



**ACTUALISATION DES ETUDES D'AVANT-PROJET
DETAILLE DU TRONCON DE LA ROUTE NATIONALE N°4
(KOUPELA-GOUNGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU
NIGER) : SECTION PK55-PK65+200**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER EN
INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT**

OPTION : GENIE CIVIL/ROUTE ET OUVRAGES D'ART

Présenté et soutenu publiquement le 24/01/2017 par :

OUEDRAOGO Wendpanga Assomption Stéphane

Travaux dirigés par :

M. LO Moussa

Enseignant à 2iE

Département Génie-Civil et Hydraulique

M. DADJO Alban

Ingénieur Génie-Civil ACE

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Abdou LAWANE

Membres et correcteurs : M. Moussa LO

Mme. Marie-Thérèse MBENGUE

M. Césaire HEMA

Promotion [2016/2017]

DEDICACE

Toute œuvre humaine ne peut s'accomplir sans la volonté de Dieu, que je mets au-devant de toute chose et à qui je dédie ce travail en premier.

- ✚ A mon père pour tous ses sacrifices, son soutien et son accompagnement ;**
- ✚ A ma mère pour son soutien, ses sacrifices consentis pour moi ;**
- ✚ A mes frères et sœurs ;**
- ✚ A mes oncles, mes tantes, mes cousins et tous les membres de ma famille ;**
- ✚ A mes amis et camarades ingénieurs pour les conseils, le partage d'informations et leur soutien ;**
- ✚ A tous mes autres amis de divers horizons pour avoir été là.**

DIEU VOUS BENISSE

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier vivement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail. Nous tenons particulièrement à remercier pour leur conseil et disponibilité tout au long de notre stage pratique, les personnes qui suivent :

- ✚ A monsieur Ousmane TIENDREBEOGO, directeur général d'ACE conseils de nous avoir permis d'effectuer notre stage au sein de l'entreprise ;
- ✚ A monsieur Mathieu OUEDRAOGO, Directeur technique d'ACE pour nous avoir accepté au sein de l'entreprise ;
- ✚ A monsieur Alban DADJO, Ingénieur Génie Civil, responsable de la section hydraulique et aménagements hydro-agricoles notre maitre de stage pour ses conseils sa disponibilité ;
- ✚ A monsieur Moussa LO, Enseignant du département Génie-Civil et Hydraulique pour son encadrement et son suivi ;
- ✚ A mes parents pour les sacrifices consentis à ma formation ;
- ✚ A mes amis pour leur soutien et encouragements dans les moments difficiles.

Par ailleurs, à tous ceux et toutes celles dont les noms n'ont pas pu être cité, qu'ils trouvent en ces mots, l'expression de notre profonde gratitude.

RESUME

Le projet d'actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N^o4 (Koupéla-Gounghin-Fada N'Gourma-Frontière du Niger) est né de la volonté du Burkina Faso et ses partenaires de l'UEMOA d'accroître leurs échanges à travers des routes modernes. La section qui nous a été confié pour l'étude va du PK55 au PK 65+200 et est long de 10 km 200. La présente étude a pour but de trouver une solution de réhabilitation, de faire une conception du tronçon avec un système d'assainissement efficace, d'évaluer les impacts environnementaux pour proposer des mesures d'atténuation, d'évaluer les quantités de matériaux pour enfin ressortir le cout du projet.

Pour atteindre les objectifs, plusieurs études ont été menées :

- L'étude géotechnique nous a permis d'apprécier l'état actuel de la chaussée. Il en ressort une chaussée marquée par de fortes dégradations avec une proposition de renforcement grâce au manuel pour le renforcement des chaussées souples dans les pays tropicaux. La structure retenue est composée de 20 cm de graveleux latéritiques traités au ciment comme couche de fondation, 8 cm de grave bitume comme couche de base et une couche de roulement en béton bitumineux.
- Grace à l'étude sur la géométrie routière et au logiciel PISTE 5, nous avons pu avoir le tracé en plan, les profils en long et les profils en travers types de notre projet permettant ainsi d'obtenir les cubatures.
- L'étude hydrologique a permis de déterminer les caractéristiques des bassins versants et les débits de dimensionnement des ouvrages. L'étude hydraulique a permis de déterminer les sections des caniveaux avant de faire le dimensionnement béton armé avec celui des dalots. Le caniveau de 60x60 a une longueur totale de 660 m, celui de 80x80, 1332m. Nous dénombrons 6 dalots de 100 x 100, 1 dalot de 150 x 100 en remplacement des buses.
- Une étude d'impact environnement et social a été menée en vue de présenter les impacts sur le projet ainsi que les mesures d'atténuations.
- Une estimation financière du coût du projet a été faite et il ressort un budget estimé à environ **4 521 003 684 FCFA TTC**.

ABSTRACT

The project to update the technical studies for the detailed preliminary design of the section of the national road N^o4 (Koupéla-Gounghin-Fada N'Gourma-Border of Niger) was born from the will of Burkina Faso and its partners of the UEMOA to increase their exchanges through modern roads. The section that was entrusted to us for the study goes from PK 55 to PK 65+200 and is 10 km long. The present study aims to find a rehabilitation solution, to make a design of the section with an effective sanitation system, to evaluate environmental impacts to propose mitigation measures, to evaluate the amount of materials to finally highlight the cost of the project

To achieve objectives, several studies have been carried out:

- The geotechnical study allowed us to appreciate the current state of the pavement. A pavement marked by severe degradation with a proposition for reinforcement. The restrained structure is composed of 20 cm of cement-treated lateritic gravel pits as foundation layer, 8 cm of gravel bitumen, as a base layer and a rolling layer of bituminous concrete.
- Thanks to the study on road geometry and to the software PISTE 5, we were able to have the drawing in plan, the profiles in length and the cross profiles types of our project obtaining the cubits.
- The hydrological study made it possible to determine the characteristics of watersheds and the sizing rates of the structures. The hydraulic study made it possible to determine the sections of gutters before making the reinforced concrete sizing with that of the scuppers. The channel of 60x60 has a total length of 660 m, that of 80x80, 1332 m. We count 6 scuppers of 100x100, one scupper of 150x100 in replacement of the nozzles.
- An environmental and social impact assessment was carried out in order to present the impacts on the project as well as the mitigation measures.
- A financial estimate of project cost has been made and we have an estimated budget at about **4 521 003 684 FCFA TTC**.

SIGLES ET ABBREVIATIONS

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

ACE : Associated consulting engineering.

UEMOA : Union Economique et Monétaire Ouest Africaine.

CEBTP : Centre Expérimental de recherche de d'étude du bâtiment et des travaux publics

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussée

SETRA : Service d'Etude Technique des Routes et Autoroutes

CBR: Californian Bearing Ratio

OPM: Optimum Proctor Modifié

GLAC: Graveleux latéritique traité au ciment

GB: Grave bitume

BB: Béton bitumineux

IP : Indice de plasticité

WL : Limite de liquidité

WP : Limite de plasticité

LA : Los Angeles

CAM : Coefficient d'agressivité moyen

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel

MTLH : Matériau traité au liant hydraulique

BV : Bassin Versant

CIEH : Comité inter africain d'études hydrauliques

BAEL : Béton Armé à Etat Limite

SIDA : Syndrome de l'Immunodéficience Acquise

SOMMAIRE

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
SIGLES ET ABBREVIATIONS	v
SOMMAIRE	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES FIGURES.....	ix
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET.....	2
CHAPITRE II : ETUDES GEOTECHNIQUES	8
I. Historique de la chaussée existante.....	8
II. Identification de la route	11
III. Diagnostic des dégradations	12
IV. Campagne de déflexion.....	17
V. Trafic.....	20
VI. Choix de structure de chaussée	21
VII. Aperçu sur les matériaux de renforcement	24
VIII. Structure de renforcement.....	25
IX. Ressources en matériaux	28
CHAPITRE III : ETUDE ROUTIERE	29
I. Aménagement routier.....	29
II. Signalisation et sécurité routière	33
CHAPITRE IV : ETUDES PLUVIOMETRIQUE ET HYDROLOGIQUE	36
I. Etude pluviométrique	36

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

II. Prédétermination des crues : Hydrologie	39
CHAPITRE V : ETUDE DES OUVRAGES HYDRAULIQUES.....	48
I. Vérification des sections des différents ouvrages	48
II. Prolongement des ouvrages.....	50
III. Dimensionnement structural des ouvrages.....	51
CHAPITRE VI : Etude D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL-COUT DU PROJET.....	56
I. Etude d'impact environnemental et social	56
II. Avant métré et devis quantitatif et estimatif du projet	62
III. Comparaison entre les deux études	64
CONCLUSION GENERALE	66
BIBLIOGRAPHIE	67
ANNEXES	x

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Relevés visuels des dégradations	16
Tableau 2: Caractéristiques du trafic.....	20
Tableau 3: Classification des déflexions pour certains pays.....	21
Tableau 4: Qualité de la chaussée en fonction de la classe de déflexions	22
Tableau 5 : Quantification de la qualité apparente de la chaussée.....	22
Tableau 6 : Type d'intervention en fonction de la qualité de la chaussée	24
Tableau 7: Classes de déflexions en fonction de Qi sur support bicouche.	26
Tableau 8: Caractéristiques de la chaussée existante.	27
Tableau 9: Caractéristiques du tracé en plan.....	31
Tableau 10: Caractéristiques du profil en long	32
Tableau 11 : Caractéristiques de PT1.....	33
Tableau 12 : Caractéristiques de PT2.....	33
Tableau 13: Types de marquages pour la signalisation horizontale.....	34
Tableau 14: Caractéristiques des bassins versants	43
Tableau 15: Débits calculés.....	46
Tableau 16: Caractéristiques des caniveaux.....	47
Tableau 17: Détails sur la vérification des sections des ouvrages	50
Tableau 18: Sections d'acier pour caniveau 80 x 80.....	52
Tableau 19: Sections d'acier pour caniveau 60 x 60.....	52
Tableau 20: Sections d'acier pour dalot type 150 x 100	54
Tableau 21: Sections d'acier pour dalot 100 x 100.....	55
Tableau 22 : Devis estimatif.....	63
Tableau 23 : comparaison des résultats.....	65

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme de ACE	4
Figure 2 : Carte de localisation de la zone du projet	5
Figure 3: Méthodologie de l'étude	7
Figure 4 : Profil en travers type de la route à sa construction	9
Figure 5: Profil en travers type après réhabilitation	11
Figure 6 : Répartition des dégradations.....	16
Figure 7 : Variation des déflexions	18
Figure 8: Déflexions caractéristiques	19
Figure 9 : Répartition des classes de déflexions	19
Figure 10 : Echelle de qualification de l'état apparente de la chaussée	23
Figure 11 : Graphique de la pluviométrie mensuelle	36
Figure 12 : Variations interannuelles de la station de Fada	37
Figure 13 : Ajustement par la loi normale.....	38
Figure 14 : Ajustement statistique pluies max. journalières de la station de Fada N'Gourma par la loi de Gumbel	39
Figure 15 : Carte des bassins versants.....	42
Figure 16 : Principe de chargement de la dalle et du piedroit	51
Figure 17 : Principe de chargement du radier	52
Figure 18 : Répartition des couts du projet	64

INTRODUCTION GENERALE

La route communautaire Cu2a (Koupéla-Gounghin-Fada-Frontière du Niger) est un axe très important pour le Burkina Faso et ses partenaires de l'UEMOA. Cependant, sa fréquentation croissante et le non-respect des charges ont provoqué d'importantes dégradations.

Des études ont donc été menées en 2011-2012 par le bureau d'études TECHNI-CONSULT sur financement de l'UEMOA et le Burkina a bénéficié d'un financement pour la réhabilitation et le renforcement de la section Koupéla-Gounghin longue de 34 km sur financement de l'Union Européenne. Le Burkina a ensuite sollicité un appui financier à la BAD pour le financement du tronçon Gounghin-Fada-Frontière du Niger. Les travaux étant prévus pour 2016-2017, il y a la nécessité d'actualiser les études pour réduire les risques d'avenants ayant de graves incidences financières.

C'est dans ce cadre que se situe notre projet qui a pour thème : **Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N°4 (Koupéla-Gounghin-Fada N'Gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200.**

Le présent mémoire qui donne les résultats de cette étude est composé de six (6) chapitres échelonnés comme suit :

Le premier chapitre présente la structure d'accueil et aussi le projet de manière générale et la méthodologie adoptée ;

Le deuxième chapitre traite de la géotechnique ;

Le troisième chapitre aborde les études topographiques, de la conception géométrique et de la signalisation routière ;

Le quatrième chapitre concerne les études pluviométriques et hydrologiques ;

Le cinquième fait l'étude des ouvrages hydrauliques ;

Le sixième chapitre évalue l'impact environnemental et social et fait ressortir le coût du projet.

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

I. Présentation de la structure d'accueil

Le bureau d'études ACE nous a reçu en stage dans le cadre de notre projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master d'ingénieur. Le présent chapitre présente d'abord la structure d'accueil suivi du projet et de la méthodologie d'étude du projet.

1) Historique et missions de ACE

A.C.E (Associated consulting engineers) ingénieurs conseils est une société à responsabilité limitée (SARL) intervenant dans les disciplines du développement économique et social à partir de ses locaux dotés de confort et de matériels de qualité situés à Ouagadougou précisément à Gounghin secteur 08-Rue Zoalga / 8.24.

ACE possède en son sein les ressources humaines et matérielles de qualité pour assurer les tâches qui lui sont confiées.

2) Domaines d'activités

ACE intervient dans plusieurs domaines d'activités.

a) Infrastructures

Au niveau des infrastructures ACE assure les études, le contrôle et aussi le suivi des travaux dans les cas de projets suivants :

- Routes
- Voiries et réseaux divers
- Réhabilitation d'infrastructures
- Topographie
- Pistes rurales

b) Bâtiment et ouvrages d'art

- Bâtiments
- Structures métalliques et bois
- Ouvrages d'art
- Expertise et réhabilitation

- Architecture
 - c) Aménagement hydraulique et environnement**
 - Aménagements hydro agricoles
 - Barrages
 - Hydrologie et hydrogéologie
 - Hydraulique urbaine et rurale
 - Environnement
 - Approvisionnement en eau potable
- 3) Organigramme d'ACE.**

La figure suivante (figure 1) présente l'organigramme d'ACE.

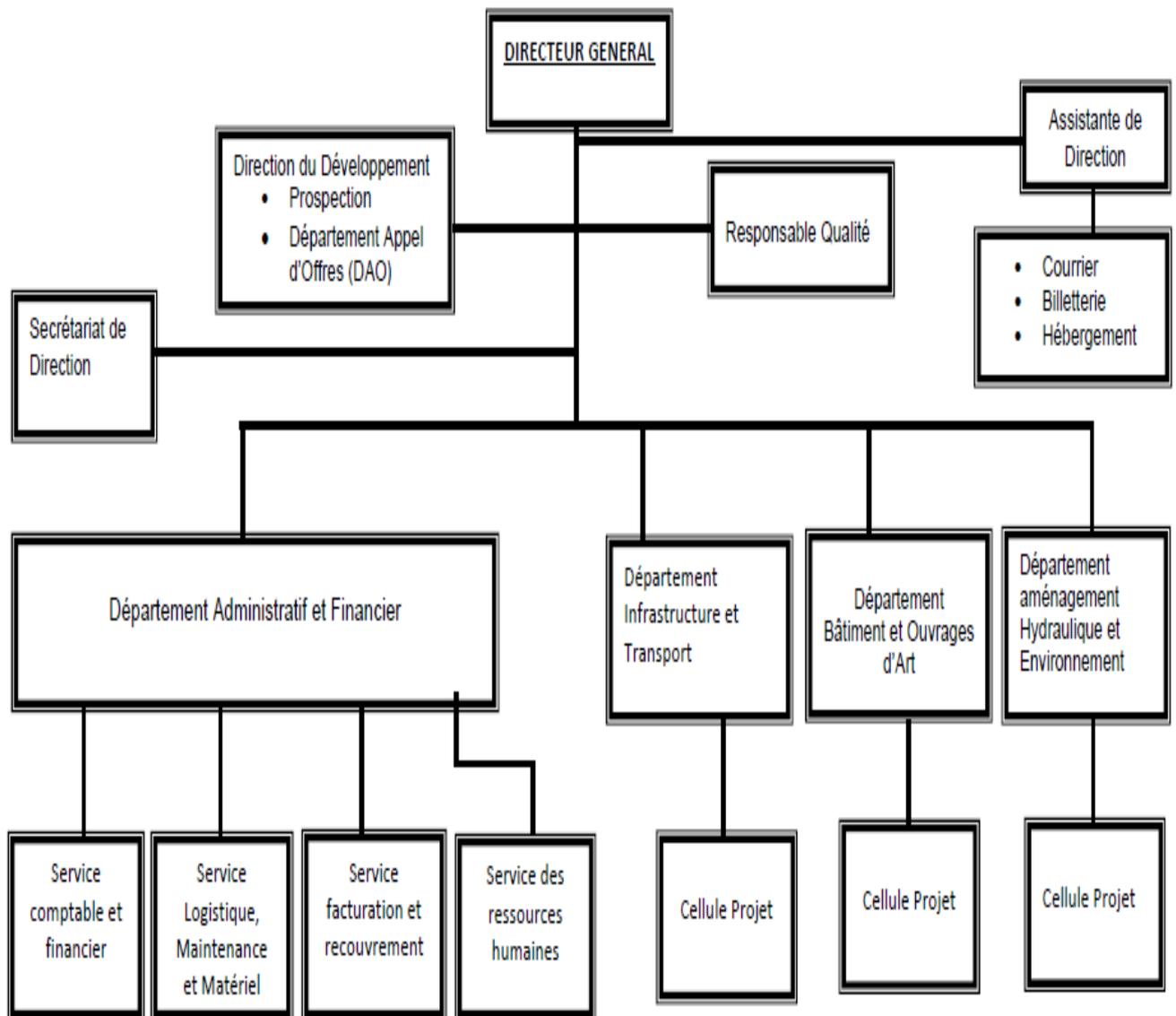


Figure 1 : Organigramme de ACE

I. Présentation générale du projet

1) Contexte général

Dans le cadre de la Stratégie de Croissance Accélérée et de Développement Durable (SCADD), le Burkina Faso compte se doter d'infrastructures routières modernes répondant aux normes de qualité pour assurer les échanges avec ses pays voisins membres de l'UEMOA. C'est dans ce contexte que le bureau d'études ACE ingénieurs Conseils a été retenu pour mener l'actualisation des études d'avant-projet détaillé en vue de la réhabilitation

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

et du renforcement du tronçon de la route nationale N⁰⁴ Koupéla-Gounghin Fada N'gourma-Frontière du Niger.

2) Localisation

La zone du projet est située à l'extrême Est du Burkina Faso, entre 0°21'18'' de longitude Ouest et 1°34'50'' de longitude Est, 12°00'3'' et 12°38'3'' de latitude Nord. La Région de l'Est couvre une superficie de 46.256 km², soit environ 17% du territoire national, ce qui fait d'elle la région la plus vaste du pays. La région de l'Est est limitée au Nord- Est par la république du Niger, au Nord par la région du Sahel, à l'Ouest par les régions du Centre-Est et du Centre-Nord, au Sud par la région du Centre –Est, les républiques du Bénin et du Togo.

Le tronçon PK55 au PK65+200 se trouve dans le département de Diapangou dans la province du Gourma situé dans la région de l'EST.

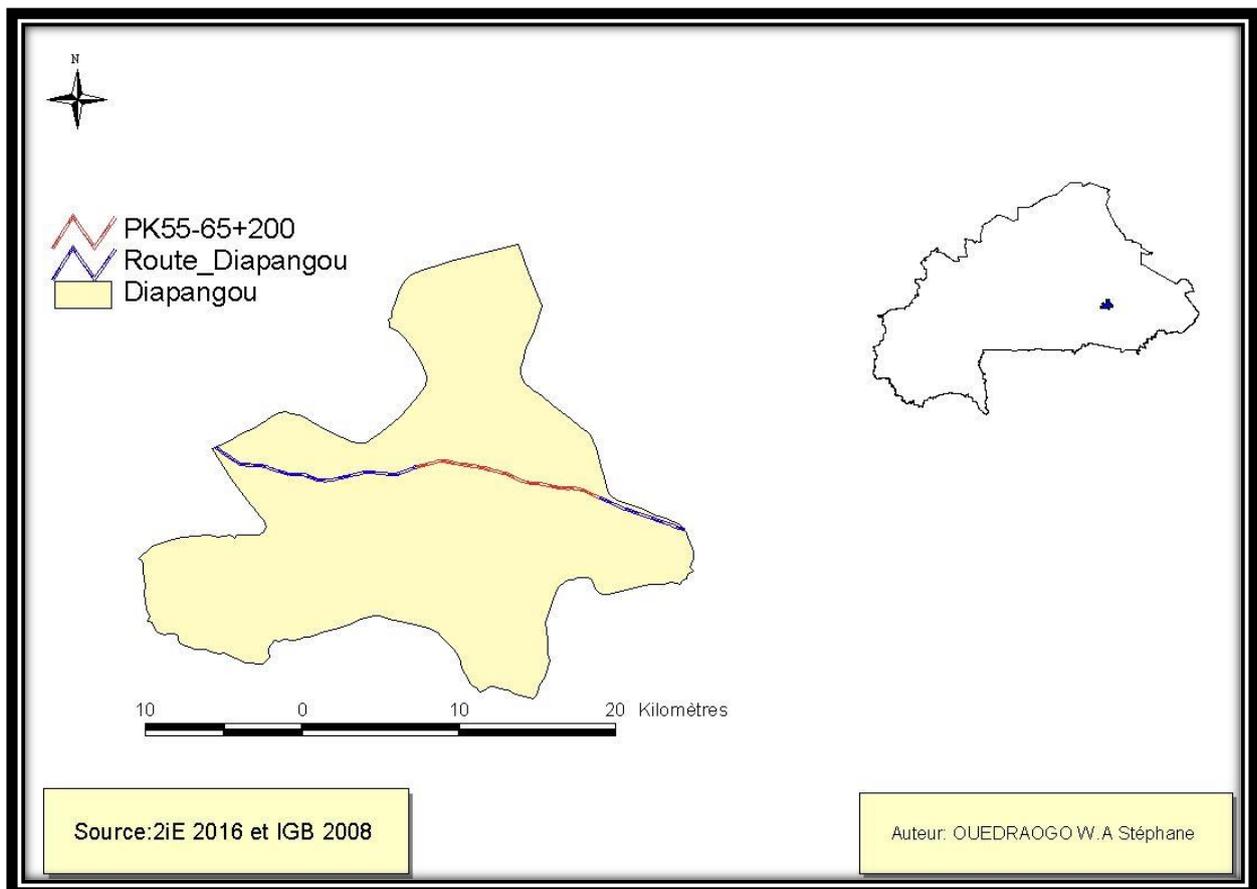


Figure 2 : Carte de localisation de la zone du projet

3) Objectifs du projet

Objectif général

L'objectif global est d'actualiser les études techniques d'avant-projet du tronçon en vue de sa réhabilitation. Cela contribuera efficacement au désenclavement intérieur et extérieur du Burkina Faso.

Objectifs spécifiques

- ✓ Proposer une structure de chaussée et la dimensionner
- ✓ Aménager une route conforme aux normes de l'UEMOA
- ✓ Faire une étude hydrologique et hydraulique
- ✓ Vérifier la capacité des ouvrages existants à assurer un bon drainage des eaux
- ✓ Ressortir l'impact du projet sur l'environnement et la population
- ✓ Estimer le coût du projet

4) Méthodologie

a) Matériel

- Recherche documentaire

Cette phase constitue la recherche de toutes pièces écrites parlant des principales thématiques de ce mémoire. Elle a été faite par l'acquisition de documents étudiant le dimensionnement de chaussée, d'étude de projet routier, d'études géotechniques, d'études hydrauliques.

- Collecte de données

La collecte des données constitue la recherche des éléments directement liés au projet. Ce sont entre autres :

- Le rapport géotechnique ;
 - La collecte des données topographiques ;
 - Le rapport hydrologique et hydraulique
 - Les termes de référence.
- Outils et logiciels

Certains logiciels ont contribué à la réalisation des études. Il s'agit de :

- Piste 05 pour la conception géométrique ;
- Alizé Lcpc pour la vérification des structures de chaussée en géotechnique ;

- Hyfran et Microsoft Excel pour les analyses statistiques de la pluviométrie ;
- Global Mapper 16 pour l'hydrologie.

b) Méthodes

La figure suivante montre l'organigramme donnant un aperçu de la démarche adoptée pour la réalisation de cette étude.

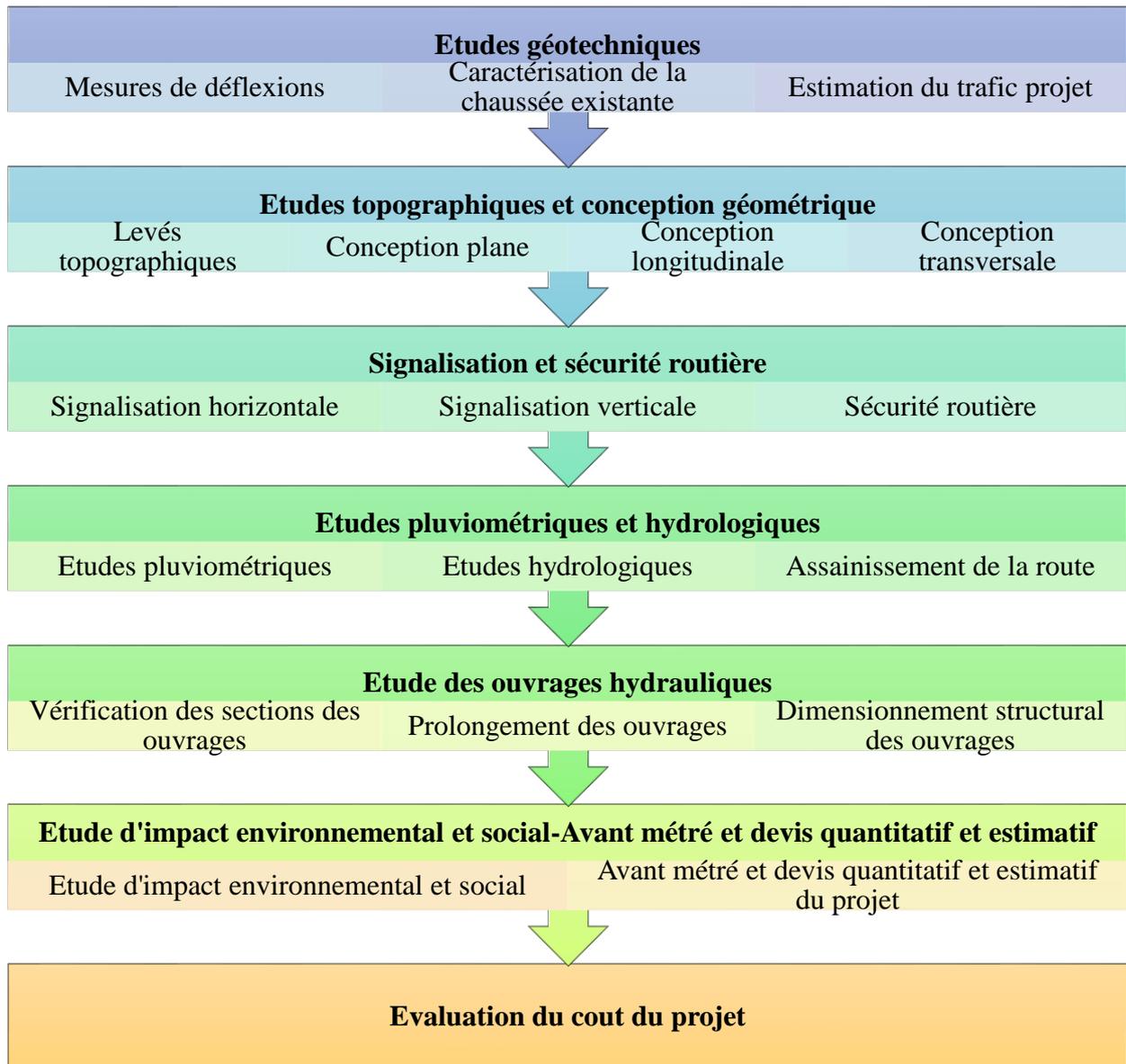


Figure 3: Méthodologie de l'étude

CHAPITRE II : ETUDES GEOTECHNIQUES

Dans ce chapitre il est question de ressortir les caractéristiques de la chaussée existante pour ensuite faire l'étude appropriée des dégradations et du type d'intervention à mener.

I. Historique de la chaussée existante

Le tronçon PK55-PK65+200 fait partie de de la section KOUPELA_FADA long de 84,350 km. Ce tronçon a été réalisé entre 1982 et 1983 et est constitué d'une chaussée revêtue de 7 m de largeur, avec des accotements non revêtus de 1 m de largeur chacun.

La documentation fournie par la BDR montre que la chaussée est composée de la façon suivante :

Revêtement : enduit superficiel tri-couche

Imprégnation : 1,013 kg/m² de cut-back 0/1

Première couche : - liant : 1,134 kg/m² de bitume 80/100
- Gravillons : 13,666 l/m² de gravillons de 12/18

Deuxième couche : - liant : 1,016 kg/m² de bitume 80/100
- Gravillons : 10,122 l/m² de gravillons de 8/12

Troisième couche : - liant : 1,075 kg/m² de bitume 80/100
- Gravillons : 7,988 l/m² de gravillons de 3/8

Couche de base : 15 cm de graveleux latéritiques naturels ou améliorés au concassé 0/5, 0/12 ou 12/40 (litho-stabilisation).

Couche de fondation : 20 cm de graveleux latéritiques naturels.

Le dossier reporte des données de portance de la plate-forme assez élevées, ce qui laisserait supposer la présence d'une couche de forme. Le profil en travers type de la route à la construction figure ci-dessous.

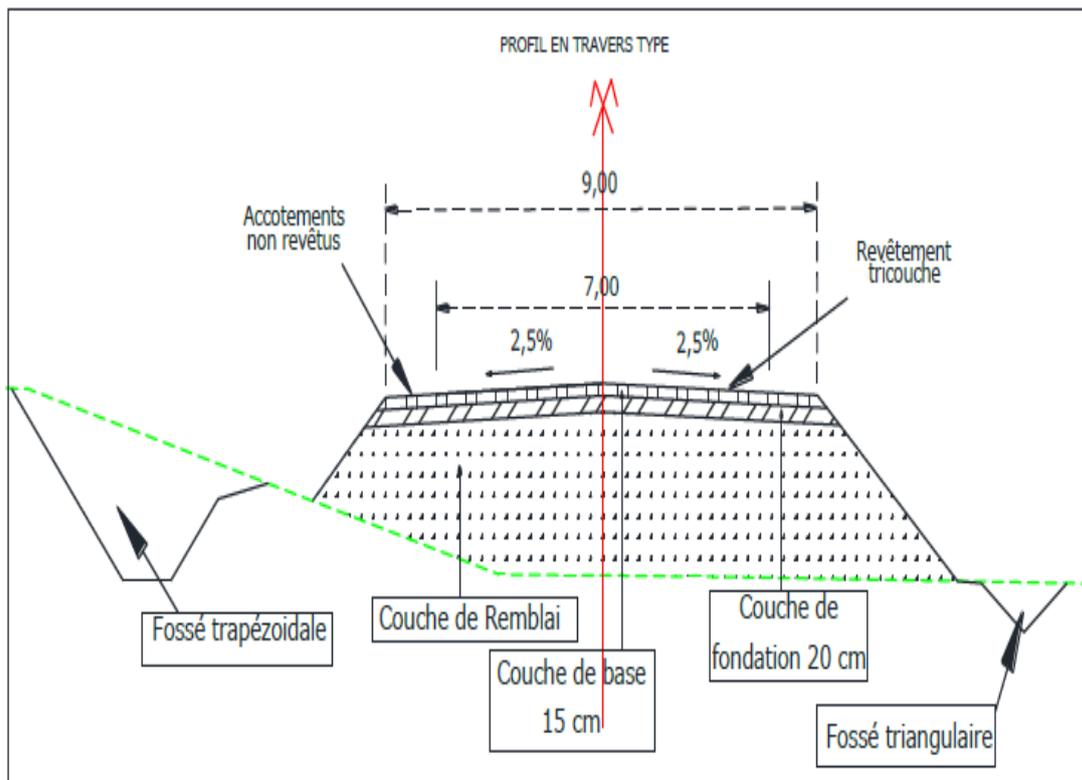


Figure 4 : Profil en travers type de la route à sa construction

Source : Rapport géotechnique des études économique et technique pour la réhabilitation et le renforcement de la route Koupéla-Piéga-Frontière du Niger (CU2a) :252 km

Depuis sa construction, la route a fait l'objet d'un entretien ordinaire assez régulier, qui comprend les opérations de débroussaillage, des points à temps, la reprise des rives érodées et le scellement des fissures importantes. Le curage des fossés et des ouvrages a également été effectué par la même occasion.

Travaux de réhabilitation KOUPELA_FADA_PIEGA

La longueur du tronçon est estimée à 141,950 km. Les travaux d'entretien périodique de la route Koupéla_Piéga se sont déroulés entre 2000 et 2003, exécutés par le groupement d'entreprises DTP Terrassement – CSE et contrôlés par le Bureau d'Études BCEOM. Les principales tâches exécutées se résument en :

- Élargissement, par endroits, de la chaussée de 6 à 7 m ;
- Rechargement des accotements ;

Élargissement de la plate-forme pour confectionner des parkings, aménagement de péage, reprise localisée de support de chaussée pour purges de matériaux impropres ;

Pour la structure de la chaussée :

- Ressurfaçage sur 16.3 km ;
- Recyclage sans apport sur 6 km ;
- Recyclage avec apport de 10 cm de grave latéritique sur 13.2 km ;
- Renforcement avec 15 cm de grave latéritique sur 12.7 km ;
- Renforcement avec 20 cm de grave latéritique sur 61.4 km ;
- Renforcement avec 25 cm de grave latéritique sur 30 km.
- Revêtement bicouche sur 7 m ;
- Revêtement monocouche sur accotements de 1 m, de part et d'autre de la chaussée ;

❖ Travaux sur les ouvrages d'art et d'assainissement :

- Ragraéage, bouchage de fissures, protection en gabions ou en perrés, débouché des entonnements et rehaussement des têtes ;
- Réfection partielle ou totale des hourdis de tabliers d'ouvrages menaçant de rupture suite à fissuration inquiétante des dalles tenant lieu de tabliers, ou à un effondrement de tabliers existants ou un début de fracturation de béton en face inférieure de hourdis ;
- Curage des fossés existants, reprise des fossés érodés menaçant la route, exécution de nouveaux fossés latéraux et divergents, exécution de merlons pour canaliser les eaux vers les ouvrages existants, reprise de talus en déblais ou en remblais, réaménagement du lit de certains cours d'eau, principalement les dégagements des entonnements envahis par les dépôts, etc.
- Signalisations horizontale et verticale

Les marchés des travaux d'entretien périodique, exécutés entre 2000 et 2003, s'élèvent à 3 989 593 251 F CFA HTT et hors révision des prix.

Ce sont les seuls travaux d'entretien périodique dont la route a bénéficié depuis sa construction.

Après les travaux d'entretien périodique, le profil en travers type de la route devient :

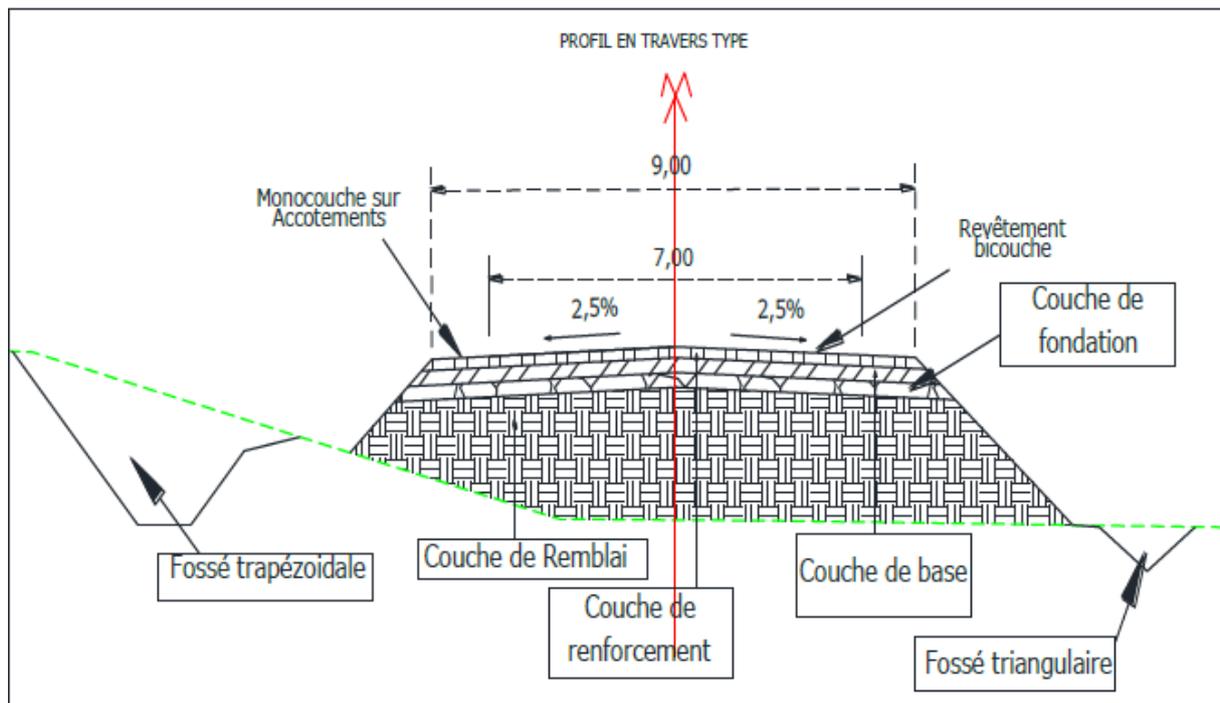


Figure 5: Profil en travers type après réhabilitation

Source : Rapport géotechnique des études économique et technique pour la réhabilitation et le renforcement de la route Koupéla-Piegea-Frontière du Niger (CU2a) :252 km

II. Identification de la route

Des sondages ont été effectués sur la chaussée existante. Dans chaque sondage la composition de la structure a été décrite et des échantillons du sol support ont été prélevés. Il a été procédé à l'ouverture de 25 sondages.

Cependant, aucun sondage ne renseigne véritablement sur les caractéristiques de notre tronçon, mais nous allons nous appuyer sur les sondages du PK 47+125 et du PK 67+34 pour déterminer les caractéristiques du tronçon

❖ Couche de base

Les différents sondages ont indiqué que la couche de base est de la latérite améliorée au concassée 0/5, à certains endroits, 0/12 ou 12/40, et selon la classification RTR, le sol est du B6 sur la majorité du tronçon avec deux points qui indiquent du B5. L'épaisseur varie entre 20 et 30 cm. La valeur de l'indice CBR à 98% varie de 57 à 114.

❖ Couche de fondation

L'épaisseur de la couche de fondation varie entre 30 et 40 cm et est composée de graveleux latéritiques naturels. Les essais indiquent que le sol est en majorité de l'A2-6 dans la classification HBR. Les CBR à 98% varie de 42 à 73.

❖ Couche de forme

L'épaisseur de la couche varie de 60 cm à 90 cm avec une moyenne de 70 cm et un écart type de 10. Le sol est en majorité du B6 de la classification RTR. Le CBR à 98% varie de 28 à 49.

III. Diagnostic des dégradations

Un relevé des dégradations de la route existante a été effectué. Il ressort que les dégradations les plus importantes sont : dégradations des accotements, arrachements, fissurations, réparations qui n'ont pas tenu, épaufrures des rives, etc.

Des photos d'illustration des dégradations ont été prises par ACE lors d'une visite sur le terrain le 11/02/2016.

Cependant, il serait plus adéquat de refaire une visite de site plus accentuée dans le but de faire une évaluation (diagnostic) plus approfondie de ces différents défauts.

Dans le cadre de notre stage, coïncidant avec une période manifestée par plusieurs agressions dans cette zone, très marquée par des actions terroristes, il nous a été autorisé de faire une descente sur le site dans le but de mieux évaluer en détail ces dégradations.

Cependant, avec les données de l'entreprise, entre le Pk 55 et le Pk 65+200, les dégradations relevées sont essentiellement les arrachements et les épaufrures.

Ces dégradations sont illustrées dans les photos 1,2,3 et 4 présentées ci-dessous :

- Arrachements :



Photo 1 : Arrachements de niveau 2 sur la chaussée



Photo 2 : Arrachements de niveau 1 sur la chaussée

- Epaufrures



Photo 3 : Epaufrures de niveau 3 sur la rive



Photo 4 : Epaufrure de niveau 2 sur la rive

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Le tableau 1 montre le relevé des dégradations sur notre tronçon

Tableau 1 : Relevés visuels des dégradations

Source : Rapport géotechnique des études économique et technique pour la réhabilitation et le renforcement de la route Koupéla-Piega-Frontière du Niger (CU2a) :252 km.

PK début	PK Fin	type de dégradation	Niveau
58,85	59	Épaufrures	2
59,2	59,3	Arrachement	3
59,75	59,95	Arrachement	2
59,95	60,35	Arrachement	3
60,75	60,85	Épaufrures	2
60,8	61,3	Arrachement	3
61,45	61,7	Arrachement	2
62	62,4	Accotements	
64,9	65	Arrachement	3

La figure 6 nous montre la répartition des types de dégradations en fonction de leur niveau.

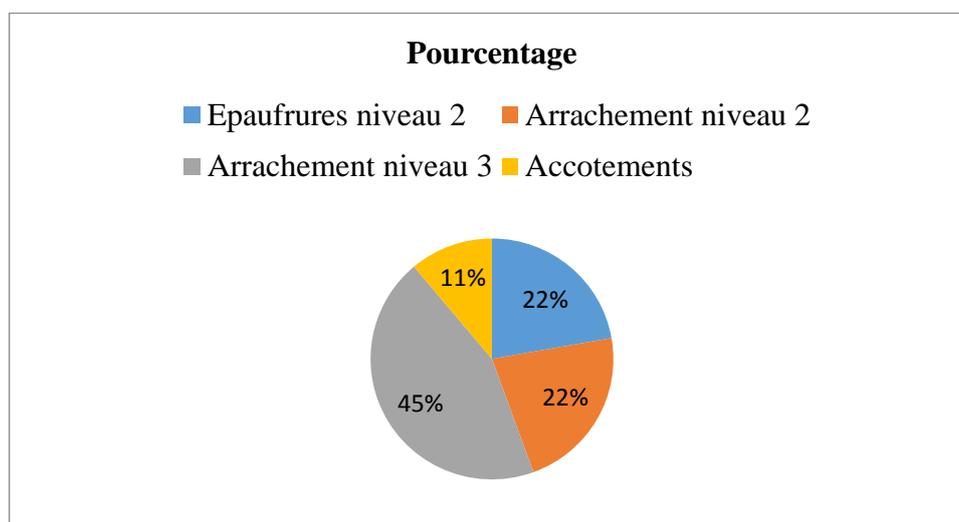


Figure 6 : Répartition des dégradations

IV. Campagne de déflexion

Une campagne de mesure de déflexions a été réalisée du 06 au 17 juin 2011, en effectuant une mesure tous les 100 m en quinconce (voie gauche, axe route, voie droite, axe route, voie gauche, etc.). Les mesures effectuées à l'aide de la poutre Benkelman permettent d'ausculter l'état de la chaussée et d'intervenir lorsque les résultats de ces mesures indiquent que la chaussée est fatiguée. La poutre Benkelman est un appareil permettant l'analyse ponctuelle de la déformation d'une structure de chaussée causée par un essieu de véhicule ; les mesures ont été réalisées selon la procédure courante, en appliquant une charge de 13 tonnes, transmise par un seul essieu à roues jumelées de pression nominale de gonflage de 0.66 MPA (6.6 kg/cm²), correspondant à l'essieu légal adopté au Burkina Faso. Sous cette charge, la chaussée subit un tassement total proportionnel à la rigidité d'ensemble, relevé par un comparateur. L'appareil est doté d'un comparateur analogique. La procédure suivie pour les mesures peut se résumer comme suit :

- ✓ Pré-marquage de la chaussée tous les 50 m par une équipe topo à l'aide d'un podomètre ;
- ✓ Positionnement du véhicule d'essai, en plaçant l'essieu postérieur à la hauteur du point de mesure ;
- ✓ Positionnement horizontal de la poutre, parallèlement à la direction de marche du véhicule, en plaçant son extrémité entre les deux roues jumelées de ce dernier, à la hauteur de la zone de contact avec la chaussée ;
- ✓ Mise à zéro initiale du comparateur de mesure ;
- ✓ Éloignement du véhicule du positionnement de mesure et relevé du déplacement des parties mobiles de la poutre.

La valeur prise en considération est la D90= moyenne sur 500 mètres+1.3 Ecart Type. Les mesures de déflexion ont ensuite été classées selon 6 catégories. Le tableau ci-après donne les classes de déflexions.

1) Classes de déflexions

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55- PK65+200

Catégorie				
0/100 mm	<	D1	≤	50/100 mm
50/100 mm	<	D2	≤	75/100 mm
75/100 mm	<	D3	≤	100/100 mm
100/100 mm	<	D4	≤	125/100 mm
125/100 mm	<	D5	≤	150/100 mm
150/100 mm	<	D6	≤	175/100 mm

2) Résultats de campagne de déflexion

Les mesures des déflexions tous les 100 m nous a permis d'avoir le graphique ci-dessous qui traduit les variations de déflexions le long du tronçon.

Le tableau présentant les déflexions est présenté à l'annexe 1.

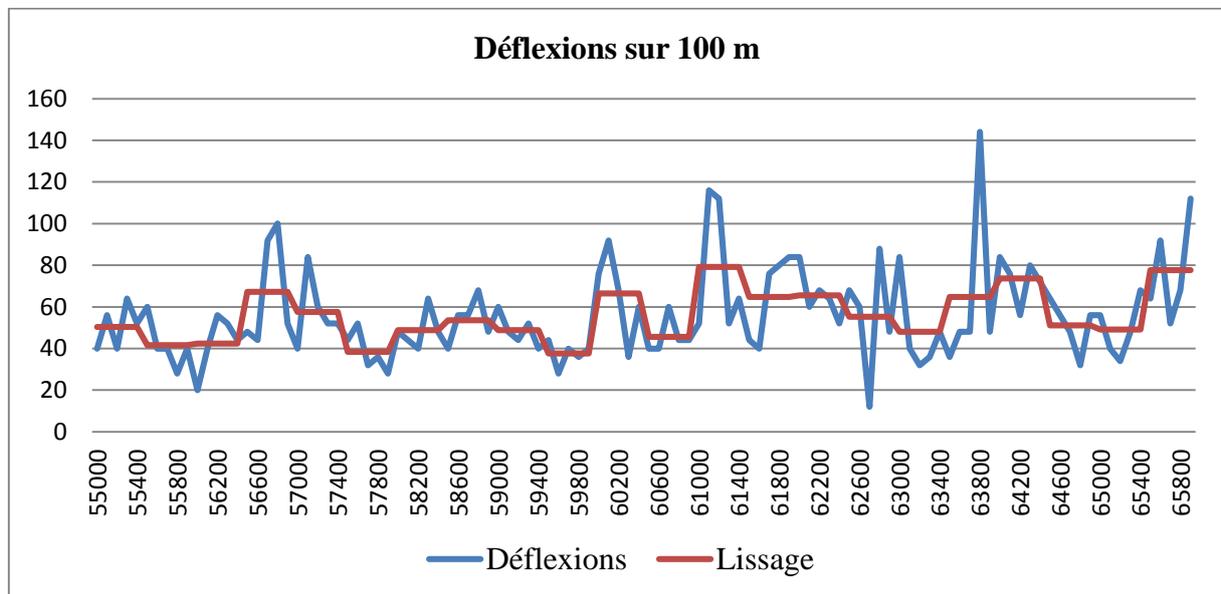


Figure 7 : Variation des déflexions

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Les valeurs de D_{90} nous conduisent au graphique suivant :

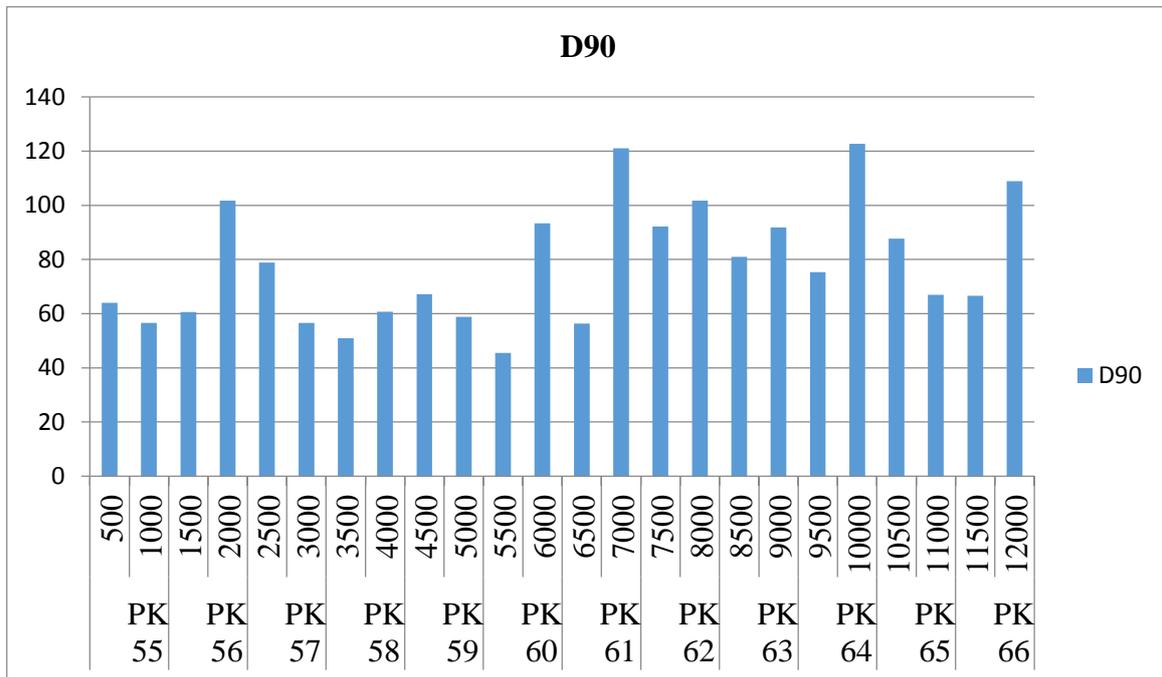


Figure 8: Déflections caractéristiques

Le secteur suivant nous montre la répartition des classes de déflexion en fonction de leur pourcentage.

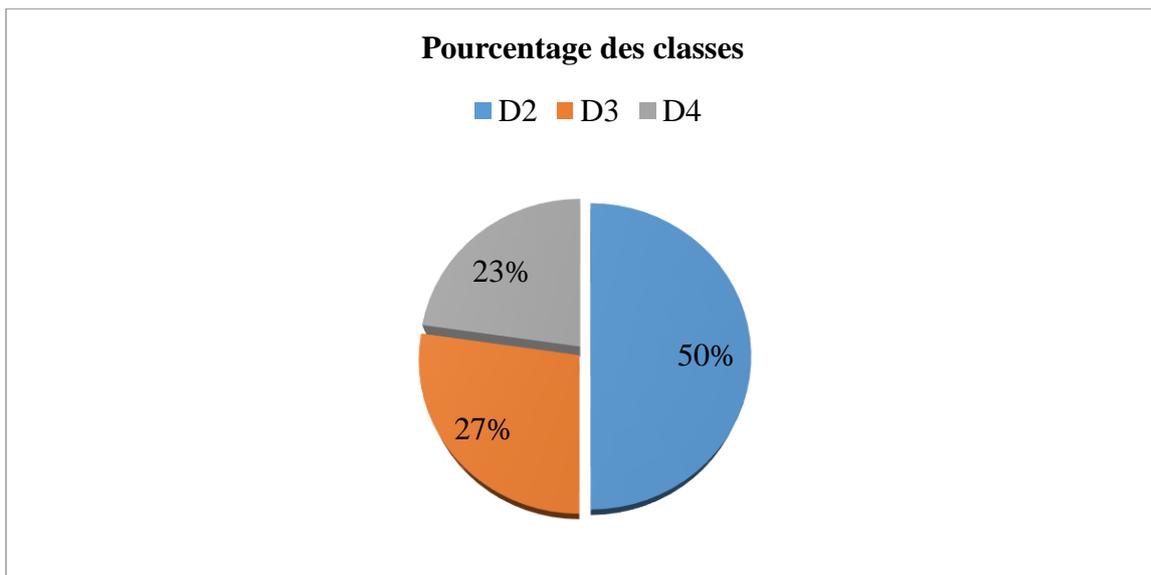


Figure 9 : Répartition des classes de déflexions

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Ainsi 50% des dégradations sont de type D2, 27 % de type D3 et 23% sont de type D4.

V. Trafic

Nous allons partir du trafic étudié en 2011 pour calculer le trafic de notre projet.

Tableau 2: Caractéristiques du trafic

Source : Rapport géotechnique des études économique et technique pour la réhabilitation et le renforcement de la route Koupéla-Piega-Frontière du Niger (CU2a) :252 km.

Trafic (2011)	CAM	Taux d'accroissement
400	1,53	5%

$$T_0 = TPL [1 + (n \times i)]$$

T_0 = Trafic à l'année de mise en service.

n = intervalle de temps entre l'année de comptage et l'année de mise en service.

$$T_0 = 400 [1 + (2018-2011) \times 5\%]$$

$$T_0 = 540 \text{ PL}$$

$$\text{Trafic cumulé : } T_c = 365 \times N \left[D + \frac{t D (D-1)}{2} \right] r \times \text{CAM}$$

Avec $r = 1$ pour les routes bidirectionnelles de largeur supérieure ou égale à 6m.

N : nombre de PL par jour à la mise en service par sens de circulation

t = taux de croissance linéaire annuel du trafic

$$T_c = 365 \times 540 \left[20 + \frac{0.05 \times 20 (20-1)}{2} \right] \times 1 \times 1.53$$

$$T_c = 8,9 \text{ } 10^6$$

Les classes de trafic données par le guide CEBTP sont :

Classe de trafic

	0	<	T1	<	5.10^5
	5.10^5	<	T2	<	$1,5.10^6$
	$1,5.10^6$	<	T3	<	4.10^6
	4.10^6	<	T4	<	10^7
	10^7	<	T5	<	2.10^7

VI. Choix de structure de chaussée

Le choix du type d'intervention et de la structure de la chaussée suit une démarche donnée par le « **manuel pour le renforcement des chaussées souples des pays tropicaux** ».

Cette démarche consiste à déterminer la qualité de la chaussée en fonction de la dégradation donc des déflexions afin de déterminer le type d'intervention à opérer.

Le tableau suivant nous donne une classification des déflexions pour différents pays d'Afrique en fonction de leur expérience.

Tableau 3: Classification des déflexions pour certains pays.

	Niger	Mali	Cote d'ivoire	Cameroun	Gabon
d1 (1/100 mm)	40	60-70	50-75	50-60	80
d2 (1/100 mm)	60	80-100	100-150	80	100

Nous choisissons la classification du Niger pour les déflexions à cause de la proximité avec le Burkina vis-à-vis du climat et de la situation géographique d'autant plus que le tronçon est une portion de la route nationale 4 qui va au Niger.

Cette classification propose deux (2) classes de déflexions : la classe d1 pour les déflexions inférieures ou égales à 40 et d2 pour les déflexions supérieures ou égales à 60 avec une classe indéterminée entre les deux.

Nous constatons alors que 95% de nos déflexions sont de classe d2 car supérieures à 60

A partir de ces résultats nous pouvons déterminer la qualité de notre chaussée.

Tableau 4: Qualité de la chaussée en fonction de la classe de déflexions

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

Pour le choix du type d'intervention, les dégradations visuelles doivent être prises en compte.

Pour quantifier la qualité apparente des chaussées on adopte une notation qui compare en pourcentage le linéaire d'itinéraire atteint par les dégradations à la longueur unitaire prise en compte.

1 pour moins de 10% de dégradations.

2 entre 10% et 50% des dégradations.

3 pour plus de 50% des dégradations.

Par combinaison des 2 types de dégradations (Fissuration et déformation), on obtient le tableau suivant :

Tableau 5 : Quantification de la qualité apparente de la chaussée

Source : Manuel pour le renforcement des chaussées flexibles dans les pays tropicaux

Fissures Déf	1	2	3
1	1	2	3
2	3	4	5
3	5	6	7

La grille nous donne ensuite une classification selon le score obtenu.

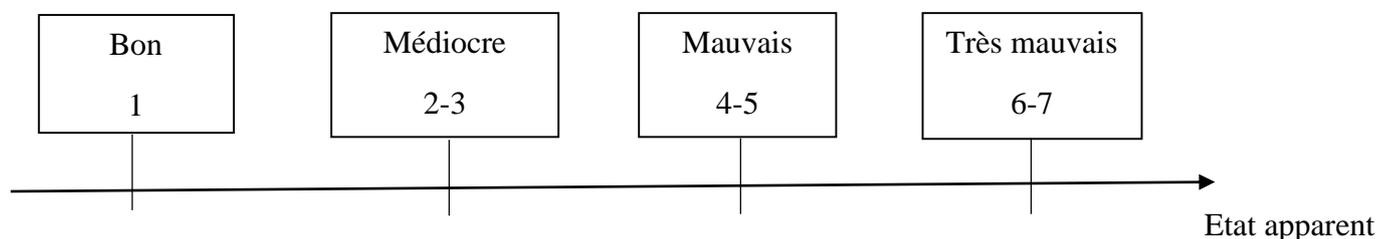


Figure 10 : Echelle de qualification de l'état apparente de la chaussée

Cette méthode fait abstraction des défauts propres de la couche de roulement, arrachements, peignages, ressuages, fluages. Cependant nous l'appliquerons en combinant les arrachements et les épaufrures qui sont les principales dégradations sur notre tronçon.

Arrachements de niveau 3 : 45 % donc score 2

Epaufrures de niveau 2 : 22 % donc score de 2.

La somme nous donne donc un score de 4 qui traduit un mauvais état apparent de la chaussée.

La combinaison des déflexions et de l'état apparent donne le tableau suivant qui constitue une grille de décision sur le type d'intervention à opérer.

Tableau 6 : Type d'intervention en fonction de la qualité de la chaussée

Source : Manuel pour le renforcement des chaussées flexibles dans les pays tropicaux

Déflexion Etat apparent		Faible	d1	d2	Elevé
		Bon	1	Q1	Q2
Fissuré non déformé	2-3	Q2	Q3	Q4	
Déformé et fissuré	4-7	Q3	Q4	Q5	

Nous retiendrons donc la dernière option Q5 qui est le renforcement compte tenu de la mauvaise qualité de la chaussée.

VII. Aperçu sur les matériaux de renforcement

Il existe principalement dans la sous-région trois grandes familles de matériaux utilisés pour le renforcement :

1) Matériaux non traités

Ce sont des graves concassées issues des roches massives, des graves latéritiques naturelles ou des tout-venants naturels de bonne qualité. Ces matériaux sont utilisés en couche de base de renforcement pour les trafics de classe T1 et T2, en élargissement ou épaulement.

En une seule couche, l'épaisseur minimum de mise en œuvre est de 10 cm et l'épaisseur maximum est de 30 cm. Le pourcentage des passants à 80 µm doit être inférieur à 15, l'indice de plasticité inférieur à 15 et le CBR supérieur à 80 après quatre jours d'imbibition et pour 95 % de l'OPM.

2) Matériaux traités aux liants bitumineux

Principalement trois types de mélanges bitumineux à considérer :

Les sables-bitumes : ce sont des mélanges de sables d'origines diverses mais de granulométrie continue après correction éventuelle, avec des bitumes 60/70 de préférence, à

une teneur de 3 à 4 %. Ce type de matériau est utilisé en couche de base de renforcement pour des trafics de classe T1, T2 et T3, en épaulement ou élargissement.

En une seule couche, l'épaisseur minimum de mise en œuvre est de 8 cm et l'épaisseur maximum de 20 cm.

- ❖ Les graves-bitumes : ces sont généralement des mélanges de graves concassées 0/20 de fractions 0/4, 4/10 et 10/20 et de LA<35 avec des bitumes purs à une teneur de 3.50 %. Ces matériaux sont utilisés pour la couche de roulement ou de renforcement. Ils conviennent pour tout type de trafic, en fonction des notes de qualité.
- ❖ Les bétons bitumineux 0/10 ou 0/14 : ces sont généralement des mélanges de graves concassées de fractions 0/4, 4/6.3 et 6.3/10 ou 6.3/14 et de LA<30 avec des bitumes purs à une teneur de 5% à 8 %.

Ces matériaux sont utilisés pour la couche de roulement ou de renforcement.

3) Matériaux traités aux liants hydrauliques

Dans cette famille nous distinguons trois types de matériaux caractérisés par leur module d'élasticité et leur résistance à la flexion.

MTLH₁ correspond aux sables plus ou moins argileux traités au ciment ou aux graveleux plastiques (15<IP<25) traités au ciment.

MTLH₂ correspond aux graveleux peu plastiques (IP<15) traités au ciment.

MTLH₃ correspond plus particulièrement au cas des graves-ciment constituées à partir de graves concassées reconstituées.

VIII. Structure de renforcement.

Pour le renforcement de notre tronçon, le Manuel mentionne que les matériaux non traités n'offrent pas assez de qualité pour les classes de trafic T4. Nous devons donc nous tourner vers les matériaux traités.

Les options de renforcement sont fonctions du niveau de dégradation de la chaussée, du type de support à renforcer (bicouche ou tri couche) ainsi que la classe de trafic.

Une autre classification des déflexions a été établie en fonction de la qualité Q_i de la chaussée. L'échelle adoptée traduit les conditions moyennes rencontrées dans bon nombre de pays tropicaux.

Notre support étant du bicouche nous avons le tableau suivant : (tableau 7)

Tableau 7: Classes de déflexions en fonction de Qi sur support bicouche.



Renforcement sur support bicouche		
Q1	d1	30/100 mm
Q2	d2	50/100
Q3	d3	75
Q4	d4	100
Q5	d5	150

Le Manuel nous offre ainsi 2 options de renforcement :



Figure 11 : Options de renforcement

Modélisation de la chaussée existante

Les modules de Young des différents matériaux granulaires ont été obtenus par la relation du guide pratique de dimensionnement des chaussées.

$$E = 5 \times \text{CBR}$$

L'itinéraire géotechnique nous donne les caractéristiques du Pk 47 et du Pk 67. Notre tronçon étant situé entre ces 2 points, les valeurs ont été obtenues en faisant la moyenne des valeurs des 2 points.

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Tableau 8: Caractéristiques de la chaussée existante.

Source : Rapport géotechnique des études économique et technique pour la réhabilitation et le renforcement de la route Koupéla-Piega-Frontière du Niger (CU2a) :252 km

Couche	Plateforme	Forme	Fondation	Base
Epaisseur (cm)	-	70	40	20
CBR	10	24	33	43
Module de Young (Mpa)	50	120	165	215

Vérification sur Alizé

Après avoir passé les 2 variantes sur alizé, nous trouvons les résultats suivants :

- ✓ La valeur de la déformation au niveau de la couche de grave bitume excède la valeur admissible pour la variante 1.
- ✓ La valeur de la contrainte de traction au niveau de la couche de grave ciment dépasse sa valeur admissible pour la variante 2.

Nous devons donc trouver une autre solution pour le dimensionnement de la structure.

Notre choix final se portera sur une amélioration de la couche de base existante au ciment qui deviendra notre couche de fondation et ensuite nous ajouterons une couche de renforcement (base) en Grave bitume GB pour enfin déposer une couche de roulement en Béton bitumineux.

La couche améliorée sera donc en Graveleux latéritique amélioré au Ciment (GLAC) précisément à 3% de ciment.

Cette méthode peut obtenir des gains en portance de plus de 200% sur des matériaux ayant initialement un CBR à 95% de l'OPM compris entre 30 et 40.

En effet, la dernière expérience réalisée sur la route Sakoinzé – Boromo, montre que pour de faible dosage en ciment de l'ordre de 2,5% on peut obtenir des gains en portance de plus de 200% sur des matériaux ayant initialement un CBR à 95% de l'OPM compris entre 30 et 40.

Le matériau Grave Bitume utilisé est de classe 3 (GB3). Ce qui nous a permis de ramener l'épaisseur de Béton bitumineux à 5 cm et l'épaisseur de Grave bitume 3 à sa valeur minimale 8 cm. Le béton bitumineux sera appliqué sur la chaussée sans les accotements.

Structure de renforcement :

- ✚ 5 cm de béton bitumineux semi grenu de classe 1 ;
- ✚ 8 cm de grave bitume classe 3 ;
- ✚ 20 cm de graveleux latéritique amélioré à 3% de ciment.

Les résultats de vérification sur le logiciel Alizé seront présentés en **annexe 2**.

IX. Ressources en matériaux

Nous avons retenu 4 carrières de latérites plus ou moins proches de notre tronçon. Il s'agit des carrières C13, C14, C15 et C16.

Pour l'élargissement de la chaussée, il est prévu une couche de forme de classe S4 donc un sol ayant un CBR compris entre 15 et 30. Cette couche de forme sera mise en place sur une épaisseur de 30cm. Ensuite l'extension de la couche de fondation se fera avec un apport de latérite que l'on renforcera avec du ciment.

Les carrières C14, C15 et C16 répondent à ces critères car leur CBR à 95% de l'OPM est supérieur à 30. Les 3 carrières ont un volume cumulé de 101 882 m³.

La carrière C13 a un CBR de 80 à 95% de l'OPM et a une capacité de 7516 m³.

Les caractéristiques des carrières sont présentées en **annexe 3**.

CHAPITRE III : ETUDE ROUTIERE

I. Aménagement routier

La route existante devra se conformer aux normes UEMOA. Elle doit avoir une plateforme de 10.20 mètres avec 7.20 mètres de revêtement en béton bitumineux et deux accotements de 1,5 mètre chacun pour les sections en rase campagne. En agglomération elle aura une plateforme de 12 mètres avec 8 mètres de revêtement en BB et deux accotements de 2 m chacun.

1) Etude topographique

Les levés topographiques et de détails ont été réalisés par TECHNI-CONSULT en 2012.

Pour permettre d'exécuter les travaux topographiques, le Consultant a procédé à l'implantation des bornes repères distantes d'au plus 500 mètres et visibles l'une de l'autre pour les opérations de stationnement et d'orientation. Ces bornes ont été implantées dans l'emprise de la route généralement à proximité des pieds des talus sur le terrain naturel.

Après l'implantation de la polygonale de base, des levés topographiques de cette polygonale de base et de la route existante (axe, limite accotement, pieds de talus, un point au-delà des talus) ont été effectués.

Le traitement des données de la station totale a permis de retrouver les éléments d'axe en plan de la route existante.

Les données nécessaires à la matérialisation graphique de la zone d'étude sont obtenues grâce à l'étude topographique qui permet en outre la récupération de notre chaussée existante.

.

. Il a été procédé aux levés des profils en long et en travers de la route existante. Cela a consisté essentiellement :

- À l'implantation de l'axe, qui est directement matérialisé par des petits piquets en fer tous les 50 m et aux points caractéristiques du tracé en plan ;
- Aux relevés des profils en travers de la route existante. Le levé consistait à prendre 1 point sur l'axe, deux points de chaque côté aux limites des accotements, un point au pied des talus et deux points au-delà. Ce nombre de points est augmenté à certains endroits où le terrain est accidenté ou à cause d'autres aménagements (caniveaux, fossés, parkings, etc.) ;

- Les arbres, les réseaux divers (eau, électricité, téléphone), les constructions existantes et les ouvrages existants ont été levés en planimétrie et altimétrie ;
- Des bornes repères en béton existantes et celles de la polygonale de base ont été nivelées.

2) Conception géométrique

Les caractéristiques géométriques d'une route dépendent, entre autres, du choix d'une vitesse de référence. La vitesse de référence, dans un projet d'aménagement ou de construction d'une route, est le paramètre qui permet de définir les caractéristiques d'aménagement des points particuliers d'une section de route, de telle sorte que la sécurité d'un véhicule isolé soit assurée.

✚ Tracé en plan

Le paramètre fondamental pour le tracé en plan est le rayon de courbure RH , dont les valeurs minimales figurent ci-après. Les valeurs des rayons sont des minimums correspondant au dévers maximum de sept pour cent (7%). La vitesse de référence dans le cadre de notre projet est de 100 km/h. Les caractéristiques de notre tracé en plan sont présentées dans le tableau 9 suivant.

Tableau 9: Caractéristiques du tracé en plan

Source : Rapport topographique des études économique et technique pour la réhabilitation et le renforcement de la route Koupéla-Piega-Frontière du Niger (CU2a) :252 km

Vitesse de référence (km/h)	80	100	120	140
Rayon minimal absolu (m) (dévers associé: 7 %)	240	425	665	1000
Rayon minimal normal (m)	425	665	1000	1400
Dévers	5%	4%	4%	5%
Rayon au dévers minimal (m) Dévers associés: 2,5 %	650	900	1500	4000
Rayon non déversé (m) (dévers associé: -2,5 % ou 2 %)	900	1300	1800	5000

Notre section présente, sur un linéaire de 10,941km, les caractéristiques suivantes :

- Huit (8) courbes au total, qui ont toutes des rayons supérieurs au rayon minimal normal qui est de 665 m en rase campagne, pour la vitesse de référence de 100km/h.
- Neuf (5) alignements droits, dont la longueur est inférieure à 2 km.

L'analyse de l'axe en plan montre que tous les rayons ont des valeurs supérieures à la valeur du rayon minimal normal pour la vitesse de référence de 100 km/h en rase campagne. Aucun alignement droit n'a une longueur supérieure à 3 km. Les éléments d'axe en plan de notre tronçon sont donnés dans l'**annexe 4**.

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Pour ce projet, le tracé en plan existant sera intégralement maintenu, car respectant le Règlement UEMOA. L'axe sera maintenu comme tel et les élargissements seront effectués de chaque côté.

 Profil en long

Le profil en long doit être considéré comme l'un des facteurs principaux intervenant dans l'économie de l'ouvrage. Un profil en long économique suivra au plus près le profil du terrain naturel. Une disposition en léger remblai est préférable au léger déblai qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage. Les caractéristiques du profil en long sont définies par la vitesse de référence qui est de 100 km/h pour notre projet :

Tableau 10: Caractéristiques du profil en long

Source : Rapport topographique des études économique et technique pour la réhabilitation et le renforcement de la route Koupéla-Piega-Frontière du Niger (CU2a) :252 km

Vitesse de référence (km/h)			80	100	120	140
Déclivité maximale			6%	5%	4%	4%
Rayon en angle saillant (m)	Rayon Minimal absolu	2V ou 3V	4.500	10.000		
		4V ou 2x2 V	3.000	6.000	12.000	18.000
	Rayon Minimal normal	2V ou 3V	10.000	17.000		
		4V ou 2x2 V	6.000	12.000	12.000	18.000
Rayon en angle rentrant (m)	Rayon Minimal absolu	Toutes les routes	2.200	3.000	4.200	6.000
	Rayon Minimal normal		3.000	4.200	6.000	12.000
Rayon assurant le dépassement sur route à 2 voies (m)			11.000	17.000	28.000	28.000

Le tracé du profil en long est présenté à l'**annexe 5**.

 Profil en travers

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Nous distinguons deux (2) profils en travers types : le premier PT1 concernera la zone en rase campagne et le second PT2 la zone en agglomération.

Tableau 11 : Caractéristiques de PT1

	Chaussée	Accotements	Couche de roulement	Couche de base	Couche de fondation
Largeur (m)	7,6 m	1,5 m	-	-	-
épaisseur (cm)	-	-	5 cm de BB	8 cm de GB	20 cm de GLAC

Tableau 12 : Caractéristiques de PT2

	Chaussée	Accotements	Couche de roulement	Couche de base	Couche de fondation
Largeur	2 x 4 m	2 x 2 m	-	-	-
épaisseur	-	-	5 cm de BB	8 cm de GB	20 cm de GLAC

Ce profil concerne une longueur de 2000 m soit du PK60 au PK62

PT2 se distingue également de PT1 par la présence de caniveaux pour l'assainissement de Diapangou et par une largeur plus importante.

Les plans des 2 profils types seront présentés en **annexe 6**.

II. Signalisation et sécurité routière

La construction d'une route n'est complète sans une signalisation routière adéquate qui garantira le bien des usagers et des riverains. On distingue la signalisation horizontale et la signalisation verticale.

1) Signalisation horizontale

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Elle concerne les marquages sur la route avec de la peinture pour indiquer les parties de la plate-forme réservées aux différents sens de circulation ainsi que les limites de chaque voie.

Pour ce projet il s'agit :

- Des marquages longitudinaux (lignes d'axe et de rives de chaussée) ;
- Des marquages transversaux (lignes complétant les panneaux "stop" et "cédez le passage") ;
- La bande de passage pour piétons : positionnée suivant les points de fortes traversées de la route.

Le tableau suivant (tableau 13) donne les dimensions des différentes lignes utilisées.

Tableau 13: Types de marquages pour la signalisation horizontale

Type	Largeur	Longueur des pleins	Longueur des vides	Utilisation	Longueur totale
Ligne T1	12 cm	3 m	10 m	Ligne axiale ou délimitation des voies en rase campagne	2733 m
Ligne T2	18 cm	3 m	3,5 m	Ligne de rive	3400 m
Ligne T'1	12 cm	2,10 m	7 m	Ligne axiale ou délimitation des voies en zone urbaine	953 m
Ligne continue	12 cm	-	-	Séparation des voies en zone singulière	3209 m

2) Signalisation verticale

Ce volet regroupe les panneaux de signalisation dont l'objectif essentiel est de fournir conformément au code de la route et aux normes techniques utilisées pour la conception géométrique de la voirie, une lisibilité et une compréhension au niveau des usagers.

Les panneaux utilisés pour la signalisation verticale sont :

- ✓ Le panneau A3 (rétrécissement brusque) : **8**
- ✓ Le panneau A13a (Endroit fréquenté par les enfants) : **4**
- ✓ Le panneau A1a et A1b (virage à gauche et virage à droite) : **2**
- ✓ Le panneau A1c (succession de virages) : **1**

- ✓ Le panneau danger particulier A14 (Danger particulier) : **8**
- ✓ Le panneau A2b (ralentisseurs) : **4**
- ✓ Le panneau AB4 (Stop) placé au niveau des intersections : **4**
- ✓ Le panneau B3 (Interdiction de dépasser tous les véhicules à moteur autres que ceux à 2 roues sans side-car) : **6**
- ✓ Le panneau B14 (Limitation de vitesse) placé à l'entrée de l'agglomération : **2**
- ✓ Le panneau B33 (Limitation de vitesse) placé à la sortie de l'agglomération : **2**
- ✓ Panneau indiquant l'entrée et la sortie de Diapangou : **4**

Les panneaux utilisés sont affichés en **annexe 7**.

3) Glissières de sécurité et ralentisseurs

Glissières de sécurité

En rappel les glissières de sécurité sont prévues sur les accotements entre autres :

- Dans les sections en remblai, quand la hauteur de celui-ci ou l'inclinaison des talus présentent un danger évident (en général plus de 3 m sur au moins 30ml) ;
- Sur les ouvrages d'art, notamment de part et d'autre de l'ouvrage ;
- Dans les courbes de rayon inférieur au rayon minimal normal. Dans notre projet nous avons prévu des glissières de sécurité au niveau de deux ouvrages (pont et dalot). Pour chaque ouvrage nous avons placé des glissières GS4 de part et d'autre sur les accotements sur 20 ml.

Les ouvrages concernés sont les suivants :

- PK 59+110 : D 1 x 6,5 x 3
- PK 61+452 : P x 1 x 10,20 x 3

Ralentisseurs

Au total 2 ralentisseurs ont été prévus à la traversée de Diapangou.

Diapangou	PK début :	59+850
	PK fin :	62+100
	Nombre :	2

Aménagements annexes

- L'éclairage n'est pas prévu pour Diapangou.
- Il est prévu la construction d'aire de stationnement pour la ville.

CHAPITRE IV : ETUDES PLUVIOMETRIQUE ET HYDROLOGIQUE

I. Etude pluviométrique

1) Choix de la station météorologique

La station météorologique la plus proche, qui dispose des données d'observations sur une période assez longue dans la zone de projet, est la station de Fada N'Gourma de 1970 à 2011

Ce choix est dicté par le fait que cette station présente l'avantage d'avoir une longue durée d'enregistrement des données climatologiques et aussi d'être la ville la plus proche de notre tronçon.

Le cumul pluviométrique annuel moyen est de 801.53 mm pour Fada N'Gourma.

Les données pluviométriques sont en **annexe 8**.

2) Variation mensuelle de la pluviométrie

L'essentiel des apports pluviométriques est enregistré durant la période allant de Juin à septembre. Le cumul pluviométrique de cette période représente plus de 80 % des apports de la saison pluvieuse. La figure ci-dessous (figure 12) illustre la variation mensuelle des apports pluviométriques de la zone d'étude.

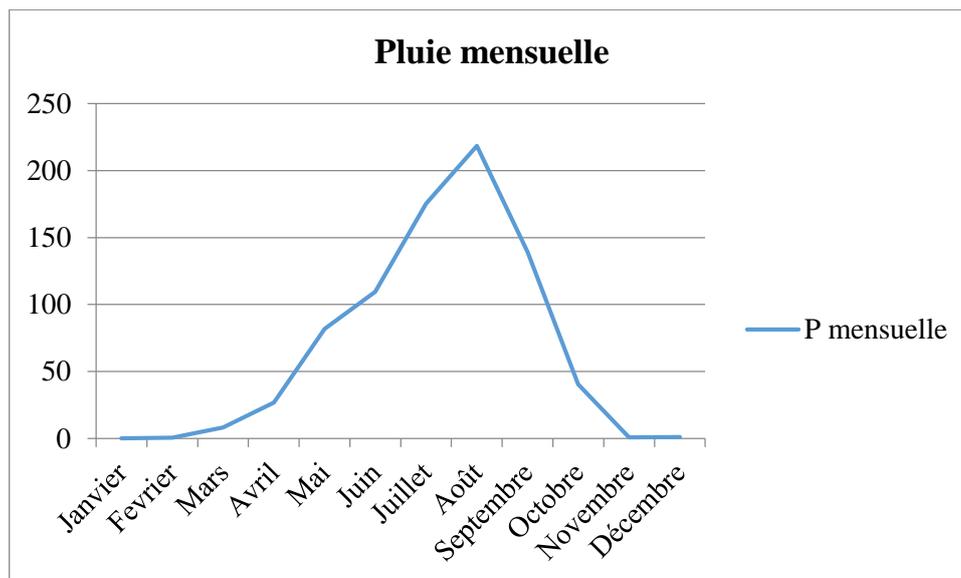


Figure 12 : Graphique de la pluviométrie mensuelle

3) Variation interannuelle de la pluviométrie

La variation interannuelle de la pluie pour la station est la suivante :

Fada N'Gourma

Minimum : 565,4 mm

Moyenne : 801,53 mm

Maximum : 1072,9 mm

Le graphique ci-dessous illustre la variation inter annuelle de la pluviométrie de la zone d'étude.

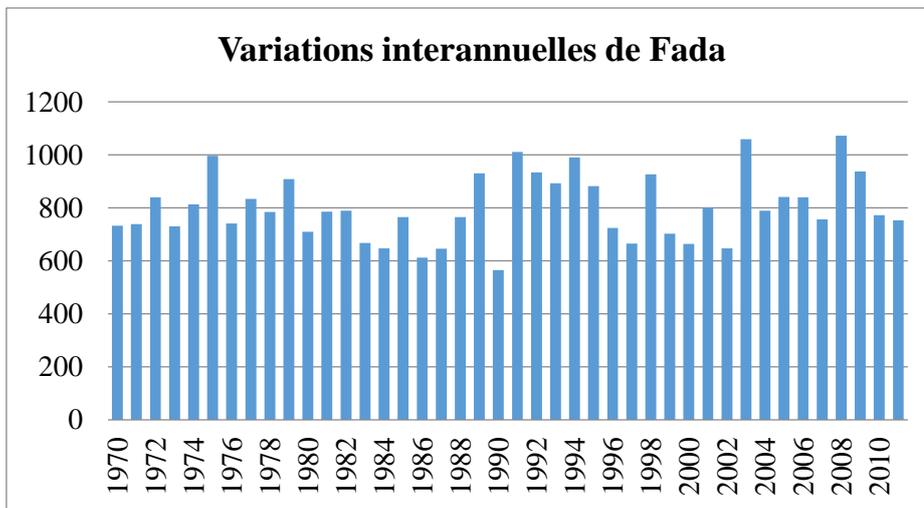


Figure 13 : Variations interannuelles de la station de Fada

4) Analyse statistique des données pluviométriques

Les données pluviométriques recueillies ont été soumises à une analyse statistique en vue de la détermination des quantiles pour différentes périodes de retour. L'analyse statistique a été

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

effectuée à l'aide du logiciel Hyfran (logiciel scientifique adapté pour l'analyse des données pluviométriques et hydrologiques) pour les données de la série pluviométrique annuelle provenant des cumuls mensuels. Ces données ont été ajustées par la loi de Gauss (loi Normale), tandis que les pics journaliers ont été ajustés par la loi de Gumbel (loi doublement exponentielle) à partir de Microsoft EXCEL. Les résultats issus de l'analyse statistique sont consignés dans les figures ci-dessous.

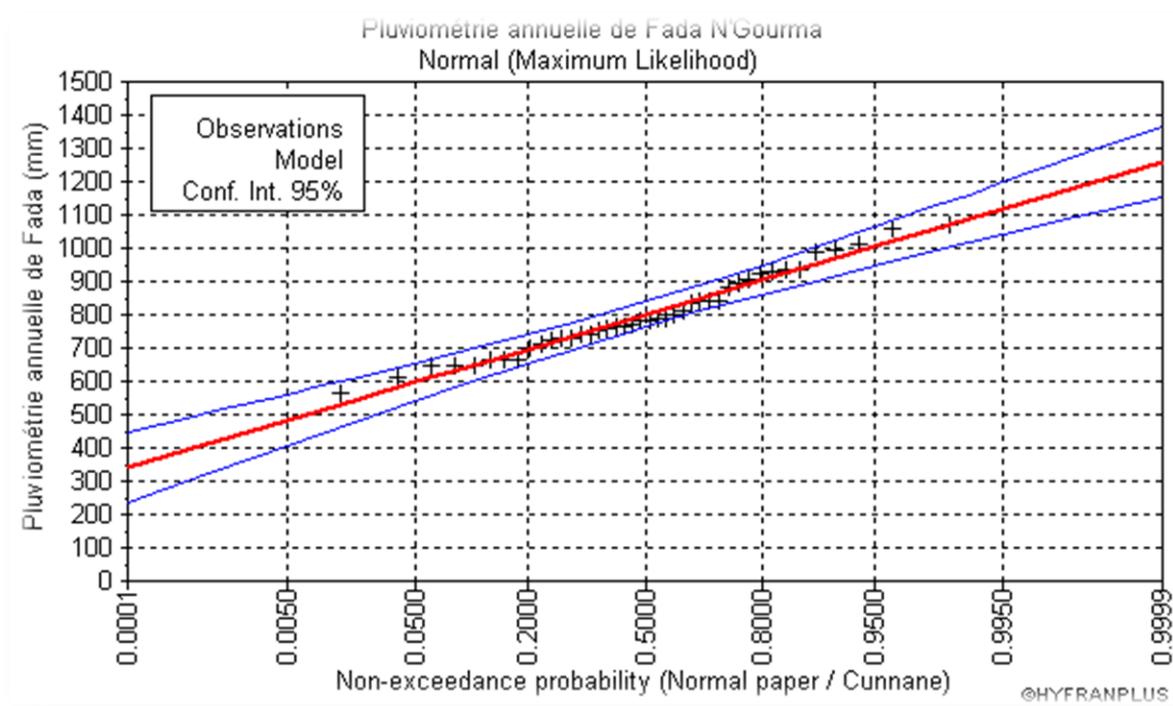


Figure 14 : Ajustement par la loi normale

Les valeurs des paramètres de la loi ajustée sont $m = 801,046 \text{ mm}$ et $SIGMA = 123,645$.

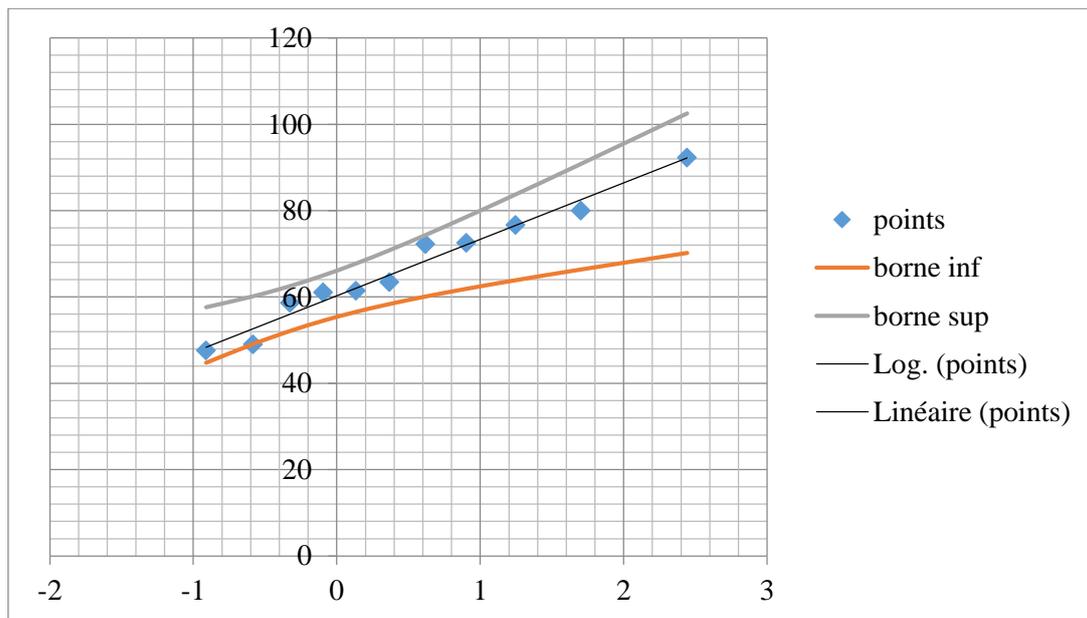


Figure 15 : Ajustement statistique pluies max. journalières de la station de Fada N'Gourma par la loi de Gumbel

Les résultats de l'analyse par la méthode de Gumbel sont en **annexe 9**.

5) Détermination de P_{10} et P_{100}

Pluie journalière de fréquence décennale

Pour $T=10$ ans on a $F(X) = 1 - \frac{1}{T} = 1 - 0.1 = 0.9$

D'où **$P_{10} = 84.36$ mm**

Pluie de fréquence centennale

Pour $T=100$ ans on a $F(X) = 1 - \frac{1}{T} = 1 - 0.01 = 0.99$

D'où **$P_{100} = 109.02$ mm**

II. Prédétermination des crues : Hydrologie

1) Description des paramètres hydrologiques des bassins versants et principe de détermination

Toutes les formules utilisées pour calculer le débit nécessitent la connaissance de la surface du bassin versant. La délimitation des bassins versants est faite avec le logiciel GLOBAL MAPPER 16 à partir des images satellitaires du logiciel GOOGLE EARTH PRO. Global Mapper qui est un logiciel des systèmes d'information géographique pour projeter et convertir les coordonnées degrés décimaux en coordonnées UTM précisément en WGS 84 qui donne une précision des Coordonnées X, Y et Z.

Ce logiciel nous a permis de déterminer les paramètres hydrologiques fondamentaux tels que la superficie, le périmètre la longueur du plus long cours d'eau et la pente moyenne des bassins versants.

a) Superficie et périmètre

Ces deux paramètres ont été obtenus directement à partir de GLOBAL MAPPER 16.

b) Indice de forme

La superficie de chaque bassin versant qui constitue l'impluvium drainé par le cours d'eau jusqu'à l'exutoire où sera implanté chaque ouvrage de franchissement ayant été déterminé et le périmètre stylisé, on calcule l'indice de forme ou indice de compacité K_c ou I_{com} par la formule :

$$K_c = \frac{0.28 \times P}{S^{0.5}}$$

P est le périmètre stylisé en Km et S la surface du bassin versant en Km^2

Cet indice de forme fournit des renseignements sur la pointe du débit de ruissellement.

c) Longueur de rectangle équivalent et longueur du plus long cheminement hydraulique

La longueur hydraulique qui intervient dans le calcul du débit de crue avec la méthode rationnelle représente le parcours d'une goutte d'eau entre le point le plus éloigné du bassin versant et l'exutoire ; elle s'exprime en mètre.

A défaut de mesure sur carte, on peut estimer que celle-ci est égale à la longueur du rectangle équivalent.

Pour déterminer la longueur du rectangle équivalent L en Km, le contour du bassin est assimilé à un rectangle de même périmètre (P) et de même surface (S). On applique la formule suivante :

$$L = \frac{P}{4} + \left[\left(\frac{P}{4} \right)^2 - S \right]^{0.5}$$

Avec P en mm et S en Km²

d) Pente moyenne

Elle se définit sur le profil en long du cours d'eau principal en éliminant 20% de sa longueur à l'amont et 20% à l'aval. Le rapport entre la différence des altitudes correspondantes et sa longueur restante du cours d'eau donne sa pente moyenne.

Soit $i_{moy} = H/L$ avec H en m, L en Km et i_{moy} en m/km.

e) Indice globale de pente

L'aptitude au ruissellement étant aussi liée au relief, on est amené à déterminer la classe de pente de chaque bassin versant, à partir de cet indice.

L'indice global de pente (I_g) est calculé par la formule :

$I_g = \Delta H/L$, où ΔH (en mètres) est la dénivelée entre l'altitude telle que 5% de la superficie soit située au-dessus et l'altitude telle que 5% de la superficie soit en dessous.

L est la longueur du rectangle équivalent exprimée en Km.

L'indice global de pente intervient soit directement dans les formules d'estimation de crue, soit indirectement par la classe de relief, I_g est exprimé en m/Km.

Lorsqu'il manque des données topographiques rendant impossible le calcul de ce paramètre comme dans notre cas, l'indice global de pente est assimilé à la pente moyenne du bassin.

 **Perméabilité des bassins versants**

Au regard de la couverture végétale des bassins la perméabilité de la zone de projet se caractérise par des bassins de type RI. Les bassins de type RI : « bassins relativement imperméables constitués d'une couverture végétale non négligeable qui gêne la formation de pellicules imperméables, de sols à recouvrement gravillonnaire continu d'épaisseur notable, de certaines arènes granitiques et, enfin, de sols avec des formations pelliculaires fragiles. »

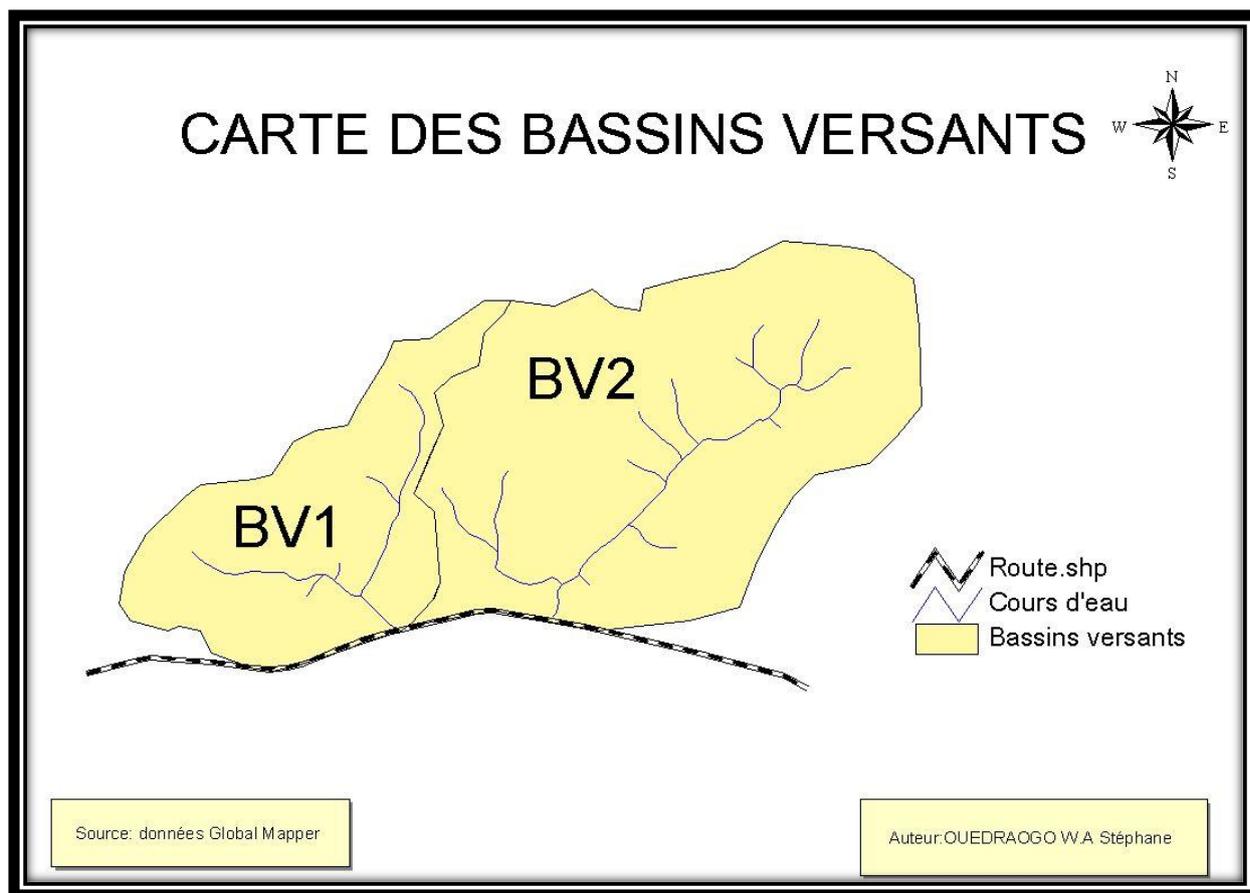


Figure 16 : Carte des bassins versants

f) Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement est déterminé à partir des abaques 11 et 12 du document « bulletin FAO pour l'irrigation et le drainage ».

On obtient K_{r70} (pour une pluie de 70 mm) et K_{r100} (pour une pluie de 100 mm) en fonction de la superficie du bassin versant et de l'indice globale de pente ; nos bassins versants étant de type RI (relativement imperméable). K_{r10} est ensuite obtenu par interpolation.

g) Temps de base

Le temps de base a été déterminé à partir du document « hydraulique routière) du ministère de la coopération et du développement de la république française avec la figure 35 à la page 130.

h) Coefficient de pointe

Le coefficient de pointe K ;

Ce coefficient est égal au rapport du débit maximum ruisselé sur le débit moyen :

$$K = Q_{\max} / Q_{\text{moy}}$$

On admet que K est égal à 2.6 quel que soit la superficie du bassin versant.

i) Détermination du coefficient d'abattement

Le coefficient d'abattement s'obtient par la formule :

$$A = 1 - \left(\frac{161 - 0.042 \times P_{\text{an}}}{1000} \right) \times \log_{10}(S)$$

Pan=801.53 mm

Les caractéristiques des bassins versants sont présentées dans le tableau (tableau 14) suivant :

Tableau 14: Caractéristiques des bassins versants

Caractéristiques bassins versants										
N°	S (Km ²)	P (Km)	L (Km)	Ig (m/km)	Catégorie	Kc	Kr ₁₀ %	Tb (mn)	K	A
BV1	13,543	18,556	5,905	6,6209771	RI	1,4118	23,75	660	2,6	0,8559
BV2	28,432	22,168	7,764	8,68	RI	1,1641	21,63	900	2,6	0,8149

2) Présentation des méthodes de prédétermination des débits de crues décennales.

Les estimations des débits de ruissellement sur les bassins versants sont entreprises sur les bases méthodologiques couramment utilisées : méthode ORSTOM, méthode CIEH et méthode rationnelle en tenant compte du domaine de validité de chacune des méthodes tel que spécifié ci-dessous.

a) Méthode ORSTOM (RODIER ,1996)

L'estimation de la crue a nécessité la connaissance des données suivantes :

- La précipitation décennale ponctuelle journalière P10 ;
- Les caractéristiques physiques et la couverture végétale du bassin.

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

$$Q_{\max 10} = A \times K \times P_{10} \times K_{r10} \times \frac{S}{Tb}$$

Avec :

$Q_{\max 10}$: le débit maximum décennal (m³ /s)

A : le coefficient d'abattement (fonction de S)

P10 : la précipitation décennale ponctuelle journalière (mm)

Kr10 : le coefficient de ruissellement décennal

S : la superficie du bassin versant (km²)

T_{b10} : le temps de base décennal (s)

b) Méthode CIEH

Les formules sont fonction du découpage climatique et géographique, dont certaines s'appliquent à l'Afrique de l'Ouest et d'autres plus précisément au Burkina Faso.

Afrique de l'Ouest

Equation N° 2 : $Q_{10} = 2.03 \times S^{0.590} \times I_g^{0.588}$

(400 < Pan < 800 mm)

Equation N° 26: $Q_{10} = 146 \times S^{0.479} \times P_{m10}^{-0.969} \times K_r^{0.457}$

Burkina Faso

Equation N° 41: $Q_{10} = 0.407 \times S^{0.532} \times K_r^{0.941}$

Equation N° 42: $Q_{10} = 0.0912 \times S^{0.643} \times I_g^{0.399} \times K_r^{1.019}$

Equation N° 44: $Q_{10} = 203 \times S^{0.459} \times P_{m10}^{-1.301} \times K_r^{0.814}$

Equation N° 45: $Q_{10} = 22400 * S^{0.363} * I_g^{0.059} * P_{m10}^{-1.748}$

Avec

Q₁₀: Le débit décennal (m³ /s)

S : La superficie du bassin versant (Km²)

I_g : L'indice global de pente (m/km)

Kr10 : Le coefficient de ruissellement décennal (%)

Pm10 : La pluie journalière décennale (mm).

3) Appréciation des méthodes utilisées

Les résultats des méthodes utilisées sont reconnus très fiables dans les domaines de validité suivants :

- La méthode ORSTOM pour des bassins versants de superficie comprise entre 0.2 et 120 km²;
- La méthode CIEH pour des bassins versants de superficie comprise entre 2 et 2000 km² (voir plus), avec utilisation des paramètres pour la zone sahélienne.

4) Crue de projet

Les débits de dimensionnement ont été obtenus en prenant le maximum entre le débit ORSTOM et la moyenne des débits CIEH.

La fréquence de la crue considérée pour le dimensionnement et la vérification des ouvrages de franchissement est la décennale pour tous les ouvrages petits et moyens et la centennale pour les grands ouvrages.

La centennial s'obtient à l'aide de la formule $\frac{Q_{100}}{Q_{10}} = c = 1 + \frac{P_{100}-P_{10}}{P_{10}} \alpha$

Avec $\alpha = \left(\frac{Tb}{Kr}\right)^{0.12}$ et $\frac{P_{100}-P_{10}}{P_{10}} = 0.45$ en Afrique sahélienne.

5) Résultats de prédétermination des débits de crues

Les débits issus des deux (2) méthodes ainsi que le débit du projet sont présentés dans le tableau 15.

Tableau 15: Débits calculés

	ORSTOM	Méthode CIEH							Q ouvrage (m ³ /s)	Q retenu (m ³ /s)
	Q ₁₀	Q ₁₀ ²	Q ₁₀ ²⁶	Q ₁₀ ⁴¹	Q ₁₀ ⁴²	Q ₁₀ ₄₄	Q ₁₀ ₄₅	Q		
BV1	15,2479802	28,702	29,424	32,075	26,12	27,6	27,71	28,60	33,0884777	
BV2	20,3550828	52,131	40,218	43,5821	42,63	35,94	36,85	72,8927	82,3926822	

Dans ce tableau nous avons les débits par ouvrages et nous avons les débits retenus qui s'obtiennent en additionnant les débits évacués par tous les ouvrages du bassin versant.

6) Assainissement de la route

La route en étude traverse la localité de Diapangou qui ne dispose d'aucun système de drainage des eaux. Il s'agira de réaliser deux caniveaux qui permettront d'un côté d'éviter les inondations et de l'autre de canaliser les eaux de ruissellement vers les exutoires naturels pour éviter les érosions. Le débit de projet est déterminé à partir de la méthode de CAQUOT dont l'expression en zone sahélo-soudanienne se présente comme suit :

$$Q_{10} = 850 \times J^{0.20} \times C^{1.11} \times A^{0.80}.$$

Avec Q₁₀ débit décennal en L/s

Remarque :

- Un coefficient de ruissellement de 0.85 est retenu compte tenu de l'impact socio-économique de la future route.
- Le débit décennal issu de la méthode de CAQUOT sera majoré de 20% pour tenir compte des impacts des changements climatiques.

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

La formule de dimensionnement des caniveaux est celle de Manning Strickler ci-dessous :

$$Q = K \times S \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

Avec Q : Débit de projet en m³/sec

S : Section du fossé en ml

V : Vitesse d'écoulement en m/sec

R : Rayon hydraulique en m

i : Pente en m/m

K : Coefficient de rugosité

Les résultats du calcul hydrologique et hydraulique des caniveaux seront présentés en **annexe 10**.

Tableau 16: Caractéristiques des caniveaux

Source : Rapport hydraulique des études économique et technique pour la réhabilitation et le renforcement de la route Koupéla-Piega-Frontière du Niger (CU2a) :252 km.

Agglomération	Caniveau				
	Longueur	PK Début	PK Fin	Droite	Gauche
Diapangou	1332	60,11	61,44	A1 : 80 x 80	A2 : 80 x 80
	660	62,1	61,44	B1 : 60 x 60	B2 : 60 x 60

CHAPITRE V : ETUDE DES OUVRAGES

HYDRAULIQUES

I. Vérification des sections des différents ouvrages

1) Hypothèses de calcul

Les vitesses maximales de l'eau dans les dalots seront limitées à 4,0 m/s.

Les vitesses au niveau des buses seront limitées à 3 m/s.

Pour le type d'écoulement, il sera considéré la sortie dénoyée dont l'écoulement de l'eau dans l'ouvrage se fait à surface libre. La sortie noyée n'intervient que dans le cas où l'aval présente une situation de confluence qui fait remonter le niveau à l'aval.

La condition pour un écoulement de l'eau dans l'ouvrage à surface libre pour la sortie dénoyée est : la hauteur amont (H_1) doit être inférieure ou égale à 1,25 fois la hauteur (D) de l'ouvrage.

2) Calculs des capacités des ouvrages

Les débits et la vérification de la capacité hydraulique des ouvrages ont été calculés à partir des méthodes développées dans le manuel « Hydraulique Routière » élaboré pour le compte du ministère Français de la Coopération et du Développement. En effet nous pensons que ces ouvrages vont fonctionner seulement pour une sortie dénoyée avec un écoulement à surface libre qui est le cas le plus fréquent.

Vérification dalot 1 x 6.5 x 3 du PK 59+110

B (m)	6,5
D (m)	3
g (m/s-2)	9,81
K	67
Q (m3/s)	30

Calcul de la hauteur amont H_1 .

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

$$Q^* = \frac{Q}{\sqrt{2gD}} = \frac{30}{\sqrt{2 \times 9.81 \times 3}} = 0.2$$

La courbe A de la fig.77 du manuel hydraulique routière donne alors :

$$H_1^* = 0.63 = H_1/D \text{ soit } H_1 = 1.89 \text{ m}$$

Profondeur parfaitement acceptable.

Calcul de la pente critique.

$$Q^* = \frac{Q}{\sqrt{gB^5}} = \frac{30}{\sqrt{9.81 \times 6.5^5}} = 0.089$$

$$I_c^* = \frac{I_c}{\sqrt{\frac{g}{k^2} D^{1/3}}} = 2.6 \text{ (Courbe de la fig.82)}$$

$$I_c = 2.6 \times \frac{9.81}{67^2} \times 3^{1/3} = 0.008$$

Vérification de la vitesse.

La pente utilisée pour caler l'ouvrage est $I=0.004$.

$$Q^* = \frac{Q}{k \cdot I^{0.5} \cdot B^3} = 0.048$$

$$V^* = \frac{V}{k \cdot I^{0.5} \cdot B^3} = 0.25 \text{ (Courbe de la fig.84)}$$

$$V = V^* \times k \times I^{0.5} \times B^{(2/3)} = 0.25 \times 0.04^{0.5} \times 6.5^{(2/3)}$$

$$V = 3.7 \text{ m/s} < 4 \text{ m/s.}$$

La section est suffisante pour évacuer le débit.

Le tableau 17 montre les résultats de la vérification des caractéristiques des ouvrages

Tableau 17: Détails sur la vérification des sections des ouvrages

Source : Rapport hydraulique des études économique et technique pour la réhabilitation et le renforcement de la route Koupéla-Piega-Frontière du Niger (CU2a) :252 km

N° Bassin versant	Débit	PK bassin	PK ouvrage	Ouvrage				vitesse
				Type d'ouvrage	Débit/ouvrage	Hauteur amont	penne	
BV 1	33,1	55	54+968	1B100	1,5	1,1	0,03	2,83
			57+032	1B100	1,5	1,1	0,03	2,83
			57+589	1B100	1,5	1,1	0,03	2,83
			59+110	D 1 x 6,5 x 3	30	1,89	0,004	3,5
					34,5			
BV 2	82,39	60	59+993	1B100	1,5	1,1	0,03	2,83
			60+370	1B100	1,5	1,1	0,03	2,83
			61+452	P1x 10,2 x 3	72	1,64	0,003	3,78
			62+174	1B100	1,5	1,1	0,03	2,83
			62+679	2B100	5	1,25	0,03	2,83
					81,5			

II. Prolongement des ouvrages

Le projet consiste à un renforcement, accompagné d'un élargissement de la chaussée. En effet, la route actuelle possède une plateforme de neuf mètres. Le passage aux normes UEMOA, ainsi que les épaisseurs de renforcement de la route actuelle, entraineront des élargissements de la plateforme. Ainsi un prolongement des ouvrages existants a été proposé.

Le dalot au Pk 59+110 a été prolongé des 2 côtés.

Ce prolongement est précédé de la démolition de la tête de chaque côté. Le pont à poutres au Pk 61+452, qui possède une largeur roulable de sept mètres et des trottoirs surélevés d'un mètre de chaque côté, ne nécessite pas de prolongement.

Le prolongement des buses est très délicat et n'est pas beaucoup maîtrisé par les entreprises si bien que les couts de prolongement avoisinent souvent ceux d'un dalot de section équivalente. Nous proposons donc un remplacement systématique des buses de 1 m de diamètre par des

dalots de 1 x 100 x 100 et un dalot de 150 x 100 pour les 2 buses de 1m de diamètre chacune placées côte à côte.

III. Dimensionnement structural des ouvrages

1) Dimensionnement des caniveaux

Nous allons considérer un caniveau type de section 80x80 et un autre de section 60x60 pour le dimensionnement. Les détails et les hypothèses de calcul sont détaillés dans l'annexe.

- Principe de calcul

Les éléments porteurs (dallette voile radier) du caniveau seront étudiés indépendamment en fonction des différentes charges appliquées.

D'abord, la dalle sera calculée en flexion simple sous l'action d'une charge concentrée d'une roue isolée de 10T conformément au fascicule 61 titre II) du Cahier des Prescriptions Communes applicables aux marchés de travaux publics de l'Etat Français. Ensuite le piedroit sera calculé en flexion composé sous l'action de l'effort transmis par la dalle chargée et de la poussée des terres. Enfin le radier sera calculé en flexion simple composé sous l'action de son poids propre, du poids propre des piedsroits et des moments d'encastrement sur appuis à gauche et à droite du radier.

Les règles de calcul béton armé sont celles définies dans le BAEL 91 modifié 99.

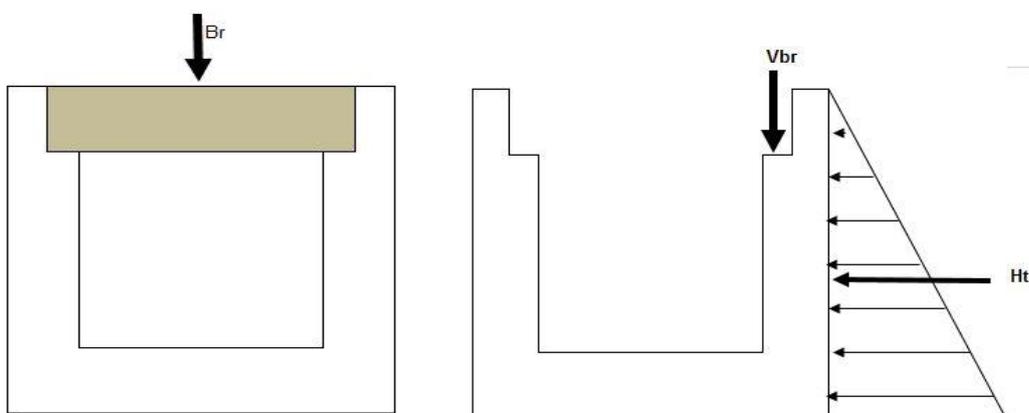


Figure 17 : Principe de chargement de la dalle et du piedroit

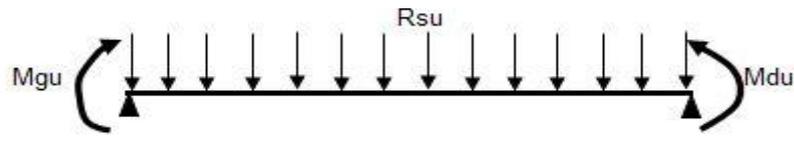


Figure 18 : Principe de chargement du radier

Les sections d'acier à mettre dans le caniveau sont présentées dans le tableau suivant (tableau 18).

Tableau 18: Sections d'acier pour caniveau 80 x 80

RECAPITULATIF DES FERRAILLAGES		
DALLETTE de 50 cm de largeur	Inférieur	HA12, esp = 9 cm
	Supérieur	HA8, esp = 9 cm
	Transversal	HA8, esp = 20 cm
PIEDROITS	Principal	HA8, esp = 15 cm
	Transversal	HA8, esp = 20 cm
RADIER	Principal	HA8, esp = 15 cm
	Transversal	HA8, esp = 20 cm

Une démarche de dimensionnement analogue au précédent caniveau (caniveau type 80x80) nous donne les résultats de dimensionnement des caniveaux de 60x60. Le tableau suivant (tableau 19) présente le récapitulatif de ferrailage de ce caniveau.

Tableau 19: Sections d'acier pour caniveau 60 x 60

RECAPITULATIF DES FERRAILLAGES		
DALLETTE de 50 cm de largeur	Inférieur	HA12, esp = 9 cm
	Supérieur	HA8, esp = 9 cm
	Transversal	HA8, esp = 20 cm

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

PIEDROITS	Principal	HA8, esp =17 cm
	Transversal	HA8, esp = 20 cm
RADIER	Principal	HA8, esp =15 cm
	Transversal	HA8, esp = 20 cm

Les plans de ferrailage des caniveaux sont présentés en **annexe 11**.

2) Dimensionnement des dalots

a) Méthode de calcul

De manière générale, les études seront faites par bande b d'un (01) mètre de dalot ($b = 1$ m).

Pour le calcul des sollicitations dans les éléments de structure du cadre simple, nous considérerons les différents cas de charges : sous actions permanentes d'une part, et sous surcharge d'exploitation d'autre part. Pour chaque cas de charge, nous calculerons les moments fléchissant M aux appuis A, B, C, D ; les moments en mi-travée dans les éléments AB (piédroit gauche), BC (tablier), CD (piédroit droit), et AD (radier) ; et les efforts normaux N dans les éléments AB (piédroit gauche), BC (tablier), CD (piédroit droit), et AD (radier).

Les valeurs des efforts et sollicitations du moment fléchissant (M) et de l'effort normal (N) 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

b) Résultats des calculs

Les différentes combinaisons utilisées sont :

ELU

$$Cas1 = 1,35G + 1,6 \max(Bt, Bc, Mc 120)$$

$$Cas2 = 1,35G + 1,6 \max(Bt, Bc, Mc120) + 1,5 SR$$

Avec SR= surcharge sur remblai

ELS

$$Cas1 = G + 1,2 \max(Bt, Bc, Mc120)$$

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

$$Cas2 = G + 1,2 \max(Bt, Bc, Mc120) + 1,5 SR.$$

Les résultats des sollicitations sont présentés avec la note de calcul en **annexe 12** et le récapitulatif des sections d'acier à mettre dans le dalot est présenté dans le tableau N°20 suivant.

Tableau 20: Sections d'acier pour dalot type 150 x 100

RECAPITULATIF DES FERRAILLAGES		
TABLIER	Inférieur	HA10, esp = 11 cm
	Supérieur	HA10, esp = 11 cm
	Transversal	HA8, esp = 17 cm
	Appui	HA12, esp = 11cm
PIEDROITS	Intérieur	HA8, esp = 11 cm
	Extérieur	HA8, esp = 11 cm
	Transversal	HA8, esp = 17 cm
RADIER	Inférieur	HA10 esp = 11 cm
	Supérieur	HA10, esp = 11 cm
	Transversal	HA8, esp = 17 cm
	Appui	HA12, esp = 11 cm

Les mêmes sections d'acier ont été adoptées pour les dalots de 100 x 100. Le tableau N°21 présente le récapitulatif de ferrailage de ce dalot.

Tableau 21: Sections d'acier pour dalot 100 x 100

RECAPITULATIF DES FERRAILLAGES		
TABLIER	Inférieur	HA10, esp =11 cm
	Supérieur	HA10, esp = 11 cm
	Transversal	HA8, esp = 17 cm
	Appui	HA12, esp = 11cm
PIEDROITS	Intérieur	HA8, esp =11 cm
	Extérieur	HA8, esp = 11 cm
	Transversal	HA8, esp = 17 cm
RADIER	Inférieur	HA10 esp =11 cm
	Supérieur	HA10, esp = 11 cm
	Transversal	HA8, esp = 17 cm
	Appui	HA12, esp = 11 cm

Les plans de ferrailage sont présentés en **annexe 13**.

CHAPITRE VI : Etude D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL-COUT DU PROJET

I. Etude d'impact environnemental et social

Le rapport du plan de gestion environnemental et social nous a permis de faire un résumé des différents impacts environnementaux et sociaux en vue de ressortir des mesures d'atténuation, de compensation et de bonification.

1) Identification des impacts environnementaux et sociaux

1.1 Impacts positifs

1.1.1 En phase de réalisation des travaux

- Développement des activités socio-économiques le long de l'emprise et réduction de la pauvreté.
- Contribution à la création d'emplois
- Développement des activités féminines
- Augmentation des revenus locatifs de la ville de Diapangou

1.1.2 En phase d'exploitation de la route

- Amélioration de la santé publique et la sécurité
- Une baisse des coûts de transport et gain de temps pour les usagers
- Amélioration de la circulation
- Développement des activités économiques
- Augmentation des activités culturelles, récréatives et touristiques
- Amélioration de la qualité de la vie et le bien-être des populations

NB : Il apparaît ainsi que le projet va fortement contribuer à la réduction de la pauvreté, à l'amélioration du cadre et des conditions de vie de la population et à l'augmentation des revenus des habitants de la zone.

Ces impacts positifs nécessitent d'être renforcés ou « bonifiés », notamment par des mesures de développement local, pour une meilleure appropriation du projet par les communautés riveraines. Des mesures de bonification sont proposées dans le PGES (Plan de Gestion Environnemental et Social).

1.2. Impacts négatifs

1.2.1. En phase de préparation et d'exécution des travaux

- Impact du projet sur la qualité de l'air
- Impacts sur le sol

- Impacts sur les ressources en eau
- Impacts liés à l'exploitation des sites de carrières et des zones d'emprunt
- Impacts sur le paysage
- Impacts sur l'ambiance sonore
- Impacts sur le climat
- Impact sur les formations végétales et la faune
- Impacts du projet sur le milieu humain
- Impacts sur les conditions de travail et de sécurité au travail

1.2.2. En phase d'exploitation de la route

- Pollution de l'air par les gaz et particules provenant de la circulation routière
- Accidents avec l'accroissement des véhicules
- Développement de maladies liées au trafic routier
- Recrudescence des cas de vol, de banditisme et de conflits sociaux.

2. Mesures d'atténuation/de bonification et initiatives complémentaires

2.1. Mesures d'atténuation

Pour minimiser les dommages prévisionnels du projet sur l'environnement, nous préconisons un certain nombre de mesures correctives et préventives qui seront nécessaires pour donner au projet sa raison être et d'atteindre ses objectifs de développement socio-économique et environnemental.

Mesures de protection de la santé et de la sécurité

Sur le plan sanitaire : il est recommandé :

- d'assurer un approvisionnement de la main d'œuvre en eau potable ;
- d'arroser systématiquement les sites de travaux et les déviations situés à proximité des habitations ;
- la mise en place d'une unité de santé par l'entreprise pour prendre en charge les premiers soins en cas d'accidents et de maladies avant les transferts dans un centre médical mieux équipé ;
- de sensibiliser le personnel de chantier à l'hygiène et à l'assainissement ;

- de sensibiliser le personnel de chantier et les populations riveraines à l'hygiène de la petite alimentation (vente d'aliments à proximité du chantier) ;
- l'amélioration de la gestion des déchets ménagers et des eaux usées de la base vie afin d'éviter leur rejet dans la nature et la production d'odeurs nauséabondes.

Sur le plan de la sécurité publique : Il y a lieu de noter qu'un chantier mal organisé, où les mesures de sécurité ne sont pas respectées, constitue une menace importante à la sécurité des populations

Riveraines et des ouvriers. Ainsi, un accent particulier sera mis sur l'organisation du chantier. On prendra également les mesures suivantes :

- informer et sensibiliser les populations riveraines sur les risques d'accidents liés aux travaux suite aux mouvements des engins et véhicules de chantier ;
- prévoir des ralentisseurs au niveau des écoles et autres lieux de cultes l'imposition à l'ensemble des chauffeurs d'une limitation de vitesse sur le chantier, les carrières, à la traversée de lieux publics et au niveau des croisements avec d'autres routes ;
- éviter la traversée de lieux publics par les véhicules et les engins de chantier ;
- mise en place de fanions lors des travaux au niveau des croisements importants pour réguler la circulation ;
- prendre toutes les mesures préventives en phase chantier en vue de prévenir les incendies, notamment l'interdiction de fumer et d'allumer du feu. D'autres mesures préventives doivent également permettre de pallier rapidement tout incendie : citernes d'eau, équipements anti-incendie au niveau des bases-vie et parkings d'engins ;
- interdire au personnel des chantiers de travailler sous l'emprise de l'alcool ou de drogue.

Les coûts de ses mesures sont inclus dans le marché des travaux de l'entreprise au niveau des prix installation de chantier.

Suivi des machines et collectes des déchets des chantiers

Pour atténuer les impacts en matière de bruit et de fumée générés par les engins au moment des travaux :

- il suffit de prendre toutes les dispositions nécessaires pour l'utilisation d'engins en bon état afin de ne pas dépasser une moyenne de bruit de 85 décibels (réglage optimum de bruit des moteurs des gros engins) ;
- de diminuer les émissions de gaz (conox-aldéhydes) par un réglage correct des machines de terrassement, aussi bien avant le démarrage des travaux que pendant l'exécution,
- de s'assurer d'une bonne combustion du carburant des engins pendant les travaux.

La récupération des huiles de vidange doit se faire dans des récipients étanches afin d'éviter toute forme de pollution de milieu. Les déchets doivent être éliminés ou recyclés de manière écologiquement rationnelle, afin de supprimer ou de réduire leurs effets nocifs sur la santé de l'homme, sur les ressources naturelles, la faune et flore ou la qualité de l'environnement. Cette mesure s'applique évidemment avant le démarrage des travaux au niveau de l'installation et l'amené du matériel qu'en cours d'exécution.

Les coûts de ses mesures sont inclus dans le marché des travaux de l'entreprise dans le cadre de l'installation du chantier et du matériel.

Hygiène et protection de l'environnement au niveau de la base vie

L'élaboration d'un plan de protection de l'environnement du site sera détaillée pour la base-vie. Ce plan prévoira toutes les dispositions adéquates pour l'élimination des eaux usées et des ordures, afin qu'il n'en résulte aucune pollution ou aucun danger pour la santé humaine ou animale. A cet effet, les activités suivantes seront principalement conduites. Il s'agit de :

- disposer dans l'équipe de l'entreprise d'un coordonnateur de sécurité qui veillera à assurer une sécurité maximale sur le chantier et dans la base-vie ;
- instaurer un plan d'urgence pour le cas d'un déversement accidentel de contaminants ;
- localiser les aires réservées à des activités susceptibles d'altérer la qualité de l'environnement (entreposage, manipulation d'hydrocarbures ou de produits dangereux, nettoyage et entretien des équipements, récupération de matières résiduelles dangereuses, etc.).

Ces précautions doivent inclure des mesures concrètes telles que :

- la construction de murettes d'une capacité de rétention suffisante autour des bacs de stockage de carburant et de lubrifiants pour contenir les fuites ;
- des séparateurs d'hydrocarbures dans les réseaux de drainage associés aux installations de lavage, d'entretien et de remplissage en carburant des véhicules et des engins, et aux installations d'évacuation des eaux usées des cuisines ;
- la mise à disposition sur place d'une provision de matière absorbante ainsi que des récipients bien identifiés, destinés à recevoir des résidus pétroliers et les déchets en cas de déversement ;
- lorsqu'une intervention nécessite le retrait ou la récupération de polluants ou de substances contaminées, solides ou liquide, le choix d'un site et d'une méthode de disposition qui respecteront les normes nationales (ou internationales) en vigueur ;
- la collecte et l'évacuation vers une décharge adéquate de l'intégralité des déchets solides et liquides générés par le chantier, y compris emballages et déchets alimentaires. En particulier, les huiles de vidange seront soigneusement recueillies dans des récipients étanches, déposées

dans les lieux où elles ne menaceront pas l'environnement et ne devront en aucun cas être déversées dans les fossés latéraux.

- l'empêchement d'accumulation de déchets solides sur les lieux des travaux en les récupérant au fur et à mesure dans des conteneurs appropriés et en évacuant régulièrement ces derniers vers un lieu d'élimination autorisé à cet effet ;

- l'assainissement par l'enlèvement à la fin des travaux de tous les objets et déchets laissés par le chantier.

Les coûts de ses mesures sont inclus dans le marché des travaux de l'entreprise au niveau des prix d'installation du chantier.

Protection de la faune et du bétail

L'aménagement de la route entrainera un risque pour la faune et le bétail. Les dispositions devront être prises afin de faciliter avec moins de danger la circulation du bétail. Des rampes aménagées au niveau des points de passages habituels du bétail. Ceci permettra non seulement d'assurer la sécurité du trafic, mais également de protéger le bétail et de faciliter son passage.

Nous prévoyons donc 2 rampes pour Diapangou pour un cout total de 800 000 F CFA.

Construction de murs de clôture pour les écoles et centres de santé

Les écoles et les CSPS se trouvant aux abords du projet seront clôturés afin de sécuriser les personnes y ayant accès.

Diapangou :(Collège d'Enseignement Général) pour une longueur totale de 1600 m.

Pour un prix de 25.000 F CFA/ml, nous auront un coût total de cette mesure se chiffrant à 40 000 000 FCFA.

Sensibilisation hygiène, santé, sécurité

Le coût de la surveillance et de protection de la santé du personnel de chantier, des ouvriers, leur sécurité individuelle et collective et celles des populations riveraines est de la responsabilité de l'entreprise, et est mentionné pour mémoire.

Il est prévu des actions de sensibilisation, pendant les travaux, en matière de santé, hygiène, sécurité routière, IST et SIDA.

Pour la durée du projet, des séances de sensibilisation à la protection de l'environnement, les IST-SIDA et sécurité routière seront conduites dans les villages et villes traversés par une ONG/Association spécialisée qui sera recrutée. Ce cout est estimé à 67 000 000 F CFA.

2.2. Les mesures d'optimisation/ bonification

Pour renforcer cet impact positif, l'entreprise et ses sous-traitants devront :

- accorder la priorité de recrutement aux travailleurs locaux ;
- motiver l'embauche des femmes pour les travaux connexes en évitant de leur affecter des tâches dangereuses ou nécessitant un effort considérable.

Réalisation de forages

Au total, 3 forages seront exécutés à Diapangou et rétrocédés à la population à la fin des travaux pour un coût moyen de 8.000.000 F CFA / forage. Un montant total de 24 000 000 F CFA sera nécessaire pour cette mesure.

Pour le renforcement des ouvrages hydrauliques, nous préconisons la réalisation d'un bouli pour un coût de 10.000.000 F CFA / bouli. D'où un montant total de 10 000 000 F CFA.

Aménagement de pistes de désenclavement

L'aménagement des pistes connexes, qui vont augmenter la rentabilité du projet et améliorer l'accessibilité à la route du projet, pourra être considéré comme une mesure de bonification.

Il a été proposé environ 11,5 kilomètres de piste connexe au projet qui servira à la liaison Diapangou-Balga.

Pour l'estimation de cette mesure de bonification, il a été retenu un prix au kilomètre de 20.000.000 F CFA. Le coût total de cette mesure de bonification pourra être estimé à 230 000 000 F CFA. Ces coûts seront pris en charge dans le cadre du contrat des travaux.

Aménagement des espaces verts de 500 m² et de bosquets communaux de 2000 plants

Une provision de respectivement 1.000.000 F CFA et 8.000.000 F CFA sera prévue à cet effet. La commune de Diapangou devrait bénéficier d'un espace vert et d'un bosquet communal. Le montant total de ces mesures est chiffré à 9.000.000 F CFA.

Renforcement de capacités

Il est ressorti des entretiens avec les différents acteurs impliqués dans la mise en œuvre du PGES, que pour leur permettre de remplir correctement leur mission, il est indispensable de mettre en place un programme de renforcement des capacités, d'information et de sensibilisation de ces différents acteurs. Cela nécessitera la formation des acteurs impliqués dans la mise en œuvre du PGES du projet ainsi que l'information et sensibilisation des populations et des acteurs concernés.

Cette mesure est chiffrée à 10.000.000 F CFA.

2.3.Mesures de compensation

Cette section correspond aux divers aménagements annexes pour permettre de renforcer les acquis de ce projet sur le plan environnemental et social. Il s'agit des plantations d'alignement, des aménagements de jardins publics, des dispositifs de sécurités publiques, etc.

Plantation d'arbres d'alignement

Cette mesure, qui compensera la végétation touchée par l'exécution du projet, consistera en la plantation d'alignements pour ombrage le long de la route, au niveau des traversées d'agglomérations. Elle sera mise en œuvre au niveau des traversées d'agglomération, des plantations d'espèces retenues préalablement, avec un espacement de 10 mètres de chaque de chaque côté de la route.

Diapangou : PK 059+850 au Pk 062+100

Longueur 2 250 m avec espacement de 10 m à gauche et à droite ce qui donne 452 arbres que l'on arrondi à 500 arbres.

Prix unitaire 10 000 FCFA donc un total de 5 000 000 FCFA

Réaménagement des carrières et des zones d'emprunts

A la demande des populations, certains emprunts peuvent être valorisés en micros retenues d'eau (boulis) pour l'abreuvement du bétail ; tandis que d'autre pourront être restitué le plus possible la morphologie du milieu naturel, en comblant les excavations, en restituant la terre végétale mise en réserve.

Sur les 4 emprunts 3 seront utilisés et représentent une surface totale de 103 ha à remettre en état avec un coup moyen de 300.000 F CFA, nous auront un total de 30 900 000 FCFA.

II. Avant métré et devis quantitatif et estimatif du projet

Les quantités et les couts sont détaillés en **annexe 14**. Le tableau 22 donne le devis estimatif des sections du projet.

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Tableau 22 : Devis estimatif

DESIGNATION	PRIX	Pourcentage (%)
INSTALLATION DE CHANTIER	275 000 000,00	7,177609723
TRAVAUX PREPARATOIRES	24480000	0,638937767
TERRASSEMENTS/ELARGISSEMENT	5194500	0,135578523
CHAUSSEE/REVETEMENT	2796961600	73,00181373
ASSAINISSEMENT-DRAINAGE	254 134 680,00	6,633016546
OUVRAGES D'ART	19 982 420,00	0,521549135
SIGNALISATION/SECURITE	28 905 854,00	0,754454323
MESURES ENVIRONNEMENTALES	426 700 000,00	11,13704025
MONTANT HORS TVA (FCFA)	3831359054	100
TVA A 18%	689644629,7	
MONTANT TTC	4521003684	

Arrêté le présent devis à quatre milliards cinq cent-vingt-un millions trois milles six cent quatre-vingt- quatre Francs CFA TTC.

Ce qui nous donne un cout de 375 623 436, 67 Francs CFA HT par km.

Le graphique 19 nous présente la répartition des couts pour chaque section du projet.

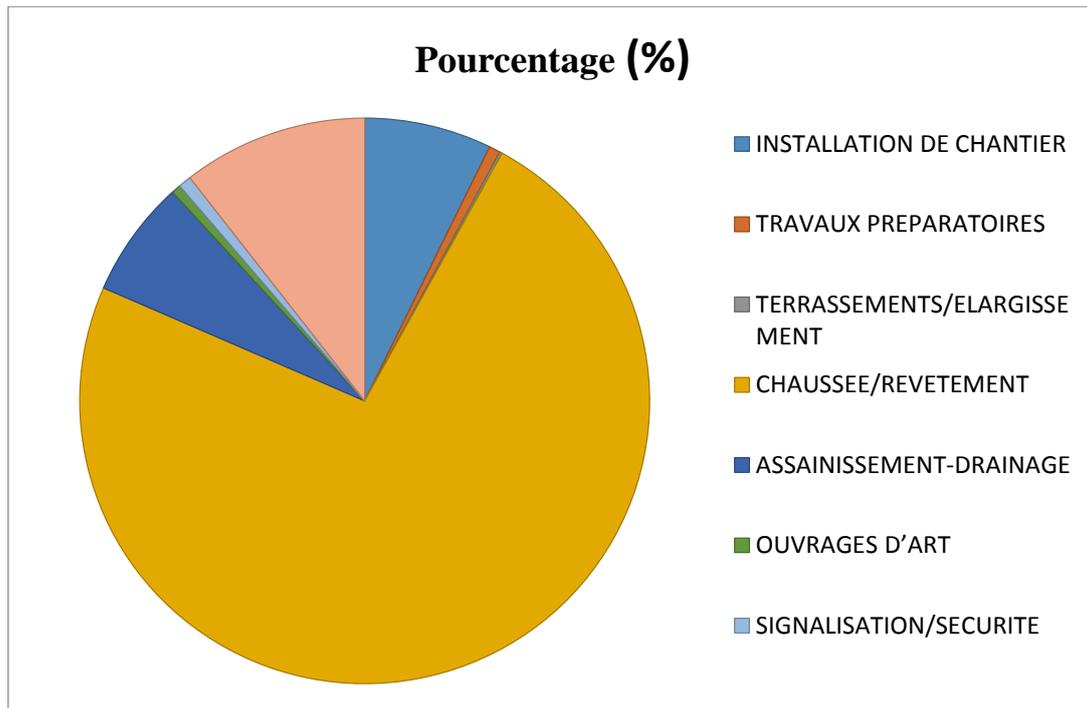


Figure 19 : Répartition des coûts du projet

Nous remarquons que la section chaussée/revêtement représente à elle seule environ 73 % du projet en termes de coût.

Cela s'explique par la mise en œuvre de la couche de base grave bitume ainsi que du traitement de la couche de fondation à 3% de ciment. Cette double utilisation associée au revêtement en béton bitumineux a une énorme influence sur le coût du projet de par leur mise en œuvre coûteuse.

III. Comparaison entre les deux études

Notre étude étant une actualisation, il est important de ressortir les différences et les ressemblances entre les résultats des deux études.

Le tableau suivant (tableau 23) présente les différences et les ressemblances des deux études.

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Tableau 23 : comparaison des résultats

	Résultats de la 1ère étude	Résultats actualisation
Géotechnique	5 cm de BB pour roulement	5 cm de BB pour roulement
	16 cm de GB pour renforcement	8 cm de GB pour base
	20 cm de GL pour fondation	20 cm de GLAC pour fondation
Géométrie	Ligne rouge calé à 21 cm au-dessus de la chaussée existante	Ligne rouge calé à 13 cm au-dessus de la chaussée existante
	Elargissement de la chaussée existante de 0,6 m de part et d'autre en rase campagne	Elargissement de la chaussée existante de 0,6 m de part et d'autre en rase campagne
	Elargissement de la chaussée existante de 2,2 m de part et d'autre en agglomération	Elargissement de la chaussée existante de 1,5 m de part et d'autre en agglomération
Hydrologie	$Q_{BV1} = 27,69 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{BV1} = 28,60 \text{ m}^3/\text{s}$
	$Q_{BV2} = 72 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{BV2} = 72,89 \text{ m}^3/\text{s}$
ouvrages	660 m de caniveau 60x 60	660 m de caniveau 60x 60
	1332 m de caniveau 80 x 80	1332 m de caniveau 80 x 80
	6 buses B100 et 2 buses B100	6 dalots 1 x 1 x 1 et 1 dalot 1 x 1,5 x 1
	1 dalot à prolonger et un pont à conserver	1 dalot à élargir et un pont à conserver

CONCLUSION GENERALE

Les différentes études menées dans le cadre de notre projet intitulé « Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N⁰4 (Koupéla-Gounghin-Fada N'Gourma-Frontière du Niger) : section PK55-65+200 » avaient pour objectifs de déterminer une structure de renforcement de la chaussée capable de résister au trafic pendant sa durée de vie. Ensuite de faire ressortir un aménagement répondant aux normes de l'UEMOA avec un système d'assainissement adéquat. Toutes ces études menées ont permis d'aboutir à des propositions répondant aux normes techniques et qui tiennent compte de l'aspect économique. D'autres aménagements indispensables pour des raisons de sécurité des usagers ont été également étudiés et pris en compte. Les résultats obtenus à l'issue de l'étude du projet sont les suivants :

Le niveau de dégradation de notre chaussée nous a mené à une structure de renforcement de 8 cm de grave bitume avec une couche de fondation de 20 cm recyclée et traitée au ciment le tout surmonté d'une couche de roulement en béton bitumineux.

Les différentes sections des ouvrages de franchissement ont été vérifiées et des caniveaux ont été dimensionnés : 1332 m de caniveau 80 x 80 et 660m de caniveau 60 x 60.

L'élargissement de la chaussée a aussi entraîné celui du dalot de 6,5 x 3 au PK 59+110 ; les buses de 1m de diamètre seront remplacées par des dalots de 100 x100 et les 2 buses par un dalot de 150x150.

L'étude des impacts causés par ce présent projet nous a permis de les atténuer en respectant le plan de gestion environnementale et sociale.

L'ensemble des études nous a permis d'avoir une idée des quantités des différents matériaux et matériels entrant dans la réalisation du projet. Cela nous a conduit à l'estimation du cout du projet qui est de **4 521 003 684 F CFA TTC**.

Afin d'assurer le fonctionnement optimal et durable de la route, il est primordial de prendre des mesures pour faire respecter les charges aux essieux et d'entretenir les ouvrages d'assainissement pour éviter les dépôts et les obstructions par des déchets solides.

BIBLIOGRAPHIE

- Adamah MESSAN. Polycopié de cours de Béton armé 1 et 2, 2013.
 - Adamah MESSAN. Polycopié de cours de Béton armé 3, 2014.
 - Adamah MESSAN. Polycopié de cours d'hydraulique routière partie 2 : ouvrage d'art conception et dimensionnement des petits ouvrages de franchissement routier, 2012.
 - Angelbert Chabi BIAOU, Polycopié de cours d'hydraulique routière, 2011.
 - Centre Expérimental de la recherche de l'étude du Bâtiment et des Travaux Public (CEBTP), CEBTP, 1984.
 - Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques (CERTU), Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (ICTAVRU), CERTU, 2009.
 - Fascicule n° 61 conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art : titre II. - programmes de charges et épreuves des ponts-routes.
 - Ismaïla GUEYE, Polycopié de cours de Mécanique des sols 1 et 2, 2012.
 - Ismaïla GUEYE, Polycopié de cours de Géotechnique routière, 2014.
 - Jean Pierre MOUGUN, BAEL 91 modifié 99, EYROLLES, 2000.
 - Ministère des relations extérieures coopération et développement de la république française « Manuel pour le renforcement des chaussées souples dans les pays tropicaux ».
 - Ministère de la coopération et du Développement de la république Française BCEOM-1981 «. Hydraulique routière ».
-  **Rapports techniques ACE.**
- Rapport géotechnique des études économique et technique pour la réhabilitation et le renforcement de la route Koupéla-Piega-Frontière du Niger (CU2a) :252 km.
 - Rapport topographique des études économique et technique pour la réhabilitation et le renforcement de la route Koupéla-Piega-Frontière du Niger (CU2a) :252 km.
 - Rapport hydraulique des études économique et technique pour la réhabilitation et le renforcement de la route Koupéla-Piega-Frontière du Niger (CU2a) :252 km.
 - Rapport de synthèse des études économique et technique pour la réhabilitation et le renforcement de la route Koupéla-Piega-Frontière du Niger (CU2a) :252 km.

✚ Mémoires de fin d'étude

- MEMOIRE Master II Génie Civil-ROA.WONGA BAREBILONGO Jeancia Exaucée.
- MEMOIRE Master II Génie Civil-ROA.SEDOGO Hugues Eymar

ANNEXES

Annexe 1: Tableau des déflexions	xi
Annexe 2: Résultats Alizé	xiii
Annexe 3: Caractéristiques des carrières	xix
Annexe 4: Caractéristiques du tracé en plan	xx
Annexe 5: Profil en long du projet	xxi
Annexe 6: Profils en travers	xxii
Annexe 7: Les différents panneaux utilisés.....	xxiii
Annexe 8: Données pluviométriques	xxiv
Annexe 9: Paramètres de Gumbel	xxvi
Annexe 10: Résultats hydrologiques des caniveaux	xxvii
Annexe 11: plan de ferrailage des caniveaux.....	xxviii
Annexe 12: Note de calcul du dalot 150 x 100	xxix
Annexe 13: plan de ferrailage type des dalots	xxx
Annexe 14: Devis quantitatif et estimatif du projet	xxxi

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Annexe 1: Tableau des déflexions

PK	Coté	Lecture	Déflexion	Moyenne	Ecart-type	D90	Classe de déflexion	Déflexion choisi
55000	G	10	40	50,4	10,430724	63,95994	D2	75
55100	D	14	56					
55200	A	10	40					
55300	G	16	64					
55400	D	13	52					
55500	A	15	60	41,6	11,523888	56,58105	D2	75
55600	G	10	40					
55700	D	10	40					
55800	A	7	28					
55900	G	10	40					
56000	D	5	20	42,4	14,028542	60,63711	D2	75
56100	A	10	40					
56200	G	14	56					
56300	D	13	52					
56400	A	11	44					
56500	G	12	48	67,2	26,593232	101,7712	D4	125
56600	D	11	44					
56700	A	23	92					
56800	G	25	100					
56900	D	13	52					
57000	A	10	40	57,6	16,395121	78,91366	D3	100
57100	G	21	84					
57200	D	15	60					
57300	A	13	52					
57400	G	13	52					
57500	D	11	44	38,4	9,6332757	50,92326	D2	75
57600	A	13	52					
57700	G	8	32					
57800	D	9	36					
57900	A	7	28					
58000	G	12	48	48,8	9,1214034	60,65782	D2	75
58100	D	11	44					
58200	A	10	40					
58300	G	16	64					
58400	D	12	48					
58500	A	10	40	53,6	10,430724	67,15994	D2	75
58600	G	14	56					
58700	D	14	56					
58800	A	17	68					
58900	G	12	48					
59000	D	15	60	48,8	7,6941536	58,8024	D2	75
59100	A	12	48					
59200	G	11	44					
59300	D	13	52					
59400	A	10	40					
59500	G	11	44	37,6	6,0663004	45,48619	D1	50
59600	D	7	28					
59700	A	10	40					
59800	G	9	36					
59900	D	10	40					

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

60000	A	19	76	66,4	20,707487	93,31973	D3	100
60100	G	23	92					
60200	D	17	68					
60300	A	9	36					
60400	G	15	60	45,6	8,2945765	56,38295	D2	75
60500	D	10	40					
60600	A	10	40					
60700	G	15	60					
60800	D	11	44					
60900	A	11	44	79,2	32,174524	121,0269	D4	125
61000	G	13	52					
61100	D	29	116					
61200	A	28	112					
61300	G	13	52	64,8	21,052316	92,16801	D3	100
61400	D	16	64					
61500	A	11	44					
61600	G	10	40					
61700	D	19	76					
61800	A	20	80	65,6	11,865918	81,02569	D3	100
61900	G	21	84					
62000	D	21	84					
62100	A	15	60					
62200	G	17	68	55,2	28,199291	91,85908	D3	100
62300	D	16	64					
62400	A	13	52					
62500	G	17	68					
62600	D	15	60					
62700	A	3	12	48	20,976177	75,26903	D3	100
62800	G	22	88					
62900	D	12	48					
63000	A	21	84					
63100	G	10	40	64,8	44,578021	122,7514	D4	125
63200	D	8	32					
63300	A	9	36					
63400	G	12	48					
63500	D	9	36					
63600	A	12	48	73,6	10,807405	87,64963	D3	100
63700	G	12	48					
63800	D	36	144					
63900	A	12	48					
64000	G	21	84	51,2	12,132601	66,97238	D2	75
64100	D	19	76					
64200	A	14	56					
64300	G	20	80					
64400	D	18	72					
64500	A	16	64	49,2	13,38656	66,60253	D2	75
64600	G	14	56					
64700	D	12	48					
64800	A	8	32					
64900	G	14	56	77,6	24,099793	108,9297	D4	125
65000	D	14	56					
65100	A	10	40					
65200	G	16	64					
65300	D	12	48					
65400	A	17	68	77,6	24,099793	108,9297	D4	125
65500	G	16	64					
65600	D	23	92					
65700	A	13	52					
65800	G	17	68	77,6	24,099793	108,9297	D4	125
65900	D	28	112					

Annexe 2: Résultats Alizé

- **Hypothèse de base**

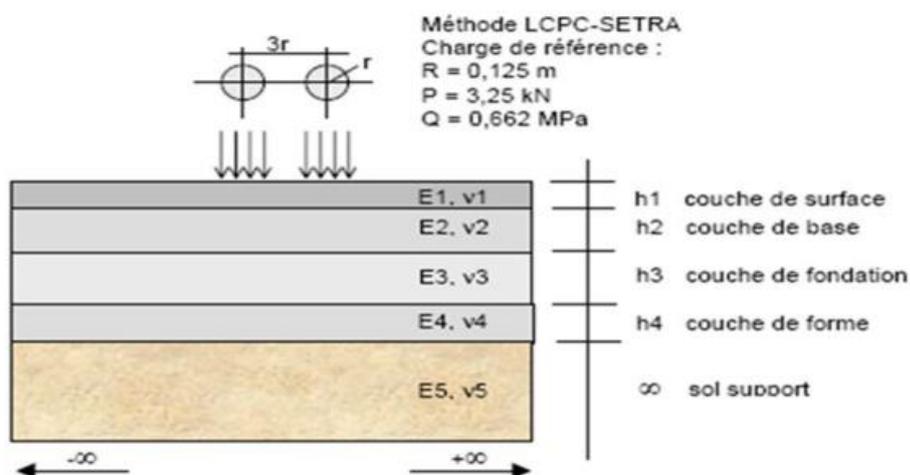
Les paramètres mécaniques à entrer dans le logiciel sont les suivants :

- l'épaisseur H ;
- le module équivalent Young R du matériau ;
- le coefficient de poisson du matériau ;
- les conditions d'interface au sommet et à la base de la couche, caractérisant le type de contact avec les couches adjacentes supérieures et inférieures.

- **Hypothèse de l'étude**

Les données du chargement standard considérées sont les suivantes :

- Trafic cumulé $T_c = 5\,814\,500$ PL
- jumelage standard de 65 kN ;
- pression verticale : 0,6620 MPa ;
- rayon de contact : 0,1250 m ;
- entraxe jumelage : 0,3750 m.



Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Données de trafic :

MJA = 540 pl/j/sens/voie

Accroissth arith. = 5,00%

Période de calcul = 20,0 années

Trafic cumulé NPL = 5 814 500 PL

Donnée déduite :

Accroissth géom. = 3,91%

Trafic cumulé équivalent NE :

Coefficient CAM = 1,53

Trafic cumulé NE = 8 896 200 essieux standard

Résultats de la variante 1

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence) variante 1 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0,060	1300,0	0,350	0,000	86,4	0,257	129,3	0,660
			0,060	40,0	0,213	228,6	0,602
0,160	2700,0	0,350	0,060	40,0	0,418	79,1	0,602
			0,220	-181,9	-0,616	181,9	0,105
0,200	215,0	0,250	0,220	-181,9	-0,013	502,8	0,105
			0,420	-131,6	-0,018	286,6	0,054
0,300	165,0	0,250	0,420	-131,6	-0,009	350,4	0,054
			0,720	-90,1	-0,011	184,6	0,025
0,700	120,0	0,250	0,720	-90,1	-0,006	232,6	0,025
			1,420	-67,5	-0,008	93,6	0,007
infini	50,0	0,550	1,420	-67,5	0,001	113,4	0,007

Grandeurs affichées: tableau 1, tableau 2, tableau 3, tableau 4, tableau 5, tableau 6, tableau 7, tableau 8

Déflexion = 52,4 mm/100

entre-jumelage Rdc = 348,1 m

Imprimer Enregistrer

Voir Chargt. Fermer

Alizé-Lcpc ...

1-EpsiT= 113,6
2-EpsiT= 100,0
3-EpsiZ= 343,9

effacer=dble click

Pour imprimer les données des calculs de valeurs admissibles à la suite des résultats des calculs mécaniques: cocher les cases correspondantes dans la liste ci-dessus.

Ici la valeur de la déformation Epsilon T à la base de la couche de grave bitume qui est de 181,9 µdéf dépasse sa valeur admissible qui est de 100,0µdéf.

Résultats de la variante 2

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence) variante 1 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdéf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdéf)	SigmaZ (MPa)
0,060	1300,0	0,350	0,000	-1,5	0,080	314,3	0,660
	collé		0,060	18,6	0,064	281,7	0,635
0,280	23000,0	0,250	0,060	18,6	0,731	9,0	0,635
	collé		0,340	-28,6	-0,824	17,1	0,017
0,200	215,0	0,250	0,340	-28,6	-0,002	83,8	0,017
	collé		0,540	-27,3	-0,004	63,0	0,012
0,300	165,0	0,250	0,540	-27,3	-0,002	76,8	0,012
	collé		0,840	-26,5	-0,003	54,6	0,007
0,700	120,0	0,250	0,840	-26,5	-0,002	68,6	0,007
	collé		1,540	-29,8	-0,004	43,8	0,003
infini	50,0	0,550	1,540	-29,8	0,001	48,4	0,003

Grandeurs affichées:
 tableau 1 tableau 2
 tableau 3 tableau 4
 tableau 5 tableau 6
 tableau 7 tableau 8

Déflexion = 27,2 mm/100
entre-jumelage
Rdc = 6056,2 m
Imprimer Enregistrer
Voir Chargt. Fermer

Alizé-Lcpc ...
 4-Epsiz= 343,9
 5-EpsiT= 113,6
 6-SigmaT= 0,539
effacer=dble click
Pour imprimer les données des calculs de valeurs admissibles à la suite des résultats des calculs mécaniques: cocher les cases correspondantes dans la liste ci-dessus.

Nous voyons que la contrainte de traction sigma T à la base de la couche de grave ciment est de 0,824 Mpa et dépasse sa valeur admissible de 0,539 Mpa.

Résultats de l'option choisie

Tableau 1+2 (synthèse) :

Tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et

Compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale

	Niveau	Epsilon	Sigma	Epsilon	Sigma
	Calcul	horizontale	horizontale	verticale	verticale
----- surface (z=0.000) -----					
h= 0,050 m	0,000m	47,9 X-J	0,204 X-J	108,1 Z-R	0,6Z-R
E= 1300,0 MPa					
nu= 0,350	0,050m	54,8 X-R	0,203 X-J	214,4 Z-R	0,602 Z-R
----- collé (z=0,050m) -----					
h= 0,080 m	0,050m	54,8 X-R	0,400 X-J	64,8 Z-R	0,602 Z-R
E= 2700,0 MPa					
nu= 0,350	0,130m	-118,2 Y-R	-0,287 Y-R	183,1 Z-R	0,315 Z-R
----- collé (z=0,130m) -----					
h= 0,200 m	0,130m	-118,2 Y-R	-0,016 Y-J	396,8 Z-R	0,315 Z-R

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

E= 800,0 MPa

nu= 0,250 0,330m -195,7 Y-J -0,166 Y-J 176,7 Z-J 0,072 Z-J

----- collé (z=0,330m) -----

h= 0,400 m 0,330m -195,7 Y-J -0,015 Y-J 466,9 Z-J 0,072 Z-J

E= 165,0 MPa

nu= 0,250 0,730m -85,7 Y-J -0,010 Y-J 176,6 Z-J 0,024 Z-J

----- Collé (z=0,730m) -----

h= 0,700 m 0,730m -85,7 Y-J -0,005 Y-J 222,7 Z-J 0,024 Z-J

E= 120,0 MPa

nu= 0,250 1,430m -53,4 Y-J -0,006 Y-J 82,2 Z-J 0,007 Z-J

----- collé (z=1,430m) -----

h infini 1,430m -53,4 Y-J -0,001 Y-J 148,2 Z-J 0,007 Z-J

E= 50,0 MPa

nu= 0,250

Déflexion maximale = 51,0 mm/100 (entre-jumelage)

Rayon de courbure = 300,1 m (entre-jumelage)

Epsilon Z admissible = 343,9 µdéf

Epsilon T admissible gb3 = 126,9 µdéf

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Annexe 3: Caractéristiques des carrières

Identité de la carrière				Granulo <0,080 mm	Limites d'Atterberg		OPM		C.B.R (à 4 jours d'imbibition)			Classification		Gonflement
Carrière	PK	Distance morte	Sondages		LL	IP	gd	w %	95%	98%	100%	HBR	RTR	
				KN/m ³										
C13	51,425 à gauche	3500 ml	S1	7,6	35,7	14,7	2,24	8,1	84	148	183	A-2-6	B6	0,03%
C14	55+800 à gauche	250 ml	S2	10,5	33,5	14,3	2,11	9,4	62	88	99	A-2-6	B6	0,17%
C15	58+975 à droite	1300 ml	S1	11,4	33,7	10,42	2,14	9,2	45	54	58	A-2-6	B6	0,10%
C16	68+350 à gauche	200 ml	S2	23,3	39,4	14,22	2,26	8	37	42	46	A-2-6	B6	0,74%

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Annexe 4: Caractéristiques du tracé en plan

Le 18/11/2016 à 11:05 --- PISTE 5.05 --- Licence

n°3958

fichier.PIS

AXE EN PLAN

ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
D1	GIS = 76.340°	670.355	0.000	840594.291	1340602.830
C1	XC= 840374.284	165,83	670.355	841245.686	1340761.136
	YC= 1344346.768				
	R = 3690.000				
D2	GIS = 73.766°	274.939	836.185	841405.891	1340803.904
C2	XC= 841946.919	367,309	1111.124	841669.867	1340880.768
	YC= 1339929.283				
	R = -991.000				
D3	GIS = 95.002°	1358.270	1478.433	842033.325	1340916.509
C3	XC= 843517.207	768,711	2836.703	843386.422	1340798.082
	YC= 1342292.369				
	R = 1500.000				
D4	GIS = 65.639°	471.175	3605.414	844135.924	1340925.918
C4	XC= 846232.387	649,928	4076.589	844565.149	1341120.267
	YC= 1337438.137				
	R = -4042.000				
D5	GIS = 74.852°	1205.699	4726.517	845176.171	1341339.697
C5	XC= 846602.334	419,404	5932.216	846339.979	1341654.759
	YC= 1340685.643				
	R = -1004.000				
D6	GIS = 98.787°	986.027	6351.620	846755.698	1341677.860
C6	XC= 851171.382	21,93	7337.648	847730.154	1341527.241
	YC= 1363790.860				
	R = 22528.000				
D7	GIS = 98.731°	1065.463	7359.581	847751.832	1341523.901
C7	XC= 848196.266	371,87	8425.044	848804.949	1341362.174
	YC= 1337398.639				
	R = -4010.000				
D8	GIS = 104.044°	1325.395	8796.914	849169.368	1341288.777
C8	XC= 849956.947	443,945	10122.309	850455.146	1340967.145
	YC= 1338975.511				
	R = -2053.000				
D9	GIS = 116.434°	375.563	10566.254	850870.869	1340813.867
			10941.817	851207.167	1340646.680
LONGUEUR DE L'AXE		10941.817 m			

Annexe 5: Profil en long du projet

Annexe 6: Profils en travers

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55- PK65+200

Annexe 7: Les différents panneaux utilisés

Type de panneau	Intitulé	Apperçu	Nombre	Situation (Pk)	Position
A3	Rétrécissement brusque		8	59+022	D
				59+179	G
				61+350	D
				61+570	G
				64+255	D
				64+450	G
				64+650	D
64+860	G				
A1a	Virage à gauche		1	56+084	G
A1b	Virage à droite		1	55+494	D
A1c	Succesion de virages		1	64+450	G
A13a	Endroit fréquenté par les enfants		4	59+700	D
				61+100	G
				61+640	D
				61+950	G
A14	Danger particulier		8	58+924	D
				59+291	G
				61+250	D
				61+635	G
				64+160	D
				64+510	G
				64+550	D
				64+950	G
A2b	Ralentisseurs de type dos d'ane		4	59+730	G
				59+730	D
				62+185	D
				62+185	G
AB4	Stop		4	61+50	G-D
				61+840	G-D
B3	Interdiction de dépasser tous les véhicules à moteur autres que ceux à 2 roues sans side-car		6	58+875	D
				59+390	G
				61+190	D
				61+740	G
				64+500	D
				64+995	G
B14-50	Limitation de vitesse à 50 Km/h		2	59+800	D
				62+180	G
B33-50	Fin de limitation de vitesse à 50 Km/h		2	59+800	G
				62+180	D
EB10	Panneau indiquant l'entrée de Diapangou		2	59+830	D
				62+095	G
EB10	Panneau indiquant la sortie de Diapangou		2	59+850	G
				62+095	D

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Annexe 8: Données pluviométriques

Pluviométrie journalière maximale

Année	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
2001	0	0	0	0,3	43,3	47,3	38,8	58,6	39,8	11,4	0	0
2002	0	0	0	7,5	13	49	34,3	27,4	42,4	18,9	12,4	0
2003	0	0	0	30,3	46,1	34,5	62,1	72,2	43,5	29,1	0	0
2004	0	0	1,8	27,1	35,5	25,3	44,3	47,6	32,5	18,9	0	0
2005	0	0	5,9	8,3	51,6	55,6	67,8	38,9	92,3	6,6	0	0
2006	0	11,2	0	2,6	15,8	32,8	39,5	61,4	58,6	21,6	0	0
2007	0	0	3,6	44,7	15,8	66,6	49,8	72,5	22,2	5,8	0	0
2008	0	0	0,5	6,8	65,5	42,7	68,4	76,7	43	23,1	0	0
2009	0	0	1,3	3	18,3	45,3	49,3	63,4	35,4	47,6	0	0
2010	0	0	0	19,9	28	46,3	61,1	49,5	44,5	34,7	0	0
2011	0	0,5	0,7	9,7	17,5	45,3	64,5	80	15,8	35,7	0	0

Pluviométrie annuelle

Année	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
1970	0	0	0	8,4	32	58,8	191,4	264	178	0	0	0
1971	0	0	15,1	2,8	69,8	86	180,5	201,3	158	25,9	0	0
1972	0	0	6,7	90,4	49,2	67	226	194,4	156	50,1	0	0
1973	0	1,8	21,2	5,7	55,3	94	253,1	242,3	55,1	1,4	0	0
1974	0	0	5,5	5,3	50	91,9	207,1	209,9	177	66,7	0	0
1975	0	0	0,6	5,5	120	81,7	254,6	237,7	291	4,8	0,2	0
1976	0	0	0	20,2	85,3	158	143,9	122,6	58,3	153	0	0
1977	0	0	1,7	2,7	121	67,6	0	388,3	218	33,9	0,1	0
1978	0	0	82,9	48,9	115	116	125,7	140,8	136	19	0,3	0
1979	0	0	2,5	23,3	99,3	153	239,3	199,2	157	34	0	0
1980	0	0	0	5,2	60,4	152	90,4	292,6	73,1	36	0	0
1981	0	0	2,3	4,9	122	61,2	337	177,5	58,9	22	0	0
1982	0	3,2	9	2,7	84,9	84,4	266,1	170	93,6	75,8	0	0
1983	0	3,2	0	2,6	55	178	121,9	164,8	143	0,2	0	0
1984	0	0	1,6	94,5	56,2	133	92,6	118,4	132	17,9	0,4	0
1985	0	0	0	0	48,4	176	185,1	187,7	157	11,3	0	0
1986	0	0	6,6	11,6	23,4	119	124,1	135,9	167	16,7	8,3	0
1987	0	0	0	20,1	20,9	112	171,1	160,1	135	26	0	0
1988	0	0	0,6	115,1	17,5	135	114,3	236,4	143	0	3,6	0
1989	0	0	2	18,6	10	122	301	230,9	164	42,6	0	38,8
1990	0	0	0	10,8	96,7	71,9	92,3	168,6	116	8,8	0	0
1991	0	0	33	51,7	316	128	152	115,6	67,3	148	0	0
1992	0	0	4	26,4	81,7	93	239,6	310,6	141	33,8	3,2	0
1993	0	0	5	8,2	49,4	117	313	272,7	107	21	0	0
1994	0	0	12	51,7	316	128	152	115,6	67,3	148	0	0

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

1995	0	0	14,6	48,1	46,4	64,6	201	414,7	66,5	26,7	0	0
1996	0	0	1,6	6,3	71,5	134	171	191,7	122	26,1	0	0
1997	0	0	96,3	8,9	110	87,4	122,1	92	135	13,8	0	0
1998	0	0	0	53,4	97,4	156	109	239,7	208	63,1	0	0
1999	0	0	0	58,9	21,2	58,5	115,5	230,5	211	6,9	0	0
2000	0	0	0	45	74,2	106	90,2	187,1	119	43	0	0
2001	0	0	0	0,3	151	169	117,1	207,6	145	12,3	0	0
2002	0	0	0	10,8	33,2	87,7	152,1	164,9	127	57,7	13	0
2003	0	0	0	57,7	85,6	117	187,3	302,1	254	55,1	0	0
2004	0	0	1,8	66,7	99,3	11,8	216,8	220,9	151	20,6	0	0
2005	0	0	5,9	16,9	140	118	179,2	171,7	200	9	0	0
2006	0	11,2	0	2,6	42,7	84,4	236,9	218,5	181	62,5	0	0
2007	0	0	5,3	57	34,8	137	128,7	301	83,4	9,3	0	0
2008	0	0	0,5	12,5	116	122	207,9	385,1	177	51,6	0	0
2009	0	0	1,3	4,7	44,7	147	200,4	316	120	104	0	0
2010	0	0	0	23,9	63,3	112	175,1	194,4	134	69,3	0	0
2011	0	0,5	0,7	11,4	51,9	106	178,4	276,7	56	71,2	0	0

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Annexe 9: Paramètres de Gumbel

Tableau des fréquences de l'ajustement par la loi de Gumbel

i	Xi	F (xi)	Ui	xp	k	AK	Borne inf	Borne sup
1	47,6	0,08333333	-0,91023509	51,1928677	-1,16004337	-7,71605111	43,4768	58,9089
2	49	0,16666667	-0,58319808	54,6248133	-0,9049545	-6,6391968	47,9856	61,264
3	58,6	0,25	-0,32663426	57,3172091	-0,70483472	-6,23854925	51,0787	63,5558
4	61,1	0,33333333	-0,09404783	59,7579847	-0,52341731	-6,28781837	53,4702	66,0458
5	61,4	0,41666667	0,13299584	62,1405943	-0,34632325	-6,70786565	55,4327	68,8485
6	63,4	0,5	0,36651292	64,5911362	-0,16417992	-7,45753487	57,1336	72,0487
7	72,2	0,58333333	0,6180462	67,2307412	0,03201604	-8,52825965	58,7025	75,759
8	72,5	0,66666667	0,90272046	70,2181296	0,25406196	-9,9602355	60,2579	80,1784
9	76,7	0,75	1,24589932	73,8194687	0,52174147	-11,8806297	61,9388	85,7001
10	80	0,83333333	1,70198336	78,6056413	0,87748702	-14,6238005	63,9818	93,2294
11	92,3	0,91666667	2,4417164	86,3684433	1,45447879	-19,3117755	67,0567	105,68

Tableau des paramètres de Gumbel

moyenne	66,26
ecartype	14,0554616
variance	197,556
1/a	10,96326
xo	59,934199
A	0,09121374
Max	92,3
Min	47,6
ecart	44,7
taille classe	4,47

Tableau des fréquences pour la décennale et la centennale

F	Up	Xp	K	Ak	Borne inf	Borne sup
0,9	2,250367327	84,3604149	1,30522652	-18,08063621	66,2797787	102,441051
0,99	4,600149227	109,019971	3,1380564	-33,58944947	75,4305218	142,609421

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Annexe 10: Résultats hydrologiques des caniveaux

	BV	Long tronçon (m)	Surface (Ha)	Hamont (m)	Haval (m)	Pente (m/m)	coeff c	Q10	Qprojet majoration de 20%	Ks	Pente radier	Section	Périmètre	Rh	Q calculé	Ouvrage maintenu
DIAPA NGOU	A1	1332	2,664	306,9	303,36	0,0027	0,85	0,48	0,57	67	0,003	0,64	2,4	0,27	0,92	0,8 x 0,8
	A2	1332	2,664	306,9	303,36	0,0027	0,85	0,48	0,57	67	0,003	0,64	2,4	0,27	0,92	0,8 x 0,8
	B1	660	1,32	307,5	303,36	0,0063	0,85	0,32	0,39	67	0,006	0,036	1,8	0,2	0,65	0,6 x 0,6
	B2	660	1,32	307,5	303,36	0,0063	0,85	0,32	0,39	67	0,006	0,036	1,8	0,2	0,65	0,6 x 0,6

Annexe 11: plan de ferrailage des caniveaux

Annexe 12: Note de calcul du dalot 150 x 100

DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

1. Dimensions du dalot

Pour un souci d'uniformité, on adoptera la même épaisseur pour le tablier, les pénétrations et le radier.

- L'épaisseur peut être déterminée par la formule suivante :

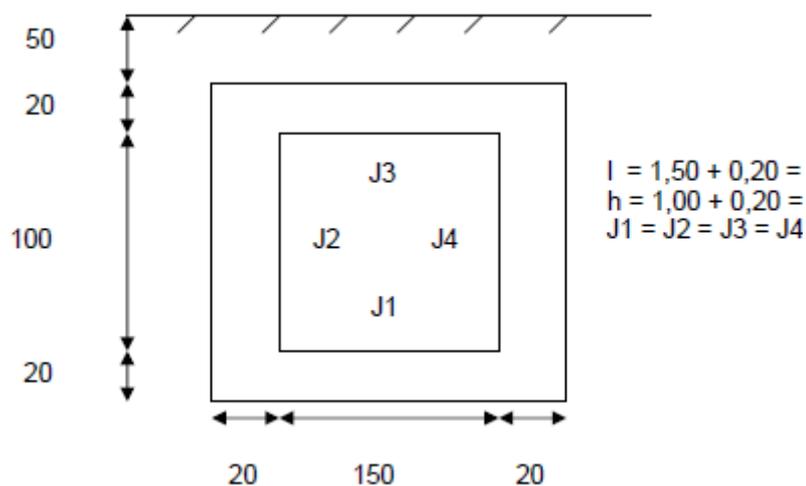
$$e = \frac{l}{32} + 0,125 \text{ où } l \text{ désigne l'ouverture de l'ouvrage}$$

$$e = \frac{1,5}{32} + 0,125$$

$$e = 0,172 \text{ m}$$

Prenons $e = 0,20 \text{ m}$,

- Largeur nette de passage de l'eau : $L = 1,5 \text{ m}$
- Hauteur nette de l'ouverture : $H = 1 \text{ m}$
- Longueur du dalot : $10,2 \text{ m}$
- Muret : $h = 0,5 \text{ m}$; $e = 0,2 \text{ m}$



Présentation du Dalot 1 x 150 x 100

2. Données diverses

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

- La largeur roulable est de ($L_R = 7,2 m$) et la largeur chargeable est égale à : ($L_c = 7,2 m$); ainsi, on aura :
- La classe du pont : première classe
- Le nombre de voies : $n = E \left(\frac{L_c}{3} \right) = 2$

HYPOTHESES DE CALCUL

1. Normes utilisées pour les calculs

Les calculs de ferrailage seront menés suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et construction en béton armé suivant la méthode des états limites dites règles B.A.E.L 91 révisé 99,

Les structures routières seront définies conformément aux prescriptions du titre II du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes (C, P, C) Français en la matière, Les ouvrages seront calculés par rapport aux systèmes de charges A(L), et B (Bc, Bt) et Mc120,

2. Caractéristiques des matériaux

Béton

- Dosage : 350kg/m^3 de CPA 45 ou de classe équivalente
- Poids volumique : $\gamma_{\text{béton}} = 25 \text{Kn/m}^3$
- Résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 25 \text{MPa}$
- Résistance à la traction à 28 jours : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28} = 2,1 \text{MPa}$
- Coefficient de sécurité $\gamma_b = 1,5$
- Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU : $f_{bu} = 0,85 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} = 14,16 \text{MPa}$
- Contrainte limite de béton comprimé à l'ELS $\sigma_{bc} = 0,6 f_{c28} = 15 \text{MPa}$

Acier

- Acier à haute adhérence (HA) de nuance FeE400
- Limite d'élasticité $f_e = 400 \text{Mpa}$
- Coefficient de sécurité $\gamma_s = 1,15$
- Coefficient d'adhérence : $\eta = 1,6$
- Contrainte limite des aciers à l'ELS, pour une fissuration préjudiciable :

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

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

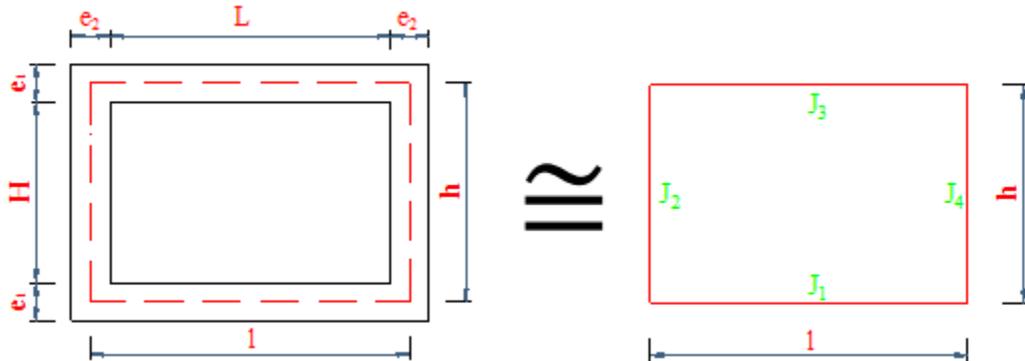
- $\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 348 \text{ Mpa}$

Remblais

- Remblai d'accès en graveleux latéritique : $\gamma_d = 20 \text{ kN/m}^3$
- Remblai sur le dalot en graveleux latéritique : $\gamma_d = 20 \text{ kN/m}^3$; Epaisseur = 50 cm
- Coefficient de poussée des terres : $k_a = 0,33$

I. CALCUL DES SOLLICITATIONS

1. Schéma statique



$$l = L + e_p = 1,5\text{m} + 0,2 = 1,7\text{m}$$

$$h = H + e_r = 1\text{m} + 0,2 = 1,2\text{m}$$

Calcul des moments d'inertie

$$J_1 = J_2 = J_3 = J_4 = \frac{b \times ei^3}{12} = \frac{1 \times 0,2^3}{12} = 6,67 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

Définition et calcul des constantes **AD = 1, AB = 2, BC = 3 et CD = 4,**

$$k_1 = \frac{J_3}{J_1} = 1$$

$$k_2 = \frac{J_3}{J_2} \times \frac{h}{l} = 0,706$$

$$K_1 = 2k_2 + 3 = 2 \times 0,706 + 3 = 4,412$$

$$K_2 = 3k_1 + 2k_2 = 3 \times 1 + 2 \times 0,706 = 4,412$$

$$K_3 = 3k_2 + 1 - \frac{k_1}{5} = 3 \times 0,706 + 1 - \frac{1}{5} = 2,918$$

$$K_4 = \frac{6}{5} k_1 + 3k_2 = 3,318$$

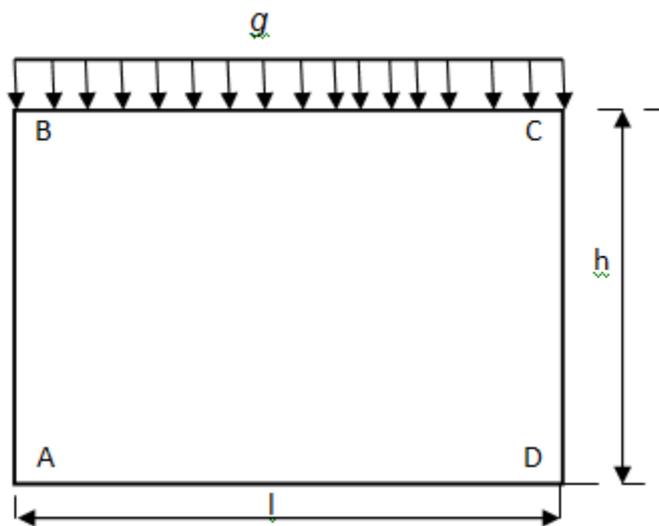
$$F_1 = K_1 K_2 - k_2^2 = 18,967$$

$$F_2 = 1 + k_1 + 6 \times k_2 = 6,236$$

CALCUL DES SOLICITATIONS

I. Calcul des sollicitations sous l'action des charges permanentes

1. Charges permanentes sur le tablier



- Poids propre du tablier : $25 \text{ KN/m}^3 \times 0,20 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 5 \text{ kN/m}$
 - Poids du remblai : $20 \text{ KN/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 10 \text{ kN/m}$
 - Poids propre muret : $25 \text{ KN/m}^3 \times 0,2 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 5 \text{ kN/m}$
- Charges permanentes totale sur le tablier : $g = 20 \text{ kN/m}$

a) Détermination des inconnues hyperstatiques (moments d'encastrement)

$$M_A = M_D = -\frac{gl^2}{4F_1} (k_1 K_1 - k_2) = -\frac{20 \times 1,7^2}{4 \times 18,967} (1 \times 4,412 - 0,706) = -2,823 \text{ kN,m}$$

$$M_B = M_C = -\frac{gl^2}{4F_1} (K_2 - k_1 k_2) = -\frac{20 \times 1,7^2}{4 \times 18,967} (4,412 - 1 \times 0,706) = -2,823 \text{ kN,m}$$

b) Détermination des moments à mi travée

$$M_{(A,D)} = \frac{gl^2}{8} + \frac{M_A + M_D}{2} = \frac{20 \times 1,7^2}{8} - \frac{2,823 + 2,823}{2} = 4,402 \text{ kN,m}$$

$$M_{(B,C)} = \frac{gl^2}{8} + \frac{M_B + M_C}{2} = \frac{20 \times 1,7^2}{8} - \frac{2,823 + 2,823}{2} = 4,402 \text{ kN,m}$$

$$M_{(A, B)} = M_{(C, D)} = \frac{MA+MB}{2} = -2,823$$

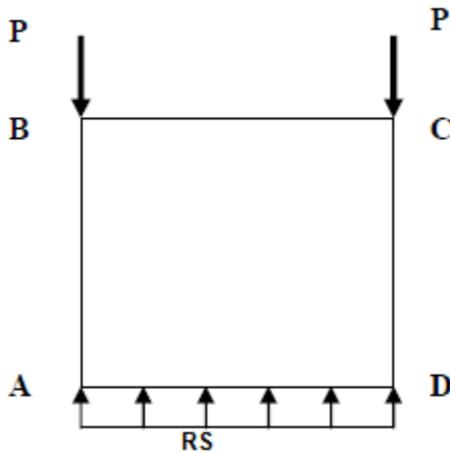
c) Détermination des efforts normaux

$$N_1 = -N_3 = \frac{MB-MA}{h} + \frac{MD-MC}{l} = 0,000 \text{ kN}$$

$$N_2 = N_4 = \frac{g \times l}{2} + \frac{MC-MB}{l} + \frac{MA-MB}{2} = \frac{20 \times 1,7}{2} = 17 \text{ kN}$$

2. Sous poids mort des piédroits

a) charges permanentes dues aux piédroits



- **Poids propre des piédroits:** $P = \gamma b \times e_p \times h = 25 \times 0,2 \times 1,2 = 6 \text{ kN/ml}$

- **La réaction du sol est :** $R_s = \frac{2 \times p}{l} = \frac{2 \times 6}{1,7} = 7,06 \text{ kN/ml}$

b) Détermination des moments hyperstatiques

$$M_A = M_D = \frac{p \times l \times k1 \times k1}{2F1} = \frac{6 \times 1,7 \times 1 \times 4,412}{2 \times 18,967} = -1,186 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_B = M_C = \frac{p \times l \times k1 \times k2}{2F1} = \frac{6 \times 1,7 \times 1 \times 0,706}{2 \times 18,967} = 0,190 \text{ kN.m/ml}$$

b, Moments à mi travée

$$M_{(A, D)} = \frac{R_s l^2}{8} + \frac{MA+MD}{2} = \frac{7,06 \times 1,7^2}{8} - \frac{1,186 + 1,186}{2} = 1,364 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(B, C)} = \frac{MB+MC}{2} = \frac{0,190+0,190}{2} = 0,190 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(A, B)} = \frac{MA+MB}{2} = \frac{-1,186 + 0,190}{2} = -0,996 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(C, D)} = \frac{MC+MD}{2} = \frac{0,190 - 1,186}{2} = -0,996 \text{ kN.m/ml}$$

c) Efforts normaux

$$N_1 = -N_3 = \frac{3 \times p \times l \times k1 \times (1+k2)}{2 \times h \times F1} = \frac{3 \times 6 \times 1,7 \times 1 \times (1+0,706)}{2 \times 1,2 \times 18,967} = 1,147 \text{ kN}$$

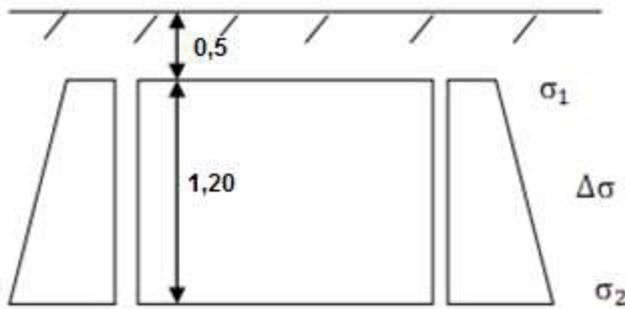
$$N_2 = N_4 = p = 6\text{kN}$$

3. Sollicitations sur le radier

Les charges permanentes sur le radier $g' = g + p = 26 \text{ kN/ml}$, Les sollicitations sont les résultantes des sollicitations dues au tablier et aux piédroits,

a. Sous l'action des poussées des terres

a) Calcul des contraintes



$$\sigma_1 = k \times \gamma_r \times h_r = 0,33 \times 20 \times 0,5 = 3,33 \text{ kN/m}^3$$

$$\sigma_2 = k \times \gamma_r \times h = 0,33 \times 20 \times 1,2 = 7,992 \text{ kN/m}^3$$

$$\Delta\sigma = \sigma_2 - \sigma_1 = 4,662 \text{ kN/m}^3$$

b) Moments sur appuis

$$M_A = M_D = -\frac{k^2(k^2+3)}{4F_1} \times \sigma_1 h^2 - \frac{k^2(3k^2+8)}{20 \times F_1} \Delta\sigma h^2 = -0,292 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_B = M_C = -\frac{k^2(3k^1+k^2)}{4F_1} \times \sigma_1 h^2 - \frac{k^2(7k^1+2k^2)}{20 \times F_1} \Delta\sigma h^2 = -0,270 \text{ kN.m/ml}$$

c) Moments à mi-travée

$$M_{(A,B)} = M_{(C,D)} = \frac{\sigma_1 h^2}{8} + \frac{\Delta\sigma h^2}{12} + \frac{MA+MB}{2} = 0,878 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(A,D)} = \frac{MA+MD}{2} = -0,292 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(B,C)} = \frac{MB+MC}{2} = -0,270 \text{ kN.m/ml}$$

d) Efforts normaux

$$N_1 = \frac{\sigma_1 + 2\sigma_2 \times h}{6} + \frac{MA-MB}{h} + \frac{MD-MA}{l} = 3,886 \text{ kN}$$

$$N_2 = N_4 = 0,00\text{kN}$$

$$N_3 = \frac{2\sigma_1 + \sigma_2 \times h}{6} + \frac{MA-MB}{h} + \frac{MC-MB}{l} = 2,912 \text{ kN}$$

II. Calcul des charges d'exploitation

1. Charges roulantes

✚ Système A

$$Q(L) = \sup \{a_1, A(L); (4 - 0,002L)\}$$

a_1 : degré d'agressivité transversale donné dans le tableau en fonction de la classe
 : première classe et nombre de voie égale 2 voies d'ou a_1
 = 1L: Largeur chargée

$$A(L) = 2,3 + \frac{360}{L_c + 12} = 2,3 + \frac{360}{7,2 + 12} = 21,05 \text{ kN/m}^2$$

$$4 - 0,002L = 4 - 0,002 \times 7,6 = 3,98$$

$$Q(L) = 13,55 \times 1 = 21,05 \text{ KN/m}$$

Soit Q_A la Charge du système A :

$$a_2 = \frac{v_0}{v} ; \text{ Avec } v_0 = 3,5 \text{ car on a un pont de première classe et } v = 3,5/3,6 = 0,97$$

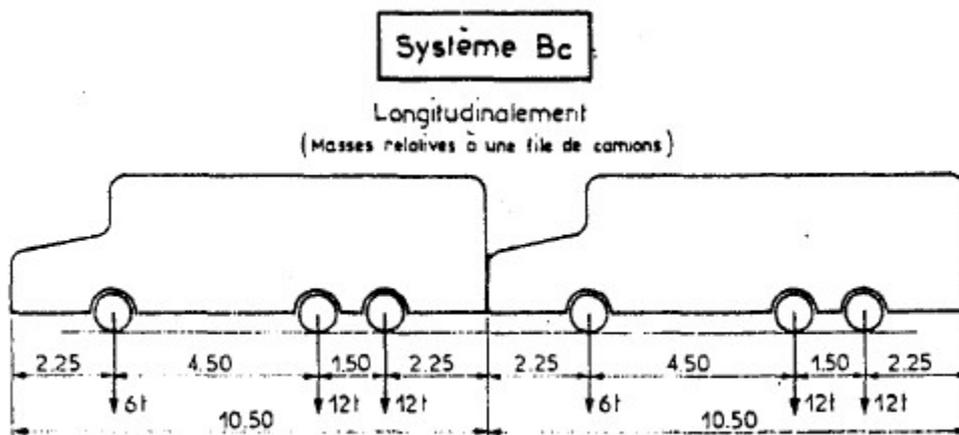
$$a_2 = \frac{v_0}{v} = \frac{3,5}{3,6} = 0,97$$

$$Q_A = a_2 \times Q(L)$$

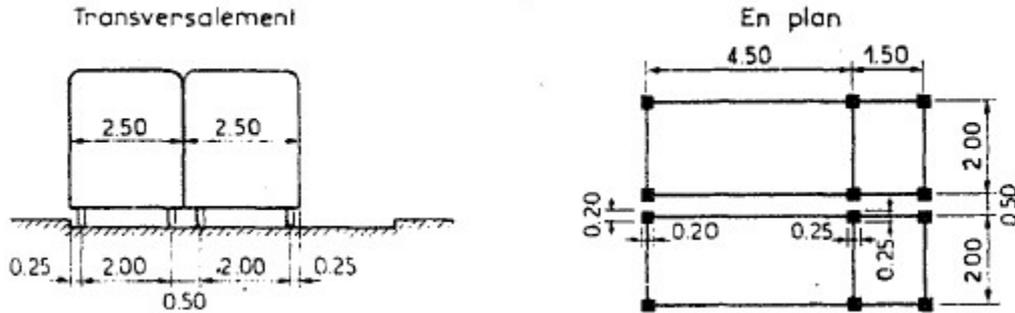
$$Q_A = 0,97 \times 21,05 = 20,42 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_A = 20,42 \times 7,6\text{m} = 155,192 \text{ kN/ml}$$

✚ Charge sous l'action du convoi Bc



Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200



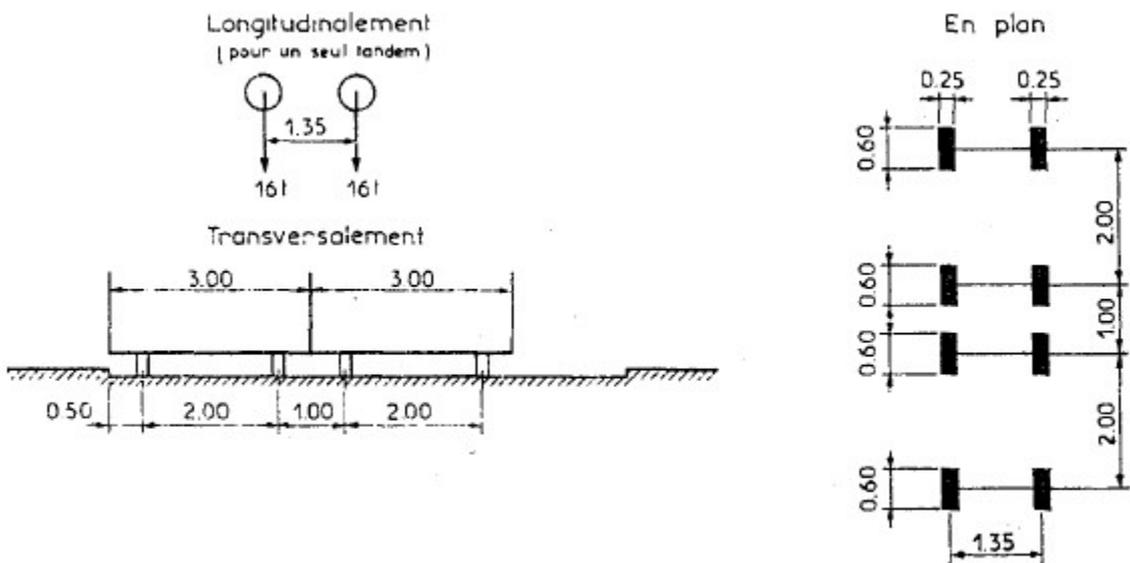
On admet une répartition de la surcharge à 35° dans le remblai, La surface d'impact A est donnée par $A = 1,539H^2 + 1,40 \times H \times (a + b) + a \times b$

On peut disposer sur le tablier deux files de deux (02) essieux de 12 t côte à côte soit 48 t au total ou 480 kN, On prend donc comme coefficient de majoration de la charge $B_c = 1,10$ car l'ouvrage est de première classe et à deux voies chargées,

La surface d'impact correspondant à une charge de 480 kN vaut : $A = 14,33m^2$ avec $H = 0,6m$; $a = 1,75$ et $b = 4,75$

La charge répartie est de : $Q_{Bc} = \frac{480 \times 1,10}{14,33} = 36,85 \text{ kN/m}^2$

Charge sous l'action du convoi Bt



On peut disposer sur le tablier deux files d'un tandem chacun de 16 t côte à côte soit 64 t au total ou 640 kN, Le coefficient de majoration de la charge $B_t = 1,00$ car l'ouvrage est de première classe,

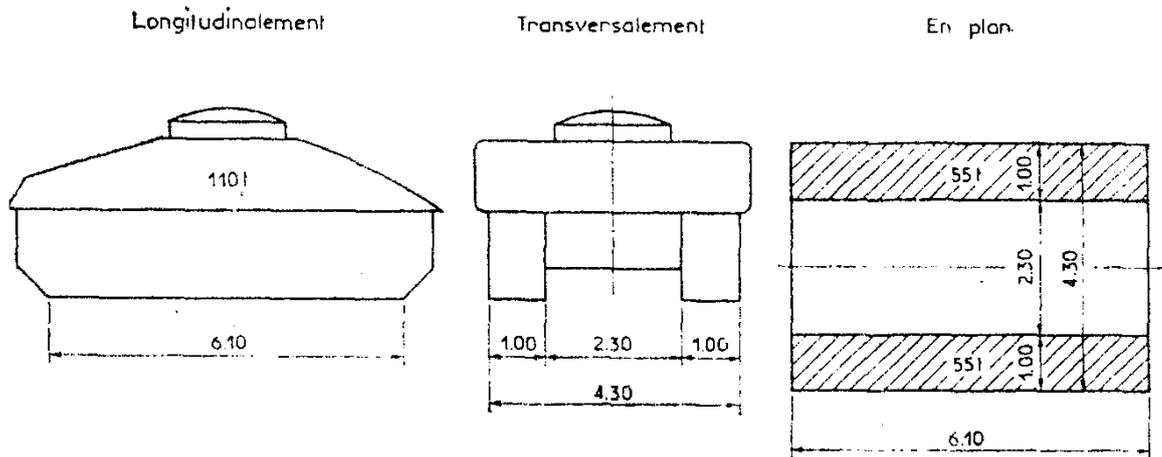
La surface d'impact correspondant à cette surcharge est : $A = 15,56 m^2$ avec $H = 0,6m$; $a = 1,60$ et $b = 5,60$,

La charge répartie est de : $Q_{Bt} = \frac{640 \times 1}{15,56} = 41,13 \text{ kN/m}^2$

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

✚ Système Mc120

Systeme Mc 120



On dispose d'une charge de 1100kN et une surface d'impact dont les côtés $H=1$ m $a = 6,10$ m et $b = 4,30$ et $A = 42,33$ m²

La charge est alors :

$$Q_{Mc120} = \frac{1100}{42,33} = 25,99 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{MAX} Q(A, Bc, Bt, Mc120) = Q_{Bt} = 41,13 \text{ kN/m}^2$$

Le coefficient de majoration

$$G = 20 \times 1,7 = 34 \text{ kN}$$

$$Q = 640 \text{ kN}$$

$$L = 1,7 \text{ m}$$

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

$$\delta = 1,79$$

$$Q = 1,79 \times 41,13 = 73,76 \text{ kN/ml}$$

2. Sollicitations sous charge d'exploitation routière max

a) Moments sur appuis

$$M_A = M_D = -\frac{Ql^2}{4F1} (k1K1 - k2) = -10,23$$

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

$$M_B = M_C = -\frac{Ql^2}{4F1} (K2 - k1k2) = -10,23$$

b) Moments à mi-travée

$$M_{(A,B)} = M_{(C,D)} = \frac{Ql^2}{8} + \frac{MA+MB}{2} = -10,23 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(A,D)} = \frac{Ql^2}{8} + \frac{MA+MD}{2} = 15,95 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(B,C)} = \frac{Ql^2}{8} + \frac{MB+MC}{2} = 15,95 \text{ kN.m/ml}$$

c) Efforts normaux

$$N_1 = -N_3 = \frac{MB-MA}{h} + \frac{MD-MC}{l} = 0,00 \text{ kN}$$

$$N_2 = N_4 = \frac{Q \times l}{2} \frac{MC-MB}{l} + \frac{MA-MB}{h} = 61,59 \text{ kN}$$

3. Sollicitations sous l'action des surcharges de remblai d'accès 10 kN/m²



La contrainte horizontale : $\sigma = k \times q = 0,33 \times 10 = 3,33 \text{ kN/m}^2$

La résultante : $R = \sigma \times h = 3,33 \times 1,2 = 3,996 \text{ kN/m}$

Moments sur appuis

$$M_A = M_D = -\frac{k2(k2+3)}{4F1} = -0,198 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_B = M_C = -\frac{k2(3k1+k2)}{4F1} \times \sigma h^2 = -0,198 \text{ kN.m/ml}$$

e) Moments à mi-travée

$$M_{(A,B)} = M_{(C,D)} = \frac{\sigma h^2}{8} + \frac{MA+MB}{2} = 0,521 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(A,D)} = \frac{MA+MD}{2} = -0,198 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{(B,C)} = \frac{MB+MC}{2} = -0,198 \text{ kN.m/ml}$$

f) Efforts normaux

$$N_1 = N_3 = \frac{\sigma \times h}{2} = 2,397 \text{ kN}$$

$$N_2 = N_4 = 0,00 \text{ kN}$$

4. Récapitulatif des sollicitations

Les combinaisons sont les suivantes :

ELU

$$Cas1 = 1,35G + 1,6 \max(Bt, Bc, Mc120)$$

$$Cas2 = 1,35G + 1,6 \max(Bt, Bc, Mc120) + 1,5 SR$$

Avec SR= surcharge sur remblai

ELS

$$Cas1 = G + 1,2 \max(Bt, Bc, Mc120)$$

$$Cas2 = G + 1,2 \max(Bt, Bc, Mc120) + 1,5 SR.$$

Le cas 2 a été retenu pour tous les calculs.

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

		MA (Kn.m/ml)	M(A-B) (Kn.m/ml)	MB (Kn.m/ml)	M(B-C) (Kn.m/ml)	MC (Kn.m/ml)	M(A-D) (Kn.m/ml)	MD (Kn.m/ml)	N1 (KN)	N2 (KN)	N4 (KN)	N3 (kN)
Charges permanentes	1	-2,823	-2,823	-2,823	4,402	-2,823	4,402	-2,823	0	17	17	0
	2	-1,186	-0,996	0,19	0,19	0,19	1,364	-1,186	1,147	6	6	-1,147
	3	-0,292	0,878	-0,27	-0,27	-0,27	-0,292	-0,292	3,886	0	0	2,912
	Total	-4,301	-2,941	-2,903	4,322	-2,903	5,474	-4,301	5,033	23	23	1,765
Charge routière max	4	-10,23	-10,23	-10,23	15,95	-10,23	15,95	-10,23	0	61,59	61,59	0
Surcharge des terres	5	-0,198	0,521	-0,198	-0,198	-0,198	-0,198	-0,198	2,397	0	0	2,397

	MA	M(A-B)	MB	M(B-C)	MC	M (A-D)	MD	N1	N2	N4	N3
ELU	-22,47135	-19,55685	-20,58405	31,0577	-20,58405	32,6129	-22,47135	10,39005	129,594	129,594	5,97825
ELS	-20,966	-18,5275	-19,568	29,545	-19,568	30,697	-20,966	8,6285	121,544	121,544	5,3605

II. Calcul des armatures

4.1 Calcul des armatures du tablier et du radier

Les moments d'appuis et en travées du tablier et du radier étant sensiblement égaux, Nous uniformiserons les aciers du tablier et celui du radier en prenant les valeurs les plus élevées pour les calculs.

On a :

ELU : $M_{\text{appui}} = 22,47 \text{ KN.m/ml}$, $M_{\text{travée}} = 32,61 \text{ KN.m/ml}$

ELS : $M_{\text{appui}} = 20,97 \text{ KN.m/ml}$, $M_{\text{travée}} = 30,7 \text{ KN.m/ml}$

Données de calcul : $h = 0,2$ $d = 0,9 \times h = 0,9 \times 0,2 = 0,18 \text{ m}$

$f_{c28} = 25 \text{ MPa}$ $f_e = 400 \text{ MPa}$

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

1.1 Section d'armature à mi- travée

- Calcul à l'ELU

Le moment Ultime : $M_u = 32,61 \text{ KN.m/ml}$

Moment réduit/ Recherche du pivot : $\mu_u = \frac{M_u}{(b \times d^2 \times F_{bu})} = \frac{32,61 \cdot 10^{-3}}{(1 \times 0,18^2 \times 14,17)} = 0,071$

On a $\mu_u < 0,186 \rightarrow \text{PIVOT A} \rightarrow \text{Pas d'aciers comprimés}$

Paramètres de déformation

$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,071}) = 0,092$

$Z_u = d(1 - 0,4\alpha_u) = 0,18(1 - 0,4 \times 0,092) = 0,173 \text{ m}$

Section d'acier théorique

$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times \sigma_s} = \frac{32,61 \cdot 10^{-3}}{0,173 \times 347,83} = 5,42 \text{ cm}^2$

Condition de non fragilité (CNF)

$$A_{st \min} = 0,23 \times b_0 \times d \times \left(\frac{f_{tj}}{f_e} \right) = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{400} = 2,17 \text{ cm}^2$$

La section d'acier retenue est $A_{st} = 2.17 \text{ cm}^2$

$$A_{st} > A_{st \min} \rightarrow A_{st} = 5.42 \text{ Cm}^2$$

- Calcul à l'ELS

$$M_{ser} = 30.7 \text{ KN.m/ml}$$

Paramètre de déformation

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

$$\text{Avec } \varphi = \min \begin{cases} \frac{2}{3} f_e = 266,67 \\ 0,5 f_e = 200 \\ 110\sqrt{\eta \times f_{tj}} = 201,63 \end{cases} \quad \varphi = 201,63 \text{ MPa}$$

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

Fibre neutre :

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d = 0,53 \times 0,18 = 0,1 \text{ m}$$

$$Z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0,18 - \frac{0,1}{3} = 0,15 \text{ m}$$

Moment résistant :

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_0 \times y_{ser} \times \overline{\sigma_{bc}} \times Z_{ser} = 0,5 \times 1 \times 0,1 \times 15 \times 0,15 = 112.5 \text{ KN.m/ml}$$

$$M_{ser} < M_{serb} \rightarrow \text{Pas d'aciers comprimés}$$

Calcul des aciers

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z \times \sigma_{st}} = \frac{30.7 \cdot 10^{-3}}{0,15 \times 201,63} = 10.15 \text{ cm}^2$$

Condition de fragilité (CNF)

$$A_{st \min} = 0,23 \times b_0 \times d \times \left(\frac{f_{tj}}{f_e} \right) = 2,17 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} > A_{st \min} \rightarrow A_{st} = 10.15 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} \text{ à l'ELU} < A_{st} \text{ à l'ELS} = A_{st} = 7.68 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers : 9 HA 12 = 10.18 cm² Avec espacement de 11 cm.

1.2 Section d'armature sur appuis

Le moment Ultime : $M_u = 22.47 \text{ KN.m/ml}$

Moment réduit/ Recherche du pivot : $\mu_u = \frac{M_u}{(b \times d^2 \times F_{bu})} = \frac{22.47 \cdot 10^{-3}}{(1 \times 0.18^2 \times 14.17)} = 0,049$

On a $\mu_u < 0,186 \rightarrow \text{PIVOT A} \rightarrow \text{Pas d'aciers comprimés}$

Paramètres de déformation

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,049}) = 0.062$$

$$Z_u = d(1 - 0,4\alpha_u) = 0,18(1 - 0,4 \times 0,062) = 0,175 \text{ m}$$

Section d'acier théorique

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times \sigma_s} = \frac{22.47 \cdot 10^{-3}}{0,175 \times 347,83} = 3.69 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité (CNF)

$$A_{st \min} = 0,23 \times b_0 \times d \times \left(\frac{f_{tj}}{f_e} \right) = 0,23 \times 1 \times 0,18 \times \frac{2,1}{400} = 2,17 \text{ cm}^2$$

La section d'acier retenue est $A_{st} = 2.17 \text{ cm}^2$

$$A_{st} > A_{st \min} \rightarrow A_{st} = 3.69 \text{ cm}^2$$

- Calcul à l'ELS

$$M_{ser} = 20.97 \text{ KN.m/ml}$$

Paramètre de déformation

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

$$\text{Avec } \varphi = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{2}{3} f_e = 266,67 \\ 0,5 f_e = 200 \\ \max \left\{ \begin{array}{l} 110\sqrt{\eta} \times f_{tj} = 201,63 \end{array} \right. \end{array} \right. \quad \varphi = 201,63 \text{ MPa}$$

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

Fibre neutre :

$$y_{ser} = \alpha_{ser} \times d = 0,53 \times 0,18 = 0,1 \text{ m}$$

$$Z_{ser} = d - \frac{y_{ser}}{3} = 0,18 - \frac{0,1}{3} = 0,15 \text{ m}$$

Moment résistant :

$$M_{serb} = \frac{1}{2} \times b_o \times y_{ser} \times \overline{\sigma}_{bc} \times Z_{ser} = 0,5 \times 1 \times 0,1 \times 15 \times 0,15 = 112,5 \text{ KN.m/ml}$$

$$M_{ser} < M_{serb} \rightarrow \text{Pas d'aciers comprimés}$$

Calcul des aciers

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z \times \sigma_{st}} = \frac{20,97 \cdot 10^{-3}}{0,15 \times 201,63} = 6,93 \text{ cm}^2$$

Condition de fragilité (CNF)

$$A_{st \min} = 0,23 \times b_o \times d \times \left(\frac{f_{tj}}{f_e} \right) = 2,17 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} > A_{st \min} \rightarrow A_{st} = 6,93 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} \text{ à l'ELU} < A_{st} \text{ à l'ELS} = 6,93 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers : 9 HA 10 = 7,07 cm² Avec espacement de 11 cm.

2. Calcul des armatures des piédroits

- Calcul à l'ELU

$$Mu = 19.56 \text{ kN.m/ml}$$

$$Nu = 129.59 \text{ kN/ml}$$

$$e_a = \max \left\{ \begin{array}{l} 2 \text{ cm} \\ \frac{H}{250} \end{array} \right. \rightarrow e_a = 2 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{Mu}{Nu} + e_a = \frac{19.56}{129.59} + 0,02 = 0,17\text{m} = 17\text{cm}$$

Sollicitations ultimes corrigées pour le flambement

Elancement géométrique :

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

Pièce chargée de façon excentrée :

$$\rightarrow \frac{l_f}{h} < \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} 15 \\ 20 \times \frac{e_1}{h} \end{array} \right. \rightarrow \frac{0,7}{0,2} = 3.5 < 17$$

Excentricité du 2nd ordre :

$$a = 10 \left(1 - \frac{Mu}{1.5 \times M_{ser}} \right) = 2.96$$

$$e_2 = \frac{3 \times l_f^2}{10^4 \times h} (2 + a \times \varphi) = \frac{3 \times 0,7^2}{10^4 \times 0,2} (2 + 2.96 \times 2) = 0,00582 = 0,58 \text{ cm}$$

Avec $\varphi = 2$

Sollicitations corrigées pour le calcul en flexion composée :

$$\left\{ \begin{array}{l} Nu = Ni \\ M = Nu (e_1 + e_2) \\ e_0 = e_1 + e_2 \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} Nu = 129.59 \text{ KN/ml} \\ M = 129.59 (0,17 + 0,0058) = 22.79 \text{ kN.m} \\ e_0 = 0,17 + 0,0058 = 0,176 \text{ m} \end{array} \right.$$

Sollicitation ramenée au centre de gravité des aciers tendus :

$$\begin{cases} e_A = e_0 + \left(d - \frac{h}{2}\right) \\ M_{uA} = N_u \times e_A \end{cases} \rightarrow \begin{cases} e_A = 0,176 + \left(0,18 - \left(\frac{0,20}{2}\right)\right) = 0,256 \\ M_{uA} = 129,59 \times 0,256 = 33,18 \text{ kN.m} \end{cases}$$

Moment réduit de référence à l'ELU :

$$\mu_{BC} = 0,8 \times \frac{h}{d} \times \left(1 - 0,4 \frac{h}{d}\right) = 0,8 \times \frac{0,2}{0,18} \times \left(1 - 0,4 \frac{0,2}{0,18}\right)$$

$$\mu_{BC} = 0,494$$

Moment réduit agissant :

$$\mu_{uA} = \frac{M_{uA}}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{33,18 \cdot 10^{-3}}{1 \times 0,18^2 \times 14,17}$$

$$\mu_{uA} = 0,072$$

$\mu_{uA} < \mu_{BC} \rightarrow$ Section partiellement comprimée

▪ Calcul à l'ELS

$$\begin{cases} N_{ser} = Ng + Nq \\ M_{ser} = Mg + Mq \\ e_{ser} = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} N_{ser} = 121,54 \text{ KN/ml} \\ M_{ser} = 20,97 \text{ KN.m} \\ e_{ser} = \frac{20,97}{121,54} = 0,17 \text{ m} \end{cases}$$

Sollicitations ramenées au centre de gravité des aciers tendus

$$\begin{cases} e_A = e_{ser} + \left(d - \frac{h}{2}\right) \\ M_{serA} = N_{ser} \times e_A \end{cases} = \begin{cases} e_A = 0,17 + (0,18 - 0,1) = 0,25 \\ M_{serA} = 121,54 \times 0,25 = 30,39 \text{ kN.m/ml} \end{cases}$$

Moment réduit :

$$\gamma_M = \frac{M_u}{M_{ser}} = \frac{22,47}{20,97} = 1,07$$

$$\begin{aligned} 10^4 \mu_{tu} &= 3440 \times \theta \times \gamma_M + 49 \times \frac{f_{c28}}{\theta} - 3100 = 3440 \times 1 \times 1,33 + 49 \times 25 - 3100 \\ &= 2700,2 \end{aligned}$$

$$\mu_{tu} = 0,27$$

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

On a: $\mu_{uA} < \mu_{BC} \rightarrow$ Section partiellement comprimée

$\mu_{uA} < \mu_{tu} \rightarrow$ Pas besoin d'aciers comprimés

Paramètre de déformation

$$a_{uA} = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{uA}}) = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,072}) = 0,093$$

Bras de levier :

$$z_{uA} = d(1 - 0,4a_{uA}) = 0,18 \times (1 - 0,4 \times 0,093) = 0,17 \text{ m}$$

$$A = \frac{M_{uA}}{z_{uA} \times \sigma_s} = \frac{33.18.10^{-3}}{0,17 \times 347,83} = 5,61 \text{ cm}^2$$

Section théorique d'acier :

$$A_u = A - \frac{Nu}{\sigma_s} = 5.61.10^{-4} - \frac{129.59.10^{-3}}{347,83} = 1.89 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité (CNF) de la section :

$$A_{min} = \frac{0,23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = \frac{0,23 \times 1 \times 0,18 \times 2,1}{400} = 2,17 \text{ cm}^2$$

$A_u < A_{min} \rightarrow$ nous considérons la valeur de $A_{min} = 2,17 \text{ cm}^2$

Choix des aciers : HA 8 Avec espacement de 11 cm.

Ferrailage du dalot type 150×100

RECAPITULATIF DES FERRAILLAGES		
TABLIER	Inférieur	HA10, esp =11 cm
	Supérieur	HA10, esp = 11 cm
	Transversal	HA8, esp = 17 cm
	Appui	HA12, esp = 11cm
PIEDROITS	Intérieur	HA8, esp =11 cm
	Extérieur	HA8, esp = 11 cm

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

	Transversal	HA8, esp = 17 cm
RADIER	Inférieur	HA10 esp =11 cm
	Supérieur	HA10, esp = 11 cm
	Transversal	HA8, esp = 17 cm
	Appui	HA12, esp = 11 cm

Annexe 13: plan de ferrailage type des dalots

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

Annexe 14: Devis quantitatif et estimatif du projet

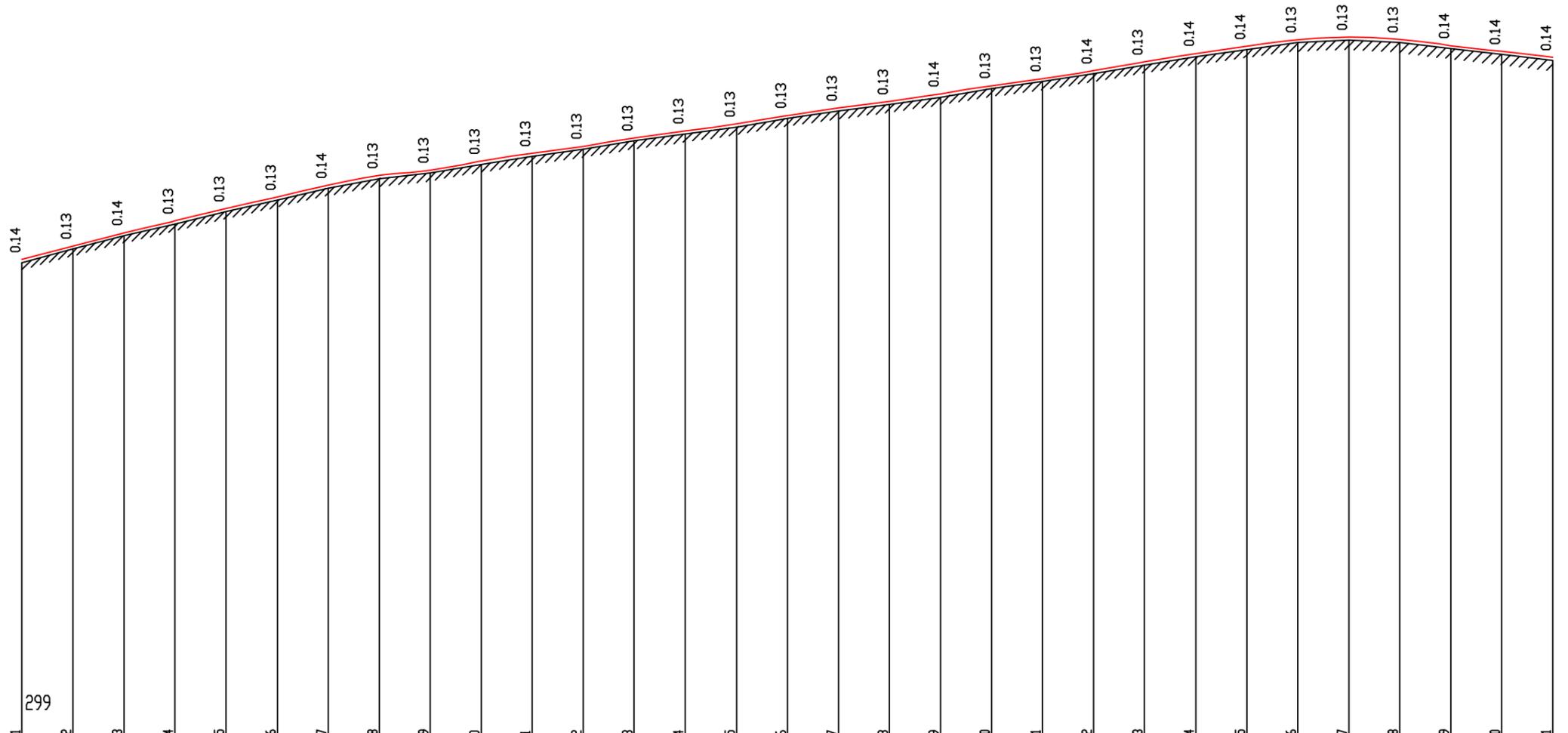
Numéro	Désignation des travaux	Unités	Quantité	Prix unitaire FCFA HTVA	Montant Total FCFA HTVA
000	Section: Installation de chantier				
001	Installation de chantier de l'entreprise	Fft	1,00	200 000 000	200 000 000,00
002	Amené et repli matériel	Fft	1,00	75 000 000	75 000 000,00
	Sous-total Section 000: Installation de chantier				275 000 000,00
100	Section : Travaux préparatoires				
	abattage d'abres	u		45 000	
101	Débroussaillage mécanique et dégagement de l'emprise	m ²	61 200,00	200	12 240 000
102	Décapage (10 -20 cm)	m ²	40 800,00	300	12 240 000
	Sous-total Section 100: Travaux préparatoires				24 480 000
200	Section : Terrassements/Elargissement				
201	Déblai mis en dépôt	m ³	220,00	4 500	990 000
202	Mise en forme et compactage de l'arase des terrassements	m ²	28 030,00	150	4 204 500
	Sous total Section 200: Terrassements/Elargissement				5 194 500
300	Section : Chaussée/Revetement				
301	Latérite pour couche de forme 30 cm	m ³	3 672,00	6 000	22 032 000
302	Latérite pour 20 cm de couche de fondation	m ³	3 168,00	6 500	20 592 000
303	Recyclage de la couche de fondation 20 cm	m ³	21 528,00	1 200	25 833 600
304	ciment pour amélioration de la couche de fondation à 3% ,	t	11 625,00	90 000	1 046 250 000
305	Mise en œuvre de la couche de fondation	m ³	21 528,00	2 500	53 820 000
306	Impregnation	t	118,40	500 000	59 202 000
307	Fourniture et mise en œuvre de Grave bitume pour couche de	m ³	8 611,20	110 000	947 232 000
308	Couche d'accrochage	t	118,40	500 000	59 200 000
309	Fourniture et mise en oeuvre de béton bitumineux sur 5 cm d'épaisseur pour couche de roulement chaussée	m ³	3 752,00	150 000	562 800 000
	Sous total Section 300 : Chaussée/revetement				2 796 961 600

Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200

400	Section : Assainissement - Drainage				
401	Fouilles pour caniveau	m ³	1847,28	4 500	8 312 760
402	Béton dosé à 350 kg/m ³ pour caniveaux	m ³	811,104	130 000	105 443 520
403	Acier pour caniveaux	Kg	97332	1 200	116 798 400
404	Béton de propreté dosé à 150 Kg/m ³	m ³	225,84	90 000	20 325 600
405	Béton dosé à 350 Kg/m ³ pour dalletes	m ³	14,40	130 000	1 872 000
406	Acier pour ferrailage dalletes	Kg	1 152,00	1 200	1 382 400
Sous total Section 400 : Assainissement-Drainage					254 134 680,00
500	Section: ouvrages d'art				
501	Destruction des tetes d'ouvrages	u	2,00		-
502	Prolongement dalot 1 x 6,5 x 3	u	1,00		-
503	Fouilles pour dalots	m ³	247,52	4 500	1 113 840
504	Béton dosé à 350 Kg/m ³ pour dalots	m ³	61,82	140 000	8 654 800
505	Béton de propreté dosé à 150 Kg/m ³	m ³	8,47	90 000	762 300
506	Acier pour ferrailage dalots	Kg	6 855,40	1 200	8 226 480
507	Fourniture et mise en place de perrés pour dalots	m ²	49,00	25 000	1 225 000
Sous total Section 500 : Ouvrages d'art					19 982 420,00
600	Section: Signalisation/Sécurité				
601	Marquage pour ligne T2	ml	5 828,57	2 200	12 822 854
602	Marquage T'2	ml	82,00	1 500	123 000
603	Marquage pour ligne T1	ml	1 020,00	1 500	1 530 000
604	Panneaux de signalisation	u	43,00	150 000	6 450 000
605	Balises de sécurité	u	28,00	35 000	980 000
606	Ralentisseurs type dos d'ane	u	2,00	1 500 000	3 000 000
607	Glissière de sécurité GS4	ml	80,00	50 000	4 000 000
Sous total Section 600 : Signalisation sécurité					28 905 854,00
700	Section: Mesures environnementales				
701	Mesures environnementales et sociale	Fft		426 700 000	426 700 000
Sous total Section 700 : Mesures environnementales					426 700 000,00
TOTAL HIVA					3 831 359 054
TVA A 18%					689 644 630
TOTAL TTC					4 521 003 684

FICHIER.PIS

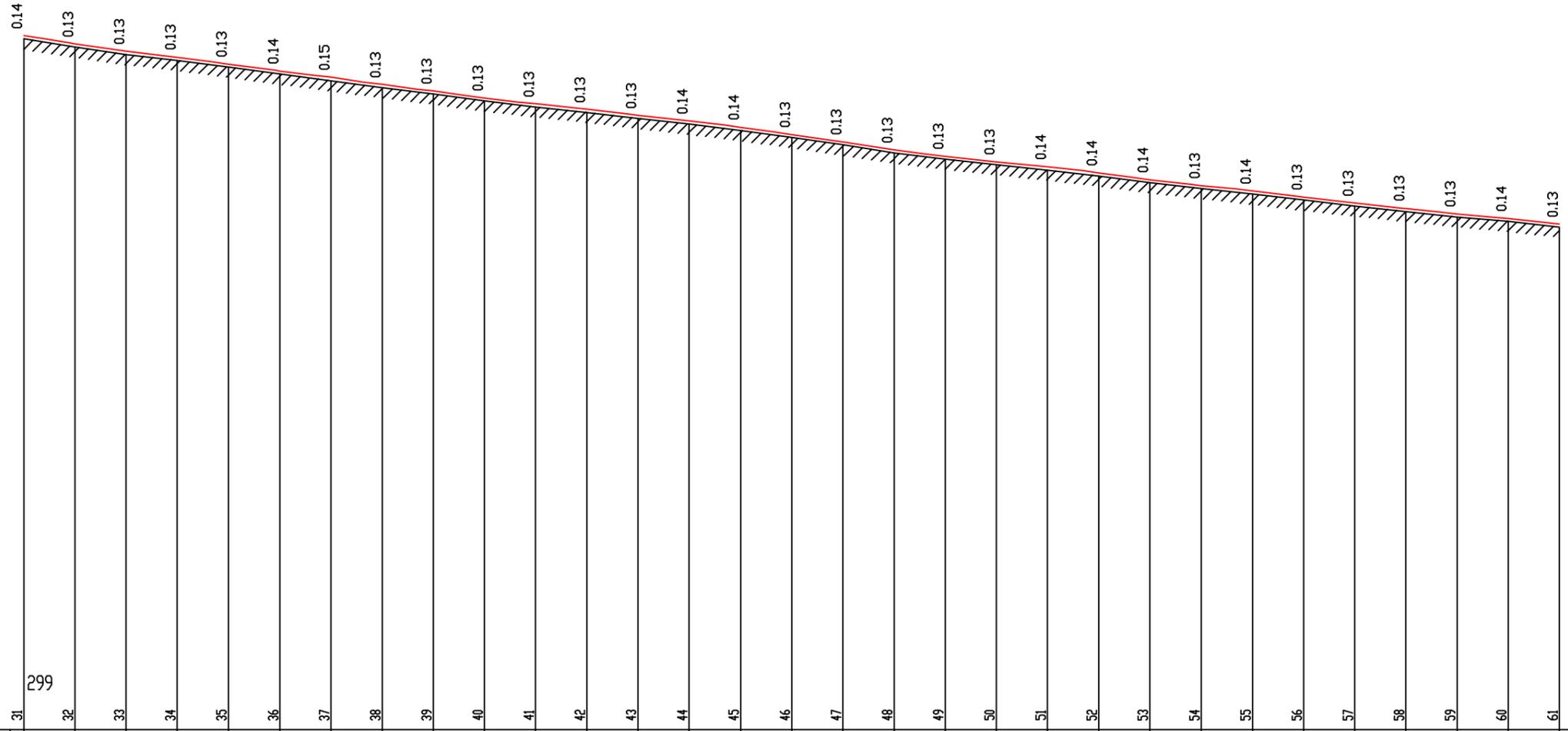
PLANCHE 1/ 8
 ECHELLE EN S 1/ 4500
 ECHELLE EN Z 1/ 200
 PLAN DE COMPARAISON



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
COTES TERRAIN	320.18	320.78	321.36	321.87	322.41	322.91	323.43	323.85	324.08	324.47	324.81	325.12	325.48	325.78	325.91	326.09	326.46	326.79	326.99	327.07	327.39	327.76	328.06	328.40	328.79	328.87	329.15	329.46	329.76	329.86	329.77	329.50	329.24	329.09	328.98
DISTANCES PARTIELLES		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
DISTANCES CUMULEES	0.00	50.00	100.00	150.00	200.00	250.00	300.00	350.00	400.00	450.00	500.00	550.00	600.00	650.00	670.35	700.00	750.00	800.00	836.18	850.00	900.00	950.00	1000.00	1050.00	1100.00	1111.12	1150.00	1200.00	1250.00	1300.00	1350.00	1400.00	1450.00	1478.43	1500.00
COTES PROJET	320.32	320.91	321.50	322.00	322.54	323.04	323.56	323.98	324.21	324.60	324.95	325.25	325.61	325.92	326.03	326.22	326.60	326.92	327.12	327.20	327.53	327.89	328.19	328.54	328.92	329.01	329.29	329.60	329.89	330.00	329.90	329.63	329.38	329.24	329.12
DECLIVITES PROJET		1.19%	1.17%	1.01%	1.09%	0.99%	1.05%	0.84%	0.45%	0.79%	0.69%	0.61%	0.72%	0.61%	0.61%	0.75%	0.64%	0.58%	0.65%	0.72%	0.6%	0.7%	0.77%	0.74%	0.61%	0.59%	0.21%	-0.2%	-0.5%	-0.5%	-0.5%				
ALIGNEMENTS ET COURBES	$\Delta=13.660$ $L=670.355$													$R=3690$ $L=165.83$			$\Delta=16.234$ $L=274.939$				$R=991$ $L=367.309$														

FICHIER.PIS

PLANCHE 2/ 8
 ECHELLE EN S 1/ 4500
 ECHELLE EN Z 1/ 200
 PLAN DE COMPARAISON



	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
COTES TERRAIN	328.98	328.63	328.31	328.06	327.76	327.46	327.17	326.87	326.59	326.28	326.03	325.79	325.53	325.28	325.02	324.71	324.38	324.03	323.76	323.52	323.29	323.03	322.74	322.48	322.24	321.98	321.72	321.50	321.26	321.06	320.81
DISTANCES PARTIELLES		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
DISTANCES CUMULEES	1500.00	1550.00	1600.00	1650.00	1700.00	1750.00	1800.00	1850.00	1900.00	1950.00	2000.00	2050.00	2100.00	2150.00	2200.00	2250.00	2300.00	2350.00	2400.00	2450.00	2500.00	2550.00	2600.00	2650.00	2700.00	2750.00	2800.00	2850.00	2900.00	2950.00	3000.00
COTES PROJET	329.12	328.76	328.44	328.19	327.89	327.59	327.32	327.00	326.72	326.41	326.16	325.92	325.67	325.42	325.15	324.84	324.51	324.16	323.89	323.65	323.43	323.18	322.87	322.61	322.38	322.11	321.86	321.63	321.39	321.19	320.95
DECLIVITES PROJET		-0.7%	-0.6%	-0.5%	-0.6%	-0.6%	-0.6%	-0.6%	-0.6%	-0.6%	-0.5%	-0.5%	-0.5%	-0.5%	-0.5%	-0.6%	-0.7%	-0.7%	-0.5%	-0.5%	-0.4%	-0.5%	-0.6%	-0.5%	-0.5%	-0.5%	-0.5%	-0.5%	-0.5%	-0.4%	-0.5%
ALIGNEMENTS ET COURBES	R=354.998 L=1336.703																										R=1500 L=163.297				

PLANCHE 3/ 8
 ECHELLE EN S 1/ 4500
 ECHELLE EN Z 1/ 200
 PLAN DE COMPARAISON

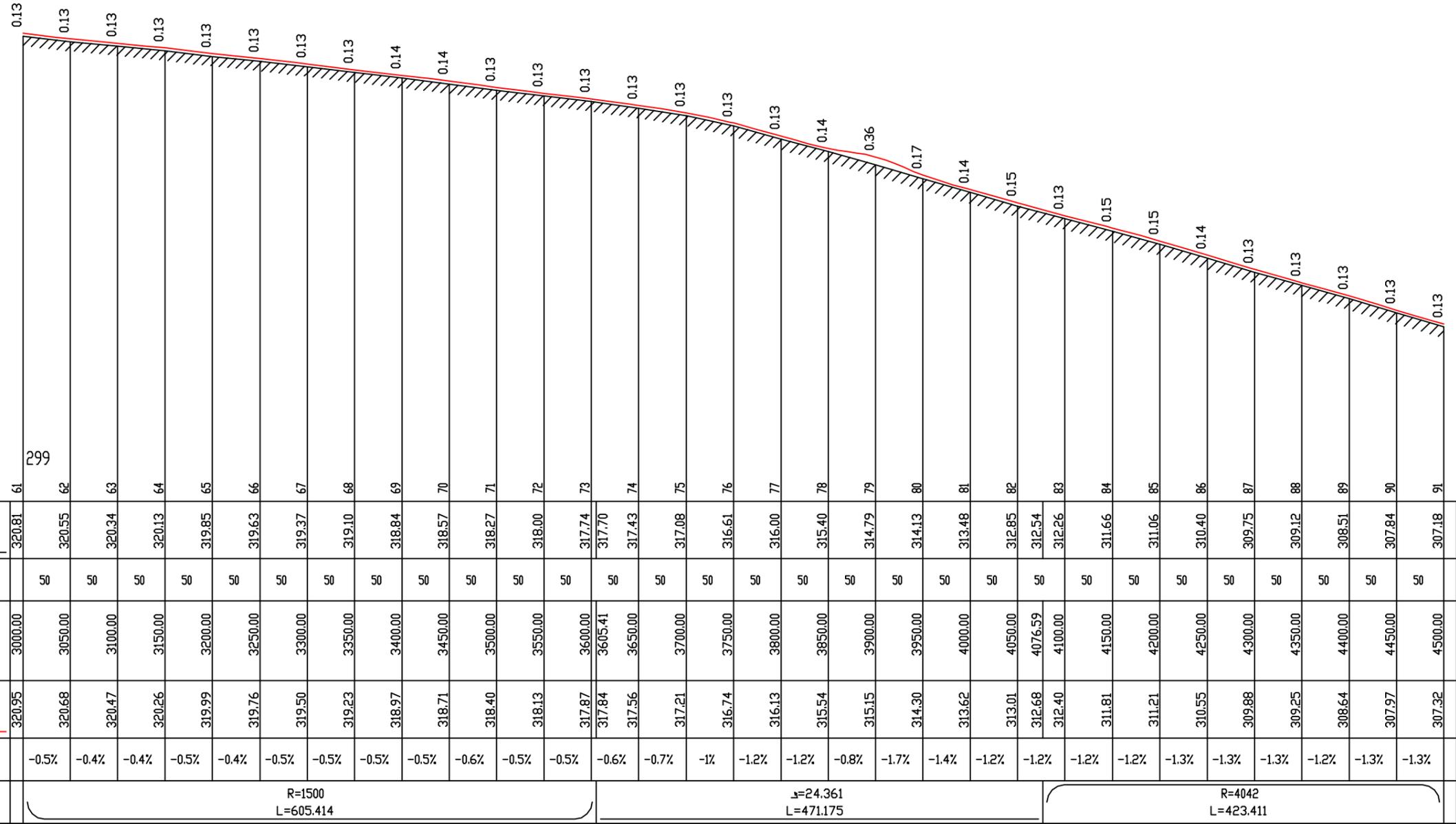
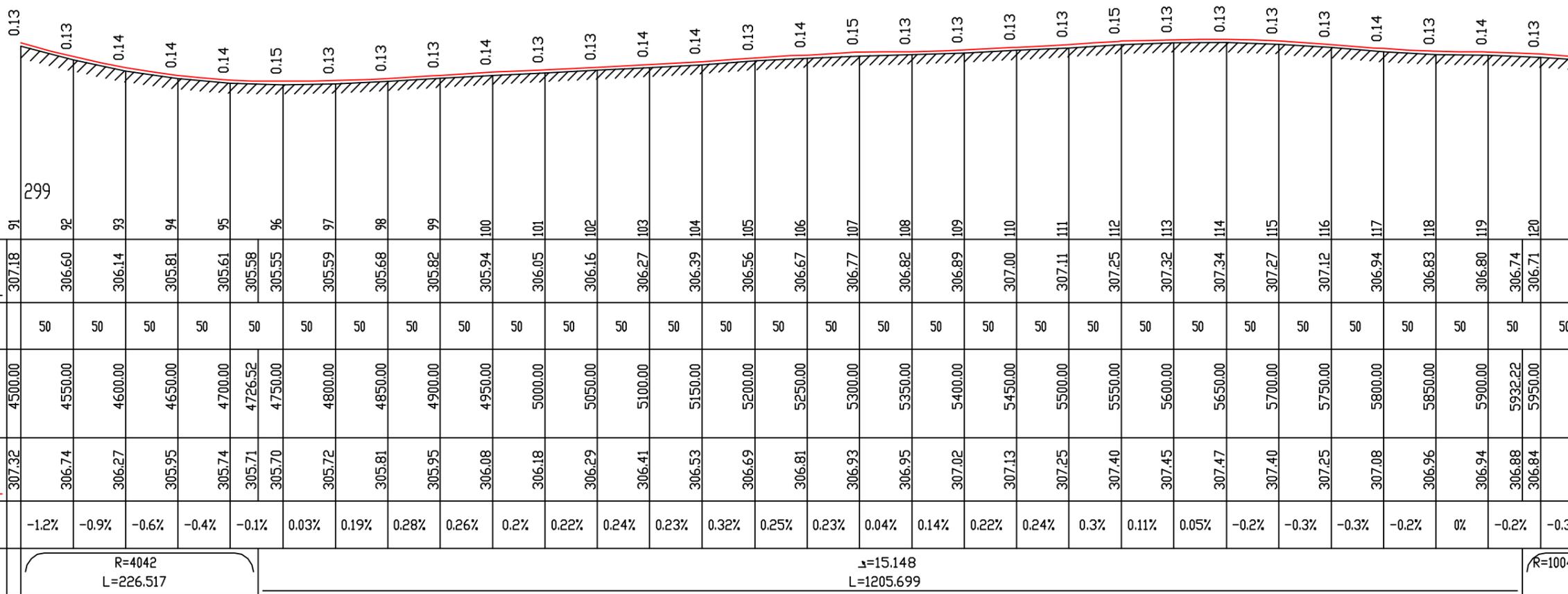


PLANCHE 4/ 8
 ECHELLE EN S 1/ 4500
 ECHELLE EN Z 1/ 200
 PLAN DE COMPARAISON

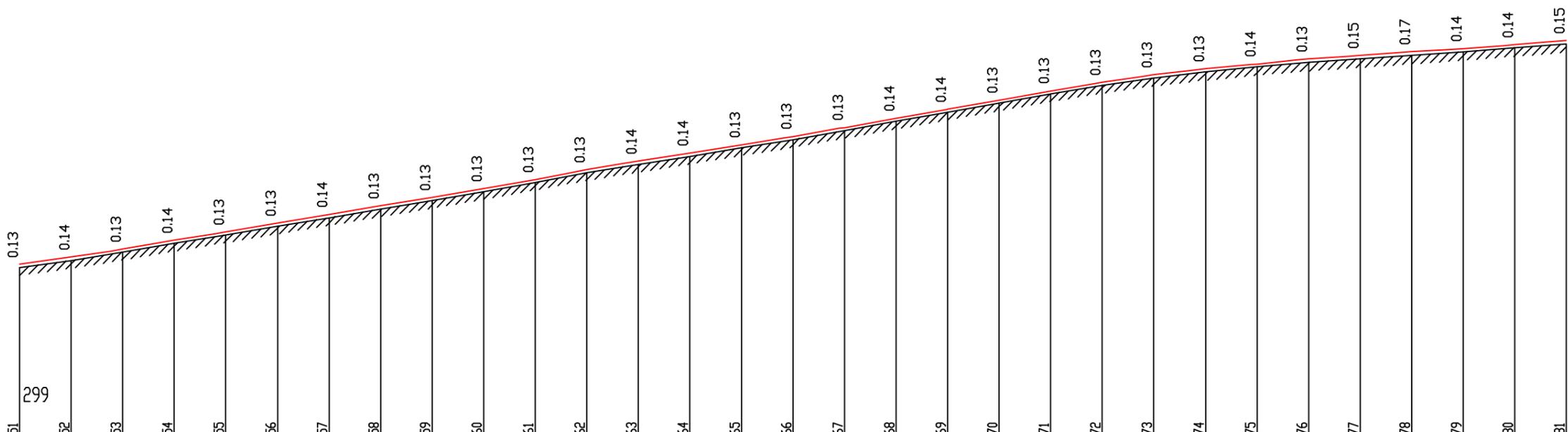


FICHIER.PIS

PLANCHE 5/ 8
 ECHELLE EN S 1/ 4500
 ECHELLE EN Z 1/ 200
 PLAN DE COMPARAISON

	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	
COTES TERRAIN	306.57	306.46	306.24	306.05	305.92	305.76	305.57	305.33	305.16	305.01	304.85	304.66	304.49	304.33	304.15	304.02	303.86	303.72	303.59	303.52	303.38	303.44	303.70	304.03	304.41	304.81	305.19	305.57	305.63	305.90	306.20	306.51
DISTANCES PARTIELLES		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
DISTANCES CUMULEES	6000.00	6050.00	6100.00	6150.00	6200.00	6250.00	6300.00	6350.00	6400.00	6450.00	6500.00	6550.00	6600.00	6650.00	6700.00	6750.00	6800.00	6850.00	6900.00	6950.00	7000.00	7050.00	7100.00	7150.00	7200.00	7250.00	7300.00	7350.00	7359.58	7400.00	7450.00	7500.00
COTES PROJET	306.70	306.60	306.38	306.18	306.05	305.90	305.70	305.47	305.30	305.14	304.99	304.79	304.62	304.46	304.31	304.15	304.00	303.86	303.72	303.65	303.51	303.57	303.86	304.18	304.54	304.94	305.32	305.70	305.77	306.04	306.33	306.64
DECLIVITES PROJET		-0.2%	-0.4%	-0.4%	-0.3%	-0.3%	-0.4%	-0.5%	-0.3%	-0.3%	-0.3%	-0.4%	-0.3%	-0.3%	-0.3%	-0.3%	-0.3%	-0.3%	-0.3%	-0.2%	-0.3%	0.13%	0.58%	0.62%	0.74%	0.79%	0.76%	0.76%	0.68%	0.58%	0.62%	
ALIGNEMENTS ET COURBES	R=1004 L=351.62							Δ=351.213 L=986.027														U Δ=351.269 L=140.419										

PLANCHE 6/ 8
 ECHELLE EN S 1/ 4500
 ECHELLE EN Z 1/ 200
 PLAN DE COMPARAISON



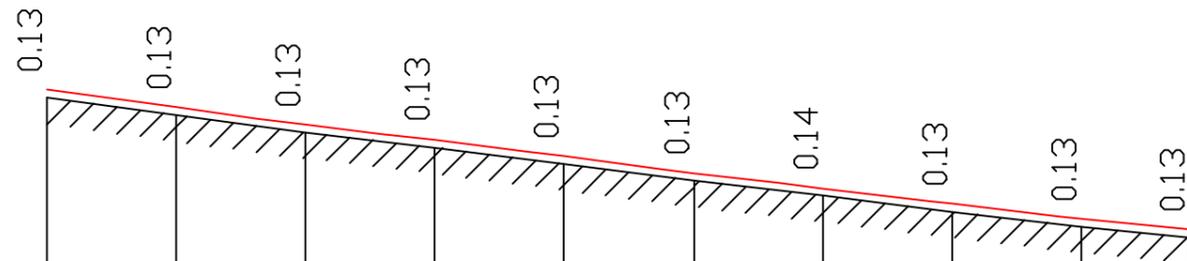
COTES TERRAIN	306.51	306.81	307.17	307.54	307.91	308.29	308.66	309.02	309.39	309.77	310.17	310.58	310.95	311.29	311.66	312.02	312.40	312.80	313.18	313.38	313.58	313.98	314.35	314.67	314.93	315.14	315.34	315.49	315.64	315.80	315.96	316.14
DISTANCES PARTIELLES		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
DISTANCES CUMULEES	7500.00	7550.00	7600.00	7650.00	7700.00	7750.00	7800.00	7850.00	7900.00	7950.00	8000.00	8050.00	8100.00	8150.00	8200.00	8250.00	8300.00	8350.00	8400.00	8425.04	8450.00	8500.00	8550.00	8600.00	8650.00	8700.00	8750.00	8800.00	8850.00	8900.00	8950.00	9000.00
COTES PROJET	306.64	306.96	307.30	307.68	308.04	308.42	308.79	309.16	309.52	309.90	310.30	310.72	311.08	311.43	311.79	312.15	312.53	312.93	313.32	313.51	313.71	314.11	314.48	314.80	315.06	315.28	315.48	315.64	315.80	315.93	316.10	316.28
DECLIVITES PROJET		0.63%	0.68%	0.77%	0.73%	0.76%	0.74%	0.73%	0.73%	0.76%	0.79%	0.84%	0.74%	0.7%	0.72%	0.71%	0.78%	0.8%	0.77%	0.79%	0.79%	0.75%	0.64%	0.51%	0.43%	0.41%	0.33%	0.32%	0.26%	0.33%	0.36%	
ALIGNEMENTS ET COURBES	$\Delta=351.269$ $L=925.044$																		$R=4010$ $L=371.87$						$\Delta=345.956$ $L=203.086$							

FICHIER.PIS

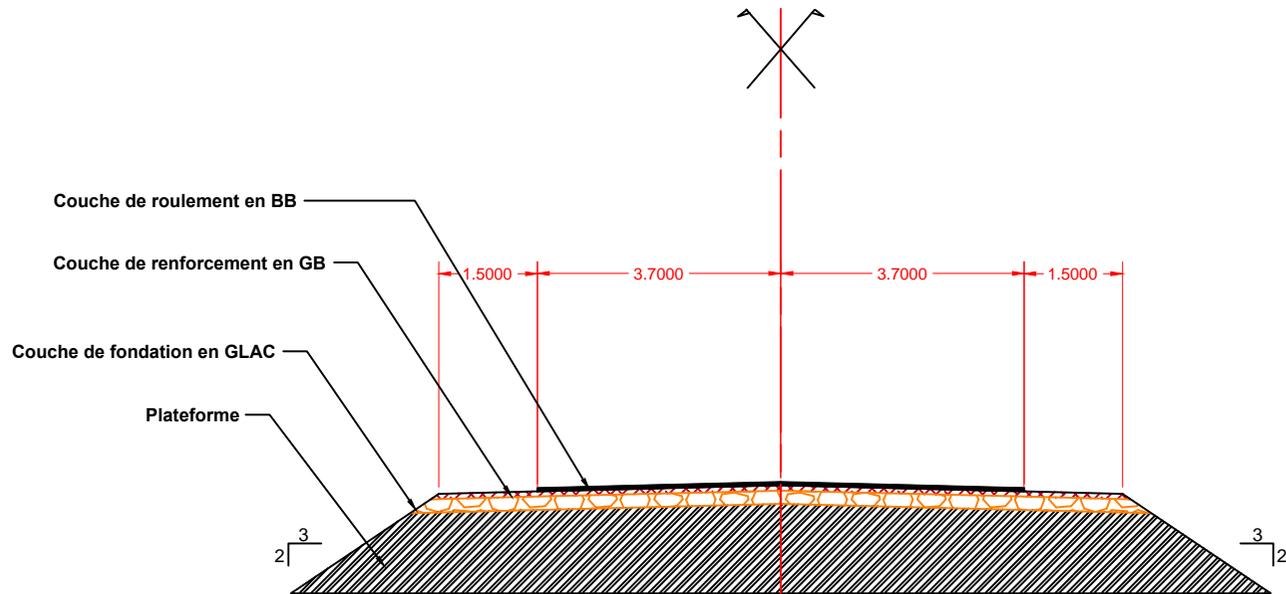
FICHER.PIS

PLANCHE 8/ 8
 ECHELLE EN S 1/ 4500
 ECHELLE EN Z 1/ 200
 PLAN DE COMPARAISON

		211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
COTES TERRAIN		309.57	309.27 309.17	308.97	308.72	308.43	308.14	307.88	307.61	307.35	307.17
DISTANCES PARTIELLES			50	50	50	50	50	50	50	50	41.8
DISTANCES CUMULEES		10500.00	10550.00 10566.25	10600.00	10650.00	10700.00	10750.00	10800.00	10850.00	10900.00	10941.82
COTES PROJET		309.70	309.40 309.30	309.10	308.85	308.56	308.27	308.02	307.74	307.48	307.30
DECLIVITES PROJET			-0.6% -0.6%	-0.5%	-0.6%	-0.6%	-0.5%	-0.5%	-0.5%	-0.5%	-0.4%
ALIGNEMENTS ET COURBES											

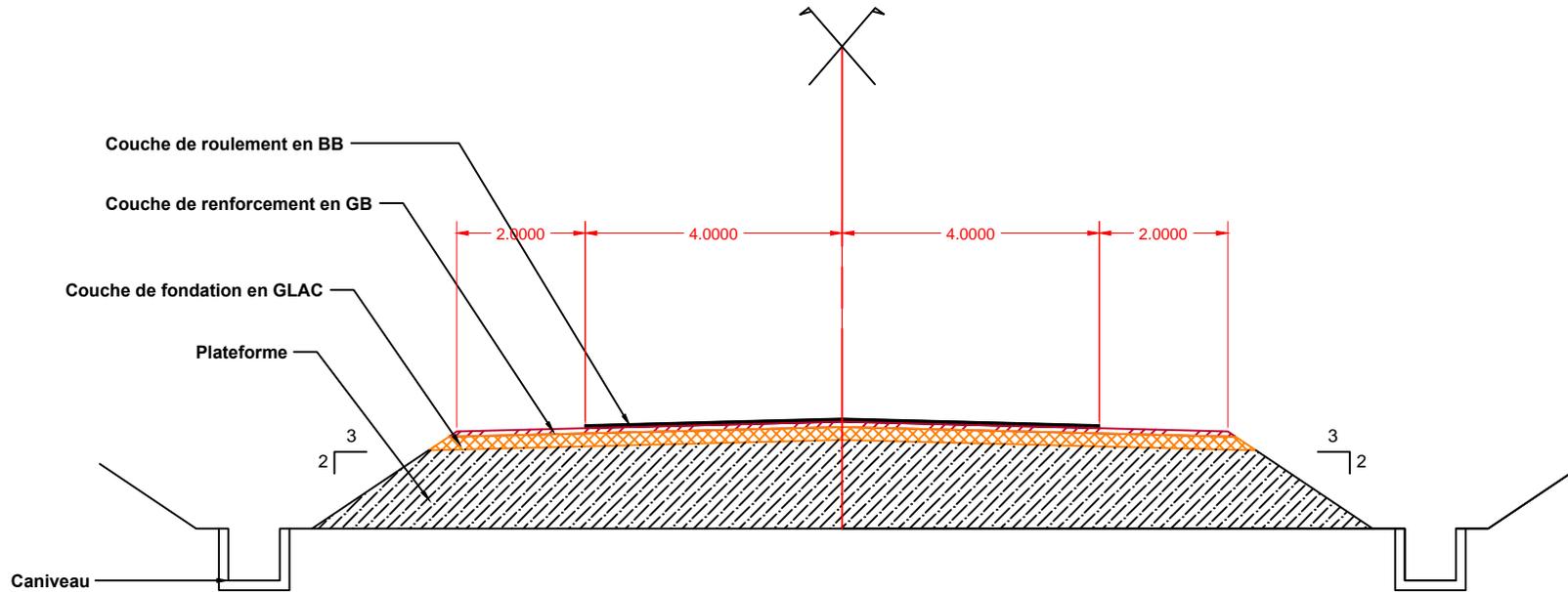


**Profil en travers type PT1 pour rase
campagne**

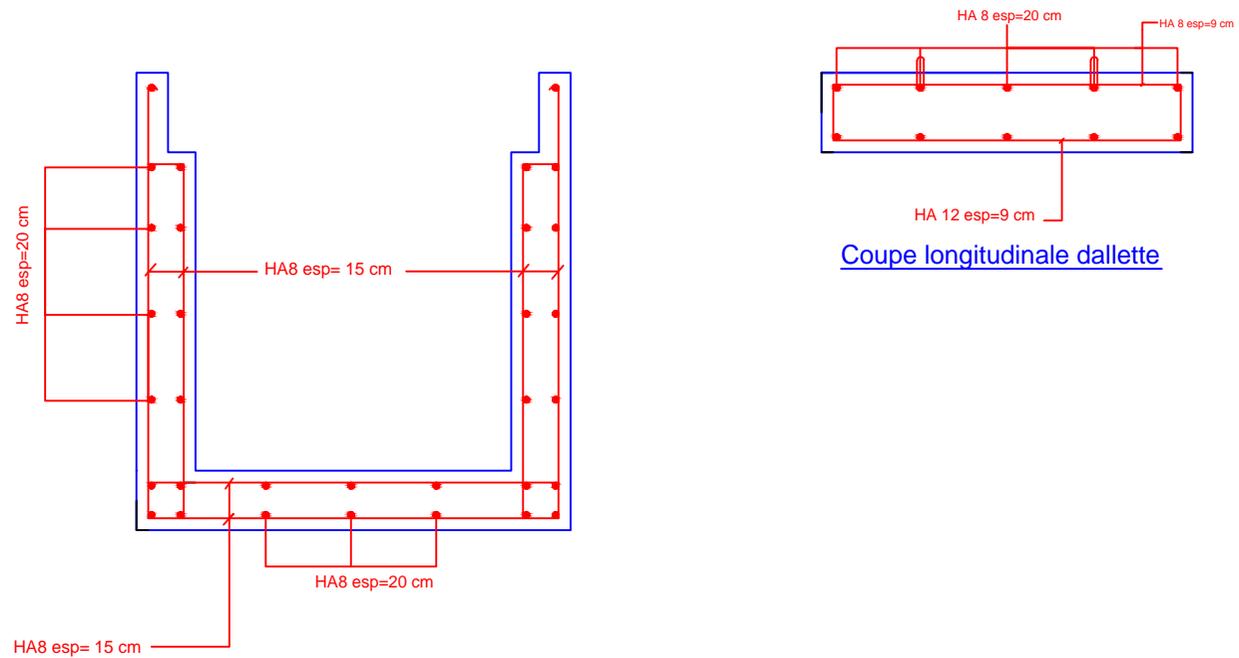


28/11/16	BURKINA FASO UNITE- PROGRES -JUSTICE	MODIFICATION	
Echelle:	OUEDRAOGO W.A Stéphane	Planche 1	28/11/16
	Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200	 <small>ASSOCIATED CONSULTING ENGINEERS</small>	

Profil en travers type PT2 pour agglomération



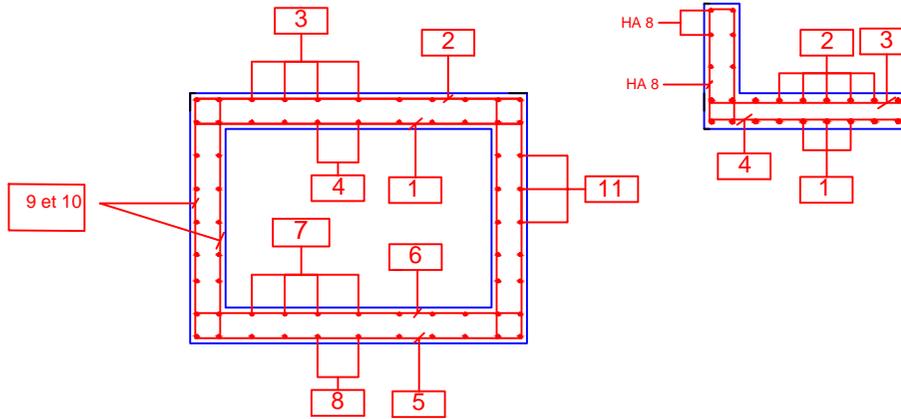
28/11/16	BURKINA FASO UNITE- PROGRES -JUSTICE	MODIFICATION	
Echelle:	OUEDRAOGO W.A Stéphane	Planche 2	28/11/16
	Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200	 <small>ASSOCIATED CONSULTING ENGINEERS</small>	



Ferrailage caniveau

28/11/16	BURKINA FASO UNITE- PROGRES -JUSTICE	MODIFICATION	
	OUEDRAOGO W.A Stéphane	Planche 3	28/11/16
	Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé du tronçon de la route nationale N04 (Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) : section PK55-PK65+200	 ASSOCIATED CONSULTING ENGINEERS	

Ferrailage type dalot



	Repère	ACIERS		NOMBRE			LONGUEUR			schéma	
		HA	par pièce	de pièces/ml	Par élément	total	développée	totale	total (kg)		
DALLE	1	12	1	9	10,2	92	252	231m	207		
	2	10	1	9	10,2	92	214	196m	122		
	3	8	1	6	1,5	9	1050	136,5m	54,4		
	4	8	1	6	1,5	9	1050	136,5m	54,4		
DALOT	RADIERS	5	10	1	9	10,2	92	252	231m	144	
		6	12	1	9	10,2	92	214	196m	176	
		7	8	1	6	1,5	9	1050	136,5m	54,4	
		8	8	1	6	1,5	9	1050	136,5m	54,4	
DALOT	PIEDROIT	9	8	1	9	10,2	92	179	164m	65,5	
		10	8	1	9	10,2	92	135	123,9m	49,4	
		11	8	2	6	1	12	1050	126,0m	50,2	

28/11/16

BURKINA FASO
UNITE- PROGRES -JUSTICE

MODIFICATION

OUEDRAOGO W.A Stéphane

Planche 4 28/11/16



**Actualisation des études techniques d'avant-projet détaillé
du tronçon de la route nationale N04
(Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma-Frontière du Niger) :
section PK55-PK65+200**

