



ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE
RÉHABILITATION DE LA ROUTE TAHOUA-TAMAYA (205 km) :
CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km) NIGER

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

MASTER II

SPECIALITE : GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE

Présenté et soutenu publiquement le [03/07/2019] par

AMADOU BARAZE Issia (20120627)

Encadrant 2iE : Moussa LO, Enseignant GCH, 2iE

(Enseignant-chercheur en Génie Civil à 2iE)

**Maitre de stage : Mahamane Nouri ABDOULAYE DAOUDA, Ingénieur Génie Civil à
GERMS Consulting.**

Jury d'évaluation du Stage :

Président :

Membres et correcteurs :

Promotion : [2018/2019]

DEDICACE

*« Je tiens à dédier ce travail à la mémoire de mon père **Elh AMADOU BARAZE***

(Paix à son âme, qu'Allah lui fasse miséricorde et lui accorde le Paradis éternel).

*Je le dédie également à ma famille, spécialement à ma mère **ABARTA KONDO** pour
son indéfectible soutien ainsi qu'à mes marâtres.*

Qu'Allah (SWA), Le Tout Puissant, vous gratifie de Son Immense Miséricorde »

CITATION

« Un grand ingénieur n'est pas esclave de ses formules. C'est un artiste qui utilise ses calculs comme des outils pour créer des formes aussi évidentes et harmonieuses dans leur apparence que les lois naturelles qui les sous-tendent. Il manie ses matériaux avec une vision poétique, révélant ses forces ultimes à travers une structure appropriée à ses pouvoirs uniques ».

Elmar Mock

The Architecture of Bridges, N.Y 1949.

REMERCIEMENTS

Nous remercions tout d'abord ALLAH (SWA), le Tout Miséricordieux et le Très Miséricordieux, Maître des cieux, pour sa bénédiction, ses innombrables et immenses bienfaits qu'il m'accorde et par la grâce de qui, ce travail a pu être accompli. Nous tenons à exprimer notre gratitude et notre reconnaissance à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la rédaction de ce présent mémoire.

Je saisis cette occasion pour remercier particulièrement :

- » Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE),
- » Dr LAWANE GANA Abdou, Chef département Génie Civil et Hydraulique, 2iE
- » M. Moussa LO, enseignant chercheur à 2iE et directeur du présent mémoire ;
- » Toute l'équipe administrative et le corps professoral de la Fondation 2iE ;
- » M.ABDOULAYE DAOUDA Mahamane Nouri maitre ;
- » Honorable SAWANI KARIMOUN pour sa contribution dans l'obtention de ce stage et à toute sa famille ;
- » M. le Directeur Général du Bureau d'Etude G.E.R.M.S Consulting, Elh Mahamane Ousmane Douchi et son Directeur Technique M. Kassoum MAMAN BAOUA dit RAOUL, pour m'avoir accepté comme stagiaire et donner l'opportunité de travailler dans leur équipe.
- » Elh SAWANI HALIDOU et à toute sa famille pour un soutien inconditionnel durant mon cycle universitaire ;
- » A toute l'équipe de la MDC taxi way à l'aéroport international DIORI HAMANI de Niamey ;

AVANT PROPOS

La fondation 2iE (Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement) est une institution d'enseignement supérieur et de recherche dans les domaines de l'Eau et de l'Assainissement, Environnement, Energie et Electricité, Génie Civil, Mines et Sciences Managériales. Située au Burkina Faso, Ouagadougou, elle fut créée en 2007 résultant de la fusion et de la restructuration des anciennes écoles inter-Etats EIER (École d'Ingénieurs de l'Équipement Rural) et ETSHER (École des Techniciens de l'Hydraulique et de l'Équipement Rural) créées respectivement en 1968 et 1970 par 14 États d'Afrique de l'Ouest et Centrale.

C'est dans l'optique de former sur le continent africain des ingénieurs capable de relever des défis techniques que la fondation 2iE à travers ses formations en ingénierie accompagnées de management et innovation forme des ingénieurs-managers.

Le département de Génie Civil offre des formations aux niveaux Licence ; Master et Doctorat. Le cycle de Licence se traduit par des enseignements théoriques qui sont accompagnés par des travaux pratiques à travers son laboratoire « Laboratoire Eco-Matériaux et Habitats Durable ». C'est un pôle d'excellence créée en vue de contribuer à l'épanouissement et au développement des capacités d'innovation industrielle dans les domaines des énergies renouvelables et de l'écohabitat dans le souci d'améliorer les conditions de vie des populations en encourageant aussi une production et une utilisation rationnelle des ressources énergétiques.

Tout au long de la formation de la Licence jusqu'au Master d'ingénierie, les unités d'enseignements sont accompagnées par des mini-projets facilitant ainsi la concrétisation des enseignements reçus. Pour clôturer le cycle de Master d'ingénierie en Génie Civil option Route et Ouvrages d'arts, des projets de plus en plus réels du monde d'ingénierie sont proposées à tous les étudiants. En fin de cycle un stage obligatoire dans le milieu professionnel est exigé pour les étudiants. Ce stage est encadré par un maitre de stage de la structure d'accueil du stagiaire, et par les enseignants-chercheurs du 2iE afin de permettre à ces élèves ingénieurs d'assimiler les enseignements reçus, les appliquer et cultiver en eux l'esprit nécessaire pour des futurs ingénieurs de travaux.

Tout étudiant en fin de cycle doit rédiger un mémoire, qui sera publiquement soutenu lors d'une soutenance organisée par l'école.

À cet effet, nous soumettons notre mémoire de fin d'études du cycle Master d'Ingénieur pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de conception en Génie Civil, et dont le thème est :

« ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TAHOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km). »

RESUME

Le présent mémoire intitulé « études techniques détaillées des travaux de réhabilitation de la route Tahoua-Tamaya (205 km) : cas du tronçon Tahoua-Koloma baba (7 km) » figure dans le cadre de la politique du gouvernement de la république du Niger à travers son programme de renaissance qui a opté un ambitieux programme de renforcement et préservation des routes.

La méthodologie utilisée pour déterminer le niveau de dégradation de la chaussée existante est la méthode VIZIR. Avec l'étude du trafic, cette méthode permet d'obtenir un indice de qualité de la chaussée existante Q4 qu'a permis de retenir un renforcement en graveleux latéritiques naturels d'une épaisseur de 20 cm ; avec un revêtement en béton bitumineux de 5 cm après réglage des couches existantes + un apport de 5 cm des matériaux pour l'élargissement et le réglage.

L'étude géotechnique et l'étude du trafic ont permis de faire le dimensionnement structural des chaussées qui a été vérifié par la suite à l'aide du logiciel Alizé. Au demeurant, l'étude d'assainissement routier a permis de dimensionner trois (03) ouvrages hydrauliques sur le tronçon de notre étude. D'autre part, les questions de signalisation, sécurité routière et de l'étude environnementale ont été traitées. Pour finir, l'étude d'avant métré et devis estimatif a permis d'estimer le coût prévisionnel du projet à quatre milliards deux cent soixante-seize millions neuf cent quatre-vingt-seize mille trente-cinq francs CFA (**4 276 996 035 F CFA**) hors taxe, soit six cent dix millions neuf cent quatre-vingt-dix-neuf mille quatre cent trente-quatre francs CFA (**610 999 434 F CFA**) par kilomètre.

Mots clés :

- 1- Méthode VIZIR
- 2- Renforcement
- 3- Dimensionnement structural
- 4- Réhabilitation
- 5- Tahoua

ABSTRACT

This memory entitled "detailed technical studies of work of rehabilitation of the road Tahoua-Tamaya (205 km) section Tahoua-Koloma baba (7 km)" figure within the framework of the policy of the government of the republic of Niger through its window rebirth which to choose an ambitious program of reinforcement and safeguarding of the roads.

Methodology used to determine the level of degradation of the existing roadway is the VIZIR method. With the study of traffic, this method makes it possible to obtain an index of quality of the existing roadway Q4 made it possible to retain a reinforcement into natural gravelly lateritic a 20 cm thickness; with a bituminous concrete pavement of 5 cm after adjustment of the existing layers + a contribution of 5 cm of materials for widening and the adjustment.

The analysis of the geotechnical study and the study of traffic made it possible to make the structural dimensioning of the roadways which was checked thereafter using the Alizé software. Moreover, the study of road cleansing to licence to dimension three (0 3) hydraulic works on the section of our study. In addition, the questions of indication, road safety and of the environmental study were treated. To finish, the study of before bill of quantities and estimate made it possible to consider the cost estimated of the project at **four billion two hundred and seventy six million nine hundred ninety six thousand thirty five francs CFA (4 276 996 035 F CFA) net of tax, that is to say six hundred and ten million nine hundred and ninety thousand four hundred thirty four francs CFA (6 999 434 F CFA) per kilometer.**

Key Words :

- 1- VIZIR method**
- 2- Reinforcement**
- 3- Structural dimensioning**
- 4- Rehabilitation**
- 5- Tahoua**

LISTE DES SIGLES ET ABBREVIATIONS

- 2iE** : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement.
- ARP** : Aménagement des routes principales
- AF** : Analyse fréquentielle
- BAEL91** : Béton Armé au Etats limites
- BV** : Bassin Versant
- B25** : Béton dont la résistance caractéristique a 28 jours atteint 25 MPa.
- CBR** : California Bearing Ratio
- CIEH** : Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques
- DAO** : Dossier d'appel d'offre
- EIES** : Etudes d'Impact Environnemental et Social
- ES** : Equivalent sable
- HA** : Acier Haute Adhérence
- HT** : hors taxe
- LCPC** : Laboratoire Centrale de ponts et chaussées
- LEMHaD** : Laboratoire Eco-Matériaux Habitats Durable
- MST** : Maladie sexuellement Transmissible
- NE** : nombre équivalent
- OPM** : optimum Proctor modifié
- Pk** : point kilométrique
- PL** : poids lourds
- RI** : Sol de classe d'infiltrabilité relativement perméable et imperméable
- RTA** : Route Tahoua Arlit
- SERTA** : Service d'Entretien des Routes et des Travaux d'Aménagement
- SIDA** : Syndrome d'Immunodéficience acquise
- TDR** : terme de référence
- TVA** : Taxe sur Valeur ajoutée
- TMJA** : Trafic moyen journalier annuel
- Vr** : Vitesse de référence

Table des matières

DEDICACE.....	I
CITATION.....	II
REMERCIEMENTS.....	III
AVANT PROPOS.....	IV
RESUME.....	VI
ABSTRACT.....	VII
Liste des sigles et abréviations.....	VIII
Liste des figures :	XII
Liste des tableaux.....	XIII
INTRODUCTION GENERALE :.....	1
I. PROBLEMATIQUE.....	1
II. CONTEXTE GENERAL DU PROJET.....	1
III. OBJECTIF GLOBAL DE L'ETUDE.....	3
IV. OBJECTIFS SPECIFIQUES DE L'ETUDE.....	3
CHAPITRE I : GENERALITES.....	6
1. INTRODUCTION.....	6
1.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	6
1.1.1 Situation géographique.....	6
1.1.2 Domaines d'intervention.....	6
1.1.3 Organigramme de GERMS Consulting.....	6
1.2 PRESENTATION DU PROJET.....	7
1.2.1 Situation géographique de la zone de projet.....	7
1.2.2 Description du projet.....	7
1.2.3 Milieu physique de la zone du projet.....	8
1.1.4 Activités socio-économiques de la zone de projet.....	9
CHAPITRE II : DIAGNOSTIQUE ET EVALUATION DE L'INFRASTRUCTURE.....	10
2.1 INTRODUCTION.....	10
2.2 HISTORIQUE ET CARACTERISTIQUES.....	10
2.3 DIAGNOSTIQUE ET EVALUATION DU NIVEAU DE DEGRADATION DE LA CHAUSSEE.....	11
2.3.1. Investigation sur le terrain.....	11
2.3.2. Résultats de l'investigation.....	11
2.3.3. Evaluation du niveau de dégradation par la méthode de VIZIR.....	12

2.3.4. Détermination des indices de fissuration et de déformation.....	13
2.4. MESURE ET ANALYSE DE LA DEFLEXION PAR LA POUTRE DE BENKELMAN	14
2.4.1. Détermination de la note de qualité.....	14
CHAPITRE III : ETUDE GEOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE	17
3.1 INTRODUCTION.....	17
3.2 ANALYSE ET INTERPRETATION DES DONNEES GEOTECHNIQUES	17
3.2.1. Reconnaissance sur la chaussée existante :	17
3.2.2. Essais réalisés :	17
3.2.3. Spécifications techniques :	18
3.2.4. Résultats et analyse des essais des sols de la plateforme :	18
3.3. DISPONIBILITE DE MATERIAUX DE MATERIAUX DE CHAUSSEES	19
3.3.1. Emprunts en matériaux graveleux latéritiques pour remblai et corps de chaussée : .	19
3.3.2. Carrières de roches massives pour le revêtement :	19
3.3.3. Autres matériaux :	20
3.4. DIMENSIONNEMENT STRUCTURALE DE LA CHAUSSEE	20
3.4.1. Etude de trafic :	20
3.4.2. Données relatives au trafic :	21
3.4.3. Trafic à l'année de mise en service :	23
3.4.4. Trafic cumulé :	23
3.4.5. Détermination de classe de trafic :	23
3.4.6. Classe du sol support de chaussée :	24
3.5. DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE LA CHAUSSEE :	25
3.5.1. Dimensionnement par la méthode empirique :	25
3.5.2. Vérification avec le logiciel Alizé LCPC	27
3.5.3. Etape de la recherche du module de la plateforme :	27
3.5.4. Etape de dimensionnement :	28
CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE DES AMENAGEMENTS	30
4.1 INTRODUCTION.....	30
4.2 ETUDE TOPOGRAPHIQUE	30
4.2.1 Rapport topographique	30
4.3 CONCEPTION GEOMETRIQUE.....	31
4.3.1 Normes géométriques ;	31
4.3.2 Paramètres et caractéristiques de conception	31
4.4 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES	31

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

4.4.1 Tracé en plan	31
4.4.2. Terrassements.....	34
4.5 AMENAGEMENTS DES ZONES PARTICULIERES DU TRONÇON.....	34
4.5.1 Parking :	35
4.5.1 Amorce :	35
CHAPITRE V : ETUDES D'ASSAINISSEMENT ET DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES EN BETON ARME	36
5.1 INTRODUCTION.....	36
1. Pre dimensionnement du caniveau :	54
2. Plan de ferrailage :	54
CHAPITRE VI : ETUDES COMPLEMENTAIRES	56
CHAPITRES VII : ETUDES D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL	60
7.1. INTRODUCTION.....	60
7.2. IDENTIFICATION ET EVALUATION DES IMPACTS	60
7.2.1. Identification des impacts :	60
7.2.2. Evaluation des impacts :	61
7.3. MESURE D'ATTENUATION ET OU DE BONIFICATION DES IMPACTS DU PROJET.....	64
CHAPITRE VIII : DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF DU PROJET	65
CONCLUSION GENERALE ET RECOMANDATIONS :	69
BIBLIOGRAPHIE	70
ANNEXE	71

LISTE DES FIGURES :

<i>Figure 1: zone de projet</i>	7
<i>Figure 2: végétation de la zone de projet</i>	9
<i>Figure 3: dégradation de la chaussée existante</i>	12
<i>Figure 4: carrière de Lossa</i>	20
<i>Figure 5: dimensionnement empirique pour le renforcement en GNT</i>	25
<i>Figure 6: de dimensionnement par la méthode CEBTP</i>	26
<i>Figure 7: illustration de tracé en plan</i>	32
<i>Figure 9: profil en traversé d'agglomération</i>	33
<i>Figure 10: profil en travers type en rase campagne</i>	34
<i>Figure 11:représentation de la pluie de Tahoua</i>	39
<i>Figure 12:les bassins versants</i>	41
<i>Figure 13:: coefficient de ruissellement pour la méthode rationnelle</i>	46

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1: cadre logique</i>	4
<i>Tableau 2:Niveau de gravité et étendue</i>	13
<i>Tableau 3: indice de fissuration</i>	13
<i>Tableau 4: Indice de déformation</i>	13
<i>Tableau 5: Indice de dégradation</i>	13
<i>Tableau 6: Indice de dégradation corrigé</i>	14
<i>Tableau 7:résultats des mesures de déflexion</i>	15
<i>Tableau 8:différentes notes de qualités</i>	16
<i>Tableau 9: caractéristiques des emprunts du site</i>	19
<i>Tableau 10: paramètres et hypothèse</i>	21
<i>Tableau 11:résultats de comptages</i>	22
<i>Tableau 12:classe du sol support ⁶</i>	25
<i>Tableau 13: module de la plateforme</i>	28
<i>Tableau 14: récapitulatif des calculs</i>	29
<i>Tableau 15: caractéristiques du tracé en plan et profil en long</i>	31
<i>Tableau 16:cubature du projet</i>	34
<i>Tableau 17:récapitulatif des ouvrages existants</i>	36
<i>Tableau 18:resumé des méthodes de calcul hydrologique</i>	38
<i>Tableau 19: paramètres de la loi calculés</i>	40
<i>Tableau 20: caractéristiques du bassin versant</i>	41
<i>Tableau 21: classement des bassins versant</i>	41
<i>Tableau 22: Les différentes caractéristiques des bassins versants</i>	44
<i>Tableau 23: Intensité des pluies</i>	45
<i>Tableau 24: coefficient de ruissellement des différents bassins versants</i>	46
<i>Tableau 25:Debits calculés par la méthode rationnelle</i>	47
<i>Tableau 26:Recapitulatif des débits calculés</i>	47
<i>Tableau 27: Données d'entrée pour déterminer les dimensions du caniveau</i>	49
<i>Tableau 28: Résultats obtenus pour le dimensionnement du caniveau</i>	49
<i>Tableau 29: capacité d'évacuation des dalots</i>	53
<i>Tableau 30: Armature du caniveau</i>	54
<i>Tableau 31:grille d'interrelation entre les sources d'impact et les composantes du milieu</i>	63
<i>Tableau 32:cubature de terrassement</i>	65
<i>Tableau 33: quantités des matériaux des couches d'assises</i>	65

INTRODUCTION GENERALE :

I. PROBLEMATIQUE

Pour lutter contre la pauvreté qui sévit dans la plupart des pays au sud du Sahara, les autorités nigériennes ont en effet entrepris, entre autres activités, de désenclaver le pays notamment en développant les infrastructures routières. Cela permet une meilleure circulation des biens, des services et des facteurs de production en plus de faciliter l'exploitation des potentialités agro-sylvo-pastorales sur lesquelles reposent principalement l'économie du pays. Cependant, la réalisation de projets routiers est généralement accompagnée d'impacts négatifs qui peuvent être importants quand les dispositions adéquates ne sont pas prises au préalable.

En effet, à côté des effets bénéfiques des routes, leur construction et leur exploitation font rompre des continuités et des équilibres biophysiques et humains. Ces infrastructures ne détruisent pas directement la végétation et la faune, mais le bruit, la pollution et d'autres perturbations associées ont des impacts importants sur les milieux naturels et humains.

Par ailleurs, il faut noter qu'une route est dimensionnée pour une durée de vie bien déterminée. Elle peut cependant, céder avant ou après cette durée de vie qui lui a été préalablement prescrite à l'étude. Il est impossible de maîtriser parfaitement l'évolution socioéconomique et climatologique de la zone du projet, basée sur des calculs statistiques et intimement liée au trafic de dimensionnement et aux précipitations à enregistrer. Les projets routiers se chiffrent en milliards de francs. Or une route qui se voit dégradée, soit elle a été mal construite, ou soit mal conçue ou bien elle a atteint sa durée de vie.

Pour se faire, il semble donc primordial de se poser les questions sur l'historique de la route en projet et les causes de sa dégradation. Cela permettra, de proposer une solution adéquate (techniquement et économiquement viable) de réhabilitation pour garantir d'une part, le confort aux usagers et d'autre part, la durabilité de la route.

Tels sont les problèmes à résoudre par l'entremise de cette étude.

II. CONTEXTE GENERAL DU PROJET

Le Niger est un pays enclavé dont sa capitale Niamey, est située à plus de 1000 km du port maritime le plus proche (Cotonou, au Bénin). C'est un vaste territoire avec une superficie environ 1.237.000 km² et une population de 17.138.707 d'habitants (RGP

2012), dont la majorité vit en zone rurale. Du fait de sa continentalité et de son étendue, le pays nécessite la construction des infrastructures routières afin de permettre à la population l'accès aux biens et services.

Ainsi, le transport s'effectue à plus de 90% par voie terrestre, notamment par la route. Les autres modes, tels que le fluvial et l'aérien sont très faiblement développés. Le rail est à ces débuts avec la construction de la ligne Niamey-Dosso (140 km) non encore opérationnelle, tandis que le maritime est inexistant, malgré la construction du port sec à Dosso qui n'est pas encore exploité.

En 2016, le réseau routier national comprend 21.219 km dont 4.522,3 km de route bitumées, 8.569,4 km de route en terre (route en terre moderne et route en terre sommaire) et 7.127 km de pistes sommaire. Par ailleurs, ces chiffres cachent une autre réalité, celle de la problématique de dégradation du réseau routier national, dans certaines régions du pays. C'est pourquoi, le gouvernement met de plus en plus un accent particulier dans l'amélioration du transport national par la mise en œuvre des grands projets structurants notamment dans la région de Tahoua et Agadez, qui connaissent une expansion du transport.

Ainsi, le tronçon Tahoua-Tamaya long de 205 km, est un maillon de la Route Tahoua-Arlit (RTA) qui constitue le principal corridor de desserte de la zone Nord du pays. En effet, les échanges commerciaux et industriels, sont de plus en plus accentués à travers la RTA vers la Lybie et l'Algérie. Aussi, le transport vers les ports, de l'uranium qui est l'une des principales exploitations minières du pays, est assuré par cette RTA. Cela fait de cette route, un axe stratégique dans le développement du transport et de l'économie du pays.

Malheureusement, le mauvais état de cette route et l'accentuation du flux de trafic, entraînent de plus en plus l'insécurité routière et constitue un frein dans l'économie du pays.

Ainsi, dans l'optique de juguler ce phénomène, le gouvernement se propose de réhabiliter cette route nationale afin de :

- conférer à la route un niveau de service satisfaisant et par là, améliorer la sécurité routière et la rentabilité des échanges commerciaux et industriels ;

- mettre le tronçon dans la norme de l'UEMOA afin d'inscrire l'ensemble de la RTA dans une dynamique d'intégration et d'interconnexion sous régionale avec les pays frontaliers au Nord notamment l'Algérie et la Lybie.

III. Objectif global de l'étude

L'objectif général est la réalisation des études des travaux de réhabilitation de la Route Tahoua-Tamaya, (tronçon de Tahoua - Koloma Baba) dans le but de construire une route capable de supporter l'ensemble du trafic pendant sa durée de vie projetée.

Il s'agit en réalité de proposer une solution de réhabilitation pour une durée de vie de 15 ans.

IV. Objectifs spécifiques de l'étude

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

- ✚ décrire la zone du projet en indiquant l'ensemble des données utilisées (données d'ordre climatiques, hydrologiques, géologiques, géotechniques, géométriques, etc.) et la description du tracé en fonction des données recueillies ;
- ✚ diagnostic et évaluer le niveau de dégradation de la chaussée existante ;
- ✚ étudier les caractéristiques géotechniques des matériaux et faire le dimensionnement structural de la chaussée ;
- ✚ établir les profils et les plans (les profils en travers types, le profil en long et les plans types d'aménagements des zones particulières) ;
- ✚ étudier l'assainissement routier et dimensionner éventuellement, les ouvrages préconisés ;
- ✚ étudier la signalisation et sécurité routière ;
- ✚ analyser les mesures d'impact sur l'environnement et proposer des mesures de bonification ;
- ✚ Élaborer un dossier des cubatures (récapitulatif de l'avant mètre détaillé) et un devis estimatif.

De manière à rendre plus claire l'approche méthodologique, il a été conçu un cadre logique (tableaux 1 ci-dessous) dans lequel sont consignés autour de chaque objectif spécifique les réactions à mener et les résultats attendus.

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

Tableau 1: cadre logique

OBJECTIF GLOBAL : réhabilitation de la route Tahoua-Tamaya		
Objectifs spécifiques	Activités à mener	Résultats escomptés
Description de la zone de projet	<ul style="list-style-type: none"> • Visite du site et collecte des données diverses auprès de différents services compétents concernés 	<ul style="list-style-type: none"> • Localisation de la zone du projet • Schémas de l'itinéraire
Diagnostiquer et évaluer le niveau de dégradation de la chaussée existante	<ul style="list-style-type: none"> • Visite du terrain ; • Relevés de dégradations ; • Mesure de déflexion • Analyse des données recueillies 	<ul style="list-style-type: none"> • Indice de dégradation • Indice de fissuration • Note de qualité • Solution de réhabilitation
Etude géotechnique et dimensionnement structural de la chaussée	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse des données géotechniques • Etudes du trafic • Dimensionnement avec la méthode CEBTP et vérification avec Alizé LCPC 	<ul style="list-style-type: none"> • Classes des sols • Classe de trafic • Choix des matériaux et la structure préconisée
Etude géométrique	<ul style="list-style-type: none"> • Détermination des normes géométriques • Détermination de la Catégories de la route • Caractéristiques géométriques • Analyse du tronçon 	<ul style="list-style-type: none"> • Tracé en plan • Profil en long • Profil en travers type • Aménagement des zones particulières
Etude d'assainissement et dimensionnement des	<ul style="list-style-type: none"> • Identification des ouvrages • Etudes hydrologique et hydraulique 	<ul style="list-style-type: none"> • Les ouvrages existants • Surfaces des bassins versants et débit de projet ;

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

<p>ouvrages hydrauliques</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vérification hydraulique des ouvrages recensés • Dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques 	<ul style="list-style-type: none"> • Section hydraulique des ouvrages • Plans de coffrage et ferrailages
<p>Signalisation et sécurité routière</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reconnaissances des panneaux existants • Analyse des panneaux routiers nécessaires pour renforcer la signalisation • Analyse des marquages au sols 	<ul style="list-style-type: none"> • Panneaux existants • Types et nombres des panneaux verticales et équipements de sécurité • Caractéristiques des traits de marquage au sol et le linéaire total
<p>Etude d'impact environnemental et social</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse du site du projet • Analyse des effets du projet sur l'environnement • Analyse des impacts liés à l'exécution du projet 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacts liés au projet et leurs mesures d'atténuation
<p>Devis estimatif et quantitatif du projet</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Détermination des quantités mises en œuvre • Analyse des prix unitaires 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts du projet

CHAPITRE I : GENERALITES

1. INTRODUCTION

Ce chapitre entend présenter, la structure d'accueil du stage et la zone du projet à travers ses aspects physico naturels et ses potentialités socio-économiques. Il présente par ailleurs la description et la constitution des éléments du projet.

1.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

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

1.1.1 Situation géographique

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

1.1.2 Domaines d'intervention

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

Les principaux domaines d'intervention de GERMS consulting sont :

- ✚ Infrastructures des transports ;
- ✚ Architectures, Bâtiments et Ouvrages d'Arts ;
- ✚ Hydrauliques et Aménagements ;
- ✚ Urbanisme ;
- ✚ Topographie générale ;
- ✚ Environnement, Sociologie et Economie.

1.1.3 Organigramme de GERMS Consulting

Le bureau d'Etude **GERMS consulting** est structuré selon l'organigramme présenté en **ANNEXE 1** : du présent document.

1.2 PRESENTATION DU PROJET

1.2.1 Situation géographique de la zone de projet

La zone du projet est située dans la région de Tahoua. Cette région couvre une superficie de 113 371 km². Elle est limitée au nord par la région d'Agadez, au nord-ouest par la république du Mali, à l'Ouest par les régions de Tillabéry et Dosso, à l'Est par la région de Maradi, et au sud par la République fédérale du Nigeria comme l'illustre la figure ci-dessous. La région de Tahoua compte une population de 3 983 172 habitants en 2017.

1.2.2 Description du projet

Le projet se situe dans la région de Tahoua, à cheval entre le chef-lieu de région et le village de Koloma Baba. Elle est située entre le 5°17'57,43'' et 5°21'55,81'' de longitude Est et le 14° 53'01,16'' et le 14°53'19,36'' de latitude Nord.

L'origine du projet (PK0) est située à la sortie Nord de Tahoua et la fin de notre projet se trouve à la sortie de Koloma baba, comme présente la figure 1 ci-dessous.

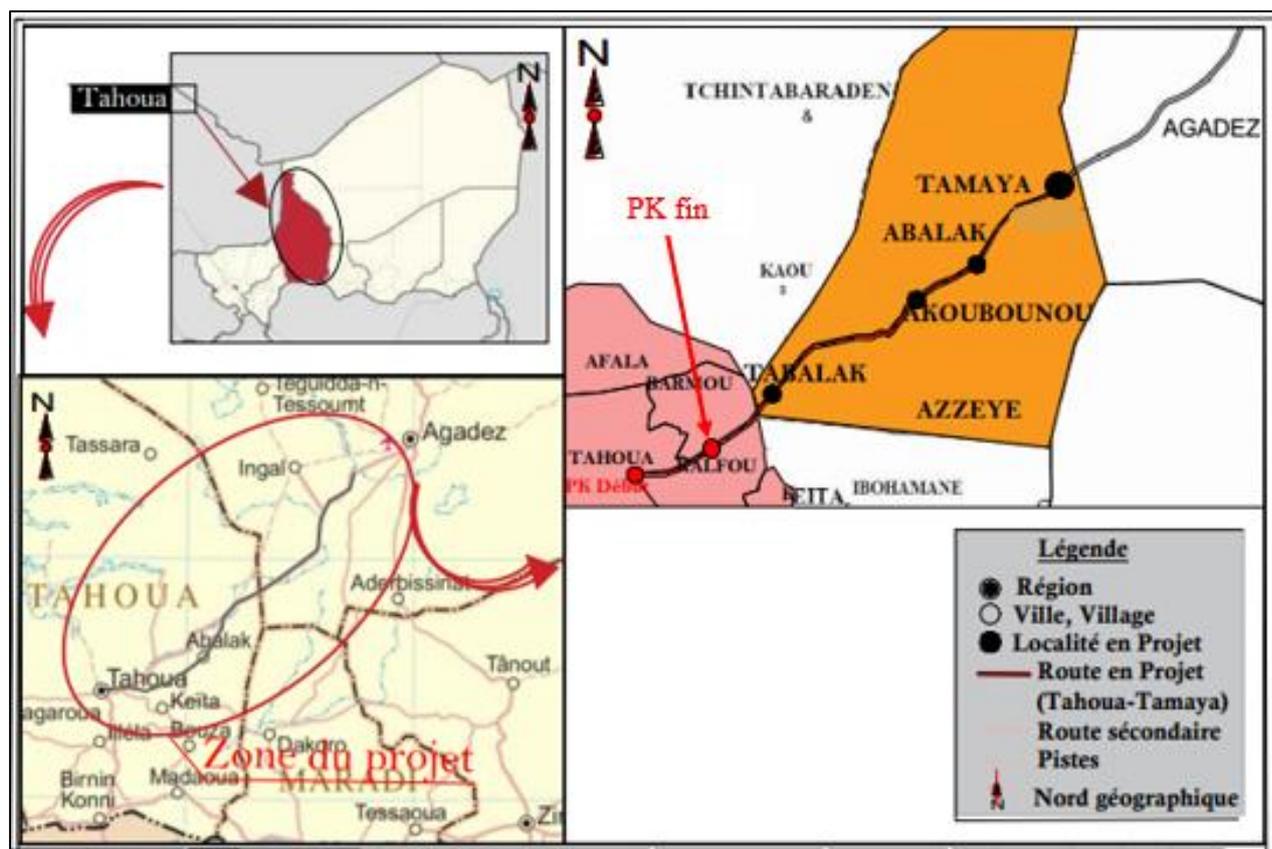


Figure 1: zone de projet Tahoua- Koloma Baba

1.2.3 Milieu physique de la zone du projet

a) le relief et sol

Le relief de la zone du projet se caractérise par des vallées fertiles et des dunes de sable stabilisées, des dépressions sablo-limoneuses et argileuses, des plateaux aux sols comportant des basins versant, des plaines et une alternance de dépression et d’affleurement rocheux.

Il existe trois types de sols :

- les sols hydro morphes des vallées et des bas-fonds qui sont d’une forte teneur en matière organiques, utilisés pour des cultures pluviales et de contre saison ;
- les sols ferrugineux tropicaux à texture sableuse et lessivée sur lesquels poussent les pâturages ;
- les sols de plateaux et affleurement rocheux de fertilité médiocre ou nulle, incultes à l’agriculture.

b) Climat

Avec une pluviométrie moyenne annuelle d’environ 360 mm à Tahoua, une partie du tronçon avant Abalak se situe en zone semi-désertique qui laisse progressivement place à un climat désertique sur le reste du tronçon avec un cumul pluviométrique annuel pouvant descendre jusqu’à 150 mm vers Tamaya.

Le régime des vents se caractérise par l’alternance de deux systèmes de circulation :

- Harmattan, vent chaud et sec qui souffle du Nord-Est vers le Sud-Ouest de Novembre à Avril ;
- La mousson, vent humide qui souffle du Sud-Ouest vers le Nord-Est de Mai à Octobre pour annoncer l’hivernage ;

Il faut noter que les mois les plus chauds sont : mars ; avril ; mai et juin, avec une température moyenne maximale de 42,7°C enregistrée au mois de mai et une température moyenne minimale de 11,9°C enregistrée au mois de janvier.

Par ailleurs, les mois les plus froids sont : novembre, décembre, janvier et février, avec une température moyenne maximale de 35,1°C enregistrée au mois de novembre et une température moyenne minimale de 16,3°C enregistrée au mois de décembre (l’amplitude thermique est de 22,29°C).¹

¹ Station météorologique de Tahoua

c) la végétation

La végétation est composée d'herbacés qu'on trouve généralement sur les formations dunaires et des dépressions, des bas-fonds et dans une moindre mesure sur les plaines argileuses. La végétation est très clairsemée. Il n'existe pas de massif forestier. Néanmoins, cette végétation est beaucoup plus boisée au Sud où les grandes espèces herbacées, favorables à l'élevage sont dominantes.



Figure 2: végétation de la zone de projet (enquête de terrain)

1.1.4 Activités socio-économiques de la zone de projet

Sur le plan socio-économique, les principales activités de la zone d'étude sont : l'agriculture, l'élevage, le tourisme et l'artisanat.

a) L'agriculture

L'agriculture constitue la principale activité des populations au niveau de tous les villages ou alentours concernés par le projet. Il s'agit d'une culture saisonnière de céréales (mil, niébé, arachide,) dont la récolte est dans la plupart des cas, entièrement destinée à la consommation de la famille. Par ailleurs il faut noter l'existence des cultures de contre saison (oignons, pomme de terre, etc.) destinées pour le commerce.

b) L'élevage

L'élevage constitue la deuxième activité secondaire après l'agriculture. Elle est pratiquée sous plusieurs formes, avec deux systèmes prépondérants. Le système semi intensif qui est en progression et le système intensif qui reste peu répandus surtout avec la pratique de l'embouche bovine (bœufs de traits) et ovine pratiquée par les femmes avec le soutien de certains projets de Développement.

c) Le tourisme et l'artisanat

Comme activité artisanale de la localité de la zone du projet on trouve les forgerons, cordonniers, tisserands et les potiers dans tous les villages concernés par le projet.

CHAPITRE II : DIAGNOSTIC ET EVALUATION DE L'INFRASTRUCTURE

2.1 INTRODUCTION

Après avoir présenté brièvement l'historique et les caractéristiques géométrique de la route Tahoua-Tamaya (voie existante), un diagnostic et une évaluation du niveau de dégradation de la chaussée existante sera opéré afin de proposer une solution de réhabilitation.

2.2 HISTORIQUE ET CARACTERISTIQUES

Cette route (RTA) a été construite entre 1978 et 1980 avec une longueur de 685 km. Son entretien était assuré jusqu'en 2000 par la SERTA qui assurait son entretien courant et périodique. Elle a effectué un entretien sur la couche de roulement en enduit superficiel monocouche entre 1986 et 1991 sur les sections commençant à montrer des signes de dégradation. Après l'an 2000, l'entretien de la route fut confié à la GERTA qui a effectué des travaux de renforcement de chaussée et d'enduit superficiel bicouche sur certaines sections entre 2005 et 2012. L'entretien n'étant pas assez régulier, cela justifie les dégradations constatées.

Le tronçon Tahoua -Koloma baba, objet de notre étude, présente les caractéristiques géométriques suivantes :

- Tracé en plan

Il est constitué de (05) alignements droits et de (04) courbes avec une longueur totale d'environ 7 km comme indiqué dans le schéma itinéraire en [ANNEXE 2](#)..

- Profil en long

Le profil en long de cette route présente des éléments rectilignes caractérisés par leurs déclivités (pentes ou rampes) et des raccordements circulaires ou paraboliques caractérisés par leurs rayons.

- Profil en travers :

- Une (1) chaussée bidirectionnelle de 6 m ;
- Deux (2) accotements de 0,50 m chacun

- Structure de la chaussée :

- Revêtement en enduit superficiel
- Couche de base en graveleux latéritique naturel 18 cm ;
- Couche de fondation en graveleux latéritique naturel 20 cm

2.3 DIAGNOSTIQUE ET EVALUATION DU NIVEAU DE DEGRADATION DE LA CHAUSSEE

2.3.1. Investigation sur le terrain

Dans le but de bien apprécier et remédier les dégradations de la chaussée existante un relevé de ces dégradations a été effectué.

Les matériels utilisés sont :

- un vehicle pick-up double cabines;
- un décimètre pour les éventuelles mesures ;
- et un appareil photo

2.3.2. Résultats de l'investigation

Le tronçon Tahoua - Koloma baba présente un état de dégradation très distingué par :

- des nids de poule en abondance sur tout le tronçon (figure 3). Le nid-de-poule est une petite cavité de forme arrondie à bords, créée à la surface de la couche de roulement par arrachements localisés des matériaux. Ils ont tendance à s'agrandir et à propager en chapelets. Leur formation est d'autant plus rapide et fréquente que la fondation. A défaut d'entretien ils s'agrandissent et se reproduisent en chaîne souvent avec un pas égal à un tour de roue de camion.
- la présence des plumages (figure 3) sur environ 200 m du dernier kilomètre du tronçon. Ils sont caractérisés par l'arrachement des gravillons à la partie supérieure d'une couche de roulement. Cette dégradation se rencontre essentiellement sur les enduits d'usure et parfois sur les enrobés cloutés.
- des fissurations (figure) aussi ont été observés sur la quasi-totalité de la longueur du tronçon. Il s'agit des épaufrures qui sont des cassures du revêtement en bord de la chaussée. Causées par les chocs accidentels et les intempéries. Ces fissurations sont souvent moyennes avec des grandes ouvertures.
- Des déformations (ornières 'figure 3') qui apparaissent sur plus de 50% sur le tronçon.

En outre le relevé des différentes familles de dégradations sus évoquées est joint en [ANNEXE 2](#) dans le schéma itinéraire. Néanmoins les photos suivantes montrent l'état du tronçon.



Nids de poule



Ornières transversales et longitudinales



Epaufrure, revêtement complètement inexistant



Profil en long

Source : GERMS consulting

2.3.3. Evaluation du niveau de dégradation par la méthode de VIZIR

La méthode de VIZIR, utilisée dans les travaux d'entretien et de renforcement routier adaptée aux routes bitumées, consiste à évaluer les niveaux de dégradation (déformation, fissure, réparation) de chaussées avec leur gravité afin de proposer des solutions de réhabilitation. Cette méthode a pour objectif la détermination de l'indice de dégradation de la chaussée, qui permettra de donner une note de qualité à la structure. Cette note de qualité servira de motif pour la nature des travaux ou des interventions à faire. En effet, l'indice de dégradation sera combiné à la valeur de la déflexion pour proposer une solution de réhabilitation ; celle-ci sera vérifiée après à l'aide de logiciel Alizé. Dans cette méthodologie, les différentes dégradations sont relevées et codifiées en fonction de leur gravité et de leur étendue. On distingue deux grandes familles de dégradation :

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

Le tableau ci-dessous présente les niveaux de gravité et étendu des anomalies :

Tableau 2: Niveau de gravité et étendue

	Catégorie A	Catégorie B	Réparation
Gravité	3	3	2
Étendue	>50%	>50%	10 à 50%

2.3.4. Détermination des indices de fissuration et de déformation

Ils sont déterminés en fonction de l'étendue et de niveau de gravité à travers les tableaux suivants :

Tableau 3: indice de fissuration

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

Tableau 4: Indice de déformation

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

Le croisement des valeurs de l'indice de fissuration et de l'indice de déformation respectivement obtenues dans les deux tableaux ci-dessus permet de déterminer la première note de dégradation, notée Is.

Tableau 5: Indice de dégradation

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

Après avoir eu l'indice de dégradation ($I_s = 6$), le tableau ci-après met en évidence les cas où il y a lieu de les prendre en ajoutant un (1) point à la valeur de l'indice de dégradation, notée I_s .

Tableau 6: Indice de dégradation corrigé

Etendu \ Gravité	0 à 10%	10 à 50%	>50%
1	0	0	0
2	0	0	+1
3	0	+1	+1

L'indice de dégradation reste finalement six (06). Cette valeur implique définitivement que la route est dégradée.

2.4. MESURE ET ANALYSE DE LA DEFLEXION PAR LA POUTRE DE BENKELMAN

La poutre de BENKELMAN détermine la déformation de la route sous charge statique de 13T.

- Principe :

Pour une chaussée donnée, la déflexion se mesure à l'aide de la poutre de BENKELMAN, par l'enfoncement provoqué par un essieu unique à roue jumelée de camion chargé de 13T.

- Mode de l'essai :

On positionne d'abord l'essieu de 13T et on suit respectivement ces opérations :

- On procède à l'installation de la poutre tout en réglant son niveau ;
- Le conducteur de camion avance constamment tout en faisant un aller-retour pendant que la règle se trouve dans l'espace séparant les deux (02) pneus de la roue ;
- Finalement on mesure l'enfoncement.

En plus de l'utilisation visuelle, une campagne de déflexion, effectuée à l'aide d'une poutre de BENKELMAN pour la détermination de la portance de la chaussée existante. Les valeurs des déflexions sont nécessaires pour une évaluation de la qualité résiduelle de la chaussée ou dans l'étude de dimensionnement, de renforcement et de l'entretien.

2.4.1. Détermination de la note de qualité

La méthode de VIZIR a permis de définir un indice de dégradation de surface (I_s). Cet indice est associé aux déflexions pour établir une grille de décision de la qualité globale de la chaussée. La caractérisation de la déflexion est faite par son classement en trois (3)

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

catégories, déterminés par deux seuils de déflexion d1 et d2 dépendant des nombreux facteurs tels que l'environnement climatologique, la nature et l'épaisseur des chaussées.²

- d1 : représente la valeur en deçà de laquelle la chaussée se porte généralement bien ;
- d2 : la valeur au-dessus de laquelle la chaussée se porte mal ;
- Entre les valeurs existe une zone d'indétermination, la solution doit être précisée par une analyse plus fine.

En pratique ; les valeurs d1 et d2 sont issues de l'expérience dans un pays donné, et dans le cas de ce projet nous avons retenu les seuils habituellement utilisés au Niger à savoir :

- d1 = 40 ;
- d2 = 60.

Tableau 7: résultats des mesures de déflexion

Tronçon	N° section	Début PK	Fin PK	Longueur	Dc	Dc<40	40<Dc<60	DC>60
TAHOUA-KOLOMA BABA	1	0+000	1+000	1,000	44,36		1,000	
	2	1+000	2+000	1,000	46,92		1,000	
	3	2+000	3+000	1,000	44,33		1,000	
	4	3+000	4+000	1,000	36,5	1,000		
	5	4+000	5+000	1,000	40,45		1,000	
	6	5+000	6+000	1,000	38,61	1,000		
	7	6+000	7+000	1,000	48,29		1,000	
	8	7+000	8+000	1,000	44,36		1,000	
	Longueur totale en km =				07,00			
						25%	75%	0%

La note de qualité est donnée dans le tableau 8 qui suit :

² CEBTP-LCPC.54.

Tableau 8:différentes notes de qualités ³

Déflexion Indice de Dégradation Is de surface	D1		D2
	Classe 1	Classe 2	Classe 3
1-2 Peu ou pas de fissures ou pas de déformation	Q1 (Entretien)	Q2 (Entretien)	Q3
3-4 Fissures sans ou pas de déformation et déformation sans fissures	Q2 (Entretien)	Q3	Q4 (Renforcement)
5-6-7 Fissures et déformations	Q3	Q4 (Renforcement)	Q4 (Renforcement)

Les valeurs des mesures de déflexion étant en moyenne 40 (comprise entre 40 et 60 dans le tableau N°7 et situant le tronçon en **classe 2**), couplées à l'indice visuel de dégradations et sont fournies par le LNBTP du Niger, nous ont permis finalement de conférer à notre tronçon de route une note de qualité Q4. Cela signifie que les travaux relèvent justement d'un cas de renforcement dont l'épaisseur dépendra du trafic.

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

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

Conclusion :

Pour le cas de notre étude, la structure de chaussée fait apparaitre un état de surface fissurée et déformée et la déflexion est douteuse (inclus entre d1 et d2), ce qui nous fournit une note de qualité Q4. Cela ordonne que la chaussée nécessite un renforcement dont l'épaisseur dépendra du trafic à étudier.

³ CEBTP-LCPC. « Manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux ». Mai 1985

CHAPITRE III : ETUDE GEOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE

3.1 INTRODUCTION

Il sera fait en premier lieu une analyse et interprétation des résultats d'étude géotechnique en vue de déterminer les caractéristiques de sols du projet, puis passer au dimensionnement exclusif de la structure de chaussée.

3.2 ANALYSE ET INTERPRETATION DES DONNEES GEOTECHNIQUES

Les études géotechniques sont réalisées en collaboration avec le Laboratoire National des Bâtiments et des Travaux Publics du Niger (LNBTP) sur la route existante pour définir la situation géotechnique. Cette étude s'est portée sur les aspects suivants :

- Reconnaissance des sols des tracés devant constituer la plateforme ;
- Les prospections des gisements des matériaux d'emprunts pour les terrassements et le corps de chaussée et prélèvement d'échantillons et les essais correspondants ;
- Les prospections des matériaux pour le revêtement et les essais correspondants ;
- Les prospections des matériaux pour le béton et les essais correspondants.

3.2.1. Reconnaissance sur la chaussée existante :

Puisque que notre projet fait cas de réhabilitation, il peut dans ce cas y avoir des zones où les matériaux pourront encore répondre aux caractéristiques exigées pour la réalisation de l'assise de la chaussée. Cela signifierait que ces matériaux pourraient bien être réutilisés. Pour cela, il a été effectué un certain nombre d'essais sur la chaussée existante du tronçon afin d'avoir une définition de sa situation géotechnique aussi qualitativement que quantitativement (portance et épaisseur des couches).

Ainsi, sept (7) sondages à l'axe ont été effectués afin de vérifier les épaisseurs résiduelles des couches de base et de fondation ainsi que le prélèvement de matériaux sur ces couches existantes. Les sondages ont été faits sur le tronçon environ chaque un (1) kilomètre (km).

3.2.2. Essais réalisés :

Pour chacune des couches (base et fondation), il a été réalisé des essais suivants :

- ✚ Essais de portance (CBR : Californien Bearing Ratio) : cet essai a pour but de préciser la portance du sol.
- ✚ Proctor modifié : son rôle est de déterminer la teneur en eau pour laquelle l'énergie de compactage donnée permet d'obtenir la densité sèche maximale.

- ✚ Limites d'Atterberg : ils correspondent aux changements de consistance du sol en présence d'eau.
- ✚ Analyse granulométrie : elle consiste à déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant l'échantillon.
- ✚ Les essais Los Angeles et Micro Deval sur les granulats de revêtement : ils ont pour but la détermination de la résistance à l'usure par le frottement réciproque des éléments d'un granulat.

3.2.3. Spécifications techniques :

Les sols de plateforme doivent avoir la portance supérieure ou égale à S3 alors que les matériaux des couches d'assise doivent répondre aux spécifications suivantes :

- Couche de fondation
 - Pourcentage des passants au tamis de 80 μm < 30% ;
 - Indice de plasticité < 20 ;
 - Densité ≥ 2 ;
 - CBR ≥ 20 à 95 % de la densité sèche de l'OPM pour un trafic < T2 ;
 - CBR ≥ 30 à 95 % de la densité sèche de l'OPM pour un trafic \geq T2.
- Couche de base
 - Pourcentage des passants au tamis de 80 μm < 20% ;
 - Indice de plasticité < 15 ;
 - Densité ≥ 2 ;
 - CBR ≥ 60 à 95 % de la densité sèche de l'OPM pour un trafic < T2 ;
 - CBR ≥ 80 à 95 % de la densité sèche de l'OPM pour un trafic \geq T2.
- Revêtement :
 - LA ≤ 25
 - MDE ≤ 20
 - LA+MDE ≤ 45

3.2.4. Résultats et analyse des essais des sols de la plateforme :

Les résultats des essais sont consignés dans le tableau suivant en [ANNEXE 2' : CHOIX DES MATERIAUX page 77-78](#).

L'analyse de ces résultats indique que le matériau de la couche de base de la chaussée existante ne répond pas à l'ensemble des spécifications requises pour le réutiliser ou le

considérer comme couche de base. Toutefois, ils seront réutilisés en couche de fondation vue qu'ils adhèrent à leurs spécifications.

3.3. DISPONIBILITE DE MATERIAUX DE MATERIAUX DE CHAUSSEES

3.3.1. Emprunts en matériaux graveleux latéritiques pour remblai et corps de chaussée :

Des prospections ont été faites systématiquement dans les zones avoisinant le projet à une distance de transport convenable de l'itinéraire du projet. Ainsi, plusieurs emprunts ont été prospectés, le plus convenable de notre projet est l'emprunt latéritique de matériaux de viabilité obtenu au PK 11 + 000 à 600 m du côté droit du projet. Il a été estimé un volume de matériaux exploitable à plus de 56 000 m³.

Le tableau suivant montre les résultats des essais effectués sur les prélèvements de l'emprunt :

Tableau 9: caractéristiques des emprunts du site

Emprunt	Position géographique	Volume exploitable	Caractéristiques du matériau					CBR modifié à 95% et 98%
			Passant au 80 microns	LI	Ip	d _{CBR}	Teneur en eau	
		m ³	%	%		T/m ³	%	
PK11 + 000 à 600m côté droit	N 14° 54,111' E 15° 24,109'	56 000	14,6	28,6	13,3	2,19	7,2	69 et 107

L'analyse de ces résultats indique que le matériau présent dans l'emprunt du pk11+600 prospecté, répond à l'ensemble des spécifications techniques requises pour l'utilisation des graveleux latéritiques naturel *en couche de base et en couche de fondation*. Les différents emprunts étant extensibles, le déficit de matériaux pourrait être compensé.

3.3.2. Carrières de roches massives pour le revêtement :

La carrière de Lossa, située à environ 80 km sur la route de Tillabéry, sera utilisée dans ce cadre de ces travaux. Elle présente des caractéristiques satisfaisant (le matériau provenant de cette carrière a un coefficient Los Angeles variant de 24,48% à 27,25% et a pour coefficient Micro Deval Humide variant de 9,90% à 12,33%).



Figure 4: carrière de Lossa (source GERMS Consulting)

3.3.3. Autres matériaux :

Il faut noter que les matériaux (gravier ; sable ; ciment ; l'eau) utilisables pour le revêtement ainsi que les ouvrages sont disponibles dans la région.

3.4. DIMENSIONNEMENT STRUCTURALE DE LA CHAUSSEE

Le dimensionnement structural de chaussée consiste à déterminer la nature et l'épaisseur des différentes couches qui la constituent afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie.

La structure d'une chaussée doit résister aux diverses sollicitations, notamment celles dues au trafic et elle doit assurer la diffusion des efforts induits par ce même trafic dans le sol de fondation. L'application d'une charge roulante induit une déformation en flexion des couches de la structure.

Le dimensionnement des chaussées est fait en fonction des principaux paramètres suivants :

- le trafic ;
- la portance du sol ;
- les conditions climatiques.

3.4.1. Etude de trafic :

Bien que fondamentale, l'importance du trafic qu'aura à supporter la route durant la période pour laquelle elle est dimensionnée est toujours difficile à appréhender. Il arrive que les conditions économiques locales se modifient rapidement entraînant des trafics dont l'accroissement avait été sous-estimé ; un renforcement est alors à envisager. Dans le cas général, on admettra que la chaussée devra être conçue pour une période de quinze

(15) ans avant que ses caractéristiques progressivement altérées ne rendent nécessaire son renforcement mais, par le biais du calcul du trafic équivalent en nombre de passages d'un essieu standard, il est possible de dimensionner une chaussée pour une durée quelconque. Cependant les hypothèses utilisées pour le calcul du trafic poids lourds sont consignées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 10: paramètres et hypothèse

Désignation	Valeur	Commentaires/hypothèses
Coefficient de répartition transversale	1,00	Voie de 3,5m
Année de comptage du trafic	2018	
Année de mise en service	2022	Début des travaux en 2019 pour une durée de 03 années
Essieu Standard	13tonnes	
Taux géométrique de croissance annuel du trafic des PL	5%	
Durée de vie	15 ans	
CAM	1,70	

3.4.2. Données relatives au trafic :

Le trafic actuel pris en compte entre Tahoua- Koloma Baba est estimé sur la base des résultats issus des enquêtes de trafic et de comptage effectués sur la section de la route en projet du 26 Juillet au 01 Aout 2018 de 6h à 22h.

Pour un double sens le TMJA (Trafic Moyen Journalier Annuel) pour les besoins de la présente étude, le calcul du trafic a abouti au résultat donné dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 11: résultats de comptages

N° catégorie	Type	Sens	Poste 1 sortie Tahoua
1	Véhicule particulier	Entrant	29
		Sortant	27
		TMJA	56
2	Véh-tout terrain 4x4	Entrant	28
		Sortant	23
		TMJA	51
	Camionnettes	Entrant	20
		Sortant	21
		TMJA	41
	Mini-bus	Entrant	42
		Sortant	40
		TMJA	82
3	Bus (Rimbo) cars	Entrant	9
		Sortant	10
		TMJA	19
4	Camion 2 essieux	Entrant	19
		Sortant	19
		TMJA	38
	Camions 3 essieux	Entrant	20
		Sortant	20
		TMJA	40
5	Citernes et Ensemble articulés	Entrant	1
		Sortant	0
		TMJA	1
Total PTAC > 5t entrant			111
Total PTAC > 5t sortant			110
TOTAL de TMJA			328

Pour le calcul du trafic équivalent, on pourra souvent négliger la prise en compte des véhicules légers dont l'influence est faible⁴. Ce qui nous amène à considérer Le TMJA de **111 PL** comme le nombre de trafic moyen journalier des poids lourds maximum correspondant au trafic du tronçon Tahoua-Koloma baba dans le but d'estimer le trafic équivalent.

3.4.3. Trafic à l'année de mise en service :

En considérant une croissance exponentielle du trafic, le Trafic Moyen Journalier Annuel (année n) est donné par :

$$T_0 = TMJA = T_{PL} * (1 + i)^{n'5} \text{ Avec :}$$

i : taux de croissance géométrique (i = 5%) ;

T₀: Trafic moyen journalier à l'année de mise en service des véhicules poids lourds de la route ;

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

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

$$T_0 = 135 \text{ PL/jour/sens}$$

3.4.4. Trafic cumulé :

Le trafic total cumulé en nombre de poids lourds, est donné par :

$$T_n = 365 * T_0 * \frac{(1+i)^n - 1}{i} \Rightarrow T_n = 1.06 \times 10^6 \text{ PL}$$

T₁: Trafic moyen journalier de la première année (année de mise en service) ;

T_n: Trafic de l'année n ;

i: Taux d'accroissement annuel du trafic ;

n: Durée de vie de la route

3.4.5. Détermination de classe de trafic :

Tout comme pour les sols, le guide du CEBTP définit des classes de trafic. Ces classes peuvent être déterminées de trois manières différentes selon que l'on dispose soit :

- du trafic journalier toute catégorie de véhicules confondues ;
- du trafic cumulé de poids lourds (véhicules définis comme ayant un poids total, en charge, supérieur à treize tonnes « 13 t ») ;

⁴ CEBTP

⁵ CEBTP, Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux, 1980.24.

- du trafic cumulé calculé selon les équivalences d'essieux tirées des essais AASHO par Liddle.

Ainsi le trafic cumulé d'essieux équivalent de 13 tonnes sur la durée de vie considérée, **NE**, à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement est :

$$NE = T_n \times CAM = 1,70 \times 1,06 \times 10^6 \text{ Essieux équivalents de 13t}$$

Au regard des données dont nous disposons dans le cadre de cette étude, la classification est effectuée suivant le trafic cumulé des véhicule poids lourds présentées dans le tableau suivant :

Tableau 13:classification en nombre cumulé de poids lourds ⁵

Nombre de véhicules cumulés	Classe de trafic
$N < 5.10^5$	T1
$5.10^5 \leq N < 1,5.10^6$	T2
$1,5.10^6 \leq N < 4.10^6$	T3
$4.10^6 \leq N < 1.10^7$	T4
$1.10^7 \leq N < 2.10^7$	T5

Avec le résultat $1,81 \times 10^6$ trouvé ci-haut, cela nous indique à partir du tableau ci-dessus que la classe de trafic étudié est de **T3**.

3.4.6. Classe du sol support de chaussée :

L'indice CBR permet de déterminer l'aptitude des matériaux à supporter les charges. Il permet également de classer les sols et de définir les matériaux constituant la chaussée. En fonction de l'indice CBR, le guide de dimensionnement du CEBTP, met à notre disposition un tableau faisant ressortir la portance des différents sols supports et d'emprunts. Ce pendant cinq (5) classes de sols sont retenues, qui correspondent à une répartition assez constante des divers types de sols rencontrés en pays tropicaux. Les CBR sont déterminés après quatre (4) jours d'imbibitions et à 95% de la densité.

Le tableau 14 ci-après, nous montre que les sols support (renforcement et élargissement) du tronçon sont de classe de **S4**.

Tableau 12:classe du sol support ⁶

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

3.5. DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE LA CHAUSSEE :

Il consiste à déterminer les épaisseurs éventuelles à ajouter dans l’objectif de renforcer la chaussée existante à réhabiliter. Le dimensionnement du renforcement peut s’effectuer sous plusieurs méthodes après la caractérisation de l’ancienne chaussée. Pour notre cas, il sera fait suivant la méthode empirique du CEBTP –LCPC issue du « manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux », puis vérifié par la méthode rationnelle de calcul de renforcements avec le logiciel Alizé-LCPC.

3.5.1. Dimensionnement par la méthode empirique :

a. Le renforcement

Basée sur les fiches de renforcement de chaussées souples revêtues, tirée du « **manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux** », cette méthode prend en compte la classe de trafic en nombre cumulé d’essieux standard selon CEBTP et la qualité du support **Q1** à **Q5** de la chaussée à renforcer.

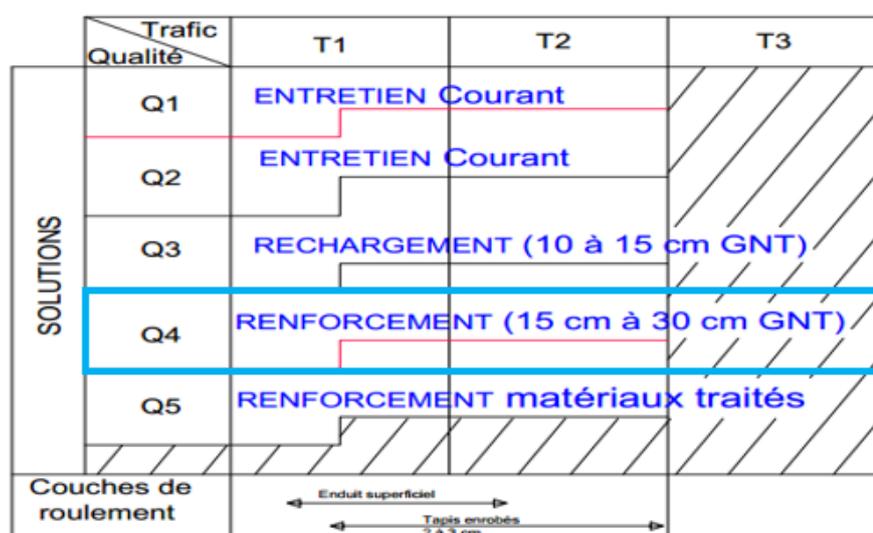


Figure 5: dimensionnement empirique pour le renforcement en GNT

On remarque sur la figure ci-dessous, que la réfraction de chaussée est recommandée au-delà de T2.

Pour le cas de cette étude, le trafic étant de **T 3** et la note de qualité de **Q4**, nous proposons la solution de réhabilitation avec la structure suivante :

- Couche de roulement : béton bitumineux de **5cm** ;
- Couche base ou renforcement : **15 à 30 cm** GLNT ;
- Couche de fondation : recyclage de l'ancienne couche de base + 5 cm d'apport pour l'élargissement et réglage.

b. Zone d'élargissement

L'étude de trafic réalisée précédemment révèle que le trafic à considérer pour le dimensionnement de la structure de la chaussée est un trafic de type T3. Et les résultats des études géotechniques nous donnent S4 comme classe de portance de sol.

Suivant les tableaux fournis par le « **Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées pour les pays Tropicaux** » conçu par le CEBTP (Centre d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics). Ainsi, avec un trafic **T3** et un sol de portance **S4**, les structures de chaussées proposées pour ce type de configuration sont répertoriées dans le tableau suivant :

TRAFICS T ₃ - T ₄		S ₁		S ₂		S ₃		S ₄		S ₅	
		T ₃	T ₄								
R	Béton bitumineux	5	X	5	X	5	X	5	X	5	X
B	Graveleux latéritique naturel	20	X	20	X	20	X	20	X	25	X
F	Graveleux latéritique naturel	40	X	30	X	20	X	15	X	0	X
R	Béton bitumineux	5	7	5	7	5	7	5	7	5	X
B	Graveleux latéritique ou grave naturelle améliorés au ciment	20	20	20	20	20	20	20	20	20	X
F	Graveleux latéritique naturel ou grave naturelle O/D	45	50	25	30	20	25	15	20	0	X

Figure 6: de dimensionnement par la méthode CEBTP

Les abaques de CEBTP nous donnent pour les zones d'élargissements, les propositions de structures suivantes :

- Revêtement : béton bitumineux de **5 cm** ;
- Couche base : graveleux latéritique naturel de **20 cm** ;
- Couche fondation : graveleux latéritique naturel de **15 cm**.

3.5.2. Vérification avec le logiciel Alizé LCPC

Les méthodes de dimensionnement rationnelles telles qu'Alizé-LCPC permettent aisément de procéder au dimensionnement du renforcement d'une structure de chaussée. C'est dans ce sens que nous utiliserons le logiciel Alizé- LCPC pour effectuer ce dimensionnement. Le principe consiste à modéliser les structures de manière à pouvoir évaluer les contraintes ou les déplacements provoquées par une charge type unitaire.

Dans ce modèle élastique d'étude des structures par le logiciel Alizé-LCPC, il faut noter deux (2) étapes critiques :

- L'étape de la recherche du module de la plateforme ;
- L'étape du dimensionnement.

3.5.3. Etape de la recherche du module de la plateforme :

Elle prend en compte les caractéristiques mécaniques de la structure en place tandis qu'en revanche, la deuxième considère des matériaux de bonne performance qui doivent prendre le temps de vieillir avant de perdre eux aussi leurs bonnes caractéristiques qu'ils avaient à leur mise en œuvre.

Après avoir choisi les paramètres de la chaussée existante, nous utiliserons le programme ALIZE pour modéliser chaque section avec la relation $E = 5 \times CBR$ pour les modules à prendre en compte avec un maximum de 600 MPa. Le module de la couche de fondation est déduit du module de la couche immédiatement inférieure (plateforme) par la loi : $E_n = E_{n-1} \times k$, avec $k = 2$ à 3 . Nous illustrons les différentes valeurs de modules de Young dans le tableau suivant :

Tableau 13: module de la plateforme

Chaussée existante	Module de Young en MPa	Zone d'élargissement	Module de Young en MPa
Nouvelle couche de base	600	Couche de base	600
Couche de base	5 x 30 = 150		
Couche de fondation	5 x 15 = 75	Couche de fondation	75 x 3 = 225
Plateforme	5 x 15 = 75	Plateforme	5 x 15 = 75

3.5.4. Etape de dimensionnement :

Le choix de ces paramètres reste une phase déterminante lors des études de renforcement d'une route. Tous les calculs seront faits en référence aux prescriptions de SETRA - LCPC " Conception et dimensionnement des structures de chaussée ", Guide technique, Edition de décembre 1994. Une fois les paramètres judicieusement choisis, nous passerons au calcul des contraintes et de déformations suivant la méthode Alizé. Les matériaux d'apport sélectionnés sont supposés de CBR 80 maximum et modélisés par un module plafonné à 600 MPa.

Nous adoptons la démarche suivante :

- La détermination des sollicitations admissibles dans les différents matériaux en utilisant les lois de fatigues ;
- Le calcul des sollicitations dans la structure ;
- La vérification du niveau des contraintes et déformations calculées en s'assurant que ces dernières restent inférieures aux contraintes et déformations admissibles.

❖ Dimensionnement

Une fois les paramètres choisis, nous passerons aux calculs de contraintes et de déformations en utilisant les lois de fatigues pour le calcul des sollicitations dans la structure et la vérification du niveau des contraintes et déformations calculées en s'assurant que ces dernières restent inférieures aux déformations admissibles.

❖ Calculs des contraintes et déformations

- Calcul de la contrainte admissible

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

Elle est obtenue par la formule suivante :

$$\sigma_z = \frac{0,3 \times \text{CBR}}{1 + 0,7 \times \log \text{NE}}$$

Le sol de classe S4 avec un CBR de 15.

$$\text{NE} = 1,81 \times 10^6$$

$$\sigma_z = \frac{0,3 \times 15}{1 + 0,7 \times \log(1,81 \times 10^6)} = 0,84$$

$$\sigma_z = \mathbf{0,84 \text{ MPa}}$$

- Calcul de la déformation admissible du sol support :

La déformation verticale admissible est donnée par la formule de SETRA édition 1998 (chaussée à trafic moyen ou fort) suivante :

$$\epsilon_{z,adm} = A \times (\text{NE})^{-0,222} \text{ Avec } A \text{ pris égale à } 12000 \text{ pour un trafic } \geq T3$$

$$\epsilon_{z,adm} = A \times (\text{NE})^{-0,222} \quad \epsilon_{z,adm} = \mathbf{489,95 \text{ }\mu\text{déf}}$$

- **Calculs des contraintes-déformations de la structure de chaussée**

Le calcul de la contrainte verticale et de la déformation relative se fera avec le logiciel Alizé-Lcpc sous l'essieu de référence de 13 tonnes.

Nous obtenons alors :

$$\sigma_z = \mathbf{0,035 \text{ MPa}} \text{ et } \epsilon_z = \mathbf{481,9 \text{ }\mu\text{déf}}$$

❖ Vérification et choix de la structure de chaussée

La vérification consiste à comparer les valeurs calculées aux valeurs admissibles.

Après simulation, il ressort que la structure de chaussée choisie précédemment respecte au mieux les contraintes et déformation admissibles en [ANNEXE 4 : NOTE DE CALCUL ALLIE LCPC](#) toutefois les tableaux ci-dessous présente un récapitulatif des résultats.

Tableau 14: récapitulatif des calculs

Valeurs admissibles	$\epsilon_{\text{psiZ, adm}} (\mu\text{déf})$	$\epsilon_{\text{psiZ,}} (\mu\text{déf})$	$\sigma_{z,adm} \text{ Pa}$	$\sigma_z, \text{ MPa}$
Plateforme	489.95	481.90	0.84	0.035

3.2 Conclusion :

Nous retiendrons pour la zone d'élargissement de notre étude, la structure optimale ayant les caractéristiques suivantes :

- Couche de roulement :5 cm
- Couche de base :20 cm
- Couche de fondation :20 cm

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMETRIQUE DES AMENAGEMENTS

4.1 INTRODUCTION

La première étape d'une conception géométrique est le choix des caractéristiques générales : le type de route qui détermine l'instruction à appliquer ; la catégorie de route qui conditionne les principales caractéristiques géométriques du tracé.

4.2 ETUDE TOPOGRAPHIQUE

4.2.1 Rapport topographique

4.2.1.1 Implantation de la polygonale de base

Une polygonale de base, servant d'ossature de toutes les levées, a été mise en place. La polygonale a été observée au GPS Différentiel suivi d'un nivellement à l'aide d'un niveau numérique Sprinter 150M de marque LEICA. Les sommets de la polygonale sont matérialisés par des tiges de fer Ø12mm de longueur égale à 20 cm. Elles sont noyées dans un bloc de béton de forme conique présentant une dimension minimale de 20 cm x 20 cm. L'emplacement des points de la polygonale de base a été minutieusement choisi afin d'éviter leur disparition. Les sommets sont distants au plus de 500m (l'inter-visibilité n'étant pas nécessaire avec le GPS Différentiel).

4.2.1.2 Profils en travers

Le levé de détails des profils en travers consiste en un levé systématique des profils en travers (les profils ont une équidistance maximale de 25 mètres ou moins au droit des points singuliers). Les relevés des profils s'étendent sur la totalité d'emprise des voies. Tous les points sont nivelés de manière à tenir compte des contraintes telles que : évacuation des eaux, de respect des seuils des constructions, de déclivités le long de la voie et de raccordement aux voies adjacentes, etc. Les levés de profils en travers sont reportés aux échelles 1/100 – 1/20 en même temps que le profil en travers type (voir la page 33-34).

4.2.1.3 Points singuliers du tracé

Ils présentent une densité minimale de 200 points/ha et contiennent tous les détails planimétriques compatibles avec l'échelle, tels que les intersections de rues, le raccordement des trottoirs, les alignements curvilignes, les alignements à angle très ouvert, les changements brusques de largeur, etc. Le report du levé a été effectué à l'échelle graphique approprié.

4.2.1.4 fonds de plans

Le résultat des travaux d'études topographiques ont permis d'avoir un fond de plan (des points topo en trois (3) dimensions XYZ) qui nous a été fourni pour la conception géométrique.

4.2.1.5 Les logiciels utilisés

Pour l'étude de ce projet, nous avons utilisé les logiciels suivants :

- ☞ **AUTOCAD & COVADIS 2007** : Couplet des deux logiciels permettant la visualisation, l'édition des informations et insertion des semis de points....
- ☞ **EXCEL** : Il est utilisé pour effectuer des calculs par insertion des formules et l'élaboration des tableaux...
- ☞ **PISTE 5.05** : Logiciel de conception routière permettant l'obtention des différents éléments caractéristiques de la géométrie routière et le calcul de cubature.

4.3 CONCEPTION GEOMETRIQUE

4.3.1 Normes géométriques ;

La norme de conception est celle de l'instruction sur l'Aménagement des Routes Principales ARP.

4.3.2 Paramètres et caractéristiques de conception

a) Paramètres de conception

La conception géométrique de ce projet sera faite sur la base des caractéristiques suivantes

Pente mini des talus en remblais = 3/2 (3 horizontales ,2 verticale) :

En déblai = 1/1

Mise hors d'eau obligatoire.

b) Caractéristiques de conception

Le type de route retenu est le type U avec une vitesse de référence de **60 km/h**.

Tableau 15: caractéristiques du tracé en plan et profil en long

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

4.4 CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

4.4.1 Tracé en plan

Par définition, le tracé en plan est une projection de la route (ou de l'axe) sur un plan horizontal. Le tracé en plan d'une route est constitué d'une succession d'alignements

droits raccordés par des courbes circulaires ou progressives illustré dans la figure ci-dessous. En règle générale, l'axe des voiries est choisi de façon à garder le tracé existant afin d'éviter trop de démolitions.

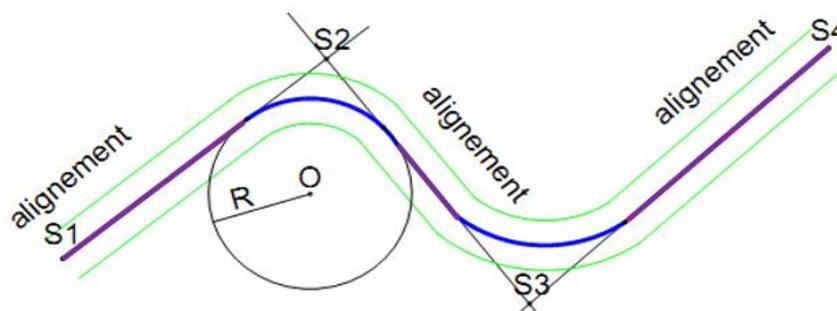


Figure 7: illustration de tracé en plan

Nous avons utilisé pour ce tracé six (06) alignements droits, une clothoïde et quatre (04) courbes dont deux avec des rayons non déversés de 1000 à 1300 m et une avec deux rayon déversé de 1900 à 2000 m. voir en [ANNEXE 3-1](#) : Listing de l'axe en plan Tahoua-Koloma baba. [page 81](#) le listing de l'Axe en plan Tahoua-Koloma baba.

b) Profil en long

C'est la projection de l'axe de la route sur un plan vertical. Les normes minimales retenues sont mentionnées dans le tableau ci-dessus (page 31). Le calage du profil en long a été fait en tenant compte du contexte du tronçon Tahoua-Koloma baba et des règles de l'art notamment :

- la mise hors d'eau du corps de chaussée ;
- le calage des ouvrages d'assainissement prévus ;
- les épaisseurs de couches de chaussée ;
- le respect des caractéristiques géométriques ;

La cote de départ est celle de PK fin de Tahoua Sakola qui est de **420,15 m** pour que l'utilisateur se sente à l'aise quand il emprunte la nouvelle route.

Le tracé combiné qui est du tracé en plan et du profil en long sera en [ANNEXE 3'](#) : **TRACE COMBINÉ1.**

c) Profil en travers

Il est défini comme étant la projection de la route sur un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route (coupe transversale de la route).

Il est projeté en 1x2 voies en rase campagne et en 2x2 voies en traversé d'agglomération comme prévu dans les TDR puisque nous ne disposons pas des données du trafic en UVP.

➤ Profil en travers type TP1

Ce profil type consigné à la **figure 8** s'applique à la traversée d'agglomération et comprend :

- deux chaussées bidirectionnelles de largeur 7,0 mètres ;
- deux trottoirs de 3,0 m (2*1,50 m) de largeur de part et d'autre de la chaussée revêtue en pavé autobloquant ;
- des bordures de type T2+CS2 de part et d'autre ;
- Terre-plein centrale (TPC) de 1,50 m ;
- des pentes transversales de 2,5% sur la chaussée et de 3% sur les trottoirs ;
- la largeur totale de la plateforme est de 18,50 mètres.
- Le talus (L/H) : 2/3 en remblai (2 verticales, 3 horizontales) et 1/1 en déblai.

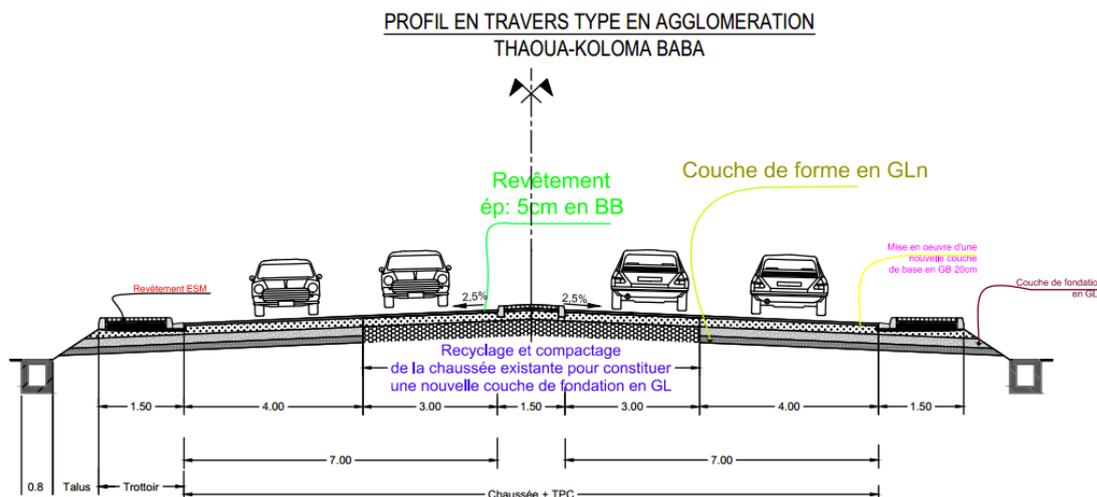


Figure 8: profil en traversé d'agglomération

➤ Profil en travers type TP2

Ce profil type consigné à la **figure 9** s'applique en rase campagne et compose :

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

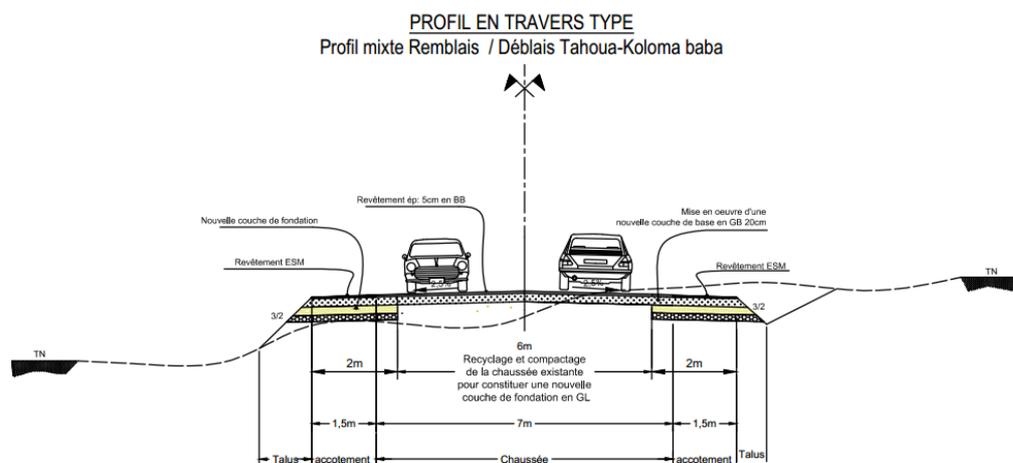


Figure 9: profil en travers type en rase campagne

4.4.2. Terrassements

Le terrassement est devenu une phase technique des travaux routiers, c'est une étape fondamentale de la construction d'une route au cours de laquelle l'ingénieur routier rencontre les difficultés.

Il est alors indispensable d'établir un véritable projet de terrassement et de bien l'établir.

a) Les Cubatures

- Volumes

Pour l'ensemble du projet, le résultat des cubatures obtenues après modélisation du terrain sur le logiciel Piste 5 peut être résumé comme suit :

Tableau 16: cubature du projet

Terrassement	Déblais (m ³)	Remblais (m ³)
Tahoua – Koloma baba	14224	9751

b) Distances de transport

Terrasser, c'est aussi déplacer le sol, c'est-à-dire le transporter. La phase du transport est au centre des opérations de terrassement. Le transport implique un véhicule dans lequel se font les transports et une voie sur laquelle se déplacera le véhicule. Le paramètre essentiel est la distance de transport qui détermine en fonction de sa longueur les moyens ou véhicules de transport.

Dans notre cas, les distances sont grandes, les bennes assureront le transport des matériaux.

4.5 AMENAGEMENTS DES ZONES PARTICULIERES DU TRONÇON

Aménager un espace routier signifie qu'on y installe divers éléments pour influencer ou modérer le trafic dans les localités, les voies de passage et les quartiers. Les mesures d'aménagement doivent être conformes aux normes et aux dispositions légales. Alors, nous garantissons une sécurité maximale pour les usagers de la route.⁶

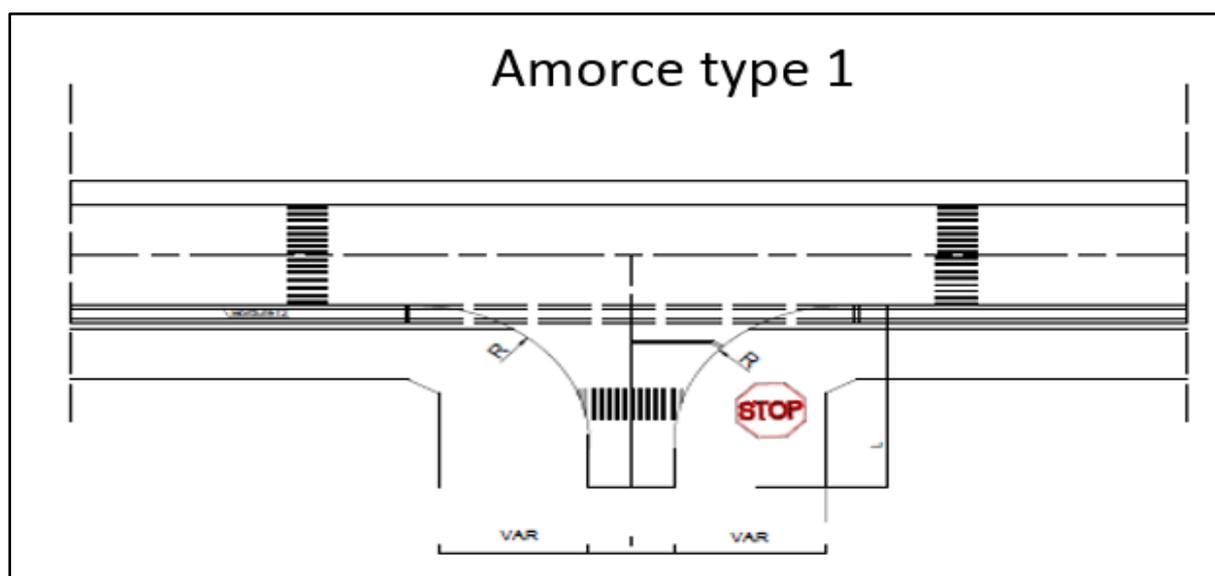
4.5.1 Parking :

Un parking est un espace aménagé pour le stationnement des véhicules qu'on trouve généralement devant les centres commerciaux, des bâtiments publics etc.

Sur ce tronçon, nous allons aménager les parkings déjà existants (sorti Tahoua et entrée Koloma baba).

4.5.1 Amorce :

C'est la partie d'une route commencée à l'une de ses extrémités. Sur ce projet, nous avons utilisé l'amorce type 1 (illustrée dans la figure ci-dessous) avec $L=20m$, l varie de 7 à 9 m donc le rayon varie aussi de 12 à 15 m à côté des écoles, centre de santé, et des marchés.



TYPE AMORCES	L(m)	l(m)	R(m)
GRANDE	20	9	15
MOYENNE	20	7	15 ou 12

⁶ ARP 1994.

CHAPITRE V : ETUDES D'ASSAINISSEMENT ET DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

5.1 INTRODUCTION

L'ennemi principale de la route c'est l'eau. Le présent chapitre d'études d'assainissement et dimensionnement des ouvrages en béton a pour objet de traiter l'assainissement des aménagements routiers du projet vis-à-vis des eaux de ruissèlement pluviales.

Nous ferons dans un premier temps l'état des lieux des ouvrages existants ; Etude hydrologique, Etude hydraulique et enfin dimensionnement structural des ouvrages pour obtenir les sections de ferrailages.

I. Etats des lieux du système d'assainissement existant et proposition d'aménagement

Après analyse et exploitation des données recueillis, les enquêtes menées sur le terrain ont permis de trouver trois (03) ouvrages transversaux, dont leurs caractéristiques sont consignées dans le tableau N°20 avec des images en ANNEXE 4' : OUVRAGES EXISTANTS.

Tableau 17:recapitulatif des ouvrages existants

N° Ouvrage	Coordonnées		Profils	Cote fils d'eau	Nature et Dimensions
	X	Y			
OH1	748000,0076	1646774,0116	22	424,82	Dalot 2X1X1
OH2	749460,6001	1647000,8068	86	431,06	2 buses Φ80
OH3	750244,0691	1646988,9798	119	435,44	2 buses Φ80

Ces ouvrages (longitudinaux et transversaux), due au manque d'entretien, sont inadéquats, car ils sont menacés par l'ensablement dans un premier temps, dans un second temps la section hydraulique des ouvrages transversaux semble être insuffisante au regard des signes de stagnation des eaux en amont des ouvrages. Il est convenu dans le cadre de ce projet de concevoir des caniveaux et des dalots en section urbaine en remplacement avec les buses et les radiers.

II. Etude hydrologique

L'hydrologie est la science étudiant le régime des cours d'eau, l'aspect topographique de bassin versant et permettant d'apporter des éléments de réponse aux questions

précédentes, c'est-à-dire de quantifier les données hydrologiques nécessaires pour projeter un aménagement.

1. Méthodes de calculs hydrologique :

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour l'évaluation des débits de crue en fonction de la disponibilité des données hydrométriques à l'exutoire des bassins étudiées et des données pluviométriques de la zone du projet. Les trois grandes familles de méthode sont : l'hydrologie statistique, hydrologie analytique, et hydrologie déterministe. Ces différentes méthodes sont exposées ci-après :

a) Méthode statistique directe :

Cette méthode est utilisée lorsque l'on dispose des mesures en un point jaugé et que ce point constitue l'exutoire du cours d'eau et le site de l'ouvrage projeté.

Ainsi sur la base des séries chronologiques des débits maximums journaliers annuels observés un ajustement statistique directe est appliqué sur la série pour déterminer la valeur du débit maximum journalier correspondant à une fréquence de retour 5, 10, 20, 50, ou 100 ans selon la longueur de la série des données.

a) Méthode analytique :

La « méthode analytique permet d'estimer le débit décennal en un point non jaugé d'un cours d'eau sur la base de la connaissance du débit d'un point jaugé sur la même rivière. En effet, si l'on désigne par S_0 la superficie et Q_0 le débit décanal en point connu ou l'on effectue régulièrement des relevés de hauteur d'eau, le débit projet Q_p recherché pour un bassin versant ayant une superficie S_p connue pour la même rivière est :

$$Q_p = Q_0 * \left(\frac{S_p}{S_0}\right)^\alpha \text{ avec } \alpha = 2/3 \text{ si } S_p < S_0$$

Les données hydrométriques des cours d'eau de la zone du projet ne sont pas disponibles étant donné qu'ils ne sont pas munis de dispositif de mesure telles que les échelles limnimétriques.

a) Méthode déterministe :

Le « 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 » définit les deux (02) méthodes actualisées de l'ORSTOM et CIEH.

Ces méthodes actualisées et révisées, publiées en 1996, s'applique aux bassins versant situés entre les isohyètes annuelles 150-200 et 1200 mm, ayants des superficies comprises entre 0,2 ou 1-2 km² à 200 km².

A ces deux méthodes s'ajoute la méthode rationnelle qui est appliquée aux petits bassins versant dont la superficie ne dépasse pas 4 km². Ci-joint les différentes formules de calcul des méthodes énumérées ci-dessous :

Tableau 18:resumé des méthodes de calcul hydrologique

Désignation	Méthode	Formule
Méthode ORSTOM	Q _p	$A * K_r * P_{10} * S / T_{b10}$
Méthode CIEH	Q _p	$A * K_{r10^k} * P_{an^p} * I_{g^i} * S^s * D_{d^d}$
Méthode rationnelle	Q _p	$0,278 * C * I * S$

a) Choix des méthodes de calculs adaptés à l'étude :

Pour les besoins de la présente étude, la disponibilité relativement restreinte des données nous oblige à n'envisager que l'utilisation de méthode déterministes de calcul des débits de crue et ce sur la base de données pluviométriques. En effet, la zone du projet ne dispose pas de cours d'eau de jaugés dont les résultats de suivi puissent permettre l'application des méthodes analytiques ou statistiques de calcul direct de débit de crue.

Par ailleurs, l'ensemble des méthodes déterministes de calcul restent valables pour la présente étude et chacun dans la limite des hypothèses de base ayant conduit à son établissement.

Ainsi, nous utiliserons les méthodes suivantes :

- Les **méthodes de ORSTOM et du CIEH** pour les bassins de superficie supérieure à 200 km² ⁷
- La **méthode rationnelle** pour les bassins versants de superficie inférieure ou égale à 4km²

Les données collectées pour les besoins de la présente étude sont celles relatives aux stations pluviométriques de Tahoua aéroport en l'occurrence : les séries des pluies

⁷ FAO, Crues et apports, Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour des bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicaux sèche, 1996.

journalières maximales annuelles (record) sur une période de vingt-huit (28) ans de 1985 à 2012. Les données pluviométriques sont consignées dans un tableau en

[ANNEXE 5](#) :

Choix de méthode d'ajustement :

Il existe plusieurs méthodes statistiques d'ajustement de séries de données que ce soit hydrologiques ou non. Le choix d'une méthode d'ajustement dépend avant de la connaissance des hypothèses de base d'élaboration de la méthode et de ces limites d'application.

En étude hydrologique, les lois d'ajustement les plus utilisées sont : la loi de Gumbel, la loi Gauss, la loi de Pearson III, la loi de Goodrich, la loi Gibrat Galton.

En ce qui nous concerne, nous allons expérimenter la loi de Gumbel. En outre la méthode de test qui sera utilisée est celle dite du χ^2 qui permet une bonne appréciation de la justesse de la loi en question. Voir en

[ANNEXE 5 : NOTE DE CALCUL DETAILE ETUDES HYDROLOGIQUE](#) démarche de calculs.

Etude pluviométrique :

Elle se restitue au bassin versant général. Les données qui ont permis de fondement à cette étude sont celles des précipitations de 1998 à 2012 fourni par l'agence métrologique comme désigne la figure ci-dessous.

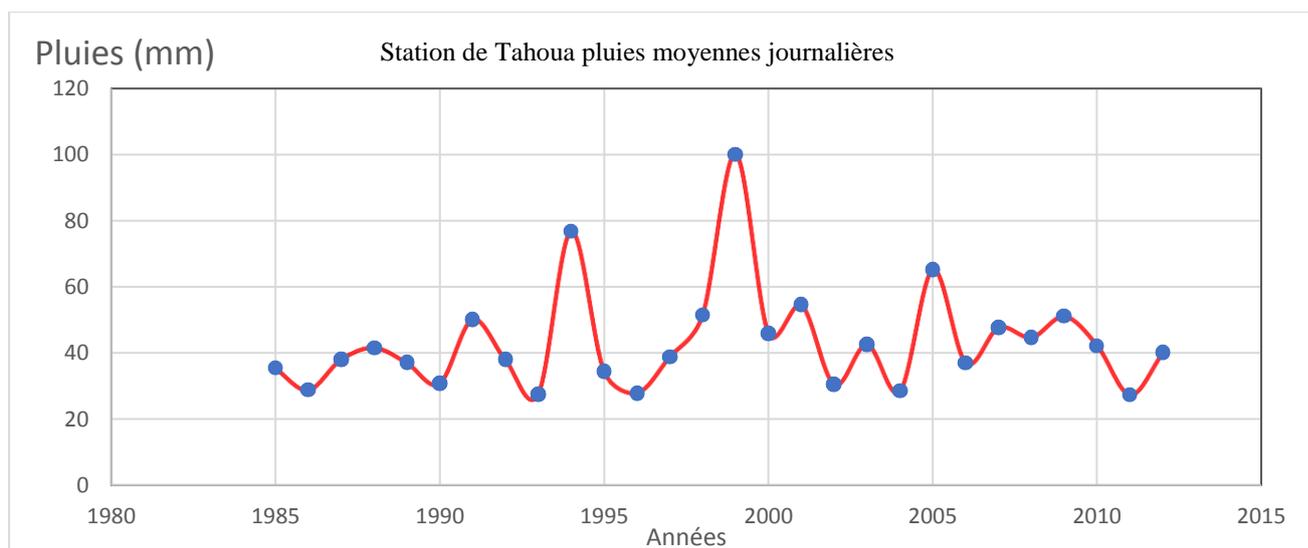


Figure 10:représentation de la pluie de Tahoua

Tableau 19: paramètres de la loi calculés

Station de Tahoua		
Désignation	Symbole	Valeur (mm)
Pluie journalière moyenne	P_{moy}	43,386
Ecart - type	σ	16,044
Coefficient de variation	CV	36,98
Paramètre de Gumbel	α	0,080
Paramètre de Gumbel	p_0	36,166

2. Etude du bassin versant général :

Marque à la fois la notion topographique de zone limitée par une ligne de partage des eaux et celle de surface d'interception des précipitations susceptibles d'être drainées jusqu'à l'exutoire par le réseau hydrographique.

🚦 Etude physique du bassin versant

L'étude physique a pour objectif de déterminer les caractéristiques géométriques du bassin versant. Ce dernier a été délimité à l'aide de logiciels Google Earth et GLOBAL MAPPER et couvre une superficie de 3,819 km² pour un périmètre de 25,709 km.

En guise de faciliter les calculs et évaluer plus justement la capacité des canaux à transiter les eaux lors de crue, le bassin général a été subdivisé en trois (3) sous bassins suivant le sens des écoulements dans le réseau.

Par ailleurs la délimitation des sous bassins, à travers le logiciel GLOBAL MAPPER a permis de déterminer la superficie, le périmètre, les altitudes maximale et minimale, l'emplacement des exutoires en outre le plus long chemin de chaque sous bassin.

La figure 11 suivante présente le bassin versant de la zone de notre projet accompagné du tableau N°23 qui présente les caractéristiques physiques des sous bassins versants.

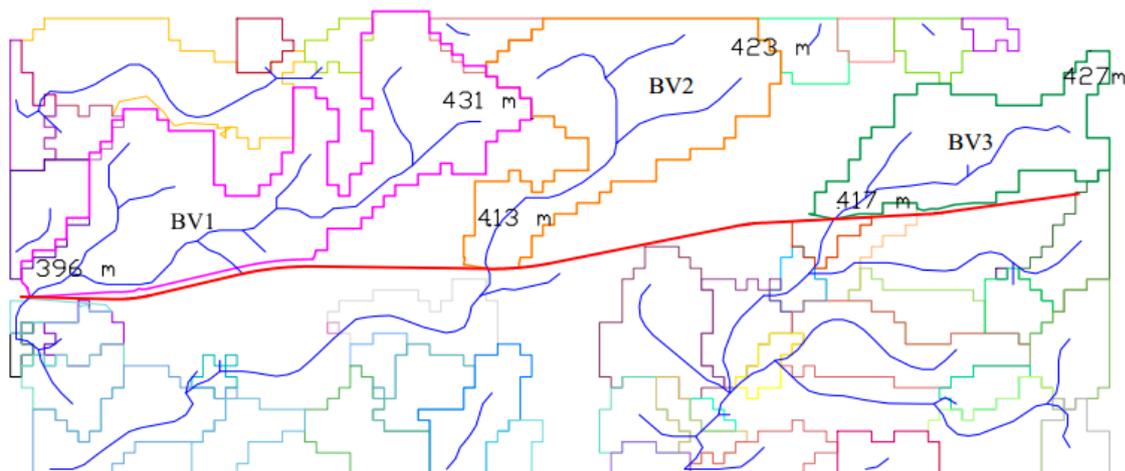


Figure 11: les bassins versants

Tableau 20: caractéristiques du bassin versant

Bassins versants	S (km ²)	P (km)	Z min	Z max	I%	h	Longueur (m)
BV1	2,176	2,389	396	431	1,16	35	3017,24
BV2	0,756	13,757	413	423	1,42	10	704,23
BV3	0,887	6,563	417	427	0,85	10	1176,47

▪ **La surface (S)**

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitation et d'alimentation des cours d'eau, alors les quantités d'eau vont être fonction de sa surface. La surface du bassin versant peut-être mesurée à l'aide d'un planimètre, d'un papier millimétré ou par la technique de digitalisation. Comme nous l'avons dit plus haut les bassins versants seront obtenues par le logiciel Global Mapper. On classe les bassins versant en général relativement à leur surface :

Tableau 21: classement des bassins versant

Classement des bassins versant	
Très petit bassin versant	$0 \leq S \leq 10\text{km}^2$
Petit bassin versant	$10 \leq S \leq 200\text{km}^2$
Grand bassin versant	$200 \leq S \leq 2000\text{km}^2$
Très grand bassin versant	$S > 2000\text{km}^2$

Dans le cas de ce projet les bassins versants sont de très petits bassins car ils sont dans l'intervalle $0 \leq S \leq 10\text{km}^2$.

▪ **Le périmètre (P)**

C'est le contour d'une surface, Il est déterminé par un curvimètre, une ficelle ou de technique de digitalisation.

▪ **La forme du bassin versant**

Il a pour importance surtout pour le débit de crue. A titre d'exemple un bassin versant étroit et très allongé comporte de petits affluents repartis le long du cours d'eau principal, les crues seront lentes et faibles contrairement à un bassin ramassé pour lequel les affluents ont des longueurs sensiblement égales à celles du cours d'eau principal, les différents débits arrivent simultanément à l'exutoire provoquant des crues rapides et puissantes. L'indice admis pour représenter cette caractéristique est le coefficient de compacité de Gravelus K_G définit comme suit :

$$K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi*S}} \text{ Avec P le périmètre en km et S la surface en km}^2$$

La forme des bassins versants est classée suivant le coefficient de compacité de Gravelius K_G . Ainsi on a :

- $K_G = 1 \Rightarrow$ Bassin ramassé ou circulaire
- $K_G > 1 \Rightarrow$ Bassin allongé

▪ **La longueur du rectangle équivalent du bassin versant (L)**

C'est la longueur d'un rectangle ayant la même surface et le même périmètre que le bassin versant. Elle est obtenue par la formule :

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

▪ **La densité de drainage (Dd)**

Rapport à la superficie d'un bassin versant, de la longueur totale des cours d'eau de tous ordres.

$$D_d = \frac{\sum L_i}{S}$$

▪ **La pente longitudinale moyenne (I)**

Le logiciel Global Mapper ne nous permet d'obtenir la pente longitudinale moyenne, cependant L'ORSTOM (actuellement IRD : Institut de Recherche pour le

Développement) a défini 6 classes de bassins versants en fonction de la pente longitudinale moyenne :

- R1 : pentes extrêmement faibles, < 0.2%
- R2 : pentes faibles, < 0.5%
- R3 : pentes modérées entre 0.5% et 1%
- R4 : pentes assez fortes, pentes longitudinales entre 1% et 2%, et pentes transversales supérieures à 2%.
- R5 : pentes fortes, pentes longitudinales entre 2% et 5%, et pentes transversales entre 8% et 20%.
- R6 : pentes très fortes, pentes longitudinales supérieures à 5%, et pentes transversales supérieures à 20%.
- Dans le cas de notre étude, sur les 3 bassins nous avons 2 bassins qui ont une pente longitudinale comprise entre 1% et 2% donc de type R4 et n bassins versants (BV3) qui a une pente longitudinale comprise entre 0,5% et 1% ce qui implique qu'ils sont de type R 3.

▪ **Indice global de pente :**

Indice caractérisant le relief de l'ensemble du bassin et est exprimée en m/km, pour une dénivelée séparant les altitudes ayant approximativement 5% et 95% de la surface du bassin au-dessus d'elles ; ces altitudes sont déterminées sur la courbe hypsométrique du bassin. Nous convenons d'exploiter la formule empirique pour la détermination de cet indice.

$$I_g = \frac{0,026}{\sqrt{S}} \quad \text{Où } S \text{ est la surface en km}^2 \text{ et } I_g \text{ exprimé en pourcentage.}$$

▪ **Perméabilité**

- P1 : Bassin rigoureusement imperméable, sans irrégularités
- P2 : Bassin naturel partiellement imperméable ;
- P3 : Bassin imperméable ;
- P4 : Bassin relativement imperméable ;
- P5 : Bassin perméable
- P6 : Bassin très perméable

▪ **Perméabilité du sol :**

Le sol de notre site de projet est composé essentiellement de sable, par tous à travers la zone d'ouvrage, des lors nous pouvons classer notre bassin dans la n -ème catégorie c'est à dire la catégorie P5 correspondant à des bassins assez perméables.

Tableau 22: Les différentes caractéristiques des bassins versants

N° Bassin versant (BV)	Surface (km ²)	Périmètre (km)	Point le plus haut (m)	Point le plus bas	H=Ph-Pb	Indice global (%)	Pente moyenne (%)	Kg	Densité de drainage
BV1	2,176	5,389	431	396	35	1,76%	1,16%	1,03	2,04
BV2	0,756	13,757	423	413	10	2,99%	1,42%	4,46	
BV3	0,887	6,563	417	427	10	2,76%	0,85%	1,97	

1. Estimation des débits :

L'évaluation des débits de crues de bassins versants non instrumentés, à l'aide de formules empiriques plus ou moins adaptées aux conditions locales, de modèles mathématiques à vocation régionale, ou de méthodes opérationnelles telles que les méthodes ORSTOM et CIEH, peut être avantageusement complétée par des observations et des relevés de terrain. Lorsqu'elles sont possibles, ces opérations servent avant tout de garde-fou, en permettant de confronter les débits estimés aux capacités réelles de transit des cours d'eau étudiés. Menées avec soin, elles fournissent des estimations dont la précision n'est, dans de nombreux cas pas inférieure à celle atteinte par les diverses autres méthodes.

Cependant nous utiliserons pour la suite de notre travail la méthode rationnelle pour les petits bassins versants dont la superficie ne dépasse pas 4 km² soit 400 hectares, et les méthodes ORSTOM et CIEH pour ce qui concerne les bassins versants de superficie supérieur à 4 km² afin de prendre la valeur du débit la plus défavorable pour le dimensionnement des ouvrages.

Méthode rationnelle :

Cette méthode est applicable à des petits bassins versant dont la superficie ne dépasse pas 4 km², malgré que la méthode puisse être applicable pour les bassins plus grands au moyen de facteur de correction.

En outre pour une averse homogène dans le temps et dans l'espace, d'intensité I, le débit maximum Q est obtenu si la durée de l'averse est au moins égale au temps de

concentration T_c du bassin. L'intensité I de l'averse étant exprimée en mm/h, la superficie A en km^2 et le débit Q en m^3/s , la formule s'écrit :

$$Q = 0,278C.I.A$$

C : étant le coefficient de ruissellement qu'on considère uniforme sur les petits bassins versant considéré et pendant la durée de l'averse.

Le temps de concentration :

Il caractérise le temps que met une particule d'eau provenant de la partie du bassin versant la plus éloignée 'hydrologiquement de l'exutoire pour parvenir à celui-ci. Pour calculer le débit maximal de la crue de fréquence donnée, il faut déterminer l'intensité moyenne de l'averse de même fréquence dont la durée est égale au temps de concentration. Nous utiliserons la formule empirique de KIRPICH pour déterminer le temps de concentration :

$$T_c = \frac{L^{1,15}}{52 * H^{0,38}}$$

Avec :

L : distance en m entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin versant

H : la dénivelée en mètre entre l'exutoire et le point le plus éloigné du bassin versant.

L'intensité de la pluie (I) :

L'intensité I sera déduite à l'aide de la formule de Montana :

$$I = a * t_c^{-b}$$

Où a et b sont les coefficients de Montana qui dépendent de la région d'étude et de la période de retour. Pour notre étude le temps de retour retenu est de 10 ans ; ainsi les coefficients de Montana pour les pays de l'Afrique de l'ouest sont les suivants :

$$a = 7,5 \text{ et } b = 0.5$$

L'intensité I égale à : $I = 7,5 * TC^{-0,5}$

Tableau 23: Intensité des pluies

Bassins versants	Intensité de pluie en fonction des paramètres (L ; H ; T_c)			
	Distance L	Dénivelé H	T_c	I
	(m)	(m)	(min)	(mm/h)
BV1	3913	35	67,396	54,814
BV2	1758	10	43,228	68,443
BV3	2118	10	53,556	61,490

Le coefficient de ruissellement :

C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle (arrive à l'exutoire) sur l'aire du bassin versant au volume d'eau obtenu sur cette même aire. Il dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée.⁸

Le coefficient de ruissellement diminue quand la superficie du bassin versant augmente.

D'autre part il varie dans le même sens que la pente du bassin.

Le coefficient de ruissellement de notre bassin versant dans le cadre de notre étude sera déduit à travers la figure N°32 données par : J-L. BONNENFANT et R. PELTIER dont l'application a fournie des résultats cohérents avec les mesures expérimentales.

Nature de la couverture végétale	Valeur de C							
	Petits bassins de 0 à 10 ha présentant une pente de				Bassins moyens de 10 à 400 ha présentant une pente de			
	moins de 5 %	de 5 à 10 %	de 10 à 30 %	plus de 30 %	moins de 5 %	de 5 à 10 %	de 10 à 30 %	plus de 30 %
Plates-formes et chaussées de routes ; cours	0,95	»	»	»	»	»	»	»
Terrains dénudés, ou à végétation non couvrante.....	0,80	0,85	0,90	0,95	0,70	0,75	0,80	0,85
Terrains déjà attaqués par l'érosion								
Labours frais								
Cultures couvrantes, céréales hautes	0,75	0,80	0,85	0,90	0,52	0,60	0,72	0,80
Terrains de parcours, chendent ras								
Petite brousse clairsemée								
Prairies	0,70	0,75	0,80	0,85	0,30	0,36	0,12	0,50
Brousse dense. Savane à sous-bois								
Forêt ordinaire en futaie. Sous-bois touffus	0,30	0,50	0,60	0,70	0,13	0,20	0,25	0,30
Grande forêt primaire	0,20	0,25	0,30	0,40	0,15	0,18	0,22	0,25

Figure 12:: coefficient de ruissellement pour la méthode rationnelle

Le terrain est composé de culture et de céréales, les coefficients de ruissellement obtenu de la figure ci-dessus pour les bassins versants seront consignés dans le tableau ci-dessous en fonction des pentes et des superficies des bassins versants comprises entre 10 et 400 ha. Ce qui nous donne :

Tableau 24: coefficient de ruissellement des différents bassins versants

Bassin versant	Superficie (ha)	Pente (%)	Coefficient de ruissellement (C)
BV1	217,6	1,16	0,52
BV2	75,6	1,42	0,52
BV3	88,7	0,85	0,52

⁸ VAN TUU

$$Q = 0,278C.I.A$$

Tableau 25:Debits calculés par la méthode rationnelle

Bassin versant	Debits calculés Q (m ³ /s)
BV1	9,95
BV2	4,32
BV3	4,55

- Choix du débit de drainage

Après le calcul du débit de crue par les deux méthodes différentes, nous obtenons un tableau récapitulatif ci-dessous. Des méthodes le débit sera choisi pour la condition la plus défavorable à savoir celle présentant le plus grand débit à évacuer.

Tableau 26:Recapitulatif des débits calculés

Bassin Versant	Superficie (Km ²)	Méthode rationnelle (m3/s)	Débit Projet (m3/s)
BV1	2,176	9,95	9,95
BV2	0,756	4,32	
BV3	0,887	4,55	

Calcul du débit pour les caniveaux :

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

$$Q_T = 167 \times 1200^b \times a \times c \times j^{b/2} \times L^{-6} \times A^{0.95}$$

Q_T = Débit en l/s

a et b les coefficients de Montana ;

j : pente moyenne ;

L : plus long chemin hydraulique du bassin ;

A : superficie en ha.

La superficie de la surface à assainir sera calculé sur la base d'une bande de 10 m de l'axe de la route.

$$A = L * l$$

$$\Rightarrow A = 3913 \times 10 = \mathbf{39130 \text{ km}^2} = \mathbf{3,913 \text{ ha}}$$

$$Q_T = 167 \times 1200^{0,5} \times 7,5 \times 0,3 \times 1,16^{0,5/2} \times 3913^{-0,5} \times 3,913^{0,95}$$

$$Q_T = 789,399 \text{ l/s Soit } \mathbf{Q_T = 0,789 \text{ m}^3/\text{s}}$$

III. Etudes hydraulique

L'étude hydraulique de l'ouvrage de franchissement est réalisée dans le but de conférer à la structure une ouverture et un gabarit suffisants pour faire évacuer la crue de projet arrêtée par l'étude hydrologique. En outre les écoulements dans les ouvrages de drainage des eaux pluviales se font à la surface libre.

1. Caniveau :

Dans le but de simplifier l'exécution et l'entretien, il a été réservé des caniveaux pour l'assainissement longitudinal de la chaussée dans la zone urbaine (sortie de Tahoua « voiries »). Le dimensionnement des caniveaux a été effectué à l'aide de la formule de Manning-Strickler (écoulement non permanent uniforme) dont l'expression est la suivante :

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

Q : débit en m^3/s ;

S : section d'écoulement (en m^2) ;

K : coefficient de rugosité de Strickler (67 pour notre projet car nous sommes en présence des ouvrages en béton) ;

R : rayon hydraulique (en m) ;

I : pente du caniveau (0,5%)

En fonction du débit d'évacuation, la section du caniveau varie, variation due à l'importance du débit. Nous avons préféré de choisir les caniveaux de section rectangulaire. Partant de l'hypothèse d'une section hydraulique favorable, nous avons :

$$P = b + 2y_n \text{ et } S = b + y_n$$

Le débit Q devient alors :

$$Q = \frac{K \times (b + y_n)^{5/3}}{(b + 2y_n)^{2/3}}$$

y_n : la profondeur d'eau normale du caniveau ;

b : la largeur au fond du caniveau

Détermination de la profondeur normale (yn) pour les caniveaux :

Il existe plusieurs méthodes pour le calcul de **Yn**, mais pour la présente étude, nous avons utilisé la méthode de la débitante qui est une méthode itérative, dont les résultats obtenus sont récapitulés comme suit :

Tableau 27: Données d'entrée pour déterminer les dimensions du caniveau

Données d'entrée	Q. projet	I	Ks	m	b
	0,674	0,005	67	0	0,7
Formules	P = b + 2yn			RH = $\frac{S}{P}$	
	S = b * yn			Q. itté = $K_s \times S \times R_H^{2/3}$	

Tableau 28: Résultats obtenus pour le dimensionnement du caniveau

Yn	S	P	RH	Q. itté	$\frac{Q. \text{Projet}}{\sqrt{I}}$
0,100	0,070	0,90	0,078	0,8546	11,1622
0,200	0,140	1,10	0,127	2,3733	
0,300	0,210	1,30	0,162	4,1733	
0,400	0,280	1,50	0,187	6,1274	
0,500	0,350	1,70	0,206	8,1763	
0,550	0,385	1,80	0,214	9,2256	
0,560	0,392	1,82	0,215	9,4371	
0,564	0,395	1,83	0,216	9,5218	
0,600	0,420	1,90	0,221	10,2878	
0,641	0,449	1,98	0,226	11,1626	
0,70	0,490	2,10	0,233	12,4429	

En conclusion, nous retenons une section minimale des caniveaux de 70*70 (cm²) pour des raisons de sécurité autrement dit, la largeur b = 80 cm et la profondeur h = 80 cm.

Les divers types d'ouvrage :

Nous englobons dans la dénomination « petit ouvrages » les ouvrages constitués par les dalots et les buses, qu'ils servent au franchissement des cours d'eau ou à l'assainissement

et les différencions des « grands ouvrages » que sont les ponts, les méthodologies pour l'étude de ces diverses catégories étant, en effet, totalement différentes.⁹

- **Les buses :**

Deux types de buses sont couramment utilisés à l'heure actuelle : les buses en béton et les buses en métal.

Si les premières sont fabriquées localement en maints pays, il n'en est pas de même des secondes qui, selon le pays concerné, devront ou non y être importées avec les sujétions et aléas classique de délais et de prix. Nous voyons ainsi apparaitre dès maintenant un critère économique, qui dictera ou non le choix entre buses métalliques et buses en béton. Les buses sont utilisées exclusivement dans des sections où l'on dispose d'une épaisseur suffisante de remblais (un minimum de 0,80 m de remblai est nécessaire au-dessus de la buse) et peuvent être utilisées avec des hauteurs de remblais élevées.¹⁰

- **Les dalots :**

Ils sont en béton armé et présentent une section rectangulaire ou carrée. Les dalots sont des ouvrages sous chaussée qui ne nécessitent aucun remblai : une circulation à même la dalle peut être envisagée moyennant des précautions lors de la construction. Ils ne peuvent en général admettre qu'une faible épaisseur de remblai (de l'ordre d'un ou deux mètres), à moins d'être spécialement calculés pour les surcharges. Ces remblais sont à proscrire si la chaussée doit être revêtue.¹¹

En outre trois types de dalots sont couramment utilisés :

- Les dalots ordinaires constitués de piliers verticaux fondés sur semelles ou radier général et sur lesquels repose une dalle en béton armé.
- Les dalots cadres dans lesquels la dalle, les piliers et le radier constituent une structure rigide en béton armé (cadre).
- Les dalots portiques analogues aux dalots cadres mais sans radier (piliers verticaux fondés sur semelle).

Critères de choix d'une option :

Le choix d'un type d'option d'aménagement (type de structure de chaussée, type d'ouvrage hydraulique) est conditionné par les critères techniques et économiques. La

⁹ Hydraulique routière.

¹⁰ Hydraulique routière

¹¹ Hydraulique routière

solution techniquement possible ne coïncide pas forcément avec l'optimum économique car les prix unitaires des différentes options ne sont pas les mêmes. Le choix de la structure de chaussée et du type d'ouvrage hydraulique doit correspondre à la politique routière suivie par le maître d'ouvrage, visant à un équilibre entre investissement et initial et entretien.

Les principaux critères que nous retenons comme déterminants sont :

- ✓ Critères économiques qui résident dans les coûts de construction, de maintenance ;
- ✓ Critères techniques durée de construction, déroulement, équipement nécessaires, disponibilité des matériaux, etc.
- ✓ Critères liés au développement durable : nuisances, énergie consommée, distances de transport, etc.

Choix du type d'ouvrage :

Dans le cas de ce projet, le choix s'est orienté exclusivement sur les ouvrages hydrauliques types dalots en outre les ouvrages existents (buses) seront systématiquement par les dalots.

Dalots :

Hypothèse : nous considérons l'écoulement dénoyé qui est celui le plus fréquent.

Ainsi l'écoulement dénoyé à sortie libre qui fonctionne à partir de la condition suivante : La hauteur amont (H_1) doit être inférieure ou égale à 1,25 fois la hauteur (D) de l'ouvrage (la condition $H_1/D < 1.25$).¹²

Partant des débits que nous avons obtenus lors de l'étude hydrologique, le dimensionnement hydraulique des dalots s'effectue en étapes successives.

1ère étape : détermination de la profondeur en amont H_1 :

Dans cette première étape il est question de calculer la profondeur amont et de vérifier si celle-ci est conforme à la situation topographique de l'ouvrage. Tout d'abord nous devons estimer une valeur approchée de D et B (respectivement la hauteur et la largeur de dalots) en utilisant pour cela la formule générale de base de l'hydraulique $Q = V \times S$, S (section

¹²Nguyen VAN TUU

mouillée) est donc obtenue comme suit : $S = \frac{Q}{V}$ (avec Q connu et V la vitesse limite fixée à 3 m/s)¹³.

Connaissant la section mouillée Nous déduisons la largeur B tout en fixant la hauteur D. Nous utilisons par la suite par la suite la relation suivante suant pour Calculer le débit réduit Q^*H_1 .

$$Q * H_1 = \left(\frac{Q}{S}\right) * \left(\frac{1}{\sqrt{2 * g * D}}\right)$$

Cette valeur nous donne, à partir d'un abaque donné à ANNEXE 6 :ANNEXE 6 : , la valeur réduite H^*_1 . La valeur de H_1 est déduite à travers la relation suivante :

$$H^*_1 = \frac{H_1}{D}$$

La valeur H_1 ainsi obtenue est par la suite comparée à la situation topographique de l'emplacement u projet.

2eme étape : calcul de la pente critique I_c :

L'ouvrage doit être capable d'évacuer le débit critique correspondant à la profondeur H_1 amont. Pour cela, il faut que la pente longitudinale de l'ouvrage soit au moins égale à la pente critique (I supérieure ou égale à I_c). Dans cette étape nous calculerons la pente critique de l'ouvrage (notée I_c), ce qui nous permettra de choisir la pente longitudinale I à adopter pour l'ouvrage considéré.

Connaissant B et Q , nous calculons à ce niveau aussi, le débit réduit Q_i^* pour la pente critique en appliquant la formule suivante :

$$Q_i^* = \left(\frac{Q}{\sqrt{gB^5}}\right)$$

La courbe de la pente critique en fonction du débit du dalot donne alors la valeur correspondante de l'ANNEXE 7 :.

Connaissant le coefficient de rugosité de Manning Strickler K_s du matériau béton (béton=67) et après calcul de Q_i^* , nous lirons sur un autre abaque (donné à l'annexe 20), la valeur de la pente I^*c qui nous permettra de déduire la pente critique I_c dans la formule suivante :

$$I_c = \frac{g * I^*_c}{K^2 * B^{2/3}}$$

¹³ Hydraulique routière

Nous retenons ensuite des pentes longitudinales proches des pentes critiques calculées de telle sorte que **I** retenue soit supérieure ou égale à **I_c**.

3eme étape : calcul de la vitesse dans l’ouvrage :

A ce niveau nous déterminons les vitesses dans l’ouvrage et vérifions si celles-ci ne dépassent pas la vitesse limite (que nous avons maintenue autour à 3 m/s). Nous déterminons également le débit réduit **Q*v** à partir des formules dérivées de Manning Strickler, en fonction de la pente longitudinale retenue **I** comme suit :

$$Q \cdot V = \frac{Q}{K_s \times I^{0,5} \times B^{8/3}}$$

La valeur de **Q*v** obtenue nous donnera grâce à l’abaque de l’[ANNEXE 8](#) :, la valeur de **V***, qui nous permettra de déduire à son tour la vitesse **V** recherchée avec la relation si dessous :

$$V = V^* \times K_s \times B^{2/3} \times I^{1/2}$$

4eme étape et 5eme étape : Itération et vérification :

Cette dernière étape est une étape de vérification de la vitesse. Si cette vitesse est acceptable (c'est-à-dire autour de 3 m/s) le calcul est terminé, sinon il va falloir changer les paramètres d’ouvertures du dalot à savoir **B** et **D** et reprendre totalement le cheminement.¹⁶

Calcul des capacités d’évacuation unitaire :

Les résultats des calculs explicités ci-dessus donnent les éléments suivants pour des ouvertures variables. Les vitesses dans les ouvrages sont acceptables puisqu’elles varient de 2,62 à 2 ,96 m/s. Le tableau N°31 donne les résultats des calculs des capacités unitaires des ouvrages.

Tableau 29: capacité d’évacuation des dalots

Dimensions de l’ouvrage	Pente critiques	Pentes retenues	Capacité d’évacuation	Vitesse dans l’ouvrage
2,00*2,00		0,53	19,90	2,96
1,50*1,00		0,82	8,64	2,80
1,50*1,00		0,68	9,10	2,70

Nous optons pour un Dalot de 2x2x1 qui aura une capacité d’évacuation de 2x9,95m/s c’est-à-dire 19,90m3/s.

I. Dimensionnement structural des ouvrages hydrauliques :

Cette partie est orienté exclusivement au pré-dimensionnement des ouvrages en béton armé projetés et présentera un récapitulatif sous forme des tableaux des différents ferraillements obtenus. Quant aux hypothèses de calculs, les notes de calculs et les différents plans de ferraillements, nous les fournirons un peu plus en détails en annexe du présent document.

IV. Dimensionnement structural des dalots :

1. Pre dimensionnement du caniveau :

Dans le cas du caniveau le pré dimensionnement se résume à la détermination de l'épaisseur e . elle est déterminé par la relation suivante :

$$e = \frac{b}{32} + 0,125 \text{ avec } b \text{ la largeur hydraulique}$$

$$e = \frac{0,80}{32} + 0,125 = 0,15 \text{ m}$$

Pour des raisons de disposition constructive nous prendrons une épaisseur $e = 15 \text{ cm}$.

2. Plan de ferrailage :

Le plan de ferrailage retenue après dimensionnement est consigné dans le tableau ci-après. Voir en **ANNEXE 9 : NOTE DE CALCUL DU CANIVEAU** : la note de calcul du caniveau et le plan de ferrailage.

Tableau 30: Armature du caniveau

FERRAILLAGE DU CANIVEAU						
Types d'armature		DALLETTE	PIEDS DROITS		RADIER	
			Face intérieure	Face extérieure	Face supérieure	Face inférieure
Armature principales	Section calculées	8,7 cm ²	1,45 cm ²	5,51 cm ²	5,51 cm ²	1,45 cm ²
	Choix des armatures	8 HA 12	5 HA8	5 HA12	5 HA12	5 HA8
	Sections totalisées	9,05 cm ²	2,51 cm ²	5,65 cm ²	5,65 cm ²	2,51 cm ²
	Espacement	7 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm

Armatures de répartition	Section calculées	1,84 cm ²	1,45 cm ²	1,45 cm ²	1,45 cm ²	1,45 cm ²
	Choix des armatures	5 HA 8	4 HA8	4 HA8	4 HA8	4 HA8
	Sections totalisées	2,2 cm ²	2,01 cm ²	2,01 cm ²	2,01 cm ²	2,01 cm ²
	Espacement	20 cm	25 cm	25 cm	25 cm	25 cm

1. Pré dimensionnement du dalot (2 X 2 X 2) et du dalot (2X1.50X1.00)

Cette étape permet de déterminer les épaisseurs des différents éléments constitutifs du dalot. L'épaisseur sera prise en compte uniforme pour le tablier, le radier et les piédroits.

En générale l'épaisseur du dalot est environ égale à :

$$e = \frac{l}{15} \text{ Où } l \text{ est la plus grande dimension de la cellule hydraulique.}$$

$$\text{Dans notre cas } l=2m \Rightarrow e = \frac{200}{15} = 13,33 \text{ cm}$$

Pour nous confirmer qu'il n'y aura pas d'acier comprimé et transversal dans le tablier, on peut utiliser la condition sur l en fonction de la hauteur de remblai H :

$$H < 2m; e = \frac{l}{10} - 5 \text{ cm}$$

$$e = \frac{200}{10} - 5 = 15 \text{ cm}$$

En fin l'épaisseur e sera égale à :

$$e = \max(13,33; 15) = 15 \text{ cm}$$

Vu l'absence de goussets sur le dalot, il sera important d'épaissir les travers et les piédroits, donc nous considérons une épaisseur finale de : e = 20 cm.

Cette épaisseur sera considérée dans le cas des dalots 2X1,50X1,00.

Pour la note de calcul détaillée du dimensionnement du dalot et Le plan de ferrailage du dalot, se conférer à l'[ANNEXE 10](#) .:

Conclusion :

L'étude hydrologique et hydraulique nous ont permis d'avoir quatre ouvrages (trois dalots et des caniveaux sur 500 ml) pour assainir notre tronçon de route.

CHAPITRE VI : ETUDES COMPLEMENTAIRES

I. Signalisation et sécurité routière

La signalisation routière est l'ensemble des techniques et mesures visant à faciliter et rendre plus sûre la circulation routière, à orienter, informer et prévenir les usagers de la présence de tous les dangers sur la route et quant aux comportements et règles à adopter lors de leurs déplacements. A l'instar de cet aspect que nous tenterons de d'étudier les signalisations et mettre en place les dispositifs, infrastructures de prescriptions, indications et sécurité des usagers de la route et des riverains.

A cet effet, nous allons nous référer aux caractéristiques des éléments de signalisation définis par l'instruction interministérielle sur la signalisation routière, dont les textes sont conformes aux accords internationaux relatifs aux règles de circulation et la signalisation.¹⁴ Sur une route les signalisations sont de deux type : signalisation temporaire ou provisoire et signalisation permanente ou définitive.

1. Signalisation temporaire

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

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

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

2. Signalisation permanente

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

¹⁴ Convention de VIENNE

3. Signalisation horizontale

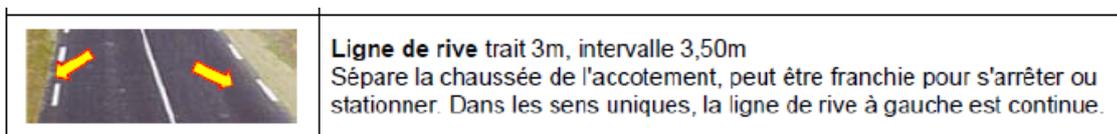
La signalisation horizontale regroupe, l'ensemble des marquages au sol ou bandes peintes se retrouvant sur la chaussée. Ces marquages ont pour but d'assurer le guidage des usagers et seront réfléchorisés. On distingue plusieurs types des marquages dont les principales sont les suivantes :

- **Les lignes longitudinales** proposés sont :

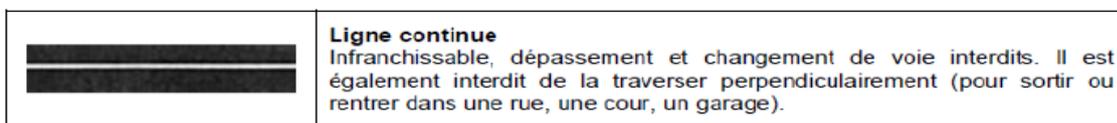
Lignes discontinues axiales ou de délimitation des voies (types **T1** et **T'1** à forte prédominance des vides sur les pleins).



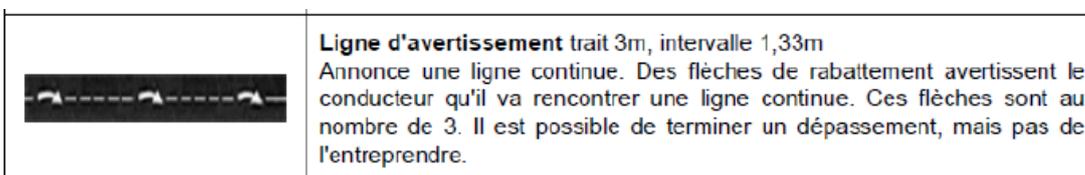
Lignes discontinues de rives ou de type T2



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



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



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

Les flèches.

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

4. Signalisation verticale

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

Les panneaux de signalisation que nous avons proposés dans le cadre de notre travail sont donnés dans un tableau en ANNEXE 12 : PANNEAUX DE SIGNALISATION du présent document.

5. Equipement et dispositif de sécurité

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

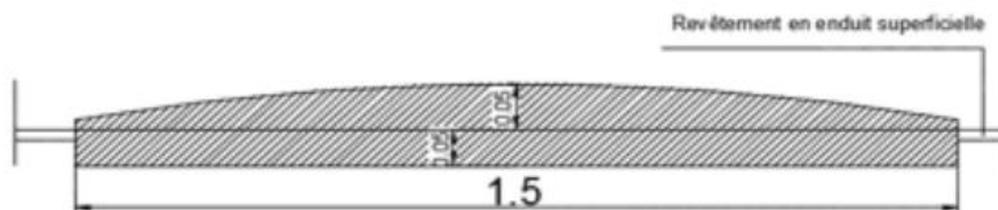
5.1. Glissière de sécurité

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

5.2. Ralentisseurs

Ils sont des dispositifs de sécurité qui obligent les usagers à ralentir. Ce qui réduit considérablement le nombre d'accidents de la route. Cependant on doit veiller à ne pas mettre de trop afin de ne pas diminuer le confort dans la circulation. C'est pourquoi pour l'aménagement de notre tronçon, ils seront mis par endroits tels que devant les écoles, centre de santé, marchés etc...

Le schéma ci-contre illustre le modèle de ralentisseur.



5.3. Eclairage public

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

Le choix s'est porté sur des candélabres simples en acier galvanisé alimentés par des panneaux solaires et seront implantés unilatéralement.

5.3.1. Hauteur des candélabres :

Type d'implantation	Unilatéral, Axial, bilatéral,	Bilatérale vis à vis
Hauteurs candélabres	$H \geq L$	$H \geq L/2$

Avec L largeur des voies

$H \geq 10$ nous proposons alors une hauteur $H = 10$ m

5.3.2. Espacement candélabres

Type d'implantation	Unilatéral, Axial, bilatéral...	Quinconce
Espacement e	$e = 3H$	$e = 2,7 H$

L'espacement de 30 m.

Conclusion :

En définitive, dans ce chapitre toutes les mesures nécessaires ont été prises afin d'assurer la sécurité des usagers de la route à savoir des panneaux de signalisation, des ralentisseurs, des marquages au sol, l'éclairage public.

CHAPITRES VII : ETUDES D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

7.1. INTRODUCTION

Réaliser une étude d'impact environnemental et social (EIES) pour un projet, revient à élaborer un dossier qui met en lumière les conséquences environnementales et (ou les dangers) d'un projet pour limiter, atténuer et ou compenser les impacts négatifs qui en découlent.

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

- description de l'état initial du site et de son environnement ;
- description du projet ;
- d'identifier les impacts potentiels ;
- de proposer des mesures selon leurs natures.

Cependant, il faut souligner que les deux (02) premiers points ont été déjà abordés. Il sera donc question dans cette partie d'identifier les impacts potentiels et de proposer des mesures pour supprimer, réduire, et si possible compenser les conséquences dommageables sur l'environnement du projet.

7.2. IDENTIFICATION ET EVALUATION DES IMPACTS

7.2.1. Identification des impacts :

La stratégie adoptée pour l'identification des impacts (positif et négatif) attribuables à la réalisables de ce projet s'est basée sur l'analyse des effets qui résulteront des différentes interactions entre le milieu récepteur et les activités rentrant dans le cadre de réalisation du projet. Cette démarche permet de mettre en liaison les activités sources d'impact et l'environnement susceptible d'être affecter qui sont :

- **L'environnement biophysique** : les sols, les ressources en eau, la faune, la végétation, le paysage, l'air ;
- **L'environnement humain** : l'environnement acoustique, la circulation locale, régionale, nationale et internationale, santé et sécurité de la population, habitat et patrimoine culturels, les activités socio-économiques.

a) Impacts négatifs :

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

Cependant, Le passage des engins ; des véhicules au niveau de la zone de projet pourrait occasionner des accidents avec l'habitat faunique. En outre l'abattage d'arbre pourrait entraîner l'éloignement ou la disparition de certaines espèces de leur lieu de pâturage habituel. Cet impact est négatif et d'importance mineur.

Sur le milieu humain, ces impacts se traduisent par la perte des moyens matériels (boutiques déplacement des petits commerçants informels liés à la disparition de l'activité de la ville de Tahoua-Koloma baba). Il peut y avoir aussi des impacts négatifs sur la santé et la sécurité liés aux risques de blessures et d'accidents, des maladies respiratoires, les risques des maladies liés à l'usage des produits (adjuvants) et des IST/VIH/SIDA.

b) Impacts positifs :

Ces travaux ont pour impacts positifs :

- Contribuer à un meilleur désenclavement des zones concernées avec une facilitation d'aces, de transport des minerais, de communication, d'échange et de libre circulation des biens et des personnes, moyen de lutte contre l'insécurité ;
- La création d'emploi temporaire au profit des bras valides, particulièrement de la ville de Tahoua et ceux des villages environnants. Cela permettra de réduire le taux de chômage ;
- Améliorer les transports afin de permettre aux populations d'avoir aisément accès aux soins de santé de meilleure qualité.

7.2.2. Evaluation des impacts :

La démarche méthodologique consiste à évaluer les impacts selon leur nature, sur la base de paramètres qualitatifs que sont l'intensité, l'étendue et la dureté. Ces trois paramètres

qualitatifs sont reliés par un indicateur-synthèse qui est l'importance absolu de l'impact ou sa signification. Il est important de dire que l'évaluation d'un impact procède inéluctablement d'un jugement de valeur.

Impacts négatifs

Impacts positifs

(-) : Impact négatif de faible intensité.

(+) : Impact positif de faible intensité.

(- -) : Impact négatif de moyenne intensité.

(++) : Impact positif de moyenne intensité.

(- - -) : Impact négatif de forte intensité.

(+++): Impact positif de forte intensité

**ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE
TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).**

Tableau 31: grille d'interrelation entre les sources d'impact et les composantes du milieu

Activités sources d'impacts	Composantes impactées											
	Milieu biophysique						Milieu humain					
	Sol	Air	Eau	Faune	Flore	Paysage	Santé et sécurité	Ambiance sonore	Agriculture et élevage	Revenus	Infrastr.	Mobilité
Préparation et installation de chantier	(- -)	(-)	(-)	(-)	(-)	(- -)	(- -) (+)	(- -)		(+)	(o)	
Ouverture et exploitation des carrières	(- -)	(- -)	(-)	(- -)	(- -)	(- - -)	(- -) (+)	(- -)		(+ +)	(+)	(-)
La circulation des véhicules et engins pour le transport de la main d'œuvre et des matériaux de construction	(-)	(- -)	(-)	(-)	(-)	(- -)	(- -)	(-)	(-)	(+ +)		(- -) (+)
Les travaux d'excavation pour pose des ouvrages	(- -)	(-)	(- -)	(-)	(- -)	(- -)	(- -)	(-)	(-)	(+ +)	(+)	
Le recrutement et la présence des travailleurs/main d'œuvre	(-)	(-)	(-)							(+ + +)		
Utilisation (exploitation) des ouvrages	(-)	(-)	(-)						(+ + +)	(+ +)	(+)	(+ + +)
Entretien	(-)	(-)	(-)				(-) (+)	(-)		(+ +)		(- -)

7.3. MESURE D'ATTENUATION ET OU DE BONIFICATION DES IMPACTS DU PROJET

Afin d'obtenir nos objectifs du développement socio-économique et environnemental, des nombreuses mesures doivent être prises :

- mettre en place des barrières et système de sécurité au niveau des écoles, l'aménagement des marchés et des points d'eaux le long de la route ;
- sensibiliser les populations sur les enjeux environnementaux liés à la protection de l'environnement, sur la sécurité routière, IST/VIH.
- la revégétalisation des talus a forte pente pour lutter contre l'érosion.
- la réhabilitation effective des zones d'emprunt et des carrières.
- éviter les travaux sonores pendant les heures nocturnes ;
- mettre en place des aires de stockage pour l'isolement des hydrocarbures et tous produits dangereux sur site ;
- respecter le Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES) élaboré pour le projet.

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

En outre le tableau 43 en [ANNEXE 16](#) : MESURE D'ATTENUATIONS fourni un récapitulatif des mesures d'atténuations et ou de bonification.

CHAPITRE VIII : DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF DU PROJET

8.1 INTRODUCTION

Tout projet a un cout, il très important d'avoir une idée précise avant d'entreprendre un projet : d'où le pourquoi de cette partie qui traitera dans un premier temps l'avant métré de ce dit projet pour afin arriver à estimer un cout prévisionnel.

8.2 AVANT METRE

L'avant métré est un procédé technique qui consiste à quantifier les parties d'ouvrages dans le but de réaliser un projet.

Les travaux qui seront quantifiés concernent :

8.2.1 installation du chantier :

Cette étape prend en compte l'installation des bases vie ainsi que le repli du chantier.

8.2.2 préparations du terrain :

Cette étape comprend les travaux de débroussaillage, de démolition d'ouvrages existants et l'abatage d'arbres de diamètre supérieure à un mètre ;

8.2.3 terrassements :

Les travaux de terrassement concernent le décapage, la mise en œuvre des remblais et déblai ainsi que la préparation de la plateforme selon les cubatures de terrassement issue du logiciel Piste.

Tableau 32:cubature de terrassement

Terrassement	Déblais (m ³)	Remblais (m ³)
Tahoua – Koloma baba	14224	9751

8.2.4 mesures environnementales et sociales :

Les quantités indiquées dans ce projet pour ce poste sont des forfaits estimés.

8.2.5 chaussées :

Les travaux de chaussée concernent essentiellement la mise en place des couches de chaussée.

Les quantités de matériaux obtenus sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 33: quantités des matériaux des couches d'assises

Désignation	Volume (m ³)
Latérite pour base	13928,53
Latérite pour fondation	12300 ,96
Total	26229,49

8.2.6 le revêtement :

Ce poste concerne l'imprégnation de la plateforme, mise en œuvre de l'enduit superficiel monocouche, couche d'accrochage, pavés autobloquants et du revêtement en béton bitumineux.

8.2.7 assainissements :

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

8.2.8 Ouvrages longitudinaux :

C'est un caniveau de 80x80 cm² et de 500 ml de longueur comme l'illustre le tableau ci-dessous.

Désignation	Section (m ²)	Longueur (m)	Béton de propreté(m ³)	Béton armé (m ³)	Fouille m3)
Caniveau	0,64	500	50	360	500

8.2.9 les bordures :

On distingue dans ce projet des bordures de type T2 pour les bords de chaussée. Les quantités en metre linéaires sont estimées sur les tracés en plan et données dans le tableau qui suit.

Désignation	Quantité
Bordure T2	2629,60 ml
Trottoir pour piéton	3781,94 m ²

8.3.1 avant métré des signalisations routières :

Les quantités portées à ces postes résultent du dénombrement exhaustif des différents panneaux proposés pour la signalisation verticale et horizontale. Les candélabres sont aussi inclus dans ces postes.

8.3.2 signalisation horizontale et sécurité :

Il est résumé dans le tableau ci-dessous :

Désignation	Quantité
Ligne discontinue T1	1626.25 ml
Candélabres	49
Ralentisseurs	6 unités

8.3.3 signalisation verticale :

Désignation	Quantité
Panneau type A	6
Passage piéton	10
Panneau type AB	5

8.4 DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

8.4.1 définition des postes de travaux

Ils ont été définis en plusieurs postes de travaux regroupés suivant les séries suivantes :

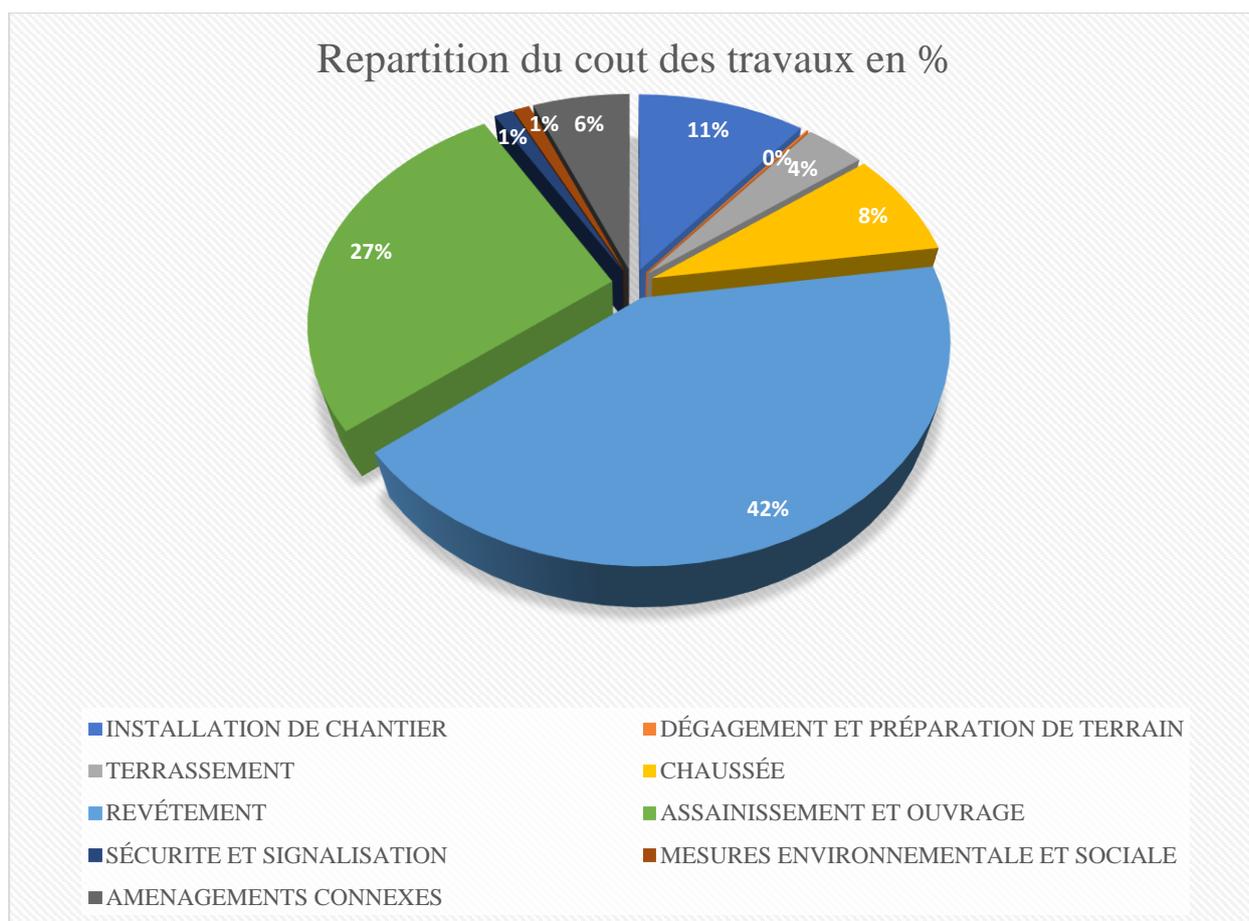
- Installation de chantier ;
- Travaux préparatoires ;
- Terrassements ;
- Chaussée ;
- Revêtement ;
- Assainissement ;
- Sécurité – signalisation ;
- Environnement.
- Aménagements connexes

8.4.2 Estimations du cout de projet :

L'estimation de ce projet de réhabilitation se résume dans le tableau ci-après :

Série	Poste	Montant HT	% HT
000	Installation de chantier	460 536 385,00	10,77%
100	Dégagement et préparation de terrain	5 375 501,64	0,13%
200	Terrassement	161 863 426,50	3,78%
300	Chaussée	340 694 233,24	7,97%
400	Revêtement	1 778 982 620,54	41,59%
500	Assainissement et ouvrage	1 167 086 606,03	27,29%
600	Sécurité et signalisation	51 420 337,55	1,20%
700	Mesures environnementale et sociale	45 000 000,00	1,05%
800	Aménagements connexes	266 036 924,00	6,22%
A	Total général en francs CFA	4 276 996 035	

Pour les détails de calcul voir en [ANNEXE 17 : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF](#) les résultats.



L'observation de la répartition des coûts entre les différents postes de travaux fait apparaître :

- L'essentiel des travaux concerne le revêtement (environ 41,59 %)
- L'exécution des terrassements généraux ne représente que 3,79 % ;
- Les travaux de chaussée représentent 7,97 % : exécution de la couche de fondation et de base en latérite naturelle,
- Installation du chantier 10,77% ;
- Travaux préparatoires 0,13%
- Assainissement 27,29%
- La signalisation routière représente 1,20 % des travaux ;
- Les travaux sur le volet environnemental et aménagements connexes représentent respectivement 1,05% et 6,22%.

CONCLUSION GENERALE :

En définitive, les études menées dans le cadre de projet d'études techniques détaillées des travaux de réhabilitation de la route Tahoua Tamaya (205 km) tronçon Tahoua Koloma baba (7 km), nous ont permis de proposer une solution de réhabilitation adéquate pour renforcer la structure de chaussée.

Par conséquent la structure de chaussée retenue après dimensionnement et vérification est constituée de :

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

Nous avons fait des propositions techniques sur les infrastructures d'assainissement de la route (les dalots en remplacement des buses métalliques) ; des caniveaux latéraux sont aussi dimensionnés à l'agglomération afin d'assainir la route ; une proposition de la signalisation routière et de l'éclairage a été effectuée.

Dans la procédure d'études, nous avons essayé de considérer toutes les contraintes et les normes requises qui ne peuvent pas être négligées. En plus nous avons pris en considération le confort des usagers ainsi que l'économie et l'environnement. L'estimation du coût de ce projet s'élève à la hauteur de **quatre milliards deux cent soixante-seize millions neuf cent quatre-vingt-seize mille trente-cinq francs CFA (4 276 996 035 F CFA) hors taxe, soit six cent dix millions neuf cent quatre-vingt-dix-neuf mille quatre cent trente-quatre francs CFA (610 999 434 F CFA) par kilomètre.**

Une fois ce tronçon réhabilité, il entrainera l'amélioration des conditions de circulation dans la zone, facilitera le transport de l'uranium, provoquera un impact positif sur le développement économique de la zone.

BIBLIOGRAPHIE

- **CEBTP.** Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux, 1980. Pages 157
- **FAO,** Crues et apports. Manuel pour l'estimation des crue décennales et les apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche, 1996. Pages 265
- **Ministère de l'équipement, des transports et du logement.** « Fascicule 61 Titre 1 section I du CCTG : Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites – BAEL91 révisé 99 », 1999. Pages 75
- **Ministère de transports.** « Instruction interministérielle sur la signalisation routière », arrêté du juin 1997. Pages 75
- **SETRA,** Conception et dimensionnement des structures de chaussées, 1994, LCPC
- **SETRA,** Comprendre les principaux paramètres de conception géométriques des routes, 2006. Pages 30
- **VAN TUU, Nguyen.** Hydraulique routière, 1979. Pages 177

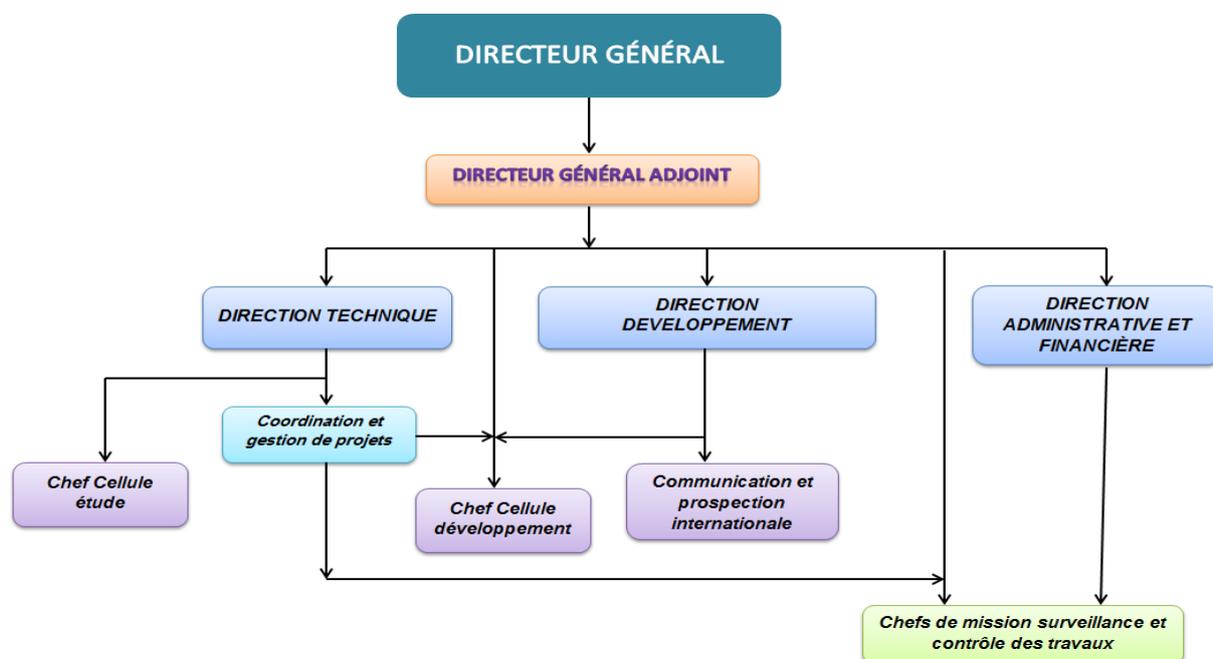
Logiciel

- **AUTOCAD 2018 :** Logiciel de dessin assisté par ordinateur
- **Alize LCPC :** Logiciel de dimensionnement de structure des chaussées
- **QGIS :** Logiciel SIG
- **Piste :** Logiciel de conception de chaussée
- **Global Mapper :** Etudes hydrologiques
- **CYPE CAD :** logiciel de conception et dimensionnement des structures en béton armé.
- **Google Earth :** image satellitaire

ANNEXE

ANNEXE 1 : ORGANIGRAMME DE GERMS Consulting	72
ANNEXE 2 : SCHEMA ITINERAIRE DU TRONÇON TAHOUA- KOLOMA BABA	73
ANNEXE 2' : CHOIX DES MATERIAUX	77
ANNEXE 3 : CARACTERISTIQUES DES ROUTES (SETRA, ARP,1994)	79
ANNEXE 3-1 : LISTING DE L'AXE EN PLAN TAHOUA-KOLOMA BABA.	81
ANNEXE 3' : TRACE COMBINE	81
ANNEXE 4 : NOTE DE CALCUL ALLIE LCPC	82
ANNEXE 4' : OUVRAGES EXISTANTS	83
ANNEXE 5 : NOTE DE CALCUL DETAILE ETUDES HYDROLOGIQUE	83
ANNEXE 6 : SORTIE LIBRE DALOT RECTANGULAIRE	90
ANNEXE 7 : CALCUL DE LA PENTE CRITIQUE	91
ANNEXE 8 : CALCUL DE LA VITESSE DANS UN DALOT	92
ANNEXE 9 : NOTE DE CALCUL DU CANIVEAU :	93
ANNEXE 10 : NOTES DES CALCULS POUR LES DALOTS	102
ANNEXE 10.A : NOTE DE CALCUL DALOT 2 X 2 X 2	102
ANNEXE 10.B : NOTE DE CALCUL DALOT 2 X 1.50 X 1.00	124
ANNEXE 12 : PANNEAUX DE SIGNALISATION	140
ANNEXE 15 : LISTING DE PROFIL EN LONG	140
ANNEXE 16 : MESURE D'ATTENUATIONS OU DE BONIFICATION	142
ANNEXE 17 : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	146

ANNEXE 1 : ORGANIGRAMME DE GERMS Consulting



ANNEXE 2: SCHEMA ITINERAIRE DU TRONÇON TAHOUA- KOLOMA BABA

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

 RÉPUBLIQUE DU NIGER Fraternité - Travail - Progrès MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT		ÉTUDES DE FAISABILITÉ ÉCONOMIQUE, ÉTUDES D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL, ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES AVEC PRODUCTION DU DOSSIER D'APPEL D'OFFRES (DAO) POUR LES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TAHOUA-TAMAYA (205 KM)																		 OPERAS Consulting Société de conseil en ingénierie 101, rue de la République, Niamey, Niger Tél : +227 20 37 47 20 / 20 37 47 21 Fax : +227 20 37 47 22 E-mail : operas@operas-niger.com								
		SCHEMA ITINERAIRE : PK0 A PK2																										
Repérages	PK	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000	1+100	1+200	1+300	1+400	1+500	1+600	1+700	1+800	1+900	2+000						
	Agglomérations/ carrefours/intersection						FIN TAHOUA								KOLOMA													
	Points particuliers		Gauche		Garage à gauche				Droite																			
	Coordonnées GPS		X		748321,635				Y		1646822,111																	
Géométrie	Tracé en plan																											
	Profil en long																											
	Profil en travers		Remblais				Terrain naturel				Mixte																	
	Largeur chaussée		5,00 m																									
Largeur emprise		5,00 m																										
Assainissement	Fossés latéraux, Perrés maçonnés; Digue; Muret; Bordure, descente d'eau		Gauche																									
	Ouvrages		Type																									
			Dimensions																									
		Etat																										
Abatage d'arbre; Carrières; Points d'eau																												
Environnement de la route / Débroussaillage		Herbacés		Herbacés		Herbacés		Herbacés		Herbacés		Herbacés		Herbacés		Herbacés		Herbacés		Herbacés								
Dégénération de la chaussée	Nature de la couche de roulement		ES																									
	Déformations																											
	Fissurations																											
	Arrachement		20 à 30 %																									
	Remontées		Erodés																									
Accotements et talus		Erodés																										
Signalisation	Gauche		PB		PB		PB		PB		PB		PB		PB		PB		PB		PB _R							
	Droite																											
Vitesse de trafic																												
Observations																												
Proposition d'aménagement	Fossés latéraux, Perrés maçonnés; Digue; Muret; Bordure, descente d'eau		Gauche																									
			Droite																									
	Modifications géométrie																											
	Ouvrages		Type																									
		Dimensions																										
Signalisation																												
Observations																												
LEGENDE	TOPOGRAPHIE																											
	CARREFOUR INTERSECTION		Carrefour en T à droite Carrefour en T à gauche Carrefour à deux branches				PROFIL EN LONG				Pente Rampe Terrain plat Point haut Point bas Remblai, déblai, TN				DEGRADATIONS DE CHAUSSEE				ASSAINISSEMENT				POINTS PARTICULIERS					
	TRACE EN PLAN		Virage à gauche Virage à droite Allignement droit								DEFORMATION Ornière flèche Nid de poule ARRACHEMENT Ravinement longitudinale/transversal (EVU/RSVT) Plumage FISSURATION Epaufrement				Fossés Latéraux Passage d'Eau Bourbier BRB Muret Perrés maçonnés Digue BE: Bon Etat AV: Assez Vétuste				DCE CAN Pu Accotement et talus AS PB									
	OUVRAGES		Dalot Pont Buse béton Buse métallique				RD Radier TE Tapis d'Enrochement PROP: Prolongement avec Reprise des Ouvrages de Protection				ME: Mauvais Etat																	

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

 RÉPUBLIQUE DU NIGER Fraternité – Travail – Progrès MINISTRE DE L'ÉQUIPEMENT		ÉTUDES DE FAISABILITÉ ÉCONOMIQUE, ÉTUDES D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL, ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES AVEC PRODUCTION DU DOSSIER D'APPEL D'OFFRES (DAO) POUR LES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TAHOUA-TAMAYA (205 KM)																		 CERMA Consulting 101, rue de la République - 92000 Nanterre Tél : 01 47 37 10 10 - Fax : 01 47 37 10 11 www.cerma.com																																																																																																																																																																																																																
		SCHEMA ITINERAIRE : PK0 A PK2																																																																																																																																																																																																																																		
Reperages	PK	2+000	2+100	2+200	2+300	2+400	2+500	2+600	2+700	2+800	2+900	3+000	3+100	3+200	3+300	3+400	3+500	3+600	3+700	3+800	3+900	4+000																																																																																																																																																																																																														
	Agglomérations/ carrefours/intersection		FIN KOLOMA																																																																																																																																																																																																																																	
	Points particuliers		<table border="1"> <tr><td>Gauche</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Droite</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																				Gauche																							Droite																																																																																																																																																																																						
	Gauche																																																																																																																																																																																																																																			
Droite																																																																																																																																																																																																																																				
Coordonnées GPS		<table border="1"> <tr><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Y</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																				X																							Y																																																																																																																																																																																							
X																																																																																																																																																																																																																																				
Y																																																																																																																																																																																																																																				
Géométrie	Tracé en plan																																																																																																																																																																																																																																			
	Profil en long																																																																																																																																																																																																																																			
	Profil en travers		<table border="1"> <tr><td>Remblais</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Terrain naturel</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Mixte</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																				Remblais																							Terrain naturel																							Mixte																																																																																																																																																															
	Remblais																																																																																																																																																																																																																																			
Terrain naturel																																																																																																																																																																																																																																				
Mixte																																																																																																																																																																																																																																				
Largeur chaussée		5 à 6 m																																																																																																																																																																																																																																		
Largeur emprise		5 à 6 m																																																																																																																																																																																																																																		
Assainissement	Fossés latéraux, Perrés maçonnes; Digue; Muret; Bordure, descente d'eau		<table border="1"> <tr><td>Gauche</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Droite</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																				Gauche																							Droite																																																																																																																																																																																						
	Gauche																																																																																																																																																																																																																																			
	Droite																																																																																																																																																																																																																																			
	Ouvrages		<table border="1"> <tr><td>Type</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dimensions</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Etat</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																				Type																							Dimensions																							Etat																																																																																																																																																															
Type																																																																																																																																																																																																																																				
Dimensions																																																																																																																																																																																																																																				
Etat																																																																																																																																																																																																																																				
Abatage d'arbre; Carrières ; Points d'eau																																																																																																																																																																																																																																				
Environnement de la route / Débroussaillage		<table border="1"> <tr><td>Bâtit</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Bâtit</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Bâtit</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Herbacés</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Herbacés</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Herbacés</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Herbacés</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Herbacés</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Herbacés</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																				Bâtit																							Bâtit																							Bâtit																							Herbacés																							Herbacés																							Herbacés																							Herbacés																							Herbacés																							Herbacés																						
Bâtit																																																																																																																																																																																																																																				
Bâtit																																																																																																																																																																																																																																				
Bâtit																																																																																																																																																																																																																																				
Herbacés																																																																																																																																																																																																																																				
Herbacés																																																																																																																																																																																																																																				
Herbacés																																																																																																																																																																																																																																				
Herbacés																																																																																																																																																																																																																																				
Herbacés																																																																																																																																																																																																																																				
Herbacés																																																																																																																																																																																																																																				
Dégradations de la chaussée	Nature de la couche de roulement		ES																																																																																																																																																																																																																																	
	Déformations																																																																																																																																																																																																																																			
	Fissurations																																																																																																																																																																																																																																			
	Arrachement		20 à 30 %																																																																																																																																																																																																																																	
	Remontées																																																																																																																																																																																																																																			
	Accotements et talus		Erodés																																																																																																																																																																																																																																	
Signalisation		<table border="1"> <tr><td>Gauche</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Droite</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																				Gauche																							Droite																																																																																																																																																																																							
Gauche																																																																																																																																																																																																																																				
Droite																																																																																																																																																																																																																																				
Vitesse de trafic																																																																																																																																																																																																																																				
Observations																																																																																																																																																																																																																																				
Proposition d'aménagement	Fossés latéraux, Perrés maçonnes; Digue; Muret; Bordure, descente d'eau		<table border="1"> <tr><td>Gauche</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Droite</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																				Gauche																							Droite																																																																																																																																																																																						
	Gauche																																																																																																																																																																																																																																			
	Droite																																																																																																																																																																																																																																			
	Modifications géométrie																																																																																																																																																																																																																																			
Ouvrages		<table border="1"> <tr><td>Type</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Dimensions</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																				Type																							Dimensions																																																																																																																																																																																							
Type																																																																																																																																																																																																																																				
Dimensions																																																																																																																																																																																																																																				
Signalisation																																																																																																																																																																																																																																				
Observations																																																																																																																																																																																																																																				
LEGENDE	TOPOGRAPHIE		<table border="1"> <tr><td>Carrefour en T à droite</td><td></td><td>Pente</td><td></td></tr> <tr><td>Carrefour en T à gauche</td><td></td><td>Rampe</td><td></td></tr> <tr><td>Carrefour à deux branches</td><td></td><td>Terrain plat</td><td></td></tr> <tr><td>Virage à gauche</td><td></td><td>Point haut</td><td></td></tr> <tr><td>Virage à droite</td><td></td><td>Point bas</td><td></td></tr> <tr><td>Allignement droit</td><td></td><td>Remblai, déblai, TN</td><td></td></tr> </table>																				Carrefour en T à droite		Pente		Carrefour en T à gauche		Rampe		Carrefour à deux branches		Terrain plat		Virage à gauche		Point haut		Virage à droite		Point bas		Allignement droit		Remblai, déblai, TN																																																																																																																																																																																							
	Carrefour en T à droite		Pente																																																																																																																																																																																																																																	
	Carrefour en T à gauche		Rampe																																																																																																																																																																																																																																	
	Carrefour à deux branches		Terrain plat																																																																																																																																																																																																																																	
Virage à gauche		Point haut																																																																																																																																																																																																																																		
Virage à droite		Point bas																																																																																																																																																																																																																																		
Allignement droit		Remblai, déblai, TN																																																																																																																																																																																																																																		
CARREFOUR INTERSECTION N		PROFIL EN LONG		<table border="1"> <tr><td>Ornière</td><td></td><td>Fossés Latéraux</td><td></td><td>DCE</td><td></td><td>Descente d'eau</td><td></td><td>Route à relever</td><td></td></tr> <tr><td>flèche</td><td></td><td>Passage d'Eau</td><td></td><td>CAN</td><td></td><td>Caniveau</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nid de poule</td><td></td><td>Bourbier</td><td></td><td>BRB</td><td></td><td>Pu</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Ravinement longitudinale/ transversal (RVL/RVT)</td><td></td><td>Muret</td><td></td><td>ACCOTEMENT ET TALUS</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Plumage</td><td></td><td>Perrés maçonnes</td><td></td><td>AS</td><td></td><td>Aire de stationnement</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Epaufure</td><td></td><td>Digue</td><td></td><td>PB</td><td></td><td>Panneau publicitaire</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																				Ornière		Fossés Latéraux		DCE		Descente d'eau		Route à relever		flèche		Passage d'Eau		CAN		Caniveau				Nid de poule		Bourbier		BRB		Pu				Ravinement longitudinale/ transversal (RVL/RVT)		Muret		ACCOTEMENT ET TALUS						Plumage		Perrés maçonnes		AS		Aire de stationnement				Epaufure		Digue		PB		Panneau publicitaire																																																																																																																																																				
Ornière		Fossés Latéraux		DCE		Descente d'eau		Route à relever																																																																																																																																																																																																																												
flèche		Passage d'Eau		CAN		Caniveau																																																																																																																																																																																																																														
Nid de poule		Bourbier		BRB		Pu																																																																																																																																																																																																																														
Ravinement longitudinale/ transversal (RVL/RVT)		Muret		ACCOTEMENT ET TALUS																																																																																																																																																																																																																																
Plumage		Perrés maçonnes		AS		Aire de stationnement																																																																																																																																																																																																																														
Epaufure		Digue		PB		Panneau publicitaire																																																																																																																																																																																																																														
OUVRAGES		<table border="1"> <tr><td>Dalot</td><td></td><td>Buse béton</td><td></td><td>RD</td><td></td><td>Radier</td><td></td><td>TE</td><td></td><td>Tapis d'Enrochement</td><td></td><td>BE</td><td></td><td>Bon Etat</td><td></td><td>AV</td><td></td><td>Assez Vétuste</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Pont</td><td></td><td>Buse métallique</td><td></td><td>PROP</td><td></td><td>Prolongement avec Reprise des Ouvrages de Protection</td><td></td><td>ME</td><td></td><td>Mauvais Etat</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																				Dalot		Buse béton		RD		Radier		TE		Tapis d'Enrochement		BE		Bon Etat		AV		Assez Vétuste						Pont		Buse métallique		PROP		Prolongement avec Reprise des Ouvrages de Protection		ME		Mauvais Etat																																																																																																																																																																												
Dalot		Buse béton		RD		Radier		TE		Tapis d'Enrochement		BE		Bon Etat		AV		Assez Vétuste																																																																																																																																																																																																																		
Pont		Buse métallique		PROP		Prolongement avec Reprise des Ouvrages de Protection		ME		Mauvais Etat																																																																																																																																																																																																																										

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

 RÉPUBLIQUE DU NIGER Fraternité – Travail – Progrès MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT		ÉTUDES DE FAISABILITÉ ÉCONOMIQUE, ÉTUDES D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL, ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES AVEC PRODUCTION DU DOSSIER D'APPEL D'OFFRES (DAO) POUR LES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TAHOUA-TAMAYA (205 KM)																		 CERRES Consulting 101, rue de la République, BP 11111, Niamey, Niger Tél : +227 20 37 41 41 / Fax : +227 20 37 41 42 E-mail : cerres@cerres-niger.com			
		SCHEMA ITINERAIRE : PK0 A PK2																					
Repérages	PK	4400	44100	44200	44300	44400	44500	44600	44700	44800	44900	45000	45100	45200	45300	45400	45500	45600	45700	45800	45900	46000	
	Agglomérations/ carrefours/intersection																						
	Points particuliers	Gauche																					
		Droite																					
Coordonnées GPS	X																						
	Y																						
Géométrie	Tracé en plan																						
	Profil en long																						
	Profil en travers	Remblais																					
		Terrain naturel																					
Largeur chaussée	Mixte																						
	5,00 m																						
	4,00 m																						
Largeur emprise	5,00 m																						
	4,00 m																						
	5,00 m																						
Assainissement	Fossés latéraux, Perrés maçonnés; Digue; Muret; Bordure, descente d'eau	Gauche																					
		Droite																					
	Ouvrages	Type																					
		Dimensions																					
Etat																							
Abatage d'arbre; Carrières ; Points d'eau																							
Environnement de la route / Débroussaillage																							
Dégradations de la chaussée	Nature de la couche de roulement	Herbacés Herbacés Bâti Bâti Bâti Bâti Bâti Bâti Bâti																					
	Déformations	ES ES																					
	Fissurations																						
	Arrachement	50 % 80 % 20 % 80 %																					
	Remontées																						
	Accotements et talus	Erodés Erodés																					
Signalisation	Gauche	R PB R PB R R R PB R PB																					
	Droite	R R R R R R R R																					
Vitesse de trafic																							
Observations																							
Proposition d'aménagement	Fossés latéraux, Perrés maçonnés; Digue; Muret; Bordure, descente d'eau	Gauche																					
		Droite																					
	Modifications géométrie	Type																					
		Dimensions																					
Signalisation																							
Observations																							
LEGENDE	TOPOGRAPHIE				DEGRADATIONS DE CHAUSSEE				ASSAINISSEMENT				POINTS PARTICULIERS										
	CARREFOUR INTERSECTION		Carrefour en T à droite	PROFIL EN LONG		Pente		Ornière		Fossés Latéraux		DCE	Descente d'eau		Route à rehausser								
			Carrefour en T à gauche			Rampe		flache		Passage d'Eau		CAN	Caniveau										
		Carrefour à deux branches			Terrain plat		Nid de poule		Bourbier		BRB	Pu	Puit										
TRACE EN PLAN		Virage à gauche		Point haut		Ravinement longitudinal/transversal (RVL/RVT)		Muret		Accotement et talus		AS	Aire de stationnement										
		Virage à droite		Point bas		Plumage		Perrés maçonnés		AS	PB	Panneau publicitaire											
OUVRAGES		Dialot		Remblai, déblai, TN		FiSSURATION		Epaufure		Digue													
		Pont		Buse béton		Tapis d'Enrochement		Bon Etat		Assez Vétuste													
		Buse métallique		Prolongement avec Reprise des Ouvrages de Protection		Mauvais Etat																	

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

ANNEXE 2' : CHOIX DES MATERIAUX

Sondage	Nature et épaisseur résiduelle du matériau	Positon géographique	Caractéristiques du matériau					
			Passant au 80 microns	LI	Ip	d _{CBR}	Teneur en eau	CBR modifié à 95% et 98%
			%	%		T/m ³	%	
PK0+000 à PK1+000 CB	Latérite 18 cm		22,50	29,60	14,20	2,03	10,10	35 et 43
PK0+000 à PK1+000 CF	Latérite 20cm		25,00	24,10	11,20	2,17	7,50	10 et 21
PK1+000 à PK2+000 CB	Latérite 20 cm		22,00	25,40	10,90	2,18	7,50	33 et 45
PK1+000 à PK2+000	Latérite 25 cm		25,00	30,40	14,90	2,14	8,80	16 et 28
PK2+000 à PK3+000 CB	Latérite 20cm		22,00	24,30	11,10	2,17	7,20	31 et 40
PK2+000 à PK3+000 CF	Latérite 20cm		22,00	24,30	11,10	2,17	7,20	15 et 25
PK3+000 à PK4+000 CB	Latérite 17cm		22,50	25,50	11,70	2,14	7,20	30 et 40

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

Sondage	Nature et épaisseur résiduelle du matériau	Positon géographique	Caractéristiques du matériau					
			Passant au 80 microns	Ll	Ip	d _{CBR}	Teneur en eau	CBR modifié à 95% et 98%
			%	%		T/m ³	%	
PK3+000 à PK4+000 CF	Latérite 20cm		22,00	25,80	12,30	2,13	9,20	8 et 27
PK4+000 à PK5+000 CB	Latérite 18cm		25,00	24,10	13,20	2,18	7,40	33 et 45
PK4+000 à PK5+000 CF	Latérite 20cm		22,50	25,50	11,50	2,15	7,50	19 et 30
PK5+000 à PK6+000 CB	Latérite 20cm		22,00	25,20	10,70	2,19	7,70	37 et 47
PK5+000 à PK6+000 CF	Latérite 25 cm		25,00	30,20	14,20	2,13	8,40	17 et 44
PK6+000 à PK7+000 CB	Latérite 20cm		22,00	25,30	10,10	2,18	7,70	35 et 43
PK6+000 à PK7+000 CF	Latérite 20cm		22,00	24,10	12,10	2,18	7,30	15 et 23

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

ANNEXE 3 : CARACTERISTIQUES DES ROUTES (SETRA, ARP,1994)

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

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

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

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

ANNEXE 3-1 : Listing de l'axe en plan Tahoua-Koloma baba.

Listing de l'Axe En Plan Tahoua-Koloma baba						
Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 1	Gisement 101.7465gr	477,564	0+000.000	747502,674	1646787,465	
Arc 1	Rayon 1000.000 m	265,416	0+477.564	747980,059	1646774,366	
	Centre X 748007.489 m					
	Centre Y 1647773.989 m					
Droite 2	Gisement 84.8496gr	611,461	0+742.980	748243,231	1646802,174	
Arc 2	Rayon -2000.000 m	503,741	1+354.441	748837,459	1646946,321	
	Centre X 749308.942 m					
	Centre Y 1645002.689 m					
Droite 3	Gisement 100.8842gr	1182,186	1+858.182	749336,719	1647002,497	
Arc 3	Rayon 1900.000 m	414,824	3+040.368	750518,790	1646986,078	
	Centre X 750545.178 m					
	Centre Y 1648885.895 m					
Droite 4	Gisement 86.9850gr	1253,300	3+455.191	750930,913	1647025,463	
Clothoïde 1	Paramètre -258,844	67,000	4+708.491	752158,113	1647279,906	
Arc 4	Rayon -1000.000 m	82,506	4+775.491	752223,862	1647292,774	
	Centre X 752393.971 m					
	Centre Y 1646307.349 m					
Clothoïde 2	Paramètre 258,844	67,000	4+857.998	752305,653	1647303,441	
Droite 5	Gisement 96.5028gr	1088,059	4+924.998	752372,503	1647307,866	
Arc 5	Rayon 1300.000 m	113,933	6+013.057	753458,921	1647367,607	
	Centre X 753387.544 m					
	Centre Y 1648665.646 m					
Droite 6	Gisement 90.9235gr	920,113	6+126.990	753572,262	1647378,836	
			7+047.103	754483,039	1647509,576	
Longueur totale de l'axe 7047.103 mètre(s)						

ANNEXE 3' : TRACE COMBINE

ANNEXE 4 : NOTE DE CALCUL ALLIE LCPC

La vérification du calcul du dimensionnement est faite avec le logiciel Alizé – LCPC, elle nous permettra de confirmer ou d’infirmer la structure de chaussée choisi.

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

variante 1: Durée= 00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,050	1300,0 collé	0,350	0,000	-67,2	0,116	-91,2	0,660
			0,050	-65,4	0,203	346,8	0,600
0,200	600,0 collé	0,350	0,250	-65,4	0,127	682,2	0,600
			0,250	-391,1	-0,256	447,9	0,111
0,180	150,0 collé	0,350	0,250	-391,1	-0,021	794,6	0,111
			0,430	-328,5	-0,040	531,1	0,056
0,200	75,0 collé	0,350	0,430	-328,5	-0,005	762,8	0,056
			0,630	-191,8	-0,002	481,9	0,035
infini	75,0	0,350	0,630	-191,8	-0,002	481,9	0,035

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

Déflexion = 71,7 mm/100 entre-jumelage

Rdc = 123,9 m

Imprimer Enregistrer Voir Chargt. Fermer

Alizé-Lcpc - Définition d'une Structure (Fichier/nouveau)

Fichier Calculer Valeurs admissibles Bibliothèques Configurer Alizé Fenêtre ?

Titre :

Structure de base

	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
collé	0,05	1300	0,350	bb
collé	0,20	600	0,35	autre
collé	0,20	225	0,35	autre
collé	0,15	225	0,35	autre
	infini	75	0,35	autre

Modifier la structure

nb de couches : 5

Ajouter 1 couche Supprimer 1 couche

Série de calculs

nb de calculs : 1

Voir/gérer les variantes Supprimer les variantes

Niveaux de calcul

Modifier les niveaux

Aide

Nature des interfaces Epaisseurs mini-maxi

Calcul direct (charge réf.)

Quitter Alizé

ANNEXE 4' : OUVRAGES EXISTANTS



Dalot

Buse

ANNEXE 5 : NOTE DE CALCUL DETAILE ETUDES HYDROLOGIQUE

1. Moyenne mobile :

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus lors du calcul des différentes moyennes mobiles. Ces moyennes sont utilisées pour contrôler l'homogénéité et la fiabilité des données pluviométriques.

Tableau 34: Moyenne mobile

Station pluviométrique de Tahoua					
Années	Pics journaliers (mm)	Moy. Mob 5ans	Moy. Mob 11 ans	Moy. Mob 25 ans	Pluie Moy. Annuelle
2011	27,4				43,39
1993	27,6				43,39
1996	27,9	28,04			43,39
2004	28,5	28,66			43,39
1986	28,8	29,30			43,39
2002	30,5	30,62	31,42		43,39
1990	30,8	32,02	32,38		43,39
1995	34,5	33,66	33,33		43,39
1985	35,5	34,98	34,33		43,39
2006	37	36,42	35,39		43,39
1989	37,1	37,12	36,55		43,39
1987	38	37,80	37,62	39,92	43,39

1992	38	38,44	38,69	41,82	43,39
1997	38,9	39,34	39,62	44,61	43,39
2012	40,2	40,18	40,56	45,28	43,39
1988	41,6	41,10	41,54	45,98	43,39
2010	42,2	42,26	42,72	46,72	43,39
2003	42,6	43,40	43,91		43,39
2008	44,7	44,62	45,14		43,39
2000	45,9	46,20	46,56		43,39
2007	47,7	47,90	48,84		43,39
1991	50,1	49,26	52,04		43,39
2009	51,1	51,00			43,39
1998	51,5	54,50			43,39
2001	54,6	59,84			43,39
2005	65,2	69,64			43,39
1994	76,8				43,39
1999	100,1				43,39

2. Ajustement de la loi de Gumbel

Pour pouvoir déterminer les fréquences expérimentales, les données de pluies précédemment contrôlées font l'objet d'un classement suivant l'ordre croissant du fait que la loi de Gumbel utilise les probabilités au non dépassement. Suivi de calcul de la variable réduite de Gumbel u .

La méthode de Gumbel se base sur une fonction de répartition doublement exponentielle qui s'écrit :

$$F(u) = e^{-e^{-u}}$$

Dans laquelle F est la fonction de répartition des données étudiées et u la variable réduite de la loi qui s'exprime par :

$$u = \alpha (P - P_0)$$

Où α et P_0 sont des paramètres dépendant de la série de données à étudier et se calculent comme suit :

$$\alpha = \frac{1}{0,78\sigma} \text{ Et } P_0 = P_{\text{moy}} - 0,45\sigma$$

Avec :

- σ : écart – type de l'échantillon des n pluies étudiées.

- P_{moy} : moyenne arithmétiques de l'échantillon des n pluies étudiées.

La Méthodologie de calcul propre à cette méthode est la suivante :

- Classement des N valeurs de l'échantillon dans un ordre décroissant et affectation d'un rang R à chaque valeur dans l'ordre croissant de 1 à n ;
- Calcul d'une fréquence expérimentale pour chaque valeur de la série par $T = \frac{N+1}{R}$;
- Calcul de la moyenne arithmétique P_{moy} par $P_{moy} = \sum \frac{P_i}{N}$ {i allant de 1 à N} ;
- Calcul de l'écart-type σ par $\sigma = \text{RACINE} - \text{CARRE} \left[\sum \left(\frac{(P_i - P_{moy})^2}{(N-1)} \right) \right]$ avec {i allant de 1 à N} ;

Avec le calcul des paramètres σ et P_0 à l'aide des formules ci-dessus, la fonction de répartition $F(u)$ de la loi de GUMBEL est entièrement définie et les différentes valeurs expérimentales de pluies P_i peuvent être aisément calculées selon les étapes suivantes :

- Calcul de la fonction de non dépassement $= 1 - \frac{1}{T}$, T étant la durée de retour expérimentale exprimée en année ;
- Calcul de la variable réduite u par $u = -\log(-\log F)$,
- Calcul de la valeur expérimentale P_i par $P_i = X_0 + \frac{u}{\alpha}$.

De même, par ce procédé, on peut calculer la pluie de crue de période de retour remarquable pour notre étude.

Tableau 35: Pluie crue de période de retour

Pluie de crue de période de retour remarquable	P ₁₀	P ₂₅	P ₅₀	P ₁₀₀
	52,91	58,06	61,88	65,67

Le résultat de calcul des fréquences expérimentales et des variables réduites est consigné dans le tableau N°35 ci-dessous :

Tableau 36: Fréquence expérimentale et variable réduite

Tahoua					
Années	Pluies (mm)	Classement	Rang	Fréq. exp	Var. réduite
1994	27,4	27,4	1	0,03	-1,21
1985	27,6	27,6	2	0,07	-0,98
1987	27,9	27,9	3	0,10	-0,82

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

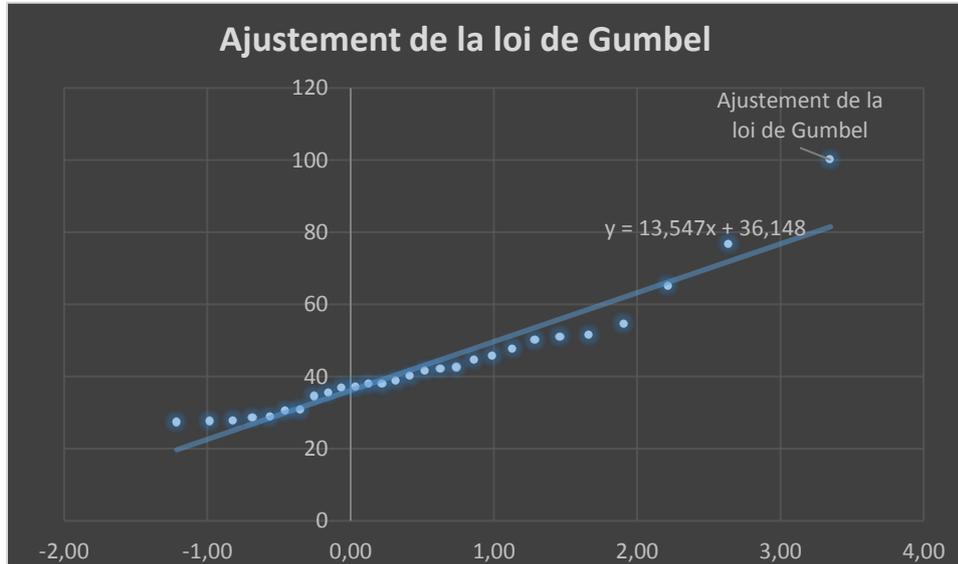
Tahoua					
Années	Pluies (mm)	Classement	Rang	Fréq. exp	Var. réduite
2000	28,5	28,5	4	0,14	-0,68
1993	28,8	28,8	5	0,17	-0,56
2003	30,5	30,5	6	0,21	-0,45
2002	30,8	30,8	7	0,24	-0,35
1989	34,5	34,5	8	0,28	-0,25
2011	35,5	35,5	9	0,31	-0,16
1991	37	37	10	0,34	-0,06
1986	37,1	37,1	11	0,38	0,03
1996	38	38	12	0,41	0,13
1995	38	38	13	0,45	0,22
1992	38,9	38,9	14	0,48	0,32
1999	40,2	40,2	15	0,52	0,42
2004	41,6	41,6	16	0,55	0,52
2005	42,2	42,2	17	0,59	0,63
2008	42,6	42,6	18	0,62	0,74
1998	44,7	44,7	19	0,66	0,86
1988	45,9	45,9	20	0,69	0,99
2009	47,7	47,7	21	0,72	1,13
1990	50,1	50,1	22	0,76	1,29
2001	51,1	51,1	23	0,79	1,46
1997	51,5	51,5	24	0,83	1,66
2010	54,6	54,6	25	0,86	1,91
2007	65,2	65,2	26	0,90	2,21
2006	76,8	76,8	27	0,93	2,64
2012	100,1	100,1	28	0,97	3,35

A travers la méthode des moments, les paramètres de la loi de Gumbel sont obtenus. Les paramètres sont consignés dans le tableau N°25 :

Tableau 37: Paramètres de la loi de Gumbel

Paramètres de la loi de Gumbel

1/a	12,51
X0	36,17
a	0,08



3. Test d'adéquation χ^2

On juge généralement l'adéquation d'une loi à un échantillon par le test du χ^2 , variable aléatoire dont la distribution a été étudiée par Pearson. En pratique, on procède comme suit :

1) Découpage en k classes. Ce découpage doit introduire des classes d'égale probabilité théorique et d'un effectif d'au moins 5 valeurs par classe.

2) Calcul de $\chi^2 = \sum_1^k \frac{(n_i - n_{pi})^2}{n_{pi}}$

Avec n_i effectif observé de la classe i ;

n_{pi} Effectif théorique de cette même classe $n_i = \frac{N}{n_c} = \frac{\text{effectif total}}{\text{nombre de classe}}$

3) Calcul du nombre v de degrés de liberté

$$v = k - p - 1$$

$$v = 5 - 2 - 1$$

$$v = 2$$

Avec k le nombre de classes et p le nombre de paramètres de la loi.

L'adéquation est admise si $P(\chi^2) \geq \alpha$

α Est le seuil du risque d'adéquation. α est choisi généralement égal à 0.05. L'adéquation est rejetée si $P(\chi^2) \leq 0.05$.

Le test de validité de l'ajustement de loi de Gumbel est résumé dans le tableau ci-après :

Tableau 38: teste de validité de l'ajustement

Classes	n_i	n_{pi}	$n_i - n_{pi}$	$(n_i - n_{pi})^2$	$(n_i - n_{pi})^2 / n_{pi}$
inf. à 30,8	6	5,8	0,2	0,04	0,01

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

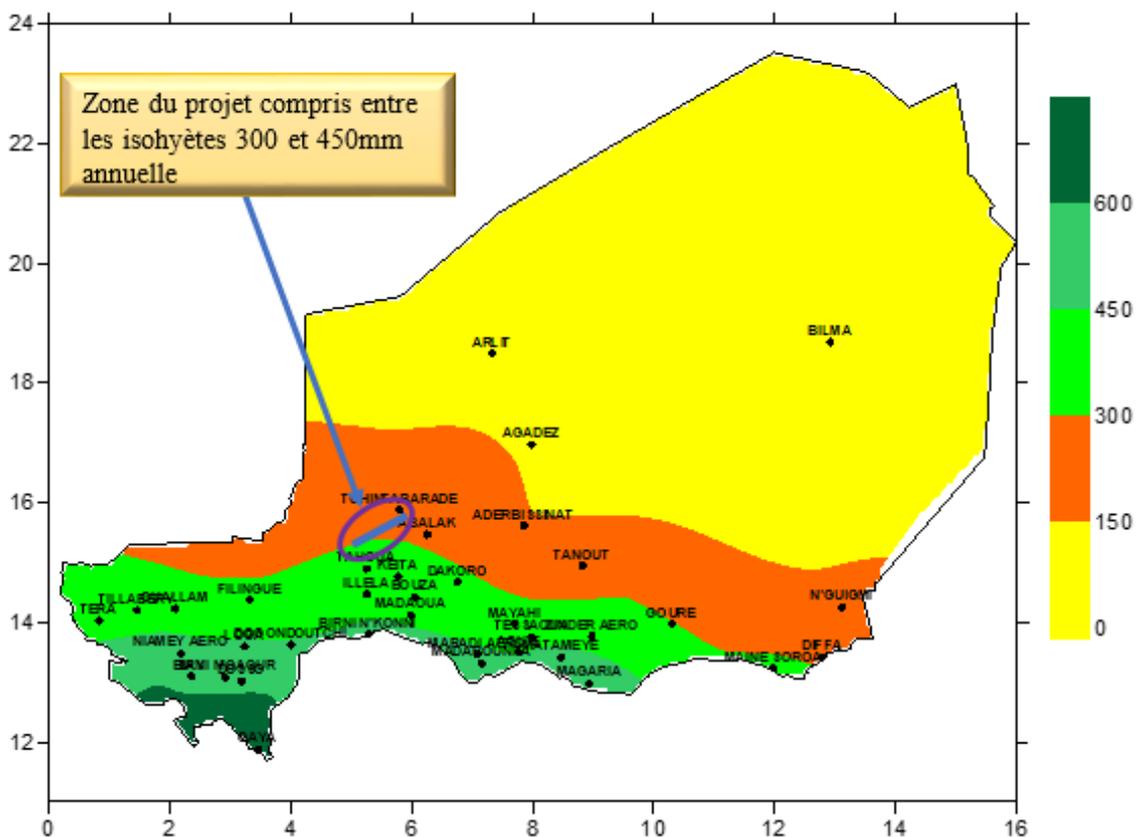
[30,8 - 38]	7	5,8	1,2	1,44	0,25	
] 38 - 45,9]	7	5,8	1,2	1,44	0,25	
] 45,9 - 51,5]	5	5,8	-0,8	0,64	0,11	
] 51,5- 100,1]	5	5,8	-0,8	0,64	0,11	
					X ² cal	0,72
					X ² lu(X ² 0.05)	5,99
					X ² cal < X ² lu	

La loi de Gumbel est acceptable pour représenter la distribution fréquentielle des pluies de Tahoua.

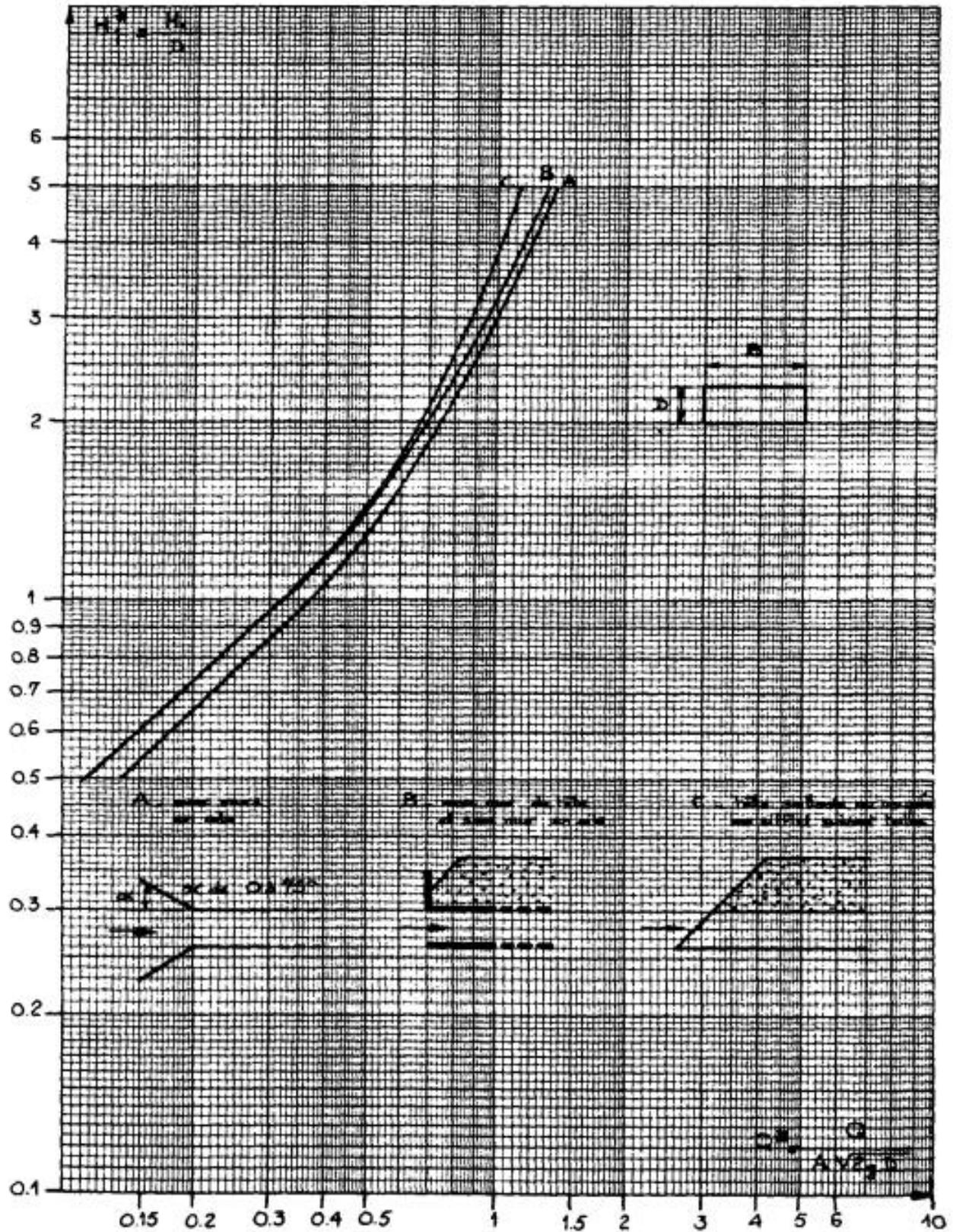
Tableau 39:recapitulatif fréquences expérimentales et quantiles

F(Xi)	Up	Xi	Xi min	Xi max
0,01	-1,53	17,05	-19,11	53,22
0,02	-1,36	19,09	-17,07	55,26
0,04	-1,17	21,54	-14,63	57,70
0,1	-0,83	25,73	-10,44	61,89
0,9	2,25	64,33	28,16	100,49
0,96	3,20	76,19	40,03	112,36
0,98	3,90	84,99	48,83	121,16
0,99	4,60	93,73	57,57	129,90

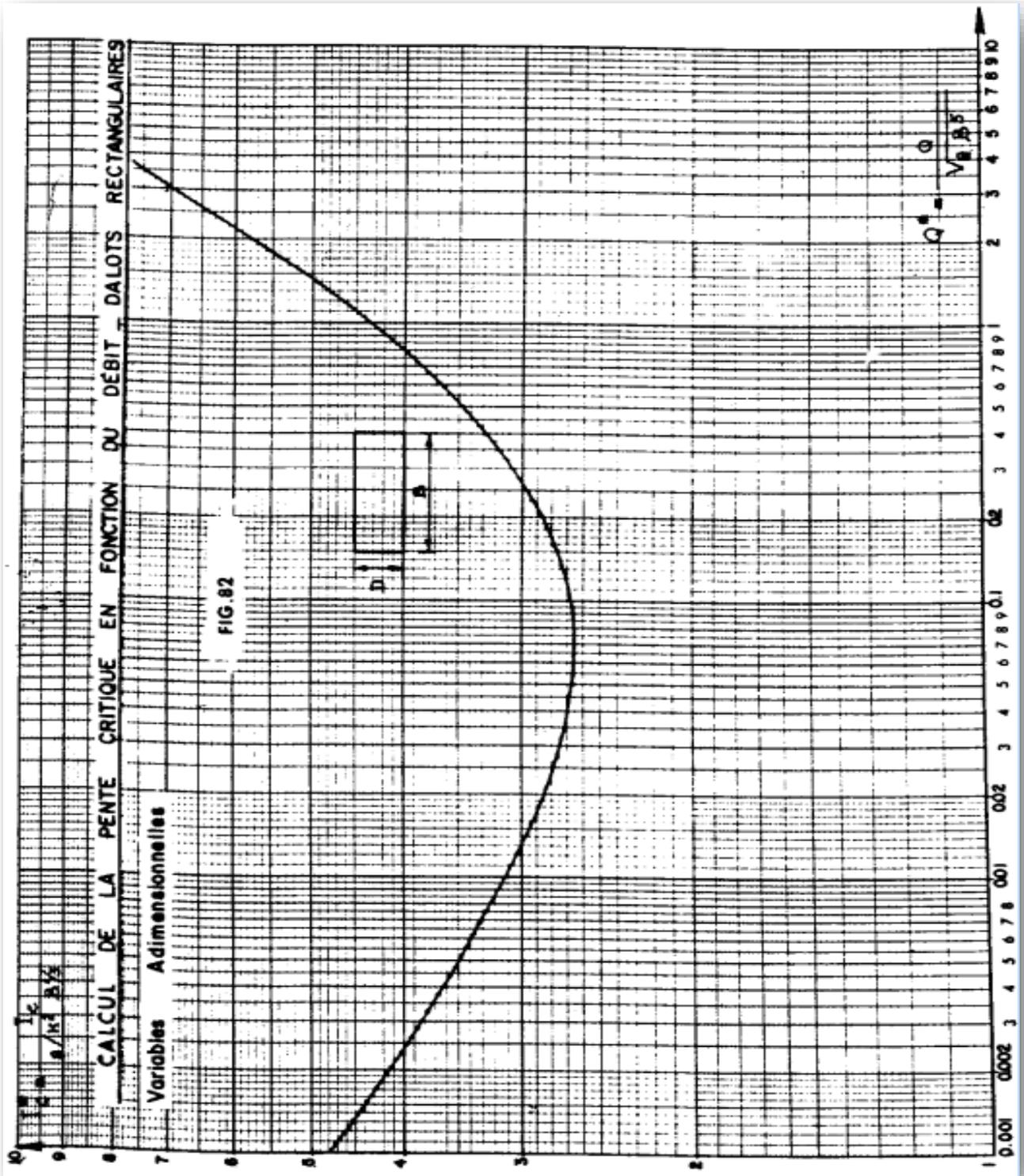
ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).



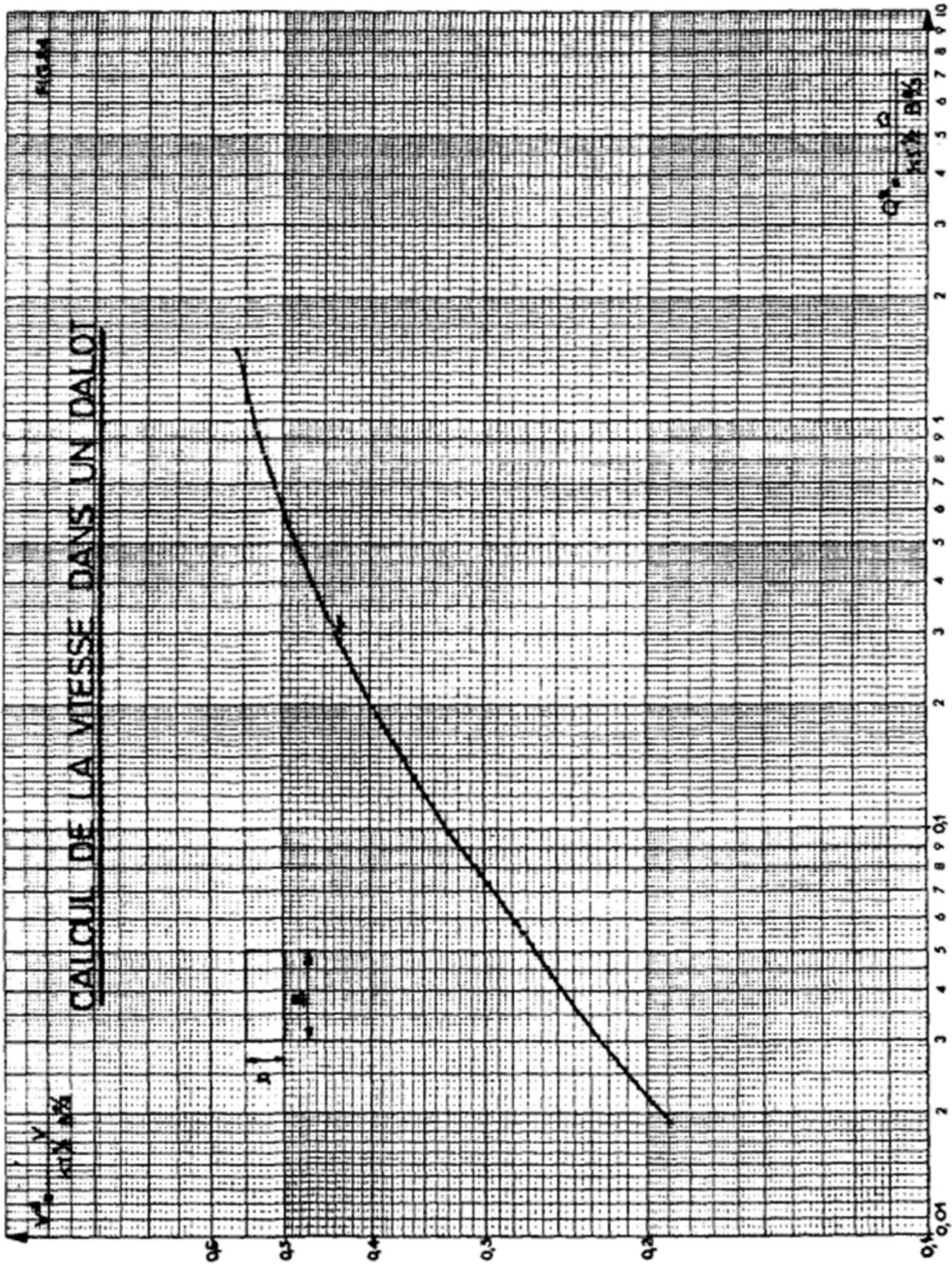
ANNEXE 6 : SORTIE LIBRE DALOT RECTANGULAIRE



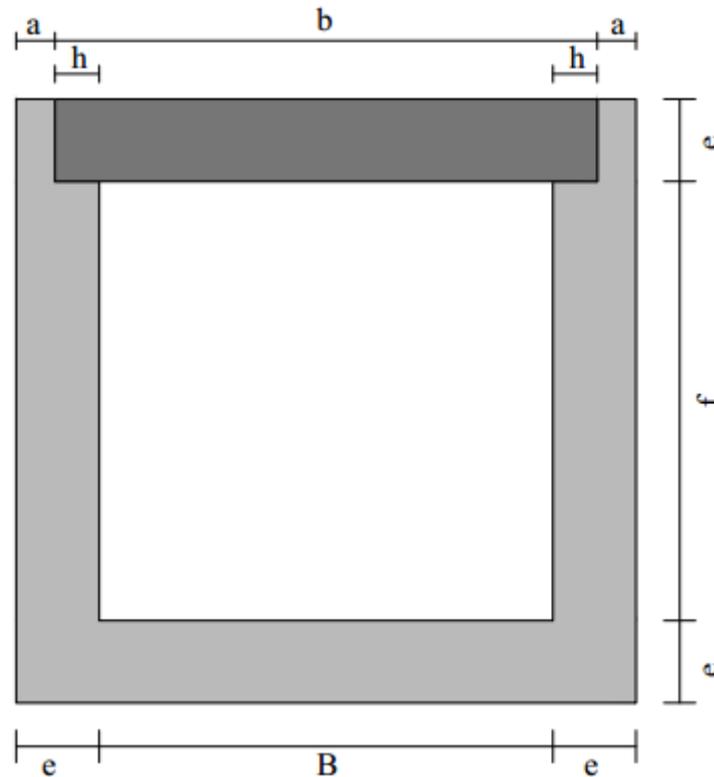
ANNEXE 7 : CALCUL DE LA PENTE CRITIQUE



ANNEXE 8 : CALCUL DE LA VITESSE DANS UN DALOT



ANNEXE 9 : NOTE DE CALCUL DU CANIVEAU :



$$e = \frac{b}{32} + 0,125 = \frac{0,80}{32} + 0,125$$

$$e = 0,15 \text{ m}$$

Epaisseur de la lèvre de feuillure : $a \cong e/2 = 7 \text{ Cm}$

Redent de la feuillure : $h = e - a = 8 \text{ Cm}$

Portée de la dalle : $b = B + 2(h - 0,01) = 95 \text{ Cm}$

Epaisseur du piédroit : $e = 15 \text{ Cm}$

Epaisseur de la dalle : $e = 15 \text{ Cm}$

Epaisseur du radier : $e = 15 \text{ Cm}$

Hauteur libre du caniveau : $f = 80 \text{ Cm}$

Ouverture du caniveau : $B = 80 \text{ Cm}$

Largeur de dalle : $g = 50 \text{ Cm}$

1. Détermination des armatures de la dalle

Calcul des sollicitations

- Poids propre de la dalle :

$$Pd = b \times e \times \rho_b = 0,95 \times 0,15 \times 25$$

$$Pd = 3,56 \text{ kN/ml}$$

Pour la surcharge sur la dalle nous allons considérer **Br = 100 kN** comme le recommande le Fascicule 61, Titre II.

- Moment dû au poids propre

$$M_{pd} = P_d \times \frac{(b-2 \times h)^2}{8} = 3.6 \times \frac{(0.95-2 \times 0.08)^2}{8}$$

$$\mathbf{M_{pd} = 0.28 \text{ kN.m}}$$

- Moment dû à la surcharge Br

$$M_{br} = Br \times \left(\frac{b-2 \times h}{4} \right) = 100 \times \left(\frac{0.95-2 \times 0.08}{4} \right)$$

$$\mathbf{M_{br} = 19.75 \text{ kN.m}}$$

- Effort tranchant dû au poids propre

$$T_{pd} = P_d \times \frac{(b-2 \times h)}{4} = 3.6 \times \frac{(0.95-2 \times 0.08)}{4}$$

$$\mathbf{T_{pd} = 0.70 \text{ kN}}$$

- Effort tranchant dû à la surcharge Br

$$T_{br} = \frac{Br}{2} = \frac{100}{2}$$

$$\mathbf{T_{br} = 50 \text{ kN}}$$

Combinaison d'action

A l'ELU

$$M_u = 1.35M_{pd} + 1.6M_{br}$$

$$\mathbf{M_u = 30. \text{kN}}$$

$$T_u = 1.35 T_{pd} + 1.6T_{br}$$

$$\mathbf{T_u = 75.95 \text{ kN}}$$

A l'ELS

$$M_{ser} = M_{pd} + M_{br}$$

$$\mathbf{M_{ser} = 20.03 \text{ kN}}$$

$$T_{ser} = T_{pd} + T_{br}$$

$$\mathbf{T_{ser} = 50.70 \text{ kN}}$$

Calcul des aciers de flexion à l'ELU

- Moment :

$$M_u = 31.98 \text{ kN.M}$$

- Largeur de la section : $g = 50 \text{ cm}$

- Moment réduit :

$$\mu_s = 0.39$$

- Hauteur utile des aciers :

$$d_1 = e - \text{enrobage} = 15 - 3$$

$$\mathbf{d_1 = 12 \text{ cm}}$$

- Moment réduit du béton

$$\mu_u = \frac{M_u \times 10^{-3}}{b_0 \times d_1^2 \times f_{bu}} = \frac{31.98 \times 10^{-3}}{0.5 \times 0.12^2 \times 14.17}$$

$$\mu_u = 0.29$$

$\mu_u < \mu_s$ Il n'y a donc pas de présence d'acier comprimé

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - (2 \times 0,31)})$$

$$\mathbf{\alpha_u = 0.44}$$

- Bras du levier

$$Z_u = d_1(1 - 0.4 \times \alpha_u) = 0.12 \times (1 - 0.4 \times 0.486)$$

$$\mathbf{Z_u = 0.099}$$

- Acier tendu

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times \sigma_{st}} = \frac{31.98 \times 10^{-3}}{(0.096 \times 347,83)}$$

$$\mathbf{A_{st} = 8.70 \text{ cm}^2}$$

Calcul des aciers dû à l'effort tranchant à l'ELU

- Contrainte tangentielle :

$$\sigma_{t0} = \frac{T_u}{b \times d_1} = \frac{75.95 \times 10^{-3}}{(0,50 \times 0,12)}$$

$$\sigma_{t0} = 1.27 \text{ Mpa}$$

- Contrainte limite :

$$\sigma_{t\text{limite}} = \min(0,13 \times f_{c28} ; 3) , \text{ puisque nous avons opté pour des FeE 400}$$

$$\sigma_{t\text{limite}} = \min(3,25 ; 3)$$

$$\sigma_{t\text{limite}} = 3 \text{ MPa}$$

- Aciers transversaux (A_{st}) et espacement (esp)

$$\frac{A_{st}}{esp} = \frac{\sigma_{t0} - 0,3 \times f_{t28}}{(0,8 \times f_e \times b)} = \frac{1.27 - 0,3 \times 2,1}{(0,8 \times 400 \times 0,50)}$$

$$\frac{A_{st}}{esp} = 0.004 \text{ m}$$

Avec un espacement de 20 cm $\mathbf{A_{st} = 2 \text{ cm}^2}$

2. Calcul des armatures du piédroit

1er cas : Pieds droit soumis à la charge de la roue Br et la poussée des terres

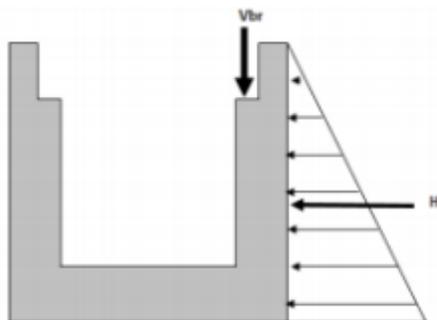


Figure 13: Pieds droit du caniveau soumis à la charge de la roue Br et la poussée des terres

Calcul des efforts de sollicitation :

- Effort dû à l'action de Br de la dalle.

$$V_{Br} = \frac{T_{Br}}{g} = \frac{50}{0,5}$$

$$V_{Br} = 100 \text{ kN/ml}$$

- Effort dû au poids propre de la dalle.

$$V_{pd} = \frac{T_{pd}}{g} = \frac{0,70}{0,5}$$

$$V_{pd} = 1,40 \text{ kN/m}$$

- Effort dû au poids propre du pied droit.

$$V_{pp} = e \times \gamma_{\text{béton}} \times (e + f)$$

$$V_{pp} = 0,15 \times 25 \times (0,8 + 0,15)$$

$$V_{pp} = 3,56 \text{ kN/ml}$$

- Poussées des terres transmises

$$H_t = K_a \times \gamma_{\text{sol}} \times \frac{(f + e)^2}{2} = 0,33 \times 18 \times \frac{(0,8 + 0,15)^2}{2}$$

$$H_t = 2,68 \text{ kN/ml}$$

Calcul à l'ELU de l'effort vertical transmis au pied droit

$$V_{bru} = 1,35(V_{pp} + V_{pd}) + 1,5V_{Br}$$

$$V_{bru} = 1,35(3,6 + 1,42) + 1,5 \times 100$$

$$V_{bru} = 156,70 \text{ kN/ml}$$

Calcul de la poussée transmise au pied droit à l'ELU

$$H_{tu} = 1,35 \times H_t$$

$$H_{tu} = 1.35 \times 2.68$$

$$H_{tu} = 3.62 \text{ kN/ml}$$

Moment d'encastrement dû à la poussée de terre (Htu) :

$$M_{Htu} = \frac{H_{tu} \times (f + e)}{3}$$

$$M_{Htu} = \frac{3.62 \times (0.8 + 0.15)}{3}$$

$$M_{Htu} = 1,15 \text{ kN.m}$$

Calcul en flexion

- Calcul de l'excentricité

$$e = \frac{M_{Htu} + \left(\frac{e}{2} - \frac{h}{2}\right) \times V_{bru}}{V_{bru}}$$

$$e = \frac{1,15 + \left(\frac{0.15}{2} - \frac{0.08}{2}\right) \times 156.70}{156.70}$$

$$e_1 = 0.042 \text{ m}$$

- Calcul du noyau central (be) :

$$be = \frac{e}{6} = \frac{0,15}{6}$$

$$be = 0.025$$

e > be La section est partiellement comprimée

- Moment au centre de gravité des aciers tendus

$$M_{u.c} = e_1 \times V_{bru} + V_{bru} \times \left(\frac{e}{6} - enrob\right)$$

$$M_{u.c} = 0.042 \times 156.77 + 156.77 \times \left(\frac{0.15}{6} - 0.03\right)$$

$$M_{u.c} = 6,89 \text{ kN.m}$$

Calcul des aciers

- Hauteur utile des aciers

$$d_1 = e - enrobage = 0,12$$

$$d_1 = 0,12$$

- Moment réduit du béton

$$\mu_u = \frac{M_{uc} \times 10^{-3}}{b_0 \times d_1^2 \times f_{bu}}$$

$$\mu_u = \frac{5,80 \times 10^{-3}}{1 \times 0.12^2 \times 14.17}$$

$$\mu_u = 0.034$$

$\mu_u < \mu_s$ Il n'y a donc pas de présence d'acier comprimé

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - (2 \times 0,0284)})$$

$$\alpha_u = 0.043$$

- Bras du levier

$$Z_u = d(1 - 0.4 \times \alpha_u) = 0,12 \times (1 - 0.4 \times 0.043)$$

$$Z_u = 0.099$$

Calcul des aciers tendus

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times \sigma_s} = \frac{6,89 \times 10^{-3}}{0.118 \times 347.83}$$

$$A_{st} = 0.0002 \text{ m}^2$$

- Acier réelle

$$A_{st \text{ réel}} = A_{st} - \frac{V_{bru}}{\sigma_s} = 0.00014 - \frac{156.70 \times 10^{-3}}{347.83}$$

$$A_{st \text{ réel}} = -2.5 \text{ cm}^2$$

- Condition de non fragilité

$$A_{t \text{ min}} = 0.23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0.23 \times 1 \times 0.12 \times \frac{2.1}{400}$$

$$A_{t \text{ min}} = 1.45 \text{ cm}^2$$

2iem cas : Piedroit soumis à son poids propre, à l'effort de la dalle, aux poussées de terre et de la roue Br

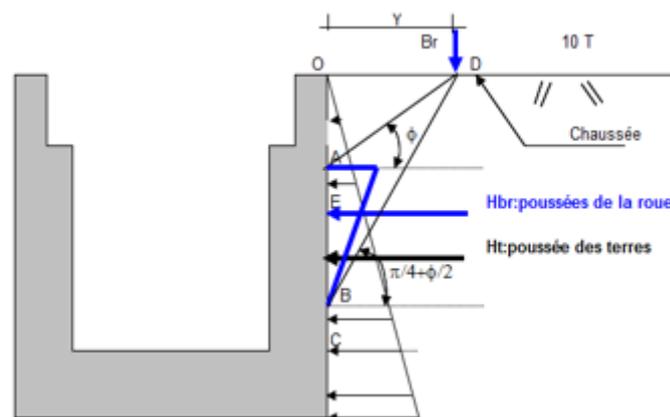


Figure 14: Piedroit du caniveau soumis à son poids propre, à l'effort de la dalle, aux poussées de terre et de la roue Br

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

OA : Zone du piedroit soumis à aucune poussée de roue ;

AB : Zone soumise à la poussée de la roue Br

$$OD = 0,3\text{m}$$

Calcul des distances définies précédemment

$$OA = OD \times \text{tg} \left(\frac{\emptyset}{180} \times \frac{22}{7} \right) = 0,3 \text{tg} \left(\frac{30}{180} \times \frac{22}{7} \right)$$

$$OA = 0,173 \text{ m}$$

$$OB = OD \times \text{tg} \left(\frac{22}{180} \times \left(\frac{1}{4} + 0,5 \times \frac{\emptyset}{130} \right) \right)$$

$$OB = 0,520 \text{ m}$$

$$AB = OD - OA = 0,3 - 0,173$$

$$AB = 0,347 \text{ m}$$

$$AE = \frac{AB}{3} = \frac{0,347}{3}$$

$$AE = 0,116\text{m}$$

- Point d'application de la résultante Hbr /encastrement

$$EC = OA - AE + (e + f) = 0,173 - 0,116 + (0,8 + 0,15)$$

$$EC = 1,181\text{m}$$

- Longueur de la paroi influencée avec l'angle de diffusion longitudinale de la charge θ
 $= 27^\circ$

$$L_{pi} = 0,3 + 2 \times (AB + AO) \times \text{tg} = 0,3 + 2 \times (0,347 + 0,173) \times \text{tg} \left(\frac{22}{7} \times \frac{27}{180} \right)$$

$$L_{pi} = 0,83 \text{ m}$$

Calcul des sollicitations

- Résultante Hbr des poussées latérales dues à la charge de la roue Br :

$$RH_{br} = \frac{1}{3} \times Br \times \text{tg} \left(\frac{22}{7} \times \left(\frac{1}{4} - 0,5 \times \frac{\emptyset}{180} \right) \right) = 19,25 \text{ KN/ml}$$

$$RH_{br} = 19,25 \text{ KN/ml}$$

- Résultante Ht des poussées de terres latérales :

$$RH_t = K_a \times \gamma_{sol} \times \left(\frac{(d + f)^2}{2} \right) = 0,33 \times 18 \times \left(\frac{(0,15 + 0,8)^2}{2} \right)$$

$$RH_t = 2,68 \text{ KN/ml}$$

- Moment d'encastrement dû à la poussée de terre latérale (Ht):

$$MH_t = RH_t \times \left(\frac{f + e}{3} \right) = 2,68 \times \left(\frac{(0,15 + 0,8)}{3} \right)$$

$$MH_t = 0,849 \text{ KN. m/ml}$$

- Moment d'encastrement dû à la poussée latérale résultant de la roue Br (Mbr):

$$M_{HBr} = R_{HBr} \times (EC + e) = 19,25 \times (0,561 + 0,15)$$

$$M_{HBr} = 13.687 \text{ KN. m/ml}$$

- Moment d'encastrement dû à toutes les poussées (de terre et de la roue) à l'ELU

$$M_u = 1,35 \times 0.85 + 1,5 \times 22.27$$

$$M_u = 21.677 \text{ KN. m /ml}$$

Calcul des armatures :

- Moment réduit du béton :

$$\mu_b = \frac{M_u}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{36,78 \times 10^{-3}}{1 \times 0,12^2 \times 14,167}$$

$$\mu_b = 0,106$$

$\mu_b < \mu_s$, conclusion : pas d'aciers comprimés.

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_b}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - (2 \times 0,106)})$$

$$\alpha_u = 0.140$$

$$Z_u = d(1 - 0.4 \times \alpha_u) = 0,12 \times (1 - (0,4 \times 0,140))$$

$$Z_u = 0,113$$

- Calcul des armatures tendues (A_{st})

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times \sigma_s} = \frac{21,677 \times 10^{-3}}{0,113 \times 347,83}$$

$$A_{st} = 5,51 \text{ cm}^2$$

- Condition de non fragilité :

- $A_{st \text{ min}} = 0.23 \times b_0 \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$

- $A_{st \text{ min}} = 0.23 \times 1 \times 0,12 \times \frac{2,1}{400} = 0,00015 \text{ m}^2$

$$A_{st \text{ min}} = 1.5 \text{ cm}^2/\text{ml} \text{ Condition vérifiée !}$$

- $A_{st} = 5.51 \text{ cm}^2$

3. Calcul des armatures du radier

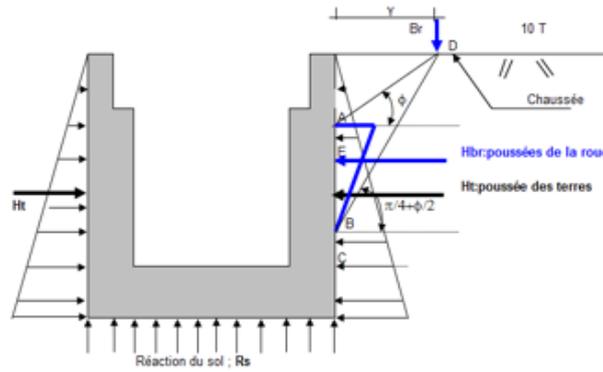


Figure 15: Réaction du sol sous le radier du caniveau

La réaction du sol (Rs)

$$R_s = [-2 \times ((e + f) \times e - g \times f) + l \times f] \times \frac{\gamma b}{(l + 2 \times e)} =$$

$$R_s = [-2 \times ((0,15 + 0,80) \times 0,15 - 0,5 \times 0,8) + 0,8 \times 0,15 \times \frac{18}{(0,8 + 2 \times 0,15)}]$$

$$R_s = -8.20 \text{ KN/ml}$$

- La réaction du sol (Rs) à l'ELU :

$$R_{su} = 1,35 \times R_s = 1,35 \times (-8.20)$$

$$R_{su} = -11.07 \text{ KN/ml}$$

- Moment d'encastrement droit :

$$M_{du} = M_u \text{ calculé (au niveau du pied droit 2è cas)}$$

$$M_{du} = 21.677 \text{ KN.m/ml}$$

- Moment d'encastrement gauche :

$$M_{gu} = M_u \text{ calculé (au niveau du pied droit 1er cas)}$$

$$M_{gu} = 1,388 \text{ KN.m/ml}$$

- Moment maximal sollicitant le radier :

$$M_{max} = \max \{M_{gu} ; M_{du}\} = M_{max} = \max \{10.54 ; 22,83\}$$

$$M_{max} = M_{du} = 21.677 \text{ KN.m/ml}$$

De ce fait, nous adopterons le même ferrailage que précédemment (au 2è cas).

4. Plan de coffrage :

ANNEXE 10 : NOTES DES CALCULS POUR LES DALOTS

ANNEXE 10.A : NOTE DE CALCUL DALOT 2 X 2 X 2

1. HYPOTHESES DE CALCUL

Les calculs de ferrailage seront menés suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et construction en béton armé suivant la méthode des états limites dites règles B.A.E.L 91. Les structures routières seront définies conformément aux prescriptions du titre II du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes (C.P.C) français en la matière. Les ouvrages seront calculés par rapport aux systèmes de charges A(L) et B (Bc, Bt et Br). Toutefois pour les dalots et ponts de longueur supérieure à 10 m, A(L) n'est pas envisagé (fascicule 61 chap. 1er).

On fera les calculs par bande de 1.00 m linéaire.

➤ Acier :

- Nuance : Acier à haute adhérence Fe 400
- Limite d'élasticité garantie Fe = 400 MPa
- Contrainte de calcul de l'acier à l'ELU $\sigma_s = \frac{F_e}{1.15} = \frac{400}{1.15} = 347.83$ MPa
- Contrainte de calcul de l'acier à l'ELS :

$$\bar{\sigma}_s = \min \left\{ \frac{2}{3} f_e ; \max(0.5f_e ; 110\sqrt{1.6 \times f_{c28}}) \right\} = 200 \text{ MPa}$$

- Enrobage = 3 cm

➤ Béton :

- Poids volumique : 25 kN/m³
- Fissuration préjudiciable
- Résistance nominale à 28 j :
 - A la compression $f_{c28} = 25$ MPa
 - A la traction $f_{tj} = 0.6 + 0.06f_{c28}$
- Contrainte limite du béton : $\bar{\sigma}_{bc} = 0.6 \times f_{c28} = 0.6 \times 25 = 15$ MPa

➤ Remblai :

- Vu la présence de remblai sur le tablier, on prend comme densité de terre ≈ 20 kN/m³
- Le coefficient de poussée des terres sera $K_a = 0.33$

2. Evaluation des charges permanentes et surcharges routières

Schéma de calcul équivalent

2.1. Calcul des charges permanentes

➤ Au niveau du tablier :

Poids propre du tablier : $p = 25 \times e \times 1 = 25 \times 1 \times 0.20 \times 1 = 5 \text{ kN/m}$

Remblai sur dalot, $e = 0.30 \text{ m} \Rightarrow P = 20 \times e \times 1 = 20 \times 0.30 \times 1 = 6 \text{ kN/m}$

Couche de roulement, $e = 0.05 \text{ m} \Rightarrow P = 24 \times e \times 1 = 24 \times 0.05 \times 1 = 1.2 \text{ kN/m}$

On déduit $P_1 = \sum P_1 = 5 + 6 + 1.2 = 12.2 \text{ kN/ml}$

➤ Au niveau du radier :

Le radier reçoit les charges permanentes du tablier P_1 et des piédroits.

Poids propre du radier : $P = 25 \times e \times 1 = 25 \times 0.2 \times 1 = 5 \text{ kN/ml}$

Poids propre du piédroit : $P = 3 \times 25 \times 0.2 \times 1/4.60 = 3.26 \text{ kN/ml}$

$P_2 = P_1 + 5 + 3.26 = 20.46 \text{ kN/ml}$

2.2. Calcul des charges variables

Elles sont définies par le fascicule 61 titre 2 du C.P.C et concerne les charges et effets suivants

- Les charges d'exploitation sans caractères particuliers ou charges routières normales ;
- Les charges d'exploitation à caractères particuliers ;
- Les effets du vent ;
- Les actions de la température ;
- Les actions climatiques ;
- Les actions en cours d'exécution.

Néanmoins dans le cas de notre étude nous considérerons exclusivement les charges routières normales.

2.2.1. Surcharges routières

Elles résument la totalité des systèmes de chargements routiers définies par le Fascicule 61 titre 2 du C.P.C et sont constituées du :

- Système A ;
- Système B comprenant les charges de type Bc, Bt, Br et Bc Niger.

En outre nous allons définir certaines notions qui seront utiles pour la suite.

Largeur roulable (Lr) : c'est la largeur du tablier comprise entre dispositif de retenue, s'il y'en a ou bordures. Elle comprend donc la chaussée proprement dite et les sur largeurs éventuelles, telles que les bandes d'arrêt d'urgence (BAU), bandes dérasées (BD) etc...

NB : dans le cas de ce projet, la largeur roulable est : $L_r = 7 \text{ m}$.

Largeur chargeable Lch : elle se déduite à partir de la largeur roulable :

En soustrayant une bande de 0.50 m le long de chaque dispositif de retenue (glissière ou barrière) lorsqu'il en existe, néanmoins si une chaussée est encadrée par deux (2) bordures, la largeur chargeable est confondue avec la largeur roulable et si elle est bordée d'un côté par un dispositif de retenue, de l'autre par une bordure, c'est une bande de 0.50 m qui sera soustraite.

$$L_{ch} = l_r - n \times 0.50$$

Avec : L_{ch} : la largeur chargeable en m et n : nombre de dispositifs de retenue $n \leq 2$

$$L_{ch} = 7 - (0 \times 0.5)$$

$$L_{ch} = 7 \text{ m}$$

Nombre de voies N_v : par convention le nombre de voies de circulation N_v des chaussées est tel que :

$$N_v = \text{Entier} \left(\frac{L_{ch}}{3} \right)$$

$$N_v = \text{Entier} \left(\frac{7}{3} \right) = 2$$

$$N_v = 2 \text{ Voies}$$

Largeur d'une voie (V) : la largeur d'une voie de circulation est donnée par :

$$V = \frac{L_{ch}}{N_v}$$

$$V = \frac{7}{2}$$

$$V = 3.5 \text{ m}$$

Classe des ponts : les ponts sont classés en trois classes selon leur largeur roulable L_r et leur destination.

- **1 ère classe** : tout le pont supportant une largeur roulable supérieure ou égale à 7 m et ceux portant des bretelles d'accès à la chaussée, ainsi que les autres ponts éventuellement désignés par le cahier des prescriptions spéciales (C.P.S), tels que les ponts urbains ou en zone industrielle avec risque d'accumulation de poids lourds quel que soit leur largeur.
- **2ème classe** : tous les ponts autres que ceux de la 1 ère classe supportant des chaussées à deux voies de largeur roulable comprise entre 5.50 m et 7 m valeurs limites exclues.
- **3ème classe** : les ponts, autres que ceux énumérés -ci-dessus supportant des chaussées à 1 ou 2 voies de largeur roulable inférieure ou égales à 5.50 m.

En s'orientant à cette classification des ponts du Fascicule 61 Titre 2, nous remarquons que le dalot est de 1ere classe vu ses caractéristiques consignées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 40: classification selon le Fascicule 61 titre 2 du C.P.C

Désignation	Caractéristiques
Classe de pont	Pont de 1ere classe
Nombre de voie N_v	$N_v = 2$ voies
Largeur roulable L_r	$L_r = 7$ m
Largeur chargeable L_{ch}	$L_{ch} = 7$ m

Comme défini précédemment, nous nous intéressons qu’au système B, le système A n’est pas envisagé pour les dalots de longueur inférieur à 10 m.

2.2.1.1.Système B

Le système de charge B comprend trois systèmes distincts dont il y a lieu d’examiner indépendamment les effets pour chaque élément des ponts :

- Le système Bc se compose de camion de types ;
- Le système Br se compose d’une roue isolée ;
- Le système Bt se compose de groupe de deux essieux dénommés essieux-tandems.

Les deux premiers systèmes Bc et Br s’appliquent à tous les ponts quelle que soit leur classe ; le système Bt ne s’applique qu’aux ponts de première ou de deuxième classe. Dans notre cas ce dernier système est exclu.

2.2.1.1.1. Le système Bc

Le sous-système Bc compose de camions de poids individuel égal à 300 kN. On dispose autant de files de deux camions au maximum que de voies de circulation, il est affecté un coefficient de pondération bc (dégressivité transversale).

Le sous-système Bc se présente sur les figures N° 22 et N° 23 ci-dessous :

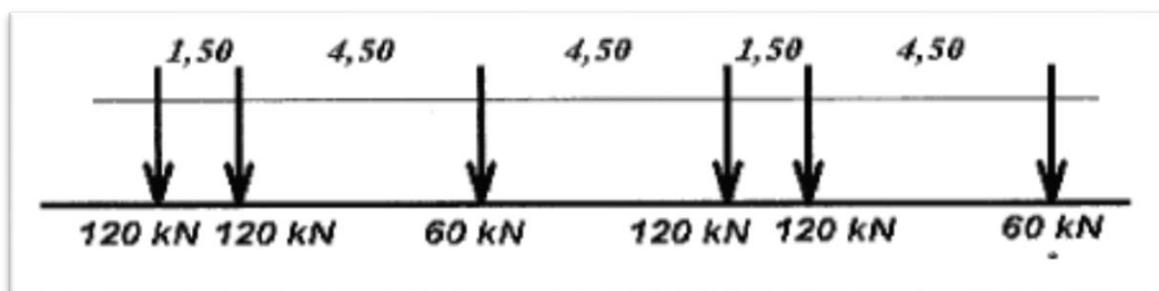


Figure 16: disposition de deux camions dans le sens transversal (Sous-système Bc)

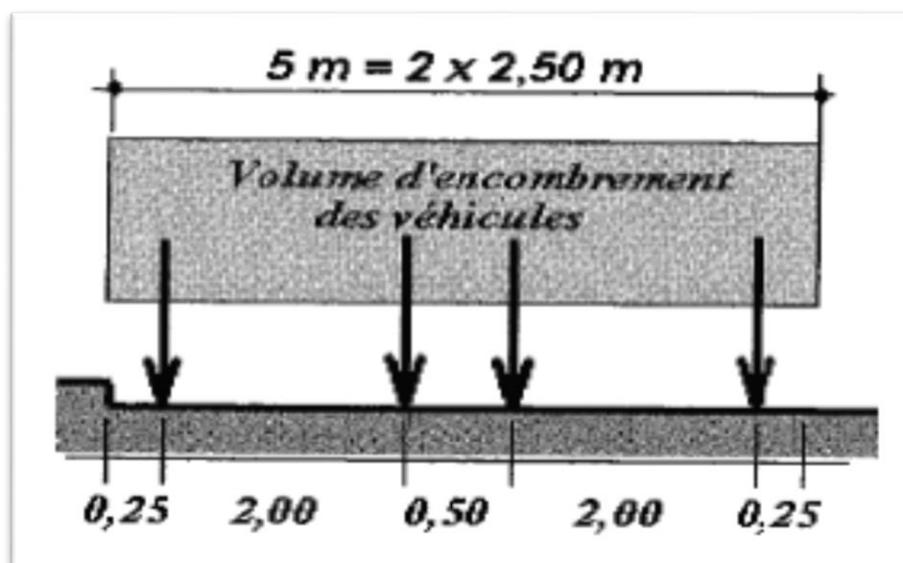


Figure 17: disposition de deux camions dans le sens transversal (sous-système Bc)

La déduction de coefficient bc est en fonction de la classe du pont et du nombre de voies chargées, les différentes valeurs du coefficient bc sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 41: valeurs du coefficient bc

Classe du pont	Nombre de voies chargées				
	1	2	3	4	5
I	1.20	1.10	0.95	0.80	0.70
II	1.00	1.00	-	-	-
III	1.00	0.80	-	-	-

Pour le cas de notre étude, le pont est de première classe avec deux files, le coefficient bc est respectivement égal à 1.20 pour une file et 1.10 pour deux (2) files. Nous avons deux camions transversalement et deux files de deux essieux de 120 kN.

le tableau N° xx présente le calcul de la charge engendrée par le sous-système Bc :

Tableau 42: calcul des charges sous-système Bc:

Nombre de voies chargées	bc	Charge par Essieu (kN)		
1 voie	1.20	E. AV	1 X 60 X 1.20	70
		E.AR	1 X 120 X 1.20	144
2 voies	1.10	E. AV	2 X 60 X 1.10	132
		E.AR	2 X 120 X 1.10	264

On a: $S = 2 \times 120 \times 2 \times 1.1 = 528 \text{ kN}$

2 .2.1.1.2. Le système Bt

Le sous-système Bt se comporte deux essieux tous deux à roues simples munies de pneumatiques et répondant aux caractéristiques suivantes : masse portée par chaque essieu 160 kN, distance des deux essieux 1.35 m, distance d'axe en axe des deux roues d'un essieu 2 m. (Ministère de l'équipement et du logement, et Ministère de l'économie des finances, « Fascicule 61 titre II du CCTG : programmes de charges et épreuves des ponts routes », 1981)

- Il ne s'applique qu'aux ponts de première et deuxième classe ;
- Le nombre de camions est limité à deux dans le sens transversal ;
- Il est affecté d'un coefficient de pondération bte gal à 1 pour les ponts de première classe et 0.90 pour ceux de deuxième classe.

La figure ci-dessous présente la disposition du système :

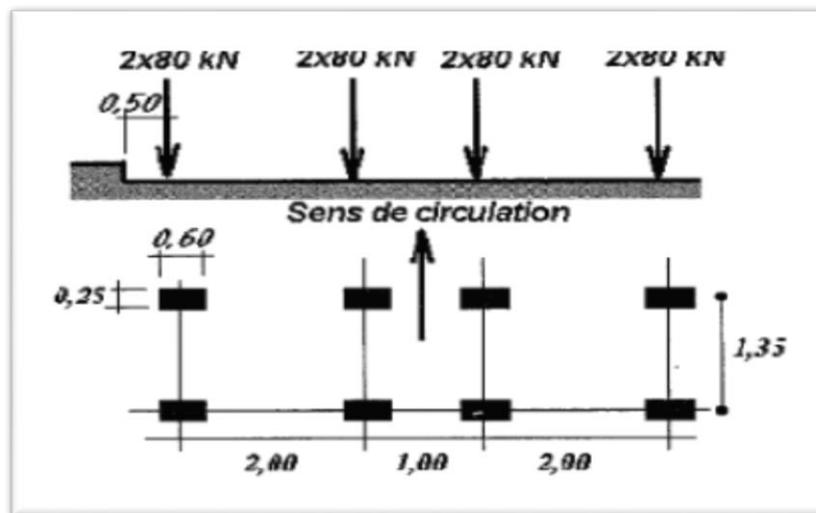


Figure 18: disposition sous-système Bt

Le dalot qui fait cas à cette étude étant de première classe, le coefficient bt est égal à $b_t = 1$.

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

$$S = S_1 \times b_t$$

$$S = 2 \times 16 \times 2 \times 1 = 64 \text{ t} = 640 \text{ kN}$$

Le tableau N°3 résume la charge Bt par essieu :

Tableau 43: charge Bt par essieu

Nombre de Tandem	BT	Charge par essieu (kN)	
1	1	160 X 1 X 1	160
2	1	160 X 2 X 1	320

2.2.1.1.3. Le système Br

Le sous-système Br se compose d'une roue isolée transmettent un effort de 100 kN à travers une surface d'impact rectangulaire de 0.60 x 0.30 m (la dimension 0.60 perpendiculaire à l'axe de déplacements des véhicules, représente la surface au sol de roues jumelées), il est représenté par la figure qui suit :²⁰ (Ministère de l'équipement et du logement, et Ministère de l'économie des finances)

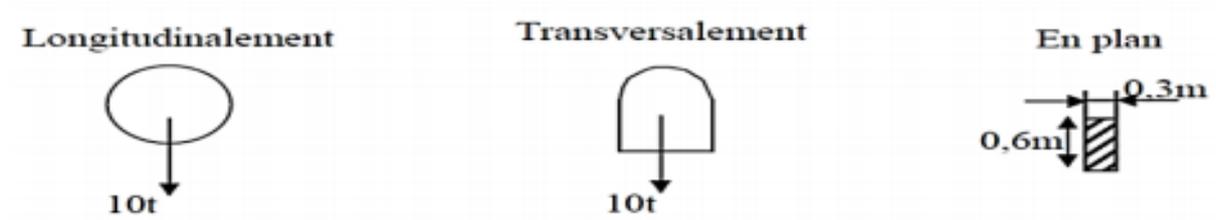


Figure 19: Configuration sous-système Br

Le système Br se calcul suit :

Deux voies chargées : $\Rightarrow Br = 10t = 100 \text{ kN}$

2.2.1.1.4. Le système Bc- Niger

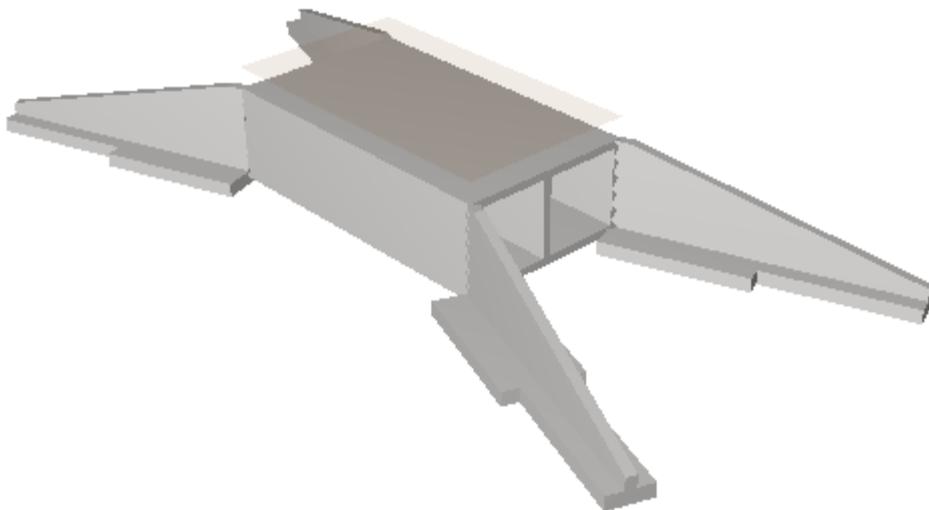
Le sous-système Bc- Niger dispose sur une travée de deux essieux de 12t soit et correspond un coefficient de majoration bc = 1.1.

$$S_{bc-Niger} = 2 \times 260 \times bc$$

$$S_{bc-Niger} = 2 \times 260 \times 1.1 = 572 \text{ kN}$$

$$S = \max\{S_{Bc}; S_{Bt}; S_{Br}; S_{bc-Niger}\} = \max\{528; 640; 100; 572\} = 640 \text{ kN}$$

Pour la suite de dimensionnement, nous prendrons la valeur de la surcharge Bt comme surcharge routière $q_L = 640 \text{ kN}$.



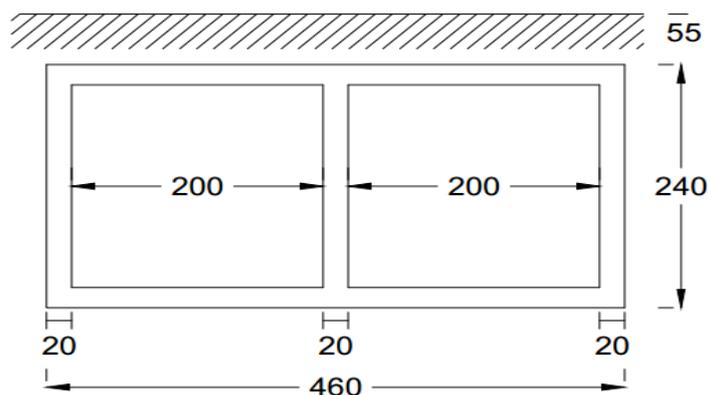
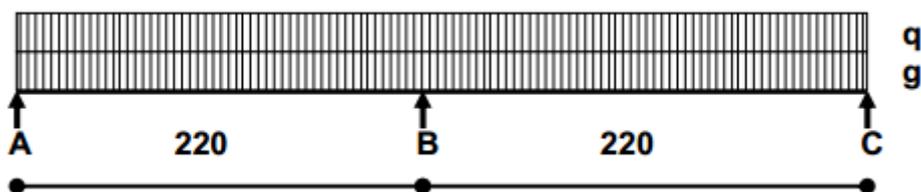


Schéma équivalent :



Evaluation de la surcharge routière :

- **Au niveau du tablier :**

$$\text{Calcul de la charge répartie : } q_1 = \frac{S \times 1}{L \times 5} = \frac{640 \times 1}{2.2 \times 5} = 58.18 \text{ kN/m}^2$$

Coefficient de majoration dynamique :

$$\delta = 1 + \frac{0.40}{1 + 0.2L} + \frac{0.60}{1 + 4 \frac{G}{S}}$$

Avec :

L : la longueur de la travée, $L = 2 \text{ m}$

G : Poids total de ladite travée, $G = P_1 \times L = 12.2 \times 2 = 24.4 \text{ kN}$

S : poids total maximal des essieux du système Bt, $S = S = 58.18 \times 2 = 116.36$

$$\delta = 1 + \frac{0.40}{1 + 0.2L} + \frac{0.60}{1 + 4 \frac{G}{S}}$$

$$\delta = 1 + \frac{0.40}{1 + 0.2 \times 2} + \frac{0.60}{1 + 4 \frac{24.4}{116.36}} \approx 1.61$$

D'où une surcharge uniformément répartie :

$$q = q_1 \times \delta = 58.18 \times 1.61 = 93.79 \text{ kN/ml}$$

- **Au niveau du radier :**

$$\text{Calcul de la charge répartie : } q_2 = \frac{640 \times 1}{4.6 \times 5} = 27.83 \text{ kN/m}^2$$

Coefficient de majoration dynamique :

$$\delta = 1 + \frac{0.40}{1 + 0.2L} + \frac{0.60}{1 + 4\frac{G}{S}}$$

Avec :

L : la longueur de la travée, $L = 2 \text{ m}$

G : Poids total de ladite travée, $G = P_2 \times L = 20.46 \times 2 = 40.92 \text{ kN}$

S : poids total maximal des essieux du système Bt, $S = 27.83 \times 2 = 55.66 \text{ kN}$

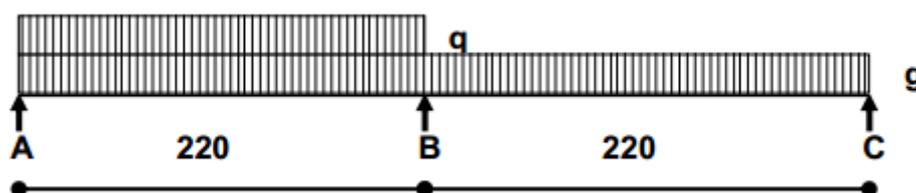
$$\delta = 1 + \frac{0.40}{1 + 0.2 \times 2} + \frac{0.60}{1 + 4\frac{40.92}{55.66}} \approx 1.44$$

D'où une surcharge uniformément répartie :

$$q = q_2 \times \delta = 27.83 \times 1.44 = 40.14 \text{ kN/ml}$$

3. Détermination des efforts et sollicitations :

Ils seront déterminés selon les formules découlant des équations des trois moments. Pour les cas de surcharges routières, selon le principe de lignes d'influence, on chargera les travées appropriées pour obtenir suivant les sections considérées, les effets les plus défavorables.



3.1. Au niveau du tablier

3.1.1. Sous charge permanent :

On a : $g = 12.2 \text{ kN/ml}$

Moments à mi- travée A-B et B-C

$$M(A - B) = M(B - C) = 0.070 \times g \times l^2 = 4.13 \text{ kN. m/ml}$$

Moment sur appui B

$$M(B) = -0.125 \times g \times l^2 = -0.125 \times 12.2 \times 2.20^2 = -7.381 \text{ kN. m/ml}$$

Réactions d'appuis :

$$R(A) = R(C) = 0.375 \times g \times l = 0.375 \times 12.2 \times 2.20 = 10.065$$

$$R(B) = 1.25 \times g \times l = 1.25 \times 12.2 \times 2.20 = 33.55 \text{ kN/ml}$$

3.1.2. Sous surcharge routière :

On a $q = 93.79 \text{ kN/ml}$

Moments à mi- travée A-B et B-C

$$M(A - B) = M(B - C) = 0.100 \times q \times l^2 = 0.100 \times 93.79 \times 2.20^2 = 45.40 \text{ kN. m/ml}$$

Moment sur appui B

$$M(B) = -0.125 \times q \times l^2 = -0.125 \times 93.79 \times 2.20^2 = -56.74 \text{ kN.m/ml}$$

Réactions d'appuis :

$$R(A) = R(C) = 0.437 \times q \times l = 0.437 \times 93.79 \times 2.20 = 90.17 \text{ kN/ml}$$

$$R(B) = 0.625 \times q \times l = 0.625 \times 93.79 \times 2.20 = 128.96 \text{ kN/ml}$$

3.2. Au niveau du radier

3.2.1. Sous charge permanent :

$$\text{On a } g = 20.46 \text{ kN/ml}$$

Moments à mi- travée A-B et B-C

$$M(A - B) = M (B - C) = 0.070 \times g \times l^2 = 0.070 \times 20.46 \times 2.2^2 = 6.93 \text{ kN.m/ml}$$

Moment sur appui B

$$M(B) = -0.125 \times g \times l^2 = -0.125 \times 20.46 \times 2.20^2 = -12.38 \text{ kN.m/ml}$$

Réactions d'appuis :

$$R(A) = R(C) = 0.375 \times g \times l = 0.375 \times 20.46 \times 2.20 = 16.88 \text{ kN/ml}$$

$$R(B) = 1.25 \times g \times l = 1.25 \times 20.46 \times 2.20 = 56.27 \text{ kN/ml}$$

3.2.2. Sous surcharge routière :

$$\text{On a } q = 40.14 \text{ kN/ml}$$

Moments à mi- travée A-B et B-C

$$M(A - B) = M (B - C) = 0.100 \times q \times l^2 = 0.100 \times 40.14 \times 2.2^2 = 19.428 \text{ kN.m/ml}$$

Moment sur appui B

$$M(B) = -0.125 \times q \times l^2 = -0.125 \times 40.14 \times 2.20^2 = -24.285 \text{ kN.m/ml}$$

Réactions d'appuis :

$$R(A) = R(C) = 0.437 \times q \times l = 0.437 \times 40.14 \times 2.20 = 38.59 \text{ kN/ml}$$

$$R(B) = 0.625 \times q \times l = 0.625 \times 40.14 \times 2.20 = 55.19 \text{ kN/ml}$$

4. 3. Au niveau du piédroit central B :

3.2.1. Sous charge permanent :

$$\text{- réaction d'appuis du radier : } N = R(B) = 56.27 \text{ kN /ml}$$

3.2.2. Sous surcharge routières :

$$\text{- réaction d'appuis du tablier : } N = R(B) = 128.96 \text{ kN/ml}$$

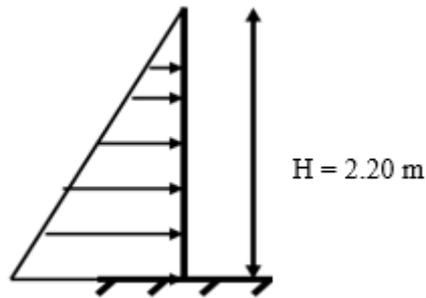
5.3. Au niveau des piédroits extérieurs A et C :

5.3.1. Sous charge permanent :

Effort normal :

$$\text{Réaction d'appui du radier } N = R(A) = 16.88 \text{ kN/ml}$$

- Moment dû à la poussée des terres :



$$M = \gamma \times h^3 \times \frac{k_a}{6} = 20 \times 2.20^3 \times \frac{0.33}{6} = 11.713 \text{ kN.m/ml}$$

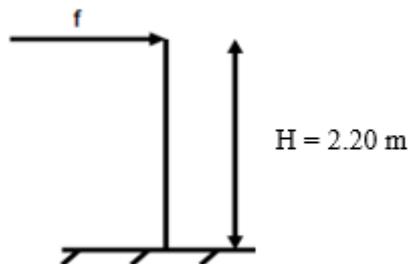
Sous surcharge routières :

Effort normal

Réaction d'appui du tablier $N = 90.17 \text{ kN}$

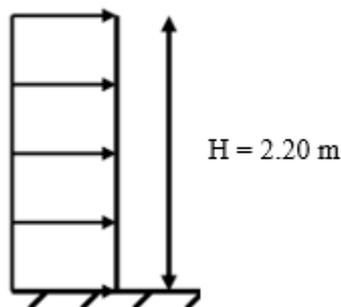
Moment dû à la force de freinage :

On répartit l'effort $F=58.18 \text{ kN}$ (calculé précédemment) sur les deux piédroits extérieurs d'où $f=29.09 \text{ kN}$.



$$M = f \times h = 29.09 \times 2.2 = 64 \text{ kN.m/ml}$$

Moment à la surcharge routière de remblai ($\sigma = 10. \text{kN/m}^2$)



$$M = \sigma \times h^2 \times \frac{k_p}{2} = 10 \times 2.2^2 \times \frac{0.33}{2} = 7.986 \text{ kN.m/ml}$$

6. Calcul des sections d'armatures :

6.1. Calcul des armatures du tablier

Donnes de calcul : $b = 2.00 \text{ m}$; $h = 0.20 \text{ m}$; $d = 0.9h = 0.18 \text{ m}$; $d' = 0.1h = 0.02 \text{ m}$;

$$f_{bu} = \frac{0.85f_{c28}}{\theta_{\gamma_b}} = \frac{0.85 \times 25}{1 \times 1.5} = 14.17 \text{ MPa} ; f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.83 \text{ MPa}$$

Travée A-B et C-D (lit inferieur)

Calcul à l'Etat limite Ultime (ELU)

$$M_u = 1.35G + 1.6Q$$

$$M_u = 1.35 \times 4.13 + 1.6 \times 45.40$$

$$M_u = 78.22 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_b} = \frac{78.22}{2 \times 0.18^2 \times 14.17 \times 10^3} = 0.085$$

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.085}) = 0.111$$

Recherche du pivot

$$\mu_u = 0.085 < \mu_{AB} = 0.186 \Rightarrow \text{Pivot A}$$

Détermination du bras de levier

$$Z_u = d(1 - 0.4 \alpha_u) = 0.18 \times (1 - 0.4 \times 0.111) = 0.172$$

Calcul de la section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{su}} = \frac{78.22}{0.172 \times 347.83 \times 10^3} = 13.07 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'Etat limite de service (ELS)

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

$$M_{ser} = 4.13 + 1.2 \times 45.40 = 58.61 \text{ kN.m}$$

Le moment résistant

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

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n\bar{\sigma}_{bc}}{n\bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200} = 0.53$$

D'où

$$M_{r_{ser}} b = \frac{2 \times 0.18^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

$$M_{r_{ser}} b = 0.212 \text{ MN.m} > M_{ser} \Rightarrow \text{Pas d'acier comprimés}$$

Section d'aciers principaux :

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

$$A_{pr} = \frac{58.61 \times 10^{-3}}{0.18 \left(1 - \frac{0.53}{3}\right) \times 200} = 19.77 \text{ cm}^2$$

$$A_{pr} = 19.77 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartiions :

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

$$A_{rep} = \frac{19.77}{4} = 4.94 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times f_{t28} \times b \times d}{f_e}$$

$$A_{min} = \frac{0.23 \times 2.1 \times 2 \times 0.18}{400} = 4.35 \text{ cm}^2$$

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

Section d'aciers principaux :

$$A_{pr} = 19.77 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartiions :

$$A_{rep} = 4.94 \text{ cm}^2$$

Sur appui B (lit supérieur) :

Calcul à l'Etat limite Ultime :

$$M_u = 1.35G + 1.6Q$$

$$M_u = 1.35 \times 7.381 + 1.6 \times 56.74$$

$$M_u = 100.75 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_b} = \frac{100.75}{2 \times 0.18^2 \times 14.17 \times 10^3} = 0.110$$

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.110}) = 0.146$$

Recherche du pivot

$$\mu_u = 0.110 < \mu_{AB} = 0.186 \Rightarrow \text{Pivot A}$$

Détermination du bras de levier

$$Z_u = d(1 - 0.4 \alpha_u) = 0.18 \times (1 - 0.4 \times 0.146) = 0.169$$

Calcul de la section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{su}} = \frac{100.75}{0.169 \times 347.83 \times 10^3} = 17.14 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'Etat limite de service (ELS)

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

$$M_{ser} = 7.381 + 1.2 \times 56.74 = 75.469 \text{ kN.m}$$

Le moment résistant

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

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n\bar{\sigma}_{bc}}{n\bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200} = 0.53$$

$$M_{r_{ser}} b = \frac{2 \times 0.18^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

$$M_{r_{ser}} b = 0.212 \text{ MN.m} > M_{ser} \Rightarrow \text{Pas d'acier comprimés}$$

Section d'aciers principaux :

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

$$A_{pr} = \frac{75.469}{0.18 \left(1 - \frac{0.53}{3}\right) \times 200} = 25.46 \text{ cm}^2$$

$$A_{pr} = 25.46 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartions :

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

$$A_{rep} = \frac{25.46}{4} = 6.37 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times f_{t28} \times b \times d}{f_e}$$

$$A_{min} = \frac{0.23 \times 2.1 \times 2 \times 0.18}{400} = 4.35 \text{ cm}^2$$

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

Section d'aciers principaux :

$$A_{pr} = 25.46 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartions :

$$A_{rep} = 6.37 \text{ cm}^2$$

Aux abouts A et C (lit supérieur) :

Calcul à l'Etat limite Ultime :

On estime forfaitairement $M_u = 0.50 \times M_u(A - B)$

$$M_u = 0.50 \times 78.22 = 39.11 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_b} = \frac{39.11}{2 \times 0.18^2 \times 14.17 \times 10^3} = 0.043$$

$$\alpha_u = 1.25 \left(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}\right) = 1.25 \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.043}\right) = 0.055$$

Recherche du pivot

$$\mu_u = 0.043 < \mu_{AB} = 0.186 \Rightarrow \text{Pivot A}$$

Détermination du bras de levier

$$Z_u = d(1 - 0.4 \alpha_u) = 0.18 \times (1 - 0.4 \times 0.055) = 0.176$$

Calcul de la section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{su}} = \frac{39.11}{0.176 \times 347.83 \times 10^3} = 6.39 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'Etat limite de service (ELS)

On estime forfaitairement $M_{ser} = 0.50 \times M_{ser}(A - B)$

$$M_{ser} = 0.50 \times 58.61 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{ser} = 29.31 \text{ kN.m}$$

Le moment résistant

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

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n\bar{\sigma}_{bc}}{n\bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200} = 0.53$$

D'où

$$M_{r_{ser}} b = \frac{2 \times 0.18^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

$$M_{r_{ser}} b = 0.212 \text{ MN.m} > M_{ser} \Rightarrow \text{Pas d'acier comprimés}$$

Section d'aciers principaux :

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

$$A_{pr} = \frac{29.31 \times 10^{-3}}{0.18 \left(1 - \frac{0.53}{3}\right) \times 200} = 9.89 \text{ cm}^2$$

$$A_{pr} = 9.89 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartitions :

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

$$A_{rep} = \frac{9.89}{4} = 2.47 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times f_{t28} \times b \times d}{f_e}$$

$$A_{\min} = \frac{0.23 \times 2.1 \times 2 \times 0.18}{400} = 4.35 \text{ cm}^2$$

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

Section d'aciers principaux :

$$A_{\text{pr}} = 9.89 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartitions :

$$A_{\text{rep}} = 2.47 \text{ cm}^2$$

6.2. Calcul des armatures du radier

Travée A-B et C-D (lit supérieur)

Calcul à l'Etat limite Ultime (ELU)

$$M_u = 1.35G + 1.6Q$$

$$M_u = 1.35 \times 6.93 + 1.6 \times 19.428$$

$$M_u = 40.44 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_b} = \frac{40.44}{2 \times 0.18^2 \times 14.17 \times 10^3} = 0.044$$

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.044}) = 0.056$$

Recherche du pivot

$$\mu_u = 0.044 < \mu_{AB} = 0.186 \Rightarrow \text{Pivot A}$$

Détermination du bras de levier

$$Z_u = d(1 - 0.4 \alpha_u) = 0.18 \times (1 - 0.4 \times 0.056) = 0.176$$

Calcul de la section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{su}} = \frac{40.44}{0.176 \times 347.83 \times 10^3} = 6.61 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'Etat limite de service (ELS)

$$M_{\text{ser}} = G + 1.2 \times Q$$

$$M_{\text{ser}} = 6.68 + 1.2 \times 19.428 = 29.994 \text{ kN.m}$$

Le moment résistant

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

$$\bar{\alpha}_{\text{ser}} = \frac{n\bar{\sigma}_{bc}}{n\bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200} = 0.53$$

$$M_{r_{\text{ser}}} b = \frac{2 \times 0.18^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

$$M_{r_{\text{ser}}} b = 0.212 \text{ MN.m} > M_{\text{ser}} \Rightarrow \text{Pas d'acier comprimés}$$

Section d'aciers principaux :

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

$$A_{pr} = \frac{29.994 \times 10^{-3}}{0.18 \left(1 - \frac{0.53}{3}\right) \times 200} = 10.12 \text{ cm}^2$$

$$A_{pr} = 10.12 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartions :

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

$$A_{rep} = \frac{10.12}{4} = 2.53 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times f_{t28} \times b \times d}{f_e}$$

$$A_{min} = \frac{0.23 \times 2.1 \times 2 \times 0.18}{400} = 4.35 \text{ cm}^2$$

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

Section d'aciers principaux :

$$A_{pr} = 10.12 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartions :

$$A_{rep} = 2.53 \text{ cm}^2$$

Sur appui B (lit inferieur) :

Calcul à l'Etat limite Ultime :

$$M_u = 1.35G + 1.6Q$$

$$M_u = 1.35 \times 12.38 + 1.6 \times 28.285$$

$$M_u = 61.969 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_b} = \frac{61.969}{2 \times 0.18^2 \times 14.17 \times 10^3} = 0.067$$

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.067}) = 0.087$$

Recherche du pivot

$$\mu_u = 0.067 < \mu_{AB} = 0.186 \Rightarrow \text{Pivot A}$$

Détermination du bras de levier

$$Z_u = d(1 - 0.4 \alpha_u) = 0.18 \times (1 - 0.4 \times 0.087) = 0.174$$

Calcul de la section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{su}} = \frac{61.969}{0.174 \times 347.83 \times 10^3} = 10.24 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'Etat limite de service (ELS)

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

$$M_{ser} = 12.38 + 1.2 \times 28.285 = 46.322 \text{ kN.m}$$

Le moment résistant

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

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n\bar{\sigma}_{bc}}{n\bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200} = 0.53$$

$$M_{r_{ser}} b = \frac{2 \times 0.18^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

$$M_{r_{ser}} b = 0.212 \text{ MN.m} > M_{ser} \Rightarrow \text{Pas d'acier comprimés}$$

Section d'aciers principaux :

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

$$A_{pr} = \frac{46.322 \times 10^{-3}}{0.18 \left(1 - \frac{0.53}{3}\right) \times 200} = 15.63 \text{ cm}^2$$

$$A_{pr} = 15.63 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartitions :

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

$$A_{rep} = \frac{15.63}{4} = 3.91 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times f_{t28} \times b \times d}{f_e}$$

$$A_{min} = \frac{0.23 \times 2.1 \times 2 \times 0.18}{400} = 4.35 \text{ cm}^2$$

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

Section d'aciers principaux :

$$A_{pr} = 15.63 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartitions :

$$A_{rep} = 3.91 \text{ cm}^2$$

6.3. Calcul des armatures du piedroit central B :

Le piédroit sera considéré au mètre linéaire comme un poteau de 100×20

Effort normal sollicitant le poteau :

$$N_u = 1.35 \times 56.27 + 1.6 \times 128.96 = 282.30 \text{ kN}$$

Evaluation l'effort de compression repris par le béton seul du poteau

$$N_{\max} = \alpha \times B_r \times F_{c28} / (0.9 \times \gamma_b)$$

$$B_r = (100 - 2)(20 - 2) = 1764 \text{ cm}^2$$

Calcul de l'élanement

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2\sqrt{3}}{a} \times L_f = \frac{2\sqrt{3}}{0.2} \times 0.7 \times 1 = 12.12$$

Calcul de α :

$$\lambda < 50 \Rightarrow \alpha = \frac{0.85}{1 + 0.2 \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2} = \frac{0.85}{1 + 0.2 \left(\frac{12.12}{35}\right)^2} = 0.83$$

$$N_{\max} = 0.83 \times 1764 \times 270 \times / (0.9 \times 1.50)$$

$$N_{\max} = 292.824 \text{ t} > N_u$$

Donc on adoptera les valeurs minimales des armatures

$$A = 4 \times 2 \times (1 + 0.20) = 9.60 \text{ cm}^2$$

Soit A = 4.80 cm² sur chaque face

On prendra

7HA14.

Calculs des armatures transversales

$$\phi_t \geq \frac{\phi_{l\max}}{3} \Rightarrow \phi_t \geq \frac{14}{3} = 4.67$$

$$\phi_t \geq 4.67 \text{ mm} \Rightarrow \phi_t = 8 \text{ mm}$$

Calcul de l'espacement des cours

$$St = \min\{15\phi_t; 40 \text{ cm}; a + 10 \text{ cm}\} = \min\{15 \times 0.467; 40 \text{ cm}; 20 + 10\}$$

$$St = \min\{7 \text{ cm}; 40 \text{ cm}; 30 \text{ cm}\} = 7 \text{ cm}$$

On prendra $St = 7 \text{ cm}$.

6.4. Calcul des armatures des piédroits extérieurs A et C :

Donnes de calcul : $b = 1.00 \text{ m}$; $h = 0.20 \text{ m}$; $d = 0.9h = 0.18 \text{ m}$; $d' = 0.1h = 0.02 \text{ m}$;

$$f_{bu} = \frac{0.85f_{c28}}{\theta_{\gamma_b}} = \frac{0.85 \times 25}{1 \times 1.5} = 14.17 \text{ MPa} ; f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.83 \text{ MPa} ; F_b = 153 \text{ bars} ;$$

$\sigma = 3480 \text{ bars}$

Calcul à l'Etat limite Ultime (ELU)

$$M_u = 1.35 \times 11.713 + 1.6 \times (5.28 + 7.986)$$

$$M_u = 130.99 \text{ kN.m/ml}$$

$$N_u = 1.35 \times 16.88 + 1.6 \times 38.59 = 84.532 \text{ kN.m/ml}$$

$$e = \frac{M_u}{N_u} = \frac{130.99}{84.532} = 1.55 \text{ D'où section partiellement comprimée.}$$

$$M = 130.99 + 84.532 = 215.522 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu = \frac{M_{\text{fictif}}}{bd^2 f_{bu}} = \frac{2.15532 \times 10^5}{100 \times 18^2 \times 153} = 0.043$$

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.043}) = 0.056$$

$$\mu_u = 0.043 < \mu_{AB} = 0.186 \Rightarrow \text{Pivot A}$$

Détermination du bras de levier

$$Z_u = d(1 - 0.4 \alpha_u) = 0.18 \times (1 - 0.4 \times 0.056) = 0.176$$

Calcul de la section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_u}{(Z_u - N_u) \times \sigma_s} = \frac{215.522 \times 10^5}{(17.6 - 84.532 \times 10^3)} / 3480 = 7.33 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'Etat limite de service (ELS)

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

$$M_{ser} = 11.713 + 1.2 \times (5.28 + 7.986) = 27.632 \text{ kN.m}$$

$$N_{ser} = 16.88 + 1.2 \times 38.59 = 63.188 \text{ kN.m/ml}$$

$$e = \frac{M_u}{N_u} = \frac{27.632}{63.188} = 0.44 \text{ D'où section partiellement comprimée.}$$

Moment fictif :

$$M_{\text{sfictif}} = M_{ser} + z \times N_s$$

$$M_{\text{sfictif}} = 27.632 + 0.176 \times 63.188$$

$$M_{\text{sfictif}} = 38.75 \text{ kN.m/ml}$$

Le moment résistant

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

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \bar{\sigma}_{bc}}{n \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200} = 0.53$$

$$M_{r_{ser}} b = \frac{2 \times 0.18^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

$$M_{r_{ser}} b = 0.212 \text{ MN.m} > M_{ser} \Rightarrow \text{Pas d'acier comprimés}$$

Section d'aciers principaux :

$$A_{pr} = \left(\frac{M_{ser}}{d \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right) \times \bar{\sigma}_{st}} - \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_{st}} \right) \times 10$$

$$A_{pr} = \left(\frac{46.322}{0.18 \left(1 - \frac{0.53}{3} \right) \times 200} - \frac{63.188}{200} \right) \times 10 = 12.47 \text{ cm}^2$$

$$A_{pr} = 12.47 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartions :

$$A_{rep} = \frac{12.47}{4}$$

$$A_{rep} = 3.12 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times f_{t28} \times b \times d}{f_e}$$

$$A_{min} = \frac{0.23 \times 2.1 \times 2 \times 0.18}{400} = 4.35 \text{ cm}^2$$

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

Section d'aciers principaux :

$$A_{pr} = 12.47 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartions :

$$A_{rep} = 3.12 \text{ cm}^2$$

6.5. Calcul des armatures des murs en ailles :

Pression à la base du mur :

$$P = \gamma \times k_p \times h$$

$$P = 20 \times 0.33 \times 2 = 13.2 \text{ kN/m}^2$$

Moment fléchissant du a la poussée de terre

$$M = \gamma \times k_p \times \frac{h^3}{6}$$

$$M = 20 \times 0.33 \times \frac{2^3}{6}$$

$$M = 8.80 \text{ kN.m}$$

Calcul à l'ELU

$$M_u = 1.35 \times 8.80 = 11.88 \text{ kN.m}$$

$$N_u = 1.35 \times 13.20 = 17.82 \text{ kN.m}$$

$$e = \frac{M_u}{N_u} = \frac{11.88}{17.82} = 0.66$$

Section partiellement comprimée

$$M_{fictif} = N_u \times e_a$$

Avec $e_a = e + (d - 0.5h)$

$e_a = 0.66 + (0.18 - 0.5 \times 0.2)$

$e_a = 0.74$

$M_{\text{fictif}} = 17.82 \times 0.74$

$M_{\text{fictif}} = 13.19 \text{ n kN.m}$

Calcul en flexion simple :

$\mu_u = \frac{M_{\text{fictif}}}{bd^2f_{bu}} = \frac{13.19 \times 10^{-3}}{1 \times 0.18^2 \times 17} = 0.024$

$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.024}) = 0.030$

Recherche du pivot

$\mu_u = 0.030 < \mu_{AB} = 0.186 \Rightarrow \text{Pivot A}$

Détermination du bras de levier

$Z_u = d(1 - 0.4 \alpha_u) = 0.18 \times (1 - 0.4 \times 0.030) = 0.178$

Calcul de la section d'acier

$A_{pr} = \left(\frac{M_{\text{fictif}}}{d \left(1 - \frac{\alpha_{ser}}{3} \right) \times \bar{\sigma}_{st}} - \frac{N_u}{\bar{\sigma}_{st}} \right) \times 10$

$A_{pr} = \left(\frac{13.19}{0.18 \left(1 - \frac{0.53}{3} \right) \times 200} - \frac{17.82}{200} \right) \times 10 = 3.55 \text{ cm}^2$

6.6. Tableau récapitulatif des sections d'acier

Type d'armature		tablier		radier		piédroit		mur en ailles
		travée (lit inf)	sur appuis (lit sup)	travée (lit sup)	sur appuis (lit inf)	piédroit central B	piédroit ext.	
armature principales	section calculées	19,77	25,46	10,12	15,63	9,6	12,47	3,55
	choix des armatures	10HA 16	14 HA 16	8HA 14	8HA 16	8HA 14	10HA 14	6HA 10
	section totalisées	20.11	28.15	12.32	16.08	12.32	15.39	4.71
	espacement	10 cm	7 cm	13 cm	13 cm	13 cm	10 cm	16.70 cm
armature de répartition	section calculées	4,94	6,37	2,53	3,91	2,4	3,12	0,89
	choix des armatures	8HA 10	10HA 10	8HA 8	8HA 8	6HA 8	8HA 8	3HA 8
	section totalisées	6.28	7.85	4.02	4.02	3.02	4.02	1.51
	espacement	13 cm	10 cm	13 cm	13 cm	16.70 cm	13 cm	30 cm

ANNEXE 10.B : NOTE DE CALCUL DALOT 2 X 1.50 X 1.00

Calcul des charges permanentes

➤ Au niveau du tablier :

Poids propre du tablier : $p = 25 \times e \times 1 = 25 \times 1 \times 0.20 \times 1 = 5 \text{ kN/ml}$

Remblai sur dalot, $e = 0.55 \text{ m} \Rightarrow P = 20 \times e \times 1 = 20 \times 0.55 \times 1 = 11 \text{ kN/m}$

Couche de roulement, $e = 0.05 \text{ m} \Rightarrow P = 24 \times e \times 1 = 24 \times 0.05 \times 1 = 1.2 \text{ kN/m}$

On déduit $P_1 = \sum P_i = 5 + 11 + 1.2 = 17.2 \text{ kN/ml}$

➤ Au niveau du radier :

Le radier reçoit les charges permanentes du tablier P_1 et des piédroits.

Poids propre du radier : $P = 25 \times e \times 1 = 25 \times 0.2 \times 1 = 5 \text{ kN/ml}$

Poids propre du piédroit : $P = 3 \times 25 \times 0.2 \times 1/3.60 = 4.16 \text{ kN/ml}$

$P_2 = P_1 + 5 + 4.16 = 26.36 \text{ kN/ml}$

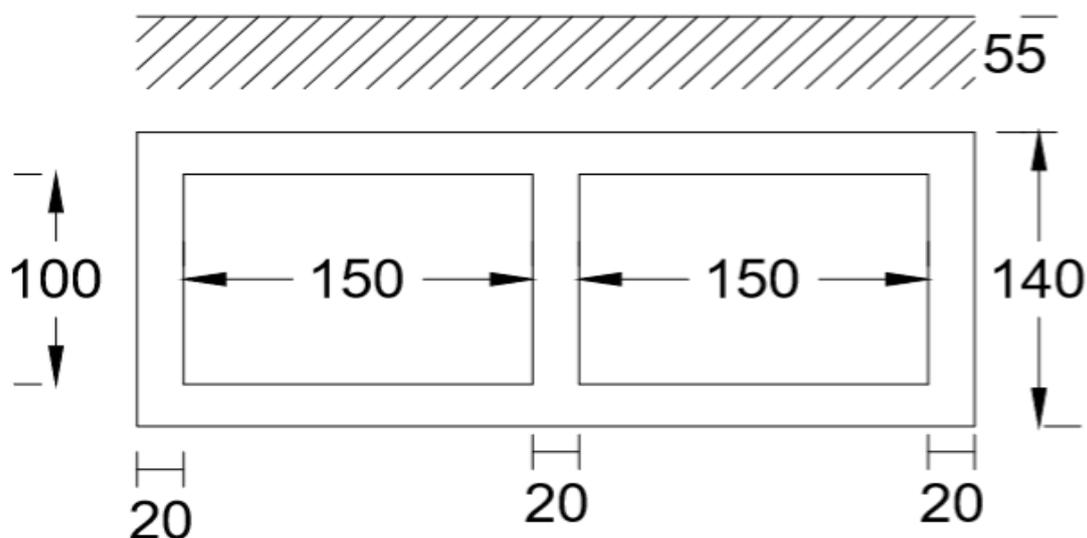
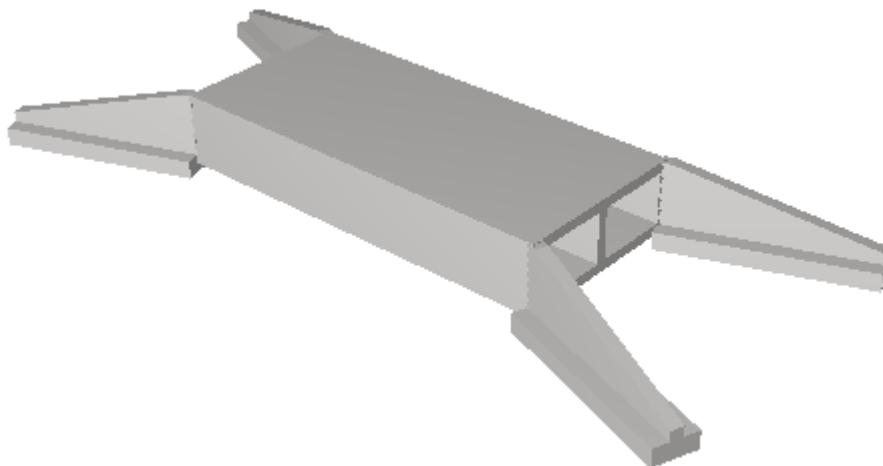
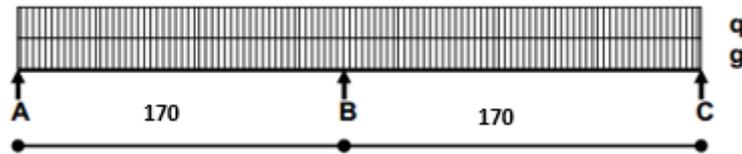


Schéma équivalent :



Evaluation de la surcharge routière :

- **Au niveau du tablier :**

Calcul de la charge repartie : $q_1 = \frac{S \times 1}{L \times 5} = \frac{640 \times 1}{1.7 \times 5} = 85.33 \text{ kN/m}^2$

Coefficient de majoration dynamique :

$$\delta = 1 + \frac{0.40}{1 + 0.2L} + \frac{0.60}{1 + 4 \frac{G}{S}}$$

Avec :

L : la longueur de la travée, $L = 1.50 \text{ m}$

G : Poids total de ladite travée, $G = P_1 \times L = 17.2 \times 1.5 = 25.8 \text{ kN}$

S : poids total maximal des essieux du système Bt, $S = S = 85.38 \times 1.5 = 128.07$

$$\delta = 1 + \frac{0.40}{1 + 0.2L} + \frac{0.60}{1 + 4 \frac{G}{S}}$$

$$\delta = 1 + \frac{0.40}{1 + 0.2 \times 1.50} + \frac{0.60}{1 + 4 \frac{25.8}{128.07}} \approx 1.64$$

D'où une surcharge uniformément repartie :

$$q = q_1 \times \delta = 85.38 \times 1.64 = 140.02 \text{ kN/ml}$$

- **Au niveau du radier :**

Calcul de la charge repartie : $q_2 = \frac{640 \times 1}{3.6 \times 5} = 35.56 \text{ kN/m}^2$

Coefficient de majoration dynamique :

$$\delta = 1 + \frac{0.40}{1 + 0.2L} + \frac{0.60}{1 + 4 \frac{G}{S}}$$

Avec :

L : la longueur de la travée, $L = 1.50 \text{ m}$

G : Poids total de ladite travée, $G = P_2 \times L = 26.36 \times 1.50 = 39.54 \text{ kN}$

S : poids total maximal des essieux du système Bt, $S = 35.56 \times 1.50 = 53.34 \text{ kN}$

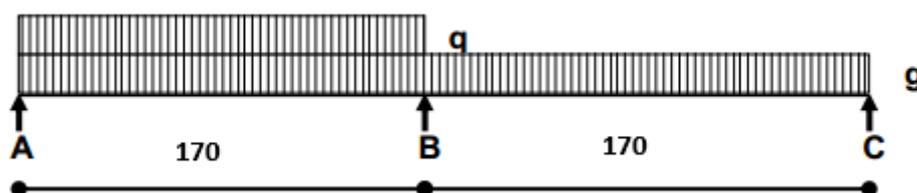
$$\delta = 1 + \frac{0.40}{1 + 0.2 \times 1.50} + \frac{0.60}{1 + 4 \frac{39.54}{53.34}} \approx 1.46$$

D'où une surcharge uniformément répartie :

$$q = q_2 \times \delta = 35.56 \times 1.46 = 51.92 \text{ kN/ml}$$

5. Détermination des efforts et sollicitations :

Ils seront déterminés selon les formules découlant des équations des trois moments. Pour les cas de surcharges routières, selon le principe de lignes d'influence, on chargera les travées appropriées pour obtenir suivant les sections considérées, les effets les plus défavorables.



3.1. Au niveau du tablier

3.1.1. Sous charge permanent :

On a : $g = 17.2 \text{ kN/ml}$

Moments à mi- travée A-B et B-C

$$M(A - B) = M (B - C) = 0.070 \times g \times l^2 = 3.48 \text{ kN.m/ml}$$

Moment sur appui B

$$M(B) = -0.125 \times g \times l^2 = -0.125 \times 17.2 \times 1.7^2 = -6.21 \text{ kN.m/ml}$$

Réactions d'appuis :

$$R(A) = R(C) = 0.375 \times g \times l = 0.375 \times 17.2 \times 1.7 = 10.97 \text{ kN}$$

$$R(B) = 1.25 \times g \times l = 1.25 \times 17.2 \times 1.7 = 36.55 \text{ kN}$$

3.1.2. Sous surcharge routière :

On a $q = 140.02 \text{ kN/ml}$

Moments à mi- travée A-B et B-C

$$M(A - B) = M (B - C) = 0.100 \times q \times l^2 = 0.100 \times 140.02 \times 1.7^2 = 40.47 \text{ kN.m/ml}$$

Moment sur appui B

$$M(B) = -0.125 \times q \times l^2 = -0.125 \times 140.02 \times 1.7^2 = -50.58 \text{ kN.m/ml}$$

Réactions d'appuis :

$$R(A) = R(C) = 0.437 \times q \times l = 0.437 \times 140.02 \times 1.7 = 104.02 \text{ kN}$$

$$R(B) = 0.625 \times q \times l = 0.625 \times 140.02 \times 1.7 = 148.77 \text{ kN/ml}$$

3.2. Au niveau du radier

3.2.1. Sous charge permanent :

On a $g = 26.36 \text{ kN/ml}$

Moments à mi- travée A-B et B-C

$$M(A - B) = M (B - C) = 0.070 \times g \times l^2 = 0.070 \times 26.36 \times 1.7^2 = 5.33 \text{ kN.m/ml}$$

Moment sur appui B

$$M(B) = -0.125 \times g \times l^2 = -0.125 \times 26.36 \times 1.7^2 = -9.52 \text{ kN.m/ml}$$

Réactions d'appuis :

$$R(A) = R(C) = 0.375 \times g \times l = 0.375 \times 26.36 \times 1.7 = 16.80 \text{ kN}$$

$$R(B) = 1.25 \times g \times l = 1.25 \times 26.36 \times 1.7 = 56.02 \text{ Kn}$$

3.2.2. Sous surcharge routière :

On a $q = 51.92 \text{ kN/ml}$

Moments à mi- travée A-B et B-C

$$M(A - B) = M (B - C) = 0.100 \times q \times l^2 = 0.100 \times 51.92 \times 1.7^2 = 15.00 \text{ kN.m/ml}$$

Moment sur appui B

$$M(B) = -0.125 \times q \times l^2 = -0.125 \times 51.92 \times 1.7^2 = -18.76 \text{ kN.m/ml}$$

Réactions d'appuis :

$$R(A) = R(C) = 0.437 \times q \times l = 0.437 \times 51.92 \times 1.7 = 38.57 \text{ kN}$$

$$R(B) = 0.625 \times q \times l = 0.625 \times 51.92 \times 1.7 = 55.17 \text{ kN/ml}$$

6. 3. Au niveau du piédroit central B :

3.2.1. Sous charge permanent :

- réaction d'appuis du radier : $N = R(B) = 56.02 \text{ kN /ml}$

3.2.2. Sous surcharge routières :

- réaction d'appuis du tablier : $N = R(B) = 148.77 \text{ kN/ml}$

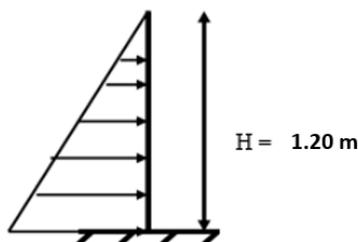
5.3. Au niveau des piédroits extérieurs A et C :

5.3.1. Sous charge permanent :

Effort normal :

Réaction d'appui du radier $N = R(A) = 16.80 \text{ kN/ml}$

- Moment dû à la poussée des terres :



$$M = \gamma \times h^3 \times \frac{k_a}{6} = 20 \times 1.20^3 \times \frac{0.33}{6} = 1.90 \text{ kN.m/ml}$$

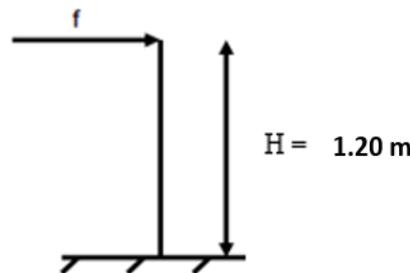
Sous surcharge routières :

Effort normal

Réaction d'appui du tablier $N = 104.02 \text{ kN}$

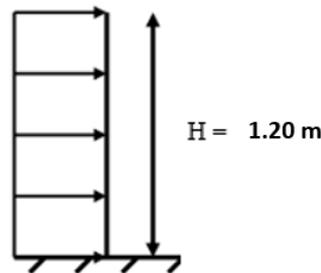
Moment dû à la force de freinage :

On répartit l'effort $F=58.18 \text{ kN}$ (calculé précédemment) sur les deux piédroits extérieurs d'où $f=29.09 \text{ kN}$.



$$M = f \times H = 29.09 \times 1.2 = 34.91 \text{ kN.m/ml}$$

Moment à la surcharge routière de remblai ($\sigma = 10. \text{kN/m}^2$)



$$M = \sigma \times h^2 \times \frac{k_p}{2} = 10 \times 1.2^2 \times \frac{0.33}{2} = 2.38 \text{ kN.m/ml}$$

6. Calcul des sections d'armatures :

6.1. Calcul des armatures du tablier

Données de calcul : $b = 2.00 \text{ m}$; $h = 0.20 \text{ m}$; $d = 0.9h = 0.18 \text{ m}$; $d' = 0.1h = 0.02 \text{ m}$;

$$f_{bu} = \frac{0.85f_{c28}}{\theta_{\gamma_b}} = \frac{0.85 \times 25}{1 \times 1.5} = 14.17 \text{ MPa} ; f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.83 \text{ MPa}$$

Travée A-B et B-C (lit inférieur)

Calcul à l'Etat limite Ultime (ELU)

$$M_u = 1.35G + 1.6Q$$

$$M_u = 1.35 \times 3.48 + 1.6 \times 40.47$$

$$M_u = 69.45 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_b} = \frac{69.45}{2 \times 0.18^2 \times 14.17 \times 10^3} = 0.076$$

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.076}) = 0.099$$

Recherche du pivot

$$\mu_u = 0.076 < \mu_{AB} = 0.186 \Rightarrow \text{Pivot A}$$

Détermination du bras de levier

$$Z_u = d(1 - 0.4 \alpha_u) = 0.18 \times (1 - 0.4 \times 0.099) = 0.173$$

Calcul de la section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{su}} = \frac{69.45}{0.173 \times 347.83 \times 10^3} = 11.54 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'Etat limite de service (ELS)

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

$$M_{ser} = 3.48 + 1.2 \times 40.47 = 52.04 \text{ kN.m}$$

Le moment résistant

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

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n\bar{\sigma}_{bc}}{n\bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200} = 0.53$$

D'où

$$M_{r_{ser}} b = \frac{2 \times 0.18^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

$$M_{r_{ser}} b = 0.212 \text{ MN.m} > M_{ser} \Rightarrow \text{Pas d'acier comprimés}$$

Section d'aciers principaux :

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

$$A_{pr} = \frac{52.04 \times 10^{-3}}{0.18 \left(1 - \frac{0.53}{3}\right) \times 200} = 17.56 \text{ cm}^2$$

$$A_{pr} = 17.56 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartions :

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

$$A_{rep} = \frac{17.56}{4} = 4.40 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times f_{t28} \times b \times d}{f_e}$$

$$A_{\min} = \frac{0.23 \times 2.1 \times 2 \times 0.18}{400} = 4.35 \text{ cm}^2$$

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

Section d'aciers principaux :

$$A_{\text{pr}} = 17.56 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartitions :

$$A_{\text{rep}} = 4.40 \text{ cm}^2$$

Sur appui B (lit supérieur) :

Calcul à l'Etat limite Ultime :

$$M_u = 1.35G + 1.6Q$$

$$M_u = 1.35 \times 6.21 + 1.6 \times 50.58$$

$$M_u = 89.31 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_b} = \frac{89.31}{2 \times 0.18^2 \times 14.17 \times 10^3} = 0.097$$

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.097}) = 0.128$$

Recherche du pivot

$$\mu_u = 0.097 < \mu_{AB} = 0.186 \Rightarrow \text{Pivot A}$$

Détermination du bras de levier

$$Z_u = d(1 - 0.4 \alpha_u) = 0.18 \times (1 - 0.4 \times 0.128) = 0.171$$

Calcul de la section d'acier

$$A_{\text{st}} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{\text{su}}} = \frac{89.31}{0.171 \times 347.83 \times 10^3} = 15.02 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'Etat limite de service (ELS)

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

$$M_{\text{ser}} = 6.21 + 1.2 \times 50.58 = 66.91 \text{ kN.m}$$

Le moment résistant

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

$$\bar{\alpha}_{\text{ser}} = \frac{n \bar{\sigma}_{bc}}{n \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{\text{st}}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200} = 0.53$$

$$M_{\text{rser}} b = \frac{2 \times 0.18^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

$$M_{\text{rser}} b = 0.212 \text{ MN.m} > M_{\text{ser}} \Rightarrow \text{Pas d'acier comprimés}$$

Section d'aciers principaux :

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

$$A_{pr} = \frac{66.91}{0.18 \left(1 - \frac{0.53}{3}\right) \times 200} = 22.57 \text{ cm}^2$$

$$A_{pr} = 22.57 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartions :

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

$$A_{rep} = \frac{22.57}{4} = 5.64 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times f_{t28} \times b \times d}{f_e}$$

$$A_{min} = \frac{0.23 \times 2.1 \times 2 \times 0.18}{400} = 4.35 \text{ cm}^2$$

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

Section d'aciers principaux :

$$A_{pr} = 22.57 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartions :

$$A_{rep} = 5.64 \text{ cm}^2$$

Aux abouts A et C (lit supérieur) :

Calcul à l'Etat limite Ultime :

On estime forfaitairement $M_u = 0.50 \times M_u(A - B)$

$$M_u = 0.50 \times 69.45 = 34.73 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_b} = \frac{34.73}{2 \times 0.18^2 \times 14.17 \times 10^3} = 0.038$$

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.043}) = 0.048$$

Recherche du pivot

$$\mu_u = 0.038 < \mu_{AB} = 0.186 \Rightarrow \text{Pivot A}$$

Détermination du bras de levier

$$Z_u = d(1 - 0.4 \alpha_u) = 0.18 \times (1 - 0.4 \times 0.055) = 0.177$$

Calcul de la section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{su}} = \frac{34.73}{0.177 \times 347.83 \times 10^3} = 5.64 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'Etat limite de service (ELS)

On estime forfaitairement $M_{ser} = 0.50 \times M_{ser}(A - B)$

$$M_{ser} = 0.50 \times 52.04 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{ser} = 26.02 \text{ kN.m}$$

Le moment résistant

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

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n\bar{\sigma}_{bc}}{n\bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200} = 0.53$$

D'où

$$M_{r_{ser}} b = \frac{2 \times 0.18^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

$$M_{r_{ser}} b = 0.212 \text{ MN.m} > M_{ser} \Rightarrow \text{Pas d'acier comprimés}$$

Section d'aciers principaux :

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

$$A_{pr} = \frac{26.02 \times 10^{-3}}{0.18 \left(1 - \frac{0.53}{3}\right) \times 200} = 8.78 \text{ cm}^2$$

$$A_{pr} = 8.78 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartions :

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

$$A_{rep} = \frac{8.78}{4} = 2.20 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times f_{t28} \times b \times d}{f_e}$$

$$A_{min} = \frac{0.23 \times 2.1 \times 2 \times 0.18}{400} = 4.35 \text{ cm}^2$$

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

Section d'aciers principaux :

$$A_{pr} = 8.78 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartions :

$$A_{rep} = 2.20 \text{ cm}^2$$

6.1. Calcul des armatures du radier

Travée A-B et B-C (lit supérieur)

Calcul à l'Etat limite Ultime (ELU)

$$M_u = 1.35G + 1.6Q$$

$$M_u = 1.35 \times 5.33 + 1.6 \times 15.00$$

$$M_u = 31.20 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_b} = \frac{31.20}{2 \times 0.18^2 \times 14.17 \times 10^3} = 0.034$$

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.034}) = 0.043$$

Recherche du pivot

$$\mu_u = 0.034 < \mu_{AB} = 0.186 \Rightarrow \text{Pivot A}$$

Détermination du bras de levier

$$Z_u = d(1 - 0.4 \alpha_u) = 0.18 \times (1 - 0.4 \times 0.043) = 0.177$$

Calcul de la section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{su}} = \frac{31.20}{0.177 \times 347.83 \times 10^3} = 5.08 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'Etat limite de service (ELS)

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

$$M_{ser} = 5.33 + 1.2 \times 15.00 = 20.33 \text{ kN.m}$$

Le moment résistant

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

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n\bar{\sigma}_{bc}}{n\bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200} = 0.53$$

$$M_{r_{ser}} b = \frac{2 \times 0.18^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

$$M_{r_{ser}} b = 0.212 \text{ MN.m} > M_{ser} \Rightarrow \text{Pas d'acier comprimés}$$

Section d'aciers principaux :

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

$$A_{pr} = \frac{20.33 \times 10^{-3}}{0.18 \left(1 - \frac{0.53}{3}\right) \times 200} = 6.86 \text{ cm}^2$$

$$A_{pr} = 6.86 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartions :

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

$$A_{\text{rep}} = \frac{6.86}{4} = 1.71 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{\text{min}} = \frac{0.23 \times f_{t28} \times b \times d}{f_e}$$

$$A_{\text{min}} = \frac{0.23 \times 2.1 \times 2 \times 0.18}{400} = 4.35 \text{ cm}^2$$

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

Section d'aciers principaux :

$$A_{\text{pr}} = 6.86 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartions :

$$A_{\text{rep}} = 1.71 \text{ cm}^2$$

Sur appui B (lit inferieur) :

Calcul à l'Etat limite Ultime :

$$M_u = 1.35G + 1.6Q$$

$$M_u = 1.35 \times 9.52 + 1.6 \times 18.76$$

$$M_u = 42.87 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_b} = \frac{42.87}{2 \times 0.18^2 \times 14.17 \times 10^3} = 0.047$$

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.047}) = 0.060$$

Recherche du pivot

$$\mu_u = 0.067 < \mu_{AB} = 0.186 \Rightarrow \text{Pivot A}$$

Détermination du bras de levier

$$Z_u = d(1 - 0.4 \alpha_u) = 0.18 \times (1 - 0.4 \times 0.060) = 0.176$$

Calcul de la section d'acier

$$A_{\text{st}} = \frac{M_u}{Z_u \times f_{su}} = \frac{42.87}{0.176 \times 347.83 \times 10^3} = 7.02 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'Etat limite de service (ELS)

$$M_{\text{ser}} = G + 1.2 \times Q$$

$$M_{\text{ser}} = 9.52 + 1.2 \times 18.76 = 32.03 \text{ kN.m}$$

Le moment résistant

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

$$\bar{\alpha}_{\text{ser}} = \frac{n \bar{\sigma}_{bc}}{n \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200} = 0.53$$

$$M_{r_{ser}} b = \frac{2 \times 0.18^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

$$M_{r_{ser}} b = 0.212 \text{ MN.m} > M_{ser} \Rightarrow \text{Pas d'acier comprimés}$$

Section d'aciers principaux :

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

$$A_{pr} = \frac{32.03 \times 10^{-3}}{0.18 \left(1 - \frac{0.53}{3}\right) \times 200} = 10.81 \text{ cm}^2$$

$$A_{pr} = 10.81 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartiions :

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

$$A_{rep} = \frac{10.81}{4} = 2.70 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times f_{t28} \times b \times d}{f_e}$$

$$A_{min} = \frac{0.23 \times 2.1 \times 2 \times 0.18}{400} = 4.35 \text{ cm}^2$$

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

Section d'aciers principaux :

$$A_{pr} = 10.81 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartiions :

$$A_{rep} = 2.70 \text{ cm}^2$$

6.1. Calcul des armatures du piédroit central B :

Le piédroit sera considéré au mètre linéaire comme un poteau de 100×20

Effort normal sollicitant le poteau :

$$N_u = 1.35 \times 56.02 + 1.6 \times 148.77 = 313.66 \text{ kN}$$

Evaluation l'effort de compression repris par le béton seul du poteau

$$N_{max} = \alpha \times B_r \times F_{c28} / (0.9 \times \gamma_b)$$

$$B_r = (100 - 2)(20 - 2) = 1764 \text{ cm}^2$$

Calcul de l'élancement

$$\lambda = \frac{L_f}{i} = \frac{2\sqrt{3}}{a} \times L_f = \frac{2\sqrt{3}}{0.2} \times 0.7 \times 1 = 12.12$$

Calcul de α :

$$\lambda < 50 \Rightarrow \alpha = \frac{0.85}{1 + 0.2 \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2} = \frac{0.85}{1 + 0.2 \left(\frac{12.12}{35}\right)^2} = 0.83$$

$$N_{\max} = 0.83 \times 1764 \times 270 \times / (0.9 \times 1.50)$$

$$N_{\max} = 292.824 \text{ t} > N_u$$

Donc on adoptera les valeurs minimales des armatures

$$A = 4 \times 2 \times (1 + 0.20) = 9.60 \text{ cm}^2$$

Soit A = 4.80 cm² sur chaque face

Calculs des armatures transversales

$$\phi_t \geq \frac{\phi_{l\max}}{3} \Rightarrow \phi_t \geq \frac{14}{3} = 4.67$$

$$\phi_t \geq 4.67 \text{ mm} \Rightarrow \phi_t = 8 \text{ mm}$$

Calcul de l'espacement des cours

$$St = \min\{15\phi_t; 40 \text{ cm}; a + 10 \text{ cm}\} = \min\{15 \times 0.467; 40 \text{ cm}; 20 + 10\}$$

$$St = \min\{7 \text{ cm}; 40 \text{ cm}; 30 \text{ cm}\} = 7 \text{ cm}$$

On prendra $St = 7 \text{ cm}$.

6.2. Calcul des armatures des piédroits extérieurs A et C :

Donnes de calcul : $b = 1.00 \text{ m}$; $h = 0.20 \text{ m}$; $d = 0.9h = 0.18 \text{ m}$; $d' = 0.1h = 0.02 \text{ m}$;

$$f_{bu} = \frac{0.85f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0.85 \times 25}{1 \times 1.5} = 14.17 \text{ MPa} ; f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.83 \text{ MPa} ; F_b = 153 \text{ bars} ;$$

$\sigma = 3480 \text{ bars}$

Calcul à l'Etat limite Ultime (ELU)

$$M_u = 1.35 \times 1.90 + 1.6 \times (2.38 + 34.91)$$

$$M_u = 62.23 \text{ kN.m/ml}$$

$$N_u = 1.35 \times 16.80 + 1.6 \times 104.02 = 189.112 \text{ kN.m/ml}$$

$$e = \frac{M_u}{N_u} = \frac{62.23}{189.112} = 0.33 \text{ D'où section partiellement comprimée.}$$

$$M = 62.23 + 189.112 \times 0.07 = 75.47 \text{ kN.m/ml}$$

$$\mu = \frac{M_{\text{fictif}}}{bd^2 f_{bu}} = \frac{75.47 \times 10^5}{100 \times 18^2 \times 153} = 0.015$$

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.015}) = 0.019$$

$$\mu_u = 0.015 < \mu_{AB} = 0.186 \Rightarrow \text{Pivot A}$$

Détermination du bras de levier

$$Z_u = d(1 - 0.4 \alpha_u) = 0.18 \times (1 - 0.4 \times 0.019) = 0.179$$

Calcul de la section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_u}{(Z_u - N_u) \times \sigma_s} = \frac{75.47 \times 10^5}{(17.9 - 62.23 \times 10^3) / 3480} = 3.49 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'Etat limite de service (ELS)

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

$$M_{ser} = 1.90 + 1.2 \times (2.38 + 34.91) = 46.65 \text{ kN.m}$$

$$N_{ser} = 16.80 + 1.2 \times 104.02 = 141.62 \text{ kN.m/ml}$$

$$e = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{46.65}{141.62} = 0.33 \quad \text{D'où section partiellement comprimée.}$$

Moment fictif :

$$M_{sfictif} = M_{ser} + z \times N_s$$

$$M_{sfictif} = 46.65 + 0.179 \times 141.62$$

$$M_{sfictif} = 72.00 \text{ kN.m/ml}$$

Le moment résistant

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

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n\bar{\sigma}_{bc}}{n\bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 15}{15 \times 15 + 200} = 0.53$$

$$M_{r_{ser}} b = \frac{2 \times 0.18^2}{2} \times 15 \times 0.53 \times \left(1 - \frac{0.53}{3}\right)$$

$$M_{r_{ser}} b = 0.212 \text{ MN.m} > M_{ser} \Rightarrow \text{Pas d'acier comprimés}$$

Section d'aciers principaux :

$$A_{pr} = \left(\frac{M_{ser}}{d \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right) \times \bar{\sigma}_{st}} - \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_{st}} \right) \times 10$$

$$A_{pr} = \left(\frac{46.65}{0.18 \left(1 - \frac{0.53}{3}\right) \times 200} - \frac{141.62}{200} \right) \times 10 = 8.66 \text{ cm}^2$$

$$A_{pr} = 8.66 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartions :

$$A_{rep} = \frac{8.66}{4}$$

$$A_{rep} = 2.16 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{min} = \frac{0.23 \times f_{t28} \times b \times d}{f_e}$$

$$A_{min} = \frac{0.23 \times 2.1 \times 2 \times 0.18}{400} = 4.35 \text{ cm}^2$$

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

Section d'aciers principaux :

$$A_{pr} = 8.66 \text{ cm}^2$$

Section d'aciers de repartions :

$$A_{rep} = 2.16 \text{ cm}^2$$

6.1. Calcul des armatures des murs en ailles :

Pression à la base du mur :

$$P = \gamma \times k_p \times h$$

$$P = 20 \times 0.33 \times 1 = 6.6 \text{ kN/m}^2$$

Moment fléchissant du a la poussée de terre

$$M = \gamma \times k_p \times \frac{h^3}{6}$$

$$M = 20 \times 0.33 \times \frac{1^3}{6}$$

$$M = 1.10 \text{ kN.m}$$

Calcul à l'ELU

$$M_u = 1.35 \times 1.10 = 1.49 \text{ kN.m}$$

$$N_u = 1.35 \times 6.6 = 8.91 \text{ kN.m}$$

$$e = \frac{M_u}{N_u} = \frac{1.49}{8.91} = 0.17$$

Section partiellement comprimée

$$M_{fictif} = N_u \times e_a$$

$$\text{Avec } e_a = e + (d - 0.5h)$$

$$e_a = 0.17 + (0.18 - 0.5 \times 0.2)$$

$$e_a = 0.25$$

$$M_{fictif} = 8.91 \times 0.25$$

$$M_{fictif} = 2.23 \text{ kN.m}$$

Calcul en flexion simple :

$$\mu_u = \frac{M_{fictif}}{bd^2 f_{bu}} = \frac{2.23 \times 10^{-3}}{1 \times 0.18^2 \times 17} = 0.004$$

$$\alpha_u = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.004}) = 0.005$$

Recherche du pivot

$$\mu_u = 0.005 < \mu_{AB} = 0.186 \Rightarrow \text{Pivot A}$$

Détermination du bras de levier

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

$$Z_u = d(1 - 0.4 \alpha_u) = 0.18 \times (1 - 0.4 \times 0.005) = 0.180$$

Calcul de la section d'acier

$$A_{pr} = \left(\frac{M_{fict}}{d \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3} \right) \times \bar{\sigma}_{st}} - \frac{N_u}{\bar{\sigma}_{st}} \right) \times 10$$

$$A_{pr} = \left(\frac{2.23}{0.18 \left(1 - \frac{0.53}{3} \right) \times 200} - \frac{8.91}{200} \right) \times 10 = 0.31 \text{ cm}^2$$

Type d'armature		Tablier		Radier		Piédroit		Mur en aille
		Travée (lit inf)	Sur appuis (lit sup)	Travée (lit sup)	Sur appuis (lit inf)	Piédroit central B	Piédroit ext.	
Armature principales	Section calculées	17,56	22,57	6,86	10,81	9,60	8,66	0,31
	Choix des armatures	12HA 14	12 HA 16	8HA 12	6HA 16	10HA 12	6HA 14	3HA 8
	Section totalisées	18.47	24.43	9.05	12.06	11.31	9.24	1.51
	Espacement	8 cm	8 cm	13 cm	16.60 cm	10 cm	16.60 cm	30. cm
Armature de répartition	Section calculées	4,40	5,64	1,71	2,70	2,4	2,16	0,89
	Choix des armatures	6HA 10	8HA 10	4HA 8	6HA 8	6HA 8	6HA 8	3HA 8
	Section totalisées	4.71	6.28	2.01	3.02	3.02	3.02	1.51
	Espacement	16.60 cm	12.50 cm	25 cm	16.60 cm	16.70 cm	16.60 cm	30 cm

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

ANNEXE 12 : PANNEAUX DE SIGNALISATION

Panneaux/ Type	Signification	Nombres
 A1a	Virage à droite	3
 A1b	Virage à gauche	3
	Ralentisseur de type dos-d'âne	6
 AB4	Arrêt à l'intersection	1
 B14	Limitation de vitesse	2
 B33	Fin de limitation de vitesse	2
 IDa1	Parc de stationnement	2
 EB10	Panneau d'entrée d'agglomération	5
 EB20	Panneau de sortie d'agglomération	5
 A13b	Passage pour piéton	5

ANNEXE 15 : LISTING DE PROFIL EN LONG

<i>Listing de Profil En Long Projet Tahoua-Koloma baba</i>				
Elt's Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 0.56 %	138,270	0+000.000	420,150
Parabole 1	Rayon 4200.000 m	23,459	0+138.270	420,931
	Sommet Absc. 0+114.557 m			
	Sommet Alt. 420.864 m			
Pente 2	Pente 1.12 %	302,999	0+161.729	421,129
Parabole 2	Rayon -10000.000 m	65,576	0+464.728	424,532
	Sommet Absc. 0+577.043 m			
	Sommet Alt. 425.162 m			
Pente 3	Pente 0.47 %	343,999	0+530.304	425,053
Parabole 3	Rayon -17000.000 m	1,393	0+874.303	426,661
	Sommet Absc. 0+953.759 m			
	Sommet Alt. 426.847 m			
Pente 4	Pente 0.46 %	786,931	0+875.697	426,667
Parabole 4	Rayon -17000.000 m	24,744	1+662.628	430,281

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

	Sommet Absc.	1+740.690 m			
	Sommet Alt.	430.460 m			
Pente 5	Pente	0.31 %	294,360	1+687.372	430,377
Parabole 5	Rayon	4200.000 m	0,687	1+981.731	431,300
	Sommet Absc.	1+968.559 m			
	Sommet Alt.	431.279 m			
Pente 6	Pente	0.33 %	468,718	1+982.418	431,302
Parabole 6	Rayon	3000.000 m	15,065	2+451.137	432,849
	Sommet Absc.	2+441.237 m			
	Sommet Alt.	432.832 m			
Pente 7	Pente	0.83 %	242,491	2+466.202	432,936
Parabole 7	Rayon	-10000.000 m	77,173	2+708.693	434,954
	Sommet Absc.	2+791.909 m			
	Sommet Alt.	435.300 m			
Pente 8	Pente	0.06 %	570,926	2+785.865	435,299
Parabole 8	Rayon	4200.000 m	10,580	3+356.791	435,644
	Sommet Absc.	3+354.253 m			
	Sommet Alt.	435.643 m			
Pente 9	Pente	0.31 %	855,732	3+367.371	435,663
Parabole 9	Rayon	-17000.000 m	3,794	4+223.103	438,336
	Sommet Absc.	4+276.202 m			
	Sommet Alt.	438.419 m			
Pente 10	Pente	0.29 %	359,648	4+226.897	438,348
Parabole 10	Rayon	-17000.000 m	26,910	4+586.545	439,391
	Sommet Absc.	4+635.850 m			
	Sommet Alt.	439.462 m			
Pente 11	Pente	0.13 %	209,978	4+613.455	439,448
Parabole 11	Rayon	4200.000 m	3,134	4+823.433	439,724
	Sommet Absc.	4+817.900 m			
	Sommet Alt.	439.720 m			
Pente 12	Pente	0.21 %	382,917	4+826.567	439,729
Parabole 12	Rayon	-17000.000 m	7,892	5+209.483	440,520
	Sommet Absc.	5+244.562 m			
	Sommet Alt.	440.556 m			
Pente 13	Pente	0.16 %	501,340	5+217.375	440,534
Parabole 13	Rayon	3000.000 m	12,570	5+718.715	441,336
	Sommet Absc.	5+713.918 m			
	Sommet Alt.	441.332 m			
Pente 14	Pente	0.58 %	244,335	5+731.285	441,382
Parabole 14	Rayon	-17000.000 m	48,760	5+975.620	442,797
	Sommet Absc.	6+074.035 m			
	Sommet Alt.	443.082 m			
Pente 15	Pente	0.29 %	366,515	6+024.380	443,009
Parabole 15	Rayon	3000.000 m	11,255	6+390.895	444,080
	Sommet Absc.	6+382.132 m			
	Sommet Alt.	444.067 m			
Pente 16	Pente	0.67 %	257,951	6+402.150	444,134
Parabole 16	Rayon	-20000.000 m	29,798	6+660.101	445,855
	Sommet Absc.	6+793.549 m			
	Sommet Alt.	446.300 m			
Pente 17	Pente	0.52 %	169,542	6+689.899	446,031
Parabole 17	Rayon	-17000.000 m	31,117	6+859.441	446,910
	Sommet Absc.	6+947.544 m			

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

	Sommet Alt.	447.138 m			
Pente 18	Pente	0.34 %	156,544	6+890.559	447,043
				7+047.103	447,568
Longueur l'axe 7047.103 mètre(s)					

ANNEXE 16 : MESURE D'ATTENUATIONS OU DE BONIFICATION

Tableau 44: mesure d'atténuations des impacts du projet

12	Récepteur	Activités sources d'impacts	Impacts potentiels	Mesures d'atténuations
Milieux biophysiques	Eaux	<ul style="list-style-type: none"> - Travaux de terrassement, remblayage, rechargement, compactage ; - Circulation des véhicules 	<ul style="list-style-type: none"> - Érosion de sols/sédimentation ; - Pollution des eaux par les déchets solides et liquides ; - Turbidité des ressources en eau 	<ul style="list-style-type: none"> - Installer une barrière comme dispositif de rétention des gravats et sédiments ; - Collecter les déchets issus du chantier et les gérer de manière rationnelle. - Effectuer les vidanges dans les espaces agréés ; - Étaler et compacter les matériaux foisonnés le long des voies ; - Élaborer un plan d'urgence qui prendrait en compte les éventuels déversements accidentels des huiles et carburants ; - Entreposage adéquat des produits huileux et pétroliers.
	Sols	<ul style="list-style-type: none"> - Travaux préparatoires des emprises et installation connexes ; - Décapage des couches superficielles des sols au niveau de la carrière et zone d'emprunts 	<ul style="list-style-type: none"> - Dégradation de leur structure ; - Risques d'érosion ; - Risques d'éboulement ; - Pollution par les déchets solides et liquides - Altération des propriétés physicochimiques des sols par le stockage des matériaux de construction ; 	<ul style="list-style-type: none"> - Remettre en état les sols perturbés au cours des travaux y compris au niveau des zones d'emprunt de matériaux et des carrières ; - Éviter l'ouverture des carrières et emprunts dans les zones écologiquement sensibles ; - Limiter la circulation des engins à la zone des travaux afin de réduire la perturbation de la structure des sols ; - Collecter et gérer de manière écologiquement rationnelle tous les déchets produits pendant les travaux (au niveau des chantiers et de la base vie)

**ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE
TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).**

	Air	Travaux de préparation des emprises	- Dégradation de la qualité de l'air ambiant par les émissions de poussières.	- Information et sensibilisation des populations locales sur l'altération de la qualité de l'air ambiant. - Port d'EIP (Equipements Individuels de Protection) par le personnel ; - Arrosage régulier des pistes
	Paysage	- Préparation des emprises ; - ouverture des carrières et zones d'emprunts	- Dénaturation des paysages concernés durant les travaux de chantier	- Remise en état des lieux - Gestion appropriée des débris issus d'élagage, des défrichements, végétalisation des sites.
	Végétation	Travaux de préparation des emprises	- Destruction de 21 terres de cultures ; - Destruction de 62 arbres forestiers	- Acquisition des autorisations préalables auprès des services techniques de l'environnement ; - Plantation d'alignement le long des voies à l'entrée et la sortie d'agglomération ;
Milieu humain	Santé – Sécurité	Travaux de construction	- Risques de blessures et d'accidents - Perturbation de l'ambiance sonore - Risques de maladies - Vibrations avec risques d'éboulement	- Mise en œuvre d'un plan d'urgence de sécurité et d'une équipe de sécurité ; - Sensibiliser les travailleurs sur le port des EIP à leur lieu de travail ; - Mise en place d'une boîte pharmaceutique des soins d'urgence sur chantier ; - Mise en place des ralentisseurs de vitesse à l'entrée et sortie des agglomérations proches de la route et au niveau des sorties de carrières, - Immatriculer les travailleurs à la caisse de sécurité sociale ;

**ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE
TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).**

				<ul style="list-style-type: none"> - la mise en place des installations sanitaires convenables, comprenant des douches et sanitaires dans la base-vie - Arrosage systématique des déviations - Contrôle régulier des émissions des gaz
Activités socio - économiques	Travaux de construction	<ul style="list-style-type: none"> - Perte d'emploi des employés - Arrêt d'activité des commerçants informels ; - Recrutement des travailleurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Trouver un plan de redéploiement pour les personnels du bac ; - Dédommager les commerçants affectés ; - Donner un quota important aux locaux lors du recrutement de la main d'œuvre ; - Valorisation de l'emploi en donnant aux travailleurs un revenu mensuel consistant 	
Bruit	Travaux de préparation des emprises et travaux connexes	<ul style="list-style-type: none"> - Nuisances sonores pour les travailleurs de chantier et pour les populations locales 	<ul style="list-style-type: none"> - Interdire de réaliser des travaux bruyants en dehors d'heures normales de travail ; - Respect des normes internationales d'émissions sonores ; - Entretien régulier des équipements 	

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

ANNEXE 17 : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N° Prix	Désignations	Unités	QUANTITES	P.U. (F CFA)	MONTANT (HT-HD) FCFA
0	INSTALLATION DE CHANTIER				
1	Installations générales du chantier	Fft	1	148536385	148536385
2	Amenée et repli du matériel	Fft	1	95000000	95000000
3	Installation de la Mission de Contrôle et de l'Administration	Fft	1	31000000	31000000
4	Provision pour déplacement et protection de réseaux et divers	Fft	1	5000000	5000000
5	Forage positif pour approvisionnement de l'eau y compris les équipements	U	1	15000000	15000000
Sous total série : 000					294536385
100	DÉGAGEMENT ET PRÉPARATION DE TERRAIN				
101	Abattage d'arbres de diamètre ³ 1,00 m	U	12	91734	1100808
102	Décapage de sol impropre aux abords de la chaussée	m2	98659,442	552	54460011,98
104	Démolition de dalots en béton armé	U	1	1161648	1161648
107	Démolition de revêtement de protection (perrés, fossés revêtus, chape ciment, descentes d'eaux,)	m2	267,62	18822	5037143,64
108	Dépose et mise en dépôt de buses métalliques	U	2	192500	385000
109	Dépose et mise en dépôt des panneaux de signalisation verticale	U	5	57944	289720
110	Dépose et mise en dépôt des panneaux publicitaires	U	17	57944	985048
111	Dépose gabions	m3	12	35000	420000
112	Dépose et mise en dépôt de bornes, balises ou plots de toute nature	U	4	17000	68000
114	Dépose et mise en dépôt de candélabres d'éclairage public, de poteaux électriques et	U	3	91222	273666

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

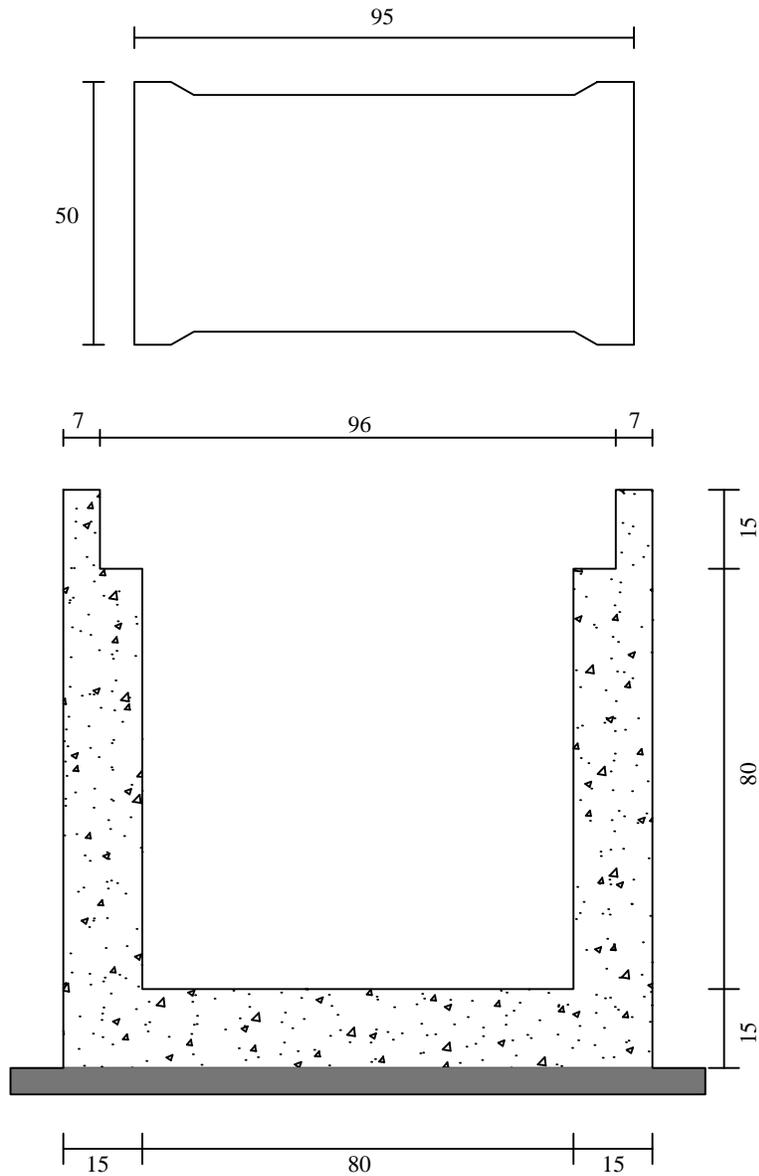
	téléphoniques de toutes natures				
Sous total série : 100					64181045,62
200	TERRASSEMENT				
201	Déblai meubles mis en dépôt (décaissement des accotements pour élargissements y compris désensablement de bord de la route)	m3	14224	5354	76155296
202	Remblai en provenance d'emprunts ou de déblais	m3	9751	7972	77734972
203	Purge et substitution de matériaux impropres	fft	1	10000	10000
206	PV de transport des matériaux de déblai ou d'emprunt sur une distance supérieure à 5 000 m	m3 x km	6045,62	276	1668591,12
Sous total série : 200					155568859,1
300	CHAUSSÉE				
301	Scarification (démolition et recyclage) et compactage de la chaussée existante y compris apport	m2	42282,618	1910	80759800,38
302	Couche de fondation en grave latéritique naturelle	m3	12300,96	9500	116859120
304	Couche de base en grave latéritique naturelle	m3	13928,53	12500	174106625
307	Plus-value de transport pour couche de base ou couche de fondation en tout genre sur une distance supérieure à 5000 m	m3 x km	81311,419	286	23255065,83
Sous total série : 300					394980611,2
400	REVÊTEMENT				
401	Fourniture et mise en œuvre de l'imprégnation (y compris bitume)	m2	65944,709	1172	77287198,95
402	Fourniture et mise en œuvre de l'enduit superficiel monocouche (y compris bitume)	m2	17244,309	2259	38954894,03
403	Couche d'accrochage	m2	48700,4	478	23278791,2
404	Béton bitumineux	m3	2435,02	297153	723573498,1

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

405	Fourniture et mise en œuvre de pavés autobloquants	m2	408,45	21816	8910745,2
406	Plus-value pour transport de granulat de toutes dimensions pour grave bitume, béton bitumineux, enduits superficiels, béton pour ouvrages sur une distance supérieure à 5 000 m	m3 x km			0
Sous total série : 400					872005127,4
500	ASSAINISSEMENT ET OUVRAGE				
501	Exécution de fossés triangulaires longitudinaux et divergents en terre non revêtus (Hauteur = 0,60 m)	ml	1409,4206	1887	2659576,672
504	Caniveau 0,80 m x 0,80 m en Béton armé avec rainures de pose des dallettes	ml	500	2160	1080000
506	Bordures (T2 et CS2)	ml	3136,44	19760	61976054,4
508	Dalots cadres en béton armé (y compris armature : Ratio = 110 kg/m3)				0
508.9	Dalot 2x1,50x1,00	ml	24	1400000	33600000
508.1 1	Dalot 2x2,00x2,00	ml	288	2250000	648000000
509	Fourniture et mise en œuvre de gabions	m3	64	44279	2833856
510	Fourniture et mise en œuvre de perré maçonné	m ²	36,0576	37500	1352160
511	Fourniture et mise en œuvre des enrochements	m3	48,0096	42000	2016403,2
Sous total série : 500					753518050,3
600	SÉCURITE ET SIGNALISATION				
601	Signalisation horizontale				
601.1	Bande de peinture blanche continue d'axe de module T1 de largeur 0,12m (2U)	ml	179	1180	211220
601.2	Bande de peinture blanche discontinue d'axe de module T1 de largeur 0,12m (2U)	ml	1626,25	1234	2006792,5
601.3	Bande de peinture blanche discontinue de rive de	ml	2629,6	2751	7234029,6

ÉTUDES TECHNIQUES DÉTAILLÉES DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE LA ROUTE TEHAOUA-TAMAYA (205 km) : CAS DU TRONÇON TAHOUA-KOLOMA BABA (7 km).

	module T2 de largeur 0,15 (2U)				
601.4	Marquage spécial à la peinture blanche	m2	2629,6	8237	21660015,2
602	Signalisation verticale				
602.1	Fourniture et pose de panneaux de type A	U	6	152078	912468
602.2	Fourniture et pose de panneaux de type "stop" AB4 ; B et C	U	5	162378	811890
602.3	Fourniture et pose de panneaux directionnels type D, E et EB	U	10	318551	3185510
604	Ralentisseur de vitesse	U	6	38893	233358
605	Fourniture et pose de borne Penta Kilométrique	U	4	135368	541472
Sous total série : 600					36796755,3
700	MESURES ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE				
701	Provision pour le programme de suivi environnementale d'atténuation et de bonification, renforcement de capacité des acteurs et de surveillance environnementale	Fft	1	30000000	30000000
Sous total série : 700					30000000
800	AMENAGEMENTS CONNEXES				
805	Construction de mur de clôture	ml	600	108168	64900800
807	Fourniture et pose candélabre solaire simple foyer pour éclairage public (voiries et aménagement connexes)	U	62	1273769	78973678
808	Fourniture et pose candélabre solaire double foyers pour aménagement connexes (TAHOUA)	U	46	2482401	114190446
Sous total série : 800					258064924
TOTAL GÉNÉRAL HORS TAXES					2859651758
TVA (19%)					543333834
TOTAL GÉNÉRAL TTC					3402985592



Plan de coffrage du caniveau



AMADOU BARAZE Issia
N° 20120627

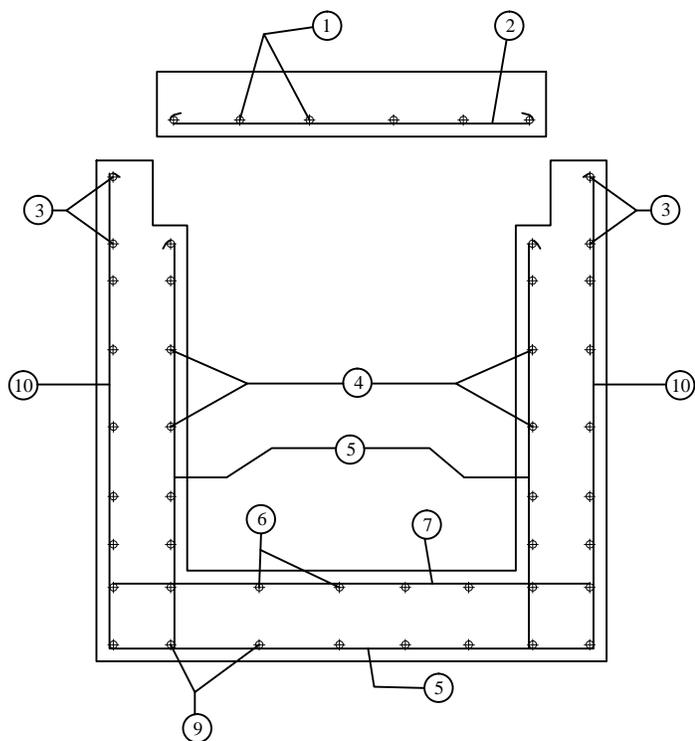
Ech:
Ajust au format

Plan n°

ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE
DE REHABILITATION DE LA ROUTE
TAHOUA-TAMAYA (205 KM) TRONÇON
TAHOUA- KOLOMA BABA (7 KM)

Date: 01/06/2019





Numéros	Barres	Nombres	Espacements
①	HA 8	5/ ml	20
②	HA 12	8/ ml	10
③	HA 8	5/ ml	20
④	HA 8	5/ ml	20
⑤	HA 8	5/ ml	20
⑥	HA 8	4/ ml	25
⑦	HA 12	5/ ml	20
⑧	HA 8	4/ ml	25
⑨	HA 8	4/ ml	25
⑩	HA 12	5/ ml	20

Plan de ferrailage du caniveau



AMADOU BARAZE Issia

N° 20120627

Ech:
Ajust au format

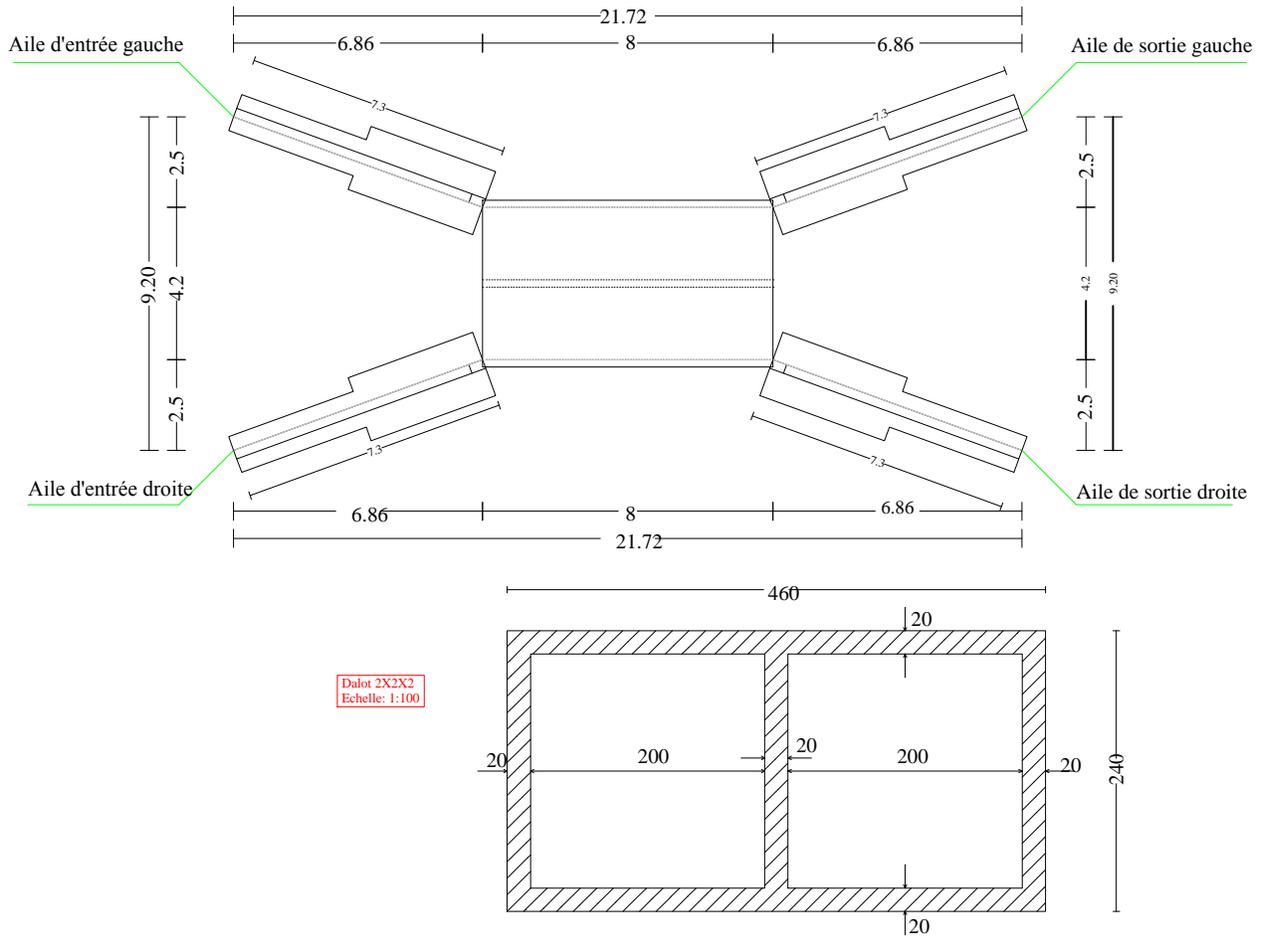
Plan n°

ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE
DE REHABILITATION DE LA ROUTE
TAHOUA-TAMAYA (205 KM) TRONÇON
TAHOUA- KOLOMA BABA (7 KM)

Date: 01/06/2019



Vue de dessus



Plan de coffrage du dalot 2x2,0x2,0



AMADOU BARAZE Issia

N° 20120627

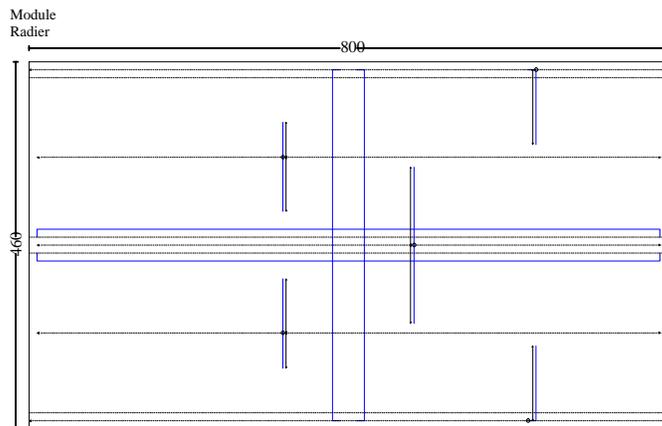
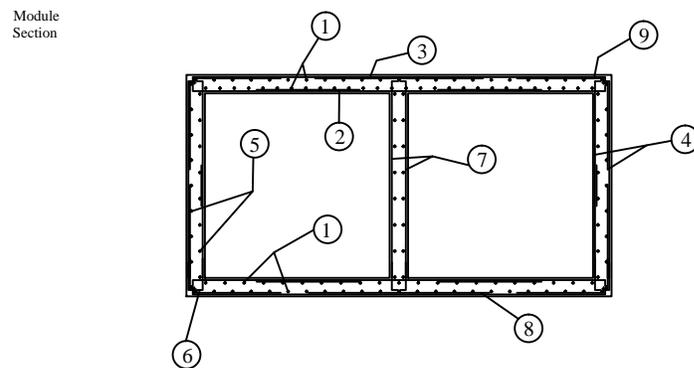
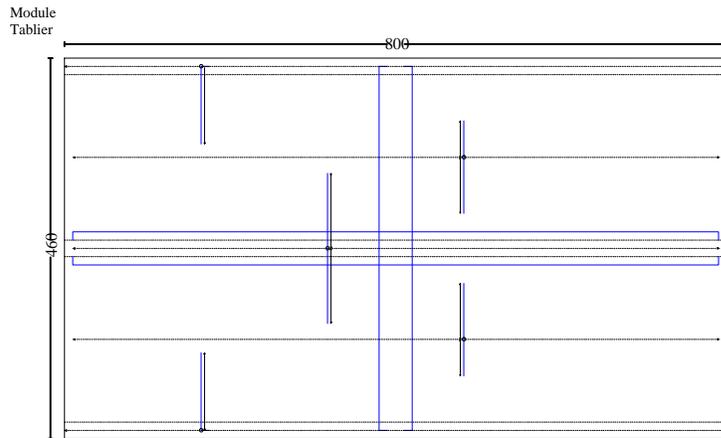
Ech:
Ajust au format

Plan n°

ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE
DE REHABILITATION DE LA ROUTE
TAHOUA-TAMAYA (205 KM) TRONÇON
TAHOUA- KOLOMA BABA (7 KM)

Date: 01/06/2019





N°	Barres	Nombres	Espacements
①	HA10	10/ml	10 cm
②	HA16	10/ml	10 cm
③	HA16	14/ml	10 cm
④	HA14	8/ml	10 cm
⑤	HA8	6/ml	15 cm
⑥	HA16	10/ml	10 cm
⑦	HA14	8/ml	10 cm
⑧	HA16	8/ml	10 cm
⑨	HA14	10/ml	10 cm
⑩	HA14	8/ml	10

Plan de ferrillage du dalot 2x2,0x2,0



AMADOU BARAZE Issia

N° 20120627

Ech:
Ajust au format

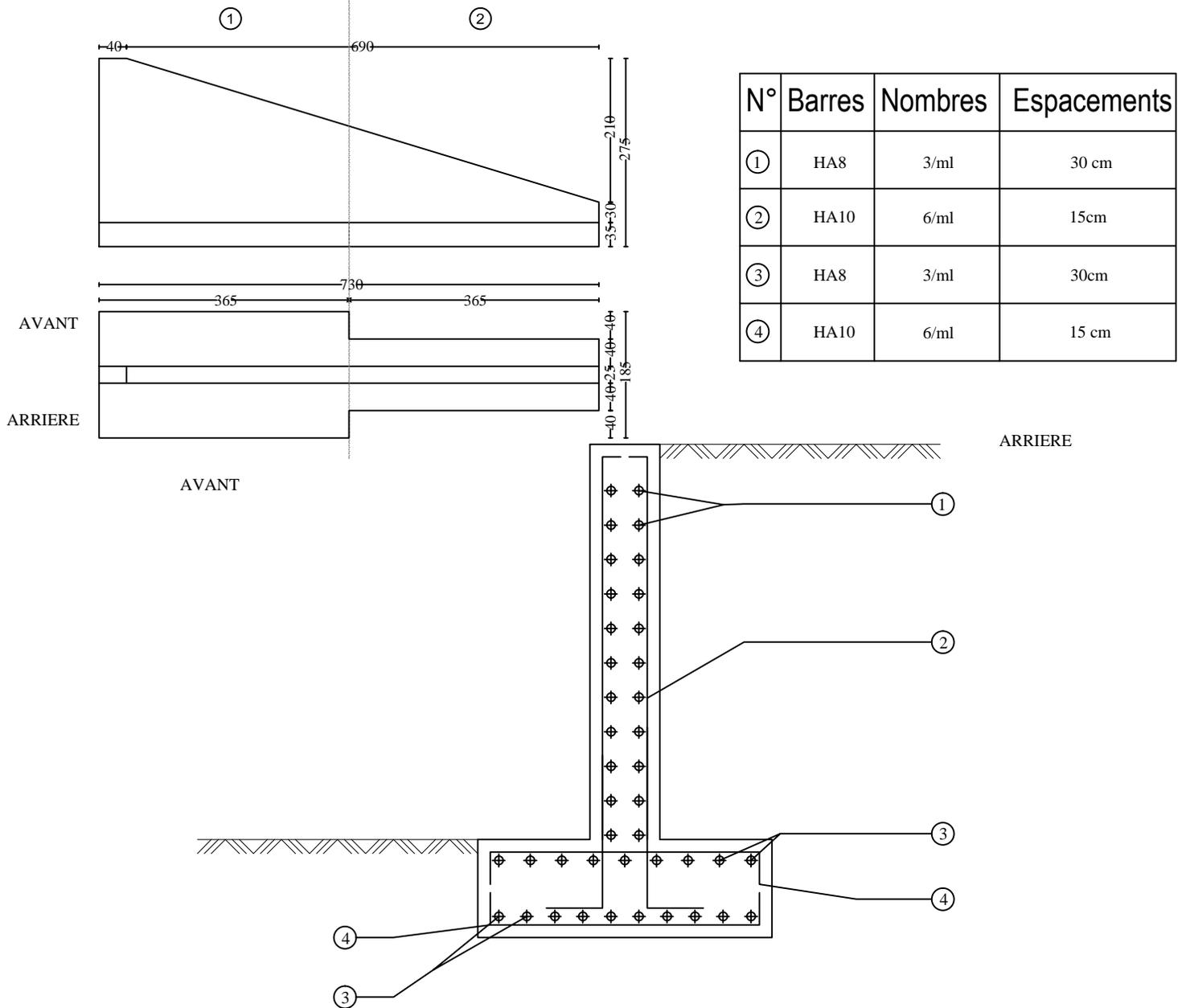
Plan n°

ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE
DE REHABILITATION DE LA ROUTE
TAHOUA-TAMAYA (205 KM) TRONÇON
TAHOUA- KOLOMA BABA (7 KM)

Date: 01/06/2019



Mur en aille du dalot 2x2,0x2,0



Plan d'exécution de mur en aille du dalot 2x2,0x2,0



AMADOU BARAZE Issia
N° 20120627

Ech:
Ajust au format

Plan n°

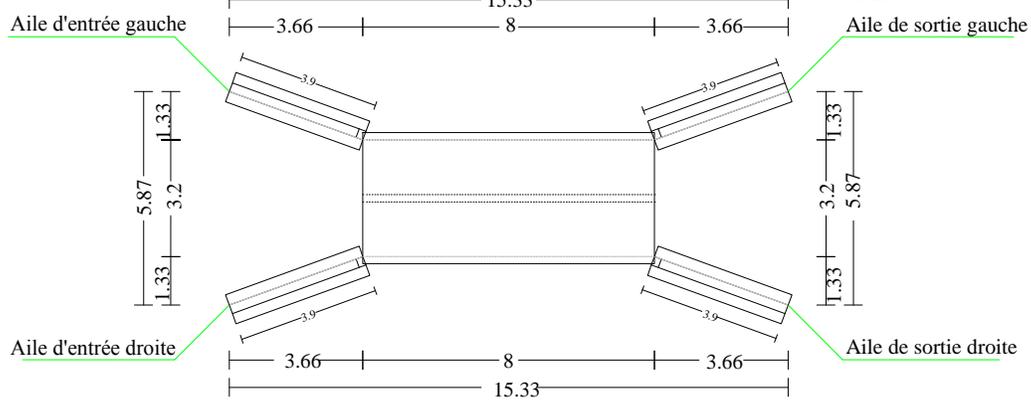
ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE
DE REHABILITATION DE LA ROUTE
TAHOUA-TAMAYA (205 KM) TRONÇON
TAHOUA- KOLOMA BABA (7 KM)

Date: 01/06/2019



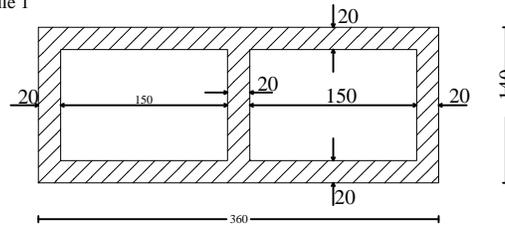
G.E.R.M.S. Consulting

Vue de dessus



Module 1

Dalot 2x1.50x1.00
Echelle: 1:100



Plan d'exécution dalot 2x1,5x1,0



AMADOU BARAZE Issia
N° 20120627

Ech:
Ajust au format

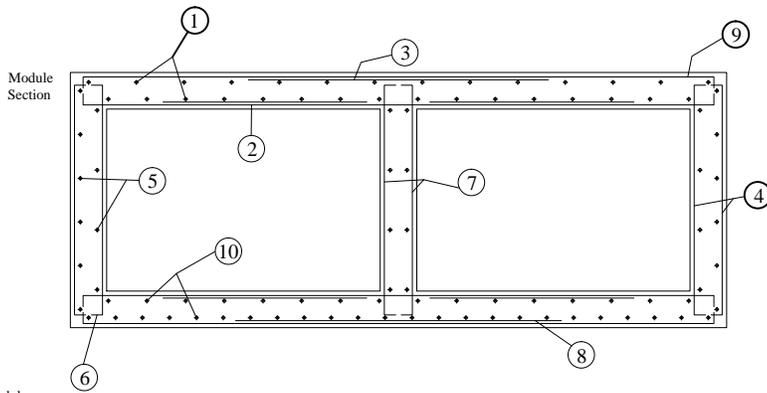
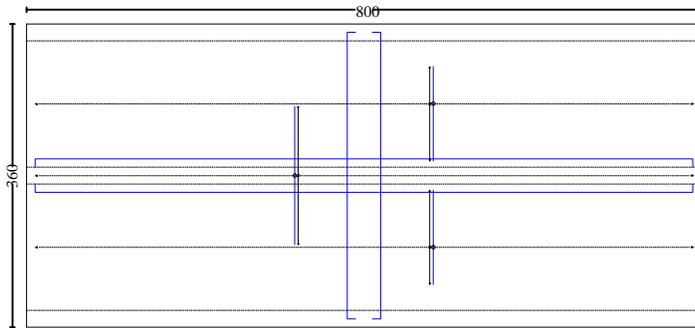
Plan n°

ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE DE
REHABILITATION
DE LA ROUTE TAHOUA-TAMAYA (205 KM)
TRONÇON TAHOUA- KOLOMA BABA (7 KM)

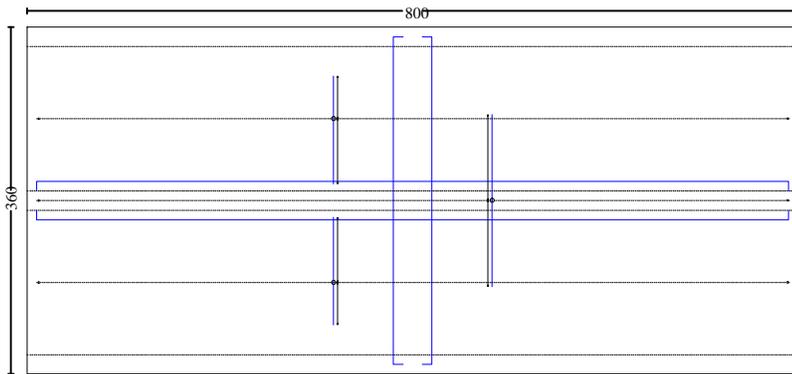
Date: 01/06/2019



Module
Tablier



Module
Radier

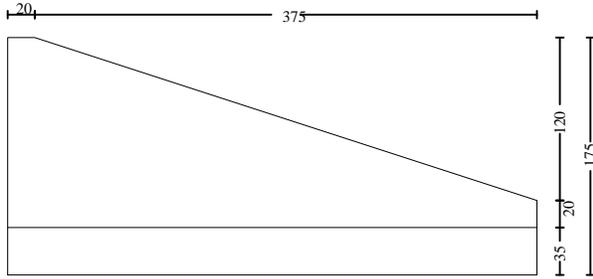


N°	Barres	Nombres	Espacements
①	HA14	12/ml	10 cm
②	HA16	12/ml	10 cm
③	HA10	8/ml	10 cm
④	HA14	6/ml	15 cm
⑤	HA8	6/ml	15 cm
⑥	HA16	6/ml	15 cm
⑦	HA14	10/ml	10 cm
⑧	HA12	8/ml	10 cm
⑨	HA14	12/ml	10 cm
⑩	HA8	6/ml	15

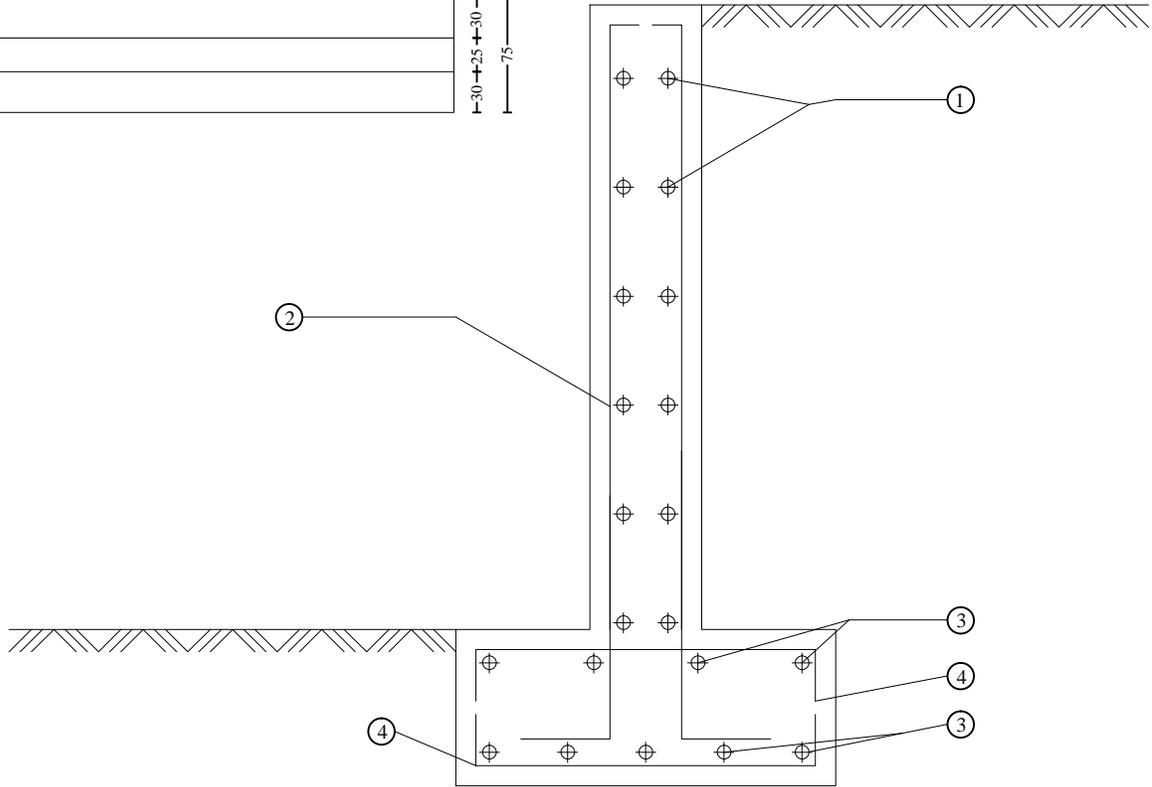
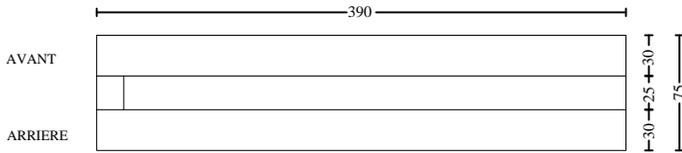
Plan d'exécution dalot 2X1.50X1.00

	AMADOU BARAZE Issia N° 20120627	ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE DE REHABILITATION DE LA ROUTE TAHOUA-TAMAYA (205 KM) TRONÇON TAHOUA- KOLOMA BABA (7 KM)	
	Ech: Ajust au format		
	Plan n°	Date: 01/06/2019	

Mur en aille du dalot 2x1,5x1,0



N°	Barres	Nombres	Espacements
①	HA8	3/ml	30 cm
②	HA8	3/ml	30 cm
③	HA8	3/ml	30cm
④	HA8	3/ml	30 cm



Plan d'exécution dalot 2x1,5x1,0



AMADOU BARAZE Issia

N° 20120627

Ech:
Ajust au format

Plan n°

ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE
DE REHABILITATION DE LA ROUTE
TAHOUA-TAMAYA (205 KM) TRONÇON
TAHOUA- KOLOMA BABA (7 KM)

Date: 01/06/2019

