0,4 m3/s et nul le 12 juin 1985.

Tous ces cours et plans d'eau sont confrontés à un problème d'ensablement qui réduit de manière drastique leurs potentialités au fil des années.

Laux souterraines

Les aquifères dominant dans la zone de l'étude sont :

- Les aquifères alluviaux contenus dans les dépressions et les vallées. Ces aquifères sont alimentés par les eaux de pluie et les apports du fleuve ;
- Les aquifères discontinue du socle sont peu perméables et contiennent peu d'eau. Les ressources en eau sont localisées dans les fractures et les couches superficielles altérées des roches.

Dans le contexte actuel, le fleuve est menacé par le phénomène d'ensablement lié à la présence le long de ce fleuve de plusieurs cordons dunaires.

1.2.4 Activités socio-économiques de la zone du projet

Sur le plan socio-économique, les principales activités de la zone d'étude sont :

l'agriculture, l'élevage, la pêche, le tourisme et l'artisanat.

a) L'agriculture

L'agriculture vivrière constitue la principale activité des populations au niveau de tous les villages ou centres concernés par le projet. Il s'agit d'une culture saisonnière de céréales (sorgho, niébé et surtout mil) dont la récolte est dans la plupart des cas, entièrement destinée à la consommation de la famille. Le riz est aussi cultivé le long du fleuve avec l'appui des coopératives.

b) L'élevage

L'élevage est pratiqué sous diverses formes, avec deux systèmes dominants. Le système semi intensif qui est en progression, et le système intensif qui reste peu répandus avec surtout la pratique de l'embouche bovine (bœufs de traits) et ovine pratiquée par les femmes avec le soutien de certains projets de Développement.

c) La pêche

La pêche est ainsi pratiquée de façon artisanale sur les deux rives du fleuve par certaines familles des villages riverains (Farié, Sansane Haoussa, Karma, Namaro, Leyni, Tillabéri, Téra, Gothèye, Damalé, etc.). Le produit de cette activité est écoulé sur les marchés de la place et procure des revenus monétaires qui occupent une place prépondérante dans le budget familial des pêcheurs.

d) Le tourisme et l'artisanat

L'activité artisanale est l'apanage d'une classe socioprofessionnelle spécifique des localités de la zone du projet, particulièrement les forgerons, cordonniers, tisserands, potiers, que l'on retrouve dans toutes les communes et villages concernés par le projet.

Des nombreux touristes sont attirés par quelques sites touristiques qui sont les gites d'hippopotames dans le lit du fleuve et les villages insulaires (Leyni, Farié). Les rives du fleuve constituent des lieux d'attrait touristiques non négligeables dans la zone du projet.

CHAPITRE II : DIAGNOSTIC DE L'INFRASTRUCTURE DE LA VOIE EXISTANTE SUR LA RIVE GAUCHE

Dans ce chapitre, après avoir présenté brièvement l'historique et les caractéristiques de la voie d'accès sur la rive gauche (voie existante), nous allons faire un diagnostic et une évaluation du niveau de dégradation de la chaussée existante afin de proposer une solution de réhabilitation dans le cadre de ce projet.

2.1 HISTORIQUE ET CARACTERISTIQUES

La voie d'accès sur la rive gauche du fleuve Niger au niveau de Farié est la route qui mène au Bac Farié et a été construite en 2000. Cependant cette route n'a connu aucun entretien depuis sa mise en service.

Elle présente les caractéristiques géométriques suivantes :

Tracé en plan

Il est constitué de (03) alignements et de (02) courbes avec une longueur totale d'environ 1,5 km.

Profil en travers

Le profil en travers type est constitué de :

- une chaussée bidirectionnelle de 7 m de large ;
- deux accotements de 1 m chacun

2.2 INVESTIGATION SUR SITE

2.2.1 Analyse visuelle

Un relevé des dégradations a été effectué sur le terrain pour mieux apprécier et restituer les dégradations le long de la chaussée existante. Cette dernière présente un niveau de dégradation marqué en grande partie par la présence des fissurations tout au long du tronçon. Des déformations, des nids de poule et épaufrures sont aussi observés par endroit sur le tronçon. La largeur de la chaussée revêtue observée reste à peu près proche de la largeur initiale de 7m.

La figure 4 ci-après illustre les dégradations recensées sur le tronçon de la voie existante.



Figure 3 Dégradation de la chaussée existante

2.2.2 Mesure et analyse des résultats de la déflexion :

Outre l'analyse visuelle, une campagne de déflexion a été effectuée à l'aide d'une « poutre de Benkelman » et sous une charge à l'essieu de 13 tonnes. Ces mesures ont été réalisées à (droite, gauche et axe) suivant un pas de 25 m pour déterminer la portance générale de la chaussée afin d'évaluer sa qualité résiduelle.

Le niveau de la déflexion est caractérisé par deux valeurs seuils d1 et d2 dites seuils des déflexions caractéristiques qui varient suivant la situation géographique et climatique de la zone du projet. Ces valeurs sont estimées généralement par expérience acquise sur

plusieurs mesures dans une zone donnée. Le « Manuel de renforcement des chaussées souples en pays tropicaux du CEBTP » donne pour le Niger les valeurs suivantes à titre indicatif :

- d1 (1/100 mm) : 40/100 mm (valeur au-dessous de laquelle on considère que la structure se comporte de façon satisfaisante) ;
- d2 (1/100 mm) : 60/100 mm (valeur au-dessus de laquelle on considère que la structure présente des défauts de portance).

Le tableau ci- après donne une interprétation de la structure en fonction des valeurs seuils de déflexion.

Tableau 1:Interprétation de qualité de la structure (manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux)

Déflexion	Faible c	11	d2	Forte
Portance	Élevée	Médiocre	Faible	
Qualité des structures	Bonne	Douteuse	Mauvai	se

La valeur de déflexion moyenne observée (sur l'axe, à gauche et à droite de l'axe) varie de 52,58/100 à 56,33/100 mm.

La déflexion est comprise entre d1 et d2 donc la portance de la structure est médiocre et sa qualité est dite douteuse.

Les résultats des mesures sont consignés dans l'annexe 2 A.

2.2.3 Essais géotechniques

La phase terrain est basée sur la réalisation des sondages in situ à l'axe pour la vérification de la portance du sol support et des épaisseurs résiduelles des couches de la chaussée existante. Trois (03) sondages à l'axe ont été effectués sur la chaussée existante et ont fait l'objet des prélèvements pour une étude au laboratoire. Il ressort de cette étude que les épaisseurs résiduelles de couches de base sont d'environ 15 cm et celles de couches de fondation sont en moyenne de 20 cm. Les détails concernant cette partie sont traités dans le chapitre IV du présent document.

2.3 INVESTIGATION AU LABORATOIRE

Des essais au laboratoire ont été effectués sur les matériaux prélevés lors de trois (03) sondages à l'axe effectués sur la chaussée existante. Il ressort de l'analyse des résultats de ces essais que la couche de base ne répond pas à l'ensemble des spécifications. La plateforme a été classée en portance S4. Les détails concernant cette partie sont traités dans le chapitre IV du présent document.

2.4 EVALUATION DU NIVEAU DE DEGRADATION

Pour évaluer le niveau de dégradation de la chaussée, nous nous sommes basés sur la méthode de VIZIR qui est utilisée dans les travaux d'entretien et de renforcement routier. Cette méthode est adoptée pour les structures des chaussées souples et consiste à évaluer les niveaux de dégradation (fissures, déformations et réparation) de chaussée en fonction de leur gravité et leur étendue afin de proposer une solution de réhabilitation adéquate.

Dans cette méthodologie, les dégradations sont relevées et codifiées en fonction de leur étendue et de leur gravité. On distingue deux grandes familles de dégradations :

- Dégradations de type A : ce sont celles qui affectent la structure de la chaussée ;
- Dégradations de type B : elles ne concernent normalement que la superficie.

2.4.1 Détermination de l'indice de fissuration

L'indice de fissuration (If) dépend de la gravité et de l'étendue (déterminée en fonction du nombre fissure sur 100 m) de la fissuration ou du faïençage sur la longueur de la route considérée.

Dans le cas de notre étude les fissures ont une gravité faible et occupe plus de 50% du tronçon. Le tableau ci-après donne l'indice de fissuration en de la gravité et de l'étendue des fissures

Tableau 2: Indice de fissuration (If) (manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux)

Indice de fissuration	Étendue	0 à 10 %	10 à 50 %	> 50 %
	1	1	2	3
(If)	2	2	3	4
	3	3	4	5

2.4.2 Détermination de l'indice de déformation

L'indice de déformation (Id) tout comme l'indice de fissuration dépend de la gravité (déterminée en fonction de la profondeur de la déformation) et de l'étendue de la déformation le long du tronçon. Sur notre tronçon les déformations sont faibles et représente moins de 10 % de la longueur totale.

Les valeurs de l'indice de déformation sont représentées dans le tableau 10 ci-dessous

Tableau 3: Indice de déformation (Id) (manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux)

Indice de	Étendue	0 à 10 %	10 à 50 %	> 50 %
déformation	1	1	2	3
(Id)	2	2	3	4
	3	3	4	5

2.4.3 Détermination de l'indice de dégradation

La combinaison de l'indice de fissuration (If) et celui de déformation (Id) permet de déterminer un premier indice de dégradation qui qualifie la chaussée. Dans le cas où il y a nécessité de prendre en compte les réparations en fonction de la gravité et de l'étendue des dégradations, cet indice sera corrigé.

Le tableau ci- après nous donne la grille de l'indice de dégradation.

Tableau 4: Indice de dégradation (manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux)

If Id	0	1 à 2	3	4 à 5
0	1	2	3	4
1 à 2	3	3	4	5
3	3	5	5	6
4 à 5	5	6	7	7

Pour caractériser l'état apparent de la chaussée, la grille ci-dessus est divisée en quatre état avec les significations suivantes :

• Bon: 1 (peu ou pas des fissures);

• Médiocre : 2- 3 (fissuré mais non déformé) :

• Mauvais : 4 - 5 (fissuré et déformé) ;

• Très mauvais : 6-7 (très fissuré et très déformé).

Dans le cas de notre projet l'indice de fissuration If = 3 et celui de déformation Id = 1; ce qui conduit à un état mauvais de surface fissurée et sensiblement déformée avec comme indice de dégradation Is = 4.

2.4.4 Détermination de la note de qualité

Le croisement de deux paramètres que sont l'état apparent et la déflexion de la chaussée permet de déterminer la note de qualité à donner à la structure. Cette note de qualité oriente pour le choix de la solution d'entretien ou de renforcement à appliquer à la structure de chaussée étudiée. A chaque valeur de qualité Qi, i allant de 1 à 5 correspond une solution de remise en état à appliquer à la structure comme le montre le tableau ci –dessous :

Tableau 5: Note de qualité et solution de réhabilitation appropriée (manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux)

Déflexion			
Etat apparent	Faible o	11 d2	Elevée
Bon 1	Q1 Entre	Q2	Q3
Fissuré non déformé 2 -3	Q2 Entr		cement Q4
Fissuré et déformé 4 - 7	Q3	Q4 Remo	Q5

Pour une structure de chaussée ayant une note de qualité de :

- Q1 et Q2 nécessite comme solution un entretien
- Q4 et Q5 nécessite un renforcement
- Q3 la décision est imprécise.

Ainsi pour notre cas, la structure de chaussée présente un état mauvais de surface fissurée et déformée et la déflexion est douteuse (comprise entre d1 et d2), ce qui nous donne une note de qualité Q4. Cela signifie que la chaussée nécessite un renforcement dont l'épaisseur dépendra du trafic à étudier.

2.5 ETUDE DE TRAFIC

L'étude de trafic constitue une étape fondamentale en amont de toute réflexion relative à l'aménagement d'une infrastructure routière. Le trafic est l'un des paramètres importants pour le dimensionnement d'une structure de chaussée.

2.5.1 DONNEES SUR LE TRAFIC ET HYPOTHESE DE CALCUL

a) Données sur le trafic

Le résultat de comptage qui nous a été fourni pour l'estimation du trafic actuel a été effectué en 2016 lors de l'étude économique du présent projet.

Le tableau suivant nous donne les résultats du comptage :

Tableau 6: résultats de comptage

	Poids léger		Poids lourds				
	Véhicule	Petite	Car et	Camion	Camion	Ensemble	Camion-
2016	particulière	camionnette	autocar	2	> 2	articulé	citerne
		marchandise		essieux	essieux		
	108	36	18	38	50	23	19
total	144		148				

NB : seul les véhicules poids lourds seront considérés pour l'estimation de trafic poids lourds à l'année de comptage. Un poids lourd (PL) est défini comme étant un véhicule dont le poids total autorisé en charge (PTAC) \geq 3 tonnes.

b) Trafic journalier moyen de base (TMJA base)

Ce trafic correspond à la somme de trafic normal, du trafic induit et du trafic détourné. Selon le rapport d'étude économique du projet, le trafic induit est estimé de 30% du trafic normal. Quant au trafic détourné compte tenu de l'importance du projet nous l'avons estimé à 40%.

Le tableau ci- après nous donne le trafic journalier moyen de base pour le dimensionnement de la chaussée.

Tableau 7: trafic journalier moyen annuel de base

Trafic normal	Trafic induit 30% du trafic normal	Trafic détourné 40% du trafic normal	TMJA base
148	45	60	253

c) Hypothèses de calcul

Ainsi pour la suite de notre étude les hypothèses suivantes seront retenues pour l'estimation du trafic du dimensionnement :

- Essieu de référence de 13 tonnes (essieu simple);
- Année de comptage : 2016 ;
- Année de mise en service : 2020 ;

- Durée de vie (n) de 20 ans ;
- Trafic poids lourds / jour / sens = 253 PL
- Coefficient d'Agressivité Moyen Agressivité du trafic poids (CAM) : 1
- Taux géométrique de croissance annuelle du trafic : 5% (résultat issu de l'étude économique du projet).

2.3.1 Trafic à l'année de mise en service

Le trafic à l'année de mise en service correspond au trafic moyen journalier annuel actualisé (à l'année n) en considérant une croissance exponentielle du trafic à l'année de comptage. Il est déterminé par : $\mathbf{T_0} = \mathbf{TMJA} = \mathbf{T}_{PL} \times (\mathbf{1} + \mathbf{i})^{n'}$

Avec:

i : taux de croissance géométrique ;

To : trafic moyen journalier à l'année de mise en service des véhicules poids lourds de la route ;

n': intervalle de temps entre l'année de comptage et l'année de mise en service ;

T_{PL}: Trafic des poids lourds à l'année de comptage.

$$AN: T_0 = 308 PL/j$$

2.5.3 Trafic cumulé

Ce trafic correspond au cumul de trafic poids lourds devant emprunter la chaussée durant sa période de vie projetée et il est donné par :

$$T_n = T_0 \times 365 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

Avec:

n : durée de vie de la route ;

 T_n : Trafic cumulé pendant la durée de vie (n) de la route (ou encore nombre des véhicules cumulés).

$$AN: T_n = 3,711519 10^6 PL$$

Le nombre d'équivalent poids lourd est calculé par :

$$NE = T_n \times CAM$$

Avec:

 T_n : Trafic cumulé pendant la durée de vie (n) de la route (ou encore nombre des véhicules cumulés).

CAM: Coefficient d'Agressivité Moyen

 $AN : NE = 3,711519 10^6 PL$

2.5.4 Classe de trafic

La classe de trafic tout comme la classe de portance est donnée par le guide technique du CEBTP représenté dans le tableau ci- après :

Tableau 8: classe de trafic

Classe de trafic	Nombre équivalent PL CEBTP
T ₁	< 5 10 ⁵
T_2	de 5 10 ⁵ à 1,5 10 ⁶
T ₃	de 1,5 10 ⁶ à 4 10 ⁶
T_4	de 4 10 ⁶ à 10 ⁷
T ₅	de 10 ⁷ à 2 10 ⁷

Ainsi le NE calculé est dans l'intervalle $1,5\ 10^6$ à $4\ 10^6$ ce qui donne T_3 comme classe trafic pour le dimensionnement.

2.6 PRECONISATION DE SOLUTION DE L'ENTRETIEN OU DE RENFORCEMENT

Le dimensionnement peut s'effectuer sous plusieurs méthodes après caractérisation de la chaussée existante. Cependant dans notre étude, nous allons utiliser la méthode empirique basée sur les fiches de renforcement de chaussées souples revêtues, tirée du « manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux ». Cette

méthode consiste à déterminer les épaisseurs à apporter pour renforcer la chaussée existante en fonction du trafic projeté et de la note qualité Qi.

L'essentiel de la méthodologie est résumé par la figure 5 ci – après.

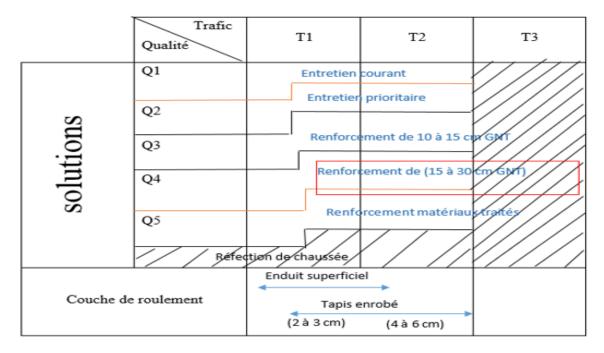


Figure 4: solutions de réhabilitation applicables

On remarque bien sur la figure 5 ci – dessus, que la réfection de chaussée est recommandée au-delà de T2.

Pour le cas de notre étude, le trafic trouvé est de T3 et la note qualité est de Q4. En se référant à la figure 5 ci- dessus, nous proposons comme solution de réhabilitation la structure suivante :

- Couche de roulement : en béton bitumineux de 5 cm
- Couche de base ou de renforcement : 15 à 30 cm
- Couche de fondation : (recyclage de couche existante + 5 à 10 cm d'apport pour élargissement et réglage).

CHAPITRE Ⅲ: CONCEPTION GEOMETRIQUE DES AMENAGEMENTS

La première étape d'une conception géométrique est le choix des caractéristiques générales : le type de la route qui oriente sur l'instruction à utiliser, la catégorie de route qui conditionne les principales caractéristiques géométriques du tracé à adopter. Dans ce chapitre, nous allons d'abord déterminer les différents paramètres et caractéristiques géométriques de notre tracé conformément aux normes en vigueur, puis passer à l'étude des aménagements particuliers de notre tronçon et enfin passer à la conception proprement dite à l'aide des outils Autocad et le logiciel PISTE 5.05 (élaboré par SETRA).

3.1 NORME GEOMRTRIQUE:

La norme géométrique adoptée pour la détermination des caractéristiques générales de conception dans le cadre de cette étude est le document Aménagement des Routes Principales (ARP) du 05/08/1994.

3.2 CATEGORIE ET TYPE DE LA ROUTE

Le choix du type et de la catégorie de la route permet d'assurer d'une part l'adéquation de la route aux fonctions qu'on veut assurer ou privilégier et d'autre part la prise en compte des contraintes topographiques.

Ainsi conformément au terme de référence (TDR) de la présente étude qui fixe la vitesse de référence à 80 km/h compte tenu de l'importance de l'ouvrage, une route de type R80 à une (01) seule chaussée (bidirectionnelle) a été adoptée.

Les principales caractéristiques correspondant aux différents types des routes sont décrites dans un tableau 33 consigné en annexe 1 A.

3.3 PARAMETRES ET CARACTERISTIQUES DE LA CONCEPTION

Une fois que les caractéristiques générales (catégorie, type et nombre de voies) ont été définies, l'étape suivante de la conception est de déterminer les différents paramètres et caractéristiques géométriques à adopter pour le tracé de l'axe routier.

3.3.1 PARAMETRE

Les caractéristiques de bases suivantes seront utilisées dans le cadre de notre projet :

Pente mini des talus en remblais : 2/3 (2 verticale, 3 horizontale) ;

Pente des talus en déblais : 1/1.

3.3.2 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

Pour définir l'axe de la route du point de vue de la conception, il est important de prendre en compte certaines paramètres normalisés afin d'assurer d'une part les conditions de confort le long de l'axe, en adoptant à chaque catégorie les caractéristiques minimales et d'autre part de garantir les conditions de sécurité en respectant les principes d'enchaînement des différents éléments du tracé et les principes relatifs à la visibilité. Le fond topo utilisé pour la conception est donné en annexe 1 g du présent document.

a) TRACE EN PLAN

Le tracé en plan est la projection sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée. Il est constitué d'une succession des droites, d'arcs de cercles et des raccordements.il vise à assurer des bonnes conditions de sécurité et de confort tout en intégrant aux mieux dans la topographie du site.

En fonction de catégorie de route, le tableau ci-dessous met en évidence les caractéristiques de conception à prendre en compte.

Tableau 9: valeurs limites des rayons en tracé en plan (SETRA, ARP, Août 1994)

TRACE EN PLAN	CATEGORIE DE LA ROUTE	R60	T80 et R80	T100
	Rayon minimal Rm (m)	120	240	425
	Rayon au dévers minimal Rdm (m)	450	650	900
	Rayon non déversé Rnd (m)	600	900	1300

NB: Les courbes de rayon supérieur ou égal à Rnd auront un profil en toit ; celles qui sont comprise entre Rnd et Rdm seront déversées vers l'intérieur du virage ; celles qui sont comprise entre Rm et Rdm seront déversées vers l'intérieur du virage avec une

valeur de dévers $\mathbf{D} = -0.13 + 1712.2/\mathbf{R}$. Les courbes déversées de rayon inférieur à Rnd seront introduites par une longueur de clothoïde $\mathbf{L} = \inf_{\mathbf{r}} (\mathbf{R}^{0,4},67)$ le cas d'une route à 2 voies.

Ainsi pour notre projet nous adoptons des rayons en plan correspondant à la catégorie de notre route qui est de R80.

En respectant les valeurs limites des rayons en plan et les différentes recommandations du document technique SETRA (ARP) concernant le tracé en plan, nous avons obtenus un tracé en plan long de 1529,295 m à la rive gauche et de 1323,320 m à la rive droite composé au totale de :

- 4 05 alignements droits;
- 03 arcs de cercle ;
- ♣ 02 clothoïdes.

b) PROFIL EN LONG

Le profil en long est une représentation d'une coupe verticale suivant l'axe de la route. Il est constitué d'une succession d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements circulaires (ou paraboliques) caractérisés par leur rayon.

Nous avons tracé le profil en long en nous approchant aux mieux du terrain naturel tout en respectant les rayons en angles saillant et rentrant ainsi les déclivités correspondant à la catégorie de notre route comme le recommande le document technique SETRA (ARP).

Le tableau ci-après donne les caractéristiques limites des paramètres géométriques de profil en long à respecter afin d'assurer le confort dynamique et visuel :

Tableau 10 : caractéristiques géométriques limites du profil en long (SETRA, ARP, Août 1994)

Profil en long	CATEGORIE DE LA ROUTE	R60	T80 et R80	T100
	Déclivités maximale	7%	6%	5%
	Rayon minimal en angle saillant (en m)	1500	3000	6000
	Rayon minimal en angle en rentrant (en m)	1500	2200	3000

Un listing d'éléments d'axe en plan et du profil en long obtenu est consigné en annexe 1 B du présent document.

Toutefois le tracé combiné (tracé en plan + profil en long) est aussi donné *en annexe 1 C du présent document.*

c) PROFIL EN TRAVERS

Le profil en travers est la projection de la route sur un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route. C'est une coupe transversale de la route comportant les différentes couches de la structure de chaussée et le terrain naturel. Le profil en travers a pour but de déterminer le volume de terrassement et fait ressortir les caractéristiques de la chaussée et des accotements.

Notre projet est subdivisé en deux sections et à chaque section un profil en travers bien définis est adopté conformément aux termes de référence de la présente étude :

➤ Profil en travers type 1 : (appliqué à la section 1)

Ce profil type illustré à la figure 4 est appliqué en rase campagne et comprend :

- Une chaussée bidirectionnelle de largeur 7,0 mètres ;
- Deux accotements de 1,50 mètres chacun ;
- Des pentes transversales de 2,5% sur la chaussée et de 3% sur les accotements ;
- La largeur totale de la plateforme est de 10 mètres.

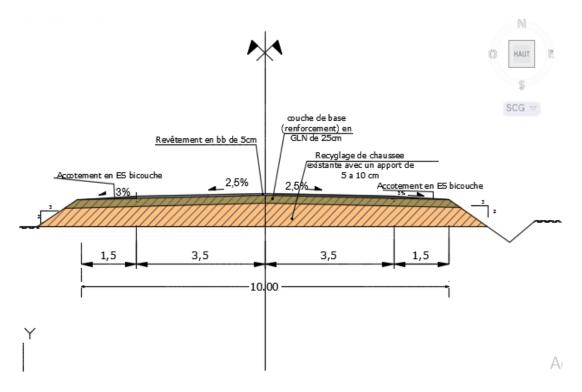


Figure 5: Profil type 1

➤ Profil en travers type 2 :(appliqué à la section 2)

Ce profil illustré à la figure 5 s'applique à la traversée d'agglomération et il comprend :

- Une chaussée bidirectionnelle de largeur 7,0 mètres ;
- Deux trottoirs de 2,50 m de largeur de part et d'autre de la chaussée revêtue en pavé autobloquant ;
- Des bordures de type T2+CS2 de part et d'autre ;
- Des pentes transversales de 2,5% sur la chaussée et de 3% sur les trottoirs ;
- La largeur totale de la plateforme est de 12 mètres.

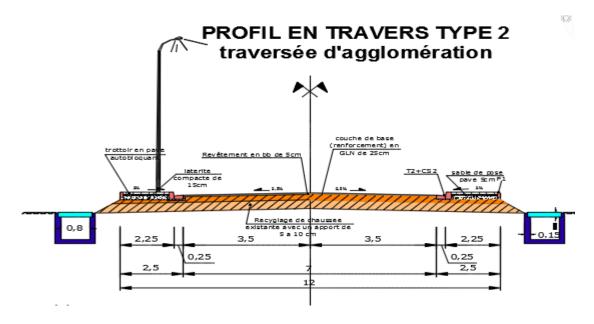


Figure 6: profil type 2

3.4 AMENAGEMENTS DES ZONES PARTICULIERES DU TRONCON

3.4.1 Aires de stationnement

Sur le tronçon de la voie d'accès à la rive gauche, nous avons proposé l'aménagement des aires de stationnement à l'entrée de Farié qui permettront le stationnement de 3 véhicules légers ou le stationnement simultané de deux (2) poids lourds par aire de stationnement tout en respectant les distances minimales de déboitement et d'intersection. *Le plan de l'aménagement est donné en annexe 1 D*.

Le tableau ci – après nous donne les caractéristiques de ces aires de stationnement.

Tableau 11: dimension des aires de stationnement

Position	Largueur	Longueur de stationnement	Longueur de biseau
Parallèle à l'axe de la voie	2,5 m	20 m	5 m

La figure ci- après montre l'illustration du stationnement proposé :

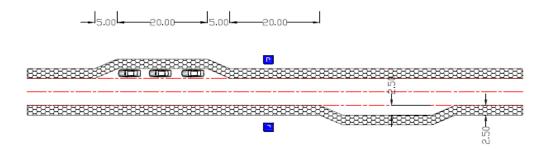


Figure 7: Aires de stationnement

3.4.2 AMORCE

C'est la partie d'une route commencée à l'une de ses extrémités. Les amorces en rase campagne sont aménagées sans accotement et il en existe de type1 et de type 2 en fonction de leurs longueurs suivant le trafic attendu.

Nous avons utilisé deux amorces de type 1 (illustré sur la figure ci – après) au niveau de l'intersection de la voie d'accès à la rive droite avec une autre route.

Le plan aménagé des amorces est donné en annexe 1 E du présent document.

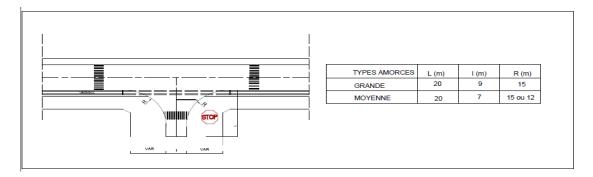


Figure 8: Amorce type 1

3.4.3 CARREFOURS

Les carrefours sont des aménagements ponctuels où s'effectue les échanges de courant de circulation des véhicules se déplaçant sur des routes différentes qui se coupent à angle quelconque. Il existe deux grandes familles de carrefour :

- Carrefours plan (ordinaire ou à sens giratoire)
- Carrefours dénivelés

a) Choix du type de carrefour

Le choix du type de carrefour est fait en fonction du type de la route sur laquelle on l'implante, il doit donc être adopté aux conditions particulières du site et de son fonctionnement (trafics, usages, proximité d'une agglomération, transition entre deux types d'infrastructure, problème de sécurité etc.). Notre route étant de type R, le tableau ci – après met en évidence les aménagements possibles et les conditions générales de leurs emplois :

Tableau 12: récapitulatifs des aménagements possibles sur les routes de type R et leurs conditions d'emplois

Aménagements possibles	Conditions générales de l'emploi	
Carrefour giratoire	Trafic secondaire relativement important ou problème de sécurité	
Carrefour plan (croix, té)	Dans les autres cas ; à exclure sur les routes à 2×2 voies et plus	
Cas particuliers : demi- carrefour	Routes à 2×2 voies	

Dans le cadre de notre projet nous proposons au point de raccordement de l'axe avec la RN1 (le PK 0 du projet) et au point de l'embranchement avec la RN4 (fin du projet) de carrefour à sens giratoire car d'après une analyse multicritère basant sur (la sécurité, coût et le temps perdus), un giratoire est plus sécuritaire et le temps d'attente sont généralement négligeable en rase campagne par rapport à un carrefour plan ordinaire mais le coût de ce dernier révèle nettement inférieur à l'aménagement d'un giratoire. Cependant la modération des dimensions d'un giratoire réduit considérablement son coût.

b) Conception géométrique du carrefour retenu : carrefour giratoire

Un carrefour giratoire est le carrefour plan qui offre le meilleur niveau de sécurité si les précautions et recommandations suivantes sont prises lors de sa conception :

- **Préférer un aménagement simple,** de faible étendue, de forme circulaire, sans bretelle superflus.

- **Exclure tout obstacle agressif** des trajectoires susceptibles d'être suivies par des véhicules quittant accidentellement la chaussée.
- **Donner à l'usager une bonne perception d'approche** du carrefour : dispositions géométriques appropriées, pré signalisation visible et lisible.
- **Introduire une certaine contrainte de trajectoire** au niveau de l'entrée et la traversée du carrefour.
- Eviter de surdimensionner les composantes de l'aménagement : toute majoration est néfaste à la sécurité
- Ne pas hésiter à dimensionner faiblement l'îlot central en cas de contrainte d'emprise ou de la topographie.

La figure ci- dessous nous présente les principaux éléments et paramètres d'un giratoire :

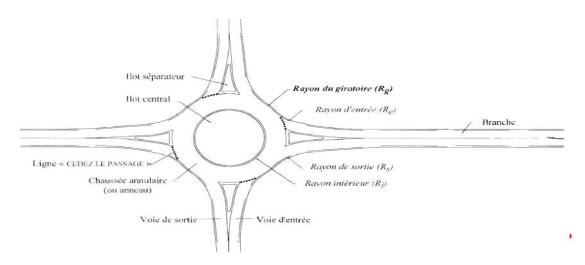


Figure 9: Eléments et paramètres d'un giratoire

Le guide aménagement des carrefours interurbains recommande sur une route à une seule chaussée un (\mathbf{R}_g) compris entre 15 et 25 m. Nous retenons pour notre étude les valeurs courantes des paramètres correspondant à un rayon (\mathbf{R}_g) de 15 m pour nos deux (2) carrefours giratoires.

Le tableau qui donne les valeurs courantes des différents paramètres de conception des carrefours et le plan d'aménagement pour les deux (02) carrefours sont donnés en annexe 1 F.

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE

Dans ce chapitre, il sera question dans un premier temps de faire une analyse des résultats d'étude géotechnique afin de déterminer les caractéristiques de sols du projet, puis passer au dimensionnement proprement dit de la structure de chaussée.

4.1 ETUDE GEOTECHNIQUE

L'étude géotechnique a pour but de dresser un rapport sur la recherche et les essais d'identification de sols des plateformes, des matériaux d'emprunt et des carrières. Dans le cadre de notre projet, une étude géotechnique a été effectuée par le LABORATORE NATIONALE DES TRAVAUX PUBLICS ET DU BATIMENT (LNTP/B) du Niger. Les travaux ont consisté à :

- Des sondages à l'axe pour la vérification de portance du sol support et des épaisseurs résiduelles des couches sur la chaussée existante ;
- Des recherches et prospections des carrières de latérite pour matériaux de couche de base et fondation ;
- Des recherches et prospections des emprunts pour terrassement ;
- L'Analyse des matériaux ainsi prélevés au Laboratoire.

4.1.1 Spécifications techniques

D'après le cahier des prescriptions techniques (CPT), les spécifications suivantes seront prises en considération :

a) Portance de sol de plateforme

La portance de sol de plateforme doit être de portance supérieure ou égale à S3.

b) Matériaux de couche de base et de fondation

L'utilisation des matériaux en graveleux latéritique pour couche de base et de fondation doivent avoir les caractéristiques résumées dans *le tableau ci-après*.

Tableau 13: spécification pour l'utilisation de GLN

Caractéristiques des matériaux	Couche de base	Couche de fondation
% de passant au tamis de 0,08	< 20 %	< 30 %
Indice de plasticité IP	< 15	< 20
CBR à 95 % de OPM pour trafic < T2	≥ 60	≥ 20
CBR à 95 % de OPM pour trafic ≥ T2	≥ 80	≥ 30

4.1.2 Reconnaissance des sols de plateforme

Cette reconnaissance a été basée sur la réalisation des sondages à l'axe. Au total six (06) sondages puits manuels ont été réalisée dont trois (03) sur la chaussée existante à la rive gauche et deux (03) autres à la rive droite à des profondeurs variant de 0 à 1,5 m. Les sondages sur la chaussée existante ont permis de constater que les épaisseurs de couche de base sont en moyenne 15 cm et celles de couche fondation sont de plus ou moins 20 cm. Des essais au laboratoire ont été effectués sur les matériaux prélevés.

a) Essais réalisés

Les différents essais réalisés sont :

- Analyse granulométrique ;
- Proctor Modifié;
- Portance CBR;
- Limites d'Atterberg;
- Les essais Los Angeles et Micro Deval sur les granulats de revêtement.

b) Résultats et analyse des sols de plateforme

Les résultats des essais des sols de plateforme sont donnés dans le tableau ci- après.

Tableau 14: résultats des essais géotechniques

	g o m	Couche			Cmo	nulom	átni a			erber	Proc Mod		Porta CB		Epai
PK	son		Nature		Gra	nuioii	ietrie) 	Mod	1116	СВ	98	sseu
PK	dag es		Nature								a.d			98 %	r
	CS			20	10	5	2	0,08			γd (t/m3	W	95 %	OP	(cm
				mm	mm	mm	mm	mm	LL	ΙP)	%	OPM	M	,
			Graveleux								/	7.5			
	S 1	base	Latéritique	100	100	99	98	22,3	20,3	9,4	2,05	8,6	45,7	71,6	15,2
0+075		fondatio	Graveleux												
0+073	S 1	n	Latéritique	100	100	100	98	27,9	22,1	10,1	1,8	10,2	30,5	63,6	20
		platefor	Sable												
	S 1	me	rougeâtre	100	100	100	99	25,8	24,2	10,7	1,79	12,5	18,73	43	
			Graveleux												15,0
	S2	base	Latéritique	100	100	100	100	29,1	21,3	9	2,1	7,6	44,87	73,9	6
0+775	~ •	fondatio	Graveleux	400	400	100				0.4	4.0.		2.2		•
	S2	n	Latéritique	100	100	100	97	26,2	20,3	9,1	1,96	8,9	36,3	50,1	20
	G 2	platefor	Sable	100	100	100	0.5	20.0	10.0	0	1.04	6.0	10.0	4.5	
	S2	me	brunâtre	100	100	100	95	29,9	18,9	9	1,84	6,8	19,2	45	
	G2	1	Graveleux	100	100	100	00	247	20.0	0.0	1.05	0.0	47.0	<i>(</i> 2	1.0
	S3	base	Latéritique	100	100	100	99	24,7	20,9	9,2	1,95	9,2	47,2	63	16
1+425	S 3	fondatio	Graveleux	100	100	99	95	21.2	21,9	9,5	1,99	9	35,4	51	18,5
	33	n platefor	Latéritique Sable	100	100	99	93	31,2	21,9	9,5	1,99	9	33,4	31	10,3
	S3	me	rougeâtre	100	100	100	99	12.6	20,7	9,7	2,31	4,3	18,41	29,2	
	33	IIIC	Argile	100	100	100		72,0	20,7	7,1	2,31	7,3	10,71	27,2	
2+250	S4	0 à 1,20	graveleuse	100	100	99	97	38.4	20,8	9,1	2,05	8,1	10	13	
		, -	Argile +					,	, -	,	, -				
2+550	S5	0 à 1,50	limon	100	100	100	99	41,8	24,8	11,3	1,93	9,6	5	6	
			Sable												
2+850	S 6	0 à 0,25	brunâtre	100	97	75	59	26,4	40,8	9,8	1,65	13,9	5	7	
2+630		0,25 à	Sable												
	S 6	1,20	rougeâtre	100	100	100	100	30,7	19,9	9,7	2,1	8,4	10,1	17	_

L'analyse des résultats des essais réalisés sur la chaussée existante (sondage S1, S2, S3) nous montre que les matériaux de couche de base ne répondent pas à l'ensemble des spécifications pour une couche de base en graveleux latéritique, dans le cas où les CBR à 95 % de OPM sont inférieurs à 80% et les passants au tamis de 0,08 mm sont

supérieurs à 20%. Mais ces matériaux peuvent être réutilisés en couche de fondation comme ils répondent à ses spécifications. Les CBR à 95% de sols de plateforme varient de 18,41 à 19,2 ce qui permet de classer la plateforme en portance S4.

Pour les trois autres sondages (S4, S5, S6) à la rive droite, les pourcentages de passant au tamis de 0,08 mm varient de 26,4 à 41,8 %, les indices de plasticité varient de 9,1 à 11,3 et les CBR à 95 varient de 5 à 10, alors la plateforme est de portance S2.

Le sol de plateforme doit être de portance supérieure ou égale à S3 d'après les spécifications techniques, alors le sol de plateforme de portance S2 à la rive droite doit être amélioré par renforcement avec des matériaux de bonne portance, pour atteindre la classe de portance S3. Ce renforcement sera fait en substituant au sol en place sur une épaisseur de 45 cm des matériaux de classe de portance S3, conformément aux recommandations du guide CEBTP, *voir tableau ci- après*.

Tableau 15: détermination de nouvelle classe de portance

Nouvelle classe de plate-forme	Qualité du matériau	Épaisseur minimale	
S2	S2	45 cm	
S2	S 3	35 cm	
S2	S4	30 cm	
S 3	S 3	45 cm	
S 3	S4	35 cm	
S4	S4	50 cm	

4.1.3 Disponibilité des matériaux de chaussée

a) Matériaux latéritiques pour couche de base et de fondation

Au total trois (03) carrières ont été prospectées dans les zones avoisinant le projet à des distances de transport raisonnable et ont fait l'objet des prélèvements pour analyse au laboratoire.

Tableau 16: Identification des carrières

N°	PK/position de	Localisation		Distance	Volume
carrières	Niamey			morte (m)	(m)
C1	PK 45 + 00 à droite	13°45'97''N	1°44'33''E	4200	54000
C2	PK 57 + 00 à droite	13°49'52''N	1°39'61''E	3300	48000
C3	PK 57 + 00 à gauche	13°45'74''N	1°34'45''E	7600	40000

b) Résultats des essais et interprétation

Le tableau ci – dessous résume les résultats des essais effectués sur les matériaux des différentes carrières prospectées :

Tableau 17: résultats des essais géotechniques des carrières

Caractéristiques des matériaux	C1	C2	C3
% de passant au tamis de 0,08	6,5 à 6,9	11,4 à 24,1	10,2 à 10,4
Indice de plasticité IP	6,8 à 8,3 mm	12,7 à 14,9	9,6 à 11,5
CBR à 95 % de OPM	85 à 91	16 à 43	80,4 à 92
CBR à 98% de OPM	87 à 120	17 à 67	88 à 112

L'analyse de deux tableaux (16 et 17) ci – haut montre que les matériaux de ces trois carrières sont conformes à l'ensemble des spécifications et peuvent donc être utilisés en couche de fondation et en couche de base.

4.1.4 Carrière de roche massive

Les granulats pour le revêtement (enduit superficiel et béton bitumineux) et béton des ouvrages sont disponibles à environ 13 Km du projet à la carrière sur la route Tillabéri, cette carrière est actuellement utilisée pour plusieurs projets de route dans la région. Les résultats des essais LOS ANGELES et MICRO DEVAL HUMIDE effectués sur le matériau prélevé sur cette carrière varient de 25,49% à 27.34% et 9,5% à 12,23% respectivement.

4.2 Pré-dimensionnement de la voie d'accès à la rive droite

Le dimensionnement sera fait par la méthode empirique du guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux du CEBTP, qui est un document de référence pour les pays tropicaux et qui tient en compte de disponibilités des matériaux locaux.

La nouvelle classe de portance de la plateforme qui sera considérée pour le dimensionnement est S3 et le trafic est de T3 d'après les études précédentes, le guide nous propose les variantes suivantes :

Tableau 18: variantes des structures de chaussée

Structure de Chaussée	Couche de Roulement	Couche de Base	Couche de Fondation
VARIANTE 1	5 cm Béton bituminé	20 cm Graveleux latéritique naturel	30 cm de Graveleux latéritique naturel
VARIANTE 2	5 cm Béton bituminé	20 cm Graveleux latéritique ou grave naturel amélioré au ciment	25 cm de Graveleux latéritique ou grave naturel O/D

Après une analyse multicritère en prenant en compte les aspects tels que la disponibilité des matériaux, l'optimisation de cout de réalisation, la faisabilité technique de réalisation, notre choix se porté pour la variante 1.

L'analyse multicritère est donnée par le tableau ci-après.

Tableau 19: analyse multicritère

N° variante	Matériaux	Avantages	Inconvénients
1	Graveleux Latéritiques naturel	 Facile à exécuter Matériaux latéritiques abondant dans la zone du projet et de bonne qualité 	Cout de réalisation élevé
2	Graveleux naturel améliorés au ciment	 Matériaux moyennement disponibles Adapté pour plus part des chaussées Dosage en ciment faible (3 à 6 %) 	 Mise en œuvre délicate à cause de la prise rapide du ciment Possibilité de fissuration par retrait Cout de réalisation élevé

4.3. Vérification avec le logiciel Alizé LCPC

Après avoir obtenue les pré-dimensionnements par la méthode empirique, le dimensionnement et la vérification (des contraintes et déformations) seront faites par la méthode rationnelle adoptée par Alize LCPC. Dans ce modèle élastique des structures, il existe deux étapes importantes : l'étape de recherche du module de Young des couches et l'étape de dimensionnement.

a) Détermination module de Young

Pour les couches existantes le module on considérera le module maximum qui est pris égale à $5 \times CBR$ et pour les autres couches, le module est déterminé par la relation suivante : $E_n = E_{n-1} \times K$, la couche de base est plafonnée à 600 MPa.

Avec:

E_n: Module de Young de la couche considérée ;

 E_{n-1} : Module de Young de couche inférieur ;

K varie de 2 à 3 nous considérons K = 3.

Les modules de Young obtenus sont répertoriés dans le tableau ci - après.

Tableau 20: module de Young

Axe rive gauche	Module de Young en	Axe rive droite	Module de Young
(existante)	MPa		en MPa
Nouvelle couche de	600	Couche de de base	600
base			
Couche de de base	$5 \times 45 = 225$	Couche de fondation	400
Couche de fondation	$5 \times 35 = 175$	Couche de forme	$3 \times 50 = 150$
Plateforme	$5 \times 18 = 90$	Plateforme	$5 \times 10 = 50$

b) Etape de dimensionnement

Le dimensionnement de la chaussée sera fait en se référant au « guide technique, conception et dimensionnement des chaussée, SETRA, LCPC, décembre 1994 ».

Pour se faire, nous allons déterminer les contraintes et déformations dans de la structure puis vérifier qu'ils sont inférieurs aux valeurs admissibles.

b.1) Hypothèses de dimensionnement

Pour la modélisation sur Alizé, il sera considéré les hypothèses suivantes :

- Le coefficient de poisson **3** sera pris égal à 0,35 pour les couches ;
- Les épaisseurs des couches H sont celles obtenues par le Pré- dimensionnement ;
- Les interfaces entre les couches seront considérées comme collés ;

b.2) Détermination de contrainte admissible du sol support

Elle est calculée à partir de la formule de Kerkhoven et Dormon, tirée du guide CEBTP. Elle est donnée par la formule suivante :

$$\sigma_{zadm} = \frac{0.3 \times CBR}{1 + 0.7 \times logN}$$

b.3) Calcul de déformation admissible du sol support et des matériaux de la chaussée

- Déformation admissible du sol support

La déformation verticale admissible est donnée par la formule de l'ouvrage intitulé « Conception et dimensionnement de structure de chaussée » du SETRA, édition 1998, en considérant une chaussée à moyen ou fort trafic, comme suit :

$$\varepsilon_{\text{z adm sol}} = A \times (NE)^{-0.222}$$
 avec:

A: prise égal à 12000, pour un trafic \geq T3

NE : le trafic équivalent poids lourds

• Déformation admissible du matériau de la chaussée

Elle est déterminée par la même formule que la précédente avec $A=14\,400$ pour le matériau.

Le tableau ci- après présente les valeurs admissibles calculées avec ε en microdéformations et σ en MPa.

Tableau 21: sollicitations admissibles

Sollicitations admissibles	Axe rive gauche	Axe rive droite
ε _{z adm} sol (en μdéf)	417,4	417,4
σZ,adm sol (en MPa)	0,96	0,53
ε _{z adm} gnt (en μdéf)	500,9	500,9

c) Vérification des sollicitations des structures retenues

La modélisation des variantes retenues avec Alizé a permis d'aboutir aux résultats consignés en annexe 2. Cependant, le tableau ci-après donne le résumé des sollicitations calculées.

Tableau 22: vérifications des sollicitions calculées

Sollicitations calculées	Axe rive gauche	Vérification	Axe rive droite	Vérification
ε _{z adm} sol (en μdéf)	381,2	Vérifié!	334,4	Vérifié!
σZ,adm sol (en MPa)	0,033	Vérifié!	0,016	Vérifié!
ε _{z adm} gnt (en μdéf)	307,6	Vérifié!	316,9	Vérifié!

Ainsi, les structures retenues après vérifications sont données dans le tableau cidessous :

Tableau 23: structures de chaussées retenues

Structure de chaussée	Axe rive gauche (voie existante)	Axe rive gauche
Revêtement	5 cm en béton bitumineux	5 cm en béton
		bitumineux
Couche de base	25 cm en graveleux	20 cm en graveleux
(renforcement)	latéritique naturel	latéritique naturel
Couche de fondation	Recyclage de couche	30 cm en graveleux
	existante + 5 à 10 cm	latéritique naturel
	d'apport pour élargissement	
	et réglage	
Couche de forme		30 cm en graveleux
	-	latéritique naturel

CHAPITRE V : ETUDE D'ASSAINISSEMENT ET DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES EN BETON ARME

La route étant un ouvrage qui se développe linéairement sur le terrain, auquel elle apporte, de par ses déblais et remblais, des modifications quant à la configuration de son relief, perturbant ainsi les écoulements préexistants, naturels ou déjà modifiés par d'autres ouvrages précédemment construits. Mais l'eau durant son passage, emporte et dégrade tous ce qu'il rencontre. Ce qui fait de lui le premier ennemi de la route comme on a coutume de le dire.

C'est pourquoi l'assainissement de la route devient un objectif fondamental pour tout Ingénieur routier afin de maintenir la chaussée hors d'eau et de lutter contre l'infiltration des eaux dans les structures routières.

Dans ce chapitre, nous abordons dans un premier temps une étude hydrologique afin d'estimer le débit à évacuer par les ouvrages préconisés, puis à une étude hydraulique afin de trouver les sections géométriques des ouvrages et en fin au dimensionnement structural des ouvrages pour obtenir ses sections de ferraillages.

5.1 ETUDE HYDROLOGIQUE

Cette étude a pour but de déterminer le débit de crue du projet, elle est conduite sous la base de la topographie du bassin versant et des études de la pluviométrie du site de projet. Il est à noter que dans cette partie, les sections et l'implantation des ouvrages d'équilibres (dalots) ont été proposés par l'étude de la digue de protection au droit de lit majeur à la rive droite. Par manque des données fiables nous n'avons pas pu vérifier l'étude hydrologique et hydraulique de ces ouvrages. Conformément aux termes de références (TDR), nous avons effectué le dimensionnement structural des dalots.

5.1.1 Détermination de débit pour les caniveaux

La formule de Quacot sera utilisée pour le calcul du débit des caniveaux en agglomération afin d'assurer la mise hors d'eau de la chaussée.

$$Q_T = 167 \times 1200^b \times a \times c \times j^{b/2} \times L^{-b} \times A^{0.95}$$

Q= débit en l/s

a et b= coefficients de Montana (avec une période de retour de 10 ans, a = 7,5 et b = 0,5 pour les pays de l'Afrique de l'Ouest)

c = coefficient de ruissèlement

j = pente moyenne (est 1,5 entre le point le plus éloigné et l'exutoire)

L=plus long chemin hydraulique du bassin

A= superficie en ha

• La surface A en ha à assainir

En prenant en compte la topographie du terrain, cette surface sera déterminée sur la base d'une bande de 35 m de l'axe de la route.

La longueur de l'axe à l'agglomération est de L = 463 m, la surface du bassin versant sera égale

$$A = 463 \times 35 = 1,62 \text{ ha}$$

• Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement caractérise le degré de perméabilité à l'état naturel (jardin, zone boisée etc..) ou artificiel (terrasse, toiture, chaussée, pavage) d'un sol. Ce coefficient est prié égal à 0.9 pour les surfaces totalement revêtues, et 0.5 pour les sols boisés. Le coefficient de la plate – forme dépend de son imperméabilité, il est pris égal à 0.7 pour le calcul de réseau latéral. Nous prenons c = 0.7.

$$Q_T = 2.17m^3/s$$

5.2 ETUDE HYDRAULIQUE

Après avoir déterminé le débit à évacuer précédemment, il sera question dans l'étude hydraulique de déterminer les ouvertures des ouvrages longitudinales (caniveaux) à

travers des méthodes empiriques. L'écoulement dans les ouvrages longitudinaux d'assainissement de plate-forme est considéré comme uniforme, donc on peut utiliser la formule de Manning-Strickler pour déterminer les ouvertures hydrauliques.

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

Avec : Q= le débit ruisselé en m3/s ; KS : coefficient de rugosité. Ici Ks=67 (ouvrage en béton) ; S : section mouillée de l'ouvrage en m2 ; RH : Rayon hydraulique m ; I : pente qui est prise avoisinant celle du terrain naturel en (m/m).

$$S = b \times y_n \qquad P = b + 2y$$

$$Q = \frac{K_s \times \sqrt{I \times (b \times y_n)^{5/3}}}{(b + 2y)^{2/3}}$$

Avec : y_n: profondeur d'eau et b : largeur au fond

Tableau 24: Paramètres d'entrées pour la débitance

Données d'entrée	Qp.	I	Ks	m	b
	2,17	0,015	67	0	0,8
Formules	P = b + 2yn				$RH = \frac{S}{P}$
	$S = b \times yn$			Q. ittér = Ks	\times S \times RH ^{2/3}

Tableau 25: profondeur normale Yn

Yn	S	P	RH	Q, ittér	Qp/I^0,5
0,5	0,400	1,80	0,22	9,83	17,72
0,6	0,480	2,00	0,24	12,42	17,72
0,7	0,560	2,20	0,25	15,07	17,72
0,8	0,640	2,40	0,27	17,77	17,72

Nous retenons pour les caniveaux une section de 80×80 cm²

5.3 DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES OUVRAGES

Après avoir déterminé dans le point précédent les ouvertures des ouvrages hydrauliques à projeter, il sera question dans cette section de faire un pré-dimensionnement de ces ouvrages et de déterminer les sections d'armatures à mettre en place pour qu'ils résistent aux différentes sollicitations.

Nous allons présenter l'étape de pré-dimensionnement et donner les récapitulatifs des résultats de ferraillage obtenus sous forme de tableau. Néanmoins les détails de calcul seront donnés à l'annexe du présent document.

5.3.1 Pré - dimensionnement du caniveau

L'épaisseur du caniveau est fonction de la base, elle est donnée par la formule suivante :

$$e = \frac{b}{32} + 0.125 \rightarrow e = \frac{0.8}{32} + 0.125 = 15cm$$

Ainsi nous prendrons e= 15 cm pour chaque élément du caniveau.

5.3.2 Pré - dimensionnement de dalot (1x 4 x 4)

L'épaisseur e : $e = \frac{L}{15}$ avec L= plus grande dimension de l'ouverture hydraulique

AN :
$$e = \frac{4}{15} = 0.26 = 26cm$$

Vérification de la présence d'aciers comprimés :

$$2 \le H \le 4m \text{ et } e2 = \frac{L}{10}$$

$$e2 = \frac{4}{10} = 0.3 = 40cm$$

$$e = \max(e_1; e_2) = 40cm$$

Une épaisseur de 40 cm sera donc adoptée.

5.3.3 Calcul des armatures

Hypothèses de calculs

Règlement

BAEL 91 modifié 99

Caractéristiques des matériaux

Béton

- Dosage: 350 kg/m3 de CPA 45 ou de classe équivalente
- Poids volumique : pb= 2,5 T/m3
- Résistances caractéristiques : fc28 = 25 MPa ; ft28 = 2,1 MPa
- Contrainte admissible à l'ELS : $\sigma bc = 15 MPa$
- Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU : fbu = 14,16 MPa

Acier

- Acier haute adhérence (HA) de nuance FeE 400
- Limite d'élasticité fe = 400 MPa
- Coefficient d'adhérence $\eta = 1,6$
- Contrainte limite des aciers à l'ELS, pour une fissuration préjudiciable : $\sigma s = 201,63 \, MPa$
- $\sigma st = 347,83 MPa$

Sol

- Poids volumique des terres $\gamma = 1.8 \text{ T/}m3$
- Coefficient de poussée ka= 0,33
- Contrainte admissible du sol : 1bar
- a) Caniveau

Cas de chargements à étudier

• Dallette

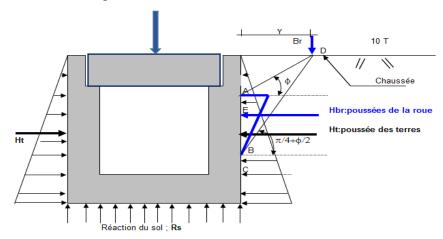
La dallette sera étudiée sous une roue isolée 10T (Br) en stationnement.

• Voile

Efforts à lui transmettre par la dallette chargée ; poussées dues à la roue de 10T concentrée stationnée sur la chaussée à fleur de la paroi du piédroit.

Radier

Le radier est à étudier sous les efforts qui lui sont transmis par les voiles dans les différents cas de chargement.



Le tableau ci-après donne le récapitulatif des armatures pour les caniveaux, la note de calcul et le plan de ferraillage sont donnés en annexe 4 du présent document.

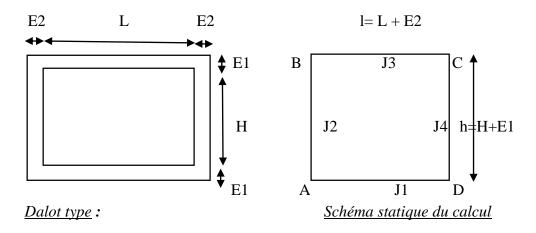
Tableau 26 : récapitulatif du ferraillage de caniveau :

TABLEAU RECAPITULAFIF DU FERRAILLAGE DE CANIVEAU				
Type d'armature		Dallette	Piédroit	Radier
Epaisse	eur (m)	0,15	0,15	0,15
	Section théorique (cm²)	7,98	7,86	7,86
Aciers principaux	choix	7HA12 st=15 cm	Face extérieure, 7HA12 st=15 Face intérieure 7HA8 st=15	Face supérieure, 7HA12 st=15 Face inférieure, 7HA8 st=15
Aciers de répartition	section théorique (cm²)	1,45	1,45	1,45
repartition	choix /ml	3HA8 st=30	3HA8 st=30	3HA8 st=30

b) Dalot

Hypothèses de calcul

- Les calculs sont menés sur une bande d'un (01) mètre de dalot (b=1m)
- Les sollicitations seront déterminées sur la base d'un calcul en cadre simple à partir des formules provenant de l'ouvrage « formulaire des cadres simples » de KLEINLOGEL suivant le schéma statique qui suit :



Le tableau ci-après donne le récapitulatif des armatures pour les dalots, la note de calcul et le plan de ferraillage sont donnés en annexe 4 du présent document

Tableau 26:Ferraillage dalot (4 x 4)

TABLEAU RECAPITULAFIF DES FERRAILLAGES DE DOLOT					
		Aciers principaux		Aciers de répartition	
Eléments	Position	Sections d'aciers en (cm²)	Choix	Sections d'aciers en (cm²)	Choix
Tablier	En travée (lit inférieur)	16,1	7HA14 (Esp: 15)	4,3	7HA10 (Esp : 15)
	Sur appuis (lit supérieur)	8	7HA14 (Esp: 15)	4,3	7HA10 (Esp: 15)
Radier	En travée (lit supérieur)	16,1	7HA14 (Esp: 15)	4,3	7HA10 (Esp: 15)
	Sur appuis (lit inférieur)	12	7HA14 (Esp: 115)	4,3	7HA10 (Esp: 15)
Piédroits		8,81	7HA14 (Esp: 15)	4,3	7HA10 (Esp : 15)

CHAPITREVI: ETUDES COMPLEMENTAIRES

I. SIGNALISATION ET SECURITE ROUTIRE

La signalisation routière est l'ensemble des techniques et mesures visant à faciliter et rendre plus sûre la circulation routière, à orienter, informer et prévenir les usagers de la présence de tous les dangers sur la route et quant aux comportements et règes à adopter lors de leurs déplacements. Ainsi, dans cette partie nous allons étudier les signalisations et équipements à mettre sur la section de notre route afin de garantir la sécurité de ses usagers.

Pour ce faire, nous allons nous référer aux caractéristiques des éléments de signalisation définis par l'instruction interministérielle sur la signalisation routière, dont les textes sont conformes aux accords internationaux relatifs aux règles de circulation et la signalisation (convention de VIENNE). Sur une route les signalisations sont de deux type : signalisation temporaire ou provisoire et signalisation permanente ou définitive.

1.1 SIGNALISATION TEMPORAIRE

La signalisation temporaire est utilisée pendant les travaux pour assurer la sécurité des usagers et des travailleurs sur le chantier.

Les signalisations temporaires envisagées dans le cadre de ce projet sont les suivantes :

- Une signalisation d'approche dans les deux sens de circulation : panneaux de travaux et panneaux de déviation ;
- Une signalisation de fin de prescription pour les deux sens de circulation : panneaux de début et de fin de limitation de vitesse ;
- Une signalisation individuelle-équipement complet de sécurité pour le personnel(EPI).

1.2 SIGNALISATION PERMANENTE

C'est l'ensemble des signalisations qui restera de façon définitive sur la chaussée. Cette signalisation est assurée par des dispositifs fixent portant des messages le long de la route et est constituée des signalisations verticales et horizontales.

1.2.1 Signalisation horizontale

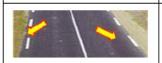
La signalisation horizontale regroupe, l'ensemble des marquages au sol ou bandes peintes se retrouvant sur la chaussée. Ces marquages ont pour but d'assurer le guidage des usagers et seront réflectorisés. On distingue plusieurs types des marquages dont les principales sont les suivantes :

- Les lignes longitudinales proposés sont :
 - **Lignes discontinues axiales** ou de délimitation des voies (types **T1** et **T'1** à forte prédominance des vides sur les pleins).



Ligne discontinue trait 3m, intervalle 10m Dépassement et changement de voie autorisés.

• Lignes discontinues de rives ou de type T2



Ligne de rive trait 3m, intervalle 3,50m Sépare la chaussée de l'accotement, peut être franchie pour s'arrêter ou stationner. Dans les sens uniques, la ligne de rive à gauche est continue.

 Les lignes continues sont proposées à des endroits spécifiques de l'axe de la chaussée comme les virages et les endroits de non dépassement qui s'avèrent très dangereux.



Ligne continue

Infranchissable, dépassement et changement de voie interdits. Il est également interdit de la traverser perpendiculairement (pour sortir ou rentrer dans une rue, une cour, un garage).

• Lignes d'avertissement ou de type T3, qui ont pour rôle d'alerter les conducteurs d'une arrivée imminente dans une zone de non-dépassement ou dangereuse. Ces lignes sont complétées par des flèches de rabattement comme l'illustre la photo ci-après.



Ligne d'avertissement trait 3m, intervalle 1,33m

Annonce une ligne continue. Des flèches de rabattement avertissent le conducteur qu'il va rencontrer une ligne continue. Ces flèches sont au nombre de 3. Il est possible de terminer un dépassement, mais pas de

- Les lignes transversales continues (STOP) ou discontinues (Cédez le passage) ont été proposées aux niveaux des carrefours.
- Les autres marquages :
 - Pour le passage des piétons (en agglomération) ;

l'entreprendre.

- Pour stationnement et autres périmètres protégés ;
- Les flèches.

Les quantités des marquages au sol proposées dans le cadre de notre étude seront récapitulés dans l'avant métré.

1.2.2 Signalisation verticale

La signalisation routière, outres les marquages au sol de la chaussée conformément à la réglementation en vigueur, comporte la pose les panneaux dans le but de faciliter la circulation et la rendre plus sûre, mais également pour informer les usagers.

Les panneaux de signalisation que nous avons proposés dans le cadre de notre travail sont donnés dans un tableau en annexe 5 B du présent document.

1.3 EQUIPEMENTS ET DISPOSITIFS DE SECURITE

Les exigences concernant la sécurité des voies doivent prendre en considération tous les aspects du fonctionnement et du disfonctionnement de ses systèmes élémentaires (homme, véhicule et environnement).

1.3.1 Glissière de sécurité

Nous proposons la mise en place des glissières de sécurité de type GS4 dans les endroits de haut remblai (supérieur à 4 m) au niveau de la digue à la rive droite, comme nous le recommande la réglementation en vigueur.

1.3.2 Ralentisseurs

Ces sont des dispositifs de sécurité qui obligent les usagers de ralentir. Ils seront prévus pour notre projet dans des endroits qui en ont plus besoin dans la traversée du village de Farié.

1.3.3 Eclairage public

L'éclairage public constitue un élément important de sécurité routière et contribue au confort de l'usager et améliore l'esthétique de la route. Nous proposons la mise en place de l'éclairage public à l'agglomération seulement car en règle générale les routes en rase campagne ne doivent pas être éclairés, même au niveau de carrefour comme nous le recommande le guide « ARP, SETRA » à son page 104.

Le choix s'est porté sur des candélabres simples en acier galvanisé alimentés par des panneaux solaires et seront implantés unilatéralement. Ils auront une hauteur H=10 m avec un espacement de 40 m.

II. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMEMAL ET SOCIAL

L'étude d'impact environnemental consiste à faire une description, une identification et une évaluation des impacts potentiels ou probables du projet sur le milieu naturel et humain à partir d'une étude ou en se référant à certaines informations disponibles.

Dans la présente partie, nous nous referons à la loi n°98-56 du 29 Décembre 1998 portant loi cadre relative à la gestion de l'environnement plus précisément à son **titre 3 : gestion de l'environnement à l'article art.33** précisant les démarches à suivre pour une étude d'impact environnemental en république du Niger :

- Description de l'état initial du site et de son environnement ;
- Description du projet;
- Étude des modifications que le projet est susceptible d'engendrer ;
- Mesures envisagées pour supprimer, réduire et si possible compenser les conséquences dommageables sur l'environnement.

Cependant, il faut noter que les deux (02) premiers points ont été déjà abordés au chapitre I du présent document. Il sera donc question dans cette partie d'évaluer les modifications que le projet est susceptible d'engendrer afin de proposer des mesures pour supprimer, réduire, et si possible compenser les conséquences dommageables sur l'environnement du projet.

2.1 ETUDES DES MODIFICATIONS ENGENDRER PAR LE PROJET

2.1.1 Identification et évaluation des impacts du projet

a) Identification des impacts du projet

L'approche méthodique utilisée pour l'identification des impacts du projet permet de mettre en liaison les activités sources d'impact et l'environnement susceptible d'être affecter.

Impacts négatifs

Les principaux impacts significatifs identifiés sont liés à la perte de la végétation, de terres de cultures, la modification structurale et la pollution des sols par les déchets solides et liquides issus des sites du chantier et l'exploitation des carrières et des zones d'emprunts. Il existe aussi des risques de pollution des sols suite aux éventuelles fuites d'hydrocarbures, au stockage des matériaux de construction du pont et des routes d'accès et à l'abandon de déchets organiques ou inorganiques éventuellement, de même que l'altération de la qualité de l'air. Il est également attendu l'augmentation de la turbidité et la pollution des ressources en eau liées aux travaux de construction.

Cependant, du fait de sa rareté dans la zone d'influence des travaux, l'impact sur le faune lié à la présence sur du chantier sera d'une faible intensité, d'étendue locale et de courte durée et par conséquent d'importance globale mineure.

Sur le milieu humain, ces impacts se traduisent par la perte d'emploi des employés du bac, mais d'une centaine de petits commerçants informels liés à la disparition de l'activité du bac Farié. Il peut y avoir aussi des impacts négatifs sur la santé et la sécurité liés aux risques de blessures et d'accidents, des maladies respiratoires, les risques des maladies liés à l'usage des produits (adjuvants) et des IST/VIH/SIDA.

Impacts positifs

Les principaux impacts positifs attendus du projet en phase d'exploitation peuvent, être résumés comme suit :

- Le désenclavement des deux rives du fleuve ;
- Le développement et la promotion des activités commerciales ;
- L'accès facile aux marchés, aux centres administratifs, économiques et médicaux pour toutes les localités de la zone concernée;
- La facilitation et la réduction du coût de transport des personnes et des biens ;
- L'amélioration des conditions de santé des populations par la facilitation des évacuations sanitaires.
- L'amélioration des ressources financières des communes concernées et du pays en général ;
- L'amélioration et le développement des échanges internationaux.

b) Evaluation des impacts du projet

Les impacts sont évalués sur la base de paramètres qualitatifs que sont l'intensité, l'étendue et la durée. Ces trois paramètres sont agrégés en un indicateur-synthèse qui est l'importance absolue de l'impact ou sa signification. Un bilan des impacts a été élaboré à l'aide de la matrice d'identification des impacts donnée par le tableau ci- après.

Impacts négatifs
Impacts positifs

- (-): Impact négatif de faible intensité. (+) : Impact positif de faible intensité.
- (- -) : Impact négatif de moyenne intensité. (++) : Impact positif de moyenne intensité.
- (- -): Impact négatif de forte intensité. (+++): Impact positif de forte intensité.

Tableau 27: matrice de bilan des impacts

Mobilité
(-)
(+++)
() (+)
(+++)

2.2 MESURES D'ATTENUATION ET OU DE BONIFICATION DES IMPACTS DU PROJET

Pour atténuer et /ou bonifier les différents impacts négatifs et/ou positifs du projet, un certain nombre de mesures doivent être prise. Il s'agit de/d':

- Mettre en place des barrières et système de sécurité sur le chantier ;
- Mettre en place des aires de stockage pour l'isolement des hydrocarbures et tous produits dangereux sur site ;
- Arroser et entretenir régulièrement les voies de circulation ;
- Eviter les travaux sonores pendant les heures nocturnes ;
- Elaborer un plan de réaménagement du site de projet ;
- Respecter le Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES) élaboré pour le projet.

Si ces mesures sont rigoureusement respectées, elles peuvent réduire de façon significative les impacts du projet.

Le tableau présenté à l'annexe 5 B résume les mesures d'atténuation et ou de bonification à prendre à chaque impact significatif du projet.

III. AVANT METRE ET ESTIMATION DU COUT DU PROJET

Avant d'entreprendre un projet, il faut avoir au préalable une idée précise sur le budget qu'il va générer. C'est pourquoi, dans cette partie un avant métré a été établi afin d'estimer le coût prévisionnel du projet.

3.1 AVANT METRE

L'avant-métré est un procédé technique permettant de quantifier les parties d'ouvrages en vue de la réalisation d'un projet.

* Bases des estimations

L'estimation du devis est basée sur les prix unitaires des projets récents réalisés ou en cours de réalisation au Niger et dans les zones les plus proches du projet.

C'est ainsi que les séries de prix se résument dans le tableau ci – après

Tableau 28: séries de prix

*	POSTE 000	INSTALLATION DE CHANTIER
*	POSTE 100	TRAVAUX PRÉPARATOIRES
*	POSTE 200	TERRASSEMENT
*	POSTE 300	CHAUSSÉE
*	POSTE 400	REVETEMENT
*	POSTE 500	DRAINAGE, ASSAINISSEMENT ET PROTECTION
*	POSTE 600	SÉCURITE ET SIGNALISATION
*	POSTE 700	MESURES ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE

- 1. Installation de chantier : ce poste est estimé forfaitaire
- 2. Travaux préparatoires : ils regroupent toutes les activités de dégagement de l'emprise du projet
- 3. Terrassements

Le quantitatif du terrassement est donné par le tableau suivant.

Tableau 29: quantitatif de terrassement

Désignation	Unité	Quantité
Remblais	m3	105065,2
Déblais	m3	14911

1. Chaussée

Les travaux de chaussée concernent essentiellement la mise en place des couches de chaussée et des bordures ainsi que leur mise en œuvre, le quantitatif est donné par le tableau ci –après.

Tableau 30: quantitatif chaussée

Désignation	Unité	Quantité
Couche de fondation en graveleux latéritique naturel	m3	4518
Couche de base en graveleux latéritique naturel	m 3	8042
Couche de forme en graveleux latéritique naturel	m 3	5522

2. Revêtement

Le quantitatif de revêtement est donné par le tableau ci-après.

Tableau 31: quantitatif revêtement

Désignations	Unités	L (m)	1 (m)	Surface (m²)
Bitume pour couche d'imprégnation	m²	2853	10	28530
Béton bitumineux pour revêtement	m 3	-	-	1153
Bitume pur pour enduits superficiels				
bicouche pour accotements	m²	1653	3	4959
Pavés autobloquants pour trottoirs en				
traversées d'agglomération	m^2	1200	2*2,5	6000

3. Drainage, assainissement et protection

Cette série comprend les travaux de construction d'ouvrages hydrauliques courants et les dispositifs d'aménagement pour l'assainissement routier.

Les quantités seront incluses dans le devis en annexe.

4. Sécurité et signalisation

Les quantités indiquées dans ce poste résultent du dénombrement exhaustif des différents panneaux proposés pour la signalisation verticale et horizontale. Les quantités utilisées sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 32: quantitatif signalisation

Désignations	Unité	Quantité
Panneaux de signalisation de type A	U	10
Panneaux de signalisation de type B,AB	U	13
Panneaux de signalisation de type EB	U	20
Ralentisseur	U	2
Bande de peinture blanche continue ou discontinue d'axe de module T1	ml	1445
Bande de peinture blanche discontinue d'axe de rive T2	ml	3605
Marquages spéciales	m²	
Candélabres	U	16

5. Mesures environnementale et sociale

Les quantités indiquées dans ce poste sont des forfaits estimés.

3.2 ESTIMATION DES COÛTS

La présente estimation du coût du projet prend en compte la fourniture et la pose des matériaux.

Les prix unitaires appliqués sont consignés en annexe 5 C du présent document, néanmoins le tableau ci-après nous présente la répartition des coûts par poste.

Série	Poste	Montant HT	Pourcentage
000.	INSTALLATION DE CHANTIER	295 000 000,00	9,91
100	TRAVAUX PREPARATOIRES	69 985 200,00	2,35
200	TERRASSEMENTS	843 809 800,00	28,33
300	CHAUSSEE	331 828 004,00	11,14
400	REVETTEMENT	744 276 587,00	24,99
500	DRAINAGE, ASSAINISSEMENT ET PROTECTION	570 530 992,00	19,16
600	SECURITE ET SIGNALISATION	50 517 726,00	1,70
700	MESURES ENVIRONNEMENTALES	72 310 000,00	2,43
	Total	2 978 258 309	100

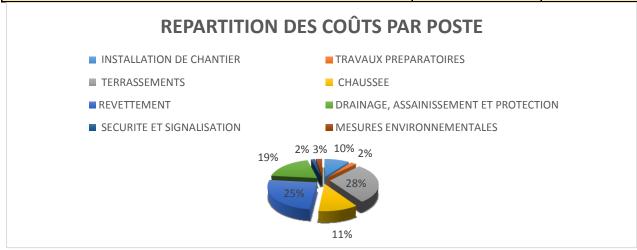


Figure 10: graphe de répartition des coûts par poste

L'observation du graphique de répartition des coûts nous fait ressortir que :

- L'essentiel des coûts sont générer par les travaux de revêtement et chaussée (36%), les travaux de terrassement (28%) et les travaux d'assainissement de drainage et protection (19%);
- L'installation de chantier représente 10 % du coût global.
- La signalisation, les mesures environnementales et les travaux préparatoires représentent 7% du coût global.

CONCLUSION

Au terme de notre étude, les questions de réhabilitation des structures des chaussées ont été abordées et nous ont permis de proposer une solution de réhabilitation adéquate pour renforcer la structure de chaussée de la voie existante à la rive gauche du fleuve.

La structure de chaussée retenue après dimensionnement et vérification est constituée de :

- 5 cm de revêtement en béton bitumineux ;
- 25 cm de couche de base ou couche de renforcement en graveleux latéritique naturel
- un recyclage des couches existantes avec un apport de 5 à 10 cm pour réglage et l'élargissement.

Pour l'aménagement de la voie sur la rive gauche, toujours en conciliant le respect des normes techniques et les limites budgétaires, une solution technique et économique a été proposée sur la base d'un dimensionnement optimal en cherchant à éviter le mouvement des terres le maximum possible. La structure de chaussée ainsi obtenue pour l'axe de la rive droite est constitué de

- 30 cm de couche forme en graveleux latéritique,
- 30 cm de couche de fondation en graveleux latéritique,
- 20 cm de couche de base en graveleux latéritique,
- 5 cm revêtement en béton bitumineux de.

Deux ouvrages hydrauliques dalots 4 x 4 ont été projeté au niveau de digue de protection au droit de lit majeur du fleuve sur la rive droite et des caniveaux latéraux sont aussi dimensionnés à l'agglomération afin d'assainir la route.

Nous avons aussi proposé l'aménagement de deux carrefours giratoires aux raccordements des voies d'accès avec la RN1 (origine du projet) et avec la RN4 (fin du projet) pour assurer non seulement la sécurité des usagers, mais aussi le confort de la structure routière.

Pour renforcer les liens de capacité avec la localité bénéficiaire du projet, nous avons proposé l'implantation de 16 candélabres comme l'éclairage public.

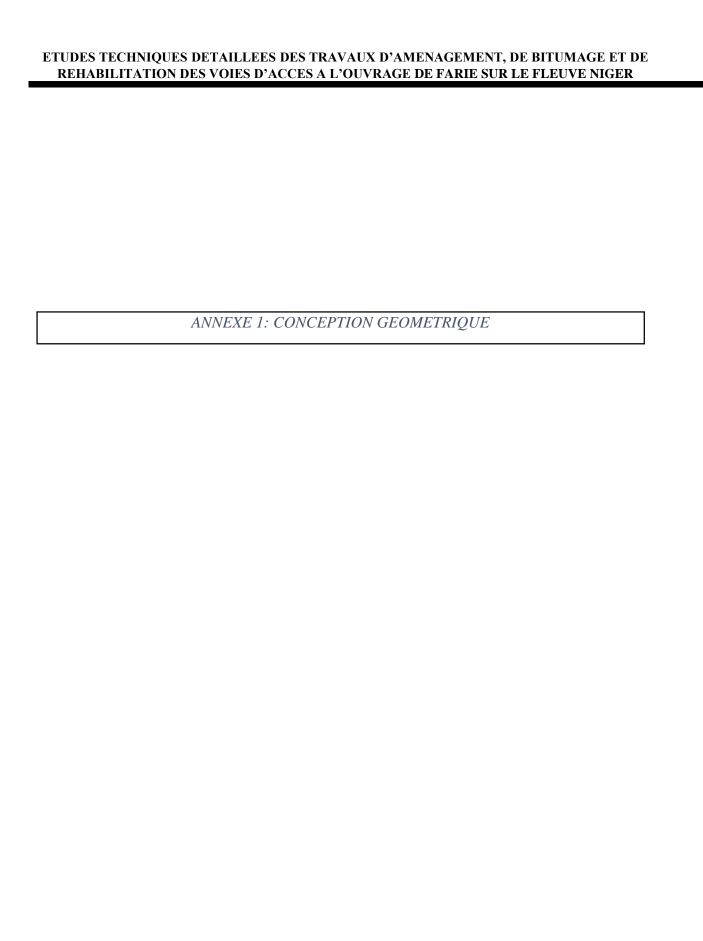
Les études complémentaires de signalisation et sécurité routière et l'impact environnemental et social ont été aussi abordés et enfin le devis quantitatif et estimatif a permis d'estimer l'enveloppe financière à deux milliards neufs cents soixante-dix-huit millions deux cents cinquante-huit mille trois cents neuf (2 978 258 309 F CFA) hors taxes.

BIBLIOGRAPHIE

- **♣ SETRA,** Conception et dimensionnement des structures de chaussées, 1994, LCPC
- **SETRA,** Aménagement des routes principales, 1994
- **SETRA**, Aménagement des carrefours interurbains, 1998
- **CEBTP**, Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux, 1984
- **← CEBTP LCPC**, Manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux, 1985
- ♣ Ministère de l'Intérieur et le Ministère des transports, Instruction interministériel sur la signalisation routière, Juillet 2002
- **♣ SETRA**, Comprendre les principaux paramètres de conception géométriques des routes, 2006
- **♣ Prof Adamah MESSAN,** Cours de Béton Armé 1,2&3, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), 2013/2014
- **♣ Prof Adamah MESSAN**, Cours d'Ouvrage d'art, Institut International d'Ingénierie de l'Environnement (2iE), 2013
- **♣ Dr Angelbert C. BIAOU,** Cours d'hydraulique routière Institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, 2013
- **Lissoufou TAMBOURA**, Cours de route, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), 2014

ANNEXES

ANNEXE 1: CONCE	EPTION GEOMETRIQUE	xiv
	CHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT	
ANNEXE 3: DIMENS	SIONNEMENT DES OUVRAGES EN BA	xlii
ANNEXE 4: CADRE	LOGIQUE ET ORGANIGRAMME	lxxvi
	S COMPLEMENTAIRES	



A : CARACTERISTIQUES DES ROUTES

Tableau 33: caractéristiques des routes (SETRA, ARP, 1994)

	R (routes multifonct	tionnelles)	T (transit)	L (liaison)	
Types de routes	I Routes		Routes express (à une chaussée)	Autoroutes	
Nombre de chaussées	1 chaussée	2 chaussées	1 chaussée	2 chaussées	
Carrefours	plans ordinaires ou giratoires	I blane cane		dénivelés	
Accès	selon les cas, sans accès ou accès possibles	si accès, pas de traversée du TPC	sans accès riverain	sans accès riverain	
Limitation de vitesse hors agglomération	90km/h Ou 90 km/h		90 km	130 km/h ou 110km/h	
Traversée d'agglomérations	Oui, éventuellement		non	non	
Catégories possibles	R 60 ou R 80		T 80 ou T 100	L 100 ou L 120 (L 80)	
Domaine d'emploi (à titre indicatif)	Fonction de la liaison moyenne distance, et des usages liés à l'env	prise en compte	fonction de liaison à moyenne ou grande distance privilégiée		
Traffic à terme	Trafic moyen Fort traff (1 chaussée) (2 chaus		trafic moyen	fort trafic	
Types de "sécurité des routes et des rues"	Voies principales en milieu rural		voies isolées de les	ur environnement	
Types de routes	R (routes multifone)	tionnelles)	T (transit)	L (liaison)	

	Routes	Artères interurbaines	Routes express (à une chaussée)	Autoroutes	
Nombre de chaussées	1 chaussée	2 chaussées	1 chaussée	2 chaussées	
Carrefours	plans ordinaires ou giratoires giratoires giratoire ou plans, sans traversée du TPC		dénivelés	dénivelés	
Accès	selon les cas, sans accès ou accès possibles si accès, pas de traversée du TPC		sans accès riverain	sans accès riverain	
Limitation de vitesse hors agglomération	90km/h	110 km/h Ou 90 km/h	90 km	130 km/h ou 110km/h	
Traversée d'agglomérations	Oui, éventuellement		non	non	
Catégories possibles	R 60 ou R 80		T 80 ou T 100	L 100 ou L 120 (L 80)	
Domaine d'emploi (à titre indicatif)	Fonction de la liaison moyenne distance, et des usages liés à l'env	prise en compte	fonction de liaison à moyenne ou grande distance privilégiée		
Traffic à terme	Trafic moyen For (1 chaussée) (2		trafic moyen	fort trafic	
Types de "sécurité des routes et des rues"	Voies principales en	milieu rural	voies isolées de le	ur environnement	

B: LISTING D'ELEMENT D'AXE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG

Tableau 34: listing d'élément d'axe en plan (rive gauche)

	LISTING DES I	ELEMENTS I	D'AXE EN	PLAN (AXE R	IVE GAUCHE)
ELE M	CARACTERISTIQU ES	LONGUEU R	ABSCISS E	X	Y
			0.000	354923.923	1525715.242
D1	ANG = 241.960-	474.943			
			474.943	354700.658	1525296.048
LA1	A = 183.030				
	Rf= -500.000				
	L = 67.000				
			541.943	354667.856	1525237.642
	XC= 354243.272				
	YC= 1525501.705				
	R = -500.000				
	L = 262.119				
			804.062	354478.659	1525060.578
	Rd= -500.000				
	A = 183.030				
	L = 67.000	396.119			
			871.062	354418.211	1525031.713
D2	ANG = 204.246-	344.339			
			1215.401	354104.245	1524890.309
LA2	A = 133.041				
	Rf= 300.000				
	L = 59.000				
			1274.401	354051.295	1524864.342
	XC= 354200.750				
	YC= 1524604.221				-
	R = 300.000				
	L = 173.787				
			1448.187	353933.280	1524740.088
	Rd= 300.000				

	A = 133.041						
	L = 59.000	291.787					
			1507.187	353910.073	1524685.872		
D3	ANG = 248.705-	22.108					
			1529.295	353902.044	1524665.273		
	LONGUEUR DE L'AXE 1529.295 m						

Tableau 35:listing d'éléments d'axe en plan (rive droite)

LISTING D'ELEMENT D'AXE EN PLAN (AXE RIVE DROITE)							
ELEM		LONGUEU R	ABSCISS E	X	Y		
			0.000	353665.671	1524058.863		
D4	ANG = 248.705°	183.392					
			183.392	353599.068	1523887.993		
C1	XC= 352760.519						
	YC= 1524214.850						
	R = -900.000	531.572					
			714.963	353274.984	1523476.388		
D5	ANG = 214.864°	608.356					
			1323.320	352775.819	1523128.635		
	LONGUE	UR DE L'AX	KE 1323.3	20			

Tableau 36: LISTING D'ELEMENT DU PROFIL EN LONG (RIVE GAUCHE)

I	LISTING D'ELEMENT DU PROFIL EN LONG (AXE RIVE GAUCHE)							
	CARACTERISTIQUES DES							
ELEM	ELEMENTS	LONGUEUR	ABSCISSE	Z				
			0.000	203.842				
D1	PENTE= -0.641 %	359.195						
			359.195	201.541				
PA1	S= 378.4132 Z= 201.4794							
	R = 3000.00	10.562						
			369.757	201.492				
D2	PENTE= -0.289 %	99.005						
			468.762	201.206				
PA2	S= 439.9068 Z= 201.2479							
	R = -10000.00	21.653						
			490.415	201.120				
D3	PENTE= -0.505 %	480.655						
			971.070	198.693				
PA3	S= 986.2220 Z= 198.6544							
	R = 3000.00	7.861						
			978.930	198.663				
D4	PENTE= -0.243 %	247.216						
			1226.147	198.062				
PA4	S= 1215.2093 Z= 198.0757							
	R = -4500.00	47.707						
			1273.853	197.694				
D5	PENTE= -1.303 %	87.193						
			1361.046	196.557				
PA5	S= 1400.1418 Z= 196.3025							
	R = 3000.00	27.908						
			1388.954	196.323				
D6	PENTE= -0.373 %	140.341						
			1529.295	195.800				
	LONGUEUR DE	L'AXE 1529.	295					

Tableau 37: LISTING D'ELEMENT DU PROFIL EN LONG (RIVE DROITE)

LIS	LISTING D'ELEMENT DU PROFIL EN LONG (AXE RIVE DROITE)							
	CARACTERISTIQUES DES	LONGUEUR	ABSCISSE					
ELEMENTS	ELEMENTS	(m)	(m)	Z(m)				
			0.000	192.620				
PA1	S= 61.2477 Z= 191.9948							
	R = 3000.00	77.161						
			77.161	192.037				
D1	PENTE= 0.530 %	823.715						
			900.877	196.406				
PA2	S= 953.9213 Z= 196.5471							
	R = -10000.00	177.906						
			1078.783	195.768				
D2	PENTE= -1.249 %	244.537						
			1323.320	192.714				
	LONGUEUR DE	L'AXE 1323.3	20					

	C : TRAC	E COMBINI	E	

E : AMENAGEMENT DES AMORCES						

1	F	CA	B.	B.	$\mathbf{F}\mathbf{F}$	\sim	T	RS	1
	Г.	L.A		Г.	ГΕ	'()	"	L')

Elements	Notations	Paramétrage	Valeurs courantes (en m)			
Rayon de	$R_{\rm g}$	$12 \text{ m} \le R_g \le 25 \text{ m}$	$R_g = 12$	$R_g=15$	R _g = 20	R _g = 25
giration						
Largeur de	<i>l</i> a	$6 \text{ m} \le la \le 9 \text{ m}$	7	7	7	8
1'anneau						
Surlargueur	Sl_{f}	$1.5 \text{ si } R_g \le 15 \text{ m}$	1,5	1,5	-	-
franchissable						
Rayon intérieur	R_{i}	R_{g} – la – Sl_f	3,5	6,5	13	18
Rayon d'entrée	Re	$\begin{array}{c} 10 \text{ m} \leq R_e \leq 15 \text{ m} \\ \text{et} \leq R_g \end{array}$	12	15	15	15
Largueur de la		$L_{\rm e} = 4 \rm m$	4	4	4	4
voie entrante	L_{e}					
Rayon de sortie	R _s	$\begin{array}{c c} 15 \text{ m} \leq R_s \leq 30 \text{ m} \\ \text{et} > R_i \end{array}$	15	20	20	20
Largeur de la	ls	$4 \text{ m} \leq l \text{s} \leq 5 \text{ m}$	4	4	4,5	5
voie						
Rayon de	R_r	$R_r = 4 R_g$	48	60	80	100
raccordement						
		Paramètres de l'îlot	séparateur			
Hauteur du						
triangle de	Н	$H = R_g$	12 à 15	15	20	25
construction						
Base du triangle	В	$B = R_g/4$	3 à 3.75	3,75	5	6,25
de construction	Б	$\mathbf{D} - \mathbf{K}\mathbf{g}/4$	3 a 3.73	3,73	3	0,23
Départ de l'îlot	d	$d = (0.5 + R_g/50)/2$	0	0,4	0,45	0,5
sur l'axe	u	ou 0	U	U, T	0,43	0,5
Rayon de raccordement	r	$r = R_g/50$	0,25	0,3	0,4	0,5

Tableau 38: Paramètres de conception des giratoires

G : fond de plan topo

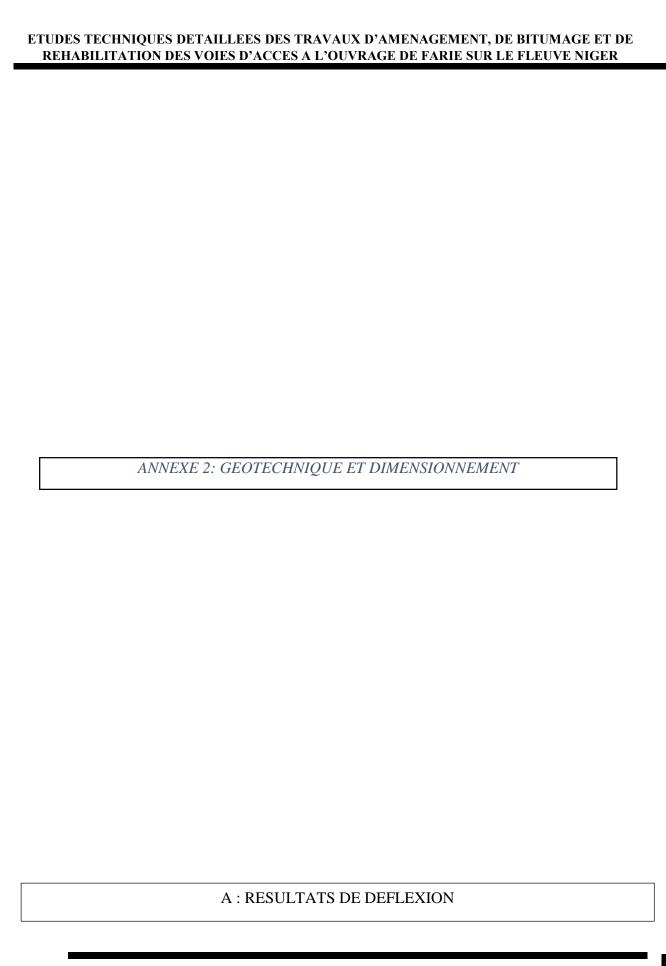


Tableau 39: Mesures de déflexion à droite

chaussée existante du PK0+000 au PK1+425							
	DATE:13/08/2018						
PK	Position	Déflexions totales lues (mm)	Déflexions totales réelles (mm)	Déflexions élastiques (1/100 mm)	OBSERVATIONS		
0+000	D	5,75	5,69	12			
0+025	D	5,81	5,58	46			
0+075	D	5,81	5,52	58			
0+125	D	5,77	5,47	60			
0+175	D	5,79	5,50	58			
0+225	D	5,71	5,53	36			
0+275	D	5,92	5,60	64			
0+325	D	5,81	5,45	72			
0+375	D	5,79	5,45	68			
0+425	D	5,71	5,40	62			
0+475	D	5,80	5,58	44			
0+525	D	5,80	5,45	70			
0+575	D	5,70	5,40	60			
0+625	D	5,78	5,49	58			
0+675	D	5,70	5,45	50			
0+725	D	5,79	5,39	80			
0+775	D	5,72	5,35	74			
0+825	D	5,80	5,46	68			
0+875	D	5,85	5,58	54			
0+925	D	5,89	5,65	48			
0+975	D	5,86	5,68	36			
1+025	D	5,73	5,48	50			
1+075	D	5,76	5,46	60			
1+125	D	5,80	5,57	46			
1+175	D	5,81	5,52	58			
1+225	D	5,88	5,64	48			
1+275	D	5,75	5,46	58			
1+325	D	5,86	5,66	40			
1+375	D	5,76	5,55	42			
1+425	D	5,84	5,39	90			
MOYE	NNE			55,58			
Ecart ty	ype			14,77			
D90		D90=M0 (ECART		74,78			

Tableau 40: Mesures de déflexion à l'axe

				DAT	E:13/08/2018
PK	Position	Déflexions totales lues (mm)	Déflexions totales réelles (mm)	Déflexions élastiques (1/100 mm)	OBSERVATIONS
0+000	A	5,76	5,71	10	
0+025	A	5,79	5,65	28	
0+075	A	5,6	5,39	42	
0+125	A	5,78	5,54	48	
0+175	A	5,77	5,47	60	
0+225	A	5,72	5,62	20	
0+275	A	5,74	5,49	50	
0+325	A	5,8	5,47	66	
0+375	A	5,72	5,33	78	
0+425	A	5,8	5,54	52	
0+475	A	5,76	5,36	80	
0+525	A	5,78	5,39	78	
0+575	A	5,83	5,38	90	
0+625	A	5,81	5,38	86	
0+675	A	5,82	5,51	62	
0+725	A	5,79	5,5	58	
0+775	A	5,87	5,6	54	
0+825	A	5,8	5,49	62	
0+875	A	5,8	5,43	74	
0+925	A	5,77	5,6	34	
0+975	A	5,78	5,58	40	
1+025	A	5,83	5,73	20	
1+075	A	5,8	5,64	32	
1+125	A	5,8	5,61	38	
1+175	A	5,8	5,61	38	
1+225	A	5,8	5,6	40	
1+275	A	5,8	5,71	18	
1+325	A	5,78	5,56	44	
1+375	A	5,94	5,78	32	
1+425	A	5,75	5,64	22	
MOYEN	NE			52,58	
Ecart typ	oe			22,15	
D90		D90=MOY	Y+1.3 (ECART	81,38	

TYPE)

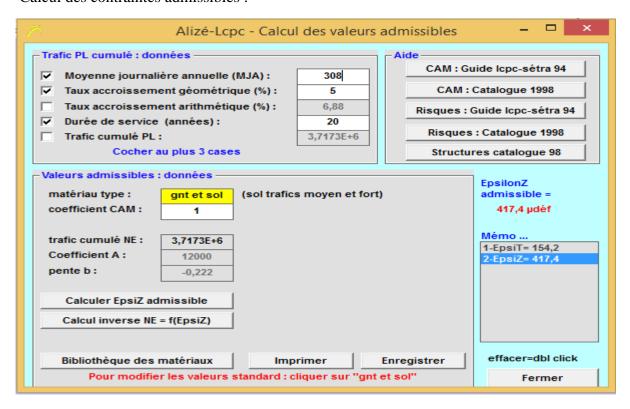
Tableau 41: Mesures de déflexion à gauche

DATE:13/08/2018							
PK	Position	Déflexions totales lues (mm)	Déflexions totales réelles (mm)	Déflexions élastiques (1/100 mm)	OBSERVATIONS		
0+000	G	5,65	5,47	36			
0+025	G	5,58	5,41	34			
0+075	G	5,6	5,39	42			
0+125	G	5,68	5,3	76			
0+175	G	5,67	5,41	52			
0+225	G	5,6	5,41	38			
0+275	G	5,62	5,38	48			
0+325	G	5,57	5,38	38			
0+375	G	5,63	5,29	68			
0+425	G	5,6	5,24	72			
0+475	G	5,58	5,3	56			
0+525	G	5,61	5,26	70			
0+575	G	5,63	5,2	86			
0+625	G	5,59	5,2	78			
0+675	G	5,55	5,15	80			
0+725	G	5,67	5,2	94			
0+775	G	5,59	5,33	52			
0+825	G	5,65	5,4	50			
0+875	G	5,55	5,45	20			
0+925	G	5,57	5,37	40			
0+975	G	5,65	5,35	60			
1+025	G	5,69	5,45	48			
1+075	G	5,69	5,45	48			
1+125	G	5,63	5,3	66			
1+175	G	5,59	5,38	42			
1+225	G	5,63	5,41	44			
1+275	G	5,66	5,32	68			
1+325	G	5,7	5,25	90			
1+375	G	5,62	5,47	30			
1+425	G	5,74	5,58	32			

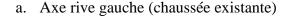
MOYENNE			56,33	
Ecart type			18,71	
D90	D90=MOY+	`	80,66	

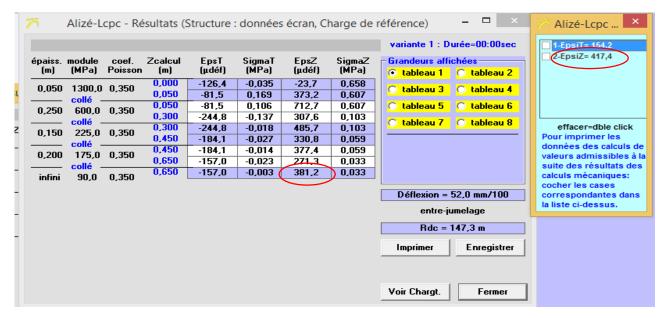
B: VERIFICATION DES CONTRAINTES ET DEFORMATIONS AVEC ALIZE

Calcul des contraintes admissibles :



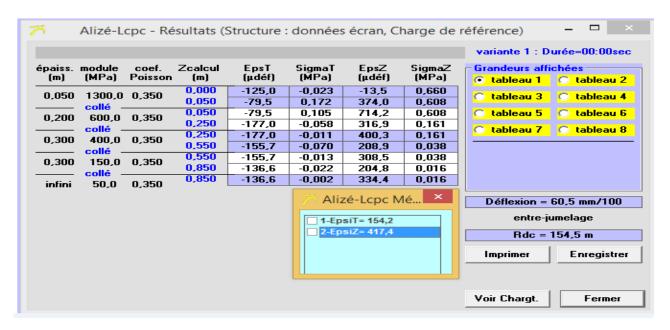
Vérification des contraintes :



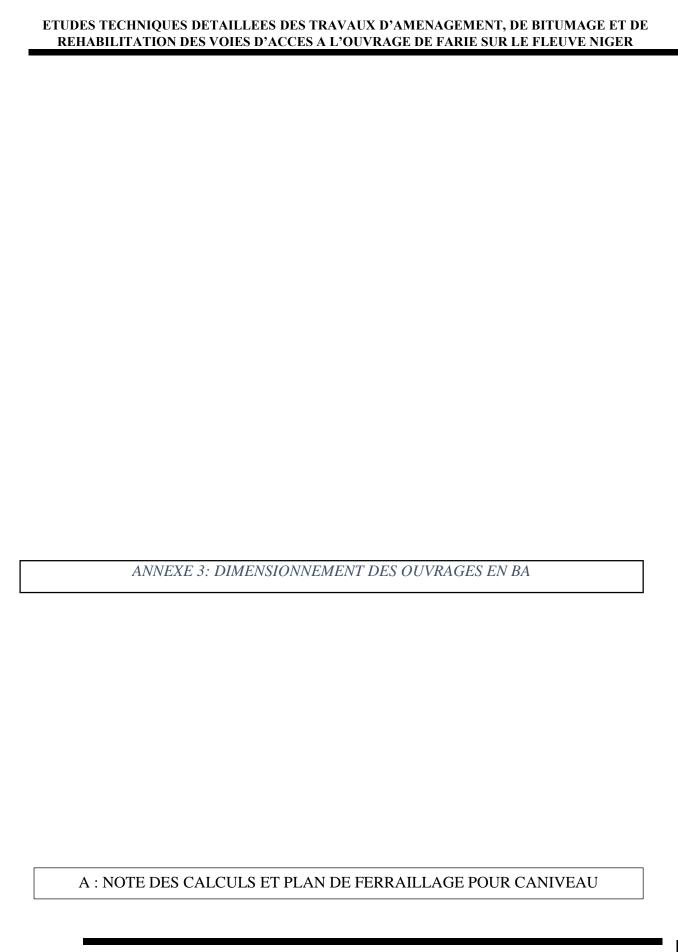


La variante est vérifiée.

b. Axe rive droite



Cette variante est vérifiée pour l'axe à la rive droite.



NOTE DES CALCULS CANIVEAU: 80 × 80 cm²

Hypothèses de calculs

* Règlement

BAEL 91 modifié 99

Caractéristiques des matériaux

Béton

• Dosage : 350 kg/m3 de CPA 45 ou de classe équivalente

• Poids volumique : $\rho b = 2.5 \text{ T/m}3$

• Résistances caractéristiques : fc28 = 25 MPa ; ft28 = 2,1 MPa

• Coefficient de sécurité : $\gamma b = 1,5$

• Granulat : $\varphi = 25$ mm

• Contrainte admissible à l'ELS : $\sigma bc = 0.6f \times c28 = 15 MPa$

• Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU : $fbu = 0.85 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} = 14.16 MPa$

Acier

• Acier haute adhérence (HA) de nuance FeE 400

• Limite d'élasticité fe = 400 MPa

• Coefficient de sécurité $\gamma s = 1,15$

• Coefficient d'adhérence $\eta = 1.6$

• Contrainte limite des aciers à l'ELS, pour une fissuration préjudiciable :

$$\sigma s = min\left(\frac{2}{3} fe; 110 \sqrt{\eta \times f_{t28}}\right) = 201,63 MPa$$

• $\sigma st = \frac{f_e}{\gamma_s} = 347,83 MPa$

Sol

• Poids volumique des terres $\gamma = 1.8 \text{ T/}m3$

• Coefficient de poussée ka= 0,33

• Contrainte admissible du sol : 1bar

Cas de chargements à étudier

• Dallette

La dallette sera étudiée sous une roue isolée 10T (Br) en stationnement.

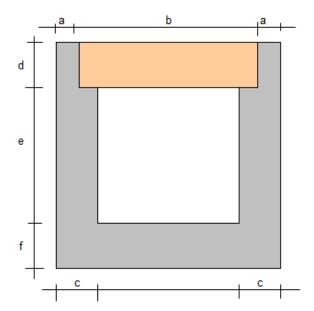
• Voile

- Efforts à lui transmettre par la dallette chargée ;
- Poussées dues à la roue de 10T concentrée stationnée sur la chaussée à fleur de la paroi du piédroit, la dallette n'étant pas encore posée.

• Radier:

Le radier est à étudier sous les efforts qui lui sont transmis par les voiles dans les différents cas de chargement.

Schémas de principe :



Epaisseur de la lèvre de a =

0,07

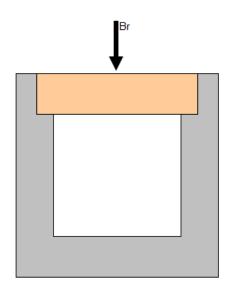
m

feuillure

Portée de la dallette	$b = 1 + 2 \times g - 0.01$	=	0,95	m
Epaisseur du voile	c =		0,15	m
Epaisseur de la dallette	d =		0,15	m
Hauteur libre du caniveau	e =		0,80	m
Ouverture du caniveau	1=		0,8	m
Epaisseur du radier	f =		0,15	m
Redent de la feuillure	g = c - a =		0,08	m
Largeur d'une dallette	h =		0,95	m

CALCUL DES ARMATURES

1. La dallette



• Poids au ml de la dallette

 $Pd=h \times e \times \rho b=0,95\times 0,15\times 2,5=0,356T/ml$

• Moment de flexion dû à la roue Br

$$M_{Br} = Br \times \left(\frac{b-2\times g}{4}\right) = 10 \times \left(\frac{0.95-2\times0.08}{4}\right) = 1.975 \text{ T.m}$$

• Moment de flexion dû au poids propre de la dallette

$$M_d = Pd \times \frac{(b-2 \times g)^2}{8} = 0.356 \times \frac{(0.95-2 \times 0.08)^2}{8} = 0.028 \, T. \, m$$

- Effort tranchant dû à Br
- $T_{Br} = \frac{Br}{2} = 5 T$
- Effort tranchant dû au poids propre

$$T_d = Pd \times \frac{(b-2\times g)}{8} = 0,035 \text{ T}$$

Eléments de réduction de calculs :

A L'ELU

$$M_u = 1.35M_d + 1.5M_{Br} = 3 \text{ T.m}$$

$$T_{\nu} = 1.35T_d + 1.5T_{Br} = 7.54T$$

A L'ELS

$$M_s = M_d + M_{Br} = 2 \text{ T.m}$$

$$T_s = T_d + T_{Br} = 5.03 \text{ T}$$

Calcul des armatures à ELU

Moment réduit de l'acier μ_s = 0,392

La largeur de la section $b_0 = 0.79$

La hauteur utile $d_1 = e - enrobage = 0.15 - 0.03 = 0.12$

Moment réduit du béton

$$\mu b = \frac{Mu}{(b0 \times d1^2 \times Fbu)} = \frac{3 \times 0.01}{(0.79 \times 0.12^2 \times 14.17)} = 0.186$$

μb < μs Pas d'acier comprimé

$$\alpha = 1.25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu b}) = 0.259$$

Bras de levier

$$Z = d1 \times (1 - 0.4 \times \propto) = 0.107$$

$$Au = \frac{Mu}{Z \times fed} = \frac{3 \times 100}{0.107 \times 347.83} = 8,02 \text{ cm}^2$$

Au = 8,02 cm², choix 6HA14 espacé de 12

Calcul des armatures transversales à ELU

• Effort tranchant de calcul

$$T_u = 7,54 \text{ T}$$

• Contrainte tangentielle

$$T_0 = \frac{T_u}{(b_0 \times d_1)} = \frac{7,54 \times 10^{-2}}{(0,79 \times 0,12)} = 0,796 \text{ T}$$

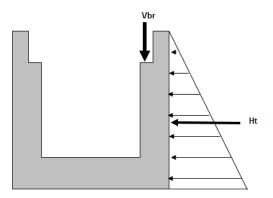
• Contrainte tangentielle limite

Pour un acier FeE400 on a : $T_{01} = \min\{0.13 \times f_{c28} ; 3\} = 3.25$

$$\frac{Ast}{St} = \frac{(T_0 - 0.3 \times f_{t28})}{(0.8 \times FeE400) \times b_0} = \frac{(3.25 - 0.3 \times 2.1)}{(0.8 \times 400) \times 0.79} = 0.001; \text{ Soit Ast} = 1 \text{ cm}^2$$

Ferraillage retenu pour la dallette :

- Armatures longitudinales : 6HA14 espacé de 12 cm
- Armatures transversales : HA8 espacé de 30 cm
- 2. Piédroits



Piédroit soumis à l'effort transmis par la dallette chargée :

• Effort dû à l'action de Br sur la dallette :

$$V_{Br} = \frac{T_{Br}}{h(largeur\ dallette)} = \frac{5}{0.79} = 6,32\ T/ml$$

• Effort dû au poids propre de la dallette

$$V_{Pd} = \frac{T_d}{h} = \frac{0,035}{0.79} = 0,045 \ T/ml$$

• Effort vertical transmit au piédroit

$$V_{bru} = 1.35 \times V_{Pd} + 1.5 \times V_{Br} = 9.53 T/ml$$

• Résultante des poussées latérales des terres :

$$H_t = K_a \cdot \gamma \cdot \frac{z^2}{2} = \frac{0.33 \times 1.8 \times (0.8 + 0.15)^2}{2} = 0.268 \, T/ml$$

• Moment dû à H_t :

$$M_u = \frac{H_t(e+d)}{3} = \frac{1.35 \times 0,268 \times (0,8+0,15)}{3} = 0,114T. m/ml$$

Calcul des armatures

Le piédroit est calculé en flexion simple

• L'excentricité e

$$e = \frac{\left[M_u + \left(\frac{c}{2} - \frac{g}{3}\right) \times V_{bru}\right]}{V_{bru}} = \frac{\left[0.114 + \left(\frac{0.15}{2} - \frac{0.08}{3}\right) \times 9.53\right]}{V_{bru}} = 0.06$$

• Le noyau central de la section be

$$be = \frac{c}{6} = \frac{0.15}{6} = 0.025$$

e > be, la section est donc partiellement comprimée.

• Moment ramené au centre de gravité

$$M_{cu} = e \times V_{bru} + V_{bru} \times \left(\frac{c}{2} - enrobage\right) = 1,006 \, T. \, m/ml$$

• Moment réduit du béton

La largeur de la section $b_0 = 1,1$ m

La hauteur utile $d_1 = e - enrobage = 0,12$

$$\mu b = \frac{M_{uc}}{(b0 \times d1^2 \times Fbu)} = \frac{1,006 \times 0,01}{(1,1 \times 0,12^2 \times 14,17)} = 0,044$$

 $\mu_s = 0.392$ Pour les aciers FeE400 MPa

μb < μ_s; pas d'acier comprimé

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu b}) = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,044})$$

$$\alpha = 0.057$$

• Bras de levier :

$$Z = d1 \times (1 - 0.4 \times \alpha)$$

$$Z = 0.12(1 - 0.4 \times 0.057) = 0.117 m$$

• Section d'armature tendue

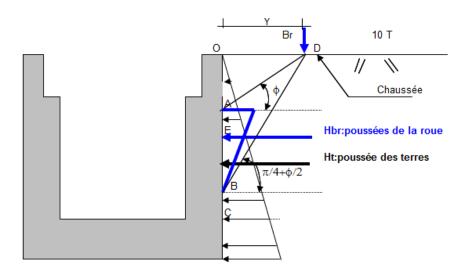
$$A_u = \frac{M_u}{Z \times f_{ed}} - \frac{V_{bru}}{Z \times f_{ed}} = \frac{1,006}{0,117 \times 347,83} - \frac{9,55 \times 100}{347,83} = -2,33 \ cm^2/ml$$

• Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times ft28 \times b \times d}{fe}$$

$$A_{min} = \frac{0.23 \times 2.1 \times 0.9 \times 0.135}{400} = 1.45 \ cm^2/ml$$

Piédroit soumis aux poussées des terres et de la roue Br



- OD : distance de l'axe de la surface d'impact de la roue au piédroit ;
- OA : Zone du piédroit soumis à aucune poussée de roue ;
- AB : Zone soumise aux poussés de roue.

la surface d'influence de la roue est de $60 \times 30 \text{ cm}^2$

$$OD = 0.3 \text{ m}$$

$$OA = OD \times tg\left(\frac{\emptyset}{180} \times \frac{22}{7}\right) = 0.3 \times tg\left(\frac{30}{180} \times \frac{22}{7}\right) = 0.173m$$

$$OB = OD \times tg(\frac{22}{7} \times (\frac{1}{4} + 0.5 \times \frac{\emptyset}{180})) = 0.520 \ m$$

$$AB = OB - OA = 0.347 m$$

$$AE = \frac{AB}{3} = 0,116 m$$

- Point d'application de la résultante Hbr /encastrement :

$$EC = OA - AE + (e + d) = 0.347 - 0.116 + (0.8 + 0.15) = 1.01m$$

- Angle de diffusion longitudinale des charges = 27°
- Longueur de paroi influencée :

$$Lpi = 0.3 + 2 \times (OA + AB) \times tg(\frac{22}{7} \times (\frac{\emptyset}{180})) = 0.9 m$$

- Résultante Hbr des poussées latérales dues à Br :

$$RHbr = \frac{1}{3} \times Br \times tg(\frac{22}{7} \times (14 - 0.5 \times \frac{\emptyset}{180})) = 1.93 T/ml$$

- Résultante Ht des poussées latérales des terres :

$$RHt = (Ka \times \gamma) \times \frac{(d+e)^2}{2} = 0.268 T/ml$$

- Moment dû à Ht:

$$MHt = RHt \times \frac{d+e}{2} = 0.085 \, T. \, m/ml$$

Calcul des armatures

$$M_u = 1,35 \times 0,085 + 1,5 \times 1,975 = 3,07 \, T. \, m$$

$$\mu b = \frac{M_u}{hd^2 F h u} = 0.137$$

$$\mu b < \mu_{AB} = 0.186$$

- Calcul de μ_s

 $\mu_s = 0.392$ Pour les aciers FeE400 MPa

$$\mu b < \mu_s$$

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,137})$$

$$\alpha = 0.185 < \alpha_{AB} = 0.259 \implies \text{Pivot A}$$

- Bras de levier :

$$Z = d(1 - 0.4\alpha)$$

$$Z = 0.135(1 - 0.4 \times 0.185) = 0.11 m$$

$$A_u = \frac{M_u}{Z \times f_{ed}} = 7,86 \ cm^2/ml$$

 $A_u = 7,86 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Condition de non fragilité

 $A_{min} = 1,45 \text{ cm}^2/\text{ml}$

• Ferraillage retenu pour le piédroit

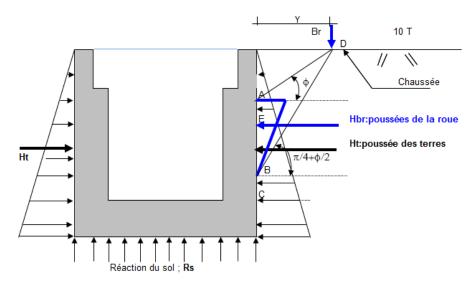
- Face extérieur du piédroit : 7HA12 espacé de 15 cm

- Faxe intérieur du piédroit : 7HA8 espacé de 15 cm

- Acier de répartition longitudinal : filant 3HA8 espacé de 30 cm

3. Radier

Schéma du chargement défavorable au radier :



Réaction du sol à l'ELU:

$$Rsu = -[(-2\times((e+d)\times c - g\times d) + l\times d)\times \rho b(l+2\times c)]\times 1{,}35 = 0{,}31\,T/ml$$

- Moment d'encastrement à droite du radier à l'ELU :

Mdu = Mu = 3,077. m/ml

- Moment d'encastrement à gauche du radier à l'ELU :

 $Mgu = Mu \ d\hat{\mathbf{u}} \ \hat{\mathbf{a}} \ Ht = 0.115 \ T. \ m/ml$

- Moment maximal sur le radier sera :

 $Mmaxr = max \{Mdu; Mdgu\} = 3,077 T.m/ml$

On adoptera pour le radier le même ferraillage que le piédroit

TABLEAU RECAPITULATIF DES FERRAILLAGES DU CANIVEAU

TABLEAU RECAPITULAFIF DU FERRAILLAGE DE CANIVEAU					
Type d'armature		Dallette	Piédroit	Radier	
Epaisseur (m)		0,15	0,15	0,15	
	Section théorique (cm²)	7,98	7,86	7,86	
Aciers principaux	choix	7HA12 st=15 cm	Face extérieure, 7HA12 st=15	Face supérieure, 7HA12 st=15	
			Face intérieure 7HA8 st=15	Face inférieure, 7HA8 st=15	
Aciers de	section théorique (cm²)	1,45	1,45	1,45	
répartition	choix /ml	3HA8 st=35	3HA8 st=35	3HA8 st=35	

PLAN DE FERRAILLAGE CANIVEAU

NOTE DES CALCULS DALOT

DALOT LONGITUDINALE TYPE (OD1 ET OD2: 4×4)

2.1 Hypothèses de calcul

Les hypothèses de calculs considérées en ce qui concerne les caractéristiques des matériaux sont les mêmes que celles précédemment prises (celles du calcul du caniveau).

- De manière générale, les études seront faites par bande d'un (01) mètre de dalot (b=1m);
- dalot à une ouverture, les valeurs des efforts et sollicitations M et N (moments et efforts normaux) seront déterminés sur la base d'un calcul en cadre simple à partir des formules provenant de l'ouvrage « formulaire des cadres simples » de KLEINLOGEL.
- Pour la géométrie de notre dalot, nous considérons ce qui suit :

 $\begin{array}{lll} e_1: \text{\'e} paisseur \ du \ tablier:} &= 0,40 \ m \\ e_2: \text{\'e} paisseur \ du \ radier:} &= 0,40 \ m \\ e_3: \text{\'e} paisseur \ du \ pied \ droit:} &= 0,40 \ m \\ e_r: \text{\'e} paisseur \ du \ guide \ roue:} &= 0,40 \ m \\ hr: hauteur \ du \ guide \ roue:} &= 0,40 \ m \end{array}$

Poids volumique du matériau de revêtement : γ . $rev = 24 \text{ KN/m}^3$

Hauteur du pied droit H = 4 m

Largeur de roulable Lr = 7,00 m

Largeur chargeable Lc = 6,50 m (avec dispositif de retenu)

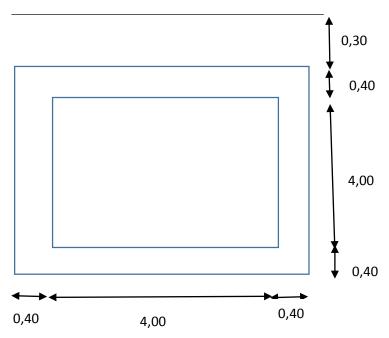
Nombre de voies : entier = $\frac{Lc}{3}$ = 2

Portée de la travée = 4,00 m

Ouverture du dalot $= 4,00 \times 4,00$

Classe de pont = première classe Lr = 7.00 m

Schéma du problème : dalot 4 × 4



2.2 Calcul des efforts et sollicitation :

a. Coefficient de majoration (δ):

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2L} + \frac{0.6}{1 + \frac{4G}{S}}$$

Avec L= max (lr; portée de la travée) = max (7; 4) = 7 m

Calcul de G (poids propre):

Le poids propre G est constitué du poids propre de la dalle auquel nous ajoutons le poids du remblai et du matériau de revêtement.

P. dalle =
$$1,00 \times 0,40 \times 25$$
 = 10 KN/ml

P. de remblai =
$$1,00 \times 0,25 \times 18 = 4,5 \text{ KN/ml}$$

P. revêtement =
$$1,00 \times 0,05 \times 24 = 1,2 \text{ KN/ml}$$

g = 15,7 KN/ml

• Système Bc

On peut disposer sur la travée, deux (02) files de deux (02) de 12 t soit 48 t, avec bc = 1,1.

$$G = g \times L$$
 = 15,7 × 7 = 109,9 KN
 $S = 1,10 \times bc = 1,1 \times 480 = 528$ KN

$$\delta Bc = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 \times 7.00} + \frac{0.6}{1 + \frac{4 \times 109.9}{528}}$$
$$\delta Bc = 1.49$$

• Système Bc-Niger:

On peut disposer sur la travée, deux (02) files de deux (02) de 13 t soit 52 t, avec bc = 1,1.

G = g × L = 15,7 × 7 = 109,9 KN
S = 1,10 × bc = 1,1 × 520 = 572 **KN**

$$\delta Bc - Nig. = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 \times 7.00} + \frac{0.6}{1 + \frac{4 \times 109,9}{572}}$$

 $\delta Bc - Nig. = 1,505$

• Système Bt:

On peut disposer sur la travée, deux (02) files de deux (02) de 16 t soit 64 t, avec bt = $\mathbf{1}$.

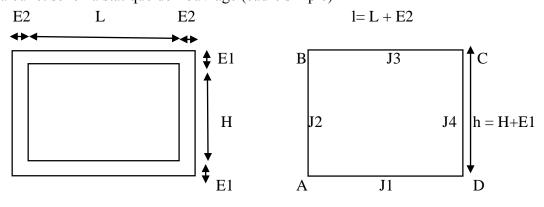
G = g × L = 15,7 × 7 = 109,9 KN
S = 1,10 × bc = 1 × 640 = 640 KN

$$\delta Bt = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 \times 7.00} + \frac{0.6}{1 + \frac{4 \times 109,9}{640}}$$

 $\delta Bt = 1,52$

 $\delta = max (\delta Bc; \delta Bc - Nig.; \delta Bt) = 1,52$, le sous-système est dans ce cas le plus défavorable.

b. Calcul et schéma statique de l'ouvrage (cadre simple)



Dalot type:

Schéma statique du calcul

$$Ji = \frac{bi \times Ei^3}{12}$$
(Inertie de l'élément)

Avec $b_i = 1,00 \text{ m}$

Ei = épaisseur de l'élément en question ; b

h= hauteur entre fibres moyennes;

l= longueur entre fibres moyennes

Définition et détermination des constantes :

$$1 = L + E2 = 4,00 + 0,40 = 4,40$$

$$h=H+E1=4,00+0,40=4,40$$

$$J1 = J2 = J3 = J4 = \frac{bi \times Ei^3}{12} = \frac{1 \times 0.4^3}{12} = 0.005333$$

$$k1 = \frac{J3}{J1} = 1$$

$$k2 = \frac{J3}{J2} \times \frac{h}{l} = 1$$

$$K1 = 2 \times k2 + 3 = 5$$

$$K2 = 3 \times k1 + 2 \times k2 = 5$$

$$K3 = 3 \times k2 + 1 - \frac{k1}{5} = 3.8$$

$$K4 = \frac{6 \times k1}{5} + 3 \times k2 = 4,2$$

$$F1 = K1 \times K2 - k2 = 24$$

$$F2 = 1 + k1 + 6 \times k2 = 8$$

c. Conventions

Les moments fléchissants sont positif quand, ils exercent de la traction dans la partie interne du cadre.

N1: est l'effort normal dans le radier;

N2: est l'effort normal sollicitant le pied droit de gauche

N2b: est l'effort normal sollicitant le pied droit de droite

N3: représente l'effort normal dans le tablier

N > 0, nous avons un effort normal de compression;

N < 0, nous avons un effort normal de traction.

- 2.3 Détermination des charges et efforts de sollicitation
 - a) Sous l'effet des charges permanentes sur le tablier

P. dalle =
$$1,00 \times 0,40 \times 25$$
 = 10 KN/ml

P. de remblai =
$$1,00 \times 0,25 \times 18 = 4,5 \text{ KN/ml}$$

P. revêtement =
$$1,00 \times 0,05 \times 24 = 1,2 \text{ KN/ml}$$

$$g1 = 15,7 \text{ KN/ml}$$

- Détermination des inconnues hyperstatiques :

$$MA = MD = -\frac{g1 \times l^2(k1 \times K2 - k2)}{4 \times F1} = -\frac{15,7 \times 4,4^2(1 \times 5 - 1)}{4 \times 24}$$

$$MA = MD = -12,665 \text{ KN. m/ml}$$

$$MB = MC = -\frac{g1 \times l^{2}(K2 - k2 \times k1)}{4 \times F1} = -\frac{15,7 \times 4,4^{2}(5 - 1 \times 1)}{4 \times 24}$$

$$MB = MC = -12,665 \text{ KN. m/ml}$$

$$MB = MC = MA = MD = -12.665 \text{ KN. m/ml}$$

- Détermination des efforts normaux :

$$N1 = \frac{MB - MA}{h} + \frac{MD - MA}{l} = 0KN$$

$$N3 = \frac{MC - MB}{L} + \frac{MA - MB}{H} = 0KN$$

$$N2 = \frac{g1 \times l}{2} + \frac{MC - MB}{l} + \frac{MA - MB}{h} = \frac{g1 \times l}{2} = \frac{15,7 \times 4,4}{2} = 34,54KN$$

$$N2b = \frac{g1 \times l}{2} + \frac{MB - MC}{l} + \frac{MD - MC}{h} = \frac{g1 \times l}{2} = \frac{15,7 \times 4,4}{2} = 34,54KN$$

$$N2 = N2b = 34.54 \text{ KN}$$

- Détermination des moments à mi- portée :

$$\begin{split} & M_{\text{(B-C) tablier}} = \frac{\text{g1} \times l^2}{8} + \frac{\text{MB+MC}}{2} = \frac{15,7 \times 4,4^2}{8} - \frac{12,665 + 12,665}{2} = 25,329 \ \textit{KN.M/ml} \\ & M_{\text{(A-D) radier}} = \frac{\text{g1} \times l^2}{8} + \frac{\text{MA+MD}}{2} = \frac{15,7 \times 4,4^2}{8} - \frac{12,665 + 12,665}{2} = 25,329 \ \textit{KN.M/ml} \\ & M_{\text{(A-B) pied droit de gauche}} = \frac{\text{MA+MB}}{2} = -\frac{12,665 + 12,665}{2} = -12,665 \ \textit{KN.m/ml} \\ & M_{\text{(C-D) pied droit de droite}} = \frac{\text{MC+MD}}{2} = -\frac{12,665 + 12,665}{2} = -12,665 \ \textit{KN.m/ml} \end{split}$$

- b) Sous l'effet du poids mort du pied droit
- Charges permanentes dues au pied droit

$$P = 25 \times (E1 \times h)$$

$$P = 25 \times (0.4 \times 4.4) = 44 \, KN/ml$$

$$P = 44 \text{ KN/ml}$$

$$Rs = \frac{2 \times P}{l} = \frac{2 \times 44}{44} = 20 \text{ KN/ml}$$

- Détermination des moments hyperstatiques

$$MA = MD = -\frac{P \times l (k1 \times K2)}{4 \times F1} = -\frac{44 \times 4,4(1 \times 5)}{4 \times 24} = -20,167 \text{ KN/ml}$$

$$MA = MD = -20,167 \text{ KN/ml}$$

$$MC = MB = -\frac{P \times l (k1 \times k2)}{4 \times F1} = -\frac{44 \times 4,4(1 \times 1)}{4 \times 24} = -4,033 \text{ KN/ml}$$

$$MB = MC = -4,033 \text{KN/ml}$$

- Calcul des efforts normaux :

$$N1 = -N3 = \frac{3 \times P \times I \times k1 \times (1 + k2)}{2 \times h \times F1} = \frac{3 \times 44 \times 4,4 \times 1 \times (1 + 1)}{2 \times 4,4 \times 24}$$

$$N1 = 5,5 \text{ KN}$$

$$N3 = -N1 = -5,5 \text{ KN}$$

$$N2 = N2b = P = 44 \text{ KN}$$

- Moments mi portée :

$$\begin{split} M_{\text{(B-C) tablier}} &= \frac{\text{MB+MC}}{2} = -4,033 \;\; \text{KN. m/ml} \\ M_{\text{(A-D) radier}} &= \frac{\text{Rs} \times l^2}{8} + \frac{\text{MA+MD}}{2} = \frac{20 \times 4,4^2}{8} - \frac{20,167 + 20,167}{2} = \; 28,233 \;\; \text{KN. m/ml} \\ M_{\text{(A-B) pied droit de gauche}} &= \frac{\text{MA+MB}}{2} = -\frac{20,167 + 4,033}{2} = -\; 12,1 \;\; \text{KN. m/ml} \end{split}$$

$$M_{\text{(C-D) pied droit de droite}} = \frac{\text{MC+MD}}{2} = -\frac{20,167+4,033}{2} = -12,1 \text{ KN. m/ml}$$

c) Sous l'action de la poussée des terres

$$\sigma 1 = \text{Ka} \times \gamma \times \text{hr} = 0.333 \times 18 \times 0.3 = 1,798 \text{ KN/m}^2$$
, avec hr: hauteur du remblai

$$\Delta \sigma = \sigma 2 - \sigma 1$$

$$\sigma^2 = 0.333 \times 18 \times (4.4 + 0.3) = 28.373 \text{ KN/m}^2$$

$$\Delta \sigma = 28,373 - 1,798 = 26,37 \text{ KN/m}^2$$

- Détermination des moments aux appuis

$$MA = MD = -\frac{k2 \times (k2 + 3) \times \sigma 1 \times h^2}{4 \times F1} - \frac{k2 \times (3 \times k2 + 8) \times \Delta \sigma \times h^2}{20 \times F1}$$

$$MA = MD = -\frac{1 \times (1+3) \times 1,798 \times 4,4^{2})}{4 \times 24} - \frac{1 \times (3 \times 1 + 8) \times 26,37 \times 4,4^{2}}{20 \times 24}$$

$$MA = MD = -13,152 \text{ KN. m/ml}$$

$$MC = MB = -\frac{k2 \times (3 \times k1 + k2) \times \sigma 1 \times h^2}{4 \times F1} - \frac{k2 \times (7 \times k1 + 2 \times k2) \times \Delta \sigma \times h^2}{20 \times F1}$$

$$MC = MB = -\frac{1 \times (3 \times 1 + 1) \times 1,798 \times 4,4^{2}}{4 \times 24} - \frac{1 \times (7 \times 1 + 2 \times 1) \times 26,37 \times 4,4^{2}}{20 \times 24}$$

$$MB = MC = -1,469 \text{ KN. m/ml}$$

- Moments à mi portée

$$M_{\text{(B-C) tablier}} = \frac{\text{MB+MC}}{2} = -1,469 \text{ KN. m/ml}$$

$$M_{(A-D) \text{ radier}} = \frac{MA+MD}{2} = -13,152 \text{ KN. m/ml}$$

$$M_{\text{(A-B) pied droit de gauche}} = \frac{MA + MB}{2} + \frac{\Delta \sigma \times h^2}{12} + \frac{\sigma 1 \times h^2}{8} = 33,015 \text{ KN. m/ml}$$

$$M_{\text{(C-D)}}$$
 pied droit de droite = 33,015 KN. m/ml

- Efforts normaux

$$N1 = \frac{(\sigma1 + 2 \times \sigma2) \times h}{6} + \frac{MB - MA}{h} + \frac{MD - MA}{l} = 45,292KN/ml$$

$$N2 = N2b = 0 KN/ml$$

$$N3 = \frac{(2 \times \sigma 1 + \sigma 2) \times h}{6} + \frac{MA - MB}{h} + \frac{MC - MB}{l} = 20,641 \text{ KN/ml}$$

d) Sous l'action du convoi de camion de type Bt

On peut disposer sur la travée, deux (02) files de deux (02) de 16 t soit 64 t

Charge repartie :
$$q1 = \frac{640 \times 1}{4.4 \times 6} = 24,24 \text{ KN/m}^2$$

Coefficient de majoration dynamique

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2L} + \frac{0.6}{1 + \frac{4G}{S}}$$

$$L = 7 \text{ m}$$

$$G = g1 \times L = 15,7 \times 7 = 109,9 \text{ KN}$$

$$S = 640 \times bt = 640 \text{ KN}$$

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 \times 1} + \frac{0.6}{1 + \frac{4 \times 48.79}{15.238}}$$

$$\delta = 1.52$$

La charge uniformément repartie est égale à :

$$q = \delta \times q1 = 1.52 \times 24.24 = 36.906 \text{ KN}$$

- Détermination des moments hyperstatiques :

$$MA = MD = -\frac{q \times l^2(k1 \times K1 - k2)}{4 \times F1} = -\frac{36,96 \times 4,4^2(1 \times 5 - 1)}{4 \times 24}$$

$$MA = MD = -29,77KN. m/ml$$

$$MB = MC = -\frac{q \times l^2(K2 - k2 \times k1)}{4 \times F1} = -\frac{36,906 \times 4,4^2(5 - 1 \times 1)}{4 \times 24}$$

$$MB = MC = -29,99 \text{ KN. m/ml}$$

- Détermination des moments à mi portée :

$$\begin{split} M_{\text{(B-C) tablier}} &= \frac{q \times l^2}{8} + \frac{MB + MC}{2} = \frac{36,906 \times 4,4^2}{8} - (\frac{29,99 + 19,99}{2}) = 59,541 \ \textit{KN.m/ml} \\ M_{\text{(A-D) radier}} &= \frac{q \times l^2}{8} + \frac{MA + MD}{2} = 59,54 \ \textit{KN.m/ml} \\ M_{\text{(A-B) pied droit de gauche}} &= \frac{MA + MB}{2} = -\left(\frac{29,99 + 29,99}{2}\right) = -29,99 \ \textit{KN.m/ml} \\ M_{\text{(C-D) pied droit de droite}} &= \frac{MC + MD}{2} = -29,99 \ \textit{KN.m/ml} \end{split}$$

- Détermination des efforts normaux :

$$N1 = N3 = 0$$

$$N2 = Nb2 = \frac{q \times l}{2} = \frac{36,906 \times 4,4}{2} = 81,192 \text{ KN}$$

e) Sous l'action de la surcharge routière de remblai :

$$q = 10KN/m^2$$

$$\sigma = \text{Ka} \times \text{g} = 0.333 \times 10.00 = 3.33 \text{ KN/}m^2$$

$$R = \sigma \times h = 3.33 \times 4.4 = 14.52 \text{ KN/ml}$$

- Détermination des moments hyperstatiques

$$MA = MD = MB = MC = -\frac{k2 \times (k2 + 3) \times \sigma \times h^2}{4 \times F1} = -\frac{1 \times (1 + 3) \times 3.33 \times 4,4^2}{4 \times 24}$$

$$MA = MD = MB = MC = -2,662 \text{ KN. m/ml}$$

- Détermination des moments à mi portée :

$$\begin{split} M_{\text{(A-B) pied droit}} &= \frac{\sigma \times h^2}{8} + \frac{\text{MA+MB}}{2} = \frac{3.33 \times 4,4^2}{8} + \frac{-2,662 - 2,662}{2} = 5,324 \, \text{KN.} \, \text{m/ml} \\ M_{\text{(B-C) tablier}} &= \frac{\text{MB+MC}}{2} = -2,662 \, \text{KN.} \, \text{m/ml} \\ M_{\text{(A-D) radier}} &= \frac{\text{MA+MD}}{2} = -2,662 \, \text{KN.} \, \text{m/ml} \end{split}$$

- Détermination des efforts normaux

$$N1 = N3 = \frac{\sigma \times h}{2} = \frac{3.33 \times 4.4}{2} = 7.26 \text{ KN}$$

$$N2 = Nb2 = 0$$

f) Sous l'action de la force de freinage

A ce niveau, on admettra la force de freinage d'un véhicule d'un essieu de 8 tonnes chacun placés côte à côte.

$$F = \frac{2 \times 160}{6} = 53,33 \text{ KN/m}l$$

- Détermination des moments hyperstatiques :

$$MA = MD = \pm \frac{F \times h \times K3}{2 \times F2} = \pm \frac{53,33 \times 4,4 \times 3,8}{2 \times 8} = \pm 55,73 \text{ KN. m/ml}$$

$$MA = MD = \pm 55,73 \text{ KN. m/ml}$$

MB = MC =
$$\pm \frac{F \times h \times K4}{2 \times F2} = \pm \frac{53,33 \times 4,4 \times 4,2}{2 \times 8} = \pm 61,6$$
KN. m/ml

$$MB = MC = +61.6KN.m/ml$$

- Détermination des efforts normaux :

$$N1 = N3 = N2 = N2b = \pm \frac{F}{2} = \frac{53,33}{2} = 26,667KN/ml$$

- Détermination des moments à mi portée

$$M_{(A-D)} = M_{(B-C)} = 0$$

$$M_{(A-B)} = \frac{MA+MB}{2} = \frac{55,73+61,6}{2} = 58,667 \text{ KN. m/ml}$$

Tableau recapitula	tif des solicitations:
--------------------	------------------------

	TABLEAU RECAPITULATIF DES SOLLICITATIONS											
							M(A-					
	N°	MA	M(A-B)	MB	M(B-C)	MC	D)	MD	N1	N2	N2b	N3
	1	-12,67	-12,66	-12,66	25,329	-12,665	25,329	-12,665	0	34,54	34,54	0
che	2	-20,17	-8,066	4,033	4,033	4,033	4,033	-20,166	5,5	44	44	-5,5
charges	3	-13,15	33,015	-1,469	-1,147	-1,469	-1,147	-13,151	45,292	0	0	20,641
	4	-29,77	-29,77	-29,77	59,54	-29,77	59,54	-29,77	0	81,192	81,192	0
	5	-2,662	5,324	-2,662	-2,662	-2,662	-2,662	-2,662	7,26	0	0	7,26
	6	55,73	58,667	61,6	0	61,6	0	55,73	26,667	26,667	26,667	26,667
G	1+2+3	-45,98	12,284	-10,10	28,215	-10,101	28,215	-45,982	50,792	78,54	78,54	15,141
Q	4+5+6	23,298	34,221	29,168	56,878	29,168	56,878	23,298	33,927	107,859	107,86	33,927

2.3 Calcul des armatures

a) Calcul des armatures du tablier

$$b = 1.00 \text{m}$$
; $h = 0.40 \text{ m}$; $d = 0.9 \text{h} = 0.36 \text{ m}$; $d' = 0.1 \text{h} = 0.04 \text{ m}$; $Fb = 14.17 \text{ MPa}$; $Fsu = 348 \text{ MPa}$

- ❖ Armatures à mi- travée B-C (lit inférieur)
- Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_{\nu} = 1.35G + 1.6Q$$

$$M_u = 1,35 \times 28,215 + 1,6 \times 56,878 = 123,407 \text{ kN.m}$$

$$\mu = \frac{M_u}{bd^2Fb} = 0.0067$$

$$\mu < \mu_{AB} = 0.186$$

- Calcul de μ_L

 $\mu_L = 0.392$ Pour les aciers FeE400 MPa

$$\mu < \mu_L$$

$$\alpha = 1{,}25(1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 1{,}25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0{,}067})$$

$$\alpha = 0.087 < \alpha_{AB} = 0.259 \implies \text{Pivot A}$$

- Bras de levier :

$$Z_u = d(1 - 0.4\alpha)$$

$$Z_u = 0.27(1 - 0.4 \times 0.087) = 0.35m$$

- La section d'aciers :

$$A_{St} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{Su}} = \frac{123,407.10^{-3}}{0,35 \times 348}$$

$$A_{St} = 10,2.10^{-4} m^2 = 10,2 \text{ cm}^2$$

- Calcul à l'Etat Limite de Service

$$M_{ser} = G + 1.2Q$$

$$M_{ser} = 28,215 + 1,2 \times 56,878 = 96,46 \text{ kN.m}$$

- Le moment résistant $M_{r_{ser}b}$

$$M_{r_{ser}b} = \frac{bd^2}{2} \bar{\sigma}_{bc} \times \bar{\alpha}_{ser} \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3} \right)$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n\bar{\sigma}_{bc}}{n\bar{\sigma}_{hc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201.6} = 0.53$$

D'où

$$M_{r_{ser}b} = \frac{1 \times 0.36^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

$$M_{r_{ser}b} = 424,14 \text{ KN. } m > M_{ser} = \text{pas d'aciers comprimés}$$

- Section d'aciers principaux :

$$A_{pr} = \frac{M_{ser}}{d\left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right) \times \bar{\sigma}_{st}}$$

$$A_{pr} = \frac{96,46.10^{-3}}{0,36\left(1 - \frac{0,53}{3}\right) \times 202} = 16,1.10^{-4}m^2$$

$$A_{pr} = 16,1 \ cm^2$$

- Section d'aciers de répartition :

$$A_{rep} = \frac{A_{pr}}{4}$$

$$A_{rep} = \frac{16,1}{4} = 4,05 \ cm^2$$

- Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times ft28 \times b \times d}{fe}$$

$$A_{min} = \frac{0.23 \times 2.1 \times 1 \times 0.36}{400} = 4.3 \text{ cm}^2$$

Sections retenues pour le ferraillage des armatures du tablier en travée :

- Section d'aciers principaux :

$$A_{nr}=16,1\,cm^2$$

- Choix des aciers : 6HA20 totalisant 18,5 cm²
- Espacement entre barre

$$S_t = \frac{100}{6} = 16,67 \ cm$$

On prend:
$$S_t = 17 cm$$

- Section d'aciers de répartition :

$$A_{rep} = 4.3 cm^2$$

- Choix des aciers : 7HA10 totalisant 5,5 cm²
- Espacement entre barre

$$S_t = \frac{100}{7} = 14,28 \ cm$$

On prend : $S_t = 15 cm$

- ❖ Armatures au abouts B et C (lit supérieur)
- Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_{\nu} = 1.35G + 1.6Q$$

$$M_{\nu} = 1,35 \times 10,1 + 1,6 \times 29,168 = 57,587 \, kN. \, m$$

$$\mu = \frac{M_u}{hd^2Fh} = 0.0312$$

$$\mu < \mu_{AB} = 0.186$$

- Calcul de μ_L

 $\mu_L = 0.392$ Pour les aciers FeE400 MPa

$$\mu < \mu_L$$

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,0312})$$

$$\alpha = 0.039 < \alpha_{AB} = 0.259 \implies \text{Pivot A}$$

- Bras de levier :

$$Z_u = d(1 - 0.4\alpha)$$

$$Z_u = 0.27(1 - 0.4 \times 0.039) = 0.354m$$

- La section d'aciers :

$$A_{St} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{Su}} = \frac{57,587.10^{-3}}{0,354 \times 348}$$

$$A_{St} = 5.10^{-4} m^2 = 5 \text{ cm}^2$$

- Calcul à l'Etat Limite de Service

$$M_{ser} = G + 1.2Q$$

$$M_{ser} = 10.1 + 1.2 \times 29.168 = 45.102 \, kN.m$$

- Le moment résistant $M_{r_{ser}b}$

$$M_{r_{serb}} = \frac{bd^2}{2} \, \bar{\sigma}_{bc} \times \bar{\alpha}_{ser} \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3} \right)$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n\bar{\sigma}_{bc}}{n\bar{\sigma}_{hc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201.6} = 0.53$$

D'où

$$M_{r_{ser}b} = \frac{1 \times 0.36^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

$$M_{r_{ser}b} = 424,14 \text{ KN. } m > M_{ser} = \text{pas d'aciers comprimés}$$

- Section d'aciers principaux :

$$A_{pr} = \frac{M_{ser}}{d\left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right) \times \bar{\sigma}_{st}}$$

$$A_{pr} = \frac{45,102.10^{-3}}{0,36\left(1 - \frac{0,53}{3}\right) \times 202} = 8.10^{-4}m^2$$

$$A_{pr}=8\,cm^2$$

- Section d'aciers de répartition :

$$A_{rep} = \frac{A_{pr}}{4}$$

$$A_{rep} = \frac{8}{4} = 2 cm^2$$

- Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times ft28 \times b \times d}{fe}$$

$$A_{min} = \frac{0.23 \times 2,1 \times 1 \times 0,36}{400} = 4,3 \text{ cm}^2$$

Sections retenues pour le ferraillage des armatures du tablier sur appuis :

- Section d'aciers principaux :

$$A_{nr} = 8 cm^2$$

- Choix des aciers : 6HA14 totalisant 9,24 cm²
- Espacement entre barre

$$S_t = \frac{100}{6} = 16,67 \ cm$$

On prend:
$$S_t = 17 \ cm$$

- Section d'aciers de répartition :

$$A_{rep}=4,3~cm^2$$

- Choix des aciers : 6HA10 totalisant 4,71 cm²
- Espacement entre barre

$$S_t = \frac{100}{6} = 16,67 \ cm$$

On prend: $S_t = 17 cm$

b) Calcul des armatures du radier

$$b = 1.00 \text{m}$$
; $h = 0.40 \text{ m}$; $d = 0.9 \text{h} = 0.36 \text{ m}$; $d' = 0.1 \text{h} = 0.04 \text{ m}$; $Fb = 14.17 \text{ MPa}$; $Fsu = 348 \text{ MPa}$

- ❖ Armatures à mi- travée A-D (lit supérieur)
- Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_u = 1.35G + 1.6Q$$

$$M_u = 1,35 \times 28,215 + 1,6 \times 56,878 = 123,407 \text{ kN. m}$$

$$\mu = \frac{M_u}{hd^2Fh} = 0.0067$$

$$\mu < \mu_{AB} = 0.186$$

- Calcul de μ_L

 $\mu_L = 0.392$ Pour les aciers FeE400 MPa

$$\mu < \mu_L$$

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,067})$$

$$\alpha = 0.087 < \alpha_{AB} = 0.259 \implies \text{Pivot A}$$

- Bras de levier :

$$Z_u = d(1 - 0.4\alpha)$$

$$Z_{\nu} = 0.27(1 - 0.4 \times 0.087) = 0.35m$$

- La section d'aciers :

$$A_{St} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{Su}} = \frac{123,407.10^{-3}}{0,35 \times 348}$$

$$A_{St} = 10.2.10^{-4} m^2 = 10.2 \text{ cm}^2$$

- Calcul à l'Etat Limite de Service

$$M_{ser} = G + 1.2Q$$

$$M_{ser} = 28,215 + 1,2 \times 56,878 = 96,46 \text{ kN.m}$$

- Le moment résistant $M_{r_{sorb}}$

$$M_{r_{ser}b} = \frac{bd^2}{2} \bar{\sigma}_{bc} \times \bar{\alpha}_{ser} \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3} \right)$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n\bar{\sigma}_{bc}}{n\bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201.6} = 0.53$$

D'où

$$M_{r_{ser}b} = \frac{1 \times 0.36^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

$$M_{r_{ser}b} = 424,14 \text{ KN. } m > M_{ser} => \text{pas d'aciers comprimés}$$

- Section d'aciers principaux :

$$A_{pr} = \frac{M_{ser}}{d\left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right) \times \bar{\sigma}_{st}}$$

$$A_{pr} = \frac{96,46.10^{-3}}{0,36\left(1 - \frac{0,53}{3}\right) \times 202} = 16,1.10^{-4}m^2$$

$$A_{pr}=16.1\,cm^2$$

- Section d'aciers de répartition :

$$A_{rep} = \frac{A_{pr}}{4}$$

$$A_{rep} = \frac{16,1}{4} = 4,05 \ cm^2$$

- Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times ft28 \times b \times d}{fe}$$

$$A_{min} = \frac{0.23 \times 2,1 \times 1 \times 0,36}{400} = 4,3 \text{ cm}^2$$

Sections retenues pour le ferraillage des armatures radier en travée :

- Section d'aciers principaux :

$$A_{nr}=16,1\,cm^2$$

- Choix des aciers : 6HA20 totalisant 18,5 cm²
- Espacement entre barre

$$S_t = \frac{100}{6} = 16,67 \ cm$$

On prend:
$$S_t = 17 cm$$

- Section d'aciers de répartition :

$$A_{rep} = 4.3 cm^2$$

- Choix des aciers : 7HA10 totalisant 5,5 cm²
- Espacement entre barre

$$S_t = \frac{100}{7} = 14,28 \ cm$$

On prend : $S_t = 15 cm$

- ❖ Armatures au abouts A et D (lit inférieur)
- Calcul à l'Etat Limite Ultime

$$M_u = 1.35G + 1.6Q$$

$$M_u = 1.35 \times 45.98 + 1.6 \times 23.298 = 97.022 \text{ kN.m}$$

$$\mu = \frac{M_u}{hd^2Fh} = 0.052$$

$$\mu < \mu_{AB} = 0.186$$

- Calcul de μ_L

 $\mu_L = 0.392$ Pour les aciers FeE400 MPa

$$\mu < \mu_L$$

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,052})$$

$$\alpha = 0.0679 < \alpha_{AB} = 0.259 =>$$
 Pivot A

- Bras de levier :

$$Z_u = d(1 - 0.4\alpha)$$

$$Z_u = 0.27(1 - 0.4 \times 0.0679) = 0.354m$$

- La section d'aciers :

$$A_{St} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{Su}} = \frac{97,022.10^{-3}}{0,354 \times 348}$$

$$A_{St} = 8.10^{-4} m^2 = 8 \text{ cm}^2$$

- Calcul à l'Etat Limite de Service

$$M_{ser} = G + 1.2Q$$

$$M_{ser} = 45,982 + 1,2 \times 23,298 = 73,94 \, kN. \, m$$

- Le moment résistant $M_{r_{ser}b}$

$$M_{r_{ser}b} = \frac{bd^2}{2}\bar{\sigma}_{bc} \times \bar{\alpha}_{ser} \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right)$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n\bar{\sigma}_{bc}}{n\bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201.6} = 0.53$$

D'où

$$M_{r_{ser}b} = \frac{1 \times 0.36^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

$$M_{r_{ser}b} = 424,14 \ KN. \ m > M_{ser} =>$$
pas d'aciers comprimés

- Section d'aciers principaux :

$$A_{pr} = \frac{M_{ser}}{d\left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right) \times \bar{\sigma}_{st}}$$

$$A_{pr} = \frac{43,102.10^{-3}}{0,36\left(1 - \frac{0,53}{3}\right) \times 202} = 10,38.10^{-4}m^2$$

$$A_{pr} = 10,38 \ cm^2$$

- Section d'aciers de répartition :

$$A_{rep} = \frac{A_{pr}}{4}$$

$$A_{rep} = \frac{10,38}{4} = 2,59 \text{ cm}^2$$

- Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times ft28 \times b \times d}{fe}$$

$$A_{min} = \frac{0.23 \times 2.1 \times 1 \times 0.36}{400} = 4.3 \text{ cm}^2$$

Sections retenues pour le ferraillage des armatures radier sur appuis :

- Section d'aciers principaux :

$$A_{pr}=10,38\ cm^2$$

- Choix des aciers: 7HA14 totalisant 10,78 cm²
- Espacement entre barre

$$S_t = \frac{100}{7} = 14,28 \ cm$$

On prend:
$$S_t = 15 cm$$

- Section d'aciers de répartition :

$$A_{rep}=4,3~cm^2$$

- Choix des aciers : 7HA10 totalisant 5,5 cm²
- Espacement entre barre

$$S_t = \frac{100}{7} = 14,28cm$$

On prend : $S_t = 15 cm$

a. Calcul des armatures pour les pieds droits

b = 1.00 m; h = 0.40 m; d = 0.9 h = 0.36 m; d' = 0.1 h = 0.04 m; Fb = 14.17 MPa; Fsu = 348 MPa

Les piédroits seront dimensionnés en flexion composée.

- Calcul à l'Etat Limite Ultime

Calcul de Mu et Nu

$$Mu = 1.35 \times 12.284 + 1.60 \times 34.221 = 71.337 \, KN. m$$

$$Nu = 1.35 \times 78.54 + 1.60 \times 107.54 = 278.6 \, KN$$

Calcul de l'excentricité (e)

$$e = \frac{Mu}{Nu} = \frac{71,337}{278.6} = 0,25 m$$

$$e2 = d - \frac{h}{2} = 0.36 - \frac{0.4}{2} = 0.16m$$

e > e2, section partiellement comprimée

$$M = Mu + Nu \times e2$$

$$M = 71,337 + 278,6 \times 0,16 = KN. m$$

$$\mu u = \frac{\text{Mu}}{(b*d^2*Fbu)} \qquad \mu u = \frac{71,337 \times 10^{-3}}{(1.00 \times 0,4 \times 14,17)} = 0,038$$

$$\alpha u = 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2\mu u}) = 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.038})$$

 $\alpha u = 0.049 < 0.186$

Nous sommes en pivot A.

$$Z = d \times (1 - 0.4\alpha) = 0.4 \times (1 - 0.4 \times 0.049) = 0.35 \text{ m}$$

Astu =
$$\frac{\text{Mu}}{\text{Z} \times \text{\sigma s}} = \frac{71,337 \times 10^{-3}}{0.202 \times 348} = 5,8 \text{ } m^2$$

$$Astu = 5, 8 cm^2$$

- Calcul à l'Etat Limite de Service

$$Mser = 12,284 + 1,2 \times 34,221 = 53,34 \, KN. m$$

$$Nser = 78,54 + 1,2 \times 107,54 = 278,6 KN$$

- Le moment résistant $M_{r_{ser}b}$

$$M_{r_{serb}} = \frac{bd^2}{2} \, \bar{\sigma}_{bc} \times \bar{\alpha}_{ser} \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3} \right)$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n\bar{\sigma}_{bc}}{n\bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 201.6} = 0.53$$

D'où

$$M_{r_{serb}} = \frac{1 \times 0.36^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

 $M_{r_{ser}b} = 424,14 \ KN. \ m > M_{ser} =>$ pas d'aciers comprimés

- Section d'aciers principaux :

$$A_{pr} = \frac{M_{ser}}{d\left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right) \times \bar{\sigma}_{st}}$$

$$A_{pr} = \frac{53,34.10^{-3}}{0,36\left(1 - \frac{0,53}{3}\right) \times 202} = 8,81.10^{-4}m^2$$

$$A_{pr}=8,81~cm^2$$

- Section d'aciers de répartition :

$$A_{rep} = \frac{A_{pr}}{4}$$

$$A_{rep} = \frac{8,81}{4} = 2,2 \ cm^2$$

- Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times ft28 \times b \times d}{fe}$$

$$A_{min} = \frac{0.23 \times 2,1 \times 1 \times 0,36}{400} = 4,3 \text{ cm}^2$$

Sections retenues pour le ferraillage des armatures des piédroits

- Section d'aciers principaux :

$$A_{pr}=8,81\,cm^2$$

- Choix des aciers : 7HA14 totalisant 10,78 cm²
- Espacement entre barre

$$S_t = \frac{100}{7} = 14,28 \ cm$$

On prend:
$$S_t = 15 cm$$

- Section d'aciers de répartition :

$$A_{rep}=4,3~cm^2$$

• Choix des aciers : 7HA10 totalisant 5,5 cm²

• Espacement entre barre

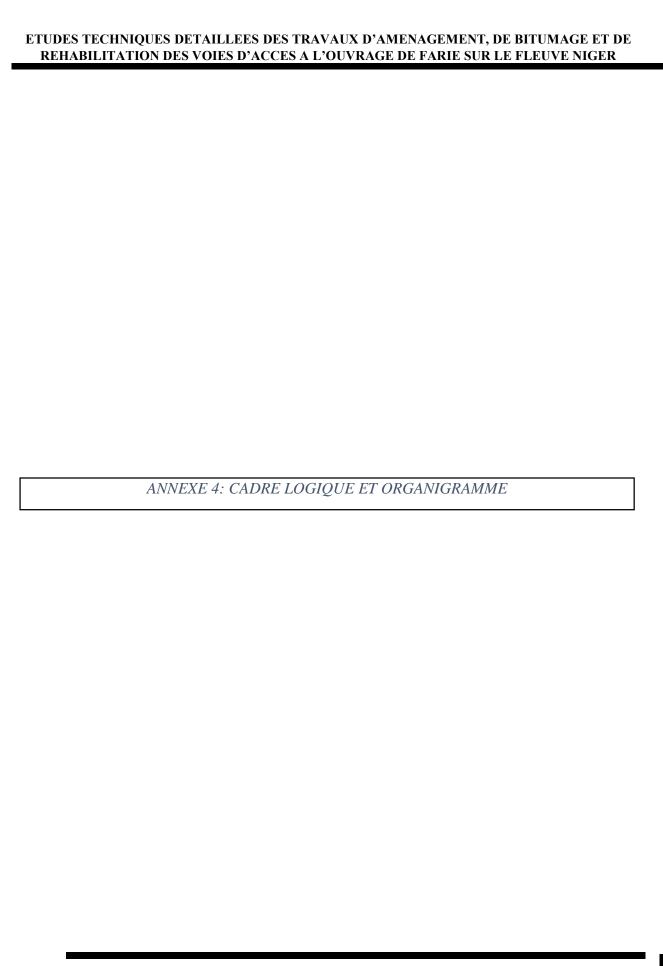
$$S_t = \frac{100}{7} = 14,28 \ cm$$

On prend : $S_t = 15 cm$

Tableau recapitulatif de ferraillage du Dalot [4 x4]

TABLEAU RECAPITULAFIF DES FERRAILLAGES DE DOLOT							
		Aciers p	rincipaux	Aciers de	Aciers de répartition		
Eléments	Position	Sections d'aciers en (cm²)	Choix	Sections d'aciers en (cm²)	Choix		
Tablier	En travée (lit inférieur)	16,1	7HA14 (Esp: 15)	4,3	7HA10 (Esp: 15)		
	Sur appuis (lit supérieur)	8	7HA14 (Esp: 15)	4,3	7HA10 (Esp: 15)		
Radier	En travée (lit supérieur)	16,1	7HA14 (Esp: 15)	4,3	7HA10 (Esp: 15)		
	Sur appuis (lit inférieur)	12	7HA14 (Esp: 115)	4,3	7HA10 (Esp: 15)		
Piédroits		8,81	7HA14 (Esp: 15)	4,3	7HA10 (Esp: 15)		

PLAN DE FERRAILLAGE DOLOT



A : CADRE LOGIQUE

Tableau 42: Cadre logique

OBJECTIF GLOBAL :					
Objectifs spécifiques :	Activités à mener :	Résultats attendus :			
Décrire la zone du projet	Visite du terrain et collecte des données auprès des services compétentes de l'état	 Données fiables décrivant la zone du projet; Localisation de la zone du projet; Vue d'ensemble du projet. 			
Diagnostic et évaluation du niveau de dégradation de la chaussée sur la voie existante	Visite sur le terrain, relever de dégradation et analyser des données.	 L'Indice de dégradation et celui de fissuration de la chaussée; La note de qualité; Solution adéquate de réhabilitation à adopter. 			
Etude géométrique, Etude géotechnique et Dimensionnement structural de la chaussée sur les voies	Détermination des paramètres géométriques ; exploitation des données topographiques ; conception sur piste ; analyse des résultats géotechniques, étude de trafic, simulation et vérification des résultats avec Alizé	 Tracé en plan, Profil en long et en travers; Classe de portance du sol; Classe de trafic; Les épaisseurs des différentes couches des chaussées. 			

		• Débit du projet ;
Etude de l'assainissement et dimensionnement des ouvrages hydrauliques	Effectuer une étude hydrologique et hydraulique	Sections géométriques et ferraillages des ouvrages en BA.
Etude de signalisation et sécurité routière	Analyser le tracé en plan et les différents points de passages	 Linéaire, type et emplacement de la signalisation horizontale; Type et nombre de panneau de signalisation; Implantation et nombre des éclairages.
Etude de l'aspect environnemental Avant métré, devis quantitatif et estimatif	Analyse du site de projet et évaluation des impacts da la réalisation du projet sur l'environnement Détermination des quantités à mettre en œuvre et analyse des prix unitaires	 Quelques impacts liés au projet; Proposition des mesures d'atténuation. Coût prévisionnel du projet

B: ORGANIGRAMME DU BUREAU GERMS

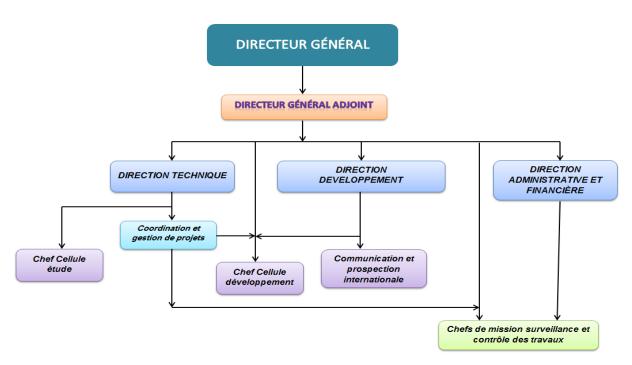
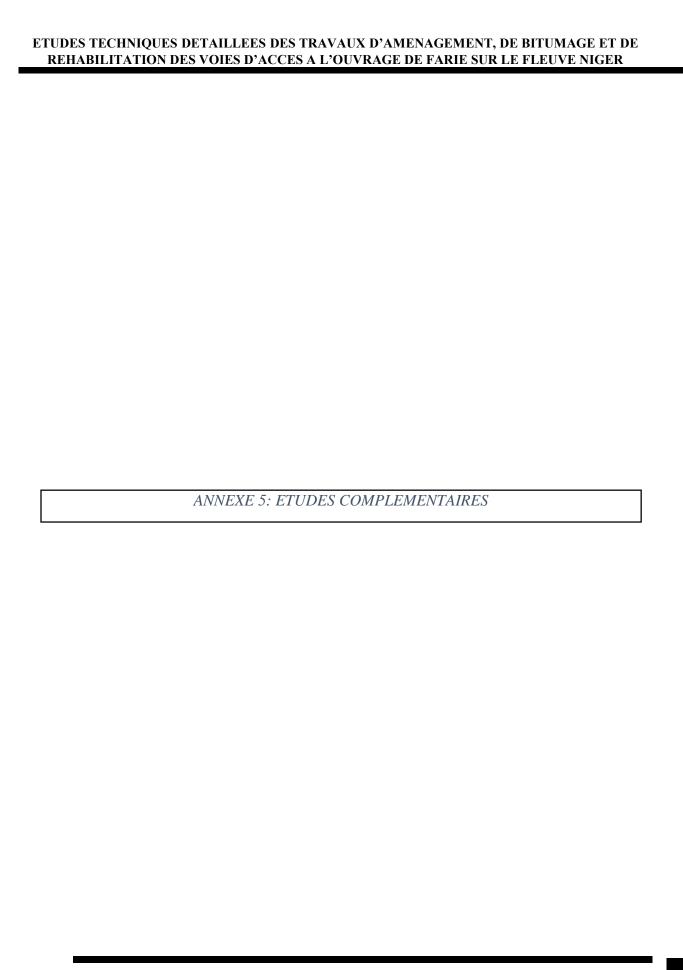


Figure 11: organigramme de GERMS consulting



A: SIGNALISATION

Tableau 43: Panneaux des signalisations verticales

Panneaux/ Type	Signification	Nombres
A1a	Virage à droite	2
Alb	Virage à gauche	2
\triangle	Ralentisseur de type dos- d'âne	2
AB3a	Cédez le passage à l'intersection	7
AB4	Arrêt à l'intersection	2
50 B14	Limitation de vitesse	2
50 B33	Fin de limitation de vitesse	2
P IDa1	Parc de stationnement	2
COURPIÈRE EB10	Panneau d'entrée d'agglomération	2
CHAMPETX EB20	Panneau de sortie d'agglomération	2
B21a1	Contournement obligatoire par la droite	7
A13b	Passage pour piéton	2
(F)	sens de contournement	7

B: MESURES D'ATTENUATION DES IMPACTS DU PROJET

Milieux	Récepteur	Activités sources d'impacts	Impacts potentiels	Mesures d'atténuations
Milieux biophysiques	Eaux	 Travaux de terrassement, remblayage, rechargement, compactage; Circulation des véhicules 	 Érosion de sols/sédimentation; Pollution des eaux par les déchets solides et liquides; Turbidité des ressources en eau 	 Installer une barrière comme dispositif de rétention des gravats et sédiments; Collecter les déchets issus du chantier et les gérer de manière rationnelle. Effectuer les vidanges dans les espaces agrées; Étaler et compacter les matériaux foisonnes le long des voies; Élaborer un plan d'urgence qui prendrait en compte les éventuels déversements accidentels des huiles et carburants; Entreposage adéquat des produits huileux et pétroliers.
Milieux ł	Sols	- Travaux préparatoires des emprises et installation connexes; - Décapage des couches superficielles des sols au niveau de la carrière et zone d'emprunts	 Dégradation de leur structure ; Risques d'érosion ; Risques d'éboulement ; Pollution par les déchets solides et liquides Altération des propriétés physicochimiques des sols par le stockage des matériaux de construction ; 	- Remettre en état les sols perturbés au cours des travaux y compris au niveau des zones d'emprunt de matériaux et des carrières; - Éviter l'ouverture des carrières et emprunts dans les zones écologiquement sensibles; - Limiter la circulation des engins à la zone des travaux afin de réduire la perturbation de la structure des sols; - Collecter et gérer de manière écologiquement rationnelle tous les déchets produits pendant les travaux (au niveau des chantiers et de la base vie)

Air	Travaux de préparation des emprises	- Dégradation de la qualité de l'air ambiant par les émissions de poussières.	 Information et sensibilisation des populations locales sur l'altération de la qualité de l'air ambiant. Port d'EIP (Equipements Individuels de Protection) par le personnel; Arrosage régulier des pistes 		
Paysage	- Préparation des emprises ; - ouverture des carrières et zones d'emprunts	- Dénaturation des paysages concernés durant les travaux de chantier	 Remise en état des lieux Gestion appropriée des débris issus d'élagage, des défrichements, végétalisation des sites. 		
Végétation	Travaux de préparation des emprises	- Destruction de 21 terres de cultures ; - Destruction de 62 arbres forestiers	 Acquisition des autorisations préalables auprès des services techniques de l'environnement; Plantation d'alignement le long des voies à l'entrée et la sortie d'agglomération; 		

	Santé –		- Risques de blessures et	- Mise en œuvre d'un plan d'urgence de
	Sécurité	Travaux de construction	d'accidents	sécurité et d'une équipe de sécurité ;
				- Sensibiliser les travailleurs sur le port des
			- Perturbation de l'ambiance	EIP à leur lieu de travail;
			sonore	- Mise en place d'une boîte
				pharmaceutique des soins d'urgence sur
nin			- Risques de maladies	chantier;
ıms				- Mise en place des ralentisseurs de vitesse
Milieux humain			- Vibrations avec risques	à l'entrée et sortie des agglomérations
xns			d'éboulement	proches de la route et au niveau des sorties
lilié Tilié				de carrières,
Σ				-Immatriculer les travailleurs à la caisse de
				sécurité sociale ;
				- la mise en place des installations
				sanitaires convenables, comprenant des
				douches et sanitaires dans la base-vie
				- Arrosage systématique des déviations
				- Contrôle régulier des émissions des gaz

Activités socio - économiques	Travaux de construction	 Perte d'emploi des employés du Bac; arrêt d'activité d'une centaine des commerçants informels lié à l'absence de Bac; Recrutement des travailleurs 	 Trouver un plan de redéploiement pour les personnels du bac; Dédommager les commerçants affectés; Donner un quota important aux locaux lors du recrutement de la main d'œuvre; Valorisation de l'emploi en donnant aux travailleurs un revenu mensuel consistant
Bruit	Travaux de préparation des emprises et travaux connexes	- Nuisances sonores pour les travailleurs de chantier et pour les populations locales	- Interdire de réaliser des travaux bruyants en dehors d'heures normales de travail ; - Respect des normes internationales d'émissions sonores ; - Entretien régulier des équipements

C : DEVIS QUANTITATIFS ET ESTIMATIFS

Le tableau qui suit donne le devis quantitatifs et estimatif du projet :

N° Prix	Désignations	Unités	Quantités	P.U. (F CFA)	Montant (HT) F CFA				
	000 : INSTALLATION DE CHANTIER								
001	Installations générales de chantier	Ft	1	206 500 000	206 500 000				
002	Repliement des installations de chantier	Ft	1	73 750 000	73 750 000				
003	Sécurité et sureté des installations	Ft	1	14 750 000	14 750 000				
	Sous total 0	00			295 000 000				
	100 : TRAVA	UX PRE	PARATOIRE	S					
101	Déforestages et débroussaillage avec essouchement	m²	60 000	210	12 600 000				
102	Décapage de la terre végétale	m²	55 000	208	11 440 000				
103	Abattage et dessouchage d'arbres de circonférence supérieure à 1m	U	35	57 000	1 995 000				
104	Démolition d'ouvrages existants	m²	160	10 000	1 600 000				
105	Scarification de la route existante	m²	14 200	1 081	15 350 200				
106	Purge de mauvais sol	m3	18 000	1 500	27 000 000				
	Sous total 1	00			69 985 200				
	200 : TERRASSEMENTS								
201	Déblais	m3	14 911	2 300	34 295 300				
202	Remblai d'emprunt	m3	105 065	6 500	682 922 500				
203	Mise en forme et compactage de la plateforme	m²	32 000	2 081	66 592 000				

204	Plus-value de transport des matériaux de déblai ou remblai pour des distances supérieures à 5 Km	m3×Km	300 000	200	60 000 000			
	Sous total 200							
301	301 Couche de base m 3 8 042 15 165							
302	Couche de fondation		4 518	13 668	61 752 024			
303	Couche de forme	m 3	5 522	10 525	58 119 050			
304	Plus-value de transport des matériaux pour couche de chaussée sur une distance supérieures à 5 Km	m3×Km	300 000	300	90 000 000			
	Sous total 3	000			331 828 004			
	400 : 1	REVETT	EMENT					
401	Fourniture et mise en œuvre de l'imprégnation (y compris bitume)	m 3	34 231	1 172	40 118 732			
402	Mise en œuvre de béton bitumineux	m 3	1 535	297 153	456 129 855			
403	Pavé autobloquant pour trottoir	m²	8 000	21 816	174 528 000			
404	Plus-value de transport des matériaux pour revêtement sur une distance supérieures à 5 Km	m3×Km	350 000	210	73 500 000			
	Sous total 4	-00			744 276 587			
	500 : DRAINAGE, ASS	AINISSE	EMENT ET PR	OTECTION				
501	Fossé triangulaire en terre	ml	1 000	1 087	1 087 000			
502	Dalots cadre (1 x 4 x4) en béton arme (y compris armature: ratios = 110kg/m3) (02)	ml	72	6 370 000	458 640 000			
503	Caniveaux				-			
503a	Caniveau 0,80 m x 0,80 m en béton armé	ml	2 000	-	-			
503b	Dallette de traversés sur caniveau	ml	2 000	-	-			

504	Protection				-		
504a	Bordure de Type T2 CS2	ml	2 300	19 669	45 238 700		
504b	Bordure de Type P1	ml	2 300	19 669	45 238 700		
504c	Bordure de Type I2	ml	200	19 669	3 933 800		
504d	Descente d'eau (y compris le dispositif d'entonnement et fixation au sol)	ml	200	60 011	12 002 200		
504e	Fourniture et mise en œuvre des gabions	m3	48	44 079	2 115 792		
504f	Fourniture et mise en œuvre de perré maçonné	m²	30	37 000	1 110 000		
504g	Fourniture et mise en œuvre d'enrochements	m 3	28	41 600	1 164 800		
	Sous total 500						
	600 : SECURI	TE ET S	IGNALISATIO	N			
601	Glissière de sécurité	ml	1 500	21 749	32 623 500		
602	Signalisation horizontale				-		
602a	Bande de peinture blanche rétro réfléchissante continue d'axe (T3) ou discontinue (T1)d'épaisseur 12 cm	ml	1 445	1 060	1 531 700		
602b	Bande de peinture blanche rétro réfléchissante discontinue de rive de Type T2 d'épaisseur 12 cm	ml	3 605	1 134	4 088 070		
602c	Marquages spéciaux	m²	46	8 234	378 764		
603	Signalisation verticale				-		
603a	Fourniture et pose de Panneaux de type A	U	10	276 644	2 766 440		
603b	Fourniture et pose de Panneaux de type "stop"; AB4; B et C	U	13	276 644	3 596 372		
603c	Fourniture et panneaux directionnel type D, E et EB	U	20	276 644	5 532 880		

	50 517 726							
700 : MESURES ENVIRONNEMENTALES								
701	Gestion ennvironnementale des travaux							
701a	Information et sensibilisation des travalleurs, des usagers et des riverains	Ft	1	4 000 000	4 000 000			
701b	Suivi et surveillance environnemental du chantier	Ft	1	35 000 000	35 000 000			
701c	Aménagements, équipements et services pour la sécurité des travilleurs	Ft	1	10 000 000	10 000 000			
702	Aménagements à caractère environnemental et social		1		-			
702a	Aménagement des gites et carrières	На	30	750 000	22 500 000			
702b	Plantation d'arbre	U	70	8 000	560 000			
702c	Aménagement des entrées de Farié	Ft	1	250 000	250 000			
	Sous total 700							
	2 978 258 309							