



**ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE
RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A,
NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-
FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180**

**MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER EN INGENIERIE
DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : ROUTE ET OUVRAGES D'ART**

Présenté et soutenu publiquement le [Date] par :

Jeancia Exaucée WONGA BAREBILONGO

Travaux encadrés par :

- **M. Moussa LO**, Enseignant, Département Génie Civil et Hydraulique /2iE
- **M. Alban DADJO**, Directeur de département aménagement hydraulique et environnement/ACE

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. **Abdou LAWANE**

Membres et correcteurs : **M. Arnaud OUEDRAOGO, Mme. Marie Thérèse MBENGUE**

*ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA
ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA
N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180*

Promotion [2015/2016]

DEDICACE

Ce mémoire fut le fruit de cinq (5) années de travail abattu rempli de frustration et d'émotions, avec le soutien moral de personnes proches, pour lesquelles, je dédie ce précieux document à :

Ma sœur qui est la personne qui a toujours été de mon côté et pour son dévouement sans faille et sans limite

Mes parents pour les sacrifices et les soutien multiformes à mon égard qu'ils y trouvent une fierté

Mon oncle sans qui je n'aurai obtenu ce stage

Tous ceux et celles qui ont de l'affection et considération à mon égard.

REMERCIEMENT

Avant tout, je remercie le tout puissant DIEU qui m'accordé la santé et la force pour effectuer ce travail.

Je tiens à témoigner ma gratitude à tous les acteurs qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire. Mes remerciements vont tout particulièrement à :

- **Mr Ousmane TIENDREBEOGO**, Directeur Général de ACE Ingénieurs conseils pour avoir accepté de m'accueillir au sein de sa structure ;
- À **Mr Mathieu OUEDRAOGO**, Ingénieur Génie Civil, Directeur du département Bâtiment et ouvrage d'art d'ACE Ingénieurs conseils ;
- Je remercie vivement mon encadreur à ACE **Mr Alban DADJO**, Ingénieurs Génie Civil, Directeur du département Aménagement Hydraulique et environnement à ACE, Ingénieurs conseils pour ses encadrements sans faille ;
- À **Mr Moussa LO**, mon encadreur interne a 2iE pour sa disponibilité et ses conseils avisés.
- Merci à tous mes amis et promotionnaires qui m'ont accompagné et soutenu dans cette quête de la connaissance et de l'apprentissage de la vie sociale en particulier à **SAROUKOU Hanzim, NDONGO ATANGANA Gilles, DJIBO Aicha, PENDOUE Laetitia, YERIMA Moctar, AMOUZOU Patrick, BAHIMA Philémon, BEUGRÉ Alex, TAPSOBA Brice, ...**
- À tous ceux ou toutes celles qui d'une manière ou d'une autre ont contribué à la réalisation de ce rapport de trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

RESUME

Cette étude intitulée : « actualisation des études de réhabilitation et de renforcement de la route communautaire Cu2a, national 4, Koupéla-Goughin-Fada N’Gourma-frontière du Niger du pk170 au pk180 », porte sur le renforcement d’un tronçon de 10km de la route nationale n°4. L’objectif de cette étude est de réhabiliter la route en vue de supporter le trafic projeté, d’améliorer l’état du réseau routier en milieu rural, de lutter efficacement contre la pauvreté dans cette zone tout en répondant aux normes en vigueur. Une présentation brève du milieu et des objectifs du projet a été faite ; des études géométriques ont été menées pour ressortir les différents profils (profil en long, axe en plan, profil en travers...) en modélisant avec le logiciel Piste+ version 5.05 à travers les données topographiques.

La détermination des différentes épaisseurs de chaussée faite suite à l’analyse des données géotechniques et à l’utilisation des abaques du CEBTP a permis de déterminer les différentes couches de renforcement de la chaussée : La couche de roulement mesurant 5 cm en béton bitumineux sur une couche de 8 cm de grave bitume, la couche de base à une épaisseur de 20 cm en graveleux latéritique amélioré au ciment entre 2,5% et 3%.

Pour assainir la chaussée, une étude hydrologique suivie d’une étude hydraulique a été menée afin de déterminer les sections de caniveau retenue et de dimensionner les ouvrages de franchissement à remplacer.

Une évaluation de l’impact environnemental sur le milieu a été abordée, des mesures d’atténuation sont proposées suivant la nature de l’impact identifié. Il a été établi un devis estimatif et quantitatif du projet qui s’élève environ à *quatre milliard cinq soixante-dix mille cent quatre-vingt-huit mille cinquante-six* **4.570.188.056**.

MOTS CLÉS

Trafic

Chaussée

Renforcement

Dalot

Assainissement

ABSTRACT

This study, entitled "Updating studies on the upgrade of the Cu2 National community road number 4, on the following path: Koupéla-Goughin-Fada N'Gourma-Niger border from pk170 to pk180", concerns the upgrade of a section of 10 km of National Road No. 4. The goal of this study is to upgrade the Cu2aa road in order to support the projected traffic and improve the condition of the road network in rural areas in order to efficiently combat poverty the area while meeting the road standards. A brief presentation of the environment and objectives of the project was made; Geometric studies were carried out to get the different profiles (profile in length, axis in plan, cross section ...) modeling with the software Piste + version 5.05 from the survey data.

The determination of the different road thicknesses following the analysis of the geotechnical data and the use of CEBTP chart made it possible to determine the various reinforcement layers of the road: The rolling layer measuring 5 cm of bituminous concrete on a Layer of 8 cm of gravel bitumen, the base layer to having a thickness of 20 cm in lateritic gravel improved with cement in the proportion ranged between 2.5% and 3%.

For the sake of drainage, a hydrological study followed by a hydraulic study was carried out to determine the gutter sections and to size the crossing structures to be replaced. An environmental impact assessment has been addressed, mitigation measures are proposed depending on the nature of the identified impact. An estimate and quantitative estimate of the project has been drawn up which rises up to *four billion five seventy thousand one hundred eighty-eight thousand fifty-six* **4.570.188.056**.

KEYWORD

Traffic

roadway

Enhancement

Culvert

Cleaning

LISTE DES ABBREVIATIONS

BAEL : Béton Armé aux États Limites ;

BB : Béton Bitumineux ;

BV : Bassin Versant ;

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

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

CIEH : Comité Inter État d'études Hydrauliques

ELS : État Limite de Service ;

ELU : État Limite Ultime ;

HA : haute adhérence ;

HT: Hors taxes;

Km: kilomètre;

Kr10 : Coefficient de Ruissellement Décennal (%) ;

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées ;

LNBTP : Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics ;

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

P_{an} : Pluie Annuelle Moyenne (mm) ;

PK : Point Kilométrique ;

RN : Route Nationale ;

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

TMJA : Trafic moyen journalier annuel

TTC : Tout Taxe Comprise ;

TVA : Taxe à la Valeur Ajoutée ;

TABLE DES MATIÈRES

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENT	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES ABBREVIATIONS	v
Table des matières.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES FIGURES.....	ix
INTRODUCTION.....	1
I. Objectif de l'étude	2
1. Objectif général	2
2. Objectif spécifique.....	2
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU PROJET ET METHODOLOGIE	3
I. Contexte général du projet.....	3
II. Justification et objectif du projet	3
III. Présentation de la zone d'étude	3
1. Climat et végétation.....	5
2. Sols	5
IV. Méthodologie et outils utilisés.....	6
CHAPITRE 2 : ETUDE GEOTECHNIQUE	7
I. Historique de la chaussée.....	7
II. Identification de la chaussée existante	8
III. Étude du trafic.....	8
1. Agressivité.....	8
2. Évolution du trafic	10
3. Méthode de calcul.....	12
IV. Auscultation de la chaussée	14
1. Relevé visuel	15
2. Déflexion	16
3. Méthode de renforcement.....	21
V. Dimensionnement de la chaussée	21
CHAPITRE 3 : ETUDE GEOMETRIQUE	24
I. Tracé en plan.....	24
II. Profil en long	24

*ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA
ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA
N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180*

III. Profil en travers.....	26
IV. Signalisation routière.....	27
1. Signalisation horizontale.....	27
2. Signalisation verticale.....	28
CHAPITRE 4 : ÉTUDE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE.....	30
I. Méthodologie de l'étude.....	30
II. Étude hydrologique.....	30
1. Paramètres physiques des bassins.....	30
2. Détermination des débits.....	31
3. Dimensionnement hydraulique des ouvrages.....	35
4. Dimensionnement structural des caniveaux.....	40
5. Dimensionnement structural des ouvrages de franchissement.....	41
CHAPITRE 5 : ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET ESTIMATION DES PRIX.....	47
I. Étude d'impact environnemental.....	47
1. État actuel de l'environnement de la zone de l'étude.....	48
2. Cadre législatif au Burkina Faso en matière d'environnement.....	48
3. Impacts générés par le projet.....	49
4. Mesures d'atténuation et de bonification.....	50
II. Estimation des prix.....	51
CONCLUSION ET RECOMMANDATION.....	52
Bibliographie.....	53
ANNEXES.....	54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: coefficient K pour les structures souples et bitumineuses	10
Tableau 2: Évolution du trafic.....	11
Tableau 3: valeur de r suivant le type de route.....	14
Tableau 4: classe de trafic	14
Tableau 5: solution suivant la qualité de la chaussée	15
Tableau 6: combinaison indice de fissuration et indice de déformation	16
Tableau 7: rapport qualité de la structure et les déflexion.....	19
Tableau 8: indice de qualité apparente	20
Tableau 9: caractéristique du profil en long et de l'axe en plan	25
Tableau 10: distance de visibilité suivant la vitesse	26
Tableau 11: caractéristique du profile en travers	26
Tableau 12: modulation des marques	28
Tableau 13: Qr10 suivant la méthode d'ORSTOM	33
Tableau 14: Équation de Qr10	34
Tableau 15: calcul des débits suivant la méthode du CIEH	34
Tableau 16: Qr10 suivant la méthode du CIEH	35
Tableau 17: dimensionnement hydraulique des caniveaux	36
Tableau 18: localisation des ouvrages.....	36
Tableau 19: liste des ouvrages	37
Tableau 20: calcul de la vitesse.....	39
Tableau 21: détermination des épaisseurs du dalot	40
Tableau 22: section d'acier des caniveaux.....	40
Tableau 23: sections d'acier des caniveaux couverts.....	41
Tableau 24: sections d'acier du dalot D3×2×1,5 obtenues manuellement.....	43
Tableau 25: dimensionnement avec CYPE	43
Tableau 26: estimation des prix.....	51

LISTE DES FIGURES

Figure 1: carte routière du Burkina Faso.....	4
Figure 2: zone d'étude	4
Figure 3: graphique de la variation du trafic.....	12
Figure 4: graphique des déflexion.....	18
Figure 5: pourcentage des classes de déflexion.....	20
Figure 6: choix de solution.....	21
Figure 7: résultats de la modélisation sur Alizée.....	23
Figure 8: modulation des marquage au sol.....	28

INTRODUCTION

La route est l'un des facteurs déterminants pour la croissance économique car l'accessibilité des villes est une des conditions fondamentales pour l'essor économique d'un pays. En effet un réseau routier permet de promouvoir les échanges d'une part entre les provinces du pays et d'autre part avec l'extérieur, de désenclaver les régions qui ont une potentialité importante en matière de production agricole ainsi que les zones minières, de favoriser le tourisme et de faciliter le transport des biens et des personnes pour contribuer à la lutte contre la pauvreté. C'est dans ce cadre que le Burkina Faso mise sur la réalisation, la réhabilitation et l'entretien des routes pour accroître son essor économique. Ainsi, l'état veut mettre en œuvre la réhabilitation de la route communautaire CU2a, la route nationale 4 sur le tronçon Koupéla-Fada N'Gourma-Kantchari-Frontière du Niger. Cette voie de communication devrait constituer un progrès décisif pour le développement de la sous-région.

La route a fait l'objet d'études qui ont été réalisées entre 2011 et 2012 par le Bureau d'étude TECHNI-CONSULT, sur le financement de l'Union Économique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA). Et le démarrage des travaux était prévu pour les différents tronçons : Koupéla-Gounghin, au deuxième trimestre 2016 ; Gounghin-Fada-frontière du Niger, courant 2017. Il y a eu des travaux qui ont porté sur l'actualisation des études menés par le bureau d'étude TECHNI-CONSULT et certains mémoires de fin d'étude notamment le mémoire de OUEDRAGO Stéphane

Le présent rapport porte sur la prise en compte des données principales (climatologiques et hydrologiques) du dossier d'études 2011-2012 réalisé par TECHNI-CONSULT qui ont abouti à de nouvelles études pour un meilleur dimensionnement de la route. Ce qui justifie le thème intitulé « **actualisation des études de réhabilitation et de renforcement de la route communautaire Cu2a, national n04 entre Koupéla-Gounghin- fada N'Gourma-frontière du Niger du pk170 au pk180** ».

Les résultats attendus à l'issue de ce rapport sont : la description des méthodes de dimensionnement de la chaussée, le dimensionnement des différents ouvrages d'assainissement ainsi que les différents plans, l'étude l'impact environnemental et le devis estimatif et quantitatif du projet. Pour se faire nous procéderons comme suit :

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

- Le premier chapitre présente le projet dans sa globalité ;
- Dans le deuxième chapitre nous traiterons les données géotechniques et effectuerons le dimensionnement de la chaussée ;
- Le chapitre 3 traitera de l'étude géométrique du tracé et de la signalisation routière ;
- Ensuite il sera question de présenter les résultats hydrauliques et hydrologiques dans le chapitre 4 ;
- En somme, le dernier chapitre traite de l'impact environnemental et de l'étude des prix ;

I. Objectif de l'étude

1. Objectif général

L'objectif global de cette étude est l'étude technique de réhabilitation et de renforcement de la route nationale n° 4 sur le tronçon de la route entre Fada N'Gourma et la frontière du Niger du pk170 au pk180.

2. Objectif spécifique

Pour atteindre cet objectif nous devons atteindre les objectifs spécifiques suivants

- ✓ Le dimensionnement géométrique et structural de la chaussée ;
- ✓ L'assainissement de la route ;
- ✓ L'étude d'impact environnementale et le devis estimatif du projet.

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU PROJET ET METHODOLOGIE

I. Contexte général du projet

Parmi les priorités figurant dans la stratégie de croissance accélérée et de développement durable (SCADD), le gouvernement du Burkina Faso considère comme étant de la plus haute priorité, le désenclavement des zones productives qui permet de mettre en valeur les ressources produites dans ces zones et d'accroître ainsi le revenu des populations rurales. Le gouvernement burkinabè a mis en œuvre une stratégie sectorielle des transports qui vise essentiellement à désenclaver le pays par l'amélioration des échanges nationaux et internationaux.

II. Justification et objectif du projet

Le présent projet porte sur une revue des études qui ont été menées entre 2010 et 2011 en vue de la réhabilitation et du renforcement du tronçon de la route nationale n°4 entre Koupéla-Gounghin-Fada N'gourma- Frontière du Niger, d'un linéaire de 252 kilomètres. Ce rapport se consacre essentiellement à l'étude du tronçon de la route entre Fada N'Gourma et la frontière du Niger allant du pk170 au pk180 à savoir dix kilomètre de route. L'objectif principal du projet est le renforcement de la chaussée actuelle en vue de supporter le trafic à venir. Outre l'élargissement et le renforcement de la chaussée existante, nous allons passer en revue les différents ouvrages de franchissement qui sont pour la plupart des dalots et ensuite procéder à l'aménagement de la route

III. Présentation de la zone d'étude

La route CU2a, Dakar-Kaolack-Tambacounda-Kidira-Kayes-Diéma-Bamako-Sikasso-Bobo Dioulasso-Ouagadougou-Niamey-Zinder-N'guiguimi Frontière Tchad est une route communautaire longue de 4158 Km, dont la traversée au Burkina est la route national n°4, plus précisément notre section d'étude Ouagadougou-Koupéla-Fada N'Gourma-Piéga-Frontière Niger qui a un linéaire de 252 km.

Le tronçon de la route concerné par notre étude est le pk170-pk180. Elle se trouve dans la région de l'Est du Burkina plus précisément dans la province de Gourma. 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

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

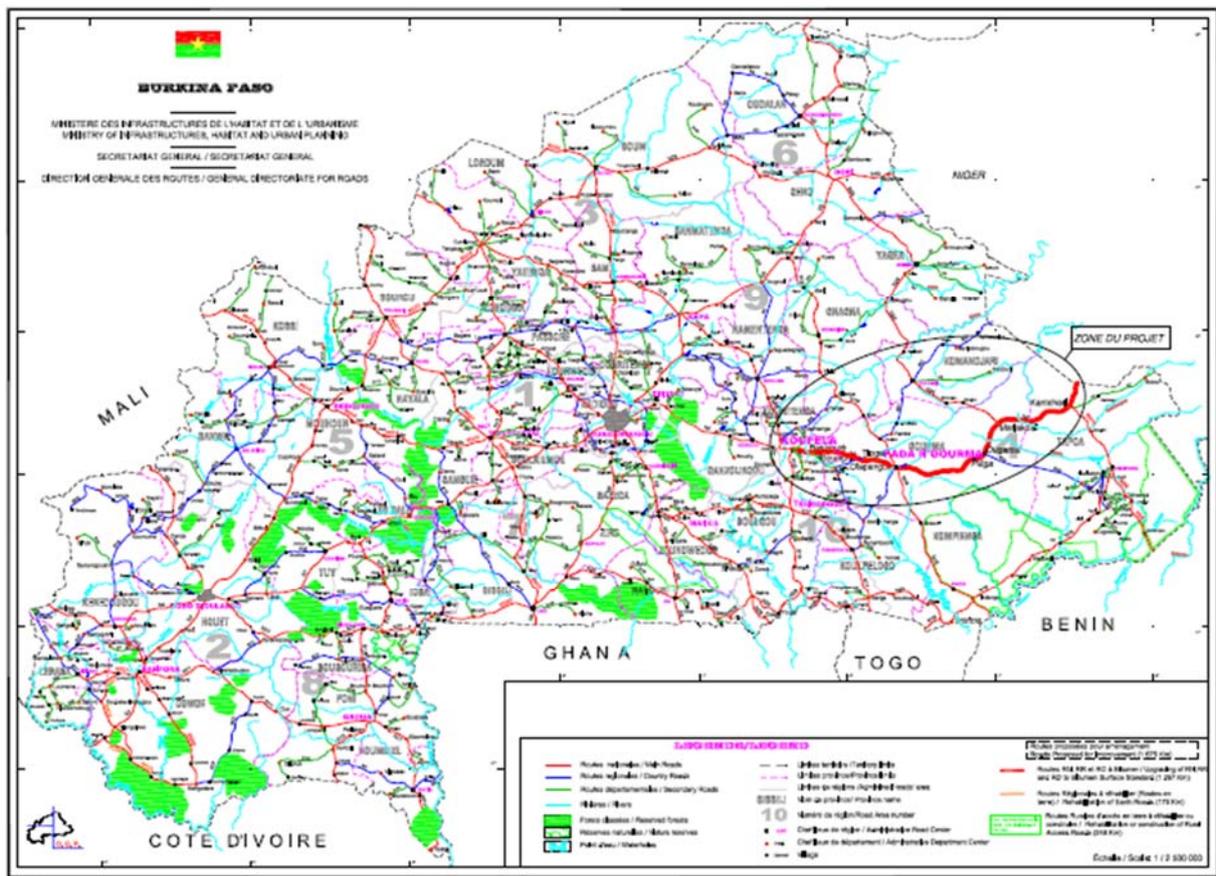


Figure 1: carte routière du Burkina Faso

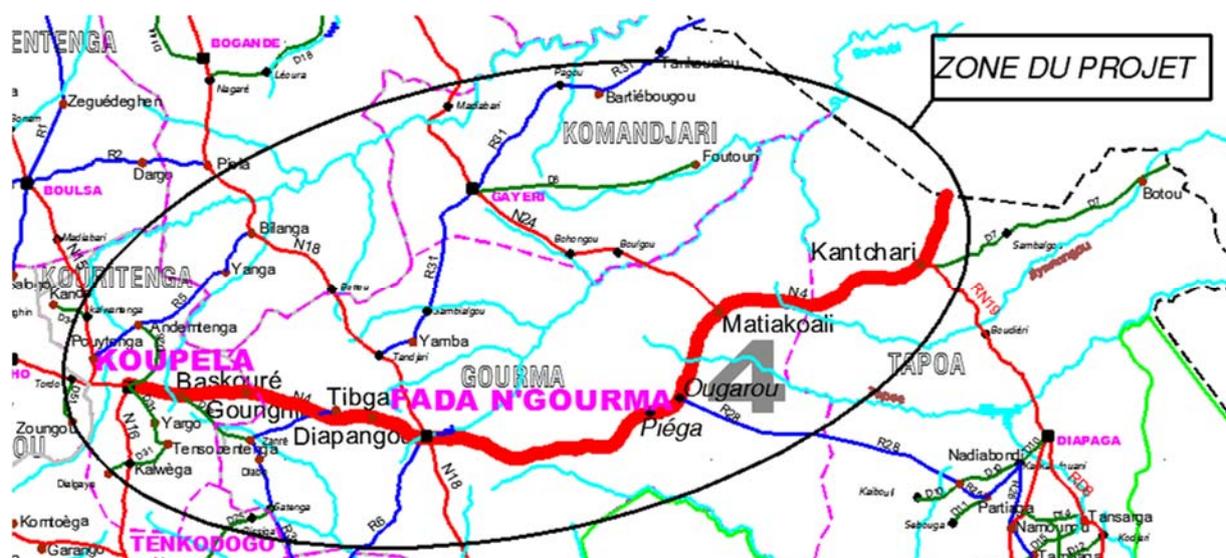


Figure 2: zone d'étude

La route national 4 relie le Burkina aux frontières du Benin, Togo et le Niger. L'état actuel de la route présente des végétations au bord qui sont éloignées et permet quand même la visibilité

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

du tronçon ; d'une largeur de chaussée qui varie de 6 à 7 m et des accotements de 1m de large des deux côtés de la voie. Nous pouvons noter aussi de multiples dégradations sur la chaussée existante.

Les plus importants travaux à réaliser sur le tronçon sont :

- Amélioration de la couche de base au ciment et la mise en place du revêtement ;
- La construction et réparation des ouvrages d'assainissement.

1. Climat et végétation

La région est caractérisée par deux saisons climatiques le long de l'année. Une saison relativement humide d'une courte durée (3 mois) au nord et un peu plus longue (5 mois) au sud. La saison sèche dure sept à neuf mois et elle est marquée par des vents du nord-est. Les températures enregistrées avec la station de Fada, entre les années 1971 et 1998, montrent que les températures annuelles oscillent entre 17 et 39 °c. Les températures minima variant entre 17°C (décembre-janvier) et 25°C (avril-mai), et des températures maximales allant de 34°C (décembre- janvier) à 39°C (avril-mai). La pluviométrie annuelle varie entre 466,5 mm et 963 mm.

La région de l'Est se caractérise, au plan phytogéographique, comme une aire de transition entre la zone soudanienne au sud et la zone sahélienne au nord. Elle est parcourue par une savane arborée et arbustive, avec des galeries forestières le long des cours d'eau, et une steppe.

2. Sols

Les sols qui caractérisent la région sont les suivantes :

- Les sols peu évolués d'érosion gravillonnaire qui constituent l'unité dominante dans la région ;
- Les sols ferrugineux lessivés qui occupent la seconde position dans la région avec environ un tiers ;
- Les vertisols de couleur brun-jaune pâle ou gris-brunâtre, occupent les positions basses ;
- Les sols Eutrophes, profonds, de couleur brun-rouge, apparaissent sur un certain nombre de pentes ou même de croutes collinaires.

IV. Méthodologie et outils utilisé

Au premier abord nous avons recueilli les informations d'ordre générales sur la zone de projet et nous avons rassemblé la documentation susceptible de nous aider pour l'accomplissement du projet, à savoir les différents guides et manuels de dimensionnement, les anciens mémoires et rapports d'étude portant sur notre sujet d'étude.

Les données relatives à l'étude pour la plupart nous ont été fournies par les rapports hydraulique, géotechnique et topographique, dont les études ont été faites TECHNICAL CONSULT ;

Le traitement des données topographiques a été fait grâce aux logiciels COVADIS, PISTE ; le logiciel Autocad quant à lui a servi pour les différents dessins et plans. Nous avons fait la vérification du dimensionnement des ouvrages hydrauliques grâce au logiciel CYPE après l'avoir fait manuellement. En outre, le pack office 2016 a servi pour la rédaction du présent rapport et aussi pour les calculs intermédiaires.

CHAPITRE 2 : DONNEES GEOTECHNIQUES

Les données géotechniques issues des études de TECHNI-CONSULT réalisées en 2011 nous ont servi comme base pour le dimensionnement de la structure de chaussée. Ces données permettront de connaître la classe de trafic, la classe de la plate-forme, les caractéristiques des matériaux constituant les différentes couches, leurs épaisseurs ainsi que les déformations et contraintes que peuvent avoir ces matériaux sous l'effet des sollicitations.

Le dimensionnement de la chaussée, sur la base de ces données, a été faite conformément aux manuel de renforcement des chaussés souple en pays tropicaux du CEPTB 1985 et le guide de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux le CEBTP 1980.

I. Historique de la chaussée

Les données ont été trouvées suivant 3 tronçons de route, le tronçon qui comprend notre zone d'étude, à savoir le PK170 au PK180 qui est inclus dans le tronçon de route PIEGA- frontière du Niger, dont le linéaire est compris entre le PK141.950 AU PK 251.519

La section de route Piéga-Frontière du Niger a été construite entre les années 1986 et 1987. Elle est constituée d'une chaussée revêtue de 7 m de largeur, avec des accotements non revêtus de 1 m de largeur chacun.

La documentation fournie montre que la chaussée est définie de la façon suivante :

- Revêtement : il est en enduit superficiel bicouche
Impregnation: 0,985 kg/m² de cut-back 0/1
Première couche : - liant : 1,006 kg/m² de bitume 80/100
- Gravillons : 13,298 l/m² de gravillons de 12/18
Deuxième couche : - liant : 1,076 kg/m² de bitume 80/100
- Gravillons : 10,527 l/m² de gravillons de 8/12
- Couche de base : 15 cm de graveleux latéritiques naturels ;
- Couche de fondation : 20 cm de graveleux latéritiques naturels.

Le tronçon de la route que constitue notre étude n'a pas connu de travaux de réhabilitation conséquente à part les travaux d'entretien ordinaire à savoir 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.

II. Identification de la chaussée existante

Des sondages ont été effectués sur la chaussée existante, et de ces sondages découlent la composition de sa structure :

- Couche de base

Elle est constituée des graveleux latéritiques sélectionnés. L'épaisseur mesurée varie entre 15 et 20 cm, le CBR à 98% varie de 59 à 160. Le type de sol rencontré est du B5 et B6.

- Couche de fondation

L'épaisseur varie entre 30 et 55 cm. Des données sur la construction de la route, il ressort par contre que l'épaisseur de la couche de fondation est de 20 cm. Probablement, pendant la construction, pour quelques zones, il a fallu augmenter l'épaisseur de la couche de fondation ou interposer une couche de forme entre la couche de fondation et la plate-forme. L'indice CBR à 98% varie entre 19 et 85 et le sol est en majorité du B6.

- Couche de forme

L'épaisseur de la couche de forme varie de 60 à 80 cm pour un indice CBR à 98% allant de 18 à 70. La majorité du sol est de type A2-6 et du A6.

III. Étude du trafic

L'étude du trafic permet de classer la route en catégorie et de déterminer les épaisseurs et nature des différentes couches composant le sol. Le trafic moyen journalier (TMJ) est obtenu après comptage des poids lourds dans le sens de circulation au moyen d'appareils spécifiques placés sur la voie ou à travers la mise en place d'une équipe postée aux abords de la voie ou par des traitements statistiques

Le bureau d'étude TECHNI-CONSULT a organisé une campagne de comptages qui a duré 7 jours, du 15 au 21 juin 2011 sur plusieurs postes de comptage.

1. Agressivité

La charge à l'essieu est celui de 13 tonnes. Cependant les véhicules circulant sur la chaussée ont une charge plus ou moins supérieure à cette dernière. Le coefficient d'agressivité est le coefficient d'équivalence qui prend en compte l'écart entre le poids standard et celui circulant sur la chaussée.

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Les données utilisées dans notre étude nous ont été fournies par le rapport géotechnique de l'étude technique détaillée des travaux d'entretien périodique et de ressurfaçage de la route nationale N°4 : Piéga-Frontière du Niger (Janvier 2003) par ASSOCIATED ENGINEERS. De ce rapport il en découle que :

Du 1er au 15 mai 2011, neuf cent soixante-onze (971) véhicules poids-lourds ont été pesés au poste de douanes de Makalondi au Niger, à la frontière avec le Burkina Faso, sur le corridor Ouagadougou-Fada-Niamey. Il faut rappeler que les véhicules poids-lourds qui quittent Makalondi ou qui y arrivent ont emprunté une section du tronçon Koupéla-Fada N'Gourma-Kantchari-Frontière du Niger. Par conséquent, le pesage des poids-lourds à Makalondi équivaut au pesage à la sortie de Kantchari. Au total, 5.037 essieux ont été pesés et 1.498 essieux dépassent la charge légale, pour 142 poids lourds. Le coefficient d'agressivité brut obtenu après dépouillement est de 4.52.

L'agressivité a été calculée à l'aide de la formule suivante :

$$A = K \left(\frac{P_{PL}}{P_{13}} \right)^\alpha$$

Avec :

A : agressivité

P_{PL} : la charge d'un essieu

P_{13} : l'essieu de référence de 13 tonnes

K : Coefficient permettant de tenir compte du type d'essieu (simple isolé, tandem, tridem) et dépend de la nature des matériaux. Un essieu est considéré comme isolé, sa distance par rapport à l'essieu voisin le plus proche est supérieur à 2 m.

α : Coefficient dépendant de la nature des matériaux.

Les valeurs du coefficient K pour les structures souples et bitumineuses sont données par le tableau suivant :

Tableau 1: coefficient K pour les structures souples et bitumineuses

α	K		
	Essieu simple	Essieu tandem	Essieu tridem
5	1	0.75	1.1

Au final, le coefficient d'agressivité moyen fournie par la DGR est de 1,34 et une augmentation du trafic PL est de 14% ; ce qui donne un coefficient d'agressivité moyen écrêté de 1,53.

2. Évolution du trafic

Les données relatives au trafic entre 2000 et 2010 ont été obtenues auprès de la DGR. Ces données concernent le trafic moyen journalier de tous types de véhicules confondus. Le pourcentage moyen des poids lourds dans le trafic est de 38 %, ce type de transport oscillant entre 35 et 41% du trafic total. Le tableau suivant résume cette variation de trafic

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Tableau 2: Évolution du trafic

Rte	Sect.	Origine	Fin	L	Standard	TMJ A 2000	TMJ A 2001	TMJ A 2002	TMJA 2003	TMJ A 2004	TMJ A 2005	TMJA 2006	TMJA 2007	TMJ A 2008	TMJ A 2009	TMJA 2010 (brut)	Taux de croissance moyen
RN04	8	Koupéla	Lim. 10/4	30,935	RB	572	654	655	623	750	697	602	696	813	698	868	5,21%
RN04	9	Lim.	Moadà	16,675	RB	523	597	600	599	675	673	612	755	790	651	788	4,94%
RN04	10	Moadà	Fada N'Gourma	33,335	RB	474	540	545	574	600	649	622	813	766	605	708	4,98%
RN04	11	Fada N'Gourma	Piéga	60,798	RB	315	378	356	380	345	371	356	342	443	344	454	5,05%
RN04	12	Piéga	Matiakoali	33,297	RB	279	336	233	278	314	324	290	338	422	324	396	5,52%
RN04	13	Matiakoali	Kantchari	57,314	RB	243	293	233	247	253	300	359	382	392	264	366	6,18%
RN04	14	Kantchari	Frontière du Niger	19,614	RB	204	284	187	217	251	262	248	259	298	279	325	6,55%

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Des données ci-dessous, nous avons pu dresser une courbe de variation du trafic au cours du temps pour mieux observer son évolution.

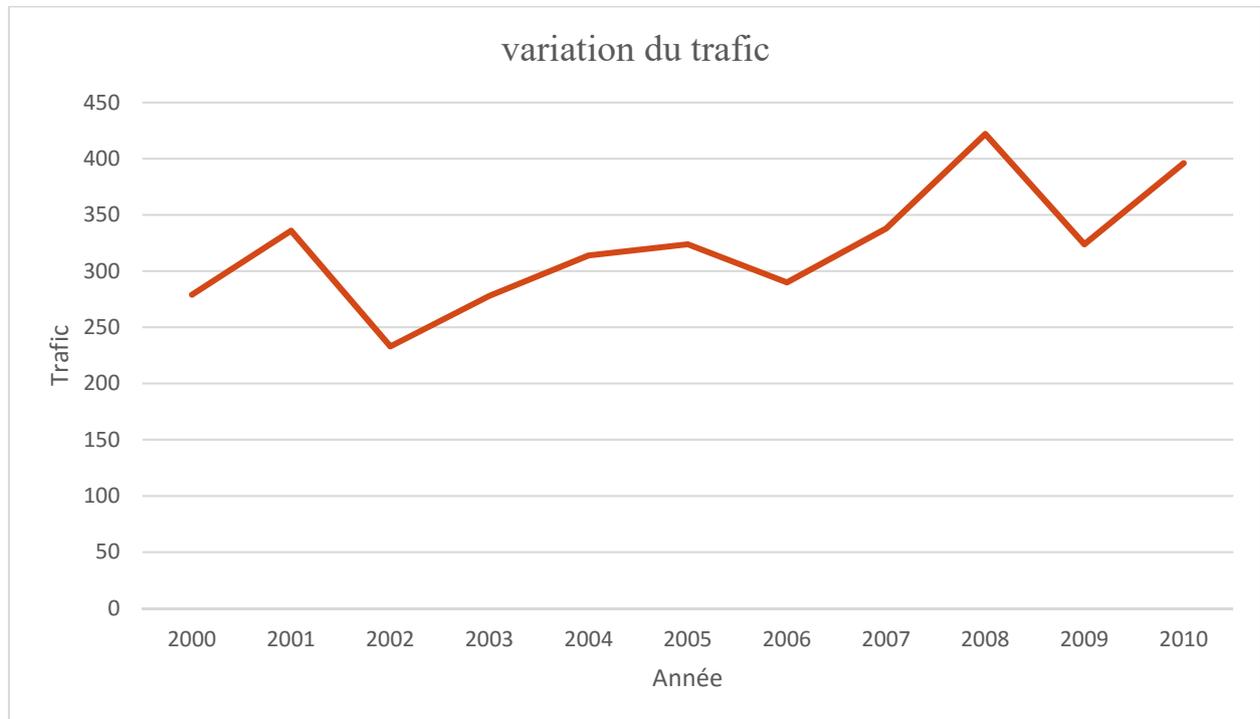


Figure 3: graphique de la variation du trafic

L'examen des données de trafic de 2000 à 2010 fournies par la DGR, fait ressortir un taux de croissance moyen 6% sur la section Fada N'Gourma-Frontière du Niger. Pour les études techniques des travaux d'entretien périodique et de resurfacement de la Route Nationale N°4, section Piéga-Frontière du Niger, il a été considéré un taux de croissance de trafic de 4% à 5% ; suivant les sources DGR, ces taux sont de 3,5% en hypothèse basse, 5% hypothèse moyenne et de 6,5% hypothèse haute. Nous avons retenu un taux de croissance de trafic de 5%.

3. Méthode de calcul

Suivant le comptage effectué en 2011, le nombre de poids lourd obtenu est de 217, cette valeur a été redressée en prenant compte de plusieurs facteurs et la valeur finale est de 247 poids lourd. Ayant le TMJA de l'année 2011, nous devons actualiser le trafic à notre année d'étude ensuite calculer le trafic à l'horizon du projet. Pour se faire, nous avons utilisé le guide pratique de dimensionnement le CEBTP.

Le rapport économique du projet donne :

-Durée de vie de la route : 20 ans

-Taux d'accroissement annuel : 5%

3.1. Actualisation du trafic

Selon le guide pratique de dimensionnement le CEBTP, le trafic actualisé à notre année d'étude se calcule comme suit :

$$t_n = t_1(1 + (n - 1)i)$$

Avec :

t_1 : Trafic moyen journalier de la première année

t_n : Trafic moyen journalier à l'année

n : nombre d'année (durée de vie)

i : taux d'accroissement annuel du trafic

$$t_n = 325 PL$$

3.2. Trafic projeté

Selon le manuel de renforcement des chaussées, le trafic à prendre en compte pour le projet se détermine comme suit :

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

Avec :

T_c : Trafic cumulé poids lourds

D : Durée de vie de la chaussée exprimée en nombre d'année

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

t : Taux de croissance linéaire annuel du trafic. Ce taux de croissance est lié aux statistiques sur le nombre d'immatriculation nouvelles annuelles et r est un coefficient qui traduit la répartition transversale des PL

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Tableau 3: valeur de r suivant le type de route

Typologie de la route	Valeur de r
Route bidirectionnelle de largeur ≥ 6 m	1
Route bidirectionnelle de largeur de 5 à 6 m	1,5
Route bidirectionnelle de largeur ≤ 5 m	2
Route unidirectionnelles	1
Route à 2 fois 2 voies	0,9
Route à 2 fois 3 voies	0,9

$$T_c = 3,48.10^6$$

Suivant le guide pratique de dimensionnement des chaussées en pays tropicaux, 5 classes de trafic en nombre cumulé de poids lourds sont ainsi définies.

Tableau 4: classe de trafic

$1,00.10^5 < T_1 < 5,00.10^5$
$5,00.10^5 < T_2 < 1,50.10^6$
$1,50.10^6 < T_3 < 4,00.10^6$
$4,00.10^6 < T_4 < 1,00.10^7$
$1,00.10^7 < T_5 < 2,00.10^7$

$T_c = 3,48.10^6 \leq 4.10^6$, alors le trafic est de classe T_3

IV. Auscultation de la chaussée

La méthode d'auscultation que nous avons utilisée est la méthode française du L.C.P.C (auscultation des chaussées souples). L'étude permet d'évaluer en pourcentage la qualité des chaussées, ce qui détermine les différentes solutions, d'où la connaissance des caractéristiques du réseau est importante.

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Tableau 5: solution suivant la qualité de la chaussée

Qualité des chaussées	Bon ou assez bon état	État médiocre	Mauvais état
Solution de remise en état	Entretien {immédiat ; différé}	rechargement	renforcement

Source : manuel de renforcement de chaussée en milieu tropicaux

1. Relevé visuel

Un relevé des dégradations de la route existante a été effectué. Il ressort que les dégradations les plus importantes sont :

- Les dégradations des accotements
- Les arrachements
- Les fissurations
- Les réparations qui n'ont pas tenu
- Les épaufrures des rives etc.

Selon les sondages effectués, 63% des dégradations observées se trouvent au niveau des accotements, soit 1m de chaque côté de la chaussée.

Pour déterminer le pourcentage total des dégradations sur la chaussée nous allons travailler sur 1 mètre linéaire de route

Soit 63% de dégradation :

$$2 \times 0.63 = 1.26$$

- D'où la section dégradée est de S=33,33%

La surface occupée par les dégradations est entre [10 à 50%]

Selon le manuel de renforcement des chaussées, la combinaison des dégradations (fissures/déformation), on obtient la grille ci-contre qui chiffre la qualité apparente d'une section de chaussée.

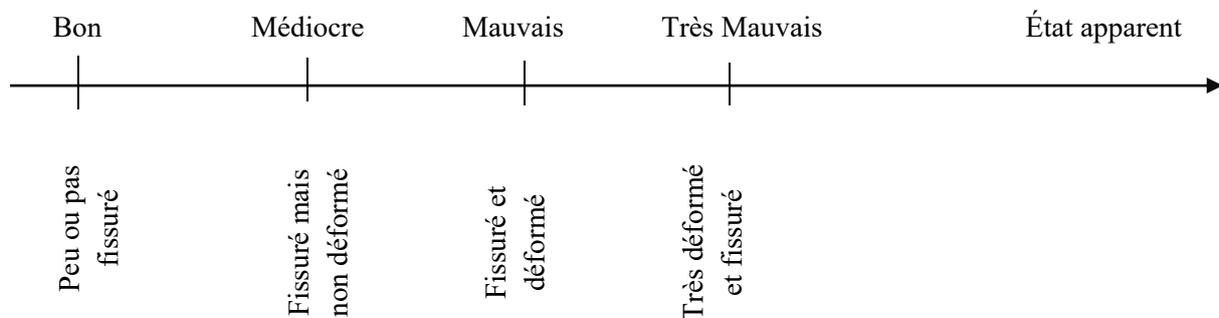
ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Pour qualifier la qualité apparente des chaussées, on adopte une notation qui compare en pourcentage le linéaire d'itinéraire atteint par les dégradations à la longueur de la section unitaire prise en compte. Ceci est consigné dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6: combinaison indice de fissuration et indice de déformation

Fissures déformation	1	2	3
1	1	2	3
2	3*	4	5
3	5*	6	7

(*) cas les plus rares.



Nos fissures sont de niveau 2, et de niveau 3 sur près de 2 km du tracé. La section étudiée n'est pas conséquente, alors nous allons travailler avec le cas le plus défavorable, c'est-à-dire les fissures de niveau 3.

Les détails sur le niveau de dégradation de la chaussée sont donnés en *annexe 1*.

De ce qui précède, nous pouvons dire que nous nous trouvons dans le cas 5, notre chaussée est en mauvais état ; elle est fissurée et déformée.

2. Déflexion

La déflexion est la différence entre l'enfoncement total instantané sous le passage de la roue (W_t) et l'enfoncement qui reste permanent (W_r) après le passage de la roue. À charge constante, si l'on répète l'opération des centaines voire de milliers de fois, on s'aperçoit que la déflexion est à peu près constante mais que la déformation permanente W_r , s'accroît au fur et à mesure des chargements.

La valeur des déflexions est sensible à l'environnement géologique et climatique et à la nature des matériaux constituant les chaussées souples et leur support.

2.1. Campagne de mesure des déflexions

La campagne de mesure des déflexions a été menée par le bureau d'étude TECHNI CONSULT, entre le 06 juin et le 17 juin 2011 à l'aide de la poutre de Benkelman qui permet de voir l'état de la chaussée.

La Poutre de Benkelman est un appareil d'analyse ponctuelle de la déformation d'une structure de chaussée causée par un essieu de véhicule. L'essieu légal de référence adopté au Burkina Faso est l'essieu de 13 tonnes, c'est celle utilisée pour les mesures.

Sous cette charge, la chaussée subit un tassement relevé par le comparateur (comparateur analogique). Les mesures sont effectuées à gauche, à droite et sur l'axe selon le mode opératoire suivant :

- Pré-marquage de la chaussée tous les 50 m par une équipe topographique 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.

Les valeurs des déflexions obtenues sont jointes en *annexe 1*.

2.2. Déflexion caractéristique

La valeur de la déflexion retenue pour les sections unitaires de quelques centaines de mètres de longueur est calculée en gommant les accidents très ponctuels avec la formule :

$$d_c = m + 1,3\sigma$$

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Avec :

m : valeur moyenne sur la section considérée

σ : écart type

Les déflexions calculées sont jointes en annexe.

La courbe ci-dessous montre l'allure et la tendance des déflexions calculées dans l'annexe I.

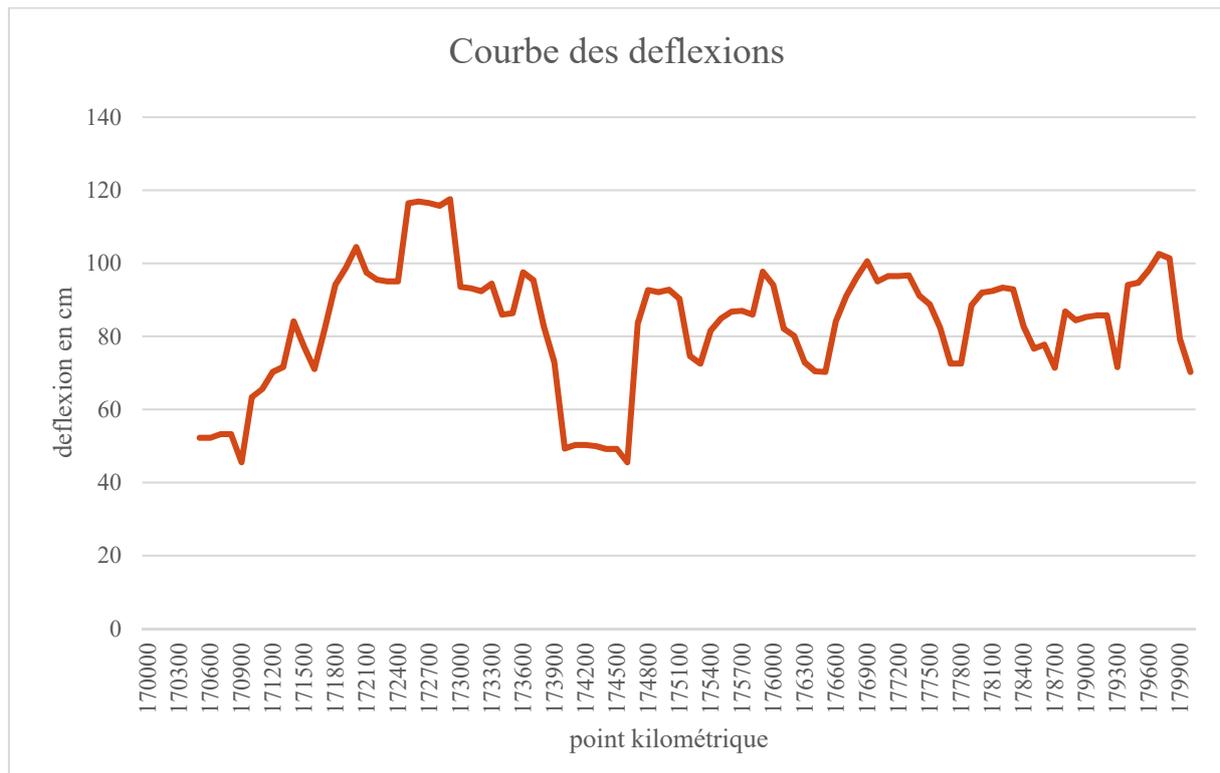


Figure 4: graphique des déflexion

Les valeurs des seuils critiques d_1 et d_2 des déflexions retenues sont tel que :

- d_1 : valeur au-dessous de laquelle on considère que la structure se comporte d'une façon satisfaisante.
- d_2 : valeur au-dessus de laquelle on considère que la structure présente de sérieux défauts de portance.

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Tableau 7: rapport qualité de la structure et les déflexion

Déflexion	Faible	d_1	d_2	Forte
Portance	Elevée	Médiocre	Faible	
Qualité des structures	Bonne	Douteuse	Mauvaise	

Source : manuel de renforcement des chaussées souple en pays tropicaux du CEPTB 1985

Nous avons retenu les mêmes valeurs des seuils critiques que la route nationale RN16 reliant Koupéla à Bitou, étant donné qu'elles se croisent et qu'elles ont les mêmes caractéristiques.

D'où : $d_1 = 60/100mm$

$d_2 = 85/100mm$

Les valeurs des déflexions trouvées ont été classifiées suivant les valeurs critiques de la façon suivante :

- Inférieur à 60 : valeur en dessous de laquelle la chaussée se comporte bien
- Supérieur à 85 : valeur au-dessus de laquelle la chaussée se comporte mal
- Intermédiaire : valeur située entre 60 et 85, la chaussée se comporte de façon douteuse

D'où le graphique suivant :

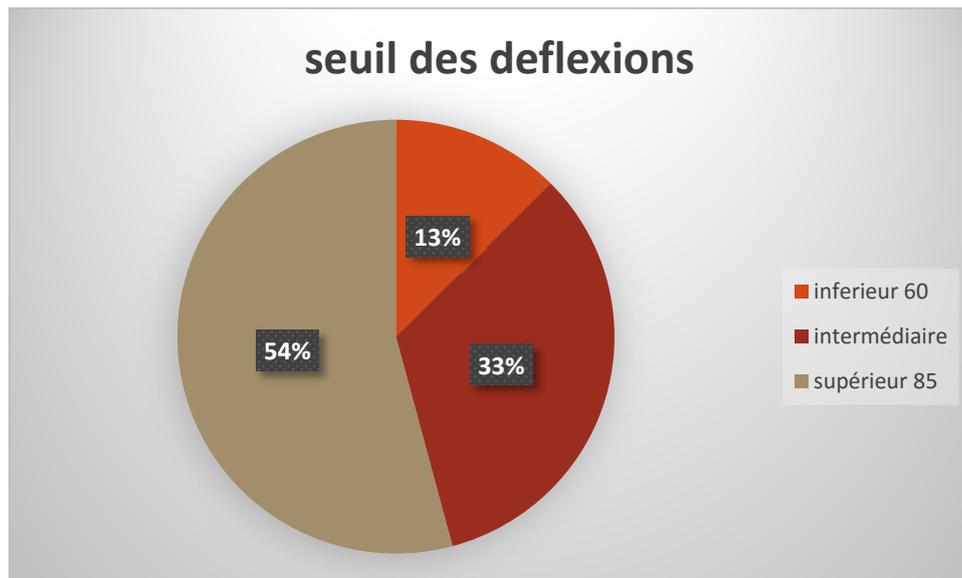


Figure 5: pourcentage des classes de déflexion

De ce graphe nous remarquons que près de 54% de notre tronçon est dans un mauvais état, 33% un état douteux et juste les 13% du linéaire sont dans un bon état, nous allons considérer que tout le tronçon est en mauvais état pour la suite de notre étude.

La comparaison des deux paramètres (La déflexion et l'état physique de la route) débouche sur une grille de décision qui oriente le choix des solutions donné par le tableau ci-dessous :

Tableau 8: indice de qualité apparente

Déflexion \ État apparent	faible			d ₁		d ₂		élevée	
Bon 1		Q1			Q2				Q3
Fissuré non déformé 2-3		Q2			Q3				Q4
Déformé et fissuré 4-7		Q3			Q4				Q5

Source : manuel de renforcement des chaussées souple en pays tropicaux du CEPTB 1985

Dans notre cas nous aboutissons à un Q5 étant donné que sur près de 53% de notre tronçon nous avons des déflexions supérieures à la valeur de d₂.

3. Méthode de renforcement

La classe de trafic étant connu ainsi que le seuil de qualité obtenue par la méthodologie d'auscultation, nous pouvons choisir la solution adaptée dans le tableau des solutions applicables du manuel de renforcement.

Trafic / Qualité		T ₁	T ₂	T ₃
		Q ₁	ENTRETIEN courant	
Q ₂	ENTRETIEN prioritaire			
Q ₃	RECHARGEMENT (10 - 15 cm GNF)			
Q ₄	RENFORCEMENT (15 - 30 cm GNF)			
Q ₅	RENFORCEMENT matériaux traités			
Q ₆	REFECTION DE CHAUSSEE			
Couches de roulement		Enduits superficiels ←————→ Tapis sable ou tapis F.D. (2 - 3 cm) (4 - 6 cm)		

Figure 6: choix de solution

Au vu des résultats obtenus par rapport à la classe de trafic et à la dégradation, la solution adéquate serait la réfection de la chaussée existante.

V. Dimensionnement de la chaussée

Le dimensionnement de la structure de chaussée a pour objet de déterminer l'épaisseur des différentes couches constituant le corps de chaussée, pour le niveau de trafic attendu et le type de sol. Il tient compte, entre autres, de la nature et des caractéristiques des matériaux de viabilité disponibles dans la zone du projet.

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Le principe du dimensionnement est de limiter la charge transmise par la roue au sol support afin de minimiser ses déformations et éviter de l'amener à la rupture. Ce dimensionnement passe par la détermination sous l'effet du trafic des contraintes et déformations à travers les corps de chaussée et sur le sol support, la comparaison de ses contraintes et déformations avec celles admissibles. Le dimensionnement des chaussées s'appuie sur les caractéristiques mécaniques du sol de plate-forme et des matériaux de chaussées.

La chaussée a été dimensionnée selon le manuel de renforcement des chaussées dans les pays tropicaux, suivant le trafic obtenu T_3 et la dégradation de la chaussée, nous allons opter pour les matériaux traités aux liants hydrauliques, le manuel nous propose la solution suivante pour le renforcement de la chaussée qui est joint en *annexe 1*.

La solution est de 5 cm de BB pour la couche de roulement et 28 cm de graveleux latéritique traité au ciment pour la couche de renforcement.

Après vérification sur le logiciel alizé nous avons retenu la solution suivante dont la note de calcul est jointe en *annexe 1* :

- **5 cm de béton bitumineux semi grenu de classe 1 ;**
- **8 cm de grave bitume classe 3 ;**
- **20 cm de graveleux latéritique amélioré au ciment entre 2,5% et 3%.**

Les déformations admissibles sont vérifiées pour toutes les couches.

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

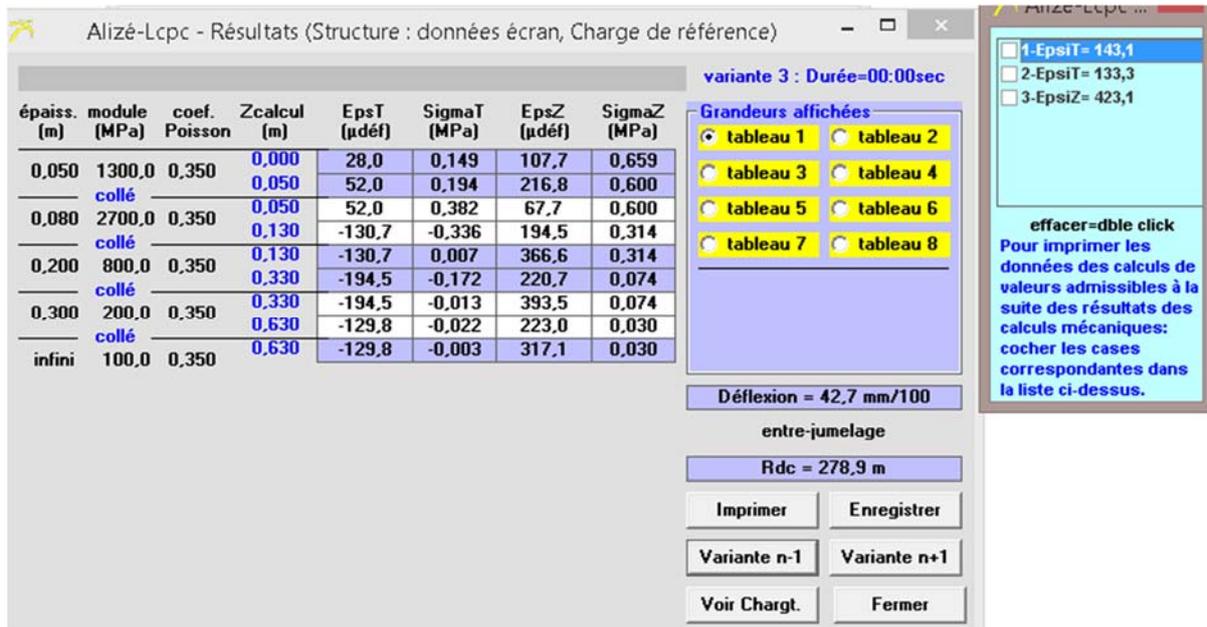


Figure 7: résultats de la modélisation sur Alizée

CHAPITRE 3 : ETUDE GEOMETRIQUE

Dans ce chapitre, nous proposons une conception géométrique de la route en prenant en compte les exigences du projet. Il sera question de déterminer essentiellement les caractéristiques géométriques : tracé en plan, profil en long et l'application des profils en travers types.

Le tracé s'est fait suivant les normes de l'ARP-Guide technique (Août 1994) – SETRA, document définissant les caractéristiques de ce type de route. La route doit permettre aux usagers de rejoindre les localités environnantes en toute sécurité ; elle a une fonction de liaison à courte ou moyenne distance et prend en compte les usages liés à l'environnement.

I. Tracé en plan

Le tracé en plan d'une route est constitué d'une succession de courbes et d'alignements droits séparés par des raccordements circulaires ou progressifs. Il vise à assurer une bonne condition de sécurité et de confort.

Dans notre étude, le tracé en plan nous est imposé car la route est existante, et aussi par les limites de l'emprise déjà fixée sur le terrain. Pour notre renforcement, nous allons suivre au maximum ce tracé. L'axe sera maintenu mais l'élargissement de la chaussée sera fait sur les 2 cotés.

Le tracé en plan est constitué de 9038 m d'alignement droit sur 10 km du tronçon de route dont la longueur maximale, sur l'ensemble du projet, est de 1498 m et la longueur minimale 518 m. Ces alignements droits sont au nombre de huit reliés par sept raccordements circulaires ; Les détails sont fournis en annexe 2.

II. Profil en long

Le profil en long se caractérise par une succession de déclivités liées par des raccordements circulaires. Il est conforme aux normes suivantes :

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Tableau 9: caractéristique du profil en long et de l'axe en plan

Désignation des paramètres			Symbole et unité	Valeur du paramètre	
Vitesse de référence			Vr (Km/h)	100	
Tracé en plan	Dévers maximal		&M (%)	7	
	Rayon en plan RH(m)	minimal absolu (dévers &M)	RHm	425	
		minimal normal (dévers)	RHN (&%)	665 (4%)	
		au dévers minimal	RH''	900	
		minimal non déversé	RH'	1300	
Profil en long	Déclivité maximale en rampe		∏M(%)	5	
	Rayon en angle saillant RV(m) Chaussée	bidirectionnelle (route à 2 voies)	Minimal absolu	RVm	10000
			Minimal normal	RVN	17000
	Rayon en angle rentrant RV'(m)	Minimal absolu		RVm'	3000
		Minimal normal		RVN'	4200
	Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement minimale sur route à 2 voies			RVD(m)	17000
Paramètres cinématiques	Longueur de freinage		d0 (m)	105	
	Distance d'arrêt en alignement		d1 (m)	160	
	Distance d'arrêt en courbe		d2 (m)	180	
	Distance de visibilité de dépassement	Minimale		dd (m)	400
		Normale		dD (m)	625
	Distance de visibilité de manœuvre de dépassement		dMd (m)	300	

Source : Recommandations techniques pour la conception générale et la géométrie de la route ; Aménagement des routes principale – SETRA.

Le profil en long et le tracé en plan sont coordonnés de telle manière que la route apparaisse à l'utilisateur sans discontinuité gênante du tracé, lui permettant de prévoir son évolution et de distinguer clairement les dispositions des points singuliers.

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

La visibilité en plan et la visibilité en profil en long sont réalisées dans des conditions de sécurité égales. Les distances de visibilité minimales nécessaires au dépassement sur les chaussées bidirectionnelles sont les suivantes :

Tableau 10: distance de visibilité suivant la vitesse

Vitesse de référence en km/h	80	100	120	140
distance de visibilité de dépassement minimale	325	400	475	490

Le tracé du profil en long est joint en annexe 6.

III. Profil en travers

Le profil en travers type est une coupe transversale de la chaussée projetée permettant de définir les différents constituants de la chaussée ainsi que leurs dimensions.

La chaussée en béton bitumineux est large de 10,2 m comportant deux voies de largeur 3,6 m, la pente transversale du revêtement est de 2,5%, les accotements en béton bitumineux de 1,5 m chacun ont une pente de 2,5%.

La route traverse la zone urbaine de Matiakoali, à ce niveau, le corps de chaussée à deux voies d'une largeur de 4,7 m et des accotements de 2m de largeurs.

Tableau 11: caractéristique du profile en travers

Désignation		Caractéristiques du profil en travers	
Largeur de la chaussée revêtue		7,20 m	
Largeur des accotements		1,50 m	en rase campagne
		2m	En traversée d'agglomération
Largeur de la plate-forme		10,20 m	en rase campagne
		13,80 m	En traversée d'agglomération
Pente transversale en alignement droit	Chaussée	2,5%	en rase campagne
		2,5%	en traversée d'agglomération
	accotements	2,5%	en rase campagne
		2,5%	en traversée d'agglomération

Les profils en travers type sont joints en annexe 6.

IV. Signalisation routière

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier. Elle est destinée à assurer la sécurité des usagers de la route, soit en les informant des dangers et des prescriptions relatives à la circulation, soit en leur indiquant les repères des équipements utiles à leur déplacement. Elle comprend deux sortes de signalisation : la signalisation routière verticale qui comprend les panneaux, les balises, les bornes ; la signalisation routière horizontale constituée des marquages au sol.

1. Signalisation horizontale

La signalisation routière horizontale regroupe l'ensemble des marquages peints sur la route et qui indiquent aux usagers quel comportement adopté à ces endroits. Elle constitue une aide importante à la conduite, en canalisant le flux de circulation.

C'est la couleur blanche qui est prescrite pour les marquages sur chaussée. Le jaune est utilisé pour interdire l'arrêt ou le stationnement et pour le marquage temporaire.

1.1. Type de marquage

- Les marquages longitudinaux
 - Ligne longitudinale axiale ou de délimitation des voies qui est discontinu ;
 - Ligne discontinue de guidage ;
 - Ligne d'avertissement ;
 - Lignes continues infranchissables.
- Les marques transversales
 - La ligne « STOP » ;
 - La ligne « CEDEZ LE PASSAGE » ;
 - La ligne d'effet des signaux ;
- Les autres marquages
 - Passages pour piétons ;
 - Pour stationnement et autres périmètres protégés ;
 - Flèches de sélection ;
 - Flèches de rabattement.

1.2. Modulation des marquages

Trois (3) types de modulations ont été retenus. Ils se différencient par le rapport des pleins aux vides. Le tableau n°12 et la figure n°8 ci-après présentent les différentes modulations.

Tableau 12: modulation des marques

Type de modulation	longueur des Traits (m)	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Rapport plein/vide
T1	3	10	1/3
T2	3	3,5	1
T3	3	1,33	3



Figure 8: modulation des marquage au sol

1.3. Largeur des marquages

La largeur des marques est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant la catégorie de la voie :

- U = 7,5 cm pour autoroutes et voies rapides urbaines ;
- U = 6,0 cm pour les routes nationales et voies urbaines assimilables ;
- U = 5,0 cm pour toutes les autres routes ;

Pour notre projet, nous avons utilisé U = 6,0 cm.

2. Signalisation verticale

La signalisation routière verticale comprend les panneaux, les balises, les feux de signalisations (type gyrophare). Les panneaux de signalisation verticales que nous avons utilisés sont les suivantes :

- Panneaux de type A : pour la signalisation des ouvrages hydrauliques, des virages dangereux ;
- Panneau de type D : pour la signalisation de direction ;

*ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA
ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA
N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180*

- Panneau de type C : pour les diverses indications ;
- Panneau de type EB : la localisation des agglomérations ;
- Panneau de type J1 : les balises ;
- Les panneaux de direction.

CHAPITRE 4 : DONNEES HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES

Les données hydrologiques et hydrauliques, issues des rapports de TECHNI-CONSULT, nous permettent de quantifier le débit issu des bassins versants et des eaux pluviales afin de diagnostiquer et vérifier les dimensions des sections des ouvrages du réseau d'assainissement. En outre, améliorer ou redimensionner le système d'assainissement afin de limiter les risques de dégradations de la chaussée par les eaux pluviales.

I. Méthodologie de l'étude

Les données hydrologiques et hydrauliques se définissent de la façon suivante :

- Les caractéristiques physiques générales des bassins versants ;
- Les données climatiques de la zone, notamment la pluviométrie.

Ces données m'ont permis de définir :

- Les méthodes hydrologiques utilisées, les principes d'évaluation et les résultats des débits de ruissellement ;
- Le diagnostic général ou l'état des lieux en termes de drainage et d'assainissement de la route, à savoir la nature des ouvrages existants, les caractéristiques des aménagements à réaliser ;
- La vérification et le dimensionnement des ouvrages hydrauliques, essentiellement des dalots ;

II. Étude hydrologique

1. Paramètres physiques des bassins

Les paramètres morphologiques des bassins versants tels que le périmètre et la superficie sont tiré du rapport hydrologique de l'ancienne étude qui est joint en annexe 3. Les autres paramètres ont été calculés à l'aide des formules classiques. À savoir :

- L'indice de compacité : $I_c = \frac{0,28 \times P}{S^{0,5}}$
- La longueur du rectangle équivalent : $L_{eq} = S^{1/2} \times \frac{I_c}{1,128} \times \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1,128}{I_c} \right)^2} \right]$
- L'indice global de pente : $I_g = \frac{\Delta H}{L_{eq}}$

Avec :

ΔH : la dénivelée correspondant à 5% et 95% de la courbe hypsométrique. Cette valeur peut être estimée par interpolation des altitudes correspondantes à 20% et 80% de la superficie dans le cas d'une faible densité de courbes de niveaux sur les bassins.

- Perméabilité des bassins

La perméabilité de la zone de projet se caractérise par les bassins de type RI (relativement imperméable). Ils sont 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, des sols avec des formations pelliculaires fragiles.

2. Détermination des débits

Nous allons déterminer les débits qui doivent transiter dans les ouvrages de franchissement afin d'obtenir le niveau des plus hautes eaux (PHE) pour pouvoir caller les différents ouvrages.

La zone de l'étude est parcourue essentiellement par 3 bassins versants dont les détails sont fournis en annexe 3, nous avons utilisés la méthode du CIEH et la méthode de ORSTOM pour déterminer le débit des ouvrages de franchissement et la méthode CAQUOT pour les caniveaux.

1.1. Méthode d'ORSTOM

La méthode s'applique à des bassins dont la superficie est située entre quelques dizaine d'hectares et jusqu'à 1500 km².

La crue décennale est définie comme la crue provoquée par la pluie décennale, toutes les autres conditions étant celles observées le plus fréquemment lors des fortes averses (humectation du sol, repartitions spatiale de la pluie, végétation...)

$$Q_{r_{10}} = m \cdot A \cdot P_{10} \cdot K_{r_{10}} \cdot \alpha_{10} \cdot S / T_{b_{10}}$$

Avec :

$Q_{r_{10}}$: Débit de pointe de ruissellement superficiel de la crue décennale (m³/s)

A : Coefficient d'abattement (fonction de S)

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

S : Superficie du bassin (km²)

P_{10} : Pluie décennale journalière (mm)

$K_{r_{10}}$: Coefficient de ruissellement décennal

α_{10} : Coefficient de pointe de la crue décennale

$T_{b_{10}}$: Temps de base de la crue décennale (s)

m : Coefficient de majoration d'écoulement prenant en compte le débit de l'écoulement retardé, ici nous avons retenus, 1,03 car nous sommes en zone sahélienne.

- Le coefficient d'abattement A a été obtenu par la formule suivante :

$$A = 1 - 0,001(9 \log_{10} T - 0,042P_{an} + 152) \times \log S$$

Avec :

T : période de retour ($T=10$ ans)

S : surface du bassin versant (Km²)

P_{an} : pluviométrie annuelle (mm)

- Le coefficient de ruissellement $K_{r_{10}}$ est déterminé grâce à une interpolation entre les valeurs du $K_{r_{70}}$ et $K_{r_{100}}$. Étant donné que notre bassin versant a une section supérieure à 10 km², nous allons utiliser la formule analytique. Leur formule analytique est la suivante :

$$K_{r_{70}} \text{ ou } K_{r_{100}} = \frac{a'}{S + b'} + c'$$

Le tableau ci-dessous donnent les valeurs de a' , b' et c' en fonction de l'indice global de pente et de l'infiltrabilité sont joints en annexe 3.

- Le temps de base $T_{b_{10}}$ est le temps compris entre le début et la fin du ruissellement rapide. Pour la région sahélienne, $T_{b_{10}}$ est calculé à partir de la formule suivante :

$$T_{b_{10}} = a \times S^{0,35} + b$$

Les paramètre a et b varient en fonction de la pente :

$$I_g = 1 \quad T_{b_{10}} = 560 \times S^{0,36} + 400$$

$$I_g = 3 \quad T_{b_{10}} = 325 \times S^{0,36} + 315$$

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

$$I_g = 7 \quad T_{b_{10}} = 163 \times S^{0,36} + 142$$

Les indices globales de nos bassins ne figurant pas dans les tableaux de détermination des coefficient K_r ainsi que le temps de base, $T_{b_{10}}$. Nous avons procédé par interpolation pour déterminer ces valeurs.

Tableau 13: Qr10 suivant la méthode d'ORSTOM

méthode d'ORSTOM								
bassin	P10	A	Kr10	alpha 10	S	Tb10	m	Qr10
60	91	0,81858054	21,12	2,6	23,4	886,064	1,03	18,5441449
61	91	0,83458006	18,4645	2,6	17,72	1275,34101	1,03	8,69648317
62	91	0,84604082	23,32	2,6	14,52	666,038	1,03	17,4698101

1.2. Méthode du CIEH (Puech et Chabi Goni)

Elle a été mise au point sur la base de 162 bassins (<2500 km²) en Afrique francophone ($P_{an} < 2000\text{mm}$)

$$Q_{10} = a \cdot S^b \cdot P_{an}^c \cdot I_g^d \cdot K_{r_{10}}^e$$

Avec :

Q_{10} : Débit de crue décennale (m³/s)

a, b, c, d et e : Coefficient de régression, multiple

S : Superficie du bassin

P_{an} : Pluie annuelle moyenne

I_g : Indice global de pente 250sds

$K_{r_{10}}$: Coefficient de ruissellement décennal

Pour déterminer le débit de crue décennal, nous allons procéder par la méthode des équations obtenues par le tableau donnant les coefficients de régression multiples pour le calcul de Q_{10} . Les équations sont données suivant la zone et la pluviométrie moyenne de la région et suivant le pays.

Tableau 14: Équation de Qr10

Zone géographique	Numéro	équation
Afrique de l'ouest	2	$Q_{10} = 2,03 \times S^{0,590} \times I_g^{0,588}$
Zone avec une 400<Pan<800	26	$Q_{10} = 146 \times S^{0,479} \times P_{m10}^{-0,969} \times K_r^{0,457}$
Burkina Faso	41	$Q_{10} = 0,407 \times S^{0,532} \times K_r^{0,941}$
	42	$Q_{10} = 0,0912 \times S^{0,643} \times I_g^{0,399} \times K_r^{1,019}$
	44	$Q_{10} = 203 \times S^{0,459} \times P_{m10}^{-1,301} \times K_r^{0,814}$
	45	$Q_{10} = 22400 \times S^{0,590} \times I_g^{0,588} \times P_{m10}^{-1,748}$

Les débits calculés ont été majoré de 10% pour tenir compte de plusieurs paramètres à savoir le changement climatique... ce qui nous permettra aussi de nous mettre en sécurité.

Tableau 15: calcul des débits suivant la méthode du CIEH

méthode de CIEH											
bassin	S	I _g	K _{r10}	P _{m10}	Q10						Q10 majoré
					2	26	41	42	44	45	max
60	23,4	5,6	21,12	678,6	35,91	4,81	36,6	30,82	2,14	4,45	40,26
61	17,72	3,3	18,46	678,6	22,33	3,96	29,20	18,20	1,69	2,77	32,12
62	14,52	6,9	23,32	678,6	30,64	4,00	32,72	27,26	1,86	3,80	35,99

Les plus gros débits sont obtenus avec la méthode du CIEH. Ce sont ces débits que nous retiendrons pour le dimensionnement de nos ouvrages de franchissement.

1.3. Méthode Caquot

Le tronçon de notre route parcourt une zone urbaine à savoir le village de Matiakoali. De ce fait, nous allons mettre un réseau d'assainissement à cet endroit qui sera fait de caniveaux rectangulaire ouvert. et Le débit est calculé par le formule :

$$Q_{10} = 850 \times J^{0,2} \times C^{1,11} \times A^{0,8}$$

Avec :

Q_{10} : débit décennal en L/s

Les débits seront majorés de 20% pour tenir compte des impacts des changements climatiques.

Tableau 16: Qr10 suivant la méthode du CIEH

A		H amont	H aval	j	c	Q	Q majoré
7,4638	1280	315,04	301,425	0,01064	0,85	1,428	1,714
19,9827	1036	320,4	303,5	0,01631	0,85	3,421	4,105
12,7614	229	303,5	301,425	0,00906	0,85	2,124	2,549
6,3364	460	304,33	301,43	0,00630	0,85	1,128	1,354
12,7669	975	306,34	301,56	0,00490	0,85	1,879	2,255

3. Dimensionnement hydraulique des ouvrages

3.1. Ouvrages d'assainissement

Le dimensionnement des caniveaux se fera par la formule de Manning Strickler ci-dessous :

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

Avec :

Q : Débit de projet en m³/s

S : section de fossé en ml

R : rayon hydraulique en m ($R = \frac{S}{P}$)

I : pente en m/m

K_s : coefficient de rugosité, nous prendrons K_s =67

Les caniveaux en agglomération que nous avons retenus sont essentiellement de section rectangulaire, alors : $P = b + 2y$ et $S = b * y$.

Avec les débits obtenus par la méthode Caquot, nous avons procédé à des itérations pour déterminer les sections des caniveaux qui convenaient pour les débits calculés. Les dimensions trouvées sont dans le tableau ci-dessous.

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Tableau 17: dimensionnement hydraulique des caniveaux

Ks	I	b	y	S	P	Rh	Q
67	0,011	0,800	0,800	0,64	2,4	0,267	1,832
67	0,016	1,000	1,000	1	3	0,333	4,114
67	0,009	1,500	1,500	2,25	4,5	0,500	9,040
67	0,006	0,800	0,800	0,64	2,4	0,267	1,411
67	0,005	1,000	1,000	1	3	0,333	2,255

La localisation des différents ouvrages est consignée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 18: localisation des ouvrages

longueur	Pk début	Pk fin	droite	gauche
1150	174,15	175,30	0,80×0,80	1,00×1,00
300	175,30	175,60	0,80×0,80	1,50×1,50
1050	175,60	176,65	0,80×0,80	1,00×1,00

3.2. Ouvrages de franchissement

Sur le tronçon nous recensons plusieurs ouvrages de franchissements, ces ouvrages de franchissements sont essentiellement des dalots. Nous nous devons de vérifier si ces ouvrages fonctionnent bien hydrauliquement parlant pour décider les changer ou les garder.

La liste des ouvrages présentent sont présentés dans le tableau ci-dessous :

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Tableau 19: liste des ouvrages

BV	Débit	Pk bassin	PK OH	ouvrage				
				Type ouvrage	Débit par ouvrage (m)	Hauteur amont (m)	Pente (m/m)	Vitesse (m ³)
60	40,26	165,92	168+665	D 2×3×1	13	1,25	0,0051	2,68
			170+690	D 2×2×1,5	11,4	1,43	0,0067	3,04
			171+778	D 1×1×1	2	1,2	0,008	2,12
			172+386	D 1×1×1	2	1,2	0,008	2,12
			173+330	D 2×3×1	13	1,25	0,0051	2,68
				41,4				
61	32,12	173,239	175+600	D 7×3×1	45,5	1,25	0,0051	2,68
					45,5			
62	35,99	176,156	177+918	D 1×3×1	6,5	1,25	0,0051	2,68
			179+374	D 1×1×1,5	11,4	1,43	0,0067	3,04
					17,9			

Tous les ouvrages du pk 168 au pk 173 fonctionnent bien hydrauliquement et ces ouvrages sont en bon états.

Le dalot situé au pk 175 et qui écoule les eaux du bassin 61 fonctionne bien hydrauliquement mais le problème se pose au niveau de l'assainissement. Les caniveaux qui écoulent l'eau de surface ont une hauteur supérieure à celui du dalot. Si on laisse cette ouvrage en place, il ne tiendra pas longtemps et il y a un risque de rupture, alors nous nous devons de la changer.

Les ouvrages qui écoulent l'eau du bassin versant 62, sont insuffisant car le débit est très faible comparé au débit provenant du bassin versant. Alors nous devons les changer. Nous allons diviser les débits provenant des bassins versants en deux pour que chaque ouvrage reprenne une partie.

3.2.1. Section géométrique

La vitesse maximale dans les dalots est fixé à $V_{max} = 4m/s$, nous partons sur la base de $V_{max} = 2,5m/s$ dans notre ouvrage.

$$Q = V_{max} \times S_{min}$$

$$S_{min} = \frac{Q}{V_{max}}$$

Le débit passant dans chaque cellule est donc :

$$q = \frac{Q}{n}$$

n : nombre de cellule

Calcul de la profondeur d'eau en amont

- Calcul du Q^*

$$Q^* = \frac{Q}{S\sqrt{2 \times g \times h}}$$

En projetant Q^* sur la courbe A (avec mur de tête) sur l'abaque de détermination de la hauteur amont en sortie libre d'un dalot rectangulaire, on obtient :

$$H^*=1 ; H^* = \frac{h_1}{H}$$

Si $h_1 < 1,25D$ avec $D=H$, alors l'écoulement se fait en charge.

- Calcul de la pente critique

$$Q^* = \frac{q}{\sqrt{g \times B^5}}$$

En lisant sur l'abaque de la pente critique en fonction du débit, on a $I_c = 3$

$$I_c = I_c^* \times \frac{g}{K^2 \times D^{1/3}}$$

- Calcul de la vitesse V dans l'ouvrage

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

$$Q^* = \frac{q}{K \times I_c^{1/3} \times B^{8/3}}$$

La vitesse V^* est lue dans l'abaque

$$V = V^* \times K \times I_c^{1/2} \times B^{2/3}$$

Tableau 20: calcul de la vitesse

	désignation	unité	résultats	
			Dalot D 6×2×1.5	Dalot D 3×2×1.5
Section min	S_{min}	m^2	12,88	7,2
Débit/cellule	q	m^3	5,36	6
section	S	m^2	18	9
Profondeur d'eau en amont	Q^*	m^3/s	0,33	0,37
	H^*	m	0,97	0,99
	h_1	m	1,46	
Pente critique	Q^*	m^3/s	0,3	0,333
	I_c^*	m/m	3	3,1
	I_c	m/m	0,0057	0,0059
Vitesse dans l'ouvrage	Q^*	m^3/s	0,17	0,18
	V^*	m/s	0,3	0,39
	V	m/s	2,89	3,19

Les conditions de vitesse sont respectées dans tous les 3 dalots.

- Épaisseurs du dalot cadre
 - L'épaisseur de la traverse supérieure peut être déterminé par la formule suivante, ou L désigne l'ouverture biaise de l'ouvrage.

$$E = \frac{l}{32} + 0.125 \text{ (E a un minimum de 0,30m)}$$

- L'épaisseur du piédroit et de la traverse inférieure se fait en fonction de l'abaque à partir de l'ouverture biaise et du module de pseudo élasticité l'élasticité du sol Esol.

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Dans notre étude nous avons retenue comme $E=50$ Mpa, le module de la plate-forme car le sol est limoneux.

Tableau 21: détermination des épaisseurs du dalot

Pk	Section de l'ouvrage	Épaisseur de la traverse supérieure (cm)	Épaisseur des piédroits (cm)	Épaisseur de la traverse inférieure
175+600	D 6×2×1.5	30	30	30
177+918	D 3×2×1,5	30	30	30
179+374	D 3×2×1,5	30	30	30

4. Dimensionnement structural des caniveaux

Pour le dimensionnement des canalisations nous avons utilisé Règles BAEL 91 modifiée 99. De manière générale, les calculs ont été mené par bande de 1,00 mètre linéaire de longueur de Caniveaux, les sections d'aciers obtenus sont les suivants :

Tableau 22: section d'acier des caniveaux

	caniveaux		
	0,80×0,80	1,00×1,00	1,50×1,50
Au (Section à l'ELU)	0,61 cm ² /ml	0,96 cm ² /ml	2,27 cm ² /ml
Amin (Condition de non fragilité)	1,45 cm ² /ml	1,45 cm ² /ml	1,45 cm ² /ml
Armatures principales	4 HA 8 espacé de 25 cm	4 HA 8 espacé de 25 cm	5 HA 8 espacé de 20 cm
Armatures de répartition	4 HA 8 espacé de 20cm	5 HA 8 espacé de 20cm	10 HA 8 espacé de 15cm

La note de calcul est jointe en **annexe 4** ainsi que les plans de ferrailage en **annexe 6**

Nous avons prévu des caniveaux fermés sur les zones de passage au niveau de Matiakoali. Le dimensionnement a été fait par mètre linéaire et la longueur sera définie par le maitre d'ouvrage. Un plan de ferrailage du caniveau 100×100 est joint en **annexe 6**. Les sections d'acier des dalettes, piédroit et du radier sont proposées suivant le type de section de caniveau.

Tableau 23: sections d'acier des caniveaux couverts

		caniveaux		
		0,8x0,8	1x1	1,5x1,5
dalettes	Au (Section à l'ELU)	1,58	1,58	1,58
	Armatures principales	HA 8 espacé de 15	HA 8 espacé de 15	HA 8 espacé de 15
	Armatures de répartition	HA 8 espacé de 20	HA 8 espacé de 20	HA 8 espacé de 15
piédroit	Au (Section à l'ELU)	6,76	9,01	9,73
	Amin (Condition de non fragilité)	1,38	1,38	1,38
	Armatures principales	HA12 espacé de 15	HA 12 espacé de 15	HA 12 espacé de 15
	Armatures de répartition	HA 8 espacé de 15	HA 8 espacé de 15	HA 8 espacé de 15
radier	Au (Section à l'ELU)	0,072	0,072	0,072
	Armatures principales	HA 8 espacé de 20	HA 8 espacé de 20	HA 8 espacé de 20
	Armatures de répartition	HA 8 espacé de 20	HA 8 espacé de 20	HA 8 espacé de 20

5. Dimensionnement structural des ouvrages de franchissement

Des trois ouvrages à changer sur le tronçon, nous avons procédé à un dimensionnement manuel des dalots D 3×2×1,5 et un dimensionnement sur le logiciel CYPE pour comparer les sections d'acier trouvées. En ce qui est du dimensionnement manuel, nous avons fait une modélisation sur le logiciel robot pour l'obtention des moments et le calcul du ferrailage a été fait manuellement. Quant au dalot D6×2×1.5, nous avons fait le dimensionnement sur CYPE.

5.1. Hypothèse de calcul

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

Les surcharges routières seront définies conformément aux prescriptions du titre II du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes (C.P.C) français régnant en la matière.

Les ouvrages seront calculés par rapport aux convois de camions de type Bc de Bt conformément aux termes de référence de l'étude.

5.2. Données de calcul

Matériaux :

- Béton :
- $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$
- $f_{t28} = 2,1 \text{ Mpa}$
- $\sigma_{bc} = 15$; $\rho_b = 2,5 \text{ t/m}^2$

Armatures :

- Fissuration préjudiciable
- $f_e = 400 \text{ Mpa}$
- $\sigma_s = 201,63 \text{ Mpa}$
- Enrobage = 3 cm
- Poids volumique du sol = $2,0 \text{ T/m}^3$
- Angle de frottement interne = 32°
- Coefficient de poussée des terres $K = \text{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{32}{2} \right) = 0,307$
- Contrainte admissible = 1,5bar

Donnée divers :

- Largeur rouable = largeur chargeable = 7 m
- Nombre de voie de circulation : $N = \frac{L_c}{3} = \frac{7}{3} = 2,33$

$$N = 2 \text{ voies}$$

- Classe du pont : la largeur rouable est égale à 7, alors le pont est de première classe
- Coefficient $b_c = 1,1$; $b_t = 1$

5.3. Calcul béton armé

Les notes de calcul des dimensionnements sont jointes en annexe 4 ; les moments trouvés y sont répertoriés. Les plans de ferrailage des ouvrages sont joints en annexe 6.

5.3.1. Résultats

Les tableaux récapitulatifs des sections d'acier obtenus suivant le mode de calcul sont les suivants :

- Dalot $D3 \times 2 \times 1,5$
 - Calcul manuel

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Tableau 24: sections d'acier du dalot D3×2×1,5 obtenues manuellement

Éléments	Lieu		Section	As principal	As répartitions	
Tablier	à mi- travée A-B et C-D	Lit inferieur	8,34 cm² ;	HA12, e = 12 cm	HA8, e = 15 cm	
	À mi- travée B-C	Lit inferieur	4,75 cm²	HA12, e = 20cm	HA8, e = 25cm	
	Aux appuis B et C	Lit supérieurs	14,51cm²	HA14, e = 10 cm	HA8, e = 10 cm	
Radier	à mis travée A-B et C-D	Lit supérieurs	9,78 cm²	HA12, e = 10 cm	HA8, e = 14 cm	
	À mi- travée B-C	Lit supérieurs	7,15 cm²	HA12, e = 12 cm	HA8, e = 20 cm	
	Aux appuis B et C	Lit inferieur	14,75 cm²	HA14, e = 10 cm	HA8, e = 10 cm	
Piédroits extérieurs	A et D		Sur chaque côté	7,49 cm²	HA12, e = 14 cm	HA8, e = 20 cm

Tableau 25: dimensionnement avec CYPE

Panneau	Position	Direction	Armature de base
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA10e=20,
		Transversal Perpendiculaire au piedroit droit	HA10e=20
	Inférieur	Longitudinal	HA10e=20
		Transversal Perpendiculaire au piedroit droit	HA10e=20
Radier	Inférieur	Longitudinal	HA12e=25
		Transversal Perpendiculaire au piedroit droit	HA12e=25,
	Supérieur	Longitudinal	HA12e=25
		Transversal Perpendiculaire au piedroit droit	HA12e=25
Piedroit gauche	Arrière	Vertical	HA10e=20
		Horizontal	HA12e=25
	Avant	Vertical	HA10e=20
		Horizontal	HA12e=25
Piedroit droit	Arrière	Vertical	HA10e=20
		Horizontal	HA12e=25

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Panneau	Position	Direction	Armature de base
	Avant	Vertical	HA10e=20
		Horizontal	HA12e=25
Mur intermédiaire 1	Gauche	Vertical	HA10e=20 -
		Horizontal	HA12e=25
	Droite	Vertical	HA10e=20
		Horizontal	HA12e=25
Mur intermédiaire 2	Gauche	Vertical	HA10e=20
		Horizontal	HA12e=25
	Droite	Vertical	HA10e=20
		Horizontal	HA12e=25

Des deux modes de calcul, nous remarquons que les sections d'acier trouvées ne sont pas loin l'une de l'autre. Néanmoins, le calcul avec le logiciel nous donne des sections d'aciers qui sont inférieures à celles trouvées avec le calcul manuel.

- Dalot 6×2×1,5

Les notes de calcul sont jointes en **annexe 4** et les plans de ferrailage sont joint en **annexe 6**

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA10e=20, patte d'ancrage=35cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA10e=20, patte d'ancrage=14cm	
	Inférieur	Longitudinal	HA10e=20, patte d'ancrage=35cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm	Renforts 1: HA10 - Cellules 1 à 1 - Longueur ini.= 0.59m - Longueur fin.= 0.83m
Radier	Inférieur	Longitudinal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA12e=25, patte d'ancrage=21cm	

*ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA
ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA
N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180*

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
	Supérieur	Longitudinal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Piédroit gauche	Arrière	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=14cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=14 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
	Avant	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
Piédroit droit	Arrière	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=14cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=14 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
	Avant	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
Mur intermédiaire 1	Gauche	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
	Droite	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
Mur intermédiaire 2	Gauche	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
	Droite	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
Mur intermédiaire 3	Gauche	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	

*ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA
ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA
N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180*

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
	Droite	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
Mur intermédiaire 4	Gauche	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
	Droite	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
Mur intermédiaire 5	Gauche	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
	Droite	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	

CHAPITRE 5 : ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET ESTIMATION DES PRIX

I. Étude d'impact environnemental

La route objet de notre étude est un facteur très important pour le déplacement des usagers et aussi pour le développement de la commune rurale ; cependant elle présente aussi certaines répercussions sur l'environnement. Ces répercussions peuvent être très désastreuses au point de menacer l'équilibre de l'écosystème. Il devient donc indispensable de mener des études environnementales afin de mesurer l'impact qu'aura l'exécution de notre projet sur l'environnement.

L'impact environnemental désigne l'ensemble des modifications qualitatives, quantitatives et fonctionnelles de l'environnement (négatives ou positives) engendrées par un projet, un processus, un procédé.

Une étude d'impact environnementale et social est une étude technique qui vise à apprécier les conséquences de toute nature d'un projet pour tenter d'en limiter, atténuer ou compenser les impacts négatifs. Il permet d'évaluer les impacts potentiels du projet sur l'environnement afin de garantir leur durabilité. Pour que l'étude soit complète, il importe de s'informer sur la législation en vigueur dans la région en matière d'environnement, d'analyser l'état actuel de l'environnement dans la zone de l'étude du projet et d'anticiper sur les impacts potentiels du projet pour en prévoir des mesures d'atténuation.

Le projet s'inscrit dans le cadre global de la stratégie nationale du secteur des transports adoptés par le gouvernement du Burkina Faso. Cette stratégie vise les objectifs majeurs qui sont :

- Le désenclavement intérieur et extérieur des pays désenclavés ;
- La réduction du coût du transport, tant à l'intérieur du pays qu'à l'international ;
- La conservation d'une accessibilité minimum à l'ensemble des régions du pays ;
- L'obtention d'un linéaire suffisant de routes circulables sur toute l'année et permettant de relier les principales villes du pays ;
- La poursuite du processus de libéralisation du secteur et la modernisation de l'administration ;

- Le soutien aux populations par le développement des infrastructures rurales et les modes de transport locaux.

1. État actuel de l'environnement de la zone de l'étude

1.1. Description du milieu physique

La zone d'étude fait part de la région de l'est. Cette région se caractérise, au plan phytogéographique, comme une aire de transition entre la zone soudanienne au sud et la zone sahélienne au nord. Elle est parcourue par une savane arborée et arbustive, avec des galeries forestières le long des cours d'eau, et une steppe. D'une province à l'autre il existe quelques particularités. Les traits physiques caractérisant le climat de la zone tels que les longues durées d'ensoleillement, les températures assez élevées, les vents secs et les longues sécheresses, contribuent à intensifier l'évapotranspiration et l'assèchement rapide des eaux de surface. La situation de la route par rapport aux aires classées indique que le projet n'affectera pas la faune, notamment les espèces protégées par le ministère chargé de l'environnement du Burkina Faso. L'aire protégée la plus proche de la route se situe à plus de 20 km à vol d'eau de la route.

1.2. Description du milieu humain

La zone d'étude fait part de la région de l'est. Cette région s'étend sur 46 807 km² soit 17,13% du territoire national pour une population estimée à 1.212.284 habitants selon les données du rapport de la banque africaine de développement. Le taux d'accroissement naturel de la région de l'Est est élevé (3,5%), dépassant celui du niveau national de 0,4 points car c'est une zone qui enregistre le plus souvent des immigrants.

La population féminine représente 50,93 % de la population recensée en 2006. La structure de la population est marquée par la très forte proportion de jeunes dont 49% ont entre 0 et 14 ans. La population comprise entre 15 et 64 ans représente 48% et celle ayant 65 ans et plus fait seulement 3%.

2. Cadre législatif au Burkina Faso en matière d'environnement

La législation au BURKINA FASO se réfère aux lois et aux différents règlements suivants :

- Loi N°005/97/ADP du 30 Janvier 1997 portant Code de l'Environnement au BURKINA FASO.

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

- Décret N°97-110/PRES du 17 Mars 1997 portant promulgation de la Loi N°005/97/ADP du 30 Janvier 1997 relative aux études et aux notices d'impact sur l'environnement.
- Décret N° 2001-342/PRES/PM/MEE portant champ d'application, contenu et procédure de l'étude et de la notice d'impact sur l'environnement
- Loi N°006/97/ADP du 31 Janvier 1997 portant Code Forestier au BURKINA FASO.
- Décret N°111/PRES du 17 Mars 1997 portant promulgation de ladite Loi relative à la protection des forêts.
- Arrêté conjoint N° 2003-008/MITH/MECV/MASSN portant création, d'une Cellule de Gestion Environnementale et Sociale (CGSES) qui en son chapitre I, Article 3 définit les missions de la Cellule de Gestion Environnementale et Sociale.

3. Impacts générés par le projet

3.1. Méthodologie d'identification des impacts

Deux phases du projet ont été considérées : d'une part celle la réhabilitation de la route et d'autre part l'exploitation de celle-ci.

Pour chacune des phases citées, les activités potentiellement sources d'impact (positif et/ou négatif) sur l'environnement ont été identifiées.

L'environnement a été subdivisé en deux composantes l'une physique qui regroupe la faune, la flore, le paysage, la qualité des eaux de surface et souterraine, l'air, le sol et les nuisances sonores ; et l'autre socio-économique dans laquelle on retrouve des domaines tels que la santé des populations et des travailleurs durant la durée du projet, les retombées économiques pour les populations, l'emploi des travailleurs, la sécurité de la zone et aussi sur le plan culturel.

3.2. Impacts positifs

- La création d'emplois,
- La stimulation et diversification des activités génératrices de revenus par des emplois pour les populations locales à court ou moyen terme (pendant la durée du projet et même après que le projet soit terminé)
- Le désenclavement des localités environnantes,
- L'amélioration des conditions de vie des populations,

- etc....

3.3. Impacts négatifs

- La perturbation temporaire de la circulation sur le tronçon.
- La pollution de l'air par la fumée à l'origine des maladies respiratoires et oculaires,
- Les nuisances sonores chez les riverains dus au bruit des engins,
- Les risques d'accidents sur le chantier,
- La pollution des sols et des eaux par les déchets solides et liquides de chantier,
- etc....

En somme le projet présente des impacts négatifs et positifs aussi bien en phase de construction qu'en phase d'exploitation. Ainsi, des mesures de prévention, d'atténuation, de compensation et de bonification ont été proposées pour que leur réalisation contribue au développement durable de la zone.

4. Mesures d'atténuation et de bonification

- La qualité de l'air : arroser systématiquement les chantiers à la traversée de l'agglomération ou des habitats de masse en rase campagne.
- L'ambiance sonore : éviter si possible les travaux de nuit à proximité des habitations ;
- La protection des sols : remettre en état les sols dans les zones des emprunts, collecter les déchets solides et liquides.
- La protection des eaux de surface et souterraines : collecter les déchets solides et liquides, confectionner des cuves pour contenir les fuites d'hydrocarbure des motopompes ;
- La protection des lits des cours d'eau de la commune dont la plupart est saisonnière, contre des déchets.
- La compensation de la végétation détruite : planté des arbres d'alignement.
- La création d'emplois : embaucher la main d'œuvre locale.
- La circulation : sensibiliser les populations à la circulation routière, signaler adéquatement le chantier, imposer une limitation de vitesse de circulation des engins de chantier, contourner les lieux fréquenter.
- Remettre en état ou valoriser les zones d'emprunts de matériaux, enlever le matériel et les épaves d'engins après les travaux.

II. Estimation des prix

On appelle métré une technique qui permet de quantifier et d'estimer les quantités des matériaux et leurs couts pour la réalisation d'un projet de travaux public. Compte tenu de la variation des prix sur le marché national, ce métré donne une idée sur le cout global du projet. L'étude détaillé de l'avant métré du projet est jointe en annexe 5.

Tableau 26: estimation des prix

référence	Désignation des travaux	Montant (FCFA)
000	Installation et repli de chantier	275.000.000
100	travaux préparatoire	24.045.000
200	terrassment généraux	32.025.000
300	chaussée	2.487.143.760
400	Assainissement et drainage	592.461.000
500	ouvrage d'art	273.547.304
600	signalisation et sécurité routière	36.011.650
700	mesures environnementales et sociales	40.000.000
	Total HTVA	3.760.233.714
	TVA à 18%	112.807.011,4
	IMPREVUS 3%	697.147.330,6
	TOTAL TTC	4.570.188.056

CONCLUSION ET RECOMMANDATION

L'étude ainsi réalisée a concerné une partie de la RN04 soit l'aménagement d'un linéaire de 10 km de voiries et de deux ouvrages d'art de franchissement, deux dalots à multiples ouvertures en béton armé. Cette route prévue pour assurer un trafic important, nous avons tenu compte du confort et de la sécurité des usagers tout en essayant de respecter au mieux les contraintes environnementales. Le but final étant de pouvoir proposer un projet réaliste, techniquement réalisable à un coût acceptable, nous avons fait des propositions techniques sur la structure de la chaussée, le réseau d'assainissement et la signalisation routière. Le tout pour un montant global de *quatre milliard cinq soixante-dix mille cent quatre-vingt-huit mille cinquante-six 4.570.188.056*. Il a été pour nous d'une part l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.

En guise de recommandation, nous préconisons l'entretien de la route. Il doit être périodique pour minimiser les dégradations et les véhicules dont les charges à l'essieu dépassent ceux recommander doivent payer des taxes, mais aussi installer les systèmes de pesage aux frontière.

Bibliographie

- [1] SETRA 1994 : Aménagement des routes principales ; Guide Technique
- [2] CEBTP 1984 : Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux (Réimpression avec mise à jour) par le Centre Expérimental de Recherches et d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics.
- [3] FAO 1996 : Crues et apports : manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche,
- [5] Ministère de la coopération française, Juillet 1972 ; Manuel d'exécution de petits ouvrages routier en Afrique.
- [6] RODIER J, 1993 ; Hydrologie continentale, Orstom - volume 8, N°2, p 136-160.
- [7] Cahier des prescriptions communes applicables au marchés de travaux publics ; Fascicule N°61 conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art, titre II : programme de charges et épreuves de ponts routes par le Ministère de l'Équipement et du Logement
- [8] SETRA, décembre 2006 ; Manuel de référence – conception d'infrastructures linéaires,
- [9] Méthode de calcul des crues décennal pour les petits moyens bassins versants en Afrique de l'ouest et central :2^{ème} édition
- [10] OUEDRAOGO Stéphane, 2016 ; Mémoire de fin d'étude
- [10] TECHNI-CONSULT, 2011 ; Rapport de synthèse CU2a

ANNEXES

ANNEXE 1: ETUDE GEOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE	55
ANNEXE 2: ETUDE GEOMETRIQUE	65
ANNEXE 3: DONNEES HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUES	68
ANNEXE 4: DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES OUVRAGES	71
ANNEXE 5: ESTIMATION DES PRIX	104
ANNEXE 6: IMAGES DES DÉGRADATIONS OBSERVÉES	107

ANNEXE 1: ETUDE GEOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

I. Niveau de dégradation

pk début	pk fin	dégradation	
168,7	172,75	arrachement	2
170,4	170,45	réparation	2
172,7	172,9	arrachement	2
172,75	172,95	arrachement	3
172,95	173,7	réparation	2
172,6	172,7	réparation	2
174,95	175,15	fissures	2
174,6	179,2	fissures	
176,25	176,35	accotements	2
179,6	192	arrachement	
178	180,6	accotements	2

II. Calcul des déflexions

pk	cote	lecture	déflexion	dmoy	écart type	defl.cara
170000	D	21	84	52,8	2,79427987	56,4325638
170100	A	10	40	52,8	2,79427987	56,4325638
170200	G	7	28	50,4	2,61686836	53,8019289
170300	D	6	24	44,8	3,68347662	49,5885196
170400	A	14	56	46,4	3,68347662	51,1885196
170500	G	6	24	34,4	13,7404512	52,2625866
170600	D	10	40	34,4	13,7404512	52,2625866
170700	A	9	36	36	13,2664992	53,2464489
170800	G	6	24	36	13,2664992	53,2464489
170900	D	11	44	33,6	9,20869155	45,571299
171000	A	17	68	42,4	16,1493034	63,3940944
171100	G	16	6	35,6	23,0824609	65,6071991
171200	D	13	52	38,8	24,23221	70,301873

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

171300	A	10	40	42	22,8035085	71,6445611
171400	G	19	76	48,4	27,5099982	84,1629976
171500	D	12	48	44,4	25,3140277	77,3082361
171600	A	13	52	53,6	13,4461891	71,0800458
171700	G	20	80	59,2	17,7538728	82,2800347
171800	D	23	92	69,6	18,8891503	94,1558954
171900	A	22	88	72	20,5912603	98,7686384
172000	G	24	96	81,6	17,5727061	104,444518
172100	D	23	92	89,6	6,06630036	97,4861905
172200	A	22	88	91,2	3,34664011	95,5506321
172300	G	22	88	90,4	3,57770876	95,0510214
172400	D	22	88	90,4	3,57770876	95,0510214
172500	A	31	124	96	15,7480157	116,47242
172600	G	18	72	92	19,1833261	116,938324
172700	D	21	84	91,2	19,4730583	116,514976
172800	A	20	80	89,6	20,1196421	115,755535
172900	G	24	96	91,2	20,278067	117,561487
173000	D	19	76	81,6	9,20869155	93,571299
173100	A	20	80	83,2	7,69415362	93,2023997
173200	G	19	76	81,6	8,29457654	92,3829495
173300	D	22	88	83,2	8,67179336	94,4733314
173400	A	19	76	79,2	5,21536192	85,9799705
173500	G	20	80	80	4,89897949	86,3686733
173600	D	9	36	71,2	20,278067	97,5614871
173700	A	10	40	64	24,1660919	95,4159195
173800	G	9	36	53,6	22,3785612	82,6921295
173900	D	13	52	48,8	18,6333035	73,0232946
174000	A	10	40	40,8	6,57267069	49,3444719
174100	G	11	44	42,4	6,06630036	50,2861905
174200	D	10	40	42,4	6,06630036	50,2861905
174300	A	10	40	43,2	5,21536192	49,9799705

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

174400	G	5	20	36,8	9,54986911	49,2148298
174500	D	10	40	36,8	9,54986911	49,2148298
174600	A	7	28	33,6	9,20869155	45,571299
174700	G	24	96	44,8	29,8529731	83,608865
174800	D	18	72	51,2	31,9249119	92,7023855
174900	A	12	48	56,8	27,1882327	92,1447026
175000	G	13	52	59,2	25,8302149	92,7792793
175100	D	12	48	63,2	20,8614477	90,319882
175200	A	18	72	58,4	12,5219807	74,6785749
175300	G	17	68	57,6	11,5238882	72,5810547
175400	D	20	80	64	13,56466	81,634058
175500	A	19	76	68,8	12,4579292	84,995308
175600	G	22	88	76,8	7,69415362	86,8023997
175700	D	19	76	77,6	7,26636085	87,0462691
175800	A	19	76	79,2	5,21536192	85,9799705
175900	G	8	32	69,6	21,6517898	97,7473267
176000	D	12	48	64	23,1516738	94,0971759
176100	A	14	56	57,6	18,8891503	82,1558954
176200	G	18	72	56,8	17,977764	80,1710933
176300	D	15	60	53,6	14,8593405	72,9171426
176400	A	15	60	59,2	8,67179336	70,4733314
176500	G	16	64	62,4	6,06630036	70,2861905
176600	D	22	88	68,8	11,798305	84,1377965
176700	A	22	88	72	14,6969385	91,10602
176800	G	22	88	77,6	14,3108351	96,2040856
176900	D	24	96	84,8	12,1326007	100,572381
177000	A	23	92	90,4	3,57770876	95,0510214
177100	G	10	80	88,8	5,93295879	96,5128464
177200	D	20	80	87,2	7,15541753	96,5020428
177300	A	18	72	84	9,79795897	96,7373467
177400	G	16	64	77,6	10,4307238	91,159941

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

177500	D	10	40	67,2	16,5891531	88,765899
177600	A	14	56	62,4	15,3883072	82,4047994
177700	G	13	52	56,8	12,1326007	72,5723809
177800	D	18	72	56,8	12,1326007	72,5723809
177900	A	23	92	62,4	20,1196421	88,5555348
178000	G	20	80	70,4	16,6373075	92,0284997
178100	D	13	52	69,6	17,5727061	92,4445179
178200	A	19	76	74,4	14,587666	93,3639658
178300	G	17	68	73,6	14,8593405	92,9171426
178400	D	17	68	68,8	10,7331263	82,7530642
178500	A	15	60	64,8	9,1214034	76,6578244
178600	G	12	48	64	10,5830052	77,7579068
178700	D	12	48	58,4	10,0399203	71,4518964
178800	A	23	92	63,2	18,1989011	86,8585714
178900	G	14	56	60,8	18,1989011	84,4585714
179000	D	16	64	61,6	18,2428068	85,3156488
179100	A	15	60	64	16,7332005	85,7531607
179200	G	12	48	64	16,7332005	85,7531607
179300	D	18	72	60	8,94427191	71,6275535
179400	A	25	100	68,8	19,4730583	94,1149758
179500	G	17	68	69,6	19,3080294	94,7004382
179600	D	20	80	73,6	18,8891503	98,1558954
179700	A	8	32	70,4	24,7547975	102,581237
179800	G	8	32	62,4	30,0133304	101,417329
179900	D	10	40	50,4	22,1990991	79,2588288
180000	A	7	28	42,4	21,4662526	70,3061284

III. Choix de renforcement

Q1 \ T1	T1	T2	T3	T4	T5						
Q1											
Q2											
Q3		<table border="1"> <tr><td>E5</td></tr> <tr><td>20 GLC</td></tr> </table>	E5	20 GLC	<table border="1"> <tr><td>5BB</td></tr> <tr><td>22GLC</td></tr> </table>	5BB	22GLC				
E5											
20 GLC											
5BB											
22GLC											
Q4	<table border="1"> <tr><td>E5</td></tr> <tr><td>20 GLC</td></tr> </table>	E5	20 GLC	<table border="1"> <tr><td>E5 / T5</td></tr> <tr><td>22 GLC</td></tr> </table>	E5 / T5	22 GLC	<table border="1"> <tr><td>5 BB</td></tr> <tr><td>25 GLC</td></tr> </table>	5 BB	25 GLC		
E5											
20 GLC											
E5 / T5											
22 GLC											
5 BB											
25 GLC											
Q5	<table border="1"> <tr><td>E5</td></tr> <tr><td>22 GLC</td></tr> </table>	E5	22 GLC	<table border="1"> <tr><td>E5</td></tr> <tr><td>25 GLC</td></tr> </table>	E5	25 GLC	<table border="1"> <tr><td>5 BB</td></tr> <tr><td>28 GLC</td></tr> </table>	5 BB	28 GLC		
E5											
22 GLC											
E5											
25 GLC											
5 BB											
28 GLC											

IV. Vérification Avec Alizée

Alizé-LCPC - Dimensionnement des structures de chaussées selon la méthode rationnelle
LCPC-Sétra

Signalement du calcul :

Données Structure : saisie écran, sans nom

Titre de l'étude : sans titre

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Données Chargement :

Jumelage standard de 65 kN

Pression verticale : 0,6620 MPa

Rayon de contact : 0,1250 m

Entraxe jumelage : 0,3750 m

Unités : m, MN et MPa ; déformations en $\mu\text{d}\acute{e}\text{f}$; déflexions en mm/100

Notations :

X=axe transversal Y=axe longitudinal Z=axe vertical

R=axe vertical roue J=axe vertical entre-jumelage

Variante de calcul n°3

Tableau 1+2 (synthèse) :

Tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et

Compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale

	Niveau	EpsilonT	SigmaT	EpsilonZ	SigmaZ
	Calcul	horizontale	horizontale	verticale	verticale
----- surface (z=0.000) -----					
h= 0,050 m	0,000m		28,0 X-J	0,149 X-J	107,7 Z-R 0,659 Z-R
E= 1300,0 MPa					
nu= 0,350	0,050m		52,0 X-R	0,194 X-J	216,8 Z-R 0,600 Z-R
----- collé (z=0,050m) -----					
h= 0,080 m	0,050m		52,0 X-R	0,382 X-J	67,7 Z-R 0,600 Z-R
E= 2700,0 MPa					

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

nu= 0,350 0,130m -130,7 Y-R -0,336 Y-R 194,5 Z-R 0,314 Z-R

----- collé (z=0,130m) -----

h= 0,200 m 0,130m -130,7 Y-R 0,007 Y-J 366,6 Z-R 0,314 Z-R

E= 800,0 MPa

nu= 0,350 0,330m -194,5 Y-J -0,172 Y-J 220,7 Z-J 0,074 Z-J

----- collé (z=0,330m) -----

h= 0,300 m 0,330m -194,5 Y-J -0,013 Y-J 393,5 Z-J 0,074 Z-J

E= 200,0 MPa

nu= 0,350 0,630m -129,8 Y-J -0,022 Y-J 223,0 Z-J 0,030 Z-J

----- collé (z=0,630m) -----

h infini0,630m -129,8 Y-J -0,003 Y-J 317,1 Z-J 0,030 Z-J

E= 100,0 MPa

nu= 0,350

Déflexion maximale = 42,7 mm/100 (entre-jumelage)

Rayon de courbure = 278,9 m (entre-jumelage)

Variante de calcul n°3

Tableau 1+2 (synthèse) :

Tractions principales majeures dans le plan horizontal XoY et

Compressions principales majeures selon la verticale ZZ ; déflexion maximale

Niveau	EpsilonT	SigmaT	EpsilonZ	SigmaZ
Calcul	horizontale	horizontale	verticale	verticale

----- surface (z=0.000) -----

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

h= 0,050 m 0,000m 28,0 X-J 0,149 X-J 107,7 Z-R 0,659 Z-R

E= 1300,0 MPa

nu= 0,350 0,050m 52,0 X-R 0,194 X-J 216,8 Z-R 0,600 Z-R

----- collé (z=0,050m) -----

h= 0,080 m 0,050m 52,0 X-R 0,382 X-J 67,7 Z-R 0,600 Z-R

E= 2700,0 MPa

nu= 0,350 0,130m -130,7 Y-R -0,336 Y-R 194,5 Z-R 0,314 Z-R

----- collé (z=0,130m) -----

h= 0,200 m 0,130m -130,7 Y-R 0,007 Y-J 366,6 Z-R 0,314 Z-R

E= 800,0 MPa

nu= 0,350 0,330m -194,5 Y-J -0,172 Y-J 220,7 Z-J 0,074 Z-J

----- collé (z=0,330m) -----

h= 0,300 m 0,330m -194,5 Y-J -0,013 Y-J 393,5 Z-J 0,074 Z-J

E= 200,0 MPa

nu= 0,350 0,630m -129,8 Y-J -0,022 Y-J 223,0 Z-J 0,030 Z-J

----- collé (z=0,630m) -----

h infini 0,630m -129,8 Y-J -0,003 Y-J 317,1 Z-J 0,030 Z-J

E= 100,0 MPa

nu= 0,350

Déflexion maximale = 42,7 mm/100 (entre-jumelage)

Rayon de courbure = 278,9 m (entre-jumelage)

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

variante 3 : Durée=00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coef. Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μ déf)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μ déf)	SigmaZ (MPa)
0,050	1300,0	0,350	0,000	28,0	0,149	107,7	0,659
	collé		0,050	52,0	0,194	216,8	0,600
0,080	2700,0	0,350	0,050	52,0	0,382	67,7	0,600
	collé		0,130	-130,7	-0,336	194,5	0,314
0,200	800,0	0,350	0,130	-130,7	0,007	366,6	0,314
	collé		0,330	-194,5	-0,172	220,7	0,074
0,300	200,0	0,350	0,330	-194,5	-0,013	393,5	0,074
	collé		0,630	-129,8	-0,022	223,0	0,030
infini	100,0	0,350	0,630	-129,8	-0,003	317,1	0,030

Grandeurs affichées

tableau 1 tableau 2
 tableau 3 tableau 4
 tableau 5 tableau 6
 tableau 7 tableau 8

Déflexion = 42,7 mm/100

entre-jumelage

Rdc = 278,9 m

Imprimer Enregistrer
 Variante n-1 Variante n+1
 Voir Chargt. Fermer

Alizé-Lcpc ...

- 1-EpsiT= 143,1
- 2-EpsiT= 133,3
- 3-EpsiZ= 423,1

effacer=dbl 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.

ANNEXE 2: ETUDE GEOMETRIQUE

*ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA
ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA
N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180*

I. Axe en plan

Axe En Plan					
Éléments Caractéristiques			Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement 51.8595 g	513.063	0.000	934622.168	1366491.268
Arc 1	Rayon -1100.000 m Centre X 935750.169 m Centre Y 1366043.106 m	37.529	513.063	934995.400	1366843.308
Droite 2	Gisement 54.0315 g	1335.241	550.592	935023.134	1366868.588
Arc 2	Rayon 1000.000 m Centre X 935364.210 m Centre Y 1368501.542 m	1.042	1885.834	936025.150	1367751.103
Droite 3	Gisement 53.9652 g	1178.953	1886.876	936025.932	1367751.792
Arc 3	Rayon 900.000 m Centre X 936314.300 m Centre Y 1369206.706 m	141.426	3065.828	936909.850	1368531.932
Droite 4	Gisement 43.9614 g	1498.989	3207.254	937008.110	1368633.445
Arc 4	Rayon 900.000 m Centre X 937269.091 m Centre Y 1370362.277 m	60.881	4706.243	937962.901	1369789.016
Droite 5	Gisement 39.6549 g	1241.876	4767.125	938000.063	1369837.225
Arc 5	Rayon 1000.000 m Centre X 937912.371 m Centre Y 1371429.257 m	51.171	6009.001	938724.562	1370845.867
Droite 6	Gisement 36.3972 g	1269.218	6060.172	938753.339	1370888.173
Arc 6	Rayon -900.000 m Centre X 940196.965 m Centre Y 1371468.569 m	13.609	7329.390	939440.093	1371955.545
Droite 7	Gisement 37.3599 g	973.106	7342.999	939447.543	1371966.933
Arc 7	Rayon -1100.000 m Centre X 940902.349 m	652.382	8316.104	939986.389	1372777.229

*ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA
ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA
N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180*

	Centre Y	1372168.117 m				
Droite 8	Gisement	75.1162 g	1031.513	8968.487	940483.252	1373185.151
				10000.00	941436.965	1373578.154
				0		
Longueur totale de l'axe 10000.000 mètre(s)						

ANNEXE 3: DONNEES HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUES

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

I. Caractéristiques des bassins versants

N°	surface	périmètre	Long thalweg	Ig (m/km)	Catégorie bassin	Dénivelle spécifique	Type de relief
61	17,01	17,25	3,93	3,3	R2	Relief faible	
62	14,52	11,8	2,89	6,6	R3	Relief faible	
63	4,48	7,91	2,17	6,9	R3	Relief faible	

II. Calcul du Kr en fonction de l'indice global Ig

Tableau 27: Kr70 en fonction de l'indice global

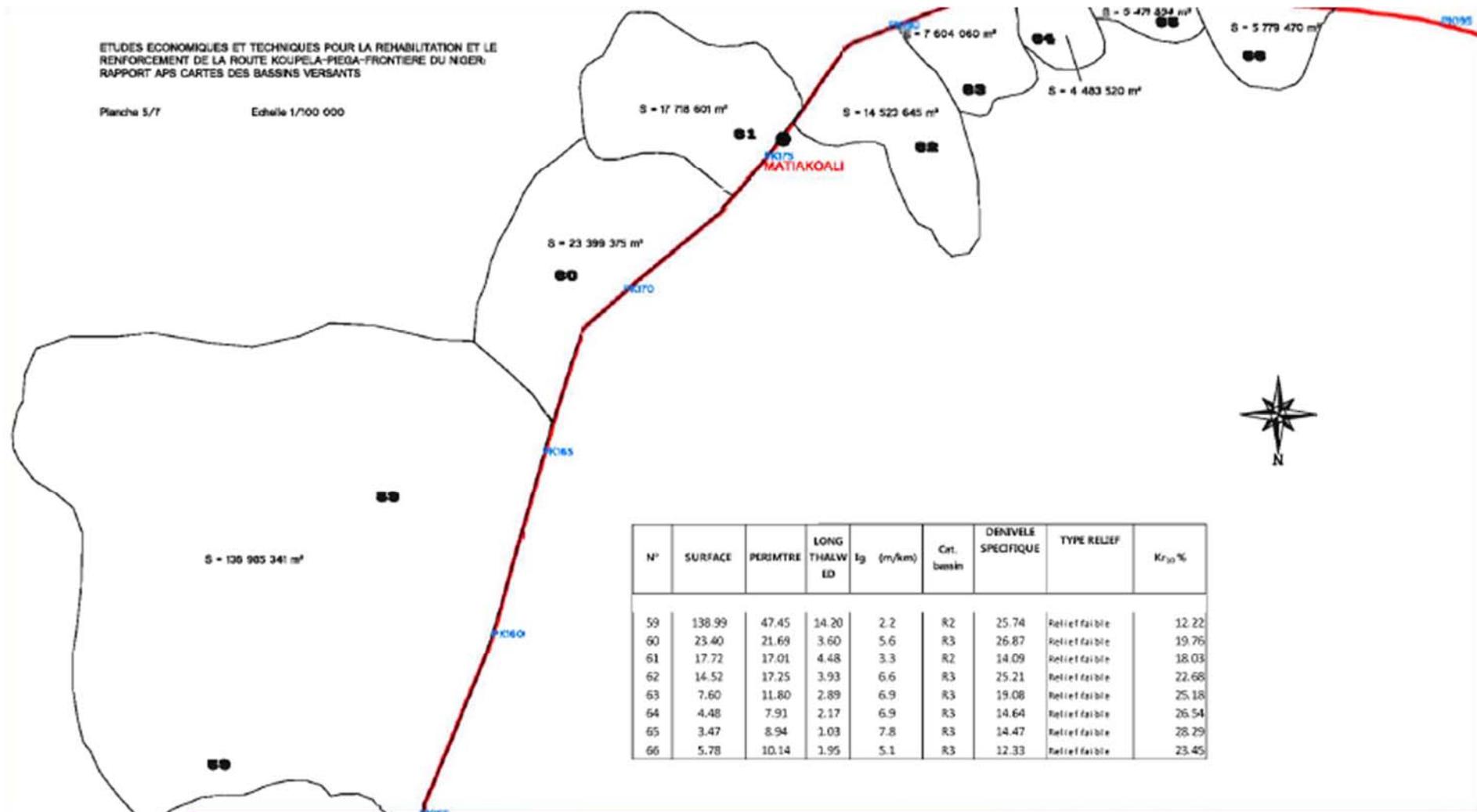
caractéristiques		a'	b'	c'
infiltrabilité	pente			
I	15	2000	100	29,5
	7	1620	100	27,5
	3	1250	100	25
RI	15	250	20	21,7
	7	200	20	18,5
	3	150	20	15
P	7	50	15	8

Tableau 28: Kr100 en fonction de l'indice global

caractéristiques		a'	b'	c'
infiltrabilité	pente			
I	15	2400	100	32
	7	1940	100	30
	3	1440	100	28
RI	15	325	30	26
	7	240	30	22
	3	200	30	17

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

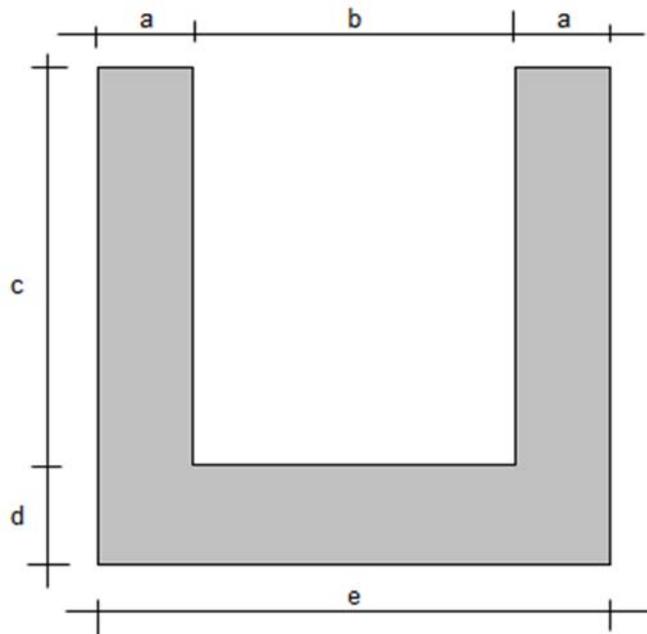
III. Carte des bassins versant



ANNEXE 4: DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL DES OUVRAGES

NOTE DE CALCUL DES CANNIVAUX

I. SCHEMAS DE PRINCIPE :



II. HYPOTHESES

- Les chargements à considérer sont ceux définis dans le Titre II du fascicule 61 (Conception, Calcul et Épreuves des ouvrages d'Art) du Cahier des Prescriptions Communes applicables aux marchés de travaux publics de l'État Français.
- Les règles de calcul béton armé sont celles définies dans le BAEL 91 modifié 99
- Fissuration considérée peu préjudiciable

III. LES CAS DE CHARGEMENT A ETUDIER

VOILES : Poussées dues à la roue de 10T concentrée stationnée à fleur du piédroit

RADIER : Le radier est à étudier sous les efforts qui lui sont transmis par les voiles

IV. MATERIAUX :

Béton :

Fc28	25	Mpa
Ft28	2,1	Mpa
f _{bu}	14,1666667	Mpa
Sbc	-	Mpa
r _b	2,5	T/m ³
N _u (ELS)	0,2	

Armatures :

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Fissuration Très préjudiciable (oui/non)	non	
Fissuration préjudiciable (oui/non)	non	
Fissuration peu préjudiciable (oui/non)	oui	
Fe E...	400	Mpa
f_{cd}	347,83	Mpa
S_s	347,83	Mpa
Enrobage	3	cm

Sol :

r_s	2 T/m ³
Angle de frottement interne:	30 dg
Coefficient de poussée:	0,33
Contrainte admissible:	1 bar

V. CANNIVAUX 1,5×1,5

1. DONNEES DU PROBLEME

GEOMETRIE :

Épaisseur du voile	a	0,15	m
Hauteur libre du canal	c	1,5	m
Ouverture du canal	b	1,5	m
Épaisseur du radier	d	0,15	m
Largeur totale du canal	e	1,8	m

2. CALCULS

a. PIEDROITS

i. PIEDROIT SOUMIS AUX POUSSEES DES TERRES ET DE LA ROUE Br

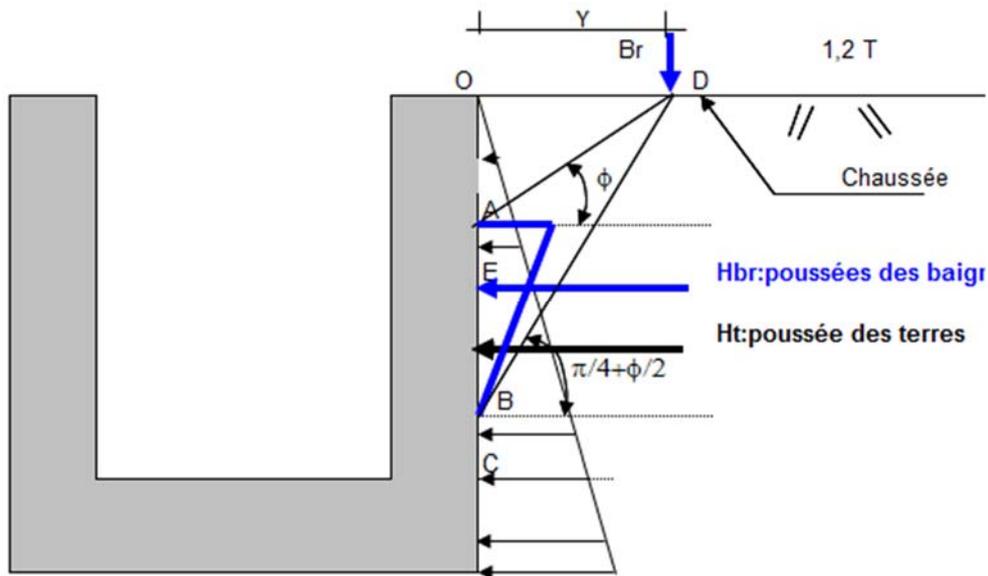
Le piédroit est simultanément soumis à :

* Poussées des terres ; résultante Ht

* Poussées dues à la présence des baigneurs Br adjacente à la paroi du piédroit. (Surface d'impact de la résultante de poids des baigneurs : 60 x 30 cm²) ; résultante Hbr

La répartition des poussées de la roue le long du piédroit est comme suit :

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180



OD : distance de l'axe de la surface d'impact de la roue au piédroit ;

OA : zone du piédroit soumise à aucune poussée de roue ;

AB : zone soumise aux poussées de roue.

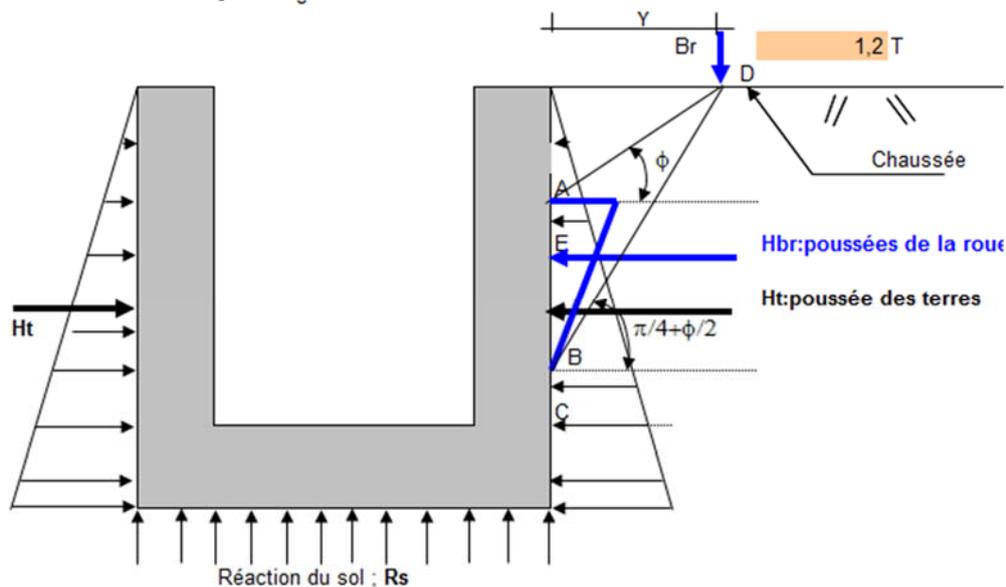
	OD	0,3	m
	OA	0,173	m
	OB	0,520	m
	AB	0,347	m
	AE	0,116	m
Point d'application de la résultante Hbr/ encastrement:	EC	1,211	m
Angle de diffusion longitudinale des charges		27	Dg
Longueur de paroi influencée		0,830	m
Résultante Hbr des poussées latérales dues à Br		0,23	T/ml
Résultante Ht des poussées latérales des terres		0,75	T/ml
Moment d'encastrement dû à Hbr	Mbr	0,280	T.m/ml
Moment d'encastrement dû à Ht	Mt	0,375	T.m/ml
Moment d'encastrement dû à ces poussées à l'ELU:	Mu	0,93	T.m/ml
Le piédroit est calculé sous flexion simple			
Moment réduit limite de l'acier	Nul	0,392	
Largeur de section	bo	1,00	m
Hauteur utile des aciers	d1	0,12	m
Moment réduit du béton	Nub	0,045	
Alpha	a	0,058	

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Bras de levier des aciers	Zb	0,117	m
Section d'armature comprimée	A'u	0	cm ²
Section d'armature tendue	Au	2,27	cm ² /ml
Acier minimal	Amin	1,45	cm ² /ml

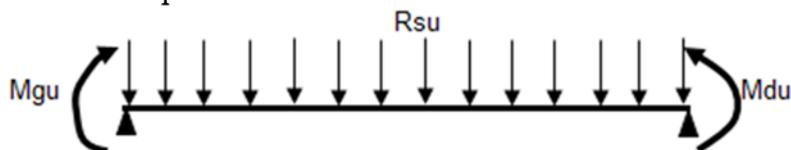
b. RADIER :

Schéma du chargement défavorable au radier :



Réaction du sol à l'ELU:	Rsu	-0,84	T/ml
Moment d'encastrement à droite du radier à l'ELU:	Mdu	0,93	T.m/ml
Moment d'encastrement à gauche du radier à l'ELU:	Mgu	0,51	T.m/ml

Le radier se prêtera au schémas de fonctionnement suivant :



Réaction d'appui gauche		-0,44	T/ml
Le moment maximal à l'axe du radier est:		0,59	T.m/ml

On adoptera donc pour le radier, le même ferrailage que le piédroit.

VI. CANNIVAUX 1,0×1,0

1. DONNEES DU PROBLEME

Géométrie :

Épaisseur du voile	a	0,15	m
Hauteur libre du canal	c	1	m
Ouverture du canal	b	1	m
Épaisseur du radier	d	0,15	m
Largeur totale du canal	e	1,3	m

3. CALCULS

a. PIEDROITS

i. PIEDROIT SOUMIS AUX POUSSEES DES TERRES ET DE LA ROUE Br

Le piédroit est simultanément soumis à :

* Poussées des terres ; résultante Ht

* Poussées dues à la présence des baigneurs Br adjacente à la paroi du piédroit. (Surface d'impact de la résultante de poids des baigneurs : 60 x 30 cm²) ; résultante Hbr

OD : distance de l'axe de la surface d'impact de la roue au piédroit ;

OA : zone du piédroit soumis à aucune poussée de roue ;

AB : zone soumise aux poussées de roue.

	OD	0,3	m
	OA	0,173	m
	OB	0,520	m
	AB	0,347	m
	AE	0,116	m
Point d'application de la résultante Hbr/ encastrement:	EC	0,711	m
Angle de diffusion longitudinale des charges		27	Dg
Longueur de paroi influencée		0,830	m
Résultante Hbr des poussées latérales dues à Br		0,23	T/ml
Résultante Ht des poussées latérales des terres		0,33	T/ml
Moment d'encastrement dû à Hbr	Mbr	0,164	T.m/ml
Moment d'encastrement dû à Ht	Mt	0,111	T.m/ml
Moment d'encastrement dû à ces poussées à l'ELU:	Mu	0,40	T.m/ml
Le piédroit est calculé sous flexion simple			
Moment réduit limite de l'acier	Nul	0,392	
Largeur de section	bo	1,00	m

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Hauteur utile des aciers	d1	0,12	m
Moment réduit du béton	Nub	0,019	
Alpha	a	0,025	
Bras de levier des aciers	Zb	0,119	m
Section d'armature comprimée	A'u	0	cm ²
Section d'armature tendue	Au	0,96	cm ² /ml
Acier minimal	Amin	1,45	cm ² /ml

b. RADIER :

Réaction du sol à l'ELU:	Rsu	-0,78	T/ml
Moment d'encastrement à droite du radier à l'ELU:	Mdu	0,40	T.m/ml
Moment d'encastrement à gauche du radier à l'ELU:	Mgu	0,15	T.m/ml

Réaction d'appui gauche	-0,23	T/ml
Le moment maximal à l'axe du radier est:	0,08	T.m/ml

On adoptera donc pour le radier, le même ferrailage que le piédroit.

VII. CANNIVAUX 0,8×0,8

1. DONNEES DU PROBLEME

GEOMETRIE :

Épaisseur du voile	a	0,15	m
Hauteur libre du canal	c	1,5	m
Ouverture du canal	b	1,5	m
Épaisseur du radier	d	0,15	m
Largeur totale du canal	e	1,8	m

4. CALCULS

a. PIEDROITS

i. PIEDROIT SOUMIS AUX POUSSEES DES TERRES ET DE LA ROUE Br

Le piédroit est simultanément soumis à :

* Poussées des terres ; résultante Ht

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

* Poussées dues à la présence des baigneurs Br adjacente à la paroi du piédroit. (Surface d'impact de la résultante de poids des baigneurs : 60 x 30 cm²) ; résultante Hbr

OD : distance de l'axe de la surface d'impact de la roue au piédroit ;

OA : zone du piédroit soumis à aucune poussée de roue ;

AB : zone soumise aux poussées de roue.

	OD	0,3	m
	OA	0,173	m
	OB	0,520	m
	AB	0,347	m
	AE	0,116	m
Point d'application de la résultante Hbr/ encastrement:	EC	0,511	m
Angle de diffusion longitudinale des charges		27	Dg
Longueur de paroi influencée		0,830	m
Résultante Hbr des poussées latérales dues à Br		0,23	T/ml
Résultante Ht des poussées latérales des terres		0,21	T/ml
Moment d'encastrement dû à Hbr	Mbr	0,118	T.m/ml
Moment d'encastrement dû à Ht	Mt	0,057	T.m/ml
Moment d'encastrement dû à ces poussées à l'ELU:	Mu	0,25	T.m/ml
Le piédroit est calculé sous flexion simple			
Moment réduit limite de l'acier	Nul	0,392	
Largeur de section	bo	1,00	m
Hauteur utile des aciers	d1	0,12	m
Moment réduit du béton	Nub	0,012	
Alpha	a	0,016	
Bras de levier des aciers	Zb	0,119	m
Section d'armature comprimée	A'u	0	cm ²
Section d'armature tendue	Au	0,61	cm ² /ml
Acier minimal	Amin	1,45	cm ² /ml

b. RADIER :

Réaction du sol à l'ELU:	Rsu	-0,74	T/ml
Moment d'encastrement à droite du radier à l'ELU:	Mdu	0,25	T.m/ml
Moment d'encastrement à gauche du radier à l'ELU:	Mgu	0,08	T.m/ml

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Réaction d'appui gauche	-0,16	T/ml
Le moment maximal à l'axe du radier est:	-0,02	T.m/ml

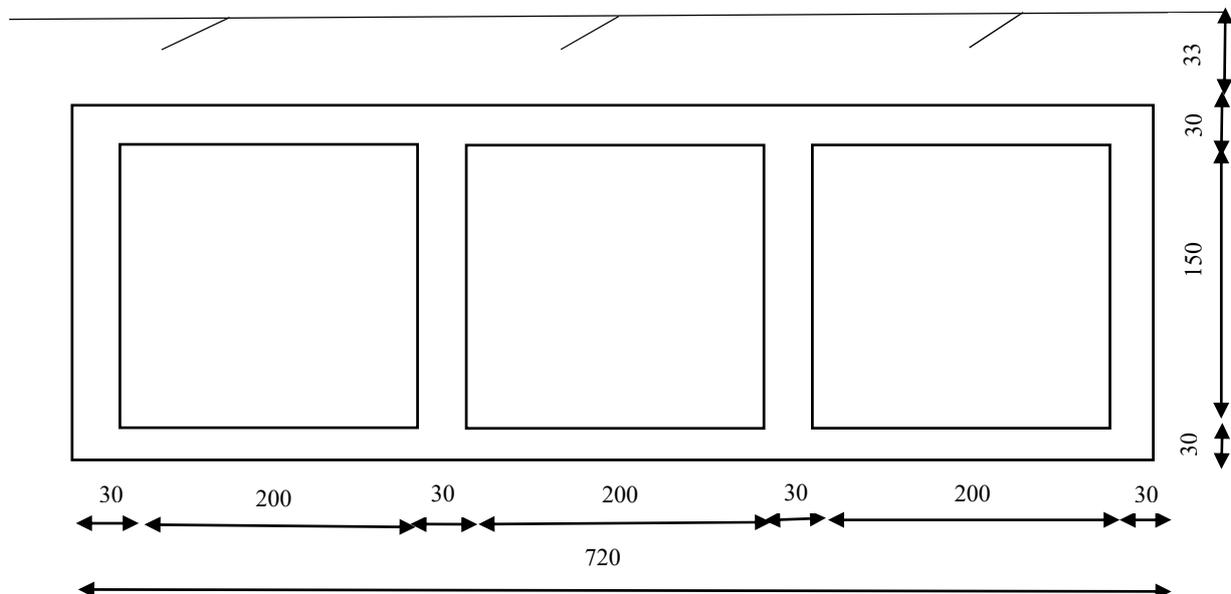
On adoptera donc pour le radier, le même ferrailage que le piédroit.

VIII. SECTION D'ACIER

	0,80×0,80	1,00×1,00	1,50×1,50
Au (Section à l'ELU)	0,61 cm ² /ml	0,96 cm ² /ml	2,27 cm ² /ml
Amin (Condition de non fragilité)	1,45 cm ² /ml	1,45 cm ² /ml	1,45 cm ² /ml
Armatures principales	4 HA 8 espacé de 25 cm	4 HA 8 espacé de 25 cm	5 HA 8 espacé de 20 cm
Armatures de répartition	4 HA 8 espacé de 20cm	5 HA 8 espacé de 20cm	10 HA 8 espacé de 15cm

NOTE DE CALCUL DALOT : CALCUL MANNUEL

Dalot 3x 2x1,5



Hypothèse de base

Géométrie

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

- Épaisseur piédroit : 30 cm
- Épaisseur Tablier / Radier : 30 cm
- Gabarit (h) : 150 cm
- Largeur : 200 cm

Matériaux :

- Béton :
- $f_{c28} = 25$ Mpa
- $f_{t28} = 2,1$ Mpa

$$\sigma_{bc} = 15 ; \rho_b = 2,5 t/m^2$$

Armatures :

Fissuration préjudiciable

$$f_e = 400 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_s = 201,63 \text{ Mpa}$$

$$\text{Enrobage} = 3 \text{ cm}$$

$$\text{Poids volumique du sol} = 2.0 \text{ T/m}^3$$

$$\text{Angle de frottement interne} = 32^\circ$$

$$\text{Coefficient de poussée des terres } K = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{32}{2} \right) = 0,307$$

$$\text{Contrainte admissible} = 1,5 \text{ bar}$$

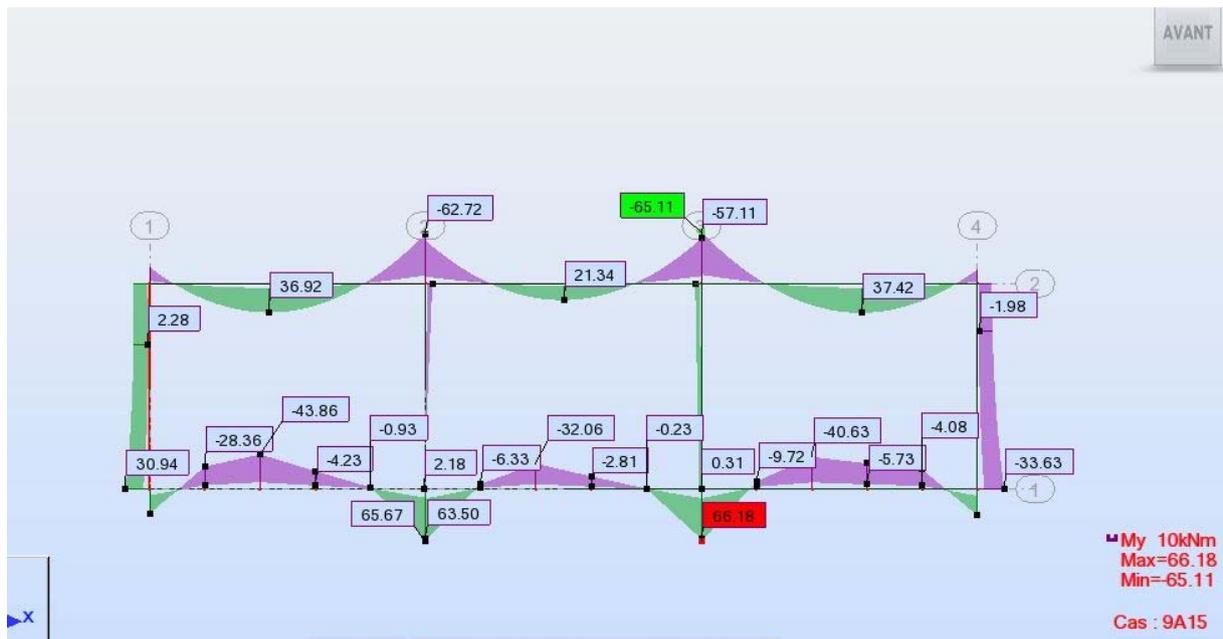
Donnée divers :

- Largeur roulable = largeur chargeable = 7 m
- Nombre de voie de circulation : $N = \frac{L_c}{3} = \frac{7}{3} = 2,33$

$$N = 2 \text{ voies}$$

- Classe du pont : la largeur roulable est égale à 7 = le pont est de la première classe
- Coefficient $b_c = 1,1$; $b_t = 1$

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180



Après modélisation nous avons trouvés ce diagramme des moments qui est le plus défavorable.

- Récapitulatif des valeurs de moment et effort obtenue

Moment et effort obtenue à l'ELS (Kn.m/ml)			
Moment sur tablier	à mi- travée A-B et C-D	Lit inferieur	37,42
	A mi- travée B-C	Lit inferieur	21,34
	Aux appuis B et C	Lit supérieurs	65,11
Moment sur radier	à mis travée A-B et C-D	Lit supérieurs	43,86
	A mi- travée B-C	Lit supérieurs	32,06
	Aux appuis B et C	Lit inferieur	66,18
Piédroits extérieurs		Lit supérieur	37,13
		Lit supérieur	33,63

- Calcul des aciers
 - Calcul des armatures du Tablier (flexion simple)

a) lit inférieur (mi- travée AB-CD)

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

ELLS

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	b = 1,00 m
	Hauteur utile des aciers tendus	d = 0,27 m
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	d' = 0,03 m
Contrainte de l'acier utilisé		Fe = 400 MPa
Contrainte du béton à 28 jours		Fc28 = 25 MPa
Moment de service		Mser = 0,0374 MN.m
Conditions de fissuration (1) FP , (2) FTP		Type : 1

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	(0.6 x Fc28)	$\sigma_{bc} = 15$ MPa
Contrainte limite de traction du béton	0.6 + (0.06 x Fc28)	Ft28 = 2,1 MPa
Contrainte limite de traction des aciers	FP = mini (2/3 Fe ; maxi (1/2 Fe ; 110 x ((η x Ftj) ^{1/2})))	
	FTP = 0.80 x σ_{st} (FP)	$\sigma_{st} = 201,63$ MPa

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / (\sigma_{bc} + (\sigma_{st} / 15))$	$\alpha = 0,527$
Ordonnée de la fibre neutre	d x α	y = 0,142 m
Bras de levier du couple interne	d - (y / 3)	Zb = 0,223 m
Moment résistant du béton de service	0.5 x σ_{bc} x b x α (1 - (α / 3)) x d ²	Mrbser = 0,238 MN.m
Etat limite de compression du béton	si Mrbser > Mser =>> Pas d'aciers comprimés si Mrbser < Mser =>> Aciers comprimés nécessaires	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés =>> Mser / (σ_{st} x Zb) si aciers comprimés nécessaires =>> [Mrbser / (σ_{st} x Zb)] + [(Mser - Mrbser) / (σ_{st} x (d - d'))]	Ast = 8,34 cm ²
Contrainte des aciers comprimés	15 x [(σ_{bc} x (y - d')) / y]	$\sigma_{sc} = 0,00$ MPa
Section des aciers comprimés	(Mser - Mrbser) / (σ_{sc} x (d - d'))	Asc = 0,00 cm ²
Vérification	Mser - Mrbser < 0.4 x Mser	vérifié

b) lit inférieur (mi- travée BC)

ELLS

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	b = 1,00 m
	Hauteur utile des aciers tendus	d = 0,27 m
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	d' = 0,03 m
Contrainte de l'acier utilisé		Fe = 400 MPa
Contrainte du béton à 28 jours		Fc28 = 25 MPa
Moment de service		Mser = 0,0213 MN.m
Conditions de fissuration (1) FP , (2) FTP		Type : 1

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	(0.6 x Fc28)	$\sigma_{bc} = 15$ MPa
Contrainte limite de traction du béton	0.6 + (0.06 x Fc28)	Ft28 = 2,1 MPa
Contrainte limite de traction des aciers	FP = mini (2/3 Fe ; maxi (1/2 Fe ; 110 x ((η x Ftj) ^{1/2})))	$\sigma_{st} = 201,63$ MPa
	FTP = 0.80 x σ_{st} (FP)	

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / (\sigma_{bc} + (\sigma_{st} / 15))$	$\alpha = 0,527$
Ordonnée de la fibre neutre	d x α	y = 0,142 m
Bras de levier du couple interne	d - (y / 3)	Zb = 0,223 m
Moment résistant du béton de service	0.5 x σ_{bc} x b x α (1 - (α / 3)) x d ²	Mrbser = 0,238 MN.m
Etat limite de compression du béton	si Mrbser > Mser =>> Pas d'aciers comprimés si Mrbser < Mser =>> Aciers comprimés nécessaires	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés =>> Mser / (σ_{st} x Zb)	Ast = 4,75 cm ²
	si aciers comprimés nécessaires =>> [Mrbser / (σ_{st} x Zb)] + [(Mser - Mrbser) / (σ_{st} x (d - d'))]	
Contrainte des aciers comprimés	15 x [(σ_{bc} x (y - d')) / y]	$\sigma_{sc} = 0,00$ MPa
Section des aciers comprimés	(Mser - Mrbser) / (σ_{sc} x (d - d'))	Asc = 0,00 cm ²
Vérification	Mser - Mrbser < 0.4 x Mser	vérifié

c) lit supérieur (aux appuis B et C)

ELC

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	b = 1,00 m
	Hauteur utile des aciers tendus	d = 0,27 m
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	d' = 0,03 m
Contrainte de l'acier utilisé		Fe = 400 MPa
Contrainte du béton à 28 jours		Fc28 = 25 MPa
Moment de service		Mser = 0,0651 MN.m
Conditions de fissuration (1) FP , (2) FTP		Type : 1

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	$(0.6 \times Fc28)$	$\sigma_{bc} = 15 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction du béton	$0.6 + (0.06 \times Fc28)$	Ft28 = 2,1 MPa
Contrainte limite de traction des aciers	FP = mini (2/3 Fe ; maxi (1/2 Fe ; 110 x (($\eta \times Ftj$) ^{1/2})))	
	FTP = 0.80 x σ_{st} (FP)	$\sigma_{st} = 201,63 \text{ MPa}$

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / (\sigma_{bc} + (\sigma_{st} / 15))$	$\alpha = 0,527$
Ordonnée de la fibre neutre	d x α	y = 0,142 m
Bras de levier du couple interne	d - (y / 3)	Zb = 0,223 m
Moment résistant du béton de service	$0.5 \times \sigma_{bc} \times b \times \alpha (1 - (\alpha / 3)) \times d^2$	Mrbser = 0,238 MN.m
Etat limite de compression du béton	si Mrbser > Mser	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés
	=>> Pas d'aciers comprimés	
	si Mrbser < Mser	
	=>> Aciers comprimés nécessaires	

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés =>> Mser / ($\sigma_{st} \times Zb$)	
	si aciers comprimés nécessaires =>> [Mrbser / ($\sigma_{st} \times Zb$)] + [(Mser - Mrbser) / ($\sigma_{st} \times (d - d')$)]	Ast = 14,51 cm ²
Contrainte des aciers comprimés	$15 \times [(\sigma_{bc} \times (y - d')) / y]$	$\sigma_{sc} = 0,00 \text{ MPa}$
Section des aciers comprimés	(Mser - Mrbser) / ($\sigma_{sc} \times (d - d')$)	Asc = 0,00 cm ²

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Vérification	$M_{ser} - M_{rbser} < 0.4 \times M_{ser}$	vérifié
--------------	--------------------------------------------	---------

- Calcul des armatures du radier (flexion simple)

a) lit supérieur (mi- travée AB-CD)

ELC

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	$b = 1,00 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers tendus	$d = 0,27 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	$d' = 0,03 \text{ m}$
Contrainte de l'acier utilisé		$F_e = 400 \text{ MPa}$
Contrainte du béton à 28 jours		$F_{c28} = 25 \text{ MPa}$
Moment de service		$M_{ser} = 0,0439 \text{ MN.m}$
Conditions de fissuration (1) FP , (2) FTP		Type : 1

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	$(0.6 \times F_{c28})$	$\sigma_{bc} = 15 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction du béton	$0.6 + (0.06 \times F_{c28})$	$F_{t28} = 2,1 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction des aciers	$FP = \text{mini} (2/3 F_e ; \text{maxi} (1/2 F_e ; 110 \times ((\eta \times F_{tj})^{1/2})))$	
	$FTP = 0.80 \times \sigma_{st} (FP)$	$\sigma_{st} = 201,63 \text{ MPa}$

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / (\sigma_{bc} + (\sigma_{st} / 15))$	$\alpha = 0,527$
Ordonnée de la fibre neutre	$d \times \alpha$	$y = 0,142 \text{ m}$
Bras de levier du couple interne	$d - (y / 3)$	$Z_b = 0,223 \text{ m}$
Moment résistant du béton de service	$0.5 \times \sigma_{bc} \times b \times \alpha (1 - (\alpha / 3)) \times d^2$	$M_{rbser} = 0,238 \text{ MN.m}$
Etat limite de compression du béton	si $M_{rbser} > M_{ser}$	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés
	=>> Pas d'aciers comprimés	
	si $M_{rbser} < M_{ser}$	
	=>> Aciers comprimés nécessaires	

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés =>> $M_{ser} / (\sigma_{st} \times Z_b)$ si aciers comprimés nécessaires =>>	

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

	$[Mrbser / (\sigma_{st} \times Z_b)] + [(Mser - Mrbser) / (\sigma_{st} \times (d - d'))]$	Ast = 9,78 cm ²
Contrainte des aciers comprimés	$15 \times [(\sigma_{bc} \times (y - d')) / y]$	$\sigma_{sc} = 0,00$ MPa
Section des aciers comprimés	$(Mser - Mrbser) / (\sigma_{sc} \times (d - d'))$	Asc = 0,00 cm ²
Vérification	$Mser - Mrbser < 0.4 \times Mser$	vérifié

b) lit supérieur (mi- travée BC)

 ELS

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	b = 1,00 m
	Hauteur utile des aciers tendus	d = 0,27 m
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	d' = 0,03 m
Contrainte de l'acier utilisé		Fe = 400 MPa
Contrainte du béton à 28 jours		Fc28 = 25 MPa
Moment de service		Mser = 0,0321 MN.m
Conditions de fissuration (1) FP , (2) FTP		Type : 1

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	$(0.6 \times Fc28)$	$\sigma_{bc} = 15$ MPa
Contrainte limite de traction du béton	$0.6 + (0.06 \times Fc28)$	Ft28 = 2,1 MPa
Contrainte limite de traction des aciers	$FP = \text{mini} (2/3 Fe ; \text{maxi} (1/2 Fe ; 110 \times ((\eta \times Ftj)^{1/2})))$	
	FTP = 0.80 x σ_{st} (FP)	$\sigma_{st} = 201,63$ MPa

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / (\sigma_{bc} + (\sigma_{st} / 15))$	$\alpha = 0,527$
Ordonnée de la fibre neutre	d x α	y = 0,142 m
Bras de levier du couple interne	d - (y / 3)	Zb = 0,223 m
Moment résistant du béton de service	$0.5 \times \sigma_{bc} \times b \times \alpha (1 - (\alpha / 3)) \times d^2$	Mrbser = 0,238 MN.m
État limite de compression du béton	si Mrbser > Mser	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés
	=>> Pas d'aciers comprimés	
	si Mrbser < Mser	
	=>> Aciers comprimés nécessaires	

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés =>> $Mser / (\sigma_{st} \times Z_b)$	

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

	si aciers comprimés nécessaires =>> [Mrbser / (σst x Zb)] + [(Mser - Mrbser) / (σst x (d - d'))]	Ast = 7,15 cm ²
Contrainte des aciers comprimés	15 x [(σbc x (y - d')) / y]	σsc = 0,00 MPa
Section des aciers comprimés	(Mser - Mrbser) / (σsc x (d - d'))	Asc = 0,00 cm ²
Vérification	Mser - Mrbser < 0.4 x Mser	vérifié

c) lit supérieur (aux appuis B et C)

 ELS

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	b = 1,00 m
	Hauteur utile des aciers tendus	d = 0,27 m
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	d' = 0,03 m
Contrainte de l'acier utilisé		Fe = 400 MPa
Contrainte du béton à 28 jours		Fc28 = 25 MPa
Moment de service		Mser = 0,0662 MN.m
Conditions de fissuration (1) FP , (2) FTP		Type : 1

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	(0.6 x Fc28)	σbc = 15 MPa
Contrainte limite de traction du béton	0.6 + (0.06 x Fc28)	Ft28 = 2,1 MPa
Contrainte limite de traction des aciers	FP = mini (2/3 Fe ; maxi (1/2 Fe ; 110 x ((η x Ftj) ^{1/2})))	
	FTP = 0.80 x σst (FP)	σst = 201,63 MPa

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	σbc / (σbc + (σst / 15))	α = 0,527
Ordonnée de la fibre neutre	d x α	y = 0,142 m
Bras de levier du couple interne	d - (y / 3)	Zb = 0,223 m
Moment résistant du béton de service	0.5 x σbc x b x α (1 - (α / 3)) x d ²	Mrbser = 0,238 MN.m
État limite de compression du béton	si Mrbser > Mser	
	=>> Pas d'aciers comprimés	
	si Mrbser < Mser	Système d'armatures retenu
	=>> Aciers comprimés nécessaires	Pas d'aciers comprimés

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés => $M_{ser} / (\sigma_{st} \times Z_b)$ si aciers comprimés nécessaires => $[M_{rbser} / (\sigma_{st} \times Z_b)] + [(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{st} \times (d - d'))]$	$A_{st} = 14,75 \text{ cm}^2$
Contrainte des aciers comprimés	$15 \times [(\sigma_{bc} \times (y - d')) / y]$	$\sigma_{sc} = 0,00 \text{ MPa}$
Section des aciers comprimés	$(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{sc} \times (d - d'))$	$A_{sc} = 0,00 \text{ cm}^2$
Vérification	$M_{ser} - M_{rbser} < 0.4 \times M_{ser}$	vérifié

- Calcul des armatures des piédroits

 ELS

Données		
Dimensions caractéristiques	Largeur de la poutre	$b = 1,00 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers tendus	$d = 0,27 \text{ m}$
	Hauteur utile des aciers comprimés (si nécessaire)	$d' = 0,03 \text{ m}$
Contrainte de l'acier utilisé		$F_e = 400 \text{ MPa}$
Contrainte du béton à 28 jours		$F_{c28} = 25 \text{ MPa}$
Moment de service		$M_{ser} = 0,0336 \text{ MN.m}$
Conditions de fissuration (1) FP , (2) FTP		Type : 1

Calcul des contraintes admissibles		
Contrainte de compression du béton	$(0.6 \times F_{c28})$	$\sigma_{bc} = 15 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction du béton	$0.6 + (0.06 \times F_{c28})$	$F_{t28} = 2,1 \text{ MPa}$
Contrainte limite de traction des aciers	$FP = \text{mini} (2/3 F_e ; \text{maxi} (1/2 F_e ; 110 \times ((\eta \times F_{tj})^{1/2})))$	$\sigma_{st} = 201,63 \text{ MPa}$
	$FTP = 0.80 \times \sigma_{st} (FP)$	

Paramètres caractéristiques de la section		
Coefficient de la fibre neutre	$\sigma_{bc} / (\sigma_{bc} + (\sigma_{st} / 15))$	$\alpha = 0,527$
Ordonnée de la fibre neutre	$d \times \alpha$	$y = 0,142 \text{ m}$
Bras de levier du couple interne	$d - (y / 3)$	$Z_b = 0,223 \text{ m}$
Moment résistant du béton de service	$0.5 \times \sigma_{bc} \times b \times \alpha (1 - (\alpha / 3)) \times d^2$	$M_{rbser} = 0,238 \text{ MN.m}$
État limite de compression du béton	si $M_{rbser} > M_{ser}$ =>> Pas d'aciers comprimés	

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

	si $M_{rbser} < M_{ser}$ =>> Aciers comprimés nécessaires	Système d'armatures retenu Pas d'aciers comprimés
--	--------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------

Détermination des sections théoriques d'aciers		
Section des aciers tendus	si pas d'aciers comprimés =>> $M_{ser} / (\sigma_{st} \times Z_b)$ si aciers comprimés nécessaires =>> $[M_{rbser} / (\sigma_{st} \times Z_b)] + [(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{st} \times (d - d'))]$	$A_{st} = 7,49 \text{ cm}^2$
Contrainte des aciers comprimés	$15 \times [(\sigma_{bc} \times (y - d')) / y]$	$\sigma_{sc} = 0,00 \text{ MPa}$
Section des aciers comprimés	$(M_{ser} - M_{rbser}) / (\sigma_{sc} \times (d - d'))$	$A_{sc} = 0,00 \text{ cm}^2$
Vérification	$M_{ser} - M_{rbser} < 0.4 \times M_{ser}$	vérifié

- Récapitulatif des section d'acier obtenue

Eléments	Lieu		Section	As principal	As répartitions
Tablier	à mi- travée A-B et C-D	Lit inferieur	8,34 cm² ;	HA12, e = 12 cm	HA8, e = 15 cm
	A mi- travée B-C	Lit inferieur	4,75 cm²	HA12, e = 20cm	HA8, e = 25cm
	Aux appuis B et C	Lit supérieurs	14,51cm²	HA14, e = 10 cm	HA8, e = 10 cm
Radier	à mis travée A-B et C-D	Lit supérieurs	9,78 cm²	HA12, e = 10 cm	HA8, e = 14 cm
	A mi- travée B-C	Lit supérieurs	7,15 cm²	HA12, e = 12 cm	HA8, e = 20 cm
	Aux appuis B et C	Lit inferieur	14,75 cm²	HA14, e = 10 cm	HA8, e = 10 cm
Piédroits extérieurs (A et D)		Sur chaque côté	7,49 cm²	HA12, e = 14 cm	HA8, e = 20 cm

MODELISATION SUR CYPE

Norme : BAEL-91 (R-99) (France)

Béton : B25

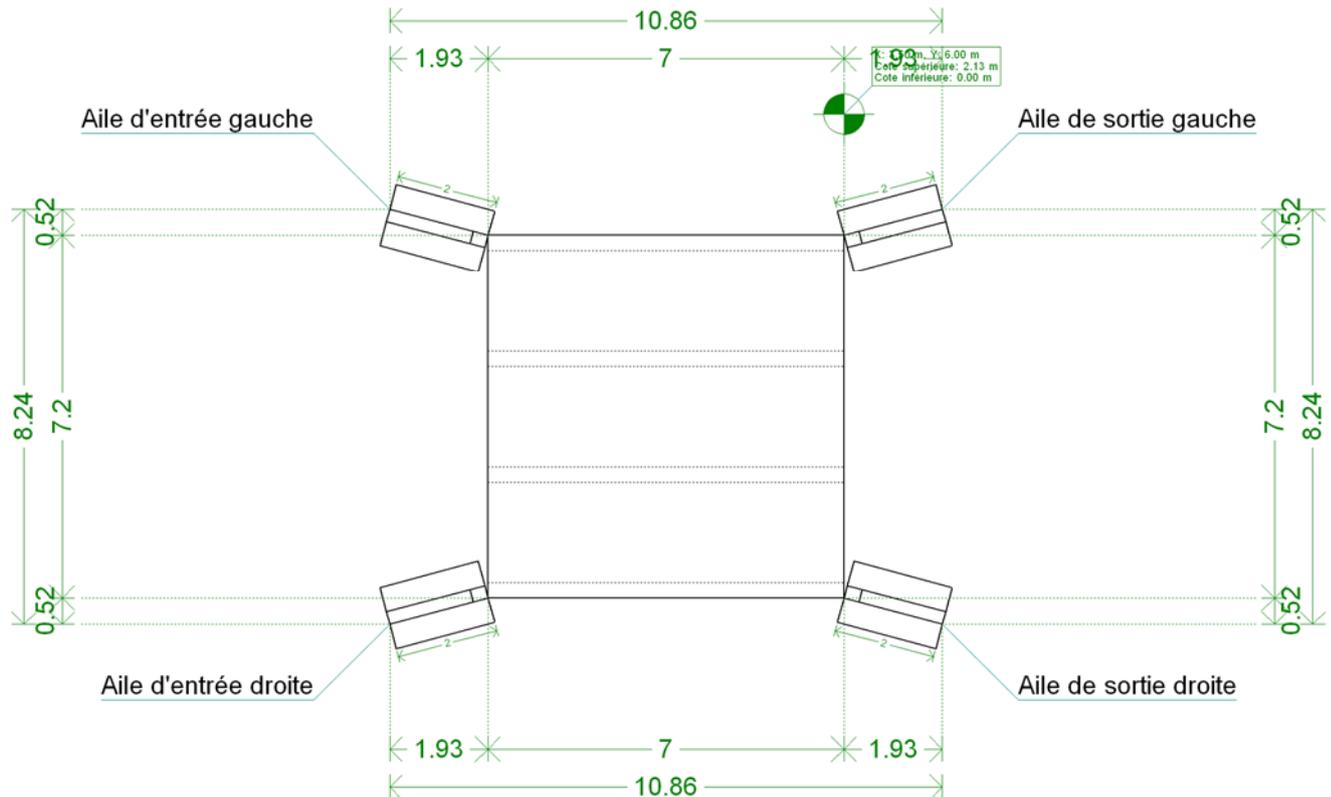
Acier des barres : Fe E400

Enrobage extérieur : 3.0 cm

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Enrobage intérieur : 3.0 cm

I. GÉOMÉTRIE



Plan supérieur module : Par gabarit (1.50 m)

MODULE

Épaisseurs	Piédroits : 30 cm Tablier/radier: 30 cm
Cellule 1	Mesure de la portée : Perpendiculairement à la paroi gauche Portée à l'entrée : 200 cm Portée en sortie: 200 cm
Mur intermédiaire 1	Épaisseur: 30 cm
Cellule 2	Mesure de la portée : Perpendiculairement à la paroi gauche Portée à l'entrée : 200 cm Portée en sortie: 200 cm
Mur intermédiaire 2	Épaisseur: 30 cm

*ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA
ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA
N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180*

MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE

Longueur totale : 2.00 m
Longueur supérieure : 0.30 m
Épaisseur en extrémité : 0.20 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 2.50 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.35 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.50 m
- Avant : 0.50 m

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Longueur totale : 2.00 m
Longueur supérieure : 0.30 m
Épaisseur en extrémité : 0.20 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 2.50 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.35 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.50 m
- Avant : 0.50 m

*ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA
ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA
N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180*

MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

Longueur totale : 2.00 m
Longueur supérieure : 0.30 m
Épaisseur en extrémité : 0.20 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 2.50 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.35 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.50 m
- Avant : 0.50 m

MUR EN AILE DE SORTIE DROITE

Longueur totale : 2.00 m
Longueur supérieure : 0.30 m
Épaisseur en extrémité : 0.20 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 2.50 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.35 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.50 m
- Avant : 0.50 m

II. TERRAINS

Module de réaction : 500000.0 kN/m³

Contrainte admissible sol d'assise : 200.00 kN/m²

Poids volumique : 20.0 kN/m³

Angle de frottement interne : 30 degrés

Cohésion : 0.00 kN/m²

Pourcentage de frottement terrain-mur : 0 %

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Angle de transmission des charges : 45 degrés

III. ACTIONS

Surcharge uniforme supérieure : 10.00 kN/m²

Surcharge uniforme inférieure : 10.00 kN/m²

Sans charge hydraulique

IV. MÉTHODE DE CALCUL

Le modèle de calcul utilisé consiste en éléments finis triangulaires du type lamelle épaisse tridimensionnelle, qui considère la déformation par l'effort tranchant. Chaque élément est constitué de six nœuds, aux sommets et aux milieux des côtés, avec six degrés de liberté chacun. Le maillage du pont-cadre est réalisé en fonction de ses dimensions (épaisseur et portée). Sur chaque nœud, après une analyse élastique et linéaire, huit efforts sont obtenus, avec lesquels la section de béton et l'armature sont dimensionnées et vérifiées. À partir des déplacements sont vérifiés la flèche, les pressions sur le terrain, le soulèvement du radier, etc.

V. DESCRIPTION DE L'ARMATURE

MODULE

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA10e=20, patte d'ancrage=35cm	
		Transversal Perpendiculaire au piedroit droit	HA10e=20, patte d'ancrage=14cm	
	Inférieur	Longitudinal	HA10e=20, patte d'ancrage=35cm	
		Transversal Perpendiculaire au piedroit droit	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm	Renforts 1: HA10 - Cellules 2 à 2 - Longueur ini.= 0.83m - Longueur fin.= 0.83m
Radier	Inférieur	Longitudinal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
		Transversal Perpendiculaire au piedroit droit	HA12e=25, patte d'ancrage=21cm	

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
	Supérieur	Longitudinal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Piédroit gauche	Arrière	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=14cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=14 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
	Avant	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
Piédroit droit	Arrière	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=14cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=14 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
	Avant	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
Mur intermédiaire 1	Gauche	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
	Droite	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
Mur intermédiaire 2	Gauche	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
	Droite	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	

MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE

Armature horizontale : HA10e=20	
Armature longitudinale inférieure : HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Armature longitudinale supérieure: HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière : HA10e=20 - Recouvrement =0.40m - Patte d'ancrage =20cm - Ancrage face supérieure =0.14m	Transversal inférieur : HA12e=25 Transversal supérieur: HA12e=25
Armature verticale avant : HA12e=25 - Recouvrement =0.30m - Patte d'ancrage =20cm - Ancrage face supérieure =0.13m	

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Armature horizontale : HA10e=20	
Armature longitudinale inférieure : HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Armature longitudinale supérieure: HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière : HA10e=20 - Recouvrement =0.40m - Patte d'ancrage =20cm - Ancrage face supérieure =0.14m	Transversal inférieur : HA12e=25 Transversal supérieur: HA12e=25
Armature verticale avant : HA12e=25 - Recouvrement =0.30m - Patte d'ancrage =20cm - Ancrage face supérieure =0.13m	

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

Armature horizontale : HA10e=20	
Armature longitudinale inférieure : HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Armature longitudinale supérieure: HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière : HA10e=20 - Recouvrement =0.40m - Patte d'ancrage =20cm - Ancrage face supérieure =0.14m	Transversal inférieur : HA12e=25 Transversal supérieur: HA12e=25
Armature verticale avant : HA12e=25 - Recouvrement =0.30m - Patte d'ancrage =20cm - Ancrage face supérieure =0.13m	

MUR EN AILE DE SORTIE DROITE

Armature horizontale : HA10e=20	
Armature longitudinale inférieure : HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Armature longitudinale supérieure: HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière : HA10e=20 - Recouvrement =0.40m - Patte d'ancrage =20cm - Ancrage face supérieure =0.14m	Transversal inférieur : HA12e=25 Transversal supérieur: HA12e=25
Armature verticale avant : HA12e=25 - Recouvrement =0.30m - Patte d'ancrage =20cm - Ancrage face supérieure =0.13m	

DALOT 6×2×1,5

I. NORME ET MATÉRIAUX

Norme : BAEL-91 (R-99) (France)

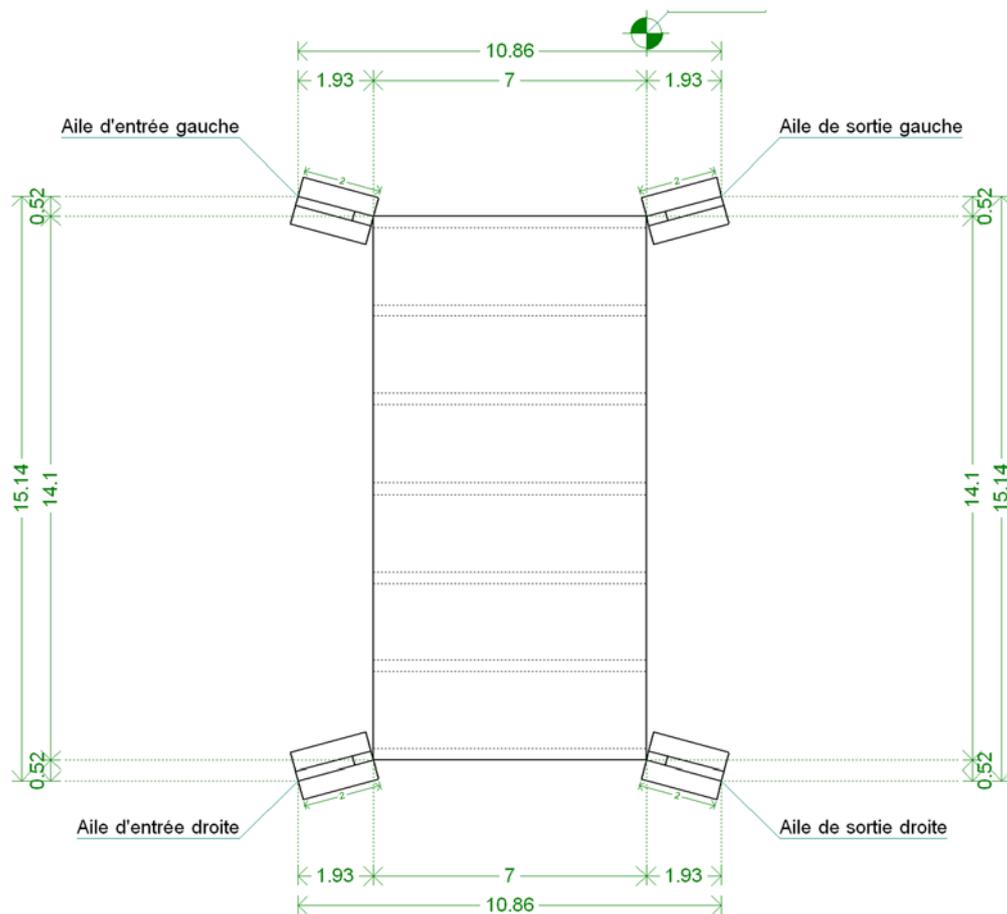
Béton : B25

Acier des barres : Fe E400

Enrobage extérieur : 3.0 cm

Enrobage intérieur : 3.0 cm

II. GÉOMÉTRIE



Plan supérieur module : Par gabarit (1.50 m)

MODULE

Épaisseurs	Piédroits : 30 cm Tablier/radier: 30 cm
Cellule 1	Mesure de la portée : Perpendiculairement à la paroi gauche Portée à l'entrée : 200 cm Portée en sortie: 200 cm
Mur intermédiaire 1	Épaisseur: 30 cm
Cellule 2	Mesure de la portée : Perpendiculairement à la paroi gauche Portée à l'entrée : 200 cm Portée en sortie: 200 cm
Mur intermédiaire 2	Épaisseur : 30 cm
Cellule 3	Mesure de la portée : Perpendiculairement à la paroi gauche Portée à l'entrée : 200 cm Portée en sortie: 200 cm
Mur intermédiaire 3	Épaisseur : 30 cm

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Cellule 4	Mesure de la portée : Perpendiculairement à la paroi gauche Portée à l'entrée : 200 cm Portée en sortie: 200 cm
Mur intermédiaire 4	Épaisseur: 30 cm
Cellule 5	Mesure de la portée : Perpendiculairement à la paroi gauche Portée à l'entrée : 200 cm Portée en sortie: 200 cm
Mur intermédiaire 5	Épaisseur: 30 cm

MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE

Longueur totale : 2.00 m
Longueur supérieure : 0.50 m
Épaisseur en extrémité : 0.30 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 2.50 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.35 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.50 m
- Avant, : 0.50 m

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Longueur totale : 2.00 m
Longueur supérieure : 0.50 m
Épaisseur en extrémité : 0.30 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 2.50 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.35 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.50 m
- Avant : 0.50 m

MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

Longueur totale : 2.00 m
Longueur supérieure : 0.50 m
Épaisseur en extrémité : 0.30 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 2.50 kN/m²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.35 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.50 m
- Avant : 0.50 m

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

MUR EN AILE DE SORTIE DROITE

Longueur totale : 2.00 m
Longueur supérieure : 0.50 m
Épaisseur en extrémité : 0.30 m
Surcharge du terrain sur l'arrière : 2.50 kN/m ²
Épaisseur du mur : 0.25 m
Épaisseur de la semelle : 0.35 m
Débords semelle :
- Arrière : 0.50 m
- Avant : 0.50 m

III. TERRAINS

Module de réaction : 50000.0 kN/m³

Contrainte admissible sol d'assise : 200.00 kN/m²

Poids volumique : 20.0 kN/m³

Angle de frottement interne : 30 degrés

Cohésion : 0.00 kN/m²

Pourcentage de frottement terrain-mur : 0 %

Angle de transmission des charges : 45 degrés

IV. ACTIONS

Surcharge uniforme supérieure : 10.00 kN/m²

Surcharge uniforme inférieure : 10.00 kN/m²

Avec charge hydraulique :

- Plan de la surface libre de l'eau : Par tirant d'eau (1.30 m)

V. DESCRIPTION DE L'ARMATURE

MODULE

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
Tablier	Supérieur	Longitudinal	HA10e=20, patte d'ancrage=35cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA10e=20, patte d'ancrage=14cm	
	Inférieur	Longitudinal	HA10e=20, patte d'ancrage=35cm	
		Transversal Perpendiculaire au piédroit droit	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm	Renforts 1 : HA10 - Cellules 1 à 1 - Longueur ini.= 0.59m - Longueur fin.= 0.83m

*ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA
ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA
N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180*

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
Radier	Inférieur	Longitudinal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
		Transversal Perpendiculaire au piedroit droit	HA12e=25, patte d'ancrage=21cm	
	Supérieur	Longitudinal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
		Transversal Perpendiculaire au piedroit droit	HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Piedroit gauche	Arrière	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=14cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=14 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
	Avant	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
Piedroit droit	Arrière	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=14cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=14 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
	Avant	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
Mur intermédiaire 1	Gauche	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
	Droite	Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
		Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
Mur intermédiaire 2	Gauche	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
	Droite	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
Mur intermédiaire 3	Gauche	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
	Droite	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
		Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
Mur intermédiaire 4	Gauche	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

Panneau	Position	Direction	Armature de base	Renfort
Mur intermédiaire 5	Droite	Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
		Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
	Gauche	Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm	
		Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm	
Droite	Vertical	HA10e=20, patte d'ancrage=11cm - Attente=0.21 m - Longueur patte d'ancrage en pied=11 cm		
	Horizontal	HA12e=25, patte d'ancrage=42cm		

MUR EN AILE D'ENTRÉE GAUCHE

Armature horizontale : HA10e=20	
Armature longitudinale inférieure : HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Armature longitudinale supérieure: HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière : HA10e=20 - Recouvrement =0.40m - Patte d'ancrage =20cm - Ancrage face supérieure =0.14m	Transversal inférieur : HA12e=25 Transversal supérieur: HA12e=25
Armature verticale avant : HA12e=25 - Recouvrement =0.30m - Patte d'ancrage =20cm - Ancrage face supérieure =0.13m	

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180

MUR EN AILE D'ENTRÉE DROITE

Armature horizontale : HA10e=20	
Armature longitudinale inférieure : HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Armature longitudinale supérieure: HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière : HA10e=20 - Recouvrement =0.40m - Patte d'ancrage =20cm - Ancrage face supérieure =0.14m	Transversal inférieur : HA12e=25 Transversal supérieur: HA12e=25
Armature verticale avant : HA12e=25 - Recouvrement =0.30m - Patte d'ancrage =20cm - Ancrage face supérieure =0.13m	

MUR EN AILE DE SORTIE GAUCHE

Armature horizontale : HA10e=20	
Armature longitudinale inférieure : HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Armature longitudinale supérieure: HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière : HA10e=20 - Recouvrement =0.40m - Patte d'ancrage =20cm - Ancrage face supérieure =0.14m	Transversal inférieur : HA12e=25 Transversal supérieur: HA12e=25
Armature verticale avant : HA12e=25 - Recouvrement =0.30m - Patte d'ancrage =20cm - Ancrage face supérieure =0.13m	

MUR EN AILE DE SORTIE DROITE

Armature horizontale : HA10e=20	
Armature longitudinale inférieure : HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Armature longitudinale supérieure: HA12e=25, patte d'ancrage=13cm	
Armature verticale	Armature semelle
Armature verticale arrière : HA10e=20 - Recouvrement =0.40m - Patte d'ancrage =20cm - Ancrage face supérieure =0.14m	Transversal inférieur : HA12e=25 Transversal supérieur: HA12e=25
Armature verticale avant : HA12e=25 - Recouvrement =0.30m - Patte d'ancrage =20cm - Ancrage face supérieure =0.13m	

ANNEXE 5: ESTIMATION DES PRIX

*ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA
ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA
N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180*

I. ESTIMATION DES PRIX

N prix	DESCRIPTION DES OUVRAGES	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (FCFA)	montant total
000	INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER				
001	installation du chantier	ff		200000000	200000000
002	repli de chantier	ff		75000000	75000000
	sous total 000	ff			275000000
100	TRAVAUX PRÉPARATOIRE				
101	débroussaillage et nettoyage de l'emprise	m2	60000	200	12000000
102	abatage des arbres	u		45000	45000
103	décapage 20cm	m2	40000	300	12000000
	sous total 100				24045000
200	TERRASSEMENT GÉNÉRAUX				
201	déblais	m3	6250	4500	28125000
202	mise en f	m3	26000	150	3900000
	sous total 200				32025000
300	CHAUSSÉE				
301	fourniture et mise en œuvre de béton bitumineux sur 5cm d'épaisseur pour une couche de roulement de la chaussée	m3	5550	8323,2	46193760
302	imprégnation au bitume	t	122,1	500000	61050000
303	fourniture et mise en œuvre de grave bitume pour couche de renforcement de 8 cm	m3	10320	110000	1135200000
304	latérite pour 30cm de couche de forme	m3	3600	6000	21600000
305	latérite pour 20 cm de couche de fondation	m3	2400	6500	15600000
306	ciment pour amélioration de la couche de fondation à 3%	t	11838	90000	1065420000
307	couche de base recyclage	m3	21900	1200	26280000
308	couche d'accrochage	m3	122,1	500000	61050000
309	mise en œuvre couche de fondation		21900	2500	54750000
	sous total 300				2487143760
400	ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE				
401	caniveau 80x80				
401-1	fouille	ml	1822,5		0
401-2	béton	m3	900	130000	117000000
401-3	acier pour ferrailage	kg	108000	1200	129600000
402	caniveau 100x100				
402-1	fouille	ml	3061,3		0
402-1	béton	m3	1138,5	130000	148005000
402-1	acier pour ferrailage	kg	136620	1200	163944000
403	caniveau 150x150				
403-1	fouille	ml	1228,8		0

*ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA
ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA
N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180*

403-2	béton	m3	216	13000	2808000
403-3	acier pour ferrailage	kg	25920	1200	31104000
404	dalettes pour passage				
404-1	béton dosé à 350kg/m3 pour dalletes	m3	0,15	130000	Les quantités sont calculées/mètre linéaire
404-2	acier pour ferrailage dalletes	kg	18	1200	
	sous total 400				592461000
	OUVRAGE D'ART				
500	dalot à 3 ouvertures				
501-1	béton dosé à 350kg/m3 pour dalots	m3	127,602	140000	17864280
500-2	béton de propreté dosé a 150kg/m3	m3	587,52	90000	52876800
500-3	acier pour ferrailage	kg	15312,24	1200	18374688
501	dalot à 6 ouvertures				
500-1	béton dosé à 350kg/m3 pour dalots	m3	255,204	140000	35728560
500-2	béton de propreté dosé a 150kg/m3	m3	1175,04	90000	105753600
500-3	acier pour ferrailage	kg	30624,48	1200	36749376
	fournitures mise en place perré		248	25000	6200000
	sous total 600				273547304
600	SIGNALISATION ET SÉCURITÉ ROUTIÈRE				
601	marquage pour ligne T3	ml	6897	1650	11380050
602	marquage pour ligne T2	ml	5828	2200	12821600
603	marquage pour ligne T1	ml	1020	1500	1530000
604	panneaux de signalisation	u	24	150000	3600000
605	glissière de sécurité	u	68	50000	3400000
	balise de sécurité	u	8	35000	280000
	dos d'âne	u	2	1500000	3000000
	sous total 600				36011650
700	MESURES ENVIRONNEMENTALES ET SOCIALES				
701	mesures environnementales et sociales			40000000	40000000
	sous total 700				40000000
	Total HTVA				3760233714
	IMPRÉVU 3%				112807011,4
	TVA à 18%				697147330,6
	TOTAL TTC				4.570.188.056

ANNEXE 6: IMAGES DES DÉGRADATIONS OBSERVÉES

ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180



*ACTUALISATION DES ETUDES DE REHABILITATION ET DE RENFORCEMENT DE LA
ROUTE COMMUNAUTAIRE CU2A, NATIONAL 4, KOUPELA-GOUGHIN-FADA
N'GOURMA-FRONTIERE DU NIGER DU PK170 AU PK180*



ANNEXE 7: PLANS