



GERMS consulting
R.C.M-NI-NIA-2009-A-247N. I. F
14 583/S-Tél. : (00227) 20 37 10 45 /94
24 01 09 BP: 12 838 Niamey – Niger
E-mail: doutchifr@yahoo.fr

**ETUDE TECHNIQUE D'UNE VOIRIE ET REDIMENSIONNEMENT
D'UN DALOT DANS LE CADRE DES TRAVAUX
D'AMENAGEMENT DU CANAL GOUNTOU YENA A NIAMEY.**

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

ROUTE ET OUVRAGE D'ART

Présenté et soutenu publiquement le 15/01/2020 par

Yahaya MAHAMAN BOUZOU (20170795)

Encadrant 2iE : Mme Marie-Thérèse MBENGUE, Assistant d'enseignement et de
recherche à 2iE

Maître de stage : MAHAMAN MISSIBAHOU TOUZOUKOU Yacouba, Ingénieur
Génie civil de GERMS consulting

Structure d'accueil du stage : GERMS Consulting /Niger

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Pr Adamah MESSAN

Membres et correcteurs : Dr Omar SORE

M. Djidoula TAKO

Mme Marie-Thérèse MBENGUE

Promotion 2018/2019

DEDICACES

Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on aime et qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence.

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents, Mes frères et sœurs qui m'ont toujours soutenu tant moralement que financièrement tout au long de mon cursus scolaire et dans toutes mes entreprises.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord nous remercions le tout puissant qui par sa grâce infini , pleine de bonté nous a permis d'aboutir à ce document .Et puis mes sincères remerciements vont à l'encontre de toutes les personnes qui m'ont accompagné tout au long de mon stage et à la rédaction du présent mémoire . en particulier je remercie :

- M. BANKA Awel chef de mission de contrôle GERMS consulting ;
- Dr LAWANE GANA Abdou, Chef de département génie civil hydraulique ;
- Mme Marie-Thérèse MBENGUE, Assistante d'enseignement et de recherche à 2iE et encadrant pédagogique du présent mémoire pour ses conseils et remarques ;
- Toute l'équipe administrative et le corps professoral de la Fondation 2iE ;
- M yacouba TOUZOUKOU conducteur des travaux pour la mission de contrôle GERMS et encadrant externe de présent document ;
- Toute la famille BOUZOU MAHAMAN qui n'a cessé de m'accompagner à tous mes pas dans le mal que dans le bon.
- Tous mes amis et collègues auxquels nous réitérons nos gratitude pour leur soutien et encouragement continus .
- Tous ceux qui, de près ou de loin, ont apporté leur contribution de manière directe ou indirecte dans l'élaboration du présent document. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

RESUME

Cette étude intitulée « études techniques d'une voirie et **redimensionnement d'un dalot** dans le cadre de travaux d'**aménagement** du canal **Gountou-yena** à Niamey » s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre du programme Niamey yalla , de sa stratégie nationale de l'assainissement et de voirie urbaine. L'objectif de cette étude est de concevoir un projet répondant aux normes et permettant de créer une déviation afin de fluidifier le trafic sur les grand axes concernés.

Pour assainir la voie, des études hydrologiques et hydrauliques ont été effectués et ont permis de mettre un système assainissement qui part d'un fossé latéral capable de collecter toutes les eaux de ruissellement, pour qu'elles soient déchargées au niveau d'un dalot (2 x1,5 x1,5) prévu au PK0+365 de la bretelle (1) qui seront ensuite déversées dans le canal **Gountou yena**.

Cette étude a permis aussi de proposer un dimensionnement pour le nouvel ouvrage situé au PK01+225 de **Gountou-yena** (dalot de 5 x 4 x 4) en remplacement de l'existant (dalot 2x2x4). Le canal sera aménagé en section des talus trapézoïdale et revêtu en perré maçonné.

Les études techniques à partir de fond topographique faites avec le logiciel Piste 5.06 ont permis, en fonction de la vitesse de référence (R60), de dresser les différents profils (le profil en long, les profils en travers et le tracé en plan).

L'étude géotechnique nous a permis d'apprécier la qualité de la plateforme des voies et les matériaux du site d'emprunt. Il en ressort un sol de type classe S4, avec un trafic de type T1. grâce au guide de dimensionnement CEBTP et le logiciel Alizé LCPC , la structure de la chaussée constituée de 15 cm de graveleux latéritiques naturel en couche de fondation, 15 cm de graveleux latéritiques naturel en couche de base et une couche de revêtement en enduit superficiel bicouche.

Enfin, nous avons fait une étude complémentaire comportant la sécurité routière, les mesures environnementales et une estimation du coût global du projet qui s'élève à quatre milliards huit cents quatre-vingt-dix millions six cents douze mille quatre cents quatre-vingt-seize franc CFA (4 890 612 496 FCFA).

Mots clés

- 1- **Aménagement du canal ;**
- 2- **Chaussée revêtue.**
- 3- **Dimensionnement du dalot ;**
- 4- **Impact environnemental ;**
- 5- **Rivière de Gountou yena (Niamey/Niger)**

ABSTRACT

This study entitled "Technical studies of a road and resizing a dalot as part of the development of the Gountou-yena canal in Niamey" is part of the implementation of the Niamey yalla programme of its national sanitation and urban road strategy. Construction work on a road of about 1 km in the city of Niamey and resize it from a dalot on the avenue Gountou-yena . The objective of this study is to design a project that meets the standards and allows to create a deviation in order to smooth traffic on the main axis concerned. To clean up the track, hydrological and hydraulic studies were followed and a system was put in place that by a lateral ditch capable of collecting all runoff having a direct action on the road, they come from the exterior impuviums or from the road platform itself and from the adjoining slopes, so that they are unloaded at the level of a dalot (2 x 1.5 x 1.5) planned for the PK0-365 crossing the ramp (1) which will be dumped into the Gountou yena canal. this study also made it possible to propose a sizing for the new work located at the PK01-225 Gountou-yena (dalot of 4 x 5 x 4) to replace the existing (dalot 2 x 2 x 4). As for the canal it will be trapezoidal section and coated in perré masonry. Technical studies from topographical backgrounds with the Track 5.06 software have allowed, depending on the reference speed (R60), to draw the different profiles: the long profile, the cross profiles and the plot in the plane. The calculation of the cumulative traffic in a2se equivalent to 13 tons has determined that the traffic class is Type T1 and the geotechnical report shows that the support soil is Class S4 and by the CEBTP sizing method, we had determined a pavement on the set of two straps which consists of a base layer of 15 cm in natural gravelly letittics and a foundation layer of 15 cm in natural gravelly letty and a layer of coating in superficial coating . An environmental assessment of the potential impacts of this project is discussed and to conclude with a summary estimate of the project cost, based on the Metré Advance, of 4,559,758,400 FCFA tax-free

Keywords

1. Canal development;
2. Covered causeway.
3. Sizing the dalot;
4. Environmental impact;
5. Gountou yena River (Niamey/Niger)

LISTE DES ABBREVIATIONS

- 2iE** : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement ;
- ARP** : Aménagement des routes principales ;
- APD** : Avant-Projet Détaillé ;
- LCPC** : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées ;
- CBR** : California Bearing Ratio ;
- CCT** : Cahier de Charge Technique ;
- BA** : Béton Armé ;
- BB** : Béton bitumineux ;
- BAEL** : Béton Armé aux Etats Limites ;
- CAM** : Coefficient d'Agressivité Moyen ;
- EIE** : Etude d'Impact Environnemental ;
- ELS** : Etat limite de Service ;
- ELU** : Etat Limite Ultime ;
- FCFA** : Franc des Colonies Françaises d'Afrique ;
- FF** : Forfaitaire ;
- HT** : Hors Taxe ;
- GERMS** : Groupe d'Études et de Réalisations Multiservices ;
- GLN** : Graveleux latéritique naturel ;
- IST** : Infections sexuellement transmissible ;
- MST** : Maladies sexuellement transmissible ;
- PK** : Point Kilométrique ;
- PL** : Poids Lourds ;
- R60** : Route de vitesse maximale 60 km/h ;
- SETRA** : Service d'Etudes Techniques des Routes et d'Autoroutes ;
- TDR** : Termes de Référence ;
- TN** : Terrain Naturel ;
- TTC** : Toutes taxes comprises ;
- VIH/SIDA** : Virus de l'immunodéficience humaine/ Syndrome d'immunodéficience acquise .

SOMMAIRE

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES ABREVIATIONS	v
SOMMAIRE	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES FIGURES.....	ix
INTRODUCTION.....	1
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL, ET DU PROJET.	2
1.1. Présentation de la structure d'accueil.....	2
1.1.1. Principaux domaines d'activités	2
1.1.2. Moyens utilisés	2
1.1.3. Moyens humains	2
1.1.4. Moyens matériels	3
1.2. Présentation du projet.....	3
1.2.1. Localisation de la zone du projet.....	3
1.2.2. Caractéristiques physico-naturels de la zone	4
1.2.3. Contexte général du projet.....	5
1.2.4. Justification des travaux.	5
1.2.5. Constats sur l'ouvrage existant (dalot de 2 x 2 x 4) sur Gountou yena :	5
II. METHODOLOGIE DE CONCEPTION.....	7
III. ETUDE TECHNIQUE	8
3.1. Conception géométrique.....	8
3.1.1. Etude Topographique.	8
3.1.2. Normes d'aménagement.....	9
3.1.3. Caractéristiques géométriques des voies.....	9
3.2. Assainissement et Etude hydrologique et hydraulique.....	11
3.2.1. Aménagement du canal.....	11
3.2.3. Détermination des débits de crue	12
3.2.4. Débit des eaux de ruissèlement latérale	17
3.2.5. Détermination de débit à l'exutoire de l'ouvrage situé sur Gountou-yena.....	18

3.2.6. Dimensionnement hydraulique des ouvrages.....	19
3.2.7. Dimensionnement structural des ouvrages	20
3.3. Principes de calcul	21
3.3.1. Caractéristique des matériaux.....	21
3.4. Résultats de dimensionnement	21
3.5. dimensionnement structurale de la chaussée de déviation.	22
3.5.1. Etude géotechnique.....	22
3.5.2. Les études préliminaires nécessaires	23
3.5.3.1. Le Trafic.....	23
3.5.3.1. Trafic équivalent cumulé	24
3.6. Dimensionnement structural selon la Méthode CEBTP	25
3.6.1. Calcul des contraintes et des déformations admissibles :	26
3.6.2. Vérifications des contraintes et des déformations avec alize.....	27
3.7. Equipements de la route ;	29
3.7.1. Eclairage.....	29
3.7.1. Signalisation.....	31
IV. Notice d'impacts environnementales et sociales	33
4.1. Cadre juridique	33
4.2. Cadre institutionnel :	34
4.3. Plan de Gestion Environnementale et Sociale du projet:.....	34
4.4. Impacts négatifs.....	36
4.5. Impacts positifs.....	36
4.6. Analyse des effets d'activités sources d'impacts	36
4.6. Mesure d'atténuations appropriées.....	37
VI. L'étude financière	39
Conclusion.....	41
BIBLIOGRAPHIE	42
Annexes.....	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : cadre logique	7
Tableau 2 : Paramètre générale de la conception (R60).....	11
Tableau 3 : Caractéristique du bassin traversant la bretelle (1)	13
Tableau 4 : Débit à évacué par ouverture	20
Tableau 5 : Identification du sol en place	23
Tableau 6 : Classe du sol selon CEBTP	23
Tableau 7: Classes de trafic (CEBTP).....	25
Tableau 8 : Quelques options proposé par le CEBTP	26
Tableau 9 : les éléments caractéristiques de profil en long pour la première	65
Tableau 10: les éléments caractéristiques du tracé en plan pour la première bretelle.....	65
Tableau 11 : les éléments caractéristiques de profil en long pour la deuxième bretelle	66
Tableau 12 : les éléments caractéristiques du tracé en plan pour la deuxième bretelle	66
Tableau 13 : Indication de différent poste de comptage.....	84
Tableau 14 : Les catégories de véhicules	84
Tableau 15 : Résultat du comptage :	84
Tableau 16 : Récapitulatifs du dimensionnement hydraulique des ouvrages	88
Tableau 17 : Récapitulatif de quantité de matériaux par ouvrage	109

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organigramme du personnel de groupement	2
Figure 2 : Localisation du projet	3
Figure 3 : Localisation de la zone d'étude	3
Figure 4 : les images de l'ouvrage existant en mauvais état	6
Figure 5 : Localisation des biefs du canal.	12
Figure 6: localisation de L'ouvrage (dalot de 3 x 3 x 3)	19
Figure 9 : Exemple d'un type d'éclairage public (Neoenergy).	30
Figure 10 : Lignes longitudinales et transversales.	32

INTRODUCTION

Le Gouvernement de la République du Niger a, dans le cadre de la mise en œuvre du Programme de la Renaissance, élaboré et adopté un Programme de Développement Économique et Social (PDES). Ce dernier prend en compte les projets et programmes prévus par la stratégie nationale des transports, en vue de renforcer et de préserver son réseau routier national qui constitue l'une des principales infrastructures de son appareil économique.

C'est pour atteindre ces objectifs que le programme Niamey Nyala a vu le jour, afin de mettre la politique du gouvernement en matière d'aménagement urbain. Dans le domaine d'infrastructure. Le programme prévoit entre autres projets, « le projet de réaménagement du canal Gountou-Yena ».

L'aménagement de ce canal constitue une de problématique et pas de moindres, auxquelles fait face la ville de Niamey il s'agit de la question de l'assainissement urbain. Les travaux issus de ce projet comprennent :

- **Le revêtement du canal en perré maçonné sur un linéaire de 1400ml**
- **Les travaux de constructions de deux voies de déviation d'environ 1km.**
- **Et le redimensionnement d'un ouvrage de franchissement situé sur le chenal Gountou-yena.**

En effet Gountou-yena est l'un des bras du fleuve Niger traversant la ville de Niamey. Il constitue un exutoire pour une grande majorité des bassins versants de la ville de Niamey . son aménagement revêt alors , d'une importance capitale pour l'assainissement de la ville .

Cet ainsi sera présenté dans ce document les études technique de deux bretelles servant la déviations entre l'avenue de l'Indépendance à la voie express et de la voie express à l'avenue de la mairie, le redimensionnement du dalot (2 x 2 x 4) situé sur le canal Gountou-yena et l'aménagement dudit canal.

Le présent document sera structuré en cinq (5) points qui seront présentés comme suit :

- Présentation de la structure d'accueil, et du projet ;
- Méthodologie de conception ;
- Etude technique ;
- La notice d'impact environnementale et sociale ;
- L'étude financière.

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL, ET DU PROJET.

1.1. Présentation de la structure d'accueil

Le contrôle et la surveillance des travaux ont été confiés au Bureau d'étude GERMS consulting, représenté sur le chantier par une Mission de Contrôle chargée de la coordination des opérations et la gestion des interfaces entre le Maître d'Ouvrage, le Maître d'Œuvre, l'Entreprise et les autres acteurs du projet.

GERMS consulting est un bureau d'étude Nigérien intervenant dans le domaine de l'ingénierie des Travaux Publics et de l'Eau.

1.1.1. Principaux domaines d'activités

GERMS intervient principalement dans les domaines suivants :

- ✓ Infrastructures de transport
- ✓ Architecture et génie civil ;
- ✓ Génie rural, hydraulique et environnement ;
- ✓ Géophysique, hydrogéologie, pétro physique et cartographie ;
- ✓ Études d'impact et intermédiation sociale.

1.1.2. Moyens utilisés

1.1.3. Moyens humains

La situation du personnel est présentée dans l'organigramme ci-dessous :

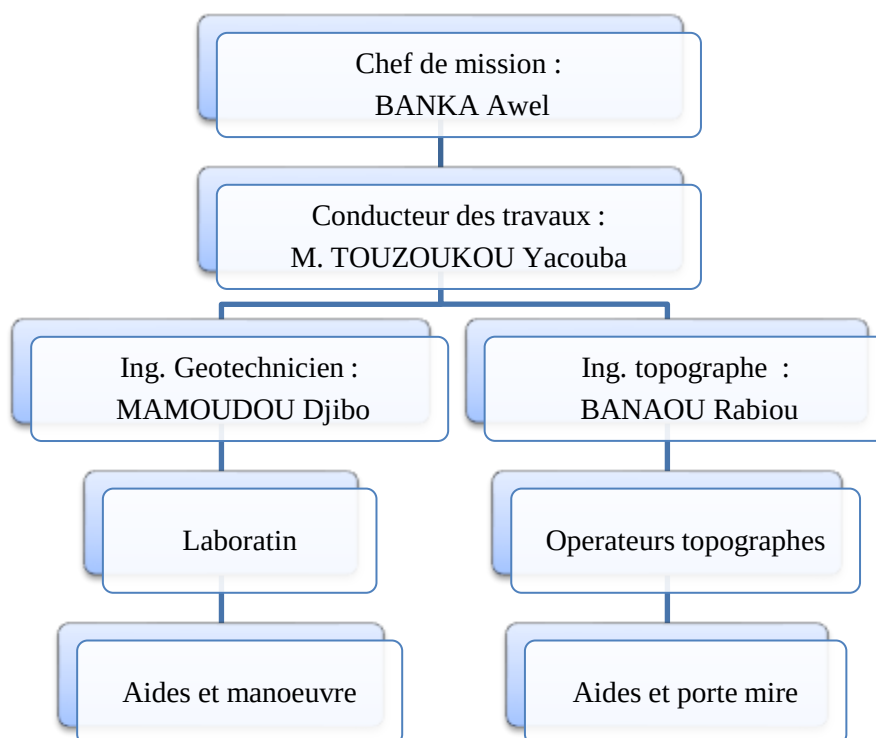


Figure 1 : Organigramme du personnel de groupement .

1.1.4. Moyens matériels

Pour mener à bien la tâche confiée à la Mission de Contrôle, des Moyens Logistiques et matériels ont été mis à sa disposition et sont composés de :

Moyens logistiques :

- ✓ Une (01) Station wagon LAND CRUISER TOYOTA pour le chef de Mission ;
- ✓ Trois (03) pick-up double cabine type TOYOTA HILUX 3.0 DAD.

Matériel topographique :

- ✓ Une 01 station totale avec tous les accessoires possibles ;
- ✓ Un 01 niveau N₂ avec tous les accessoires possibles ;
- ✓ Deux 02 jeux d'accessoires topo (chaînes, piquets, marqueurs, parasol, etc.) ;
- ✓ Deux 02 paires de talkie walkies.

Matériel de laboratoire (commun avec l'entreprise) :

- ✓ Granulométrie (tamis, agitateur, éprouvettes, entonnoir...) ;
- ✓ CBR (moules CBR et ces composantes, marshal CBR) ;
- ✓ Pénétrömètre et ses éléments ;
- ✓ Viscosimètre ;
- ✓ Proctor (dame, moules...) ;
- ✓ Des balances électroniques ;
- ✓ Casa grande et marbre ;
- ✓ Presse et moules à béton.

1.2. Présentation du projet

1.2.1. Localisation de la zone du projet

La région de Niamey forme une enclave dans le département de Kollo. Elle est située dans la partie Sud-ouest du Niger entre les latitudes 13°35' et 13°24' Sud et les longitudes 2° et 2°15' Est. Son altitude est comprise entre 160 m et 250 m et ses limites administratives s'étendent sur 552,27 km. Elle est traversée du Nord-Ouest vers le Sud-est par le fleuve Niger sur une longueur de 15 km.

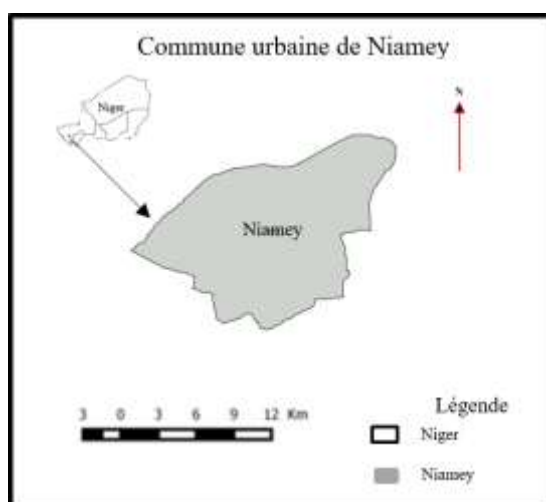


Figure 2 : Localisation de la zone d'étude

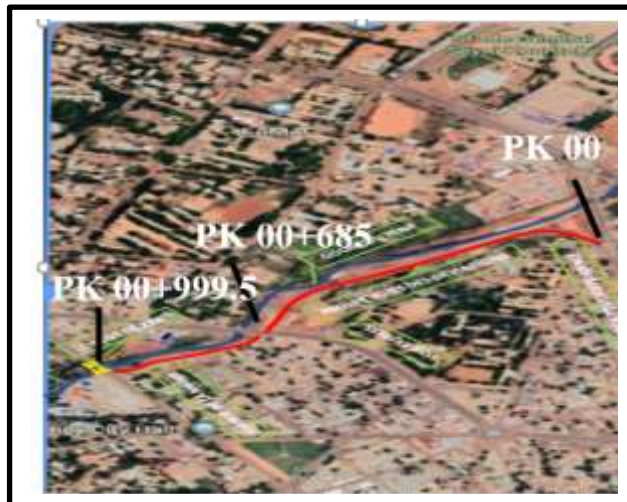


Figure 3 : Localisation du projet

1.2.2. Caractéristiques physico-naturels de la zone

a. Relief et sol

Le relief de Niamey est subdivisé en deux grandes parties, le plateau de la rive gauche et la plaine de la rive droite. L'altitude moyenne du plateau de la rive gauche est de 250 m environ. Surplombant d'une dénivellation de 20 à 25 m, ce plateau occupe le plus grand espace urbanisé. La plaine de la rive droite est la zone par excellence du maraîchage urbain et périurbain. Avec une altitude moyenne de 125 m, cette plaine s'étend sur plusieurs kilomètres. On note également la présence des dunes fossiles issues des périodes arides du quaternaire. Les dunes forment au niveau des plateaux des couvertures sableuses ou des cordons dunaires longitudinaux de direction Est-Ouest. Ce sont des sols peu évolués, pauvres et faciles à travailler. Ils conviennent surtout aux cultures céréalières.

Sur le plan pédologique, On distingue trois types de sols :

- Les sols des plateaux cuirassés, qui sont très dégradés et n'offrent aucune possibilité agricole du fait de leur profondeur et de leur perméabilité et surtout de leur extrême aridité ;
- Les sols à texture sableuse incluant les sols ferrugineux tropicaux des vallées sablonneuses. Ils sont utilisés à des fins agricoles pendant l'hivernage et exposés à une dégradation continue en raison du manque de jachère, du déboisement, du surpâturage et des effets néfastes de l'érosion ;
- Les sols hydro morphes localisés dans la vallée du fleuve Niger. Ils sont réservés aux cultures de contre saison et abritent la plupart des vergers de la capitale en raison de leur fertilité et des possibilités d'irrigation qu'offre le fleuve

b. Climat

Le climat est de type sahélien avec une pluviométrie variant de 500 à 700 mm par an. Les températures moyennes varient de 18 ° en janvier à 45 ° C en avril. Les vents dominants sont : l'; harmattan (chaud et sec et parfois poussiéreux), et la mousson (vent charge d'humidité et annonciateur des pluies)

C'est l'atmosphère des deux saisons qui couvre la zone d'étude au cours de l'année à savoir :

- Une saison des pluies très courte de trois à quatre mois allant de juin en septembre ;
- Une longue saison sèche qui dure huit à neuf mois de l'année .

c. Activités socio-économiques

Les activités économiques des populations de la communauté urbaine de Niamey sont assez diversifiées et concernent à des degrés variables tous les secteurs. Les principales sont par ordre d'importance: le commerce, l'industrie, l'agriculture, l'élevage et la pêche L'agriculture est composée principalement de la riziculture et du maraîchage. La culture du riz est faite dans les aménagements traditionnels ou modernes. Les superficies exploitées sont en constante régression du fait de l'extension continue de l'espace urbain. C'est l'un des secteurs les plus

frappés par les conséquences des inondations. Le maraichage est pratiqué tant au bord du fleuve ainsi que dans les bas-fonds de la rivière de Gountou Yéna. La culture de contre saison fait vivre beaucoup de familles ; elle est d'un apport dans l'économie du pays.

1.2.3. Contexte général du projet

Le programme Niamey Nyala est un engagement et des ambitions de l'Etat du Niger pour sa capitale . Et cela dans une vision intégrée qui prend en compte la promotion de conditions décentes de logement ; l'accès généralisé des services essentiels de base (assainissement, éclairage public...) ; l'amélioration de la mobilité urbaine ; le soutien aux activités économiques et à la création d'emplois. Une approche opérationnelle, pragmatique pour promouvoir un modèle de développement durable.

Dans le détail, ce programme a été structuré en 13 composantes que sont : l'assainissement, la rénovation du centre-ville, la rénovation de la zone administrative, l'aménagement du plateau de Saguia, la réhabilitation des villages urbains de Gamkallé et Saga, l'aménagement de la corniche Yantala-Gamkallé, **l'aménagement du Gountou-Yéna**, le réseau de transport Echangeurs, le projet de construction de 5000 logements dans les communes et villes chefs-lieux de régions, l'aménagement de la ceinture verte, l'aménagement de la nouvelle zone industrielle, le schéma de cohérence territoriale, l'accompagnement en termes de décongestionnement, embellissement et salubrité.

Le projet d'aménagement et de bitumage de 70 kilomètres de voirie urbaine dans la ville de Niamey entre dans le cadre du Programme Niamey Nyala, et est en parfaite adéquation avec les objectifs du programme de renaissance de l'Etat Nigérien'' . Le présent projet rentre justement dans ce programme, il représente un maillon de ce programme et vise principalement à la réalisation des infrastructures visant à améliorer la fluidité du trafic urbain, l'embellissement et le renforcement du rôle de Niamey en tant que ville moderne.

1.2.4. Justification des travaux.

Le présent projet vise essentiellement la réalisation de deux bretelles et l'aménagement du canal Gountou-yéna. Il a comme objectif de: décongestionner la circulation au niveau des principaux axes concernés par le projet ;de limiter les accidents dans le réseau routier de la ville de Niamey ;et d'embellir le lieu public. Au-delà de ses caractères d'embellissement ; cet aménagement va permettra d'assurer le bon drainage des eaux de pluie ;la protection des habitations, cultures, et activités commerciales riveraines ; et d'assurer le bon fonctionnement des ouvrage existants sur le canal ;

1.2.5. Constats sur l'ouvrage existant (dalot de 2 x 2 x 4) sur Gountou yéna :

Des visites faite sur le terrain d'études ont fait ressortir un dalot existant de 2 x 2 x 4 au niveau du PK 01 + 225 sur Gountou-yéna . des images prises montrent qu'aux alentours de cet ouvrage, l'endroit est devenu un sérieux problème pour les riverains en effet, l'eau qui arrive amène des grosses particules de tout genre qui bloque souvent les ouvertures du dalot et interrompe l'écoulement. Ce qui fait déborder les eaux qui inondent les habitant et engendre beaucoup de dégâts sur son parcours ;



Figure 2 : les images de l'ouvrage existant en mauvais état

II. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

Pour atteindre efficacement l'objectif global de cette étude, il a été défini une méthodologie qui constitue un plan d'orientation permettant de décrire une chronologie des étapes à suivre décrite dans le tableau 1.

Tableau 1 : cadre logique

Objectif spécifique	Activités à mener	Résultats escomptés
Description de la zone d'étude	Collecte des données sur le terrain auprès des services techniques compétents	Présentation claire de la zone d'étude avec des données fiable.
Conceptions géométrique des bretelles.	Analyse et exploitation des données topographique, Choix de la vitesse de référence et de type de route, détermination des caractéristiques géométrique.	Ressortir le tracé en plan, profil en long et profil en travers.
Etude structurale de la chaussée.	Etude de trafic, dimensionnement de la chaussée, vérification du dimensionnement de la variante retenue.	Classe du trafic, classe de portance et choix des matériaux des couches de chaussée.
l'assainissement routier.	Etude hydrologique , choix des ouvrages à projeter, dimensionnement hydraulique et structural des ouvrages retenus, aménagement du canal.	Ressortir les sections d'ouvrages et leurs ferrailages.
Equipement de la route.	Etude de la signalisation nécessaire et l'éclairage .	Type et emplacement des signalisations, implantation des candélabres
Etude d'impact environnementale et sociale.	Analyse des impacts positifs et négatifs du projet.	Identification des impacts du projet et proposition des mesures d'atténuation
Etude quantitative et estimative.	Détermination des quantités à mettre en place et estimation des couts.	Cout global prévisionnel des travaux.

III. ETUDE TECHNIQUE

3.1. Conception géométrique

3.1.1. Etude Topographique.

L'objectif visé à travers cette campagne de travaux sur le terrain est de faire sortir l'axe de la route, de prendre les références altimétriques et planimétriques des certains points situés dans la zone d'étude.

Pour parvenir à ce résultat, une étude topographique de l'ensemble de la zone du projet a été effectuée conformément aux termes de référence. L'ensemble des levés a été rattaché au nivellement général du Niger.

➤ Levé topographique

Le levé topographique doit matérialiser le paysage actuel du site et comprend tous les détails rencontrés sur le site et dans son voisinage immédiat, il s'agit notamment :

- Des bornes de lotissement ;
- Des limites et seuils d'entrées de concessions ;
- Des arbres ;
- Des regards de visite ;
- Des candélabres et supports de réseaux électriques et téléphoniques ;
- Des fontaines publiques ;
- Des kiosques ;
- Des passages d'eau ;
- Des affleurements rocheux ;
- Du bas-fond et des monticules ;
- Des bornes topographiques de toute natures existants .

Avant de commencer toute opération topographique dans une zone, il faut d'abord définir un canevas de base sur lequel on va s'appuyer afin d'effectuer les opérations.

Le traitement de ces données, la conception du tracé géométrique et la définition de la ligne rouge ont été effectuées à l'aide du logiciel Piste 5.06. Les plans ainsi générés ont été habillés à l'aide des logiciels de dessin AUTOCAD et COVADIS.

➤ Implantation

Suivant les principes de la conception géométrique des routes et le standard d'aménagement adopté, l'axe en plan sera implanté à raison :

- D'un piquet en fer à chaque sommet ;
- De deux bornes de déport à chaque sommet de la polygonale avec écriture directe sur la borne ;
- D'un piquet en bois (avec des inscriptions aux profils en travers) à chaque vingt-cinq mètres et à chaque point particulier matérialisant un profil en travers du terrain naturel.

Les résultats issus de cette étude topographique se composeront de 3 éléments de géométrie servant à la représentation de la route.

- Le plan côté du site permettant d'établir le tracé en plan ;
- Le profil en long ;
- Le cahier des profils en travers.

Sur les deux derniers éléments seront indiquées la ligne du terrain naturel TN (ligne noire) et celle du projet (ligne rouge). (**annexe 1**).

3.1.2. Norme d'aménagement

Les normes routières, adoptées dans la présente étude, correspondent aux recommandations de l'ARP (Aménagement Routes principales) : [Ministère de l'Équipement /Direction des Routes France].

3.1.3. Caractéristiques géométriques des voies

Elles sont définies en fonction du trafic à écouler et du niveau de confort et de sécurité que l'on souhaite offrir à l'utilisateur

Ce choix dépend des objectifs que le maître d'ouvrage de la voirie se fixe concernant:

- La nature des "fonctions" que la voie doit assurer ,
- Le niveau de satisfaction à atteindre pour certaines de ces fonctions.

a. Vitesse de référence

Cette vitesse est définie comme la vitesse qui peut être pratiquée en tout point de la section considérée. Elle est donc imposée par les zones dont les caractéristiques géométriques sont les plus contraignantes et elle permet ainsi de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ces zones particulières.

Etant donné que nous sommes en milieu urbain, nous choisissons une vitesse de référence de 60 km/h.

b. Choix du type de route

Conformément à la classification de l'ARP , les routes principales sont subdivisées en trois types :

- **Les routes de type L** : Ainsi désignées par référence à la notion de grande liaison, sont les autoroutes.
- **Les routes de type T** : pour lesquelles la fonction d'écoulement du trafic de transit à moyenne ou grande distance est privilégiée, sont les « routes express à une chaussée »
- **Les routes de type R** : qui constituent l'essentiel des réseaux des voies principales de rase campagne, sont multifonctionnelles : ce sont les artères interurbaines et les routes0

Comme nous sommes face à un petit tronçon , nous optons pour la **route de type R**.

c. Choix de la catégorie

Pour les routes de Type R, on distingue les catégories suivantes :

- **La catégorie R60** qui, en relief vallonné, permet généralement de réaliser un bon compromis entre les coûts et le confort (pour ce qui concerne les aspects dynamiques),
- **La catégorie R80** qui est généralement bien adaptée lorsque les contraintes de relief sont faibles.

En déduisant de **a. vitesse de référence** et **b. type de route**, les deux bretelles seront de la catégorie **R60**.

d. Tracé en plan

Le tracé en plan est la projection sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée. C'est une succession de droites, d'arcs de cercle et de courbes de raccordement. Les valeurs caractérisant le tracé de ces voies à étudier sont indiquées dans l'annexe 1.

Le choix de notre tracé en plan prend en compte certains critères dans le but :

- D'éviter au maximum l'impact sur les constructions ;
- De minimiser les terrassements et autant que faire équilibrer les déblais et les remblais du profil en long ;
- Assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort de l'utilisateur ;
- Minimiser le déguerpissement.

e. Profil en long

Le profil en long est le développement du cylindre vertical sur lequel est tracé l'axe de la route. Il est constitué de segments de droite (pente ou de rampe suivant le sens de la marche si la route descend ou monte) raccordés par des arcs de cercle caractérisés par leur rayon. Les valeurs caractérisant le profil de ces voies à étudier sont indiquées dans l'annexe 1.

La combinaison des éléments du tracé en plan, en coordination avec le profil en long, doit permettre :

- En premier lieu de réserver une proportion convenable de zones où la visibilité est suffisante pour permettre le dépassement.
- Simultanément, on doit éviter l'effet de monotonie et réduire en conduite nocturne le temps d'éblouissement par les phares lié aux grands alignements droits

f. Profil en travers

C'est la coupe transversale de la chaussée et de ses dépendances qui permet de déterminer :

- La position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements ;
- L'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel ;
- Les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

g. Nombre de voies

Pour cette route la chaussée sera de deux (2) voies avec un trafic T_1 et caractérisé par les caractéristiques géométriques consignés dans le tableau 2 .

Tableau 2 : Paramètre générale de la conception (R60)

Désignation du paramètre				Symbole et unité	Catégorie de route
					3 ^{eme}
Vitesse de référence				Vr (km/h)	60
Tracé en plan	Devers maximal			δM (%)	7
	Rayon en plan	Minimal absolu (devers δM)		RHm	120
		Minimal normal (devers δM)		RHN δ(%)	240 (5%)
		Au devers minimal		RH'' (2.5%) RH'' (2%)	450 500
		Non déversé		RH'	600
Profil en long	Déclivité maximale en rampe			πM(%)	7
	Rayon en angle saillant RV(m)	Chaussée bidirectionnelle (2 voies)	Minimal absolu (devers δM)	RVm ₁	1600
			Minimal normal (devers δM)	RVN ₁	4500
	Rayon en angle rentrant RV'(m)	Minimal absolu (devers δM)		RVm ₂	1500
		Minimal normal (devers δM)		RVm ₂	2200
Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement minimale sur route 2 voies				RVD (m)	6500

3.2. Assainissement et Etude hydrologique et hydraulique

L'objectif de la présente étude est la définition de toutes les mesures et tous les ouvrages nécessaires afin d'assurer la protection de ces voies pendant toute l'année, et de limiter les interventions continues d'entretien. Il s'agira de manière spécifique de mener une étude hydrologique afin de dimensionner les sections de l'ouvrage hydraulique qui seront prévus sur les voies de déviation et d'autre part de refaire le dimensionnement de l'ouvrage de franchissement sur le chenal Gountou-yena.

Cette partie va s'articuler autour de trois principaux points à savoir :

- Aménagement du canal.
- Déterminations des débits ;
- Dimensionnement des ouvrages à l'exutoire.

3.2.1. Aménagement du canal.

Il s'agit d'aménager un chenal de la rivière Goutou-Yena sur un linéaire de 1400m, le chenal sera aménagé en canal de section trapézoïdale et revêtu en perré maçonné (annexe 2.1). comme cela a été prescrit par le Cahier de Charge Technique (CCT).

Cet aménagement se fera en trois (3) biefs.

- Premier bief long de 710 m situé entre l'avenue de l'Indépendance et la voie express ;
- Deuxième bief long de 315 m situé entre la voie express et l'avenue de la mairie,
- Et le troisième bief long de 380 m situé entre l'avenue de la mairie et la BK11



Figure 3 : Localisation des biefs du canal.

Ce canal est caractérisé par :

- Une section du talus qui est définie trapézoïdale ;
- Des parois internes qui sont en perré maçonné ;
- De 24,5 m de large,
- Un écoulement qui est supposé être uniforme ;
- Une pente des talus qui est prise 2/3 indiquant le fruit de berge $m=1.5$;
- Un coefficient de rugosité n qui est pris égal à 0.045 (assez bon)
- Une profondeur normale de $y_n=1.9$ m.

3.2.3. Détermination des débits de crue

a. Déterminations des débits à l'exutoire sur la voie de déviation

➤ Délimitation du bassin versant

A l'aide du logiciel « ArcGIS », un bassin versant a été délimité suivant les cours d'eau couvrant la zone de déviation. (annexe 2.2).

Ce logiciel a permis d'extraire les paramètres indiqués dans le tableau 7.

➤ Caractéristique physique du bassin versant

La détermination des caractéristiques du bassin consiste à calculer , ou évaluer , les paramètres explicatifs, indispensables à la mise en œuvre de la méthode proposée.

Ces caractéristiques sont tel que : la superficie, le périmètre, l'indice global de pente, la longueur du rectangle équivalent, la pente moyenne et éventuellement la courbe hypsométrique.

➤ Surface

La surface (S) du bassin versant en km^2 , est déterminée avec une précision acceptable à l'aide du logiciel .

➤ Indice de compacité

Ce paramètre Intervient dans le calcul de l'indice de pente , c'est un coefficient qui caractérise la forme du bassin, Il est obtenu par la relation :

$$I_{comp} = 0,282 \times P \times S^{1/2} . \text{ Avec : } P \text{ périmètre du bassin versant et } S \text{ sa surface.}$$

➤ Rectangle équivalent (km)

C'est un rectangle qui a la même superficie , le même indice de compacité et la même distribution hypsométrique que le bassin versant. Sa longueur est donnée par l'expression suivante : $L = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16 \times S}}{4}$

➤ Indice global de pente (m/km)

C'est indice caractérise le relief du bassin versant, il est défini par la formule suivante :

$$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L}$$

Avec :

- $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$ les altitudes ayant approximativement 5 et 95% de la superficie du bassin versant ces altitudes. Elles sont déterminées à l'aide de la courbe hypsométrique du bassin versant ;
- L : la longueur du rectangle équivalent.

➤ Dénivelées spécifiques (m)

Donnée par la formule $D_s = I_g \times \sqrt{s}$

➤ densité du drainage (km/km²)

La densité du drainage est donnée par la formule $D_d = \frac{\sum L_i}{S}$

➤ Pente moyenne (m/km)

Donnée par la formule : $I_{moy} = \frac{H_{\text{élevée}} - H_{\text{faible}}}{\sqrt{s}}$

Tableau 3 : Caractéristique du bassin traversant la bretelle (1)

Bassin versant	Superficie (km ²)	Périmètre (km)	Z max (m)	Z min (m)	Pente I (%)	Longueur du chemin hydraulique (m)
	0,17	1,981	225	222	2,3	141.12

a. Méthode de déterminations des débits du projet

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 étudiés et des données pluviométriques de la zone du projet. Les trois grandes familles de méthodes sont : l'hydrologie

statistique, l'hydrologie analytique et l'hydrologie déterministe. Ces différentes méthodes sont exposées ci-après :

➤ Méthodes statistiques directes

Cette méthode est utilisée lorsque l'on dispose des mesures en un point jaugé qui peut servir de référence pour déterminer le plus haut niveau atteint par les eaux sur ce cours d'eau. Cette mesure peut être rattachée à la topographie du site de l'ouvrage projeté pour en déterminer les Plus Hautes Eaux (PHE).

Ainsi sur la base des séries chronologiques des débits maximums journaliers annuels observés, un ajustement statistique direct 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.

➤ Méthode analytiques

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 décennal en un point connu où 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 :

$$Q_p = Q_0 \cdot \left(\frac{S_p}{S_0}\right)^\alpha ; \quad \text{Avec : } \alpha = 2/3 \text{ si } S_p < S_0$$

$$\alpha = 1/2 \text{ si } S_p > S_0$$

➤ Méthodes déterministes

L'évaluation des débits de crue décennale est faite à partir du manuel élaboré par les équipes du Comité Interafricain d'Etudes Hydrologiques (CIEH), de l'ORSTOM, du Laboratoire Commun de Télédétection CEMAGREF-ENGREF (LCT), du BCEOM et de la FAO.

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 (2) méthodes actualisées de l'ORSTOM et du CIEH.

Ces méthodes actualisées et révisées, publiées en 1996, s'appliquent aux bassins versants situés entre les isohyètes annuelles 150-200 et 1 200 mm, ayant des superficies comprises entre 0,2 ou 1-2 km² à 10 000 km².

À ces deux méthodes s'ajoute la méthode rationnelle qui est appliquée aux petits bassins versants dont la superficie ne dépasse pas 4 km², cette méthode permet le calcul du débit maximal d'un bassin en tenant compte de la capacité d'égout .

Par ailleurs, vue la taille du bassin versant (petit bassin) en question, et leur milieu nous allons utiliser la méthode rationnelle pour avoir plus de précision sur le débit de crue.

➤ Méthode rationnelle

Cette méthode est appliquée aux petits bassins versants dont la superficie ne dépasse pas 4 km². Pour une averse donnée, homogène dans le temps et dans l'espace d'intensité I (mm/h), le débit à l'exutoire du bassin versant atteint sa valeur maximale lorsque la durée de l'averse est au moins égale au temps de concentration T_c du bassin.

Le temps de concentration est le temps que met une goutte provenant du point le plus éloigné de l'exutoire pour parvenir à celui-ci. Le débit à l'exutoire est donné par la formule :

$$Q_p = 0,278 \times C \times I \times S$$

Avec

- **C** : coefficient de ruissellement ;
- **I** : intensité de l'averse ;
- **S** : superficie du bassin versant.

La détermination de l'intensité de l'averse décennale I , passe d'abord par celle du temps de concentration T_c du bassin versant, qui à son tour, dépend de la longueur du plus long cheminement hydraulique et de la pente moyenne du bassin versant.

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

La formule générale de calcul décrite ci-dessus donne l'intensité de l'averse pour la crue décennale utilisée pour le calcul du débit de dimensionnement des dalots.

Toutefois, il reste possible de calculer l'intensité d'une averse de fréquence quelconque à travers l'introduction d'une correction sur le paramètre a de la formule de Montana (le paramètre b apparaissant comme indépendant de la fréquence égal à 0,5).

Pour les pays d'Afrique tropicale de la zone sahélo-soudanienne, nous disposons des résultats des études effectuées par BRUNET MORET et les Services de l'ORSTOM ; les courbes « intensité-durée- fréquence » tracées pour les différents pays font ressortir pour les paramètres a et b de la formule de Montana les valeurs suivantes :

- **b** est sensiblement constant et égal à 0,5 ;
- **a** varie de 7,0 à 7,8 avec une valeur moyenne de 7,5 pour le Mali, le Burkina Faso, le Niger, le Tchad, et pour la bande comprise entre les 10^e et 15^e parallèles nord.

Compte-tenu de la précision que l'on peut espérer de notre formule, nous considérons que l'intensité de la pluie décennale dans la zone du Projet répond approximativement à la formule :

$$I = 7,5 \cdot T_c^{-0,5}$$

Avec I en millimètres par minute et T_c exprimée en minutes.

T_c est déterminé à l'aide des formules empiriques de KIRPISCH et de RICHARDS qui s'expriment par :

- **Formule de KIRPISCH :**

$$T_c = \frac{1}{52} \times \frac{l^{1.15}}{H^{0.38}} = \frac{1}{52} \times \frac{l^{0.77}}{p^{0.38}}$$

Avec :

T_c : temps de concentration en minutes,

L : distance en mètres entre l'exutoire et le point le plus éloigné du Bassin Versant,

H : dénivelée en mètres entre l'exutoire et le point le plus éloigné du Bassin Versant.

- **Formule de RICHARDS :**

$$\frac{T_c^3}{T_c+1} = 9.8 \times K \times \frac{L^2}{C} \times R \times P$$

Avec :

T_c : temps de concentration

K : coefficient fonction du produit $C.R$

L : longueur du chemin hydraulique

$R = H + \frac{H}{T_c}$ (H = hauteur d'eau tombée en mm pendant la durée T_c en heures)

C : coefficient de ruissellement du bassin versant

p : pente du bassin versant

b. Application de la méthode Rationnelle

La formule générale de cette méthode est : $Q_T = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot S$;

avec :

- C : Coefficient de ruissellement.

C 'est le coefficient de ruissellement qu'on suppose uniforme sur le petit bassin versant et pendant la durée de l'averse. Ce coefficient est donné en fonction de la superficie du bassin versant, de sa pente et de sa couverture végétale par le tableau joint en **annexe 2.3** du présent rapport. $C = 0.7$ coefficient tiré du tableau 30 de l'hydraulique routière

- I : L'intensité de l'averse de durée de retour T

L'intensité de l'averse de crue de période de retour T peut être déterminée de plusieurs manières :

- A travers l'utilisation des courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) relatives à une station pluviométrique donnée ;
- A travers l'utilisation de formules empiriques faisant intervenir des coefficients correcteurs dépendant de la zone d'étude.

Pour cette étude, nous exploitons la formule suivante dite de Montana : $I = a.T_c^{-b}$. Dans laquelle :

T_c : temps de concentration du bassin versant ;

a et **b** : coefficients de Montana définis pour différentes régions climatiques d'Afrique.

Pour la présente étude, nous prenons les valeurs suivantes représentatives du climat de la zone du projet et d'usage courant : **a = 7,5** et **b = 0,5**

Par la formule de Kirpish, on calcul

$$T_c = \frac{1}{52} \times \frac{l^{1.15}}{H^{0.38}} = \frac{1}{52} \times \frac{l^{0.77}}{p^{0.38}} = \frac{1}{52} \times \frac{(141.12)^{0.77}}{(0.023)^{0.38}} = 3.65 \text{ mn d'où } I = 3.92 \text{ mm/m} = 235.2 \text{ mm/h}$$

Bassin	C	I	S	Débits du projet (m ³ /s)
	0.7	235.2	0.17	8

3.2.4. Débit des eaux de ruissèlement latérale

Une route , qu'elle soit en remblais ou en déblais , subit des risques graves d'érosion dus aux eaux de ruissèlement,

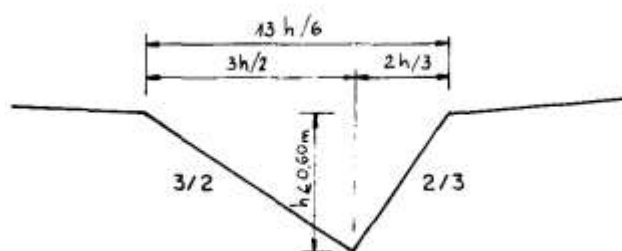
Les protections contre ces dégradations peuvent être :

- Directes, soit par augmentation de la résistance à l'érosion, soit par rectification régulière des surface érodées (entretien)
- Indirecte, par localisation du ruissèlement dans des ouvrages étudiés spécialement pour écouler les eaux sans dégât, c'est le système d'assainissement constitué par le réseau des fossés et leurs ouvrages de décharge, ce qui fera l'objet de ce point.

Ces fossés seront capables de concentrer toutes les eaux de ruissèlement ayant une action directe sur la route , quelles proviennent des impluviums extérieure ou bien de la plateforme routière proprement dite et des talus attenants.

C'est ainsi, qu'il sera prévu un fossé latéral triangulaire destiné à collecter toutes menaces en eau afin de protéger les axes en question.

Ce fossé aura une profondeur inférieure ou égal à 0.6 m avec une pente de talus de $\frac{3}{2}$ et une largeur de $\frac{13 \cdot h}{6}$ comme l'indique la figure ci-apres.



Le débit de ce fossé est donné par la formule suivante :

$$Q=VS \text{ et } V= K \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

Avec Q = débit en m^3/s

V = Vitesse en m/s

K = coefficient de rugosité de Manning

R = Rayon hydraulique en m

I = Pente longitudinale en m/m ,est égal 0.5

Le fossé a un talus 3/2 , 2/3 donc :

$$V_{\max} = 1.8 \text{ m/s}$$

$K = 25$ revêtement rocheux

$$R = \frac{h\sqrt{13}}{10} = \frac{0.6 \times \sqrt{13}}{10} = 0.216 \text{ m.}$$

$$S = \frac{13h^2}{12} = \frac{13 \times 0.6^2}{12} = 0.39 \text{ m}^2$$

d'où $Q = 2.48 m/s$

cette valeur sera ajoutée à son point décharge.

3.2.5. Détermination de débit à l'exutoire de l'ouvrage situé sur Gountou-yena

Dans cette partie du projet , des ouvrages de franchissement existent il est plus convenable d'utiliser la méthode de singularité sur le lit pour estimer les débits. cette méthode est basée sur la présence du singularité sur le lit (chute, rétrécissement, déversoir , digue déversante, buse, dalots etc.) qui peuvent concerner l'ensemble du lit du cours d'eau et permettre une évaluation de la totalité du débit.

La méthode est basée sur l'utilisation de formule de REHBOCK qui est issue de l'association du théorème de Bernoulli et de la condition du régime critique.

En particulier,

- Lorsque cette singularité est constituée d'un radier en régime dénoyé la formule est :

$$Q = \mu \cdot L \cdot H_{AM} \cdot (2 \cdot g \cdot H_{AM})^{1/2} .$$

Où , Q est le débit exprimé en m^3/s ;

μ représente le coefficient de débit résultant des mesures expérimentales ;

L la longueur du radier en m ;

H_{AM} la hauteur d'eau en amont comptée à partir de la crête du radier en m .

- Lorsque cette singularité est constituée d'une buse ou d'un dalot, la formule générale est de la forme :

$$Q = \mu \cdot S_1 \cdot (2 \cdot g \cdot H_{AM})^{1/2} .$$

Où , Q est le débit exprimé en m^3 ;

μ représente le coefficient de débit dont la valeur des caractéristiques dépend des caractéristiques géométriques de l'entrée de la buse ou du dalot et de ses abords ainsi que du hauteur d'eau en amont ;

S_1 est l'aire de la section de la buse ou dalot en m^2

H_{AM} la hauteur d'eau en amont de la buse ou dalot en m.

Dans le cadre de notre projet , nous avons la présence d'un ouvrage (dalot 3x3x3) situe sur la BK11 en amont immédiat du site d'implantation de nouvel ouvrage de franchissement. Cet ouvrage va servir de base pour l'estimation de débit. Comme décrit ci-dessus, il s'agit à travers les caractéristiques de l'ouvrage (section, hauteur d'eau en amont de l'ouvrage , les conditions d'entrée de l'ouvrage etc.) de déterminer le débit évacué par cet ouvrage selon la formule :

$$Q = \mu \cdot S_1 \cdot (2 \cdot g \cdot H_{AM})^{1/2}$$

Avec : $S_1 = 3 \times 3 = 9 \text{ m}^2$,

$H_{AM} = 3 \text{ m}$ en supposant dans le cas le plus défavorable l'ouvrage travaille en charge ;

$\mu = 0.374$ déterminé en fonction de $m = H_{AM}/D = 3/3 = 1$ et à partir de l'abaque 77 de la page 248 de l'hydraulique routier.

Ainsi $Q = 0.374 \times 9 \times (2 \times 9.81 \times 3)^{1/2} = 25.82 \text{ m}^3/\text{s}$.Comme c'est un ouvrage a trois compartiment on multiplie le débit trouvé par 3 d'où $Q \approx 78 \text{ m}^3/\text{s}$



Figure 4: localisation de L'ouvrage (dalot de 3 x 3 x 3) servant la détermination du débit pour le nouvel ouvrage

3.2.6. Dimensionnement hydraulique des ouvrages.

Pour le dimensionnement de ces ouvrages , nous allons suivre les méthodes du manuel « Hydraulique routière » élaboré par le ministre français de la coopération et du développement, Nous considérons que les ouvrage vont fonctionner pour une sortie dénoyée avec un écoulement à surface libre . en effet la sortie noyée n'intervient que dans le cas où l'aval présente une situation de confluence qui fait remonter le niveau de l'aval.

Après itération et succession des étapes (Annexe 2) le choix des ouvrages projetés s'est porté sur un dalot à deux comportements identique (2 x 1.5 x 1.5) pour la voie de déviation et un dalot à 5 compartiment de largeur B = 4 m et D = 4 m (5 x 4 x 4) pour l'ouvrage situé sur Gountou-yena . ainsi les débits à évacuer par compartiment se résument dans le tableau 8.

Tableau 4 : Débit a évacué par ouverture

Ouvrage	PK	Débit a évacué par l'ouvrage	Débit a évacué par ouverture
Dalôt sur la voie de déviation	00 + 365	10.48 m ³ /s	5.24 m ³ /s
Dalôt sur Gountou-yena	01 + 225	78 m ³ /s	19.5 m ³ /s

3.2.7. Dimensionnement structural des ouvrages

a. Prédimensionnement du corps des ouvrages

➤ Epaisseur des Dalles

Les épaisseurs des dalles sont fonctions de la portée entre les piédroits. Elles sont déterminées pour résister au poinçonnement provoqué par les surcharges. Les épaisseurs de dalle sont calculées à l'aide de la formule suivante :

$$e = \frac{l}{32} + 0,125 \quad \text{avec } l : \text{longueur d'une ouverture.}$$

➤ Epaisseur des Radiers

L'épaisseur du radier est prise égale à celle de la dalle.

➤ Epaisseur des Piédroits

L'épaisseur de chaque piédroit sera prise égale à l'épaisseur du tablier conformément aux recommandations du Guide de conception pont cadres et portiques.

➤ Prédimensionnement de la tête des ouvrages

Les hypothèses suivantes sont faites :

- Les têtes du cadre fermé ne sont pas solidaires du corps de l'ouvrage ;
- Les murs en aile sont inclinés de 30 degrés ;
- L'épaisseur au sommet du mur doit être supérieur ou égal à 25 cm pour des raison de commodité de bétonnage ;
- L'épaisseur des semelles seront prises supérieur ou égal à l'épaisseur de base du mur en aile.

b. Fondation des ouvrages

Les types d'ouvrages projetés constitués de dalots simples ou multiples présentent l'avantage de ne pas poser de problèmes particuliers sur le plan géotechnique. Les contraintes généralement appliquées au terrain d'assise sont faibles et souvent inférieures à 1 bar. Il apparaît

toutefois souhaitable de procéder à un compactage préalable du fond de fouille de façon à améliorer la cohésion du matériau d'assise qui, à l'état naturel, pourrait présenter un pourcentage de vide important.

3.3. Principes de calcul

Le calcul sera mené suivant les règles de dimensionnement du manuel BAEL 91, quant aux surcharges routières elles seront prises conformément au fascicule 61 titre II.

3.3.1. Caractéristique des matériaux

➤ Le Béton

- Dosage 400 kg/m³ de Ciment Portland Artificiel (CPA),
- Résistance caractéristique à la compression à 28 jours , $f_{c28} = 30 \text{ MPa}$;
- Résistance à la traction à 28 jours : $f_{t28} = 0,6 + 0,06f_{c28} = 2,4 \text{ MPa}$;
- Poids volumique du béton = 25 KN/m³
- Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU: $f_{bu} = \sigma_{bc} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b} = 17 \text{ MPa}$
avec de $\theta = 1$ et $\gamma_b = 1,5$
- Contrainte admissible (limite) du béton en compression à l'ELS $\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 \times f_{c28} = 18 \text{ MPa}$

➤ L'acier

- Nuance d'acier : Acier à Haute Adhérence (HA) FeE400 ;
- Limite d'élasticité $f_e = 400 \text{ MPa}$;
- Contrainte admissible de l'acier : $\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 347,83 \text{ MPa}$. Avec de $\gamma_s = 1,15$;
- Fissuration préjudiciable : $\bar{\sigma}_{bc} = \text{Min} \left(\frac{2}{3} f_e \text{ Max} (0,5 f_e; 110 \sqrt{\eta \cdot f_{tj}}) \right) = 215,55 \text{ MPa}$.

➤ Sol

- Poids volumique du remblai : 20 KN/m³
- Coefficient de poussée de la terre : $K_a = 0,33$;
- Contrainte admissible du sol : 1bar.

3.4. Résultats de dimensionnement

L'étude d'ouvrages d'art à cette phase d'avant-projet détaillé a pris en compte, outre-les détails et contraintes relatifs au projet, les observations du site suite aux études préliminaire.

L'étude d'ouvrages a abouti au :

- Dimensionnement d'un dalots en béton armé de section 2 x 1,5 x 1,5 sur la première bretelle ;
- Dimensionnement d'un dalot en béton armé de section 5 x 4 x 4 sur Gountou-yena.

Des dispositifs de protection des ouvrages ainsi que de signalisation-sécurité des usagers ont été également pris en compte.

Sur la base des plans issus de ces résultats, nous avons élaboré les avant-métrés qui sont pris en compte dans l'évaluation des coûts des travaux.

La présente étude technique détaillée a permis de mettre en évidence les détails d'implantation et de construction des ouvrages en prenant en compte notamment les contraintes techniques, environnementales, économiques et esthétiques (annexe 3).

Pour assurer la pérennité des ouvrages hydrauliques (dalot), plusieurs cas de chargement ont été effectué afin de prendre en compte le cas de chargement le plus défavorable pour le dimensionnement de chaque élément de structure.

3.5. dimensionnement structural de la chaussée de déviation.

Ce point revient à déterminer le nombre couche , leur épaisseur ainsi que les matériaux constitutifs de celle-ci pour que la nouvelle structure puisse supporter tout au long de sa durée de vie projetée. Il tient compte, entre autres, de la nature et des caractéristiques des matériaux de viabilité disponibles dans la zone du projet.

Pour ce faire , nous allons passer d'abord par la méthode empirique CEBTP pour déterminer les différentes épaisseurs des couches et ensuite nous allons utiliser le logiciel Alizé LCPC pour la vérification des contraintes et déformations que peut engendrer le trafic dans toutes les couches et le sol support.

3.5.1. Etude géotechnique.

L'objectif de cette étude est de prévoir le comportement des sols et des matériaux lors de la mise en service de la chaussée.

L'étude des sols appliquée à la construction des routes est un élément essentiel de la conception routière. Le tracé d'une route est un ruban qui peut recouper des zones de structure très différentes d'où la nécessité de connaître les différents terrains rencontrés.

L'objectif ici est :

- d'identifier et de caractériser les sols du tracé ;
- d'identifier et de caractériser les matériaux à utiliser pour la chaussée ;
- de définir les caractéristiques de portance de la plate-forme de la chaussée ;
- de dimensionner les différentes couches de chaussées (structures de chaussées) ;
- de dimensionner les fondations des ouvrages (étude de fondation).

Les moyens de reconnaissance du sol pour l'étude d'un tracé routier sont essentiellement :

- l'étude des archives et documents existants ;
- L'aperçu visuel du terrain et les essais « in –situ » ;
- Les essais de laboratoire.(voir le tableau suivant)

La liste suivante, non limitative, énumère les caractéristiques des sols et matériaux à étudier :

- Analyse granulométriques ;
- Limites d'Atterberg ,
- Equivalent sable ;
- Essais CBR (Californian Bearing Ratio) ;
- Essais Proctor modifié (densité optimum) .

a. Identification du sol support.

Les sondages faits sur le site d'implantation des voies ont permis de déterminer les différentes classes de la plateforme support de la chaussée comme cela est présenté dans le tableau 10 :

Tableau 5 : Identification du sol en place

N° du sondage		1	2	3	4	5
PK		00	00+100	00+200	00+300	00+995
Profondeur (m)		1,2	1,2	1	1	1
Matériaux		Sable	Sable	Sable limoneux	Sable	Sable
Granulométrie < 80		22,8	13,2	15,6	14,9	
ES		29,9		25,9		
W% naturel			0,5		8	8
Limite	W _l		18,0		21,0	21
	I _p		7,5		9,1	9,1
Proctor	W%	8	6,0	8	8,2	8,2
	Y _d	1,94	1,5	1,94	1,9	1,9
CBR	100%	16,0	17,0	78,0	55,0	55,0
	98%	14,6	13,0	55,0	48,0	48,0
	95%	12,5	7,0	28,0	37,0	37,0
Différente classe du sol sondé CBR à 95%						
CBR		12,5	7,0	28,0	37,0	37,0
Classe		S ₃	S ₂	S ₄	S ₅	S ₅

Les CBR sont déterminés après quatre jours d'imbibition et à 95% de la densité OPM. Ces résultats nous indiquent que le sol support est quasiment sableux .

Afin d'avoir la dimension des différentes couche de la chaussée , nous considérons la moyenne de CBR qui est de 24,3 d'où une classe (S₄) de la classification CEBTP indiqué dans le tableau 11 pour le sol support, et nous procéderons à la substituons de sol en place de PK00 à PK00 + 200 qui est un sol douteux (S₃ et S₂) par un sol de classe S₄

Tableau 6 : Classe du sol selon CEBTP

Classe	CBR
S ₁	CBR > 5
S ₂	5 < CBR < 10
S ₃	10 < CBR < 15
S ₄	15 < CBR < 30
S ₅	CBR > 30

3.5.2. Les études préliminaires nécessaires

L'étude de dimensionnement de la chaussée nécessite, outre les informations fournies par l'étude géotechnique sur la plate-forme support, le recueil préalable de données sur :

- le trafic,
- l'environnement climatique et hydrologique.

3.5.3.1. Le Trafic

Le trafic compté sur les principales voies reliées par la première bretelle est considéré pour le dimensionnement de la chaussée. pour cela une campagne de comptage de trafic a été menée

pendant trois (03) jours ouvrables (3, 4 et 7 Décembre 2018) par des équipes constituées par le bureau d'étude GERMS-consulting. Deux postes de comptage ont été placés et le comptage s'est déroulé de 7 heures du matin à 20 heures principalement sur l'intersection de la première bretelle-la voie express-deuxième bretelle et l'intersection de la première bretelle au boulevard de l'indépendance. Les résultats issus de ce comptage sont placés en **annexe 3**.

3.5.3.1. Trafic équivalent cumulé

L'aménagement de cet axe en 2 x 2 voies générera : un trafic, des investissements et de la baisse significative des coûts d'exploitation des véhicules. Mais au-delà, cet aménagement induira de nouvelles dynamiques dans les activités socio-économiques de la zone d'influence du projet au point de générer de nouvelles demandes de transport.

- a. Hypothèses du calcul du trafic
 - Année de mise en service 2020 ;
 - Essieu standard 13 tonnes ;
 - Taux d'accroissement géométrique 5% ;
 - Durée de vie 20 ans ;
 - Coefficient d'agressivité moyenne CAM : 1 ;
- b. Trafic de l'année de mise en service

En considérant une croissance exponentielle du trafic, le trafic moyen journalier annuel actualisé (année n) est donné par :

$$T_0 = TMJA = T_{PL} \times (1+i)^{n*}$$

Avec

i: taux de croissance géométrique ;

T_0 : trafic moyen journalier à l'année de mise en service des véhicules poids lourds;

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.

$$T_0 = 19 \times (1+0.05)^1 = 20 \text{ PL/jour/sens}$$

- c. Le trafic cumulé

Pour une progression géométrique, le trafic cumulé est donné par la formule suivante :

$$\begin{aligned}
 T_n &= 365 \times T_1 \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \\
 &= 365 \times 19 \times \frac{(1+0.05)^{20} - 1}{0.05} \\
 &= 229\,312 \text{ PL}
 \end{aligned}$$

Le trafic cumulé équivalent (NE) est le trafic à prendre en compte dans le calcul du dimensionnement, il correspond au nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 tonnes sur la

durée de vie considérée. Le calcul du NE qui fait intervenir l'agressivité (CAM) des PL, est donnée par la formule :

$$NE = T_n \times CAM$$

$$= 229\,312 \times 1$$

$$= 229\,312 \text{ PL}$$

Le résultat obtenu du trafic cumulé pendant la durée de vie de vingt (20) ans de la chaussée permet de déterminer la classe de trafic attendu pour la nouvelle chaussée.

Tout comme pour les sols, Le « guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux ou CEBTP de 1984 » donne les classes de trafic comme cela est indiqué dans le tableau 12. Ces classes peuvent être déterminées de trois manières différentes selon ce que l'on dispose soit :

- Du trafic journalier toute catégorie de véhicules confondues ;
- Du trafic cumulé de poids lourds ;
- Du trafic cumulé calculé selon les équivalences d'essieux.

Pour notre structure le trafic calculé est de type **T1**

Tableau 7: Classes de trafic (CEBTP).

Catégorie de trafic Proposé	Formule d'expérience du trafic	
	1	2
	Nombre journalier de trafic véhicules (véhicules/j)	Nombre cumulé d'essieux équivalent de 13 t
T1	$100 < T < 300$	$1 \times 10^5 < T < 5 \times 10^5$
T2	$300 < T < 1000$	$5 \times 10^5 < T < 1.5 \times 10^6$
T3	$1000 < T < 30\,000$	$1.5 \times 10^6 < T < 4 \times 10^6$
T4	$3000 < T < 6000$	$4 \times 10^6 < T < 1 \times 10^7$
T5	$6000 < T < 12000$	$1 \times 10^7 < T < 2 \times 10^7$

3.6. Dimensionnement structural selon la Méthode CEBTP

Par application du « Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées pour les Pays Tropicaux » conçu par le CEBTP (Centre d'Études du Bâtiment et des Travaux Publics) sous l'égide du Ministère de la Coopération Française. Le choix de la structure de chaussée est fait en fonction de la classe de trafic « Ti » et la classe du sol support « Si ».

Pour notre cas, le trafic étant de la classe T₁ et le sol de classe S₄ ; « le guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux » nous propose les structures dans le tableau 13 :

Tableau 8 : Quelques options proposé par le CEBTP

OPTION	Couche	Matériaux	Epaisseur (cm)
1	Revêtement	Bc ou 3 ^E	3
	Base	GLN	15
	fondation	GLN	15
2	Revêtement	Bc ou 3 ^E	3
	Base	Graveleux latéritique ou grave améliorer au ciment	15
	fondation	Grave latéritique naturel ou grave naturelle O/D	15
3	Revêtement	Bc ou 3 ^E	3
	Base	Concassé O/D	15
	fondation	Grave latéritique naturel ou grave naturelle O/D ou o/d	15

Cependant, pour un meilleur dimensionnement des chaussées, il est important de déterminer d'une part, les contraintes et les déformations engendrées par les charges de la circulation sur les différentes couches de la chaussée et d'autre part, les limites admissibles de chaque matériau afin de faire un bon choix sur les différentes couches.

3.6.1. Calcul des contraintes et des déformations admissibles :

Les matériaux soumis à la construction routière sont caractérisés par leurs limites admissibles qui sont essentiellement les contraintes $\sigma_{z,adm}$ et les déformations $\epsilon_{z,adm}$ admissibles au sommet de chaque couche.

- **Contraintes admissible**

Les contraintes admissibles $\sigma_{z,adm}$ sont calculées à partir de la formule suivante :

$$\sigma_{z,adm} = \frac{0.3 \times CBR}{1 + 0.7 \log NE} \quad (\text{Formule de Kerkhoven et Dormon})$$

$$\sigma_{z,adm} = \frac{0.3 \times 24.3}{1 + 0.7 \log 2.3 \times 10^5} = 1.534 \text{ MPa}$$

- **Déformations admissibles**

Les limites admissibles des déformations ou simplement déformations admissibles des matériaux soumis à la construction des chaussées souples sont calculées à partir des formules suivantes :

- $\epsilon_{z,adm} = 0.012 \times N^{-0.222}$ pour les chaussées à fort trafic ($T \geq T_3$) ;
- $\epsilon_{z,adm} = 0.016 \times N^{-0.222}$ pour les chaussées à faible trafic ($T < T_3$).

Dans notre cas, nous optons pour la formule $\epsilon_{z,adm} = 0.016 \times N^{-0.222}$ puisque le trafic considéré est de classe $T_1 < T_3$

N : représente le trafic cumulé en nombre d'essieux standard;

$$\epsilon_{z,adm} = 0.016 \times (2.3 \times 10^5)^{-0.222} = 0.00103232 \text{ déf} \quad \text{Soit} \quad \epsilon_{z,adm} = 1032.32 \mu\text{déf}$$

3.6.2. Vérifications des contraintes et des déformations avec alize

Après avoir procédé au dimensionnement par la méthode CEBTP qui est une méthode semi empirique, la vérification sera faite par la méthode rationnelle à travers le logiciel Alizé. Cette vérification consiste à calculer les contraintes et déformations au niveau des différentes couches et au sol support et par la suite de comparer leurs valeurs aux valeurs limites

- **Hypothèse**

La structure d'une chaussée est déterminée par couches d'épaisseurs finies (sauf la dernière), infinie en plan. Les matériaux ont un comportement élastique et linéaire, les contraintes sont des pressions ou des cisaillements.

Chaque couche de chaussée est caractérisée par quatre paramètres de base :

- L'épaisseur ;
- Le module d'élasticité (module de Young) du matériau $E = 5 \times \text{CBR}$;
- Le coefficient de poisson = 0,35 ;
- Et les liaisons avec les couches voisines (interface collé).

La plateforme étant de portance S4 avec un CBR minimal de 24,3 Son module est donné par $5 \times \text{CBR}$ qui donne 121,1 MPa. Le module de la couche de base est de $5 \times 115 = 575$ MPa. , la couche de fondation est de $5 \times 58,8 = 294$ MPa.

Principe

Le principe de calcul consiste à modéliser les structures de la chaussée de manière à évaluer les contraintes et les déformations provoquées par le trafic. Ensuite on les compare aux contraintes maximales susceptibles d'engendrer la rupture de la structure.

Si : $\sigma_{z \text{ adm}} > \sigma_{z \text{ calcul}}$ et : $\epsilon_{z, \text{adm}} > \epsilon_{z, \text{calcul}}$

- **Les paramètres d'entrées**

Les principaux paramètres pris en compte par Alizé pour le dimensionnement des chaussées sont les suivants :

- Trafic cumulé ;
- La charge de référence : essieu standard de 13 tonnes ;
- Le coefficient de poisson : $\nu = 0,35$;
- Les différentes hauteurs des couches de la chaussée ;
- Les interfaces entre les différentes couches de la chaussée sont considérées collées pour notre cas ;
- Le module de Young.

- **Les vérifications à faire**

Les vérifications à effectuer à ce stade de calcul concernent les critères de ruptures que sont :

- La déformation verticale ϵ_z à la surface du sol support doit être inférieure à la déformation admissible $\epsilon_{z,adm}$: $\epsilon_{z,calculée} \leq \epsilon_{z,adm}$;
- La contrainte verticale σ_z à la surface du sol support doit être inférieure à la contrainte admissible $\sigma_{z,adm}$: $\sigma_{z,calculée} \leq \sigma_{z,adm}$

Les paramètres à vérifier sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Caractéristique de la structure de chaussée

Possibilité	Couche	Epaisseur	E (MPa)	Coefficient de poisson (ν)
1	Base (GNT°)	15	575	0.35
	Fondation (GNT)	15	294	0.35
	Plateforme (sol support)	Infini	121.1	0.35
2	Base (Graveleux latéritique ou grave améliorer au ciment)	15	-	0.35
	Fondation (Grave latéritique naturel ou grave naturelle O/D)	15	-	0.35
	Plateforme (sol support)	Infini	-	0.35

Tableau 14 : Valeur de contrainte admissible et déformation admissible

Possibilité	Couche	Epaisseur	Valeurs admissibles		Valeurs admissibles		Vérification de : $\epsilon_{z,adm} \geq \epsilon_z$ $\sigma_{z,adm} \geq \sigma_z$
			$\epsilon_{z,adm}$ ($\mu\text{déf}$)	$\sigma_{z,adm}$ (MPa)	ϵ_z ($\mu\text{déf}$)	σ_z (MPa)	
1	Base (GLN)	15	1033	-	224.6	-	Ok
	Fondation (GLN)	15		-	974.0	-	Ok
	Plateforme (sol support)	Infini		1,54	897.0	0,109	Ok

L'option 1 proposé par CEBTP vérifie toutes les contraintes et les déformations. Donc nous considérons cette option pour la structure de notre chaussée :

- Couche de base 15 cm en graveleux latéritique naturel;
- Couche de fondation 15 cm en graveleux latéritique naturel.

Cette proposition est très favorable pour nous, parce que le matériau est disponible en quantité et qualité dans la zone du projet, le coût sera favorable et il nous fera gagner du temps lors de la mise en œuvre car sa technique d'utilisation est très bien connue.

Le revêtement sera en enduit superficiel bicouche de 3 cm comme cela a été proposé par CEBTP.

3.7. Equipements de la route ;

La route une fois réalisée doit être « habillée » grâce à des équipements qui permettent pour certains d'améliorer la sécurité, pour d'autres d'informer et de guider l'automobiliste.

3.7.1. Eclairage

L'éclairage des voies urbaines constitue un élément important de sécurité pour les piétons et pour les automobilistes, en même temps qu'un agrément évident pour le cadre de vie.

Cet éclairage a pour l'objectif de faciliter le déplacement des piétons sur les trottoirs et les rendre visibles par l'automobiliste lorsqu'ils traversent la chaussée. En section courante, le but à rechercher est qu'ils se détachent sur le fond général constitué par la chaussée éclairée. Au droit des passages piétons, on tend à utiliser le principe inverse et à mettre en place un éclairage focalisé sur le seul passage piétons, grâce à des lampadaires spécialement adaptés. On recherche pour ce type d'éclairage une luminance importante, de telle façon que les automobilistes perçoivent la présence du passage en même temps que celle des piétons.

Cela a l'objectif aussi :

- de diminuer l'éblouissement dû aux feux de véhicule ;
- d'améliorer l'estimation des distances ;
- de favoriser la sécurité des personnes et des biens ;
- de valoriser les espaces publics ;

Par conséquent, les objectifs à atteindre en éclairage de voies publiques peuvent être de 4 ordres à savoir la sécurité, le confort, la rentabilité et l'agrément (améliorer l'ambiance nocturne et participer à une animation urbaine.)

a. Implantation

Le dispositif d'éclairage est constitué de **candélabres** supportant des lampes.

Les candélabres doivent être dimensionnés et conçus pour résister aux efforts dus au vent et aux chocs, résister à la corrosion, être relativement légers pour faciliter la manutention, faciliter l'accès des appareillages. Ils doivent présenter une esthétique adaptée au site sur lequel ils sont implantés.

Les objectifs essentiels visés dans le choix des lampes sont l'efficacité lumineuse, quotient du flux lumineux émis par la puissance consommée, et la durée de vie. D'autres paramètres sont également pris en compte tels que la couleur apparente des lampes et le rendu des couleurs.

b. Paramètres d'implantation des luminaires.

- L'espacement (e) entre luminaires qui varie en fonction de type des voies ;
- La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées ;
- La largeur (l) de la chaussée ;
- La porte à faux (p) du foyer par rapport au support ;

- L'inclinaison ou non du foyer lumineux et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.
- c. Les travaux d'éclairage public

Ces travaux comprennent essentiellement :

- la réalisation des mini-réseaux MT ;
- la pose et le raccordement des postes de transformateurs MT/BT au réseau de distribution (NIGELEC) ;
- la pose des candélabres et accessoires à énergie solaire ;
- la pose des feux tricolores.

De nombreux types de lampes sont proposés par les fabricants qui présentent toutes des avantages et des inconvénients spécifiques.

C'est pendant nous recommandons les **lampes à décharge** par leur bonne efficacité lumineuse, une grande durée de vie, une bonne résistance aux chocs et aux vibrations. Montées sur des candélabres simples, le fonctionnement de l'éclairage sera assuré par un coffret d'éclairage normalisé.

L'analyse du site et des comportements des usagers fait ressortir que l'éclairage sera non seulement utile aux usagers de la route, mais aussi on observera la multiplication de diverses activités commerciales en cours de nuit autour de cet éclairage.

d. Nombre de candélabre

équidistant entre le lampadaire pour avoir une bonne luminance est égal à 35 m

$$\text{Bretelle 1 : } n = \frac{685}{35} \approx 20$$

$$\text{Bretelle 2 : } n = \frac{313}{35} \approx 10$$

Au total 30 candélabres seront prévus tout au long de ces deux voies

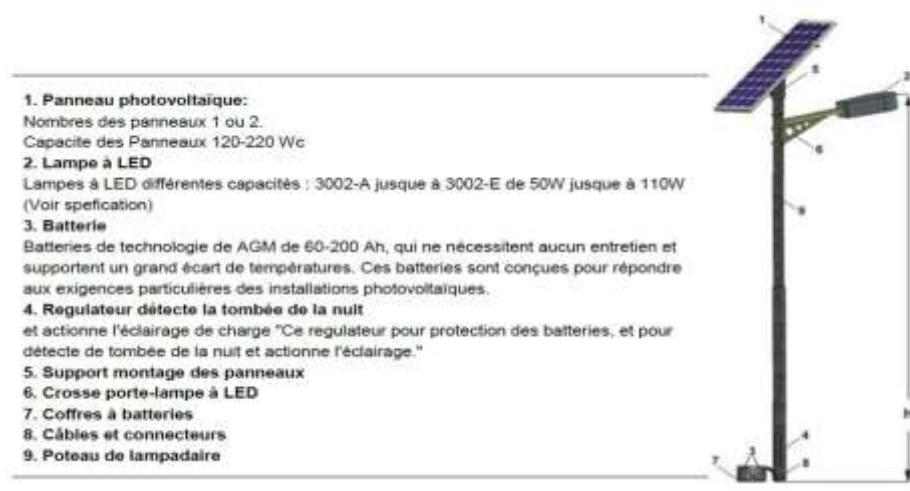


Figure 5 : Exemple d'un type d'éclairage public (Neoenergy Documentation -Candélabre-PV).

3.7.1. Signalisation

Compte tenu de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés.

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale (marquage des chaussées). Elle a pour objectif :

- de rendre plus sûre la circulation ;
- de faciliter cette circulation. ;
- d'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police ;
- de donner des informations relatives à l'usage de la route.

a. Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme. Les différents types de signaux verticaux sont consignés dans le tableau 15:

Tableau 15 : exemple des signalisations verticales du projet

Type	Description	Nombre	Forme	Largeur(mm)
Panneau AB4 	Panneau STOP : Arrêt à l'intersection, signal de position	2	Octogone	800
Type AB3a 	Laissé passage aux piétons	2	Triangulaire	1000
Panneau AB25 	Carrefour à sens giratoire, signal avancé	1	Triangulaire	1000
Panneau A2b 	Surélévation de la chaussée, signal avancé	1	Carré	700
Balise J1 bis 	Balise de virage et de délimitation d'ouvrage hydraulique	280	-	-

Ces panneaux sont prévus à des endroits respectifs :

- Type AB4 : au PK 00 + 685 et au Pk 00 de la deuxième bretelle ;
- Type AB3a : Au Pk1 , l'intersection de la 2eme bretelle et de l'avenue de la mairie ;
- Type AB : Au PK 00 , au niveau de l'intersection voie express a la 1ere bretelle ; voie express-2eme bretelle ;
- AB25 sur la deuxième bretelle ;
- Carrefour à sens giratoire : au niveau de l'intersection de la 1ere bretelle- avenue de l'Indépendance ;
- Balise J1 Bis qui seront placé tout au long du canal et au niveau des ouvrages hydrauliques .

b . Signalisation horizontale :

Elle a pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation ou à certaines catégories d'usagers, ainsi que, dans certains cas, la conduite que doivent observer les usagers. Etant dis la route ne pas une route à 2 chaussées donc la largeur de ligne marquage sera de 5 cm

La signalisation horizontale (figure 10) consiste essentiellement au marquage conventionnel de chaussée de toutes prescriptions, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation., nous avons prévu au total 1240 ml des marquages horizontaux pour l'ensemble de deux bretelles. il s'agit:

- les marquages longitudinaux :
 - ligne continue infranchissables qui seront fait dans le virage ;
 - lignes discontinues axiales ou de délimitation des voies de type T2 et T'1 ;
 - ligne discontinues d'annonce d'une ligne continue ou de délimitation des voies en agglomération type T2;
 - ligne discontinues de marquage de rive type T2 ;
- les marquages transversaux
 - ligne continue « Stop »,
 - ligne discontinue « Cédez le passage » .

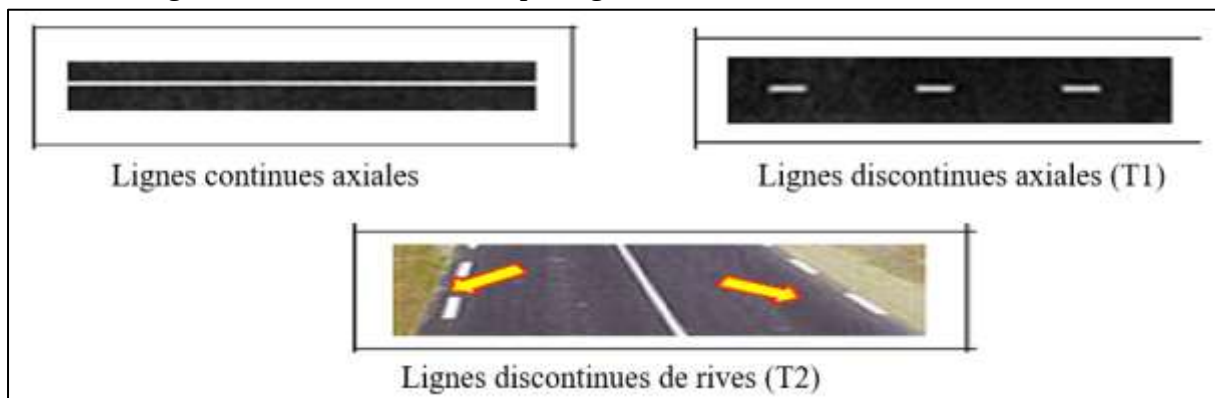


Figure 6 : Lignes longitudinales et transversales.

IV. Notice d'impacts environnementales et sociales

La définition d'un projet routier débute par l'expression du besoin en infrastructure, soit par les populations bénéficiaires, soit par les autorités gouvernementales au regard d'intérêts socio-économiques, (accès à une zone de production, une ville, un marché, un port, un aéroport, une gare ferroviaire, etc.), soit par des autorités politiques locales (désenclavement d'une région ou d'une localité quelconque, coopération internationale) ou pour des raisons de sécurité (décongestion de trafic, réhabilitation de points noirs). Donc son objectif principal est la satisfaction d'un besoin de progrès socio-économique.

Ce besoin est suivi d'une étude de faisabilité (avant-projet), qui permet d'étudier, sans rentrer dans les détails, la faisabilité et le bien fondé du projet. Cette phase précise les fonctions locales de l'aménagement, définit et compare les différentes possibilités de tracés (variantes) au regard des objectifs de l'aménagement et des contraintes à prendre en compte, choisit enfin une variante et définit son coût d'objectif, etc. Les conclusions de cette étape permettent de justifier le projet et ouvrent la voie à la recherche des sources de financement nécessaires et à l'approfondissement des études (études de faisabilité détaillées).

L'étude d'impact sur l'environnement fait partie intégrante de l'analyse de faisabilité du projet. En effet, les travaux de construction routière font partie de la liste des activités soumises à une étude d'impact complète définie par certains bailleurs de fonds et les réglementations nationales en la matière.

Le Niger, pays couvrant plus de 1 267 000 km² dont plus de 1/3 désertique, est confronté à des sérieux problèmes de dégradation de son environnement. Cette situation qui s'illustre par une avancée rapide du désert et une raréfaction des pluies induit des conséquences néfastes sur les conditions de vie d'une population déjà ténailée par l'extrême pauvreté et l'insécurité alimentaire.

cependant , Selon certains décrets portant d'application de l'Étude d'Impact sur l'Environnement, le promoteur est responsable de l'étude. Il rédige les termes de référence (TDR) de l'étude soumis à l'approbation du ministère en charge de l'environnement. Il fait ensuite appel à une expertise pour sa réalisation.

4.1. Cadre juridique

Au Niger, plusieurs lois et règlements obligent les promoteurs privés ou publics à respecter l'environnement lorsqu'ils projettent des travaux et aménagements qui peuvent avoir des impacts sur l'environnement. Ces lois et règlements sont principalement :

- **L'article 35 de la Constitution du 25 Novembre 2010 (particulièrement en son dernier alinéa)**, qui stipule que : « Toute personne a droit à un environnement sain. L'état a l'obligation de protéger l'environnement dans l'intérêt des générations futures. Chacun est tenu de contribuer à la sauvegarde et à l'amélioration de l'environnement dans lequel il vit. L'acquisition, le stockage la manipulation et l'évacuation des déchets toxiques ou polluants provenant des usines et autres unités industrielles ou artisanales installées sur le territoire national sont réglementés par la loi. Le transit, l'importation, le stockage, l'enfouissement, le déversement sur le territoire national de déchets

toxiques ou polluants, ainsi que tout accord y relatif constituent un crime contre la nation, puni par la loi. L'état veille à l'évaluation et au contrôle des impacts de tout projet et programme de développement sur l'environnement. » ;

- La Loi n° 61-37 du 24 Novembre 1961 règlementant l'expropriation pour cause d'utilité publique et l'occupation temporaire, modifiée et complétée par la Loi n°2008-037 du 10 Juillet 2008 ;
- La Loi n° 2004-040 du 8 Juin 2004 portant régime forestier au Niger ;
- La Loi n° 2001-32 du 31 Décembre 2001 portant orientation de la politique d'aménagement du territoire ;
- La Loi n° 98-56 du 29 Décembre 1998 portant loi cadre relative à la gestion de l'environnement ;
- Le décret n°2000-398/PRN/ME/LCD du 20 Octobre 2000 déterminant la liste des activités, travaux et documents de planification assujettis aux études d'impacts sur l'environnement ;
- Le décret n°2000-397/PRN/ME/LCD du 20 Octobre 2000 portant sur la procédure administrative d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement ;
- Ordonnance n°97-001 du 10 Janvier 1997 portant institutionnalisation des études d'impact.

4.2. Cadre institutionnel :

Il s'agit des institutions étatiques pouvant jouer un rôle important dans l'élaboration et le suivi des études d'impact sur l'environnement à savoir :

- Le Bureau d'Evaluation Environnementale et des Etudes d'Impact sur Environnement,
- Le Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable (CNEDD).

4.3. Plan de Gestion Environnementale et Sociale du projet:

C'est outil permettra à dénombrer les impacts majeurs (positifs et négatifs) du projet afin de proposer des mesures d'atténuation aux impacts négatifs liés au projet.

Le tableau 16 résume les potentiels impacts du projet sur l'environnement biophysique, humain et économique.

Tableau 16 : potentiels impacts du projet

Désignations	Composantes affectées	Périodes	Sources d'impact	Description de l'impact
Milieu biophysique	Qualité de l'air	Travaux	- Activités de chantier; - Trafic.	- Poussières et fumées générées par les travaux ; - L'augmentation des gaz à effet de serre tel que le CO₂, SO₂, NO dans l'atmosphère ambiant à travers de la combustion des hydrocarbures dans les véhicules et engins du chantier.
	Sols	Travaux	- Activités de chantier; - Travaux en zone d'emprunt ;	- Tassement du sol suite au passage des engins ; - Destruction du sol dans les zones d'emprunt et les carrières ; - Risque de pollution du sol par les déchets solides et liquide du chantier.
Milieu humain et Socioéconomique Milieu humain et Socioéconomique	Condition de vie des populations de la zone	- Travaux ; - Exploitation	Activités de chantier ;	- Accroissement des activités de restauration, du commerce et de l'artisanat pendant les travaux.
	Emploi et revenu	- Travaux ; - Exploitation	Activités de chantier ;	- Création de l'emploi lors des travaux de construction ; - Augmentation locale des revenus des populations et des travailleurs de l'entreprise ; - Augmentation de la superficie irrigable favorisant l'augmentation de de la production agropastorale.
	Circulation	- Travaux ; - Exploitation	Activités de chantier ;	- Perturbation de la circulation pendant les travaux ; - Fluidité du trafic au niveau des voies principales.
	Circulation			
	- Santé, - sécurité, - nuisance	Travaux	activités du chantier ;	- Maladies respiratoires et nuisance liées à la poussière ; - Risque de, contamination du VIH/SIDA ; - Risque d'accidents pendant les travaux ; - Nuisances sonores dues au bruit des engins de chantier ;

4.4. Impacts négatifs

- **Pollution atmosphérique**

la pollution de l'atmosphère par les fumées, et la poussière occasionnées par les engins et les différentes manœuvres durant les phases de construction.

- **La perturbation de la circulation**

La circulation sera perturbée au niveau des axes principaux (avenue de la justice route de l'indépendance et la voie express) pendant toute la phase de construction ceci du fait des va et vient des camions.

- **Nuisances sonores**

Durant la phase de construction ou d'exploitation ;

- **Destruction de l'environnement**

Le lancement de ce projet occasionnera d'important mouvements de terre (remblais et déblais), le dessouchage de beaucoup d'espèces végétales, le déboisement, la destruction de la microfaune ce qui induira une grande modification de l'environnement.

- **Le développement de maladies (MST)**

Il est probable que des travailleurs à mobiliser pour le projet que nous avons des risque de maladies telles que : les MST et les IST.

4.5. Impacts positifs

- Le projet présente l'avantage d'offrir les caractéristiques de confort, de rapidité et de sécurité nécessaires au trafic interne.
- L'amélioration de condition de vie de la population, "où il y'a la route le développement suit".
- La présence de l'infrastructure pourra favoriser l'implantation de nouvelles activités génératrices d'emplois.
- Le développement économique de la localité (notamment de restauration) : la main d'œuvre employée pour le projet permettra aux riverain d'accroître leur revenue.

4.6. Analyse des effets d'activités sources d'impacts

Les analyse des effets environnementale sont résumée dans le tableau suivant.

Tableau 17 : effets d'activités sources d'impacts

Phases de Projet	Construction		Exploitation	
Activités sources d'impacts	Effets négatifs	Effets Positif	Effets négatifs	Effets positif
Installation de chantier	Oui	Oui	-	-
Recrutement de la main d'œuvre	-	Oui		Oui
Décapage de la terre végétale	Oui	-	Oui	-
Abattage d'arbre	Oui	-	Oui	-
Travaux de terrassement	Oui	-	-	-
Protection des talus et des ouvrages annexes	Oui	Oui	-	Oui
Enduit	Oui	Oui	-	Oui
Signalisation	-	Oui		Oui

4.6. Mesure d'atténuations appropriées

- **Mesure de protection des sols**
 - Les terrains et les sols affectés devront être remis en état y compris les sols qui auront pu être accidentellement pollués ;
 - Isolement des hydrocarbures et tous produits dangereux sur site.
- **Mesures d'atténuation et de prévention des nuisances sonores**

L'entreprise doit s'engager à mettre en place les mesures d'atténuation et de prévention des nuisances sonores ci-après :

- Changement des pots d'échappement bruyants;
- L'insonorisation des compresseurs;
- L'entreprise informera régulièrement la population riveraine de l'avancement du chantier et des nuisances potentielles ;
- Eviter les travaux de nuit.
- **Mesures d'atténuation et de prévention de l'altération de la qualité de l'air**

Il s'agira de :

- Recouvrir les camions de bâches transportant des matériaux granulaires .
- l'entreprise procédera à un arrosage fréquent de la plate-forme sur les sites des travaux, afin de limiter les émissions de poussières à proximité des zones habitées;
- Interdiction de tout brûlage sur le site ;
- Modérer la vitesse de circulation des véhicules sur l'ensemble du site de travaux ;
- Interdiction des dépôts de déchets et des éventuelles ordures ;
- L'entreprise procédera à la collection des ménagères générées par le personnel du site dans des poubelles et évacuées selon la filière locale agréée ;
- Sensibiliser les populations sur les symptômes des maladies respiratoires pouvant survenir afin de permettre une prise en charge rapide.

- **Mesures de protection contre les MST, IST/SIDA, les maladies hydriques, les infections respiratoires et autres maladies ;**

L'entreprise mettra en œuvre les opérations suivantes :

- La sensibilisation du personnel sur les dangers MST, IST/SIDA ;
- L'arrosage régulier des aires de travaux par des citernes;
- Promouvoir le port des EPI et notamment les masques à poussières de protection par les travailleurs sur le site des travaux ;
- **Mesures d'atténuation et de prévention des risques d'accidents sur le chantier ;**

L'entreprise mettra en place les mesures suivantes :

- Élaboration et mise en œuvre d'un plan de signalisation de chantier approprié ;
- Port obligatoire par les employés des EPI et remplacement immédiat des EPI endommagés ; chaque ouvrier recevra un kit complet d'EPI, constitué au minimum d'un casque, d'une paire de gants, d'une paire de chaussure de sécurité et d'une tenue;
- Sensibilisation des conducteurs de l'entreprise au respect des mesures de sécurité sur le chantier et sanctions des contrevenants ;
- Les panneaux de signalisation seront fabriqués et mis en place pour indiquer les zones de travaux et les zones à risques ;
- Pour la délimitation de la zone des travaux, mettre des panneaux « chantier interdit à toutes personnes non autorisée ».

VI. L'étude financière

Le métré est une technique qui permet de quantifier ; c'est-à-dire procéder à la recherche des quantités de matières, de produits finis ou semis finis et de temps nécessaires à la réalisation d'une construction à partir des éléments donnés (esquisses, avant-projet de construction, plans détaillés,)

Le devis quantitatif s'effectuera suivant les différents volets qui suivent:

- ✓ Installations de chantier;
- ✓ Dégagement des emprises et terrassements ;
- ✓ Chaussée;
- ✓ Revêtement de la chaussée;
- ✓ Revêtement du canal;
- ✓ Ouvrage et protection;
- ✓ Sécurité et signalisation routière;
- ✓ Eclairage public;
- ✓ Mesures environnementales et sociales.

Le devis estimatif (annexe 4) quant à lui se fera en fonction des quantités déterminées dans le devis quantitatif et des prix pratiqués sur le territoire national.

Les prix unitaires qui ont servi de base d'évaluation sont des prix obtenus auprès des Services Techniques de l'administration des travaux publics et des enquêtes au niveau des appels d'offres récents au Niger .

Le tableau 17 donne le récapitulatif des coûts des travaux pour la globalité, de même que la figure 13 donne la répartition des différents coûts par poste des travaux:

Tableau 17 : le récapitulatif des coûts des travaux.

Désignation	Prix (Fcfa)	Prix en % par poste
Installation de chantier	123 750 000	3,011
Dégagement des emprises et terrassements	45 464 600	1,106
Chaussée	187 910 000	4,572
Revêtement	119 040 000	2,897
Ouvrage de protection	60 502 800	1,472
Sécurité et signalisation routière	9 060 000	0,220
Eclairage public	170 000 000	4,136
Mesures environnementales et sociales	691 855 000	16,834
Aménagement du canal y compris la nouvelle construction du dalot	2 702 176 000	65,750
Total (HT)	4 109 758 400	100
TVA (19%)	780 854 096	
Total (TTC)	4 890 612 496	

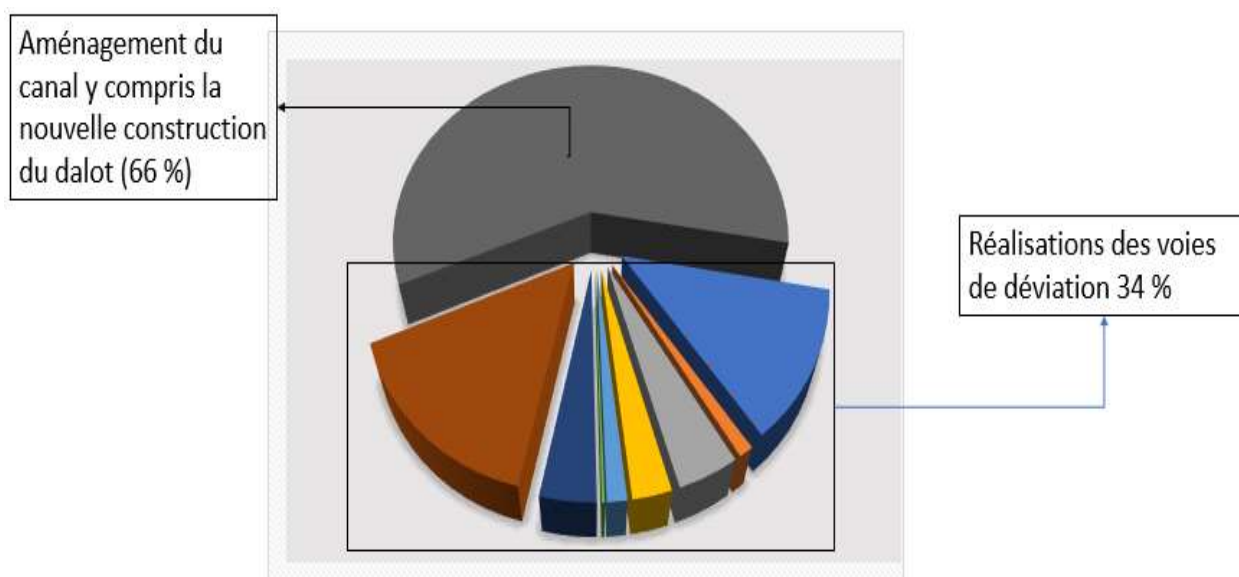


Figure 13 : Représentation des prix en pourcentage par poste de travail.

Avec cette répartition , on constate que La grande partie d'activité concerne les travaux d'aménagement du canal et de la nouvelle construction du dalot qui représentent 66 % ; et le reste est consacré pour la nouvelle structure de la chaussée .

Conclusion

Les propositions effectuées dans le cadre de ces travaux ont conduit principalement à la construction de deux voies de déviations , de l'aménagement de 1400 ml de canal sur la rivière Gountou-yena et de dimensionnement d'un dalot de 5 x 4 x 4 situé sur l'avenue de la mairie. L'aménagement du canal prévu dans le cadre de ces travaux, conduira les eaux provenant de l'ouvrage situé sur le boulevard Mali béro à l'ouvrage situé sur l'avenue de la Musée nationale constituant l'exutoire final qui conduit les eaux au fleuve .

Dans notre démarche d'étude pour les bretelles, nous avons principalement utilisé la norme ARP .Celle-ci est relative à la construction des routes communautaire tout en respectant les contraintes du terrain afin d'assurer le confort, la sécurité des usagers, la continuation du trafic et surtout l'économie et l'environnement. C'est ainsi que ces bretelles auront chacune une plateforme de 9.4 mètres de large dont 7 mètres pour la chaussée, et 1.2 mètres de part et d'autre pour les trottoirs , une couche de base et de fondation en GLN de 15 cm chacune et un revêtement en enduit superficiel bicouche . Pour le système d'assainissement, nous avons opté un fossé latéral capable de collecter les eaux superficielles de la chaussée et de ses abords pour les décharger par la suite dans un dalot prévu au PK00+365 qui les transitera vers l'exutoire final (fleuve Niger).

Des propositions techniques ont été faites durant cette étude pour, la structure des chaussées, l'assainissement, la signalisation, la sécurité, l'éclairage et une estimation du coût global. le souci était de proposer un projet réaliste, facilement réalisable, de moindre coût, avec un minimum d'impact environnemental et d'un entretien facile.

Le cout total des travaux hors taxe hormis les montants d'expropriations s'élève à Quatre milliards huit cents quatre-vingt-dix millions six cents douze milles quatre cents quatre-vingt-seize franc CFA toute taxe comprise (**4 890 612 496 FCFA TTC**).

Il faut retenir que les aménagements proposés ici , au-delà du fait qu'ils confortent les objectifs du projet en termes d'assainissement , apportent un grand plus à la mise en œuvre du programme « Niamey Nyala » . Il s'agit entre autres , d'embellir la ville de Niamey , de résoudre les problèmes d'assainissement et rendre la circulation fluide.

Aux termes de cette étude nous faisons les recommandations qui sont nécessaires :

- Mise en place d'une structure chargée de la prévention et de l'entretien des travaux exécutés ;
- Un suivi régulier et rigoureux des mesures environnementales .

Il était pour nous d'une part l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] • **CEBTP**, Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux, 1984
- [2]. **CEBTP-LCPC**, Manuel pour le renforcement des chaussées souples en pays tropicaux, 1985
- [3]. [Ministère de l'Équipement /Direction des Routes France]. du 5 août 1994, Aménagement de Route Principale du 28 octobre 1970. (ARP.)
- [4]. Fascicule 61 Conception, Calcul et Epreuves des Ouvrages d'Art ; Titre II. Programmes de charges et épreuves des pont-route.
- [5]. **Ministère de l'équipement, du logement, des transports et de la mer**, Instruction interministérielle sur la signalisation routière, arrêté du 7 Juin 1977
- [6]. **ORSTOM/CIEH, Crues et apports**, Manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche, 1996
- [7]. Règles BAEL 91 modifiées 99
- [8]. **SETRA**, Aménagement des carrefours interurbains sur les routes principales carrefours plans, Décembre 1998
- [9]. **SETRA**, Conception et dimensionnement des structures de chaussée, 1994, LCPC
- [10]. **Sidnomma Landry YAMEOGO**, « ETUDE TECHNIQUE DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT ET DE BITUMAGE DE LA ROUTE OUAGADOUGOU – KOMSILGA : TRANCHE FERME DE 4,3 KM EN ZONE URBAINE »Mémoire de fin de cycle Master, 2ie, 2016.

Annexes

Annexe 1 : Les éléments de la conception géométrique	44
Annexe 2 : Résultat d'étude Hydrologique	81
Annexe 3: Résultat de comptage du trafic.....	83
Annexe 4 : Etude hydraulique	85
Annexe 5 : Résultats de dimensionnement structurale.....	90
Annexe 6: vérification des contraintes du sol sur alizé LCPC	111
Annexe 7 : Estimatimation du cout	113

Annexe 1 : Les éléments de la conception géométrique

Tableau 9 : les éléments caractéristiques de profil en long pour la première

Eléments Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-6.83 %	55,000	0,000	202,252
Parabole 1	Rayon	594.61 m	39,200	60,000	197,266
	Sommet Abs.	100.952 m			
	Sommet Alt.	194.766 m			
Pente 2	Pente	-0.57 %	350,306	100,000	196,381
Pente 3	Pente	0.78 %	181,598	450,306	194,391
				685,504	195,815
Longueur totale de l'axe 685.504 mètre(s)					

Tableau 10: les éléments caractéristiques du tracé en plan pour la première bretelle

Eléments Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	323.3169 g	30,791	0,000	403812,102	1495005,025
Arc 1	Rayon	50.000 m	68,429	30,791	403783,353	1495016,052
	Centre X	403765.447 m				
	Centre Y	1494969.368 m				
Droite 2	Gisement	236.1901 g	277,122	99,220	403723,311	1494996,285
Arc 2	Rayon	300.000 m	193,306	376,342	403574,124	1494762,748
	Centre X	403826.941 m				
	Centre Y	1494601.244 m				
Droite 3	Gisement	195.1693 g	62,256	569,648	403527,804	1494578,502
				685,504	403532,524	1494516,425
Longueur totale de l'axe 685,504 mètre(s)						

Tableau 11 : les éléments caractéristiques de profil en long pour la deuxième bretelle

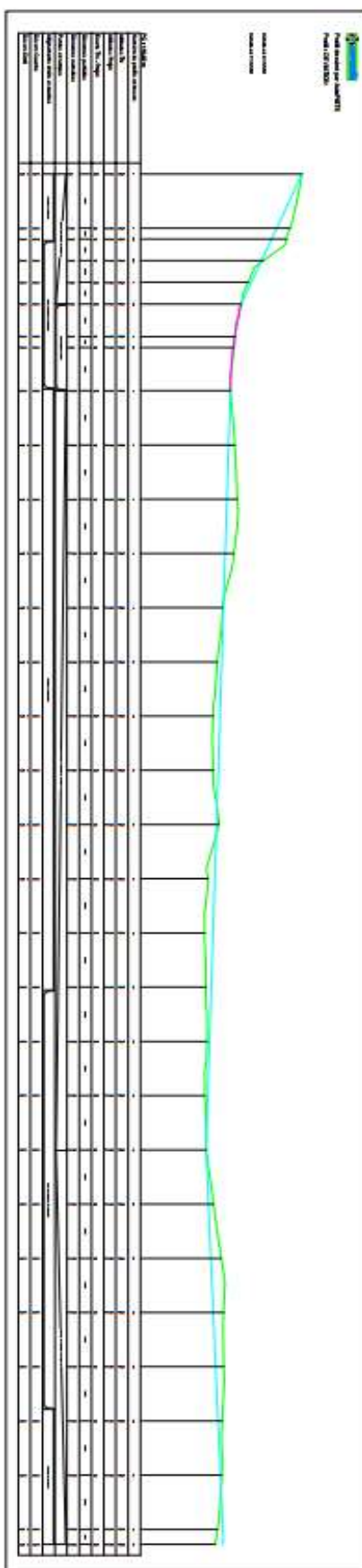
Eléments Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
<u>Pente 1</u>	<u>Pente</u>	<u>-4.26 %</u>	<u>10.000</u>	<u>0.000</u>	<u>194.520</u>
<u>Pente 2</u>	<u>Pente</u>	<u>0.10 %</u>	<u>90.097</u>	<u>10.000</u>	<u>194.094</u>
<u>Pente 3</u>	<u>Pente</u>	<u>0.20 %</u>	<u>160.591</u>	<u>100.097</u>	<u>194.181</u>
				<u>313.604</u>	<u>194.500</u>
Longueur totale de l'axe 313.600 mètre(s)					

Tableau 12 : les éléments caractéristiques du tracé en plan pour la deuxième bretelle

Eléments Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
<u>Droite 1</u>	<u>Gisement</u>	<u>205.4200 g</u>	<u>11.645</u>	<u>0.000</u>	<u>403510.791</u>	<u>1494490.280</u>
<u>Arc 1</u>	<u>Rayon</u>	<u>-30.000 m</u>	<u>6.838</u>	<u>11.645</u>	<u>403509.801</u>	<u>1494478.677</u>
	<u>Centre X</u>	<u>403479.909 m</u>				
	<u>Centre Y</u>	<u>1494481.229 m</u>				
<u>Droite 2</u>	<u>Gisement</u>	<u>219.9300 g</u>	<u>44.294</u>	<u>18.483</u>	<u>403508.451</u>	<u>1494471.989</u>
<u>Arc 2</u>	<u>Rayon</u>	<u>-100.000 m</u>	<u>13.924</u>	<u>62.777</u>	<u>403494.810</u>	<u>1494429.848</u>
	<u>Centre X</u>	<u>403399.670 m</u>				
	<u>Centre Y</u>	<u>1494460.645 m</u>				
<u>Droite 3</u>	<u>Gisement</u>	<u>228.7941 g</u>	<u>67.202</u>	<u>76.701</u>	<u>403489.615</u>	<u>1494416.942</u>
<u>Droite 4</u>	<u>Gisement</u>	<u>233.9616 g</u>	<u>25.385</u>	<u>143.903</u>	<u>403460.246</u>	<u>1494356.497</u>
<u>Arc 3</u>	<u>Rayon</u>	<u>-300.000 m</u>	<u>51.367</u>	<u>169.287</u>	<u>403447.337</u>	<u>1494334.640</u>
	<u>Centre X</u>	<u>403189.022 m</u>				
	<u>Centre Y</u>	<u>1494487.196 m</u>				
<u>Droite 5</u>	<u>Gisement</u>	<u>244.8619 g</u>	<u>40.034</u>	<u>220.654</u>	<u>403417.566</u>	<u>1494292.857</u>
				<u>313.604</u>	<u>403391.632</u>	<u>1494262.359</u>
Longueur totale de l'axe 313.600 mètre(s)						

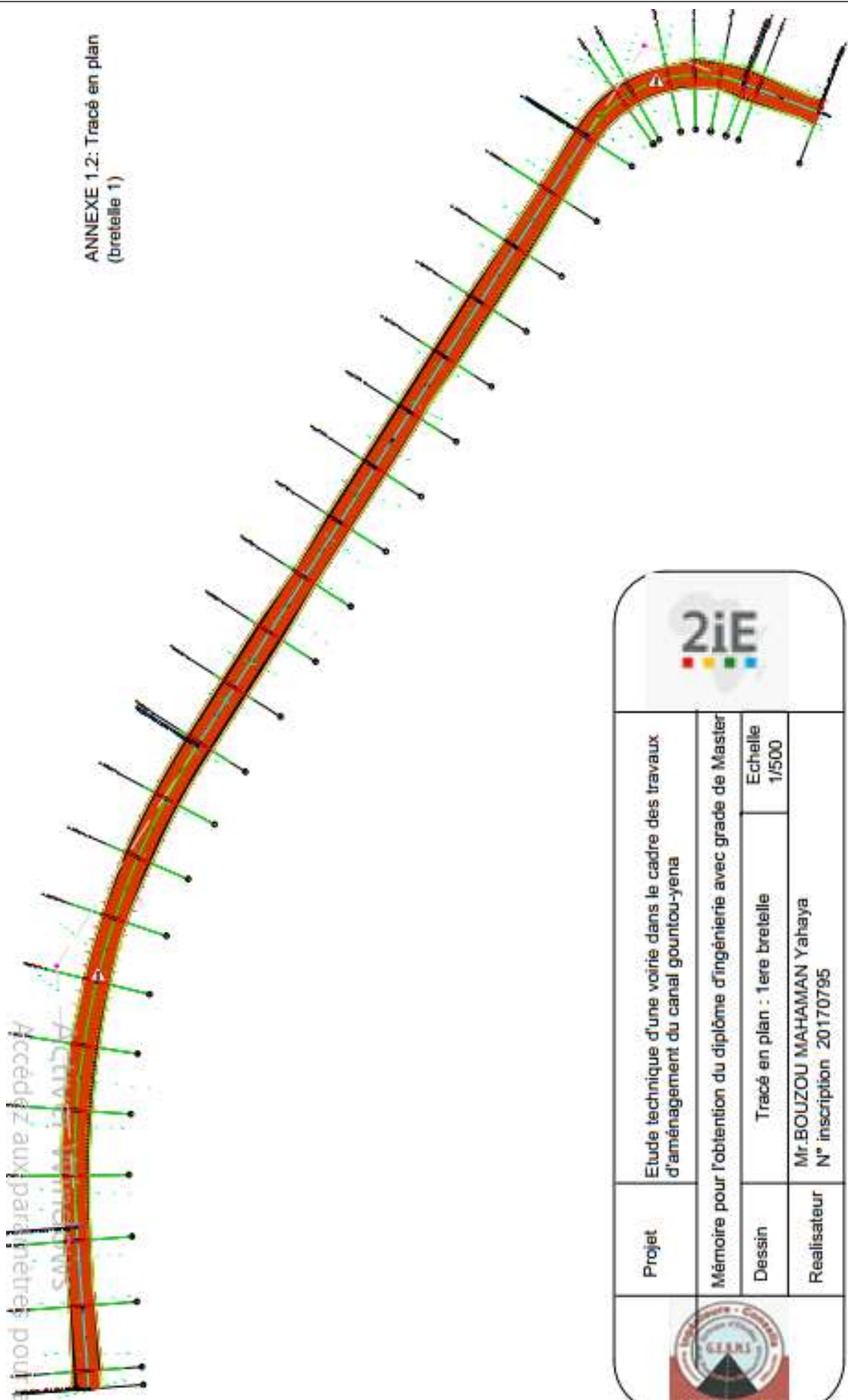
ANNEXE 1.1: Profil en long (bretelle 1)

Activer Windows

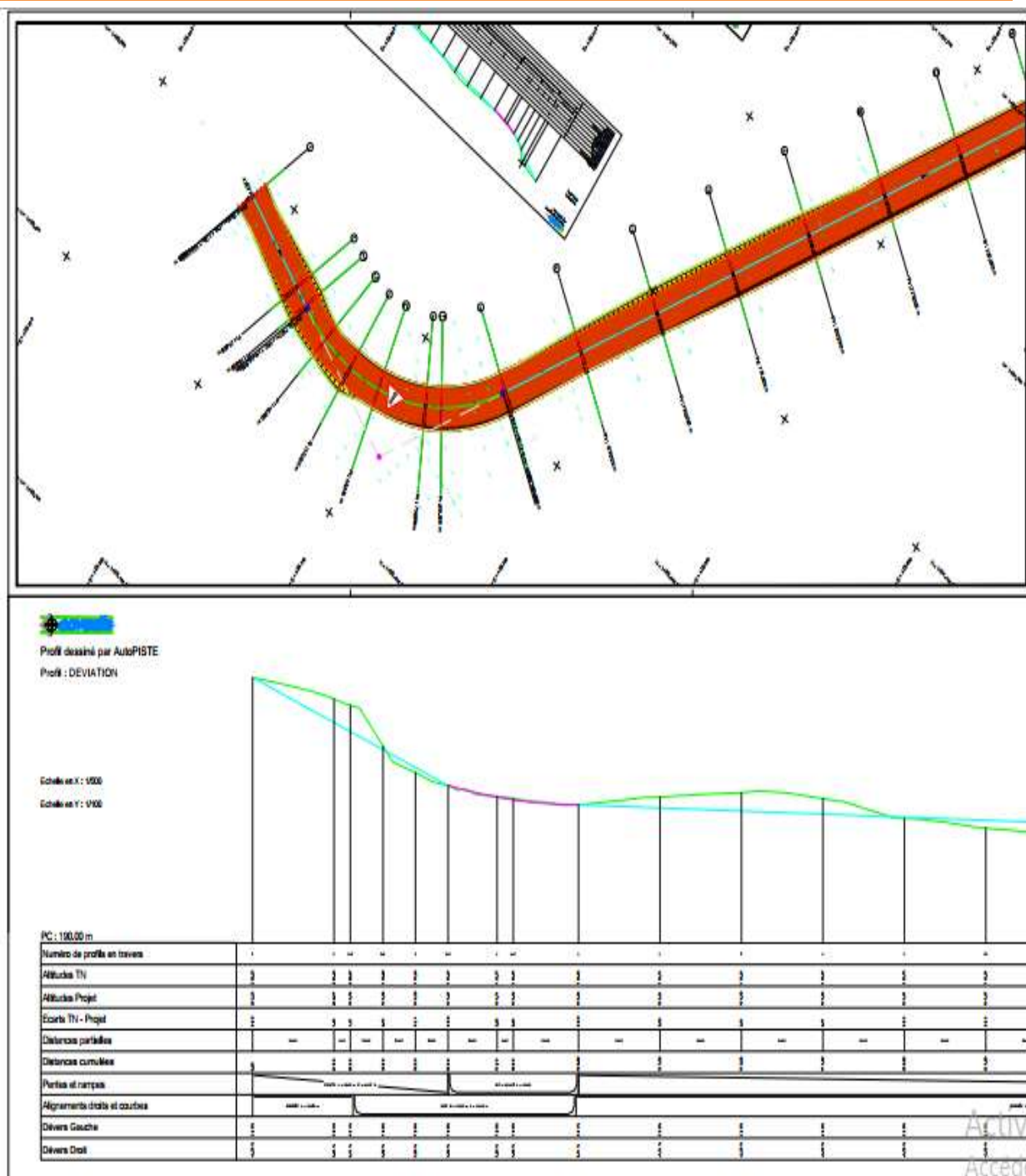


Projet	Etude technique d'une voirie de 1 km dans le cadre des travaux d'aménagement du canal gountou-yena	Echelle 1/500
Objet	Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur avec grade de Master	
Institution	Institut International d'Ingénierie de l'eau et de l'environnement 2iE	
Option	Route et Ouvrage d'Art	Promotion 2016/2017
Dessin	Profil en long : 1ère bretelle	
Réalisateur	Mr. BOUZOU MAHAMAN Yahaya N° inscription 2017/0795	

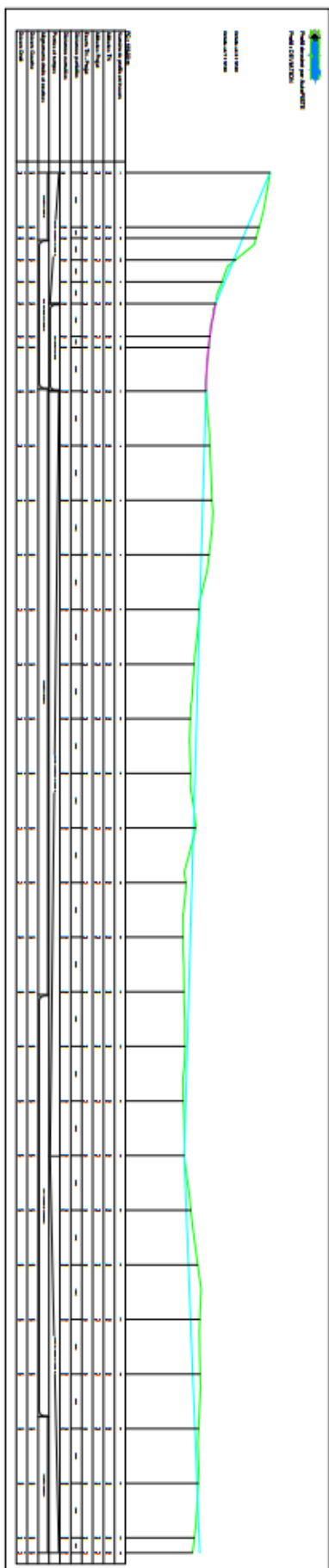
ANNEXE 1.2: Tracé en plan
(bretelle 1)

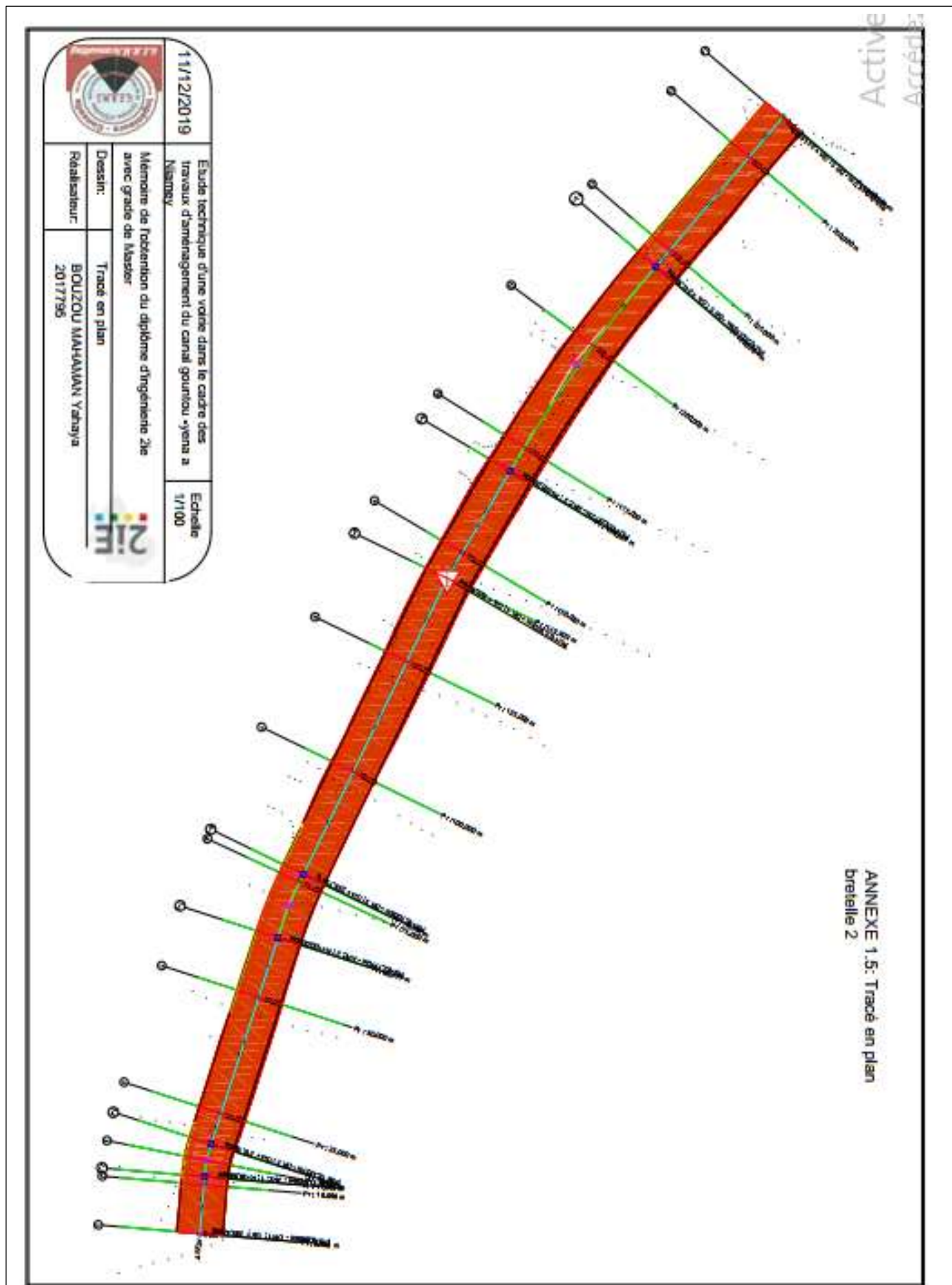


Projet	Etude technique d'une voirie dans le cadre des travaux d'aménagement du canal gountou-yena		
	Dessin	Tracé en plan : 1ere bretelle	Echelle 1/500
	Realisateur	Mr.BOUZOU MAHAMAN Yahaya N° inscription 20170795	

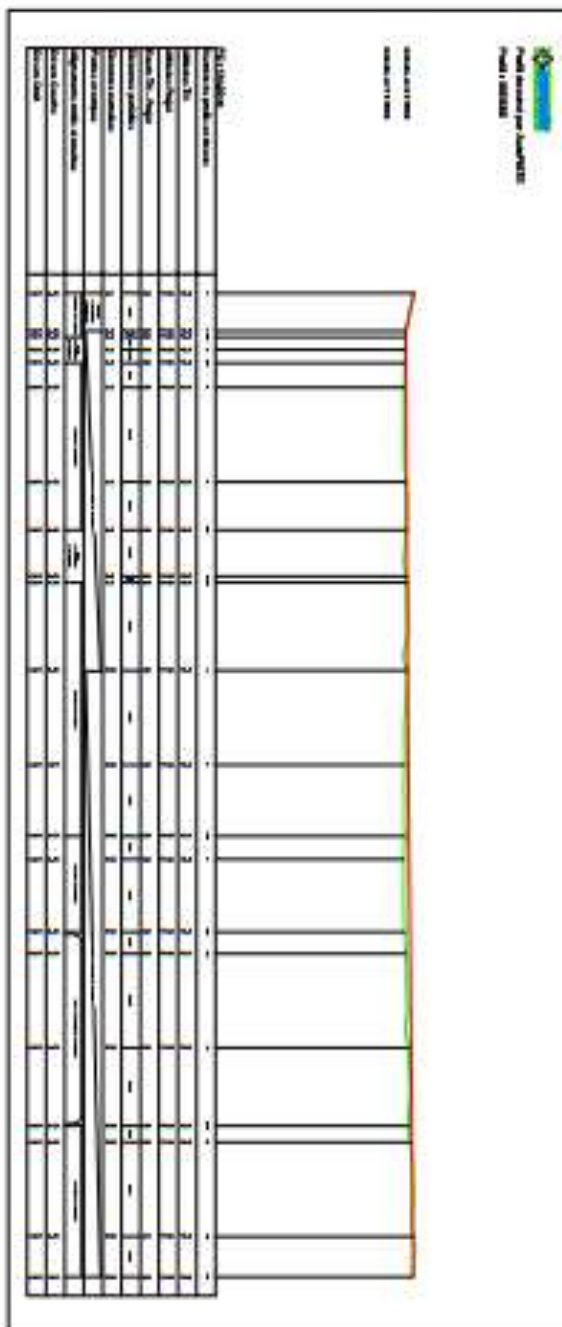


TRACE COMBINE DE LA PREMIERE BRETELLE

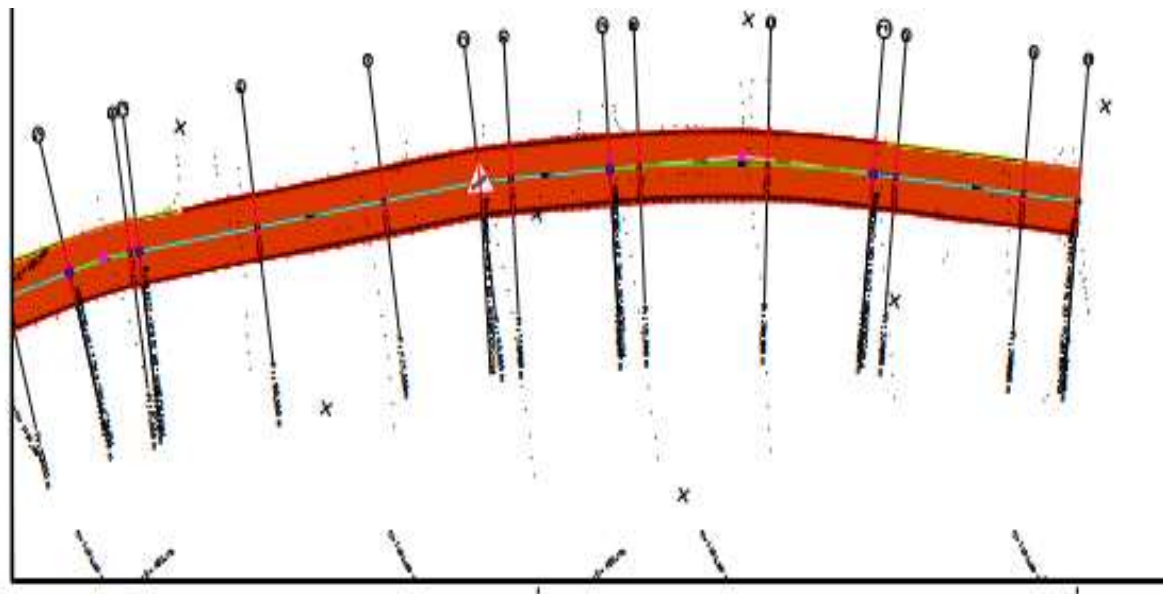




ANNEXE 1.4: Profil en long bretelle 2



	11/12/2019	Etude technique d'une voirie dans le cadre d'aménagement du canal gountou -yena à Niamey	Echelle 1/500
	Mémoire de l'obtention du diplôme d'ingénierie 2iE avec grade de Master		
Dessin:	Profil en long	Réalisateur:	BOUZOU MAHAMAN Yahaya 2017795



Profil dessiné par AutoPISTE
Profil : ISBEOE

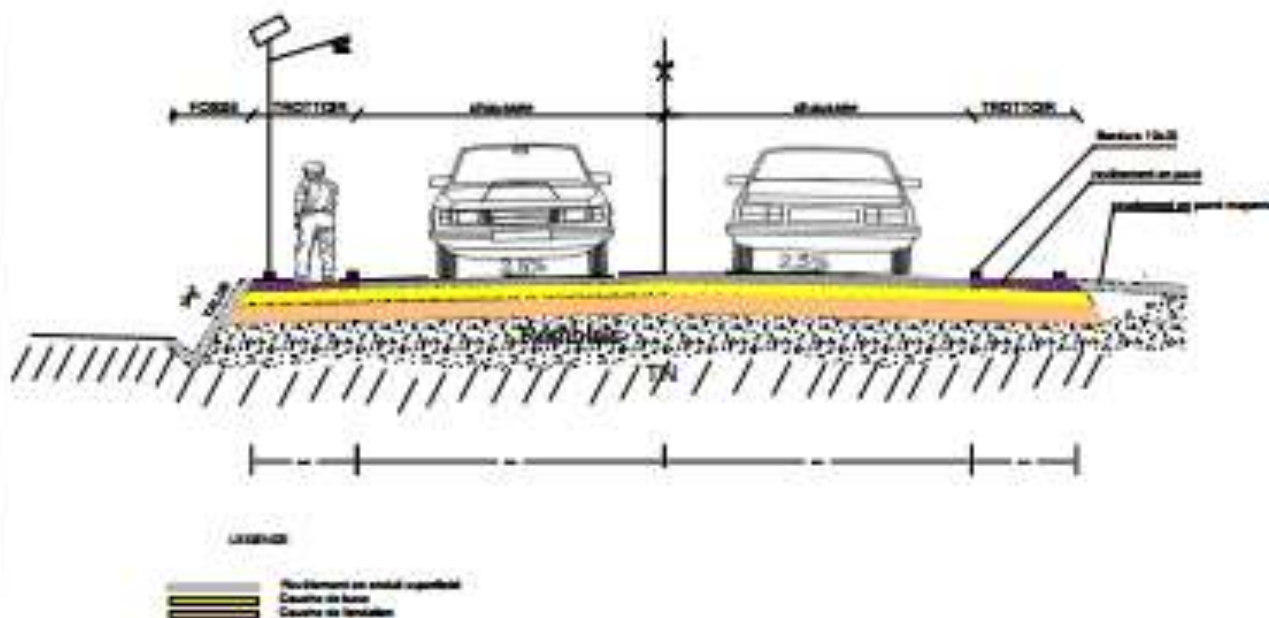
Echelle en X : 1/500
Echelle en Y : 1/100

PC : 184.00 m

Numéro de profil en travers	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Altitudes TN	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Altitudes Projet	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Ecarte TN - Projet	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Distances partielles		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Distances cumulées	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
Pentes et rampes	PENTE 10.00% POUR 10.00%														
Alignements droits et courbes	ALIGNEMENT DROIT														
Déviations Gauche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Déviations Droit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

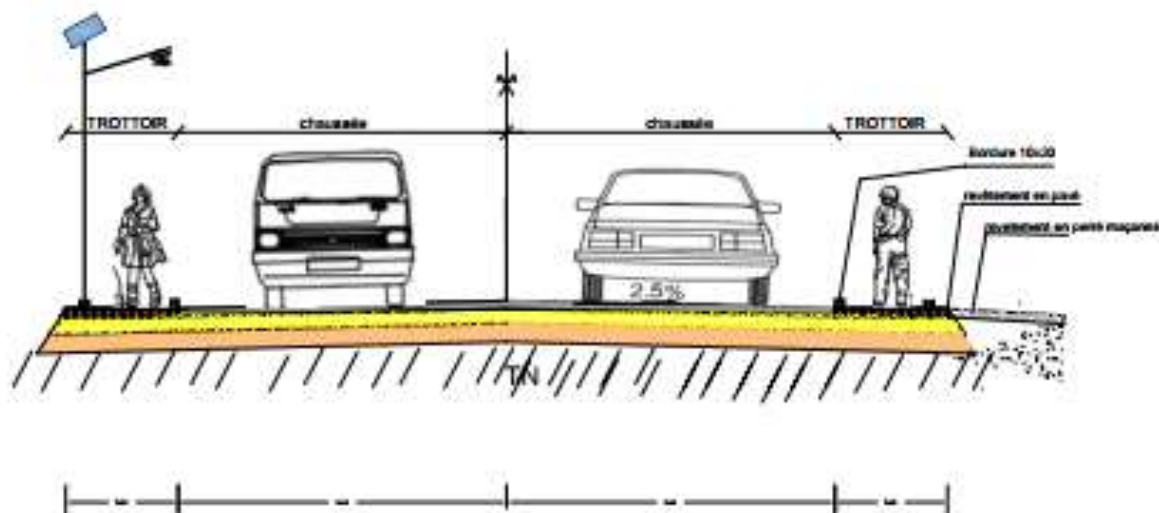
TRACE COMBINE DE LA 2EME BRETELLE

Annexe 1.5 : Profil type applicable à la bretelle 1



	Etude technique d'une voirie dans le cadre des travaux d'aménagement du canal gountoun-yena		
	Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénierie avec grade de Master		
	Profil en travers type applicable à la 1ere bretelle		Echelle 1/100
11/01/2019	Réalisateur	Mr. BOUZOU MAHAMAN Yahaya N° d'inscription: 20170795:	

Annexe 1.6 : Profil type applicable à la bretelle 2



LEGENDE

- Revêtement en enrobé superficiel
- Couche de base
- Couche de fondation



Etude technique d'une voirie dans le cadre des travaux d'aménagement du canal gountoun-yena
Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénierie avec grade de Master

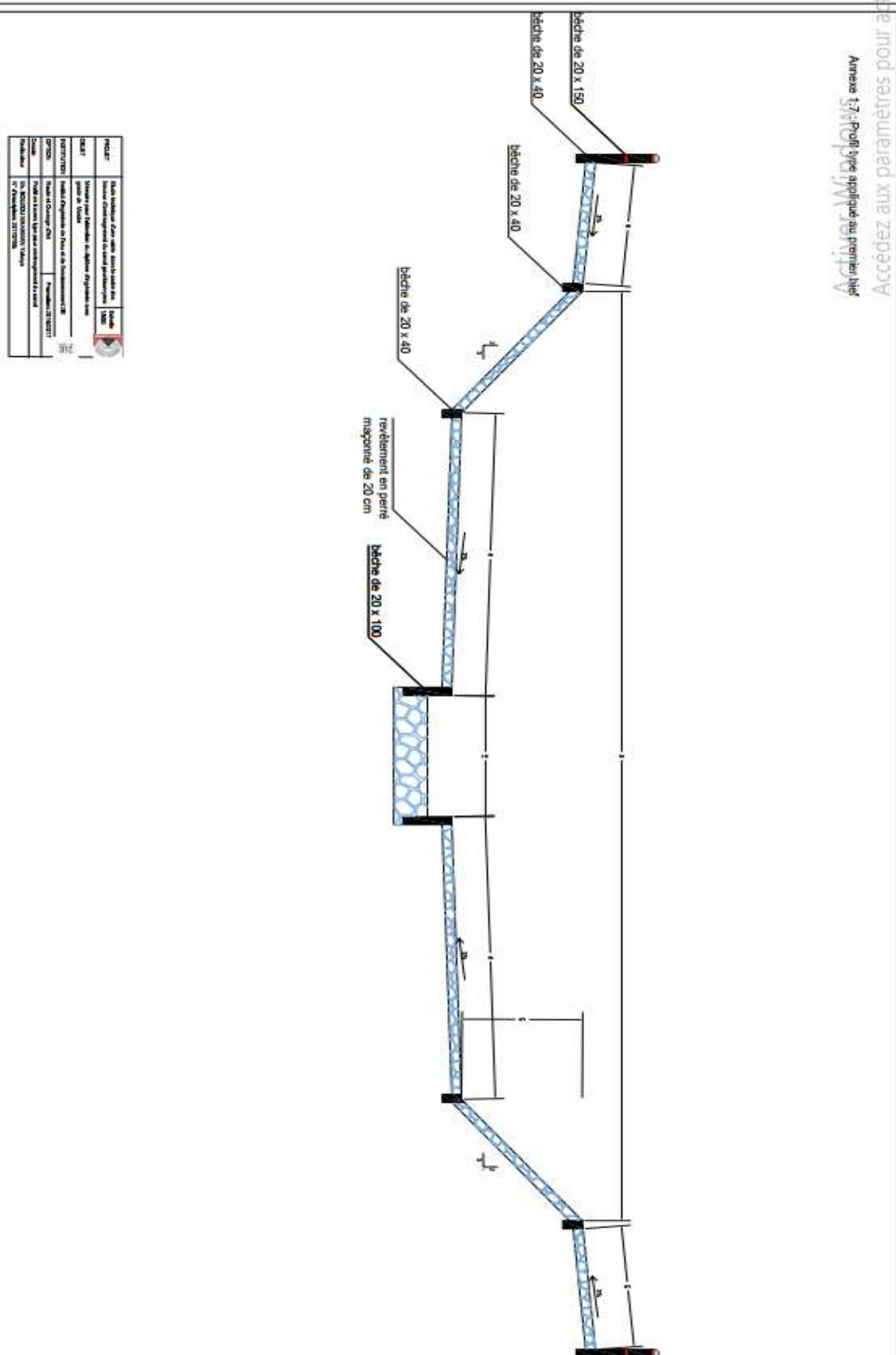


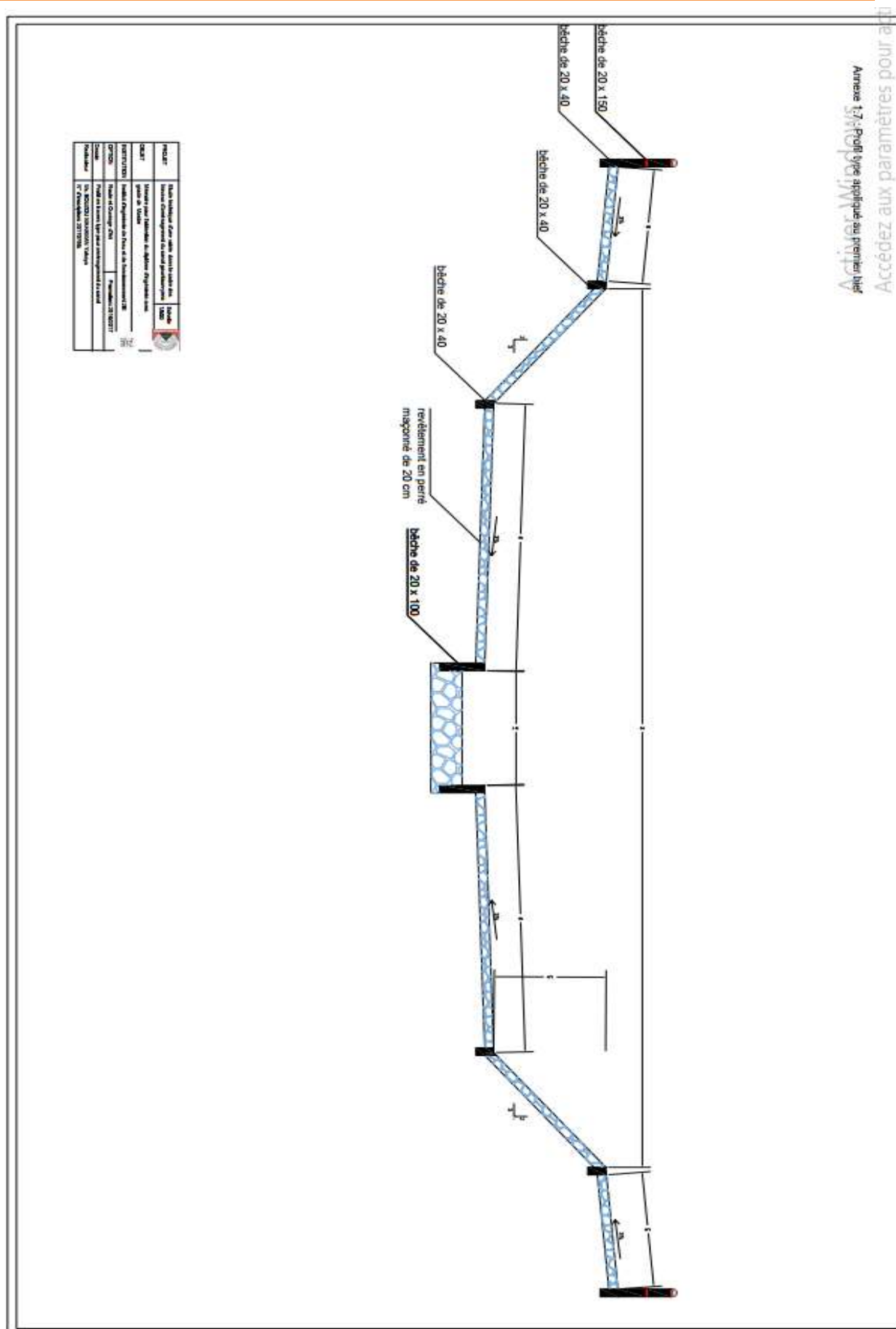
Profil en travers type applicable a la 2eme bretelle

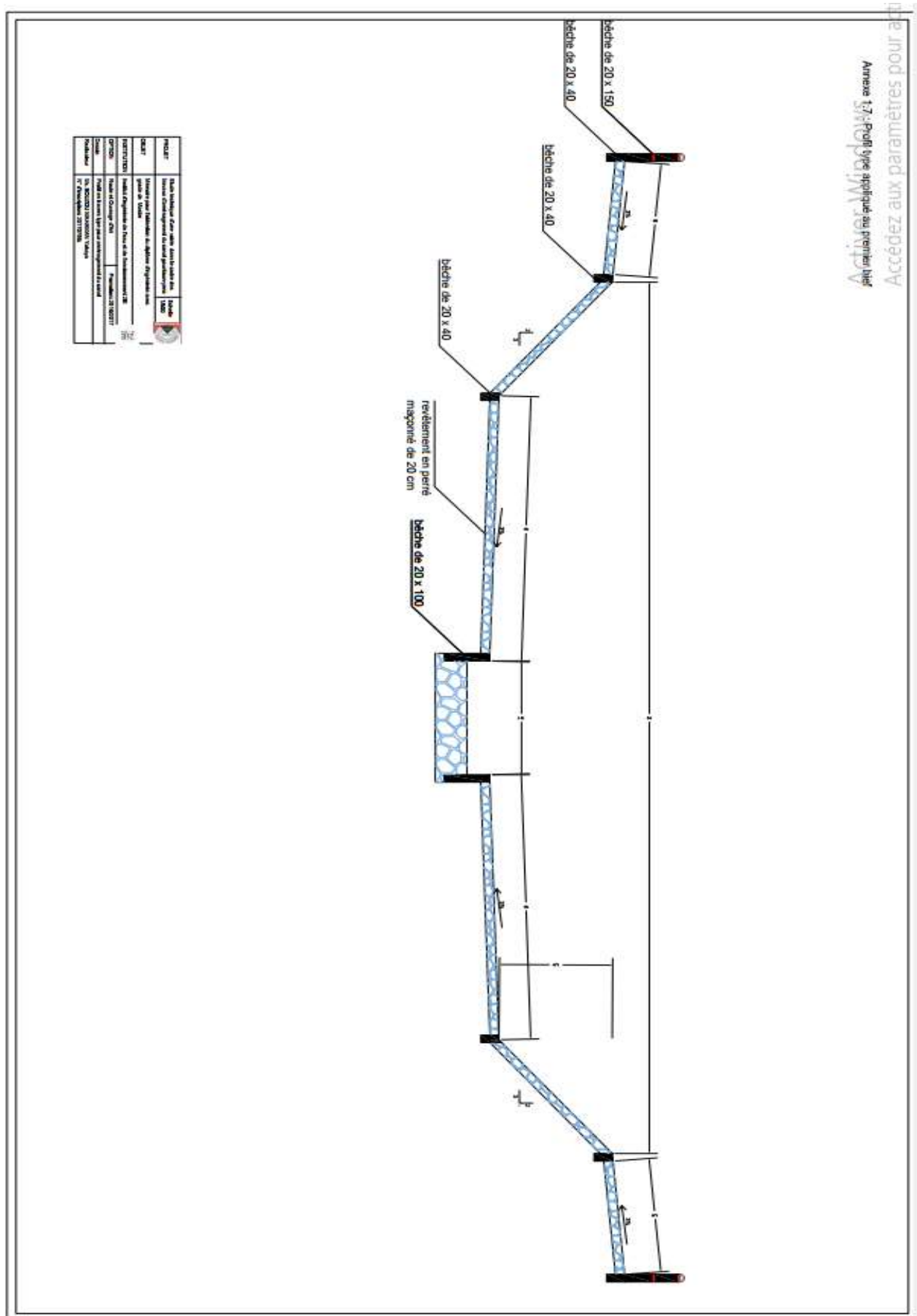
Echelle
1/100

11/01/2019

Realisateur Mr. BOUZOU MAHAMAN Yahaya
N° d'inscription: 20170795:

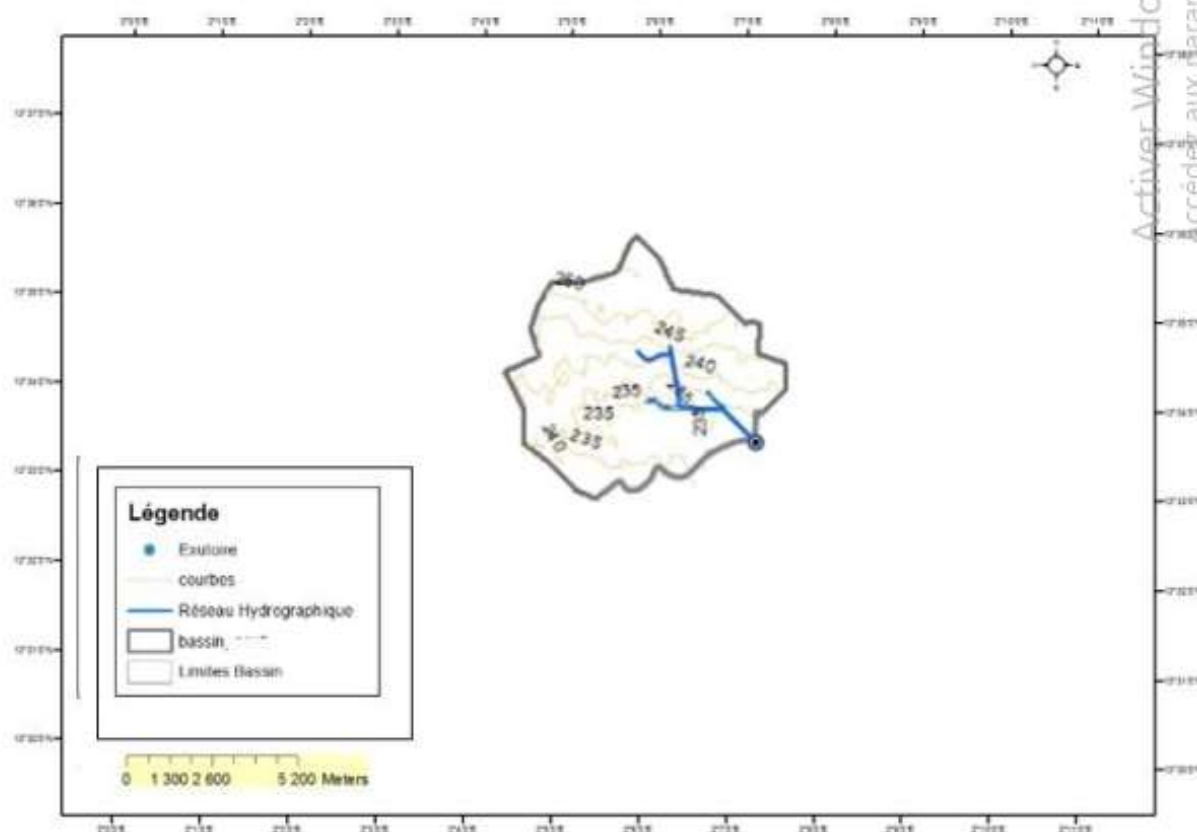






Annexe 2 : Bassin versant

ANNEXE 2.1 : Délimitation de bassin versant sur la première bretelle



ANNEXE 2.2 : Tableau de coefficient de ruissèlement

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, chiendent ras.....								
Petite brousse clairsemée.....								
Prairies.....	0,70	0,75	0,80	0,85	0,30	0,36	0,42	0,50
Brousse dense, Savane à sous-bois.....								
Forêt ordinaire en futaie, Sous-bois touffus.....								
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

Annexe 3: Résultat de comptage du trafic

Tableau 13 : Indication de différente poste de comptage

PK	Emplacement	Sens
00	1 ^{re} bretelle-avenue de l'Indépendance	1 : vers grand marché
		2 : vers stade général Seyni kounthé
00+686	1 ^{re} bretelle-voie express-2 ^{eme} bretelle	1 : vers rond-point Justice
		2 : vers Place Maoré

Tableau 14 : Les catégories de véhicules

N°	Catégorie
1	Véhicule particulier/taxi
2	- Veh-Tout terrain 4x4 - Camionnettes - Mini-bus
3	Bus/car
4	Camions 2 essieux Camions 3 essieux
5	Citerne et ensembles articulés

Tableau 15 : Résultat du comptage :

N° Catégorie	Type	Sens	PK00+000	PK0+686
1	Véhicule particulier/taxi	Sens 1	10677	5009
		Sens 2	11407	5113
2	Veh-Tout terrain 4x4	Sens 1	1982	1511
		Sens 2	1657	1003
	Camionnettes	Sens 1	3	12
		Sens 2	6	7
	Mini-bus	Sens 1	19	12
		Sens 2	15	5
3	Bus/car	Sens 1	9	6
		Sens 2	10	1
4	Camions 2 essieux	Sens 1	15	3
		Sens 2	11	0
	Camions 3 essieux	Sens 1	9	2
		Sens 2	4	8
5	Citerne et ensembles articulés	Sens 1	0	0
		Sens 2	0	0

Annexe 4 : Etude hydraulique

Annexe :4.1 : Dimension hydraulique.

Ouvrage	PK	Débit a évacué par l'ouvrage	Débit a évacué par ouverture
Dalot sur la voie de déviation	00 + 365	10.48 m ³ /s	5.24 m ³ /s
Dalot sur Gountou-yena	01 + 225	78 m ³ /s	19.5 m ³ /s

Pour le dimensionnement de ces ouvrages , nous allons suivre les méthodes du manuel « Hydraulique routière » élaboré par le ministre français de la coopération et du développement, Nous considérons que les ouvrage vont fonctionner pour une sortie dénoyée avec un écoulement a surface libre . en effet la sortie noyée n'intervient que dans le cas où l'aval présente une situation de confluence qui fait remonter le niveau de l'aval.

Le débit a évacué étant connu , la condition pour un écoulement de l'eau dans l'ouvrage a surface libre pour la sortie dénoyée est que la hauteur amont (H_{am}) doit être inférieure ou égale à 1.25 fois la hauteur (D) de l'ouvrage($\frac{H_{am}}{D} < 1.25$) pour le dimensionnement nous suivrons les étapes suivantes :

Calcul pour l'ouvrage situe sur Gountou-yena

Etape 1 : calcul de la profondeur en amont H_1

Il s'agit de calculer la profondeur amont et de vérifier si celle-ci est conforme à la situation topographique de l'ouvrage . tout d'abord il faudra estimer une valeur approchée de D et B (Hauteur et largeur du dalot) en utilisant la formule de base suivante :

$$Q = V \times S \text{ et on déduit } S = \frac{Q}{V}$$

avec : S comme section mouillée ;

Q le débit évacué par l'ouverture ;

V la vitesse limite étant fixé à 3.5 m/s et

D étant fixée on déduit aisément la valeur de B.

Compte tenu de la topographie du site (encaissée) , nous fixons la hauteur du dalot à 4 mètres $D = 4 \text{ m}$.

Ensuite on utilise la formule $Q^* = \frac{q}{s} \times \left(\frac{1}{\sqrt{2 \cdot g \cdot D}} \right)$ pour calculer le débit réduit Q^* . cette valeur donne la valeur réduite H_1^* en utilisant l'abaque de la figure 77 de la page 248 de (l'hydraulique routière BCEOM), la valeur de H_1 est ainsi calculée par la relation de $H_1^* = \frac{H_1}{D}$ la valeur de H_1 ainsi trouvée est comparée avec la situation topographique du projet . si la valeur de H_1 n'est pas acceptable pour le projet , il faut changer les valeurs de B et/ou D . si la valeur de H_1 est

acceptable pour le projet . il faut maintenant s'assurer que la vitesse de l'eau dans l'ouvrage reste dans la limite admissibles. Pour cela il faut passer d'abord par le calcul de la pente critique de l'ouvrage.

Application numérique :

Avec les différentes valeurs de Q, S et D on trouve $Q^* = 0.1$. En fonction de cette valeur de Q^* , la figure 77 de la page 248 de (l'hydraulique routière BCEOM) donne la valeur de $H_1^* = 0.55$. la relation $H_1^* = \frac{H_1}{D}$ donne une valeur de $H_1 = 2.2$ m . cette valeur de H_1 est acceptable pour le projet compte tenue de la configuration topographique du site (encaissé).

Etape 2 : 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 l'égale à la pente critique ($I \geq I_c$) dans cette étape on calcule la pente critique de l'ouvrage (I_c) qui guidera le choix de la pente longitudinale de l'ouvrage (I) .on calcule, connaissant la longueur B du dalot est Q le débit a évacué, le débit réduit pour la pente critique en fonction de la formule suivante :

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

Après le calcul de Q^* on lit sur l'abaque de la figure 82 page 258 de (l'hydraulique routière BCEOM) la valeur de la pente I_c^* qui permet d'avoir I_c pente critique par la formule suivante :

$$I_c = \frac{g * I_c^*}{K^2 * B^{\frac{1}{3}}}$$

On retient I la pente longitudinale de l'ouvrage $\geq I_c$ la pente critique.

Application Numérique :

Avec la valeur eu du débit on déduit à partir de la formule ci-dessus la valeur de $Q^* = 0.11$. en fonction de cette valeur de Q^* , la figure 82 de la page 258 de (l'hydraulique routière BCEOM) donne la valeur de $I_c^* = 3.40$. La relation reliant I_c^* avec I_c donne une valeur de $I_c = 0.23$ % avec un coefficient de rugosité $K = 67$ pour le béton .

Etape 3 : Calcul de la vitesse de l'ouvrage

Au niveau de cette étape il s'agit de calculer la vitesse de l'eau dans l'ouvrage et de vérifier si celle-ci ne dépasse pas la vitesse limite (qu'on retiendra égale à 3.5 m/s).

L'on calcule ensuite le débit réduit Q^* à partir des formules dérivées de Manning et en fonction de la pente longitudinale retenue $Q^* = \frac{q}{K * I^{\frac{1}{2}} * B^{\frac{2}{3}}}$. Cette valeur réduite Q^* donne grâce à l'abaque de la figure 84, la valeur de B^* de laquelle l'on déduit la valeur de la vitesse v recherché grâce à : la formule $V = v^* * I^{\frac{1}{2}} * K * B^{\frac{2}{3}}$

Application numérique : avec les différentes valeur de Q k I et B on déduit à partir de la formule ci-dessus la valeur de $Q^* = 0.065$. en fonction de cette valeur de Q^* , la figure 84 de la page 263

de (l'hydraulique routière BCEOM) donne la valeur de V^* est égale à 0.28 . la relation reliant V^* à V donne une valeur de $V = 3.34$ m/s inférieure à la vitesse limite de 3.5 m/s.

Etape 4 : Itération

Comme la vitesse dans l'ouvrage est inférieur à la vitesse limite on retient les valeur $B= 5$, $D=4$. L'ouvrage retenue est un dalot a 4 compartiment de largeur de 5m et hauteur de 4m dalot de **4x5x4**

Pour l'ouvrage de franchissement sur la voie de déviation, après succession des étapes ci-dessus nous avons les résultats suivantes :

$Q^*=0.4$ lecture sur l'abaque 77 de l'hydraulique routière donne : $H^*= 1.1$ m < 1.25 m

$Q^* = 0.6$ lecture sur l'abaque 82 de l'hydraulique routière donne $I^*= 3.4$ et $I_c = I = 0.7\%$

$Q^*= 0.32$ lecture sur l'abaque 84 de l'hydraulique routière donne $V^*= 0.44$

Ce qui nous donne $V = 3.2$ m/s < 3.5 m/s

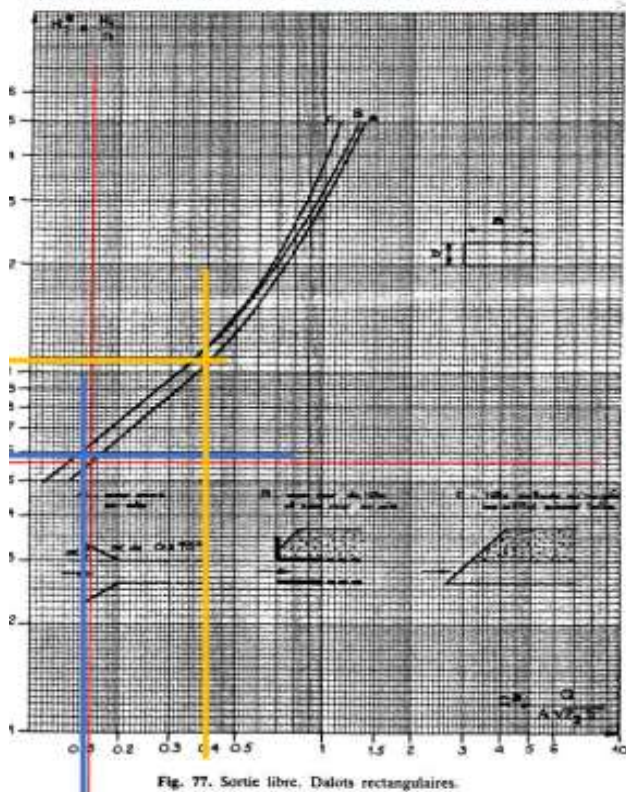
Ce qui nous amène à retenir un dalot a deux compartiment de dimension **2x1.5x1.5**.

Nous récapitulons dans le tableau suivant l'ouvrages d'assainissement routier issus du calcul hydraulique y compris la nouvelle proposition d'ouvrage sur Gountou-yena.

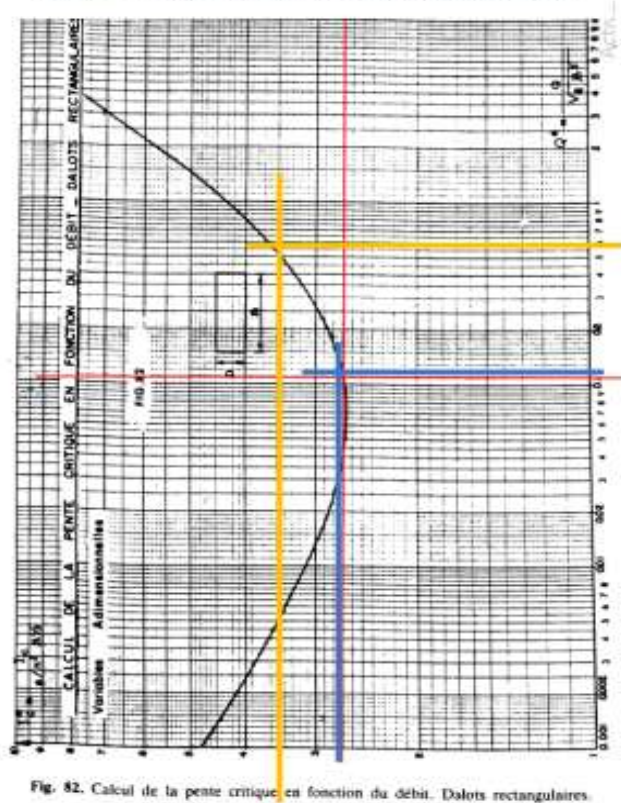
Tableau 16 : Récapitulatifs du dimensionnement hydraulique des ouvrages

Endroit	PK	Coordonnées		Ouvrage	Dimension
		X	Y		
Bretelle 1 de Gountou-yena	00+376	403574,85	1494763,88	Dalot	2 x 1.5 x 1.5
Avenue de la mairie	00+1225	403401.63	1494272.36	Dalot	4 x 5 x 4

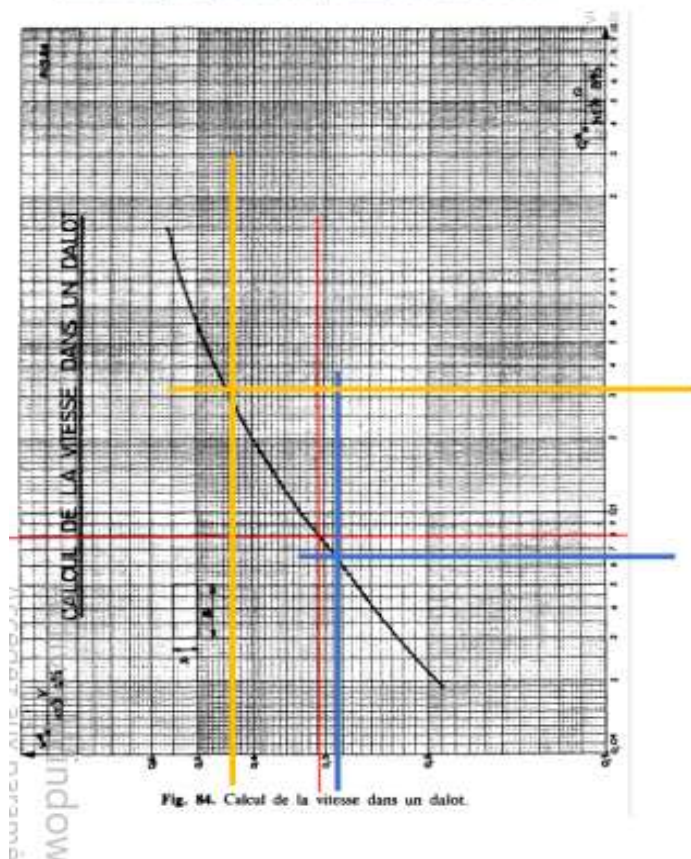
Annexe 3.1 : Abaque 77 de l'hydraulique routière BCEOM



Annexe 3.2 : Abaque 82 de l'hydraulique routière BCEOM



Annexe 3.3 : Abaque 84 de l'hydraulique routière BCEOM



- Lecture pour dalot 2 x 1.5 x 1.5
- Lecture pour dalot 4 x 5 x 4

Annexe 5 : Résultats de dimensionnement structurale

Annexe 4.1 : Note de Calcul dalot 2 x 1.5 x 1.5. au pk 0+365 profil Numéro 15

A. description de l'ouvrage

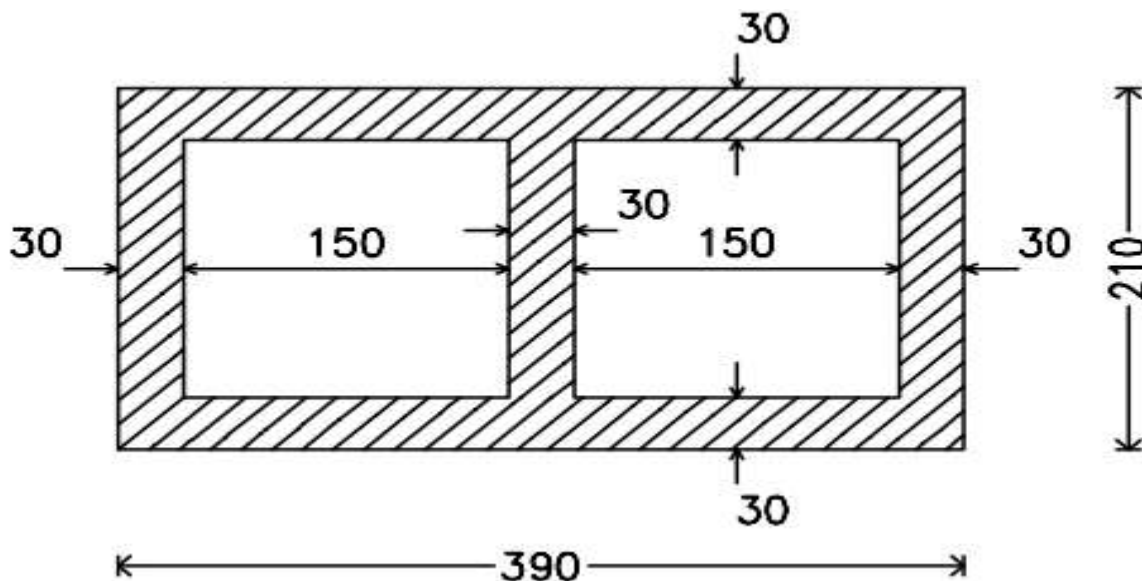


Figure : Schéma descriptif de l'ouvrage.

Epaisseur du tablier :	$e_1 = 0,3 \text{ m}$
Epaisseur du radier :	$e_1 = 0,3 \text{ m}$
Epaisseur des piédroits :	$e_1 = 0,3 \text{ m}$
Hauteur piédroits :	$H = 1,5 \text{ m}$
Largeur roulable :	$L_R = 7 \text{ m}$
Largeur chargeable :	$L_C = L_R - 0,5 \times 2 = 6 \text{ m}$
Nombre de voies :	$n=2$
Portée de la travée :	$L = 1,7 \text{ m}$
Ouverture hydraulique :	$1,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$
Mur de tête :	$0,2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$
Classe du pont	Pont de première classe car $L_R \geq 7 \text{ m}$

B. Hypothèses de calcul

➤ Le Béton

- Dosage 400 kg/m^3 de Ciment Portland Artificiel (CPA),
- Résistance caractéristique à la compression à 28 jours , $f_{c28} = 30 \text{ MPa}$;
- Résistance à la traction à 28 jours : $f_{t28} = 0,6 + 0,06f_{c28} = 2,4 \text{ MPa}$;
- Poids volumique du béton = 25 KN/m^3
- Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU: $f_{bu} = \sigma_{bc} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b} = 17 \text{ MPa}$
avec de $\theta = 1$ et $\gamma_b = 1,5$
- Contrainte admissible (limite) du béton en compression à l'ELS $\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 \times f_{c28} = 18 \text{ MPa}$

➤ L'acier

- Nuance d'acier : Acier à Haute Adhérence (HA) FeE400 ;
- Limite d'élasticité $f_e = 400 \text{ MPa}$;
- Contrainte admissible de l'acier : $\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 347,83 \text{ MPa}$. Avec de $\gamma_s = 1.15$;
- Fissuration préjudiciable : $\bar{\sigma}_{st} = \text{Min} \left(\frac{2}{3} f_e \text{ Max} (0,5 f_e; 110 \sqrt{\eta \cdot f_{tj}}) \right) = 215.55 \text{ MPa}$

➤ Sol

- Poids volumique du remblai : 20 kN/m^3
- Coefficient de poussée de la terre : $K_a = 0.33$;
- Contrainte admissible du sol : 1 bar .

➤ Règlement : BAEL 99

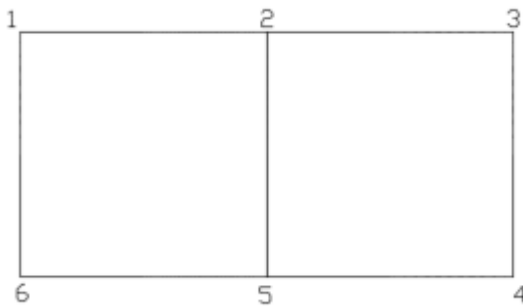


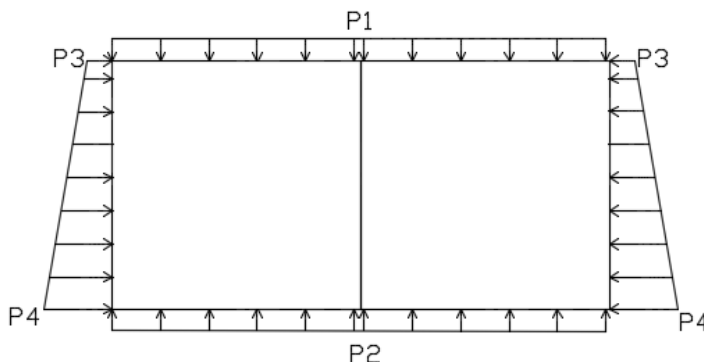
Schéma statique de l'ouvrage .

C. Méthode de calcul

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

CALCUL DES SOLLICITATIONS

Les charges permanentes sur l'ouvrage se présentent donc comme suit :



a. Charges permanentes

➤ Sur le tablier

- Poids propre du tablier : $e \times 25 \times l = 0.3 \times 25 \times 1 = 7,5 \text{ kN/m}^2/\text{ml}$
- Poids de l'enrobé dense : $e \times 25 \times l = 0.03 \times 25 \times 1 = 0,75 \text{ kN/m}^2/\text{ml}$
- Poids du remblai : $e_r \times \gamma_r \times l = 0.2 \times 20 \times 1 = 4 \text{ kN/m}^2/\text{ml}$
- Poids propre de mur de tête : $e \cdot h \cdot 25 \cdot \frac{2}{2 \cdot e + l_r} = 0.2 \times 0.5 \times 1 \times \frac{2}{2 \cdot 0.2 + 9.2} = 0.21 \text{ kN/m}^2/\text{ml}$

Charge permanente totale sur le tablier : **$P_1 = 12.46 \text{ KN/m}^2 / \text{ml}$**

➤ Sur le radier

- Poids propre du tablier : $e \times 25 \times l = 0.3 \times 25 \times 1 = 7,5 \text{ kN/m}^2/\text{ml}$
- Poids de l'enrobé dense : $e \times 25 \times l = 0.03 \times 25 \times 1 = 0,75 \text{ kN/m}^2/\text{ml}$
- Poids du remblai : $e_r \times \gamma_r \times l = 0.3 \times 20 \times 1 = 4 \text{ kN/m}^2/\text{ml}$
- Poids propre de mur de tête : $e \cdot h \cdot 25 \cdot \frac{2}{2 \cdot e + l_r} = 0.3 \times 0.5 \times 25 \times \frac{2}{2 \cdot 0.3 + 7} = 0,98 \text{ kN/m}^2/\text{ml}$
- Poids propre du radier : $e \times 25 \times l = 0.3 \times 25 \times 1 = 7,5 \text{ kN/m}^2 / \text{ml}$
- Poids propre des piédroits : $e \times H \times 25 \times \frac{3}{l + 4 \cdot e} = 0.3 \times 1.5 \times 25 \times \frac{3}{3 + 3 \cdot 0.2} = 8.65 \text{ kN/m}^2 / \text{ml}$

Charge permanente totale sur le radier : **$P_2 = 29.38 \text{ KN/m}^2 / \text{ml}$**

Évaluation de la surcharge routière

Elles sont évaluées conformément aux prescriptions du Fascicule 61 titre II. Après analyse nous remarquons que le cas le plus défavorable est la disposition de deux files des deux essieux 160 kN du système Bt, soit 640 kN sur une travée ($bt = 1$)

Charge répartie au niveau du tablier

$$q_1 = \frac{640 \times 1}{1.7 \times 5} = 75.29 \text{ kN/m}^2$$

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 \times l} + \frac{0.6}{1 + 4 \times \frac{6}{5}} = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 \times 1.7} + \frac{0.6}{1 + 4 \times \frac{10.92 \times 2.5}{75.29 \times 2}} = 1.53$$

$$q_t = \delta \times q_1 = 1.53 \times 75.29 = 115.19 \text{ kN/ml.}$$

Charge répartie au niveau du radier

$$q_1 = \frac{640 \times 1}{3.6 \times 5} = 35.56 \text{ kN/m}^2$$

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 \times l} + \frac{0.6}{1 + 4 \times \frac{6}{5}} = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.2 \times 1.7} + \frac{0.6}{1 + 4 \times \frac{51.02 \times 2.5}{18 \times 2}} = 1.34$$

$$q_t = \delta \times q_1 = 1.34 \times 35.56 = 47.65 \text{ kN/ml.}$$

Les moments :

Tablier :

Sous charge permanente

$$M_2 = - 0.125 \times g \times l^2 = -0.125 \times 12.46 \times 1.7^2 = -4.5 \text{ kN.m/ml}$$

$$A \text{ mi- travée : } M_{12}=M_{23} = 0.08 \times g \times l^2 = 0.08 \times 12.46 \times 1.7^2 = 1,69 \text{ kN.m/ml}$$

- Réaction d'appui :

$$R_1 = R_3 = 0.375 \times g \times l = 0.375 \times 12.46 \times 1.7 = 7,94 \text{ kN/ml.}$$

$$R_2 = 1.25 \times g \times l = 1.25 \times 12.46 \times 1.7 = 26.4 \text{ kN/ml}$$

Moment dû à la surcharge routière :

- A mi travées

$$M_{12}=M_{23} = 0.1 \times q_t \times l^2 = 0.1 \times 115.19 \times 1.7^2 = 33.23 \text{ kN.m/ml}$$

- Sur appui

$$M_2 = - 0.125 \times 115.19 \times l^2 = -0.125 \times 115.19 \times 1.7^2 = - 41.61 \text{ kN.m/ml}$$

- Réaction d'appui :

$$R_1=R_3 = 0.437 \times 115.19 \times 1.7 = 85.57 \text{ kN}$$

$$R_2 = 0.625 \times 115.19 \times 1.7 = 122.39 \text{ kN}$$

Radier :

Sous charge permanente

- A mi- travée :

$$M_{65}=M_{54} = 0.07 \times g \times l^2 = 0.07 \times 23.22 \times 1.7^2 = 4.70 \text{ kN.m/ml}$$

- Sur appui

$$M_5 = -0.125 \times g \times l^2 = - 0.125 \times 23.22 \times 1.7^2 = - 8.38 \text{ kN.m/ml}$$

- Réaction d'appui :

$$R_6 = R_4 = 0.375 \times g \times l = 0.375 \times 23.22 \times 1.7 = 14.80 \text{ kN.}$$

$$R_5 = 1.25 \times g \times l = 1.25 \times 23.22 \times 1.7 = 49.34 \text{ kN}$$

Moment dû à la surcharge routière :

- A mi- travée

$$M_{65}=M_{54} = 0.1 \times q_r \times l^2 = 0.1 \times 47.65 \times 1.7^2 = 13.77 \text{ kN.m}$$

- Sur appui

$$M_5 = -0.125 \times g \times l^2 = -0.125 \times 47.65 \times 1.7^2 = - 17.21 \text{ kN.m}$$

- Réaction d'appui :

$$R_5 = R_6 = 0.375 \times 47.65 \times 1.7 = 30.37 \text{ kN}$$

$$R_4 = 1.25 \times 47.65 \times 1.7 = 101.25 \text{ kN}$$

- Réaction d'appui au niveau des piédroits

Pied droit intermédiaire

- Réaction d'appui

Dû à la charges permanentes

$$N = R_5 = 49.34 \text{ kN}$$

Dû à la charges routière

$$N = R_4 = 101.25 \text{ kN}$$

Pied droit extérieur

sous la charge permanente.

$$N = R_1 = R_3 = 14.8 \text{ kN (Réaction d'appui du radier).}$$

- Moment dû à la poussé du terre.

$$M = \frac{\gamma \times h^3 \times k}{6} = \frac{20 \times 1.7^3 \times 0.33}{6} = 5.4 \text{ kN.m/ml}$$

Sous la charge routière

On repartit l'effort $F = 58,18 \text{ kN}$ (calculé précédemment) sur les deux piédroits d'où $f = 29,09 \text{ kN}$

$$M = f \times h = 29.09 \times 1.7 = 49.45 \text{ kN.m}$$

Moment dû à la surcharge routière ($\sigma = 10 \text{ kN.m}^2$)

$$M = \frac{\sigma \times h^2 \times k}{2} = \frac{10 \times 1.5^2 \times 0.33}{2} = 8.11 \text{ kN.m/ml}$$

- Effort normal

$$N = R_1 = R_2 = 85.57 \text{ kN (réaction d'appuis du tablier sous surcharge routière)}$$

➤ Calcul des sections d'armatures

- Calcul des armatures du tablier

Données de calcul :

$$h = 0.3 \text{ m ; } d = 0.9 \times h = 0.27$$

$$f_{bu} = \sigma_{bc} = 17 \text{ MPa } \quad b_s = f_{su} = 347,83 \text{ MPa } \quad b = 1\text{m}$$

A mi- travée (lit inferieur)

Calcul à l'ELU

$$\text{Moment ultime : } M_u = 1,35 \times G + 1,6 \times Bt = 1.35 \times 12.92 + 1.6 \times 115.19 = 201.746 \text{ kN.m/ml}$$

$$\text{Moment réduit : } \mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{201.746 \times 10^{-3}}{1 \times 0.27^2 \times 17} = 0,17$$

Recherche du pivot On a $0 \leq \mu_u \leq 0.186$ pivot A

Paramètres de déformation

- $\alpha_u = 1.25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \mu_u}) = 0.08$
- $Z_u = d \times (1 - 0.4 \times \alpha_u) = 0.17$

$$\text{Section théorique d'acier : } A_u = \frac{M_u}{Z_u \times \sigma_s} = \frac{199.05 \times 10^{-3}}{0.17 \times 347.83} = 3.36 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 33.6 \text{ cm}^2$$

Calcul à ELS

$$M_s = G + 1.2 \times Bt = 12.48 + 1.2 \times 115.19 = 150.66 \text{ kN.m/ml}$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 18}{15 \times 18 + 215.55} = 0.56$$

$$\text{Fibre neutre : } \bar{Y}_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times 0.27 = 0.56 \times 0.27 = 0.15$$

$$\text{Bras de levier : } \bar{Z}_{ser} = d - \frac{\bar{Y}_{ser}}{3} = 0.22$$

$$\begin{aligned} \text{Moment résistant : } \bar{M}_{rser} &= \frac{1}{2} \times b_0 \times d^2 \times \sigma_{bc} \times \bar{\alpha}_{ser} \times \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right) \\ &= 0.5 \times 1 \times 0.27^2 \times 18 \times 10^3 \times 0.56 \times \left(1 - \frac{0.56}{3}\right) = 298.83 \text{ kN.m/ml} \end{aligned}$$

$$M_{ser} < \bar{M}_{rser} : \text{ pas besoin d'acier comprimés}$$

Sections d'aciers principaux:

$$A_{rp} = \frac{M_{rser}}{d \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right) \times \sigma_{st}} = \frac{298.83}{0.27 \times \left(1 - \frac{0.56}{3}\right) \times 215.55} \times 10^{-3} = 5.54 \times 10^{-3} \text{ m}^2 = 55.41 \text{ cm}^2$$

Les aciers des répartition

$$A_{rep} = \frac{A_{rp}}{4} = \frac{55.41}{4} = 13.85 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = \frac{0.23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = \frac{0.23 \times 1 \times 0.27 \times 2.4}{400} = 3.726 \text{ cm}^2$$

Sur appui gauche (lit supérieur)

• Calcul à l'ELU

$$M_u = 1.35 \times G + 1.6 \times Bt = 1.35 \times 3.94 + 1.6 \times 41.61 = 71.89 \text{ KN.m}$$

Moment réduit

$$\text{Recherche du pivot } \mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{71.89 \times 10^{-3}}{1 \times 0.27^2 \times 17} = 0.058 \quad \text{On a } 0 \leq \mu_u \leq 0.186 \text{ pivot A}$$

Paramètres de déformation

- $\alpha_u = 1.25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \mu_u}) = 0.07$
- $Z_u = d \times (1 - 0.4 \times \alpha_u) = 0.26$

Section théorique d'acier

$$A_u = \frac{M_u}{Z_u \times \sigma_s} = \frac{71.89 \times 10^{-3}}{0.26 \times 348.83} = 7.84 \text{ cm}^2$$

• Calcul à ELS

$$M_{ser} = 3.94 + 1.2 \times 41.61 = 53.87 \text{ kN.m}$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 18}{15 \times 18 + 215.55} = 0.56$$

Fibre neutre

$$\bar{Y}_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times d = 0.1$$

Bras de levier

$$\bar{Z}_{ser} = d - \frac{\bar{Y}_{ser}}{3} = 0.15$$

$$\begin{aligned} \text{Moment résistant} \quad \bar{M}_{rser} &= \frac{1}{2} \times b_0 \times d^2 \times \sigma_{bc} \times \bar{\alpha}_{ser} \times \left(1 - \frac{\bar{\alpha}_{ser}}{3}\right) = \\ &= 0.5 \times 1 \times 0.27^2 \times 18.10^3 \times 0.56 \times \left(1 - \frac{0.56}{3}\right) = 298.83 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$M_{rser} > M_{ser}$: pas nécessite d'Acier comprimés

Sections d'aciers tendus

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_{st}} = \frac{53.87}{0.15 \times 215.55} \cdot 10^{-3} = 16.66 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = \frac{0.23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = 3.73 \text{ cm}^2$$

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

Section d'aciers principaux : $A_{pr} = 16.66 \text{ cm}^2$

Section d'aciers de répartition : $A_{rep} = 4.165 \text{ cm}^2$

A l'extrême gauche et droit (lit supérieur)

Calcul à l'ELU

Moment ultime : $M_u = 0.5 \times M_{12} = 0.5 \times 199.05 = 99.53 \text{ kN.m}$

$$\text{Recherche du pivot} \quad \mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{99.53}{1 \times 0.27^2 \times 17} \times 10^{-3} = 0.080$$

On a $0 \leq \mu_u \leq 0.186$ pivot A

Paramètres de déformation

- $\alpha_u = 1.25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 0.104$
- $Z_u = d \times (1 - 0.4 \times \alpha_u) = 0.26$

Section théorique d'acier

$$A_u = \frac{M_u}{Z_u \times \sigma_s} = \frac{99.53}{0.26 \times 348.83} = 1.097 \text{ cm}^2$$

• Calcul à ELS

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \times \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 18}{15 \times 18 + 215.55} = 0.56$$

- Fibre neutre

$$\bar{Y}_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times d = 0.15$$

- Bras de levier

$$\bar{Z}_{ser} = d - \frac{\bar{Y}_{ser}}{3} = 0.22$$

$$Mr_{ser} = 0.5 \times 1 \times 0.27^2 \times 18.10^3 \times 0.56 \times \left(1 - \frac{0.56}{3}\right) = 298.83 \text{ kN.m}$$

$Mr_{ser} > M_{ser}$: pas nécessité des aciers comprimé

Sections d'aciers tendus

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_{st}} = \frac{99.53}{0.22 \times 215.55} \cdot 10^{-3} = 20.99 \text{ cm}^2$$

- Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = \frac{0.23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = 3.73 \text{ cm}^2$$

Les sections d'aciers retenues sont donc $A_{pr} = 20.99 \text{ cm}^2$

$$A_{rep} = 5.247 \text{ cm}^2$$

• Calcul des armatures du radier

Amis travée (lit supérieur)

• Calcul à l'ELU

$$\text{Moment ultime : } M_u = 1.35 \times 4.7 + 1.6 \times 13.77 = 28.38 \text{ kN.m/ml}$$

$$\text{Moment réduit : } \mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{28.38}{1 \times 0.27^2 \times 17} \times 10^{-3} = 0.062$$

Recherche du pivot

On a $0 \leq \mu_u \leq 0.186$ pivot A

Paramètres de déformation

$$\alpha_u = 1.25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 0.12$$

$$Z_u = d \times (1 - 0.4 \times \alpha_u) = 0.26$$

Section théorique d'acier

$$A_u = \frac{M_u}{Z_u \times \sigma_s} = \frac{28.38}{0.17 \times 348.83} = 3.13 \text{ cm}^2$$

Calcul à ELS

$$M_{ser} = 4.7 + 1.2 \times 13.77 = 21.22 \text{ kN.m}$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 18}{15 \times 18 + 215.55} = 0.56$$

Fibre neutre

$$\bar{Y}_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times d = 0.15$$

Bras de levier

$$\bar{Z}_{ser} = d - \frac{\bar{Y}_{ser}}{3} = 0.22$$

Moment résistant

$$M_{rser} = 0.5 \times 1 \times 0.27^2 \times 18.10^3 \times 0.56 \times \left(1 - \frac{0.56}{3}\right) = 298.83 \text{ kN.m}$$

$M_{rser} > M_{ser}$ donc pas de Nécessite d'Acier comprimés

Sections d'aciers tendus

$$A_s = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_{st}} = \frac{21.22}{0.26 \times 215.5} = 3.79 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = \frac{0.23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = 3.73 \text{ cm}^2$$

La section d'aciers retenues est donc $A_{pr} = 3.78 \text{ cm}^2$

$$A_{rep} = 0.945 \text{ cm}^2$$

- **Calcul des armatures sur appui intermédiaire (lit inferieur) :**
- **Calcul à l'ELU**

$$\text{Moment ultime : } M_u = 1.35 \times 8.38 + 1.6 \times 17.21 = 38.85 \text{ kN.m}$$

$$\text{Moment réduit : } \mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{38.85}{1 \times 0.27^2 \times 17} \cdot 10^{-3} = 0.031$$

Recherche du pivot : On a $0 \leq \mu_u \leq 0.186$ pivot A

Paramètres de déformation

$$\alpha_u = 1.25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) = 0.04$$

$$Z_u = d \times (1 - 0.4 \times \alpha_u) = 0.27$$

Section théorique d'acier

$$A_u = \frac{M_u}{Z_u \times \sigma_s} = \frac{38.85}{0.27 \times 348.83} = 4.12 \text{ cm}^2$$

Calcul à ELS :

$$M_{ser} = 8.38 + 1.2 \times 17.21 = 29.03 \text{ kN.m}$$

$$\bar{\alpha}_{ser} = \frac{n \times \bar{\sigma}_{bc}}{n \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_{st}} = \frac{15 \times 18}{15 \times 18 + 215.55} = 0.56$$

Fibre neutre

$$\bar{Y}_{ser} = \bar{\alpha}_{ser} \times d = 0.15 \text{ m}$$

Bras de levier

$$\bar{Z}_{ser} = d - \frac{\bar{Y}_{ser}}{3} = 0.22$$

Moment résistant

$$M_{rser} = 0.5 \times 1 \times 0.18^2 \times 18.10^3 \times 0.56 \times \left(1 - \frac{0.56}{3}\right) = 298.83 \text{ kN.m}$$

Sections d'aciers tendus

$$A_{st} = \frac{M_{ser}}{Z_{ser} \times \sigma_{st}} = \frac{29.03}{0.22 \times 215.55} = 6.12 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité de la section

$$A_{min} = \frac{0.23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = 3.73 \text{ cm}^2$$

La sections d'aciers retenues est donc $A_{pr} = 6.12 \text{ cm}^2$

$$A_{rep} = 1.53 \text{ cm}^2$$

Calcul des armatures de pied droit central

$$N_U = 228.88 \text{ kN}$$

$$\text{Longueur de flambement } f = 0.7XH = 1.05 \text{ m}$$

$$\text{Élancement } \lambda = 3.46 \times \frac{if}{h} = 3.46 \times \frac{1.05}{0.30} = 12.11$$

$$\lambda < 50, \text{ donc } \beta = 1 + 0.2 \times \left(\frac{\lambda}{25}\right)^2 = 1$$

$$B_r = (h-c) \times (b-c) = 2744 \text{ cm}^2$$

$$\text{Le béton équilibré : } N_b = \frac{b_r \times f_{bu}}{0.9} = \frac{0.32 \times 17}{0.9} = 5183.11 \text{ KN}$$

$$\text{Les aciers équilibrés : } N_s = \frac{k \times \beta \times N_u - N_b}{0.85} = \frac{1.1 \times 1 \times 228.88.64 - 5090.6}{0.85} = -5801.58 \text{ KN}$$

$N_s < 0$ le béton est surabondant, prévoir la section minimale.

✓ Calcul minimal d'armature

$$U = 2 \times (h + b) = 2 \times (0.30 + 1) = 2.6$$

$$B = h \times b = 0.3 \times 1 = 0.3 \text{ m}^2 \text{ aire béton}$$

$$A_{\min} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} 4 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \times U \text{ en cm}^2 \\ 0.2 \times \frac{B}{100} \end{array} \right\} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} 4 \times 2.6 = 10.4 \text{ en cm}^2 \\ 0.2 \times \frac{3000}{100} = 6 \text{ cm}^2 \end{array} \right\} = 10.4 \text{ cm}^2$$

$$\text{Vérifions : } A_{\max} = 5 \times \frac{B}{100} = 5 \times \frac{3000}{100} = 150 \text{ cm}^2 > A_{\min} \quad \text{OK.}$$

Calcul des armatures des piédroits extrêmes

⇒ **Calcul à ELU**

$$M_u = 99.386 \text{ kN.m}$$

$$N_u = 156.892 \text{ kN}$$

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

$$e_1 = \frac{M_u}{N_u} + e_a = 0.137 + 0.02 = 0.65 \text{ m}$$

✓ **Sollicitations ultimes corrigées pour flambement**

Élancement géométrique $L_f = 1.05$

✓ **Type de calcul :**

Pièce chargée de façon excentrée

$$\frac{L_f}{h} > < \text{Max} \left\{ 15, 20 \times \frac{e_1}{h} \right\} = 15 > \frac{15}{h} = 3$$

Donc Calcul en flexion composée en tenant compte de façon forfaitaire de l'excentricité du 2nd ordre.

✓ **Excentricité du 2nd ordre**

$$\alpha = \frac{M_g}{M_g + m_q} = 0.383$$

$$e_2 = \frac{3 \times l f^2}{10^4 \times h} = \frac{3 \times 1.05^2}{10^4 \times 0.30} = 0.261 \text{ m}$$

✓ **Sollicitations corrigées pour le calcul en flexion composée**

$$\left\{ \begin{array}{l} N_u = N_i = 156.892 \text{ KN} \\ M_{uGo} = N_u(e_1 + e_2) = 156.892 \times (0.139 + 0.261) = 62.77 \text{ KN.m} \\ e_0 = e_1 + e_2 = 0.139 + 0.261 = 0.142 \text{ m} \end{array} \right\}$$

✓ **Sollicitations ramenées au centre de gravité des aciers tendus**

$$\left\{ \begin{array}{l} e_A = e_0 + \left(d - \frac{h}{2}\right) = 0.142 + \left(0.315 - \frac{0.30}{2}\right) = 0.282 \text{ m} \\ M_{uA} = N_u \times e_A = 156.892 \times 0.282 = 65.49 \text{ KN.m} \end{array} \right\}$$

✓ **Moment réduit de référence à l'ELU**

$$\mu_{BC} = 0.8 \times \frac{h}{d} \times \left(1 - 0.4 \times \frac{h}{d}\right) = 0.8 \times \frac{0.30}{0.315} \times \left(1 - 0.4 \times \frac{0.30}{0.315}\right) = 0.494$$

✓ **Moment réduit agissant**

$$\mu_{UA} = \frac{M_{UA}}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{99.386}{0.35 \times 0.27 \times 14.17} = 0.047$$

⇒ **Calcul à l'ELS**

$$\left\{ \begin{array}{l} N_{ser} = N_g + N_q = 117.48 \text{ KN} \\ M_{serGo} = N_g + N_q = 74.48 \text{ KN.m} \\ e_{0ser} = \frac{M_{serGo}}{N_{ser}} = \frac{74.48}{117.48} = 0.119 \text{ m} \end{array} \right\}$$

✓ **Sollicitations ramenées au centre de gravité des aciers tendus**

$$\left\{ \begin{array}{l} e_A = e_{0ser} + \left(d - \frac{h}{2}\right) = 0.119 + \left(0.315 - \frac{0.30}{2}\right) = 0.259 \text{ m} \\ M_{ser} = N_{ser} \times e_A = 117.48 \times 0.259 = 44.94 \text{ KN.m} \end{array} \right\}$$

✓ **Moment réduit limite**

$$\gamma_M = \frac{M_{UA}}{M_{serA}} = \frac{65.49}{44.94} = 1.46$$

$$\mu_{lu} = 0.31$$

$\mu_{uA} < \mu_{bc}$ Donc section partiellement comprimée

$\mu_{uA} < \mu_{bc}$ donc pas besoin d'acier comprimé

✓ Paramètre de déformation

$$\begin{aligned}\alpha_{uA} &= 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{uA}}) \\ &= 1,25(1 - \sqrt{1 - (2 \times 0,047)})\end{aligned}$$

$$\alpha_{uA} = 0.059$$

✓ Bras de levier

$$Z_{uA} = d(1 - 0,4 \times \alpha_{uA}) = 0,27 \times (1 - 0,4 \times 0,059)$$

$$Z_u = 0,31 \text{ m}$$

✓ Section théorique d'acier

$$A = \frac{M_{UA}}{Z_{UA} \times \sigma_s} = \frac{65.49 \times 10^{-3}}{0,31 \times 347,83}$$

$$A = 6.12 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A - \frac{N_U}{\sigma_s} = 6.12 \times 10^{-3} - \frac{232.55 \times 10^{-3}}{347,83} = 0.06 \text{ cm}^2$$

✓ Condition de non-fragilité

$$A_{min} = \frac{0,23 \times b \times d \times Ft28}{Fe} = \frac{0.23 \times 1 \times 0,27 \times 2,1}{400}$$

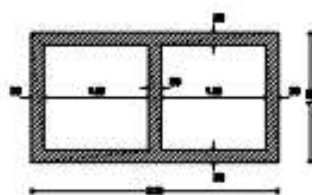
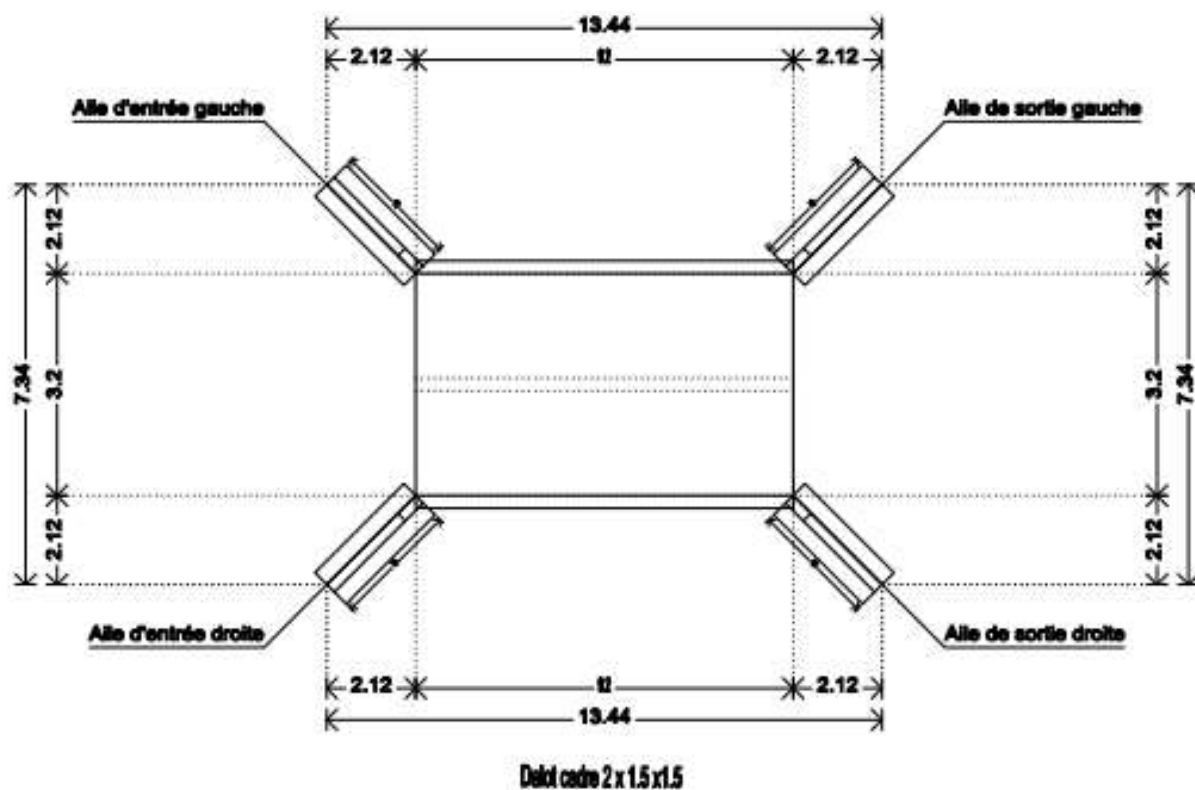
$$A_{min} = 3.8 \text{ cm}^2$$

La section d'acier retenue est donc $A_s = 3.8 \text{ cm}^2/\text{face}$

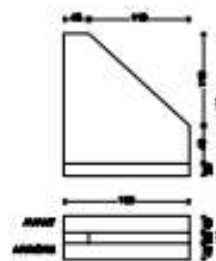
Récapitulatif des aciers du dalot 2 x 1.5 x 1.5 :

		Acier principaux		Acier de répartition	
		Section d'armature Cm ²	Choix des aciers	Section d'armature	Choix des aciers
Tablier	A mis travée(lit inferieur)	55,41	HA10e25	13.85	HA10
	Sur appui intermédiaire (lit supérieur)	20.99	HA10e25	5.247	HA10
	Sur appui extrêmes	20.99	HA10e25	5.247	HA10
Radier	Sur appui intermédiaire (lit inferieur)	6.12	HA12e25	1.53	HA10
	Sur appui intermédiaire (lit inferieur)	3.78	HA10e25	1.53	HA10
Piédroit interne		10.4	HA12e25	4.29	HA10
Piédroit externe		3.8	HA12e25	6.35	HA10

Annexe 4.2 : Plan de coffrage dolot 2 x 1.5 x1.5



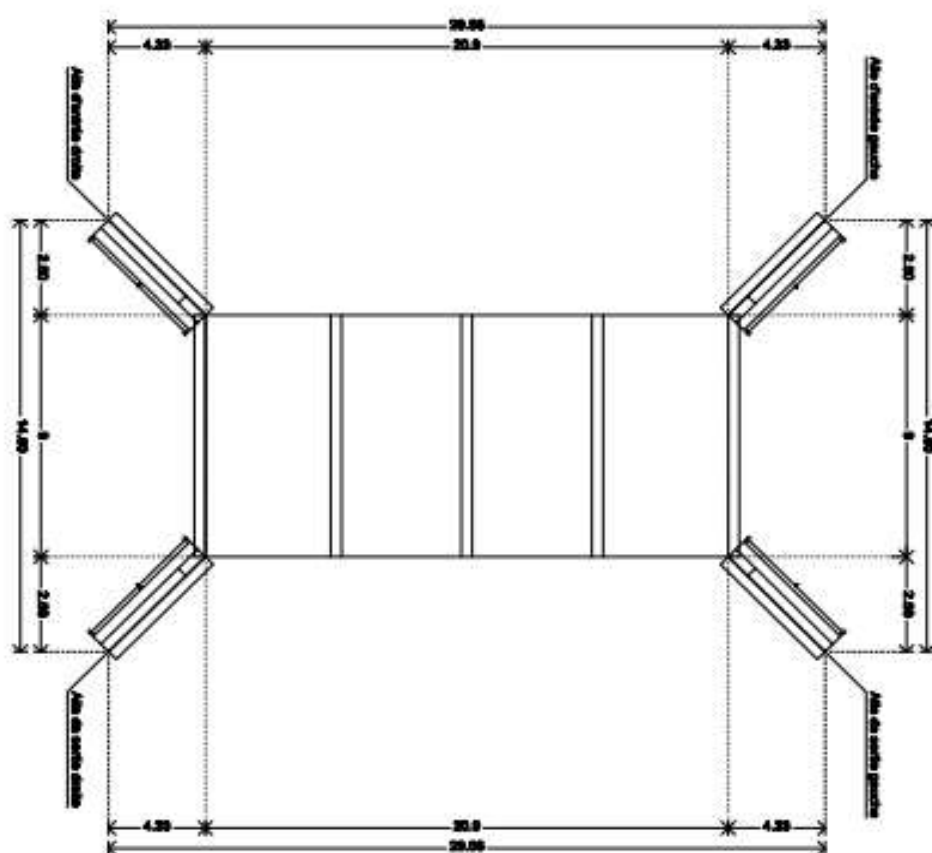
Dalot cadre 2x1.5x1.5



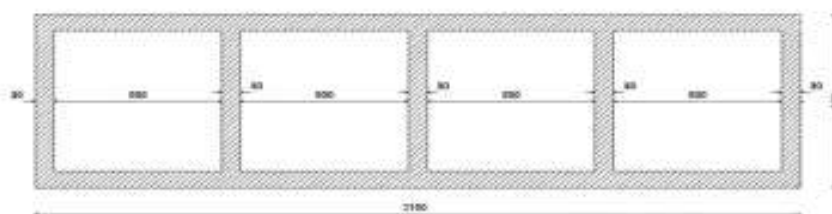
Mur en aile

Projet :	Etude technique d'une voirie et redimensionnement d'un dalot existant sur le canal dans le cadre de travaux d'aménagement du canal GOUNTOU YENA à Niamey.	Echelle : 1/50
Objet :	Mètre pour l'obtention de plans de voirie avec grade de Rurur	
Institution :	Bureau International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (BIEE)	
Client :	Mairie et sonnerie d'Etat	projet 2007/2007
Realise :	Plan de coffrage existant (BIEE)	
	Dr. Cheick Bou. BISSITE	

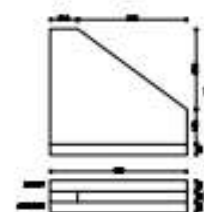
Annexe 4.4 : plan de coffrage de dalot 4 x 5 x 4



Vue en plan du Dalot cadre de 4x5x4



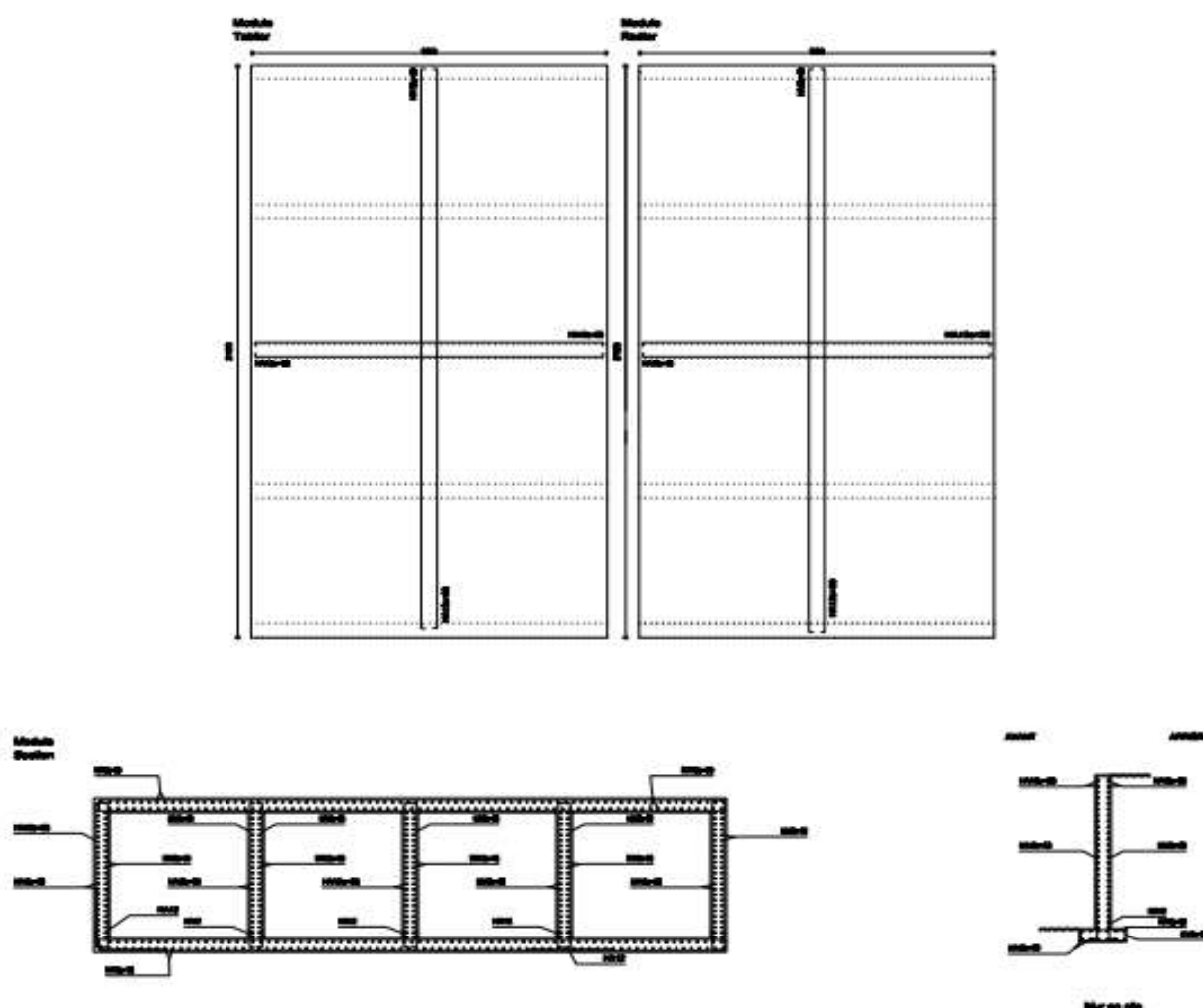
Vue en coupe du Dalot cadre de 4x5x4



Mur en aile

Projet	Etude technique d'une voirie et redimensionnement d'un dalot situé sur le chenal dans le cadre des travaux d'aménagement du canal GOUNTOU-YENA à Niamey	
Objet	Rendre de l'obtention du diplôme d'ingénieur avec grade de Master	
Institution	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)	
Option	Route et Ouvrage d'art	Promotion 2018/2019
Dessin	Plan de coffrage de dalot 4 x 5 x 4 situé sur avenue de la patrie	
Réalisateur	BOUZOU MAHAMAN YAHAYA 25170795	

Annexe4.5 : plan de ferrailage de dalot 4 x 5 x 4



Projet	Etude technique d'une voirie et redimensionnement d'un dalot situé sur le chenal dans le cadre des travaux d'aménagement du canal gountoun-yena à Niamey		
Objet	Mémoire de l'obtention du diplôme d'Ingénierie avec grade de Master		
Institution	Institut International d'Ingénierie de l'eau et de l'environnement (2iE)		
Option	Route et Ouvrage d'art	Promotion 2018/2019	
Dessin	Plan de ferrailage de dalot 4 x 5 x 4 situé sur avenue de la mairie		
Realisateur	BOUZOU MAHAMAN YAHAYA 20170795		

Tableau 17 : Récapitulatif de quantité de matériaux par ouvrage

Emplacement	PK	Dalot	Poids total d'acier/ouvrage (kg)	Volume total de béton/ouvrage (m ³)	Surface totale de coffrage/ouvrage (m ²)
Bretelle 1	00 + 365	2 x 1,5 x 1,5	10 284,84	17	135,492
Gountou- yena	01+225	4 x 5 x 4	58918,17	235	189,435

ANNEXE 5.10 : les travaux d'exécution des dalots

Dalot cadre 5 x 4 x 4 en béton armé (corps- 21,8ml +02 ouvrages de têtes) y compris Les armatures sur avenue de la Mairie, le dalot cadre de 2 x 1,5 x 1,5 (corps-3,6 +02 ouvrage de tête y compris les armature sur l'axe de la bretelles 1 .

L'étude et la réalisation de ces dalots comprennent :

- La préparation des notes de calcul et des plans nécessaires à l'exécution du dalot ;
- La fourniture , le transport sur toutes distances et le stockage à pied d'œuvre de tous les matériels et matériaux nécessaires à la réalisation du corps du dalot et des ouvrages des tête en béton armé y compris ciment, armature , gravier, sable ; etc...
- Les travaux préparatoire (implantations, nivellement piquetage etc....)
- Les travaux de terrassement (déblais, remblais etc...) et de fouilles en terrain de toute nature y compris rocheux et toutes sujétion de démolition d'ouvrage existants , de blindage, de réglage et nettoyage du fond de fouille et de la main d'œuvre nécessaire.
- Le réglage du fond de parois , le compactage de l'assise à 95% de l'OPM, l'épuisement, des eaux diverse et le rabattement de la nappe;
- L'exécution des fouille en terrain de toute nature , jusqu'au moins 15 cm sous traverse inférieure y compris travaux préparatoire terrassement , démolition de l'ouvrage existant et toutes sujétion de blindage , de réglage de fouille ;
- L'aménagement ou déviation éventuels du lit de l'écoulement , et la remise en état des lieux après exécution du dalot y compris la mise en dépôt des déblais excédentaires.
- Le chargement , le transport sur toute distance , le déchargement et réglage aux lieux de dépôt agréé par l'ingénieur ;
- Le ferrailage conformément aux normes et règlement en vigueur ;
- La fourniture la fabrication la mise en œuvre du coffrage d'un béton de propriété dosé à 200 kg/m³ de ciment de 0.1m d'épaisseur ;
- La fourniture et la mise en œuvre du coffrage et du décoffrage des armature et du béton dosé a 350kg/m³ de ciment y compris ciment gravier , sable , joints , etc.... ;
- En cas de préfabrication , le rejointoiement des éléments par un béton de 350kg /m³ ;
- Le badigeonnage a l'émulsion de bitumage des parties en contacts avec le remblai, les ragréages et le remblaiement soigné en matériaux sélectionnés derrière les piédroits y compris , fourniture des matériaux sélectionnés , transport et mise en œuvre conformément aux spécification technique ;
- Le raccordement aux ouvrages adjacent amont et/ou aval (dalot, fossé, ou rejet) et la remise en état des abords y compris remblayage et réglages du terrain naturel , damage et compactage ;
- Les travaux de protection de l'ouvrage contre l'érosion et les affouillement , y compris enrochement gargouille etc...
- Les sujétion de croisement avec d'autre réseaux existants (réseau électrique ; réseau d'alimentation en eau, et...) ou constructions de toute nature, de pré-fouille ou de fouille à la main si l'encombrement du sol l'exige,
- Les sujétions de signalisation et de pré-signalisation du chantier et de déviation de la circulation.

Annexe 6: vérification des contraintes du sol sur alizé LCPC

Annexe 6 : vérification des contraintes avec Alizé-LCPC

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

Trafic PL cumulé : données

- ☒ Moyenne journalière annuelle (MJA) : 19
- ☒ Taux accroissement géométrique (%) : 5
- ☐ Taux accroissement arithmétique (%) : 0,00
- ☒ Durée de service (années) : 20
- ☐ Trafic cumulé PL : 2,2931E+5

Cocher au plus 3 cases

Valeurs admissibles : données

matériau type : gnt et sol
coefficient CAM : 1

trafic cumulé NE : 2,2931E+5
Coefficient A : 10000
pente b : -0,003

Calculer Epsiz admissible
Calcul inverse NE = f(Epsiz)

Bibliothèque des matériaux

Pour modifier les valeurs standard : cliquer sur "gnt et sol"

Structure de base

	épais. (m)	module (MPa)	Nu
colle	0,15	575	0,35
colle	0,15	294	0,35
	infini	121,1	0,35

EpsilonZ

Annotation libre : gnt et sol
Mémo : 1 - Epsiz= 1033,0 (gnt et sol)

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

variante 1: Durée= 00:01sec

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,150	575,0	0,350	0,000	-100,9	0,049	224,6	0,657
colle			0,150	-379,4	-0,153	670,0	0,294
0,150	294,0	0,350	0,100	-379,4	-0,000	974,5	0,294
colle			0,300	-413,2	-0,099	565,7	0,109
infini	121,1	0,350	0,300	-413,2	-0,099	897,0	0,109

Alizé-Lcpc Mémo

1 - Epsiz= 1033,0 (gnt et sol)

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

Grandeurs affichées

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

Déflexion = 60,4 mm/100
entre-jumelage
Rdc = 103,1 m

Imprimer Enregistrer

Annexe 7 : Estimation du cout

Devis quantitatif et estimatif de travaux d'etude technique d'une voirie et redimensionnement d'un dalot dans le cadre des travaux d'amenagement du canal gountoun-yena à Niamey:
VOIES DE DEVIATIONS

Ref	Designation	Unité	Qté	Prix Unitaire	Pix total
0	Installation de chantier				
0.1	installation generales de chantier	FF	1	30 000 000	30 000 000
0.2	installation de la mission de contrôle	FF	1	20 000 000	20 000 000
0.3	Preparation des plans d'excution	FF		-	-
0.4	Amenée et repli du materiel	FF	1	73 750 000	73 750 000
	SOUS TOTAL 0				123 750 000
1	Degagement des emprises et terrassements				-
1.1	Decapage de terre vegetale et sur une epaisseur moyenne de 100 cm	m ²	6320,4	1 500	9 480 600
	purges sur epaisseur moyenne de 1m	m ³	300	10 000	3 000 000
1.3	deblais de deassement de la tere existante	m ³	1725	3 000	5 175 000
1.4	Materiaux d'apport mis en remblai	m ³	1476	5 500	8 118 000
1.5	Execution de remblais	m ³	1476	6 000	8 856 000
1.6	Abattage et dessouchage d'arbre de circonference superieure a 0,7	u	23	55 000	1 265 000
1.8	mise en depot des bordures et trottoir ou d'ilots	ml	2000	1 000	2 000 000
1.9	depose et mise en depot des candelabres pour les lampadaire	u	100	40 000	4 000 000
1.10	depose et mise en depot des panneaux de signalisation verticale	u	5	10 000	50 000
1.11	depose et mise en depot des feux tricolores	u	2	10 000	20 000
1.12	Preparation de la plateforme	m ²	7000	500	3 500 000
	SOUS TOTAL 1				45 464 600
2	Chaussée				
2.1	Compactage de l'assise de la chaussé	m ²	9200	15 000	138 000 000
2.2	couche de fondation engraveleux laterique naturel	m ³	1840	15 000	27 600 000
2.3	couche de base engraveleux laterique naturel	m ³	1380	15 000	20 700 000
2.4	Plus-value de transport des materiaux pour les couches de chaussé	m ³ /km	3220	500	1 610 000
	SOUS TOTAL 2				187 910 000
3	Revetement				-
3.1	Fourniture et mise en œuvre impregnation	m ²	9200	1 200	11 040 000
3.2	Fourniture et mise en œuvre monocouche	m ²	7000	3 000	21 000 000
3.3	Fourniture et mise en oeuvre de la couche d'accrochache	m ²	7000	1 500	10 500 000
3.4	Fourniture transport et mise en Œuvre d'un revetement en bb	m ³	350	150 000	52 500 000
3.5	Fourniture et pose des pavés autobloquants	m ²	2400	10 000	24 000 000

	SOUS TOTAL 3				119 040 000
4	Ouvrage de protection				-
4.1	Fourniture et mise en oeuvre Perre maconne	m2	824,4	37 000	30 502 800
4.2	Bordure type T2	ml	2000	15 000	30 000 000
	SOUS TOTAL 4				60 502 800
5	Securite et signalisation routiere				-
5.1	Marquage speciaux et peinture blanche retro-reflechissante	m2	1500	4 000	6 000 000
5.2	Bande continue ou discontinue de largeur 0,12 (2u)	ml	360	4 000	1 440 000
5.3	Bande continue ou discontinue de largeur 0,18 (3u)	ml	180	4 000	720 000
5.4	Panneaux de police et d'interdiction	u	3	300 000	900 000
	SOUS TOTAL 5				9 060 000
6	ECLAIRAGE PUBLIC				-
6.1	Etude	ff	1	10 000 000	10 000 000
6.2	Fourniture et pose de candelabre simple pour l'eclairage de deux bretelle	u	100	1 600 000	160 000 000
	SOUS TOTAL 6				170 000 000
7	Mesure environnementales et sociales				
7.1	Plantations d'alignement de palmiers	u	50	8 000	400 000
7.2	programme d'attenuation et limitation des impacts	ff	1	600 000 000	600 000 000
7.3	programme de suivi environnemental	ff	1	91 455 000	91 455 000
	SOUS TOTAL 7				691 855 000
TOTAL GENERAL					1 407 582 400

Devis quantitatif et estimatif de travaux d'étude technique d'une voirie et redimensionnement d'un dalot dans le cadre des travaux d'aménagement du canal Gountou-yena à Niamey :
AMENAGEMENT DU CANAL

ref	Désignation	Unité	Qtés	Prix unitaires	Prix total
0	Installation du chantier	ff	1	7 000 000	7 000 000
0	Amené et repli	ff	1	10 000 000	10 000 000
	SOUS TOTAL 1				17 000 000
1	TERRASSEMENT				
1.1	Décapage de la chaussée et du remblais sur l'ouvrage	m2	180	1500	270 000
1.2	Déblais de décaissement de la chaussée existante	m3	180	3000	540 000
	Matériaux d'apport mis en remblai	m3	90	5500	495 000
1.3	Démolition des trottoirs ou parkings revêtus	m2	40	10000	400 000
1.4	Démolition de l'ouvrage existant	m3	720	20 000	14 400 000
1.5	Démolition de constructions existantes en maçonnerie	m3	80	70 000	5 600 000
1.6	Démontage et mise en dépôt des bordures de trottoirs ou d'ilots	m2	40	1 000	40 000
1.7	Préparation de plateforme	ml	20	500	10 000
	Réglage de niveau des digues et du fond du fond du canal	ml	1400	300 000	420 000 000
1.8	Exécution des remblais	m3	5600	6 000	33 600 000
	SOUS TOTAL				475 355 000
	BA dosé a 400Kg/m3				
	Radier	m3	54	240000	12 960 000
	Piédroit	m3	54	240000	12 960 000
	Tablier	m3	54	240000	12 960 000
	Mur en aille	m3	2,4	240000	576 000
	Bèche en BA	m3	1008	240000	241 920 000
	Balise	U	934	40000	37 360 000
	SOUS TOTAL				318 736 000
	Chaussée				
	Compactage de remblais	m2	9200	15 000	138 000 000
	Plus-value de transport des matériaux pour les couches de chaussée	m3/km	90	500	45 000
	SOUS TOTAL 2				138 045 000
3	Revêtement				

3.1	Fourniture et mise en œuvre imprégnation	m2	9200	1 200	11 040 000
3.2	Fourniture et mise en œuvre monocouche	m2	7000	3 000	21 000 000
3.3	Fourniture et mise en œuvre de la couche d'accrochache	m2	7000	1 500	10 500 000
3.4	Fourniture transport et mise en Œuvre d'un revêtement en bb	m3	350	150 000	52 500 000
3.5	Fourniture et pose des pavés autobloquants	m2	40	10 000	400 000
SOUS TOTAL 3					95 440 000
3	Revêtement du canal				
	Fourniture et pose des perré maçonneré	m2	44800	37 000	1 657 600 000
SOUS TOTAL 4					1 657 600 000
TOTAL GENERAL					2 702 176 000

RECAPTITULATIF

	Désignation	Prix en Franc CFA
1	Aménagement du canal	2 702 176 000
2	Construction des voies de déviations	1 407 582 400
3	TOTAL DU PROJET HT	4 109 758 400
4	TVA 19%	780 854 096
5	TOTAL TTC	4 890 612 496

Quatre milliards huit cents quatre-vingt-dix millions six cents douze milles quatre cents quatre-vingt-seize franc CFA (**4 890 612 496 FCFA**).