



ETUDES TECHNIQUES DE VOIRIES ET DE RESEAUX D'ASSAINISSEMENT DE
LA VILLE DE BONDOUKOU DANS LE CADRE DU PROJET DE RENAISSANCE
DES INFRASTRUCTURES EN COTE D'IVOIRE (PRI-CI)

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

SPECIALITE : GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE

Présenté et soutenu publiquement le 22 Janvier 2019 par

SANON Nadège (20150474)

Directeur de mémoire : BIAOU Chabi Angelbert, Enseignant à 2iE

Encadrants 2iE :

Ing Marie-Thérèse Marame GOMIS/MBENGUE, Enseignante à 2iE

Dr Mounirou Adjadi LAWANI, Enseignant à 2iE

Maître de stage : DADJO Ahandogbe F E Alban, Ingénieur des Etudes/ ACE

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Dial NIANG

Membres et correcteurs : M Boureima KOANDA

M Moussa FAYE

Promotion [2017 /2018]

DEDICACES

Je dédie ce mémoire :

A

- Mon défunt père **SANON Ambroise**, parti si tôt ; que son âme repose en paix ;
- Ma mère SANON Pauline. Merci pour tout le soutien et le courage que vous m'apportez ;
- Mes jeunes frères, Marc et Kévin. Que ce travail soit pour vous une source de motivation.

REMERCIEMENTS

J'exprime ma profonde gratitude à tous ceux et toutes celles qui, de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

Je voudrais remercier particulièrement :

- Tout le corps professoral de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), pour l'enseignement et l'encadrement pédagogique de qualité reçu tout au long de ma formation ;
- Monsieur **Ousmane TIENDREBEOGO**, Directeur de Associated Consulting Engineers (**ACE**), pour l'opportunité qu'il m'a offerte en m'accueillant au sein de la structure ;
- Mon directeur de mémoire Dr Angelbert Chabi BIAOU, qui m'a suivie durant ce travail et qui par ses sages conseils, a aidé à la réussite de ce mémoire ;
- Mes encadreurs **Ing Marie-Thérèse Marame GOMIS/MBENGUE** et **Dr Mounirou Adjadi LAWANI** pour leur disponibilité tout au long de mon stage ;
- Dr Dial NIANG pour ses conseils et la documentation mise en ma disposition ;
- Monsieur **F. Alban Edouard DADJO AHANDOGBE**, ingénieur à ACE Ingénieurs Conseils, mon encadreur, pour ses éclaircissements ;
- Tout le personnel de ACE, pour l'accueil et le soutien tout au long de mon stage ;

RESUME

La Côte d'Ivoire est dans une politique de réalisation de grandes infrastructures, notamment dans le domaine des routes et de l'assainissement. Les localités reculées ne sont pas en marge de ce développement. La ville de Bondoukou dispose d'un réseau routier endommagé par les eaux de pluie et la majorité des caniveaux est à une côte dépassant celle de la route. De ce fait, ils ne reçoivent pas les eaux pluviales, exposant ainsi la voirie au phénomène d'érosion, avec des habitations inondées.

Dans le cadre du Projet de Renaissance des Infrastructures en Côte d'Ivoire (PRI-CI), cette ville doit bénéficier d'un réseau de routes permettant son développement, pour désenclaver les voies des zones d'habitat populaire, et permettre leur liaison avec celles d'intérêts plus économiques, assurant ainsi un meilleur accès aux emplois. Dans la phase initiale du projet, la mise à jour des études techniques a révélé une sous-estimation des volumes et coûts des travaux à effectuer, de sorte que le financement prévu ne pouvait pas couvrir toutes les activités identifiées. Notre étude consiste donc à réévaluer techniquement mais aussi financièrement ces travaux, de voirie et d'assainissement pluvial.

Au sortir de cette étude, une distance de 10.8 km de voie bitumée doit être dimensionnée, doté de réseau d'évacuation des eaux pluviales en béton armé et de trois (3) ouvrages de franchissement. Les travaux qui sont divisés en quinze (15) tronçons bitumés nous offrent des sections différentes dotés de dispositifs sécuritaires. Le coût total des travaux s'élève à **12.053.799.415 FCFA.**

Mots clés :

1. Bondoukou
2. Dispositif sécuritaire
3. Infrastructures
4. Réseau d'évacuation
5. Tronçons bitumés

ABSTRACT

Ivory Coast is in a policy of major infrastructure achievements, particularly in the field of roads and sanitation. The remote localities are not in the margins of this development. The road network of Bondoukou is damaged by rainwater and most of gutters are at a coast exceeding the road coast. As a result, they do not receive rainwater, this exposing the roadway system to the erosion phenomenon with houses under water.

As part of the Projet de Renaissance des Infrastructures en Côte d'Ivoire (PRI-CI), this town must benefit from road network allowing its development, to open up roads of popular housing areas, and allow their connection with those of more economic interests, this ensuring better access to jobs.

In the initial phase of the project, the update of the technical studies exposes an underestimation of the volumes and costs of the work to be done, so that the planned funding could not cover all identified activities. Our study is therefore to re-evaluate not only technically but also financially this work, to deduct the additional financing, thus aiming at the achievement of the goals of the project.

At the end of this study, 10.8km of asphalt road must be sized, equipped with a rainwater drainage system made of reinforced concrete and three (3) crossing structures. The works, which are divided into fifteen (15) asphalted sections, offer us different sections. The total cost of the work stands at **12.053.799.415 FCFA**.

Key words:

1. Asphalted sections
2. Bondoukou
3. Infrastructure
4. Rainwater drainage system
5. Security system

LISTE DES ABREVIATIONS

ACE	: Associated Consulting Engineers
ARP	: Aménagement des Routes Principales
CBR	: California Bearing Ratio
CEDEAO	: Communauté Economique Des Etats de l'Afrique de l'Ouest
GPS	: Global Positioning System
ICTAVRU	: Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines
IDA	: Association Internationale de Développement
PRI-CI	: Projet de Renaissance des Infrastructures en Côte d'Ivoire
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SETRA	: Service d'Etude Techniques des Routes et Autoroutes
SIG	: Système d'Information Géographique
SODEXAM	: Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire
UEMOA	: Union Economique et Monétaire Ouest-Africaine
USGS	: United States Geological Survey

SOMMAIRE

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES ABREVIATIONS	v
SOMMAIRE	1
LISTE DES TABLEAUX	3
LISTE DES FIGURES	4
INTRODUCTION GENERALE	5
Chapitre I : Présentation du projet et de la structure d'accueil	6
I. Présentation de la structure d'accueil	6
I.1 Historique de ACE	6
I.2 Organigramme de ACE	7
II. Généralités sur la zone d'étude	8
II.1. Situation géographique	8
II.2. Contexte climatique	9
II.3. Réseaux hydrographique	9
II.4. Relief, sol, végétation et hydrogéologie	10
II.5. Hydrogéologie	11
II.6. Caractéristiques du milieu humain	11
III. Problématique	11
III.1. Objectif de l'étude	12
III.2. Objectif général du projet	12
III.3. Objectifs spécifiques de l'étude	12
IV. Matériels et méthodes	12
IV.1. Recherche Bibliographique	12
IV.2. La collecte des données	13
IV.3. Reconnaissance du terrain	13
IV.4. Traitement des données	15
IV.5. Délimitation de bassins versants globaux	15
IV.6. Choix de la méthode d'évaluation des débits de pointe aux exutoires	16
IV.7. Evaluation des débits équivalant	19
IV.8. Dimensionnement des ouvrages (caniveaux et ouvrages de franchissement)	19
IV.8.1. Dimensionnement structurel du caniveau	20
IV.8.2. Dimensionnement structurel du dalot cadre	21
IV.9. Dimensionner les différents itinéraires à bitumer	22
Chapitre II : Résultats et discussions	26
I. Conception hydraulique des ouvrages d'assainissement	26

I.1 Tracer du réseau de collecte des eaux de pluie.....	26
I.2 Délimitation des bassins versants	26
I.3 Caractéristiques des bassins versants.....	27
I.4 Calcul du débit à l'exutoire de chaque sous bassins versant	29
I.5 Dimensionnement des caniveaux	30
I.6 Dimensionnement structurel.....	32
I.6.1 Dimensionnement structurel du caniveau	32
I.6.2 Dimensionnement structurel du dalot cadre.....	32
II. Conception structurelle de la route	33
II.1 Conception géométrique.....	33
II.2 Tracer en plan.....	35
II.3 Profil en long	35
II.4 Profil en travers type	36
II.5 Etude géotechnique du milieu.	36
Chapitre III : Constat d'Impact Environnemental et Social, sécurité routière et étude des prix	39
I. Impacts potentiels du projet.....	39
I.1. Recommandations environnementales et sociales	40
I.2. Plan de Gestion Environnementale et Sociale	41
II. Sécurité routière	43
II.1 Signalisation horizontale	43
II.2 Caractéristiques générales des marques.....	43
II.3 Type de marques retenues pour notre projet.....	43
II.4 Signalisation verticale	43
III. Etude des prix.....	44
CONCLUSION- RECOMMANDATIONS	45
Bibliographie	46
ANNEXES	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Association des bassins versants	19
Tableau 2: Caractéristiques des matériaux	25
Tableau 3: Caractéristiques des bassins versants	28
Tableau 4: Calcul des débits élémentaires	29
Tableau 5: Dimensionnements des ouvrages de drainage.....	30
Tableau 6: Dimensions des caniveaux retenues	31
Tableau 7: Tableau récapitulatif du ferrailage des caniveaux.....	32
Tableau 8 efforts et sollicitations du dalot	33
Tableau 9: Tableau récapitulatif du ferrailage des dalots	33
Tableau 10: Désignation des itinéraires	35
Tableau 11: Données du trafic	36
Tableau 12: Variantes de calcul	36
Tableau 13: Structures proposées.....	37
Tableau 14; Sollicitations pour l'itinéraire 8	37
Tableau 15: Sollicitations pour le reste des itinéraires.....	37
Tableau 16: Proposition de plateforme	38
Tableau 17: Activités générales sources d'impacts à Bondoukou	39
Tableau 18: Description de l'impact et recommandations.....	40
Tableau 19: Acteurs et responsabilités (Bondoukou)	41
Tableau 20: Devis des travaux	44

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme de ACE	7
Figure 2: Carte représentative de Bondoukou	8
Figure 3: Carte du réseau hydrographique de Bondoukou	10
Figure 4: Schéma de chargement du dalot	21
Figure 5: Représentation des collecteurs secondaires	26
Figure 6: Représentation des bassins versants	27
Figure 7: Carte représentative des itinéraires	34
Figure 8: Occupation budgétaire des travaux	44

INTRODUCTION GENERALE

Les infrastructures routières jouent un rôle primordial dans le développement économique d'une nation. La Côte d'Ivoire dispose d'un réseau de voirie bitumée dense, dans l'ensemble des principaux chefs-lieux et districts du pays, grâce sa politique d'aménagement du territoire et de décentralisation initié depuis les années 80. Cependant, avec la crise politique de 2010, les grands projets de développement urbain comportant le financement d'infrastructures, se sont progressivement arrêtés. Les travaux routiers financés par les collectivités territoriales sont pratiquement inexistantes, pour garantir la pérennité des ouvrages, et les besoins de plus en plus pressants en infrastructures routières.

C'est ainsi que l'état de la Côte d'Ivoire avec l'aide de ses partenaires financiers a initié le projet dénommée PRI-CI et la ville de Bondoukou est l'une des villes bénéficiaires. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre étude intitulée : Etudes techniques de voiries et réseaux d'assainissement de la ville de Bondoukou dans le cadre du Projet de Renaissance des Infrastructures en Côte d'Ivoire (PRI-CI). Ce projet qui est financier l'IDA, comporte les travaux de bitumage et/ou de renforcement des voies, des ouvrages de franchissement et de drainage des eaux pluviales.

Pour atteindre les objectifs de notre étude, il était impératif de :

- Proposer un système adéquat pour l'évacuation des eaux pluviales ;
- Proposer une conception pour les ouvrages de franchissement ;
- Proposer une conception géométrique des itinéraires concernés ;
- Déterminer la faisabilité environnementale du projet ;
- Faire un cadre de devis quantitatif et estimatif pour enfin estimer les coûts des travaux.

Le présent mémoire qui fait une synthèse de cette étude est structuré en quatre (4) chapitres que sont :

- ❖ La présentation du projet et de la structure d'accueil ;
- ❖ La conception hydraulique des ouvrages d'assainissement ;
- ❖ La conception structurelle de la route ;
- ❖ La notice d'impact environnementale, la sécurité routière et l'étude des prix.

Chapitre I : Présentation du projet et de la structure d'accueil

I. Présentation de la structure d'accueil

ACE Ingénieurs Conseils est la structure qui m'a reçu en stage dans le cadre de mon mémoire de fin d'étude pour l'obtention d'un diplôme de master d'ingénierie.

I.1 Historique de ACE

Associated Consulting Engineers (ACE) est un bureau d'étude pluridisciplinaire reconnu sous le statut juridique de société à responsabilité limitée (SARL). Situé dans la ville de Ouagadougou plus précisément dans le secteur 8 Gounghin, Rue Zoalga 8.24, ACE exerce ses activités aussi bien au Burkina Faso qu'à l'étranger notamment dans la zone UEMOA et est inscrit auprès des organismes de financement.

Dirigé par M. Ousmane TIENDREBEOGO, ACE possède un personnel technique compétent constitué d'ingénieurs du bâtiment et des travaux publics, de topographes, de géotechniciens.

Grâce à ses compétences humaines (ingénieurs et techniciens expérimentés) ACE, intervient à tous les stades de mise en œuvre des projets : identification, reconnaissance des sites de projets, études de faisabilité, études préliminaires, études détaillées, préparation des cahiers de charges et des dossiers d'appel d'offres, assistance au maître d'ouvrage pour l'analyse des offres des entreprises, surveillance et contrôle des travaux, assistance technique, conseils. Les différents domaines d'intervention sont :

- Les infrastructures qui concernent principalement :
 - Les routes bitumées ;
 - Les voiries et réseaux divers ;
 - La réhabilitation d'infrastructures ;
 - La topographie ;
 - Les pistes rurales.
- Les bâtiments et ouvrages d'art qui concernent principalement :
 - Le bâtiment ;
 - Les structures métalliques et bois ;
 - Les ouvrages d'art ;
- L'aménagement hydraulique et environnement :
 - L'aménagement hydro-agricole ;
 - Les barrages l'hydrologie et l'hydrogéologie.

I.2 Organigramme de ACE

L'organigramme de ACE se présente comme suit (Figure 1) :

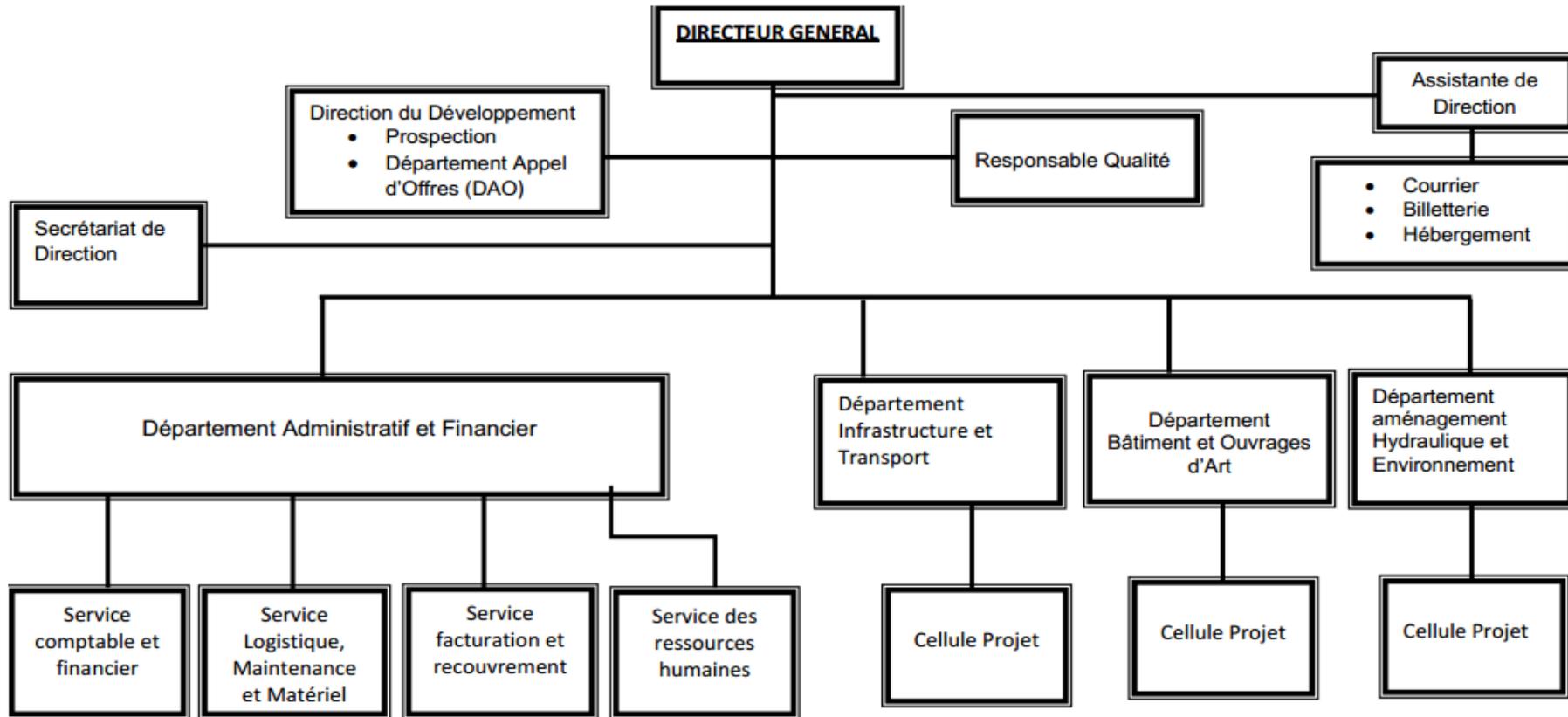


Figure 1: Organigramme de ACE

II. Généralités sur la zone d'étude

II.1 Situation géographique

Située dans la région de Zanzan, la ville de Bondoukou est au nord-est de la Côte d'Ivoire et est le chef-lieu de la région administrative de Gontougou (Figure 2). Avec une superficie de 2 873 ha, la ville comptait 333 707 habitants(INS-CI, 2014). La ville est limitée par les départements de Nassian, Bouna et le Burkina Faso au Nord, Tanda au Sud, Dabakala à l'Ouest et le Ghana à l'Est dotant la ville d'une variété linguistique (SEHI, 2011). Les coordonnées de la ville sont 8° 02' 23" latitude Nord, 2° 47' 54" longitude Ouest.

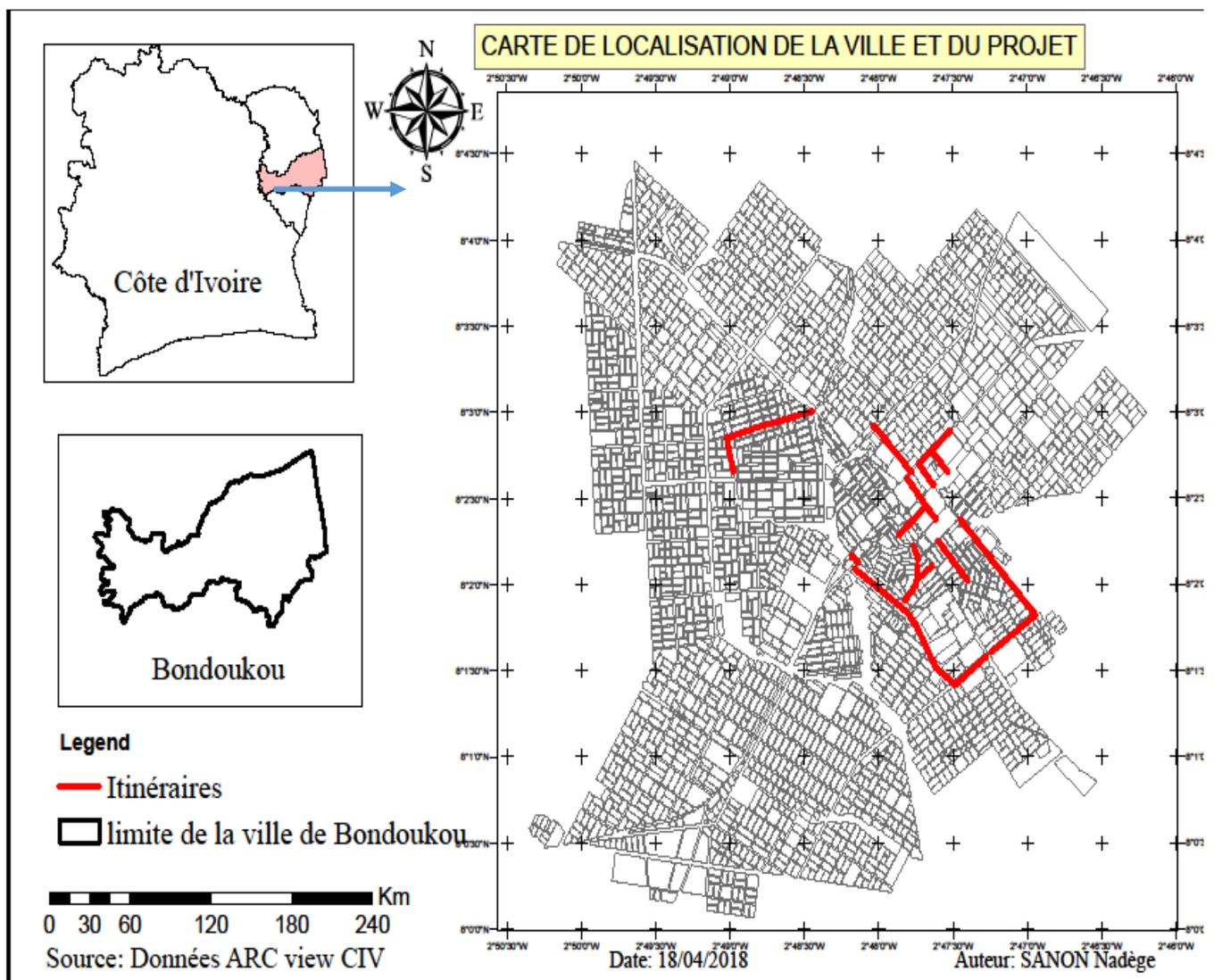


Figure 2: Carte représentative de Bondoukou

II.2 Contexte climatique

La région de Bondoukou baigne dans un climat de transition dit équatorial atténué. On distingue quatre saisons bien différenciées sans éliminer toutefois le terme de petite saison sèche appliqué habituellement aux mois de juillet et août :

- La grande saison sèche de début novembre à mi-février ;
- La grande saison des pluies de mi-février à mi-juillet ;
- L'intersaison humide de mi-juillet à mi-août ;
- La saison des pluies de mi-août à octobre inclus.

La pluie annuelle de la zone du projet varie entre 749 et 1445 mm avec une moyenne interannuelle de 1061 mm. Quant à la température, la moyenne annuelle varie entre 28 °C (mois de février, mars et avril) et 24 °C (mois d'août).

Deux principaux vents sont à distinguer : l'harmattan qui souffle pendant la saison sèche et la mousson pour la saison des pluies. (ADJANOHOUN, 1964)

II.3 Réseaux hydrographique

Dans la ville de Bondoukou, le réseau hydrographique est essentiellement marqué par la rivière Wamo qui sert pour le drainage des eaux de la ville de Bondoukou (Figure 3). Cette rivière traverse toute la ville de Bondoukou. La zone en elle-même est à cheval entre la Comoé et la Volta Noire qui continue jusqu'au Ghana. Elle est drainée par de nombreux affluents de ces cours d'eau qui parcourent tout le département de Bondoukou.

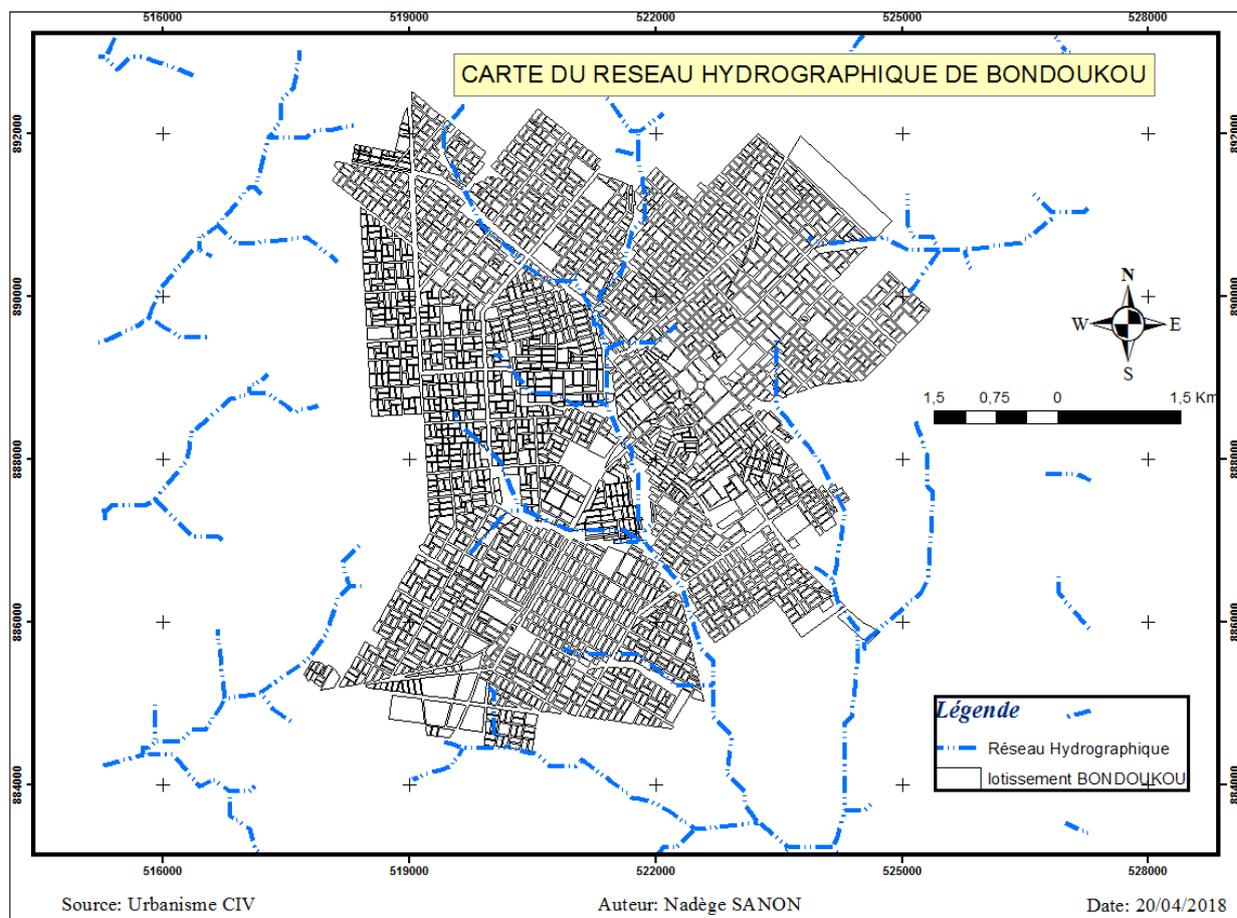


Figure 3: Carte du réseau hydrographique de Bondoukou

II.4 Relief, sol, végétation et hydrogéologie

• Relief

La région de Bondoukou dans son ensemble est un vaste plateau ondulé dont l'altitude moyenne se tient entre 200 et 720 mètres, avec un léger gradient descendant vers l'Ouest (De LAFONT, 1956). La monotonie du plateau est interrompue par des dômes granitiques. Des massifs d'altitudes exceptionnelles affleurent à différents endroits de la zone d'étude.

• Sol et végétation

Dans le département de Bondoukou, les sols sont généralement ferrallitiques plus ou moins saturés, et composés d'argilo-sableux profonds, donnant naissance à une végétation constituée de forêt dans la partie sud dont la densité varie selon les dégradations liées aux défrichements agricoles et à l'exploitation forestière. Au centre, on trouve la savane arborée qui fait place à la savane herbeuse, au nord. Le sol est propice à toute une gamme de cultures vivrières dont les principales sont, entre autres, la banane plantain (dans la partie sud), l'igname appelé «Kpona», le maïs, le riz, le manioc, les légumes, l'anacarde, les agrumes ainsi que divers produits fruitiers

et maraîchers. Pour l'ensemble de la zone des savanes du Nord de la Côte d'Ivoire la roche-mère est constituée de granites calco-alcalins du précambrien.

II.5 Hydrogéologie

Les études sur la tectonique de la région de Bondoukou montrent que celle-ci est complexe et caractérisée par plusieurs phases de déformations, à l'instar des autres régions de socle fracturées en Côte d'Ivoire. La ville de Bondoukou s'étend sur une grande formation de granodiorite porphyroïde.

II.6 Caractéristiques du milieu humain

- **Aspect socio-économique**

L'économie de région est essentiellement basée sur l'agriculture. Les produits phares de cette agriculture sont l'anacarde pour les produits de rente et l'igname pour les produits vivriers.

Les produits vivriers de la zone sont principalement : l'igname, le manioc, la tomate, le chou, le maïs, l'arachide, sorgho, le haricot etc.

La plupart de ces produits sont destinés à la fois à la consommation et à la commercialisation. Outre l'agriculture, le commerce et le transport sont développés dans la ville de Bondoukou. La ville dispose d'un marché central de deux niveaux qui accueille environ 2000 commerçants.

- **Aspect démographique**

En plus de sa population marquée par la présence de nombreux étrangers ressortissants de la zone CEDEAO, la ville se caractérise par une forte population musulmane comptant ainsi de nombreux édifices religieux dont la mosquée dite de Samory. Cette forte présence de l'islam donne à Bondoukou la renommée «ville aux milles mosquées» (INS-CI, 2014).

III. Problématique

Les infrastructures routières occupent une importante place dans l'économie ivoirienne. En plus d'assurer l'acheminement des produits vers le Burkina qui est l'un des meilleurs consommateurs de produits ivoiriens, elles relient les villes du Nord aux centres portuaires situés au Sud du pays. Aussi, vue les crises qui ont secoué le pays, il est primordial d'assurer un développement des régions dites minoritaires et dépourvues de la Côte d'Ivoire. Ce projet qui s'inscrit dans un cadre de valorisation des différentes villes concernées prend en compte l'aspect social et économique des localités, en passant par des études techniques et économiques

pour la réhabilitation, le renforcement et le bitumage de la voirie comprenant la réhabilitation des structures de chaussée, le système de drainage, l'éclairage public et les signalisations.

III.1 Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est de fournir un Avant-Projet Sommaire donnant les informations relatives à l'étude technique, financière et environnementale et aidant à la réalisation d'un Avant-Projet Détaillé.

III.2 Objectif général du projet

Les travaux visent de façon générale la réévaluation les travaux en vue de permettre aux bailleurs de fond de déduire un financement additionnel permettant de couvrir la totalité des travaux précédemment désignés.

III.3 Objectifs spécifiques de l'étude

Cette étude vise de façon spécifique :

- La préparation des études d'avant-projet sommaire permettant de retenir les options compatibles aux contraintes techniques et financières ;
- L'actualisation et/ou la réalisation des études d'avant-projet détaillé et des estimations financières ;
- L'étude économique du projet

IV. Matériels et méthodes

IV.1 Recherche Bibliographique

Elle a constitué la première approche avec le sujet de mémoire afin de comprendre les différents contours dans lequel le sujet s'inscrit. Cela a permis de faire la collecte des informations indispensables à la conduite de l'étude. Ainsi donc nous avons consulté des documents abordant des thèmes similaires ou ayant certains points communs avec notre sujet de mémoire.

L'ensemble de ces documents et informations a été obtenu au près :

- ❖ Ministère des infrastructures économiques
- ❖ SODEXAM
- ❖ Du Centre de Documentation et d'Information de 2IE(CDI) ;

IV.2 La collecte des données

Il s'agissait de regrouper toutes les informations disponibles liées au projet qui concernaient :

- Le plan de levé d'état des lieux du site à l'échelle 1/6000
- Les données hydrologiques de la zone
- Les caractéristiques géotechniques du sol.

IV.3 Reconnaissance du terrain

Elle a consisté à prendre connaissance des réalités du site du projet pour mieux connaître les limites du terrain, identifier les singularités, les zones qui ont des problèmes d'évacuation des eaux et d'inondation. On peut le constater les dégâts causés par les eaux de ruissellement (Photo 1) et à chercher d'éventuels exutoires naturels.



Photo 1: Problème de calage de caniveau

Les ouvrages d'assainissement pluvial sont à des côtes inappropriées de sorte que l'eau ruisselle sur les routes et les dégrade.

IV.4 Traitement des données

Pour atteindre les objectifs fixés, les travaux menés ont essentiellement consisté à :

- Délimiter les bassins versants globaux ;
- Choisir la méthode d'évaluation des débits de pointe aux exutoires ;
- Evaluer les débits équivalents ;
- Dimensionner les ouvrages (caniveaux et ouvrages de franchissement) ;
- Dimensionner les différents itinéraires à bitumer ;
- Faire un cadre de devis estimatif et quantitatif.

IV.5 Délimitation de bassins versants globaux

Un bassin versant est un espace géographique et topographique recevant des précipitations dont les excès des eaux sont drainés vers un unique point caractéristique qui est son exutoire. Dans notre étude, nous avons travaillé sur une échelle plus réduite, en délimitant les différents sous bassins qui alimentent les potentiels caniveaux.

Ce travail a été fait par la méthode de fond topographique obtenue sur le DEM civrcm3arc (USGS, 2018) sur Global Mapper combiné à la carte topographique de la ville sur Google Earth Pro. Les informations ont été traitées sur le logiciel Arc Gis. Ce travail a consisté à :

- Repérer les lignes de crêtes ;
- Tracer les lignes de partage des eaux en suivant les lignes de crêtes et en tenant compte des contraintes réelles du terrain ;
- Repérer les grands axes routiers traversant le site ;
- Repérer les sous bassins versants qui concourent aux différents axes de caniveaux en suivant le sens d'écoulement des eaux ;

Les visites de terrains et l'examen des courbes de niveau nous ont permis de déceler le sens d'écoulement des eaux de ruissèlement sur le site. L'analyse de ces courbes de niveaux et des levés topographiques montre que le terrain est accidenté. Les eaux de pluie convergent vers les deux marigots qui traversent la ville. Les sens d'écoulement sont de façon perpendiculaire aux courbes de niveaux les caniveaux d'évacuation des eaux de pluie suivront de près les grandes voies conformément au TDR.

IV.6 Choix de la méthode d'évaluation des débits de pointe aux exutoires

➤ La méthode rationnelle

C'est une méthode utilisée du fait de sa simplicité. Elle est basée sur la constatation que le débit maximum est obtenu si la durée de la pluie est au moins égale au temps de concentration. Les hypothèses à prendre en compte sont :

- L'intensité de l'averse est supposée uniforme dans le temps et dans l'espace sur l'ensemble du bassin drainé ;(Dr BIAOU, 2001)

- Le débit de pointe de l'hydrogramme de crue est une fraction du débit précipité ;

Le coefficient de ruissellement est supposé uniforme sur chaque sous bassin élémentaire Cette méthode est applicable aux bassins versant de superficie inférieur à 400ha. Elle donne le débit maximum à l'exutoire d'un sous bassin par la formule suivante :

$$Q(T) = \left(\frac{1}{360}\right) \times C \times i(tc, T) \times A^{0.95}$$

Q(T): Le débit à l'exutoire du bassin versant en m³/s ;

C : le coefficient de ruissellement du bassin versant ;

i : l'intensité de la pluie en mm/h ;

tc : le temps de concentration du bassin versant ;

A : la surface réceptrice du bassin versant en ha ;

➤ Le temps de concentration tc

Le temps de concentration tc est le temps mis par une goutte d'eau tombant sur le point hydrauliquement le plus éloigné pour arriver à l'exutoire (Pr KARAMBIRI & Dr NIANG, 2011)

Ce temps de concentration a été calculé par la formule suivante :

$$tc = tu + tr + ta$$

tu : le temps d'humectation en mn. Il est pris égal à 5 minutes généralement dans les zones urbaines. Etant donné que nous travaillons dans une zone urbaine nous l'avons pris à 5 minutes également.

tr : le temps de ruissellement en surface avant d'entrer dans le réseau en minute. Il est donné par la formule suivante :

$$tr = \frac{Lr}{Lv}$$

Avec :

Lr : la longueur de ruissèlement avant d'entrer dans le réseau et

Vr : la vitesse. Vr est pris égal à 0,2m/s.

ta : est le temps d'écoulement en réseau jusqu'à l'exutoire en minute. Il dépend de la longueur des caniveaux et de la vitesse moyenne d'écoulement de l'eau dans les caniveaux prise égale à 5m/s.(OUEDRAOGO, 2013)

Il est calculé par la formule :

$$ta = \frac{La}{Va} \quad \text{Avec :}$$

La : comme longueur du caniveau ;

Va : la vitesse d'écoulement dans le caniveau.

T : la période de retour se définit comme le temps statistique entre deux occurrences d'un évènement naturel d'une intensité donnée. Elle permet de fixer le degré de sécurité de l'ouvrage.

Le temps de retour des ouvrages à étudier est de 20 ans.

La pluie de projet sera issue de l'ajustement de MONTANA qui donne les coefficients de Montana suivants pour la ville de Bondoukou : **a** = 532 et **b** = - 0,46 (SODEXAM, 2000)

I, l'intensité de pluie qui est le rapport de la hauteur de pluie tombée pendant un temps égal au temps de concentration. Les coefficients de Montana pour la ville de Bondoukou ont permis d'estimer l'intensité de pluie probable à laquelle il faut se prémunir durant toute la durée de vie des ouvrages. L'intensité de la pluie est donnée par la formule de Montana .(CRES, 2001)

Avec a et b les coefficients de Montana

$$I = a \times T^{-b}$$

➤ **La méthode superficielle de Caquot**

La méthode superficielle peut être considérée comme une évolution de la méthode rationnelle. Elle est couramment utilisée pour les bassins versants urbanisés. Elle intègre deux autres phénomènes qui interviennent dans le ruissèlement urbain :

- Un stockage temporaire de l'eau dans le réseau ;
- Le fait que le temps de concentration du bassin versant dépende du débit donc de la période de retour choisie.

La formule superficielle de Caquot est :

$$Q(T) = K^{\frac{1}{u}} \times I^{\frac{v}{u}} \times C^{\frac{1}{u}} \times A^{\frac{w}{u}} \text{ pour } M = 2$$

Avec

$$K = 2.03$$

$$u = 0.22$$

$$v = 1.15$$

$$W = 0.83$$

$$M = \frac{L}{\sqrt{A}}$$

N.B Les valeurs proposées ci-dessus sont celles issues des données SODEXAM

Q : le débit en m³/s

I : la pente du bassin versant en m/m

C : le coefficient de ruissellement du bassin versant

A : la surface du bassin versant en ha

L : le plus long chemin hydraulique en m

Cette formule est applicable si les trois conditions suivantes sont vérifiées :(CIEH, 1993)

$$A \leq 200 \text{ ha} ;$$

$$0,0065 < I < 0,04 ;$$

$$0,2 < C < 1$$

Les étapes de calcul du débit sont :

Calcul du débit de chaque tronçon pour $M = 2$;

$$\text{Calcul de } M = \frac{L}{\sqrt{A}} ;$$

Calcul de m avec

$$m = \left(\frac{M}{2}\right)^{0.7 \times b(T)}$$

$$m = Q(T) \text{ pour } M \neq 2 \quad \frac{2}{Q(T)} \text{ pour } M = 2$$

Pour $M \neq 2$, $Q(T) = m \times Q(T) \text{ de } M = 2$

La correction m appliquée à la valeur du débit trouvé s'explique par le fait que le débit brut trouvé ne tient pas compte de la forme du bassin qui peut être allongée ou non.

La méthode de dimensionnement utilisée dans notre étude est la méthode rationnelle améliorée.

Ce choix imposé par le TDR s'expliquerait par des études propres à la Côte d'Ivoire qui ont été menées dans ce sens (coefficients de Montana) permettant d'avoir des résultats beaucoup plus réalistes et étant donné que Bondoukou n'est pas très développé. Aussi, les superficies des sous

bassins versants sont inférieures à 400 ha et le coefficient de ruissèlement est supposé constant sur toutes les surfaces réceptrices. En plus, la condition de pente pour l'utilisation de la méthode superficielle de Caquot n'est pas respectée.

IV.7 Evaluation des débits équivalent

Les débits d'eau qui transitent dans les bassins élémentaires sont assemblés en série ou en parallèle en fonction de leur disposition pour déterminer les débits équivalents qui seront évacués. Ces bassins seront assemblés deux à deux en partant de l'amont vers l'aval pour obtenir les débits générés par l'ensemble de la superficie considérée. Ce qui nécessite de déterminer une surface moyenne, un coefficient de ruissèlement moyen et une intensité de pluie moyenne. Pour calculer ces paramètres moyens, nous avons utilisé les formules suivantes en fonction du type d'assemblage associé.

Les formules qui permettent de calculer les débits équivalents des bassins en série ou en parallèle sont les suivantes.

Tableau 1: Association des bassins versants

Nature de l'assemblage	Surface	Coefficient de ruissèlement	Débit équivalent
Bassins en Séries	$A_{eq} = \sum A_j$	$C_{eq} = \frac{\sum C_j \times A_j}{\sum A_j}$	$\sum Q_j$
Bassins en parallèles	$A_{eq} = \sum A_j$	$C_{eq} = \frac{\sum C_j \times A_j}{\sum A_j}$	$\sum Q_j$

Pour les bassins versants en séries, si $Q_{eq} < \max(Q_j)$ alors $Q_{eq} = \max(Q_j)$

Pour les bassins en parallèles, si $Q_{eq} < \sum Q_j$ alors $Q_{eq} = \sum Q_j$

IV.8 Dimensionnement des ouvrages (caniveaux et ouvrages de franchissement)

Caractéristiques des matériaux

- **Béton**

- ✦ Poids volumique : $\gamma_{b\acute{e}ton} = 25 \text{ kNm}^3$
- ✦ Résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
- ✦ Résistance à traction à 28 jours : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 * f_{c28} = 2,1 \text{ MPa}$
- ✦ Coefficient de sécurité : $\gamma_b = 1,5$

✦ Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU $f_{bu} = 0,85 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} =$

14,16 MPa

✦ Contrainte limite de béton comprimé à l'ELS $\bar{\sigma}_{bc} = 0,6f_{c28} = 15 \text{ MPa}$

✦ Fissuration préjudiciable (ouvrage enterré) on prendra enrobage $c=3$

▪ **Acier**

✦ Acier a haute adhérence HA de nuance **FeE400**

✦ Limite d'élasticité **$f_e = 400 \text{ MPa}$**

✦ Coefficient de sécurité **$\gamma_s = 1,15$**

✦ Coefficient d'adhérence **$\eta = 1,6$**

✦ Contrainte limite des aciers à l'ELS :

✦ $\bar{\sigma}_s = \min \left(\frac{2}{3} f_e; 110 \sqrt{\eta * f_{t28}} \right) = 201,63 \text{ MPa}$

✦ $\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = 348 \text{ MPa}$

▪ **Sol**

✦ Poids volumiques des terres : **$\gamma_{sol} = 21 \text{ kN/m}^3$**

✦ Coefficient de poussée : **$ka = 0,33$**

✦ Contraintes admissibles du sol de fondation : **$\bar{\sigma}_s = 0,15 \text{ MPa}$**

IV.8.1. Dimensionnement structurel du caniveau

Le caniveau e plus grande section sera utilisé comme témoin dans le dimensionnement structurel soit $1,5 \times 1,5 \text{ m}$

➤ **Normes de calcul**

Les actions à prendre en compte sont définies par les textes règlementaires normatifs en particulier le titre II du fascicule 61. Les chargements à prendre en compte pour le calcul peuvent être représentés comme suit sur la figure ci-dessous.

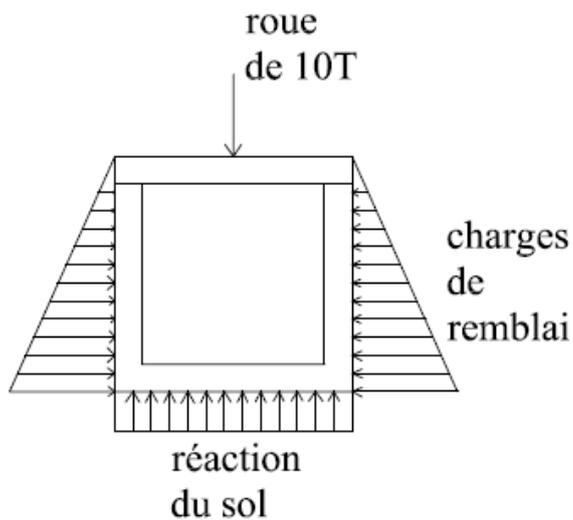


Figure 4: Schéma de chargement du dalot

➤ **Calculs des sollicitations**

La méthode des tranchées sera utilisée pour déterminer des sollicitations. Les calculs des ferrailages se feront suivant les règles du B.A.E.L modifié 99.

➤ **Principe de calcul**

Les calculs se feront pour un mètre linéaire de longueur de caniveau. Les épaisseurs des dallettes, des piédroits et du radis sont de 30 cm L'ouvrage étant enterré et exposé aux intempéries nous allons considérer une fissuration préjudiciable, et les calculs de feront a l'ELS.

IV.8.2. Dimensionnement structurel du dalot cadre

➤ **Prédimensionnement des épaisseurs du dalot**

Nous adopterons les mêmes épaisseurs pour le tablier le piédroit et le radier dans un souci d'uniformité.

L'épaisseur de la traverse supérieure peut être déterminée par la formule ci-dessous :

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

Avec l = ouverture droite de l'ouvrage.

➤ **Calculs des sollicitations**

L'étude structurelle du dalot s'est fait sur la base des documents suivants :

- B.A.E.L révisé 99

- Fascicule 61 (titre II) concernant les charges d'exploitation-conception calcul et épreuve des ouvrages d'art
- Formulaire des cadres simples (KLEINLOGEL, 1962)

➤ **Chargement à considérer pour le calcul des sollicitations**

Nous allons tenir compte de deux types de chargements :

- Les charges propres constituées du poids propre du dalot, du remblai au-dessus du tablier et de la poussée des terres sur les piédroits ;
- Les charges d'exploitations constituées essentiellement par l'action des surcharges routière. Les surcharges considérées sont celles du système A, et celles du système B (Bc, Bt, Br).

L'étude du dalot de franchissement est basée sur le principe du cadre fermé.

IV.9 Dimensionner les différents itinéraires à bitumer

➤ **Etude topographique**

L'étude topographique est nécessaire pour déterminer les caractéristiques physiques de la chaussée et de la zone de projet. Elle permet de collecter les données nécessaires à la :

- Matérialisation de la chaussée existante et des éléments physiques existants ;
- Conception géométrique de la nouvelle route.

Pour cette étape de l'étude des différentes voiries à réaliser, le bureau disposait d'une équipe de topographes chargés d'exécuter :

- Le levé de l'axe de la route existant ;
- Le levé des éléments physiques importants (dalots, arbres, logements) ;
- Le Levé des ouvrages d'assainissement, de franchissement et des ouvrages de sécurité.

Pour se faire, les bornes en béton sont mises en place le long des voies existantes. Les distances entre bornes sont déterminées de façon à permettre des visées directes entre deux bornes, soit au maximum 50mètres. Chaque borne est rattachée en coordonnées XYZ avec le Z se rapportant au nivellement général de Côte d'Ivoire. La mise en place précise par GPS de bornes de référence est recommandée. Le rapport de l'étude topographique fera ressortir les calculs en planimétrie et en altimétrie des sommets de cette polygonale (avec compensation sur les points de calage géodésiques existants) ainsi qu'un croquis de repérage signalétique de chaque station de la polygonale.

Le report est effectué sur un plan à l'échelle du 1/500e sur lequel apparaîtront tous les points singuliers de la bande relevée. Les résultats de la phase terrain sont assignés dans un fond topographique sur AUTOCAD et COVADIS. Les coordonnées des points sont géo référencés permettant ainsi leur utilisation sur Arc Gis et Global Mapper pour traitement.

➤ **Tracé en plan**

• **Choix de la norme de dimensionnement**

Une bonne conception routière est régie par un certain nombre de normes et principes. Ces normes sont définies en fonction du type de route ainsi que du niveau de confort et de sécurité que l'on souhaite offrir aux usagers. Dans le cadre de notre projet, les normes du « le guide technique » de l'Aménagement des Route Principales (SETRA, 2001) édité par le service d'étude techniques des routes et autoroutes et l'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines de mars 2000 édité par le Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU, 2009) sont les document de référence.

La catégorie de la route est du R 80 en ras campagne et U 60 en agglomération avec une largeur de chaussée : 7,40 m à 2 x 1 voie.

La conception a été faite à l'aide du logiciel COVADIS. Pour ce faire, nous disposons comme données d'entrée, de fichiers de levés topographiques et d'un fond topographique sur AUTOCAD.

• **Le tracé en plan**

Il donne l'axe de la nouvelle construction ainsi que la longueur totale du projet. Nous avons adapté le tracé en plan pour qu'il suive au mieux l'axe existant afin de respecter l'emprise existante limité par les lotissements en agglomération. La vitesse de référence retenue pour la traversée d'agglomération est de 80 km/h et de 100 km/h hors agglomération. Pour ces vitesses de référence, les normes ICTAVRU utilisées pour la conception propose des rayons minimaux de courbes pour assurer aux usagers le minimum de confort et de sécurité.

• **Le profil en long**

Le profil en long est une coupe longitudinale de la route. Elle sert à caler la ligne rouge du projet qui montre les altitudes aux différents points des tronçons.

La ligne rouge projet qui la matérialise représente les altitudes de l'axe de la chaussée terminée en tout point de la route. Elle suit de plus près le profil en long de la route existante tout en

respectant les normes géométriques fixées par ICTAVRU dans le but de minimiser les terrassements et d'assurer confort, visibilité et sécurité aux usagers de la route. Ces normes qui sont fonctions de la vitesse de référence, de l'angle de raccordement qui peut être saillant ou entrant et selon qu'on soit en agglomération ou en rase campagne, présente différentes caractéristiques.

- **Profil en travers type**

C'est la coupe transversale de la chaussée réalisée que l'on désire avoir. Elle permet de déterminer les volumes de cubatures à mobiliser. Sa bonne conception permet une évacuation optimum des eaux de pluie vers les ouvrages d'évacuation. Le profil type de notre projet sera adapté à l'emprise des chaussées des quinze différents tronçons. Il est comme suit :

Nous aurons en général :

Une plateforme de 13.8m

Une chaussée de 7,4 à 2 x 1 voie

Deux accotements revêtus de 1.8m

Caniveau de dimensions variables

Devers chaussée de 2,5%

Devers accotement de 3%.

- **L'étude géotechnique**

L'étude géotechnique est un élément essentiel visant dans à :

- Déterminer la qualité et la portance de la chaussée en place ;
- Etudier le trafic que la chaussée doit supporter durant sa durée de vie ;
- Etudier les déflexions de la chaussée ;
- Déterminer la portance et les caractéristiques des matériaux des zones d'emprunt ;
- Dimensionner la nouvelle structure de chaussée renforcée.

La détermination de ces éléments se fait à travers un aperçu visuel de la chaussée existante, les essais au laboratoire, les mesures de déflexion et les sondages réalisés le long de la route.

- **Etude du trafic**

La formule d'estimation du trafic projeté est extraite du Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour pays tropicaux. Cette formule est: $TMJA_{2020} = TMJA_{2010} \times (1+i)^{n'-1}$
Avec :

TMJA 2020: Trafic moyen journalier annuel à la date de mise en service qui est 2020

n': nombre d'année entre l'année de comptage et l'année de mise en service de la route

i:taux d'accroissement du trafic en pourcentage.

➤ **Dimensionnement de la chaussée**

Le dimensionnement de structure réalisé à l'aide du logiciel ALIZE-LCPC version 1.5.1.

Des variantes de calcul ont été effectuées en tenant compte des modules élastiques. Les différents modules ayant servis pour les vérifications sont dans le Tableau 2:

Tableau 2: Caractéristiques des matériaux

Nature des matériaux	Module élastique (MPa)
Béton bitumineux semi-grenu (BBSG)	3 000 (à 30°C)
Graveleux latéritique stabilisé à 4% de ciment (GLC)	1 500
Graveleux non traité 0/31.5 (GNT)	500
Graveleux latéritique naturel (GLN)	150
Sol support	85

Il donne les caractéristiques des différents matériaux qui peuvent être utilisés pour la réalisation de la plateforme.

➤ **Aménagement des ouvrages de sécurité**

Elle concerne les panneaux et les feux tricolores. Ils sont placés aux abords de la chaussée :

Chapitre II : Résultats et discussions

I. Conception hydraulique des ouvrages d'assainissement

I.1 Tracer du réseau de collecte des eaux de pluie.

Avec une longueur totale de 10,8 Km, les caniveaux qui longent les différents itinéraires sont connectés, par endroit, à des collecteurs primaires qui acheminent les eaux pluviales vers la rivière. Les différents caniveaux sont représentés (Figure 5).

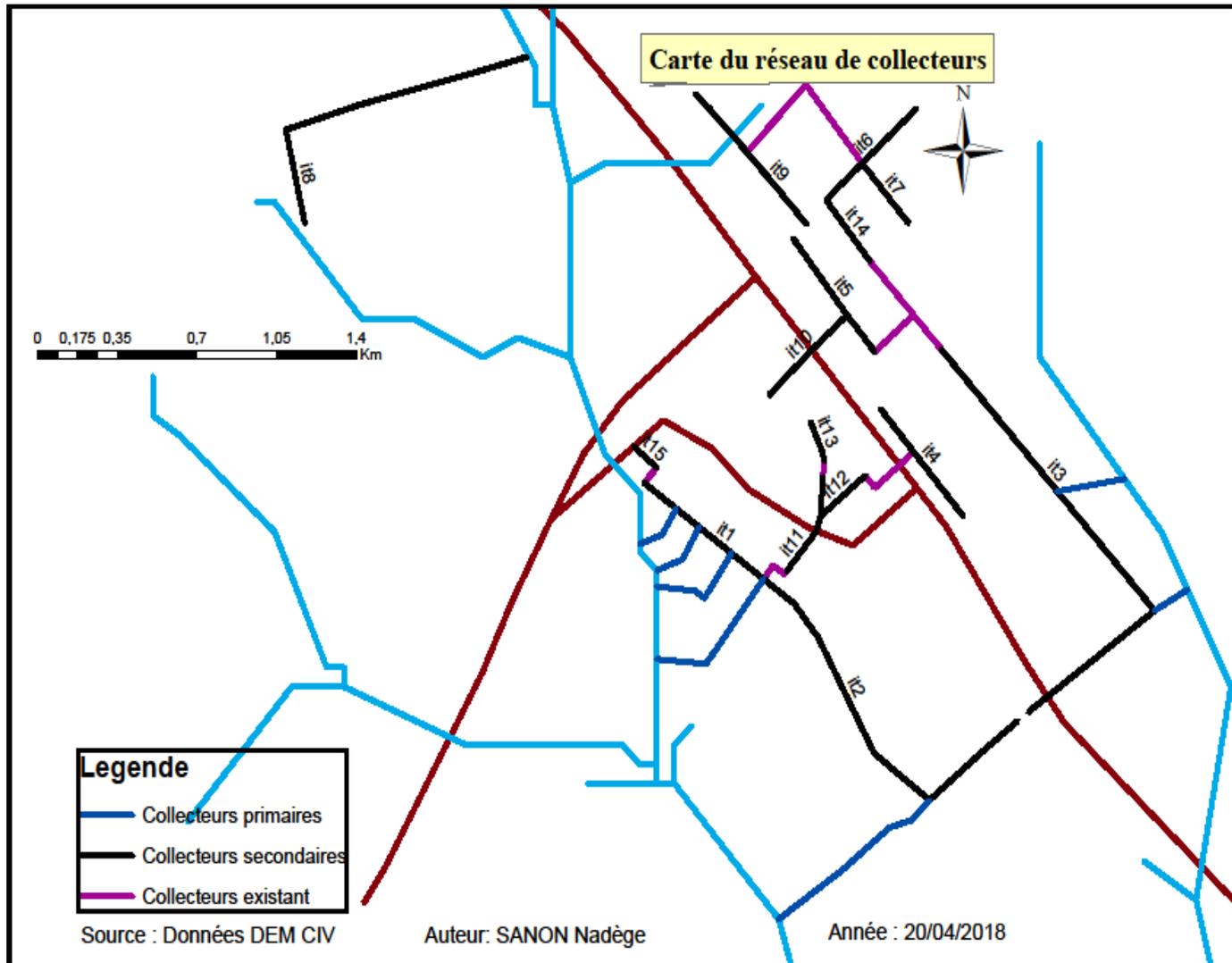


Figure 5: Représentation des collecteurs secondaires

I.2 Délimitation des bassins versants

La zone d'étude est subdivisée en plusieurs bassins versant en fonctions de l'emplacement des caniveaux prédéfini par les itinéraires choisis. Ces derniers sont représentés (Figure 6):

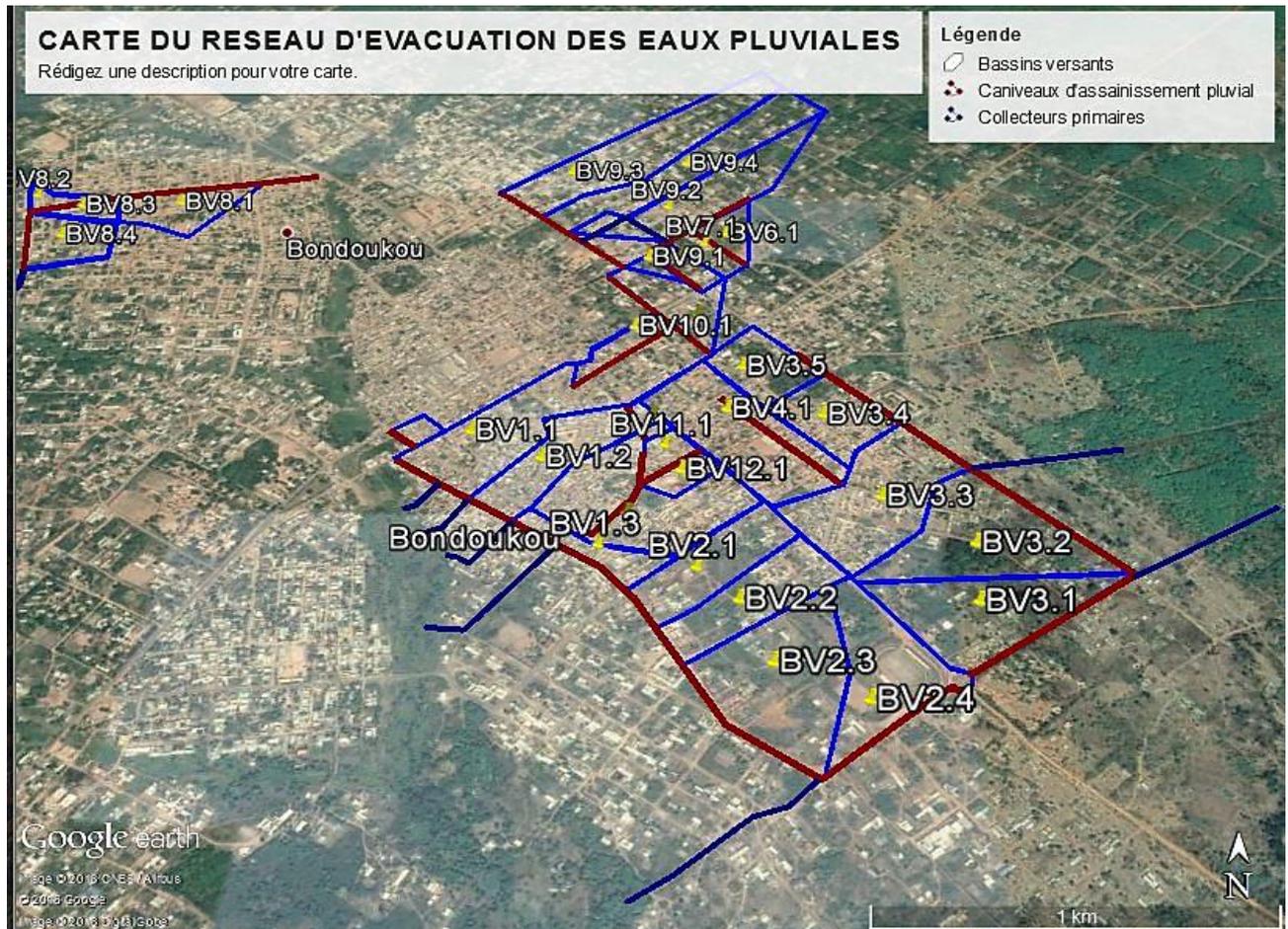


Figure 6: Représentation des bassins versants

Les caractéristiques des bassins versants ont été déterminées sur Google Earth Pro et représentées ci-dessous :

I.3 Caractéristiques des bassins versants

La surface, la pente du terrain et le plus long chemin parcouru par une goutte d'eau de pluie sont les paramètres qui caractérisent les bassins versants et impactent sur les débits aux exutoires. Les paramètres des bassins étudiés sont renseignés dans le Tableau 3.

Tableau 3: Caractéristiques des bassins versants

	Caractéristiques Bassins versants			
	BV	S [ha]	L_{hydrau} [km]	I
Itinéraire 1	1.1	33,4	1,450	3,30%
	1.2	10,9	0,610	4,00%
	1.3	4,62	0,390	3,90%
	1.4	20,2	0,700	3,30%
Itinéraire 2	2.1	9,1	0,550	4,20%
	2.2	8,21	0,510	4,00%
	2.3	18,4	0,560	3,90%
	2.4	12,4	0,580	3,50%
Itinéraire 3	3.1	15,9	0,810	4,00%
	3.2	21	0,860	4,30%
	3.3	22,9	0,720	3,70%
	3.4	13,2	0,450	4,20%
	3.5	13	0,460	2,20%
Itinéraire 4	4.1	20,8	0,750	4,10%
Itinéraire 5	5.1	10,8	0,410	2,20%
Itinéraire 6	6.1	4,61	0,430	4,00%
Itinéraire 7	7.1	3,75	0,330	3,60%
Itinéraire 8	8.1	11	0,570	2,90%
	8.2	2,52	0,320	2,00%
	8.3	3	0,360	2,60%
	8.4	9,47	0,390	3,90%
Itinéraire 9	9.1	5,49	0,540	3,20%
	9.2	25	1,360	1,50%
	9.3	33,7	1,400	1,80%
	9.4	24,5	1,300	1,40%
Itinéraire 10	10.1	3,9	0,480	4,00%
Itinéraire 11	11.1	2,63	0,280	1,60%
Itinéraire 12	12.1	2,56	0,270	1,40%
Itinéraire 13	13.1	1,35	0,200	1,60%
Itinéraire 14	14.1	3,45	0,320	3,60%
Itinéraire 15	15.1	1,35	0,180	2,60%

L_{hydrau} représente le plus long chemin parcouru par une goutte d'eau d'un bassin versant pour atteindre l'exutoire. Elle est mesurée sur le fond topographique.

De ce qui précède, nous constatons qu'au niveau des différents BV, nous avons des superficies allant de 1,35 à 33,7 hectares. Les pentes vont de 1,4% à 4,30%. Il nous serait donc difficile d'appliquer la méthode de Caquot puisque nous avons des pentes supérieures à 1,4%.

Aussi nous avons appliqué la méthode rationnelle améliorée.

I.4 Calcul du débit à l'exutoire de chaque sous bassins versant

Le Tableau 4 présente les différents débits obtenus à l'exutoire de chaque sous bassins. Ces débits sont fonction de la superficie et de la pente des BV.

Tableau 4: Calcul des débits élémentaires

	BV	S [ha]	C	Tc [min] retenue	i [mm/h]	Q [m ³ /s]
Itinéraire 1	1.1	33,4	0,70	25,9	119,03	6,49
	1.2	10,9	0,70	14,0	157,84	2,97
	1.3	4,62	0,70	10,0	184,06	1,53
	1.4	20,2	0,70	17,7	141,97	4,80
Itinéraire 2	2.1	9,1	0,70	22,4	127,39	2,02
	2.2	8,21	0,70	13,5	160,57	2,31
	2.3	18,4	0,70	15,5	150,98	4,67
	2.4	12,4	0,70	14,3	156,67	3,33
Itinéraire 3	3.1	15,9	0,70	17,7	141,94	3,82
	3.2	21	0,70	18,2	139,94	4,91
	3.3	22,9	0,70	17,6	142,10	5,41
	3.4	13,2	0,70	12,3	167,45	3,78
	3.5	13	0,70	14,4	155,95	3,47
Itinéraire 4	4.1	20,8	0,70	17,4	143,10	4,97
Itinéraire 5	5.1	10,8	0,70	13,5	160,45	2,99
Itinéraire 6	6.1	4,61	0,70	10,5	180,50	1,50
Itinéraire 7	7.1	3,75	0,70	9,6	188,30	1,29
Itinéraire 8	8.1	11	0,70	14,7	154,39	2,93
	8.2	2,52	0,70	11,2	175,36	0,82
	8.3	3	0,70	10,9	176,96	0,98
	8.4	9,47	0,70	12,2	168,61	2,77
Itinéraire 9	9.1	5,49	0,70	14,8	154,03	1,51
	9.2	25	0,70	30,6	110,30	4,56
	9.3	33,7	0,70	30,0	111,21	6,11
	9.4	24,5	0,70	30,4	110,58	4,49
Itinéraire 10	10.1	3,9	0,70	11,1	175,60	1,24
Itinéraire 11	11.1	2,63	0,70	11,1	176,06	0,86
Itinéraire 12	12.1	2,56	0,70	11,3	174,52	0,83
Itinéraire 13	13.1	1,35	0,70	9,7	187,06	0,48
Itinéraire 14	14.1	3,45	0,70	9,5	189,22	1,19
Itinéraire 15	15.1	1,35	0,70	8,4	200,22	0,52

Le temps de concentration retenu pour le calcul des débits est la moyenne des temps de concentrations calculés avec la formule empirique (Kirpich et Richards) et celle de la méthode à base physique

I.5 Dimensionnement des caniveaux

En fonction des débits aux exutoires et de l'association des différents bassins versants, les débits et vitesses calculés donnent les différentes dimensions des caniveaux (Tableau 5)

Tableau 5: Dimensionnements des ouvrages de drainage

Type Asso	Qe [m ³ /s]	bret [m]	y [m]	U [m/s]	r	Umin [m/s]
BV1.1	3,70	1	0,82	4,53	0,15	2,39
	2,77	1	0,650	4,26	0,20	2,73
	3,71	1	0,819	4,54	0,25	2,99
	2,79	1	0,653	4,27	0,20	2,73
BV1.2 + % BV1.1	3,90	1	0,851	4,58	0,16	2,43
	2,92	1	0,678	4,31	0,21	2,77
BV1.4 + BV1.3 + %BV1.2	2,97	1	0,69	4,33	0,13	2,21
	3,68	1	0,81	4,53	0,15	2,38
	6,65	1,5	0,83	4,79	0,17	2,64
BV2.1	1,01	0,80	0,38	3,33	0,078	1,61
BV2.2	3,17	1,20	0,60	4,43	0,123	2,16
BV2.3	6,55	1,20	1,05	4,47	0,197	2,77
BV2.4	1,67	0,60	0,78	3,57	0,136	2,04
	9,95	1,50	1,21	4,78	0,219	3,03
BV3.5	1,73	1,00	0,46	3,81	0,095	1,83
BV3.4	5,36	1,20	0,89	5,00	0,172	2,59
BV3.3	8,55	1,50	1,01	5,64	0,198	2,88
	7,25	1,50	0,89	5,44	0,178	2,72
BV3.2	4,87	1,50	0,66	4,92	0,138	2,36
BV3.1	1,91	1,00	0,49	3,90	0,101	1,90
	7,93	1,50	0,95	4,93	0,189	2,80
BV4.1	4,97	1,20	0,84	4,92	0,164	2,53
BV5.5	2,99	1,00	0,69	4,34	0,135	2,22
BV6.1	1,50	0,80	0,51	3,66	0,101	1,85
BV7.1	1,29	0,60	0,63	3,42	0,114	1,88
BV8.1	2,93	1,00	0,68	4,32	0,133	2,20
BV8.2+BV8.3	1,37	1,00	0,38	3,58	0,082	1,68
BV8.4	3,41	1,20	0,63	4,51	0,123	2,30
BV9.1	1,51	1,00	0,41	3,67	0,087	1,74
BV9.2	6,04	1,50	1,00	4,03	0,158	2,55
BV9.4	6,11	1,50	0,98	4,16	0,159	2,56
BV9.4	9,18	1,50	1,28	4,78	0,207	2,95
BV10.1	1,24	0,80	0,44	3,50	0,390	0,40
BV11.1	0,86	0,80	0,34	3,19	0,073	1,46
BV12.1	0,83	0,80	0,33	3,16	0,073	1,42
BV13.1	0,48	0,60	0,29	2,77	0,073	1,10
BV14.1	1,19	0,80	0,43	3,47	0,073	2,04
BV15.1	0,52	0,60	0,31	2,81	0,073	1,18

La vitesse U [m/s] est la vitesse d'écoulement des eaux de pluies collectées sur les BV tandis que Umin [m/s] est la vitesse assurant l'auto curage des caniveaux Pour faciliter l'exécution

des travaux, certains tronçons appartenant au même itinéraire seront uniformisés. On obtient donc les dimensions du Tableau 6

Tableau 6: Dimensions des caniveaux retenues

Itinéraires	Collecteurs	b[m]	h[m]	Itinéraires	Collecteurs	b[m]	h[m]
<i>Itinéraire 1</i>	Secondaire	1,0	1,0	<i>Itinéraire 5</i>	secondaire	1,0	0,8
	Primaire 1	1,0	1,0	<i>Itinéraire 6</i>	secondaire	0,8	0,8
	Primaire 2	1,0	1,0	<i>Itinéraire 7</i>	secondaire	0,8	0,6
	Primaire 3	1,0	1,0	<i>Itinéraire 8</i>	secondaire 1	1,0	0,8
	Primaire 4	1,5	1,2		secondaire 2	1,0	1,0
<i>Itinéraire 2</i>	Secondaire 1	1,5	1,2	<i>Itinéraire 9</i>	secondaire	1,5	1,2
	Primaire	1,5	1,5	<i>Itinéraire 10</i>	secondaire	0,8	0,8
	Secondaire 2	0,8	0,8	<i>Itinéraire 11</i>	secondaire	0,8	0,6
<i>Itinéraire 3</i>	Secondaire 1	1,5	1,5	<i>Itinéraire 12</i>	secondaire	0,8	0,6
	Primaire 1	1,5	1,2	<i>Itinéraire 13</i>	secondaire	0,6	0,6
	Secondaire 2	1,5	1,0	<i>Itinéraire 14</i>	secondaire	0,8	0,6
	Primaire 2	1,5	1,5	<i>Itinéraire 15</i>	secondaire	0,60	0,60
<i>Itinéraire 4</i>	secondaire	1,2	1,0				

Le dimensionnement des caniveaux tient compte de la condition de vitesse suivante : $V_{min} \geq 0.6m/s$ et $V_{max} \leq 5m/s$ (CRES, 2001). la vitesse d'écoulement des eaux permet d'assurer l'auto curage des caniveaux.

I.6 Dimensionnement structurel

I.6.1 Dimensionnement structurel du caniveau

Le caniveau de plus grande section sera utilisé comme témoin dans le dimensionnement structurel soit 1,5X1,5m. Après dimensionnement, le ferrailage retenu est résumé dans le Tableau 7

Tableau 7: Tableau récapitulatif du ferrailage des caniveaux

Section 150x150 cm ² ep= 15cm									
	Dallettes			Piédroit			Radier		
	As calculé	choix	As réel	As calculé	choix	As réel	As calculé	choix	As réel
Armatures longitudinales	11,35 cm ²	8HA14	11,35 cm ²	9,2 cm ²	6 HA 14	9,24 cm ²	2,74 cm ²	4 HA10	3,14 cm ²
Armatures transversales	1,2m ²	5HA6	1,41 cm ²	1,2 cm ²	5HA6	1,41 cm ²	1,2 cm ²	5HA6	1,41 cm ²

I.6.2 Dimensionnement structurel du dalot cadre

- **Prédimensionnement des épaisseurs du dalot**

Nous adopterons les mêmes épaisseurs pour le tablier le piédroit et le radier dans un souci d'uniformité.

L'épaisseur de la travée supérieure peut être déterminée par la formule ci-dessous :

$$e = \frac{l}{32} + 0.125 \text{ où } l \text{ désigne l'ouverture droite de l'ouvrage,}$$

$$e = \frac{1,7}{32} + 0,125 = 0,178 \text{ or } e_{min} = 0,3$$

- **Les efforts et sollicitation du dalot**

Le Tableau 8 présente les efforts et sollicitations du dalot

Tableau 8 efforts et sollicitations du dalot

	Cas	MA	M(A-B)	M (B)	M(B-C)	M (C)	M (A-D)	M (D)	M (C-D)	N(AD)	N(AB)	N(BC)	N(CD)
1	Tablier	-1,97	-1,97	-1,97	3,94	-1,97	3,94	-1,97	-1,97	0	13,14	0	13,14
2	Pieddroit	-2,5	-1,01	0,51	0,51	0,51	3,54	-2,5	-1,01	1,69	13,50	-1,69	13,50
3	Radier	-1,41	-0,844	-0,281	-0,281	-0,281	1,97	-1,406	-0,844	-0,94	7,50	-0,94	7,50
4	Poussée terre	-1,020	3,56	-0,851	-0,851	-0,851	-1,020	-1,020	3,56	8,20	0,00	8,22	0,00
5	Sollicitation du système Br	-12,137	-12,137	-12,137	24,273	-12,137	24,27	-12,137	-12,137	0,00	80,91	0,00	80,91
6	Remblai 2 coté	-0,45	0,89	-0,45	0,45	-0,45	-0,45	-0,45	0,89	2,97	0,00	2,97	0,00
7	Freinage	20,52	1,08	22,68	0,00	22,68	0,00	20,52	-1,08	24,00	-25,20	-24,00	25,20
A	1+2+3+4	-6,93	-0,26	-2,60	3,32	-2,60	8,43	-6,93	-0,26	8,95	34,14	5,60	34,14
B	5+6+7	7,94	-10,17	10,10	24,72	10,10	23,83	7,94	-12,33	26,97	55,71	-21,03	106,11

Le Tableau 9 résume le ferrailage utilisé pour le dalot

Tableau 9: Tableau récapitulatif du ferrailage des dalots

Eléments		Aciers retenu
Tablier	Abouts B et C	5HA10
	Mi travée B-C	7HA12
Radier	Abouts A et D	6HA10
	Mi travée A et D	8HA12
Piédroits	About C et D	8 HA10
	Mi travée C et D	6 HA12

L'étude du dalot de franchissement est basée sur le principe du cadre fermé.

II. Conception structurelle de la route

II.1 Conception géométrique

Le Tableau 10 présente l'ensemble des itinéraires à bitumer. Les itinéraires sont au nombre de 15 (Figure 7) représentant les rues de la ville. Leur bitumage facilite l'accès aux lieux stratégiques tels que le CHR de Bondoukou, le palais de justice, la gendarmerie et la Direction Régionale de la Protection Sociale.

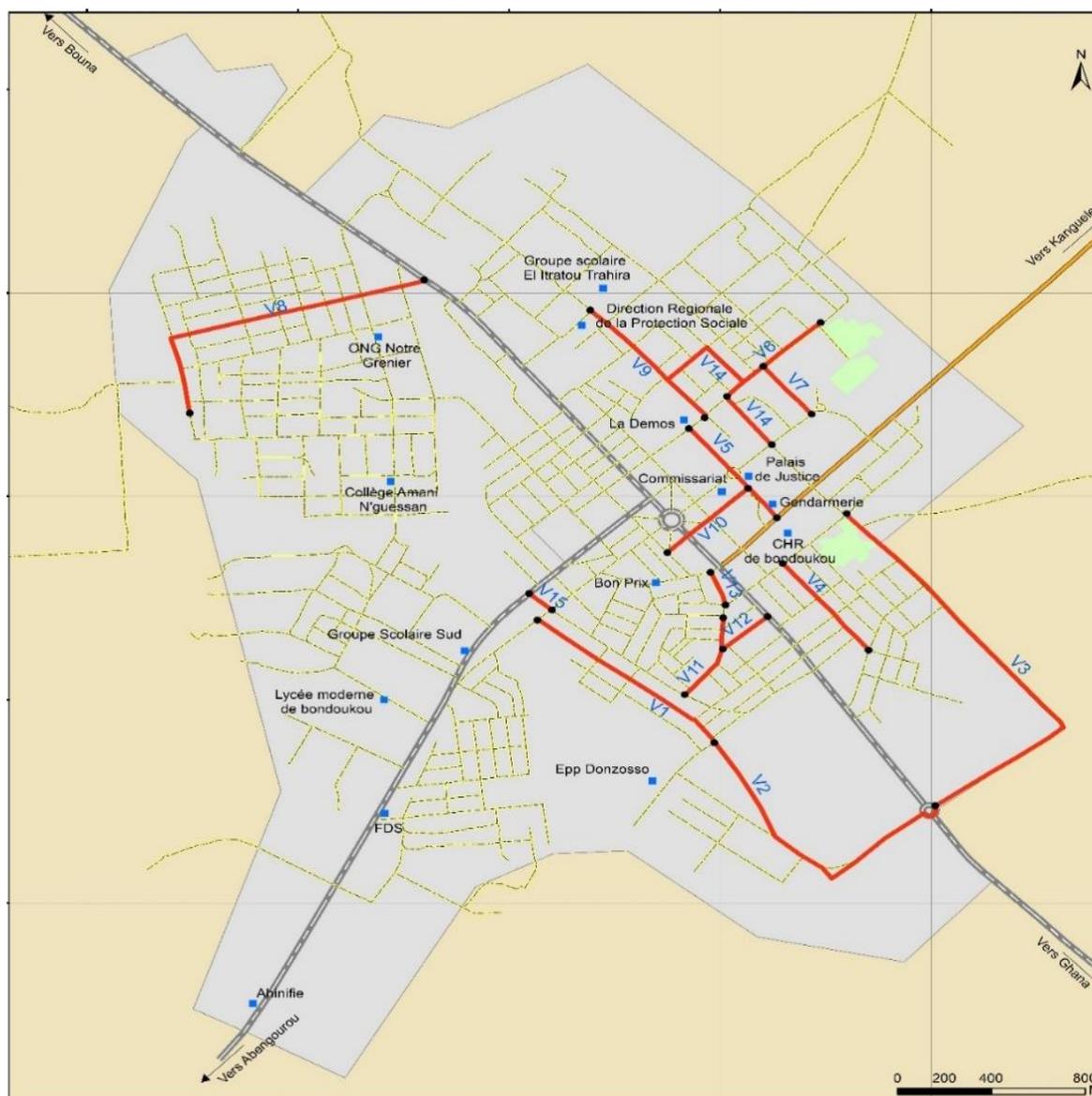


Figure 7: Carte représentative des itinéraires
Leur nomination a été définie par le bailleur de fond

Tableau 10: Désignation des itinéraires

Désignation	Orientation	Longueur <i>ml</i>	Emprise moyenne <i>m</i>
Itinéraire 1	2ème rue Donzosso - Pont de Donzosso	1 000	10,00
Itinéraire 2	Pont de Donzosso - Rondpoint Peloton	1 400	15,00
			19,00
Itinéraire 3	Peloton - Ecole Est - Entrée TP	2 200	17,00
Itinéraire 4	1ère Rue Kamagaya à partir de la morgue	600	16,45
Itinéraire 5	Brigade Gendarmerie - DRENET	600	18,00
Itinéraire 6	ANADER – Présidence	600	16,60
Itinéraire 7	Bretelle Présidence	300	12,00
Itinéraire 8	Embr. route BOUNA (Rue princesse) - Hôpital des Sœurs	1 500	20,00
Itinéraire 9	Production Animale - EPP Nord - Eglise AD	700	20,00
Itinéraire 10	Dispensaire Urbain - EPACI	500	14,50
Itinéraire 11	Foyer Malagasso - Rue Labaya	600	16,20
Itinéraire 12	Embranchement route SOKO - Ecole chrétienne Ste Odile	250	15,00
Itinéraire 13	Foyer Malagasso - Grande Mosquée	150	20,00
Itinéraire 14	Trésor – ANADER	300	17,80
Itinéraire 15	Centre Impôts - Gare GTT (Liaison sens uniques)	100	15,00
	TOTAL	10 800	

II.2 Tracer en plan

Il donne l'axe de la nouvelle construction ainsi que la longueur totale du projet le tracer en plan est obtenu et tenant compte des lever topographiques et des réalités du terrain (bâties arbres poteaux...) après sa réalisation nous avons pu tracer les profils en longs

II.3 Profil en long

Il permet d'apprécier les singularités du terrain sur une distance donnée. Nous pouvons donc procéder au calage de la ligne rouge de sorte à minimiser les remblais. Cette ligne rouge projet représente les altitudes de l'axe de la chaussée terminée en tout point de la route. Elle suit de

plus près le profil en long de la route existante tout en respectant les normes géométriques fixées par ICTAVRU dans le but de minimiser les terrassements et d'assurer confort, visibilité et sécurité aux usagers de la route.

II.4 Profil en travers type

Elle permet d'apprécier l'état de la route avec les accotements sur une coupe transversale. Combinée avec le profil en long, ils permettent de quantifier les remblais et déblais nécessaires et assurent l'évacuation des eaux de ruissellement superficielles vers les ouvrages d'assainissement.(SEDEGO, 2016) voir.

II.5 Etude géotechnique du milieu.

II.5.1. Données du trafic

Dans notre étude, les données concernant le trafic sont fournies par la SODEXAM (Tableau 11)

Tableau 11: Données du trafic

Autres itinéraires		Itinéraire 8	
Désignations	Nombres	Désignations	Autres itinéraires
MJA (pl/j/sens/voie)	15	MJA (pl/j/sens/voie)	52
Cumule des poids lourds	161510	Cumule des poids lourds	559910

II.5.2. Géotechnique du milieu

Pour la détermination du type de sol et de la plateforme à adopter, des sondages ont été réalisés sur les routes à réaliser et sur les potentielles zones d'emprunt. Il s'agit de donner les paramètres géotechniques permettant de définir les conditions de réalisation des terrassements et de dimensionnement des couches de chaussée. Le laboratoire LABOGEM qui était chargé de ces études a fournis les résultats sur la nature de la plateforme. Les sondages sont réalisés jusqu'à une profondeur de 1m et présentent en majorité de la grave latéritique sur la plateforme.

Les sols prélevés sur les différents itinéraires à Bondoukou, avec un indice CBR compris entre 17 et 34, sont des sols de plateforme de type PF2. Des variantes de calcul ont été effectuées en tenant compte des modules élastiques (Tableau 12).

Tableau 12: Variantes de calcul

Nature des matériaux	Module élastique (MPa)
Béton bitumineux semi-grenu (BBSG)	3 000 (à 30°C)
Graveleux latéritique stabilisé à 4% de ciment (GLC)	1 500
GNT 0/31.5 (GNT)	500
Graveleux latéritique naturel (GLN)	150
Sol support	85

Les structures proposées par le client pour la vérification tiennent compte du trafic Les variantes pour la composition de la chaussée ont été proposées par le client. La première variante préconise l'utilisation de graveleux non traité en couche de base, et la seconde, de la grave latéritique traité avec du ciment à 4% (Tableau 13)

Tableau 13: Structures proposées

Variante 1		Variante 2	
5 cm	BBSG en revêtement	5 cm	BBSG en revêtement
15 cm	GNT en couche de base	15 cm	GLC en couche de base
20 cm	GLN en couche de fondation	15 cm	GLN en couche de fondation
Infini	Sol support.	Infini	Sol support

Compte tenu de l'écart considérable des valeurs des TMJA sur les différents itinéraires, le Consultant a procédé un dimensionnement des structures avec deux résultats dans l'objectif d'appliquer des structures adaptées

Après dimensionnement sur ALIZE les résultats obtenus sont :(Tableau 14 et Tableau 15)

Tableau 14; Sollicitations pour l'itinéraire 8

Nature du matériau	Sollicitation vérifiée	Valeur induite	Valeur admissible
Nature du matériau	Sollicitation vérifiée	Valeur induite	Valeur admissible
BBSG	ε_T ($\mu\text{déf}$)	21	198.3
Graveleux latéritique + 4% ciment	σ_T (MPa)	0.457	0.580
Graveleux latéritique naturel	ε_Z ($\mu\text{déf}$)	582.0	741.2
Plateforme de chaussée	ε_Z ($\mu\text{déf}$)	531.5	741.2

Tableau 15: Sollicitations pour le reste des itinéraires

Nature du matériau	Sollicitation vérifiée	Valeur induite	Valeur admissible
Nature du matériau	Sollicitation vérifiée	Valeur induite	Valeur admissible
BBSG	εT ($\mu\text{d}\acute{e}f$)	21	254.3
Graveleux latéritique + 4% ciment	σT (MPa)	0.457	0.644
Graveleux latéritique naturel	εZ ($\mu\text{d}\acute{e}f$)	582.0	1 302.4
Plateforme de chaussée	εZ ($\mu\text{d}\acute{e}f$)	531.5	1 302.4

Les valeurs induites sont inférieures aux valeurs admissibles. de sorte que cette structure peut être adoptée.

Pour des raisons de modélisation de la structure de chaussées selon la norme NF P98-086 et en tenant compte des différents modules admis pour les vérifications, les structures recommandées sont : (Tableau 16)

Tableau 16: Proposition de plateforme

Variante 1		Variante 2	
5 cm	BBSG en revêtement	5 cm	BBSG en revêtement
20 cm	GNT en couche de base	18 cm	GLC en couche de base
20 cm	GLN en couche de fondation	20 cm	GLN en couche de fondation
Infini	Sol support.	Infini	Sol support

Pour des raisons économiques, c'est la variante 1 qui sera adoptée pour ce projet.

Chapitre III : Constat d'Impact Environnemental et Social, sécurité routière et étude des prix

Dans le cadre de ce projet, il a été réalisé un constat d'impact environnemental dont on a fait le résumé. L'analyse des impacts a été faite en distinguant les impacts généraux à l'ensemble des itinéraires du projet et les impacts spécifiques à certaines voies du fait de spécificité de leur environnement.

I. Impacts potentiels du projet

Les tableaux récapitulatifs suivant présentent les impacts potentiels généraux et spécifiques du projet.

Tableau 17: Activités générales sources d'impacts à Bondoukou

Activités sources d'impacts	Récepteurs d'impacts	Description de l'impact	Importance
Impacts généraux en phase travaux			
Travaux de terrassement, transport de matériaux et circulation des engins	Air	Dégradation de la qualité de l'air par les émissions de particules de poussières et de fumées dans l'atmosphère	Majeure
Approvisionnement des chantiers en matériaux (latérite et graves concassées)	Végétation	Débroussement du couvert végétal et décapage des terres végétales	Majeure
	Sol	Modification de la structure du sol en place Erosion des sites et l'ensablement des zones environnantes	Majeure
	Relief et Paysage	Modification du relief et du paysage	Majeure
Fonctionnement de chantier et production de déchets	Salubrité	Insalubrité des chantiers	Moyenne
Mobilisation du personnel de chantier	Emploi	Opportunité d'emploi et amélioration de conditions sociales	Moyenne
Réunion de démarrage des travaux	Population	Soulagement des populations	Majeure
Travaux de terrassement et de mise en œuvre de bitume	Circulation	Perturbation des accès aux installations et de la circulation routière	Majeure
	Santé	Impact sanitaire par la contraction de maladies liées à l'exposition à la poussière	Majeure
Circulation et manipulation des engins	Sécurité	Accident de circulation	Moyenne
		Accident de travail	Majeure
Impacts généraux en phase exploitation			
Présence des ouvrages de drainage	Sol	Protection du sol contre l'érosion	Majeure
Présence des voies revêtues	Air	Réduction des émissions de poussières	Majeure
Présence de voies neuves	Paysage	Amélioration de l'aspect esthétique de la ville de Bondoukou	Majeure
Travaux d'entretien	Salubrité	Insalubrité des voies	Moyenne

Mise en service des voies	Circulation	Amélioration des conditions de circulation et facilitation des accès aux services, ménages et activités économiques	Majeure
Présence de voies neuves	Infrastructure routière	Contribution à la mise place d'infrastructures routières dans la ville de Bondoukou	Majeure
	Economie	Développement d'activités économiques	Majeure
Présence de voies neuves	Economie	Amélioration des conditions de circulation et réduction du coût de transport	Majeure
Mise en service des voies	Sécurité	Accident de circulation	Majeure

Les impacts relevés ont plus attrait à la sécurité environnementale et nécessitent un plan d'action pour leur gestion.

I.1 Recommandations environnementales et sociales

Les principales recommandations environnementales et sociales préconisées à la suite de l'analyse des impacts sont présentées dans les tableaux récapitulatifs ci-après.

Tableau 18: Description de l'impact et recommandations

Description de l'impact	Recommandations
Principales recommandations générales pour la phase des travaux	
Dégradation de la qualité de l'air par les émissions de particules de poussières et de fumées dans l'atmosphère	Assurer l'arrosage des aires de travaux et les couloirs de circulation des camions Assurer une bonne maintenance régulière des engins et véhicules du chantier
Débroussement du couvert végétal et décapage des terres végétales	Réaliser une évaluation environnementale préalable avant l'ouverture et l'exploitation des sites d'emprunt Mettre en état les sites exploités
Modification de la structure du sol en place Erosion des sites et l'ensablement des zones environnantes	
Modification du relief et du paysage	
Insalubrité des chantiers	Elaborer et mettre en œuvre un plan de gestion des déchets générés
Opportunité d'emploi et amélioration de conditions sociales	Effectuer les recrutements d'ouvriers non qualifiés dans la ville de Bouna avec la collaboration des responsables de la jeunesse communale
Impact sanitaire par la contraction de maladies liées à l'exposition à la poussière	Doter le personnel de chantier d'EPI Assurer l'arrosage des aires de travaux Réaliser une campagne de vaccination contre la méningite
Principales recommandations générales pour la phase exploitation	
Insalubrité des voies	Elaborer et mettre en œuvre un plan de gestion des déchets générés
Accident de circulation	Renforcer la signalisation verticale et horizontale aux endroits de passage fréquent de populations, notamment au niveau des établissements scolaires, Réalisation des bandes rugueuses au niveau des établissements scolaires et des lieux de cultes

Pour tous les impacts relevés, des propositions ont été faites pour y remédier. Les plus réalistes et objectives seront retenues et mises en pratique dans le plan de gestion environnementale et sociale.

I.2 Plan de Gestion Environnementale et Sociale

Le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) élaboré à la suite de l'analyse environnementale inclut l'ensemble des dispositions d'atténuation des impacts liés au bitumage de la voirie de Bondoukou. Sa mise en œuvre incombe principalement les structures dont les Responsabilités sont consignées dans le tableau ci-après.

Tableau 19: Acteurs et responsabilités (Bondoukou)

Acteurs / intervenant	Responsabilité/mission	Période d'intervention
UCP	<p>Veiller à la mise en œuvre effective du PGES pour garantir la durabilité environnementale et sociale du projet :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ conduire le suivi environnemental et social des activités du Projet; ✓ organiser et conduire des activités d'information et de formation sur CIES et PGES ; ✓ préconiser des mesures opérationnelles de renforcement de l'expertise environnementale ✓ vérifier que les clauses environnementales et sociales sont intégrées dans les dossiers d'appel d'offre et les contrats des entreprises en charges des travaux □ etc. 	Pendant les phases de DAO, préparatoire, de réalisation des travaux et d'exploitation
Entreprise	<p>Réalisation des mesures et recommandations préconisées par le PGES :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ élaborer un programme de réalisation des différentes recommandations (activités et période de mise en œuvre) ; ✓ dégager des moyens matériels et humains nécessaires pour la mise en œuvre du PGES ✓ définir les indicateurs de suivi des actions d'atténuation 	Phase préparatoire et de réalisation des travaux
Bureau de contrôle	<p>Veille et contrôle pour le compte de l'UCP, la mise en application effective des recommandations préconisées par le PGES :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ approuver le programme de réalisation des différentes recommandations (activités et période de mise en œuvre) ; ✓ vérifier que les dispositions de prévention, d'atténuation et de compensation permettent de réaliser les objectifs voulus ; □ vérifier que les règles et les normes sont respectées. 	Pendant la réalisation des travaux
Agence Nationale de l'Environnement	Conduite de la mission régaliennne de suivi environnemental :	Pendant la réalisation des travaux et la

(ANDE)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ appréciation du degré de mise en œuvre ou d'exécution des mesures d'atténuation et recommandations préconisées par le PGES ; ✓ apprécier l'efficacité des mesures d'atténuation ✓ Vérification de la pertinence des indicateurs de suivi afin d'apprécier l'évolution de certaines composantes du milieu affecté par la réalisation du projet 	phase d'exploitation
Autorités locales	<ul style="list-style-type: none"> ✓ surveiller et faire le suivre de la mise en œuvre du PGES ; ✓ assurer le suivi environnemental et social rapproché au nom de l'ANDE et de l'UCP. 	Phases préparatoires, travaux et exploitation
ONG	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> coordonner la mise en œuvre des Programmes d'Information, d'Éducation et de Sensibilisation 	Phase travaux

Des séances d'information et de consultation du public ont été organisées au cours de la mission. Elles ont consisté d'abord à informer et à consulter préalablement, les autorités administratives et politiques de la ville de Bouna impliquées dans le projet.

Ces différentes rencontres ont pour objectifs de présenter et d'expliquer le projet aux décideurs de la ville afin de les associer et les impliquer dans le processus de mise en œuvre du projet.

Outre les consultations préalables des autorités locales, le consultant a organisé une grande réunion de consultation de l'ensemble des chefs de service de l'administration locale élargie à la mairie et aux autorités coutumières locale. Cette réunion avait pour objectifs d'impliquer l'ensemble des parties prenantes administratives et politiques dans le processus de mise en œuvre de la mission.

A la suite des autorités administratives, politiques et coutumières locales, le consultant a organisé une grande réunion de consultation publique avec les populations.

Cette réunion a permis au consultant d'échanger sur le projet avec la population et de recueillir les différentes préoccupations, à savoir :

- le démarrage effectif des travaux ;
- la question des occupants des emprises ;
- les critères de choix des itinéraires ;

Le coût estimatif de mise en œuvre du Plan de Gestion Environnementale et Sociale est de cent vingt-cinq millions deux cent quatre-vingt-dix mille **(125 290 000 francs CFA.)**

II. Sécurité routière

L'objectif essentiel de cette signalisation est de fournir conformément au code de la route et aux normes techniques utilisées pour la conception géométrique de la voirie, une lisibilité et une compréhension aisées pour les usagers

II.1 Signalisation horizontale

Elle consiste au marquage conventionnel de la chaussée de toutes prescriptions et indications nécessaires à la circulation routière. 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 doit observer les usagers.

II.2 Caractéristiques générales des marques

Les marques sont généralement de couleur blanche et trois types de modulation de lignes longitudinales existent se différenciant par le rapport des pleins aux vides.

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques de toutes les lignes discontinues

II.3 Type de marques retenues pour notre projet

Les voiries de Bondoukou étant des voies uniques à boule sens sans terreplein central, on adoptera une signalisation axiale longitudinale de marque T1 et de largeur $2u$.

L'unité de u dans notre cas est prise égale à $u=7.5\text{cm}$ et des signalisations transversales comprenant les lignes complétant le panneau de « stop », les lignes complétant le panneau « cédez le passage », les lignes d'effet des feux de signalisation.

II.4 Signalisation verticale

Elle concerne la disposition de panneaux de signalisation notamment ceux de prescriptions et de renseignements. Il s'agit

- Panneaux de danger type A2b : Ralentisseur
- Panneaux d'interdiction type B14 : Vitesse limitée;
- 1 panneau de fin d'interdiction type B33 : Fin de limitation de vitesse
- Des panneaux de « stop » type AB au nombre de 10

En ce qui concerne l'éclairage, il est déjà présent et représenté sur le fond topographique

Le nombre de lampadaire se détermine par la formule suivante :

$$N=l/e$$

L=Longueur du tronçon total de 10800 m

e=Espacement entre lampadaire de 30 m

N=360 lampadaires

III. Etude des prix

L'estimation du montant de réalisation des travaux en FCFA est résumée dans le tableau suivant : (voir annexe 4)

Tableau 20: Devis des travaux

DESIGNATIONS	Total	Pourcentage (%)
Installation générale du chantier	80 000 000	
Travaux Préparatoires	1 421 000 000	
Terrassement généraux	1 459 416 000	
Chaussée	287 712 000	
Bordures	601 200 000	
Revêtements	1 190 376 000	
Total travaux de route	4 942 504 000	48.38
Ouvrage d'assainissement et de drainage	4 834 840 250	
Total travaux d'assainissement et de drainage	4 834 840 250	47.33
Signalisation - Sécurité - Divers	437 740 000	
Mesures Environnementale et Sociale	125 290 000	
Total mesures sécuritaires et environnementales	437 740 000	4.28
TOTAL GENERAL HORS TAXE	10 215 084 250	
TVA 18%	0,18	
TOTAL GENERAL TOUTES TAXES COMPRISES	12 053 799 415	

Le coût total des travaux s'élève à **12 053 799 415 FCFA** et l'occupation budgétaire des travaux est représentée sur la Figure 8

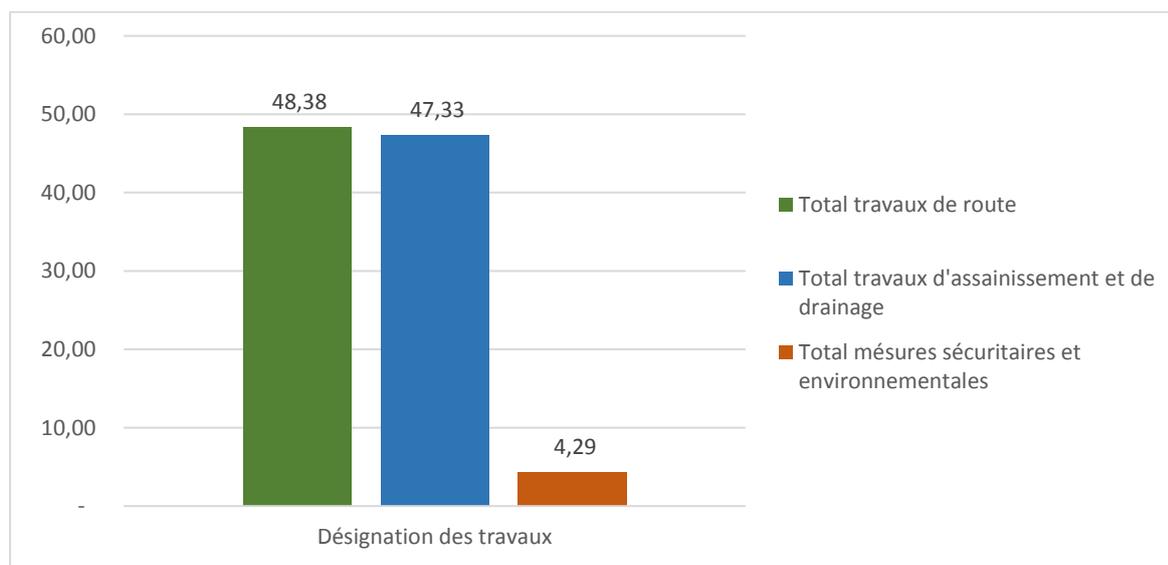


Figure 8: Occupation budgétaire des travaux

CONCLUSION- RECOMMANDATIONS

Les études menées concernant le projet des études techniques et économiques de voiries et réseaux d'assainissement de la Ville de Bondoukou dans le cadre du projet de renaissance des infrastructures en Côte d'Ivoire (PRI-CI) nous ont permis d'aboutir à des propositions d'infrastructures répondant aux normes établies et respectant les exigences des termes de référence.

En plus avoir établi une proposition technique pour la géométrie routière, les ouvrages d'assainissement pluviale et les dispositifs sécuritaires ont été pris en compte.

Les solutions proposées sont réalistes, faciles à réaliser et tiennent compte des critères environnementaux. Ainsi, le coût de réalisation du projet s'élève à **douze milliards, cinquante-trois millions, sept cent quatre-vingt-dix-neuf mille, quatre cent quinze FCFA (12.053.799.415 FCFA)**.

Après les travaux d'exécution les principaux itinéraires seront en bon état, favorisant ainsi les liaisons avec les autres centres économiques.

En termes d'assainissement pluviale, nous avons dimensionnés des caniveaux d'évacuation en tenant compte de l'aspect pluviométrique, topographique et de l'occupation du terrain. Aussi, la chaussée sera dénoyée, évitant les risques d'infiltration et de baisse et de portance.

Concernant les travaux routiers, ils ont été menés dans le respect du TDR et assurant la sécurité et le confort des usagers sans oublier les dispositifs sociaux et environnementaux

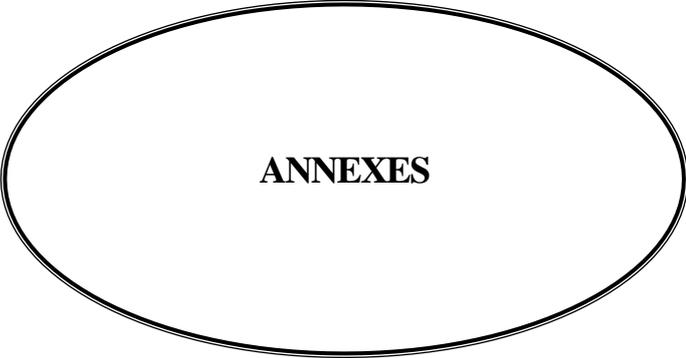
Toutefois, pour le bon fonctionnement des infrastructures, il faudra :

- S'assurer du respect des cahiers de charge,
- Sensibiliser les populations sur les bonnes pratiques en matière d'entretien des ouvrages pour que les caniveaux ne servent pas de décharges d'ordures.
- Respecter des dispositifs environnementaux

Aussi, les exécutants devront s'assurer du respect des mesures prises dans le cadre de la gestion environnementale et sociale.

Bibliographie

- ADJANOHOUN, E. (1964). *Végétation des savanes et des rochers découverts en Côte d'Ivoire*.
- CERTU. (2009). *Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines*.
- CIEH. (1993). *Etude comparative des systèmes d'épuration collectifs dans le contexte africain*.
- CRES, F. N. (2001). Hydrologie Urbaine Quantitative – Assainissement pluvial. Groupe des écoles EIER – ETSHER, version 2.0.
- De LAFONT, D. S. (1956). Bulletin de la direction fédérale des mines et de la géologie.
- Dr BIAOU, A. C. (2001). Cours d'hydraulique routière.
- INS-CI. (2014). RGPH.
- KLEINLOGEL, A. (1962). *Formulaire des cadres simples : Pour le calcul des grandeurs statiques relatives aux formes usuelles de cadres à travée unique en béton armé, acier ou bois*.
- OUEDRAOGO, D. (2013, 2014). Etude de drainage des eaux pluviales du site de Basséko. Mémoire de fin d'étude de Master en EA.
- Pr KARAMBIRI, H., & Dr NIANG, D. (2011). Hydrologie 1.
- SEDEGO, H.-E. (2016). Etudes techniques d'avant-projet détaillé des travaux de réhabilitation et de renforcement de la route Koupéla-Frontière du Niger. Mémoire de fin d'étude de Master en ROA.
- SEHI, N. (2011). Gestion intégrée des ressources en eau AIP.
- SETRA. (2001). Aménagement des routes Principales.
- SODEXAM. (2000). Données hydrologiques.
- USGS. (2018). DEM civrcm3arc.



ANNEXES

Annexe 1 : Calcul des ferrailages.....	48
Annexe 2 : Etudes géotechniques.....	70
Annexe 3 : Résultats des essais	71
Annexe 4 : Calculs sur ALIZE.....	72
Annexe 5 : Situation des emprunts et sondages de la plateforme	76
Annexe 6 : Devis	78
Annexe 7 : Les différents profils.....	80

Annexe 1 : Calcul des ferrailages

A) Note de calcul du caniveau

Le caniveau de plus grande section sera utilisé comme témoin dans le dimensionnement structurel soit 1,5*1,5.

I Normes de calcul

Les actions à prendre en compte sont définies par les textes règlementaires normatifs en particulier le titre II du fascicule 61. Le calcul de ferrailage se fera suivant les règles techniques de conceptions et de calcul des ouvrages et des constructions en béton armé de la méthode des ETATS LIMITES dites règles B.A.E.L 91 modifié 99.

- **Caractéristiques des matériaux**

- **Béton**

Poids volumique : $\gamma_{\text{béton}} = 25 \text{ kNm}^3$

Résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$

Résistance à traction à 28 jours : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 * f_{c28} = 2,1 \text{ MPa}$

Coefficient de sécurité : $\gamma_b = 1,5$

Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU $f_{bu} = 0,85 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} = 14,16 \text{ MPa}$

Contrainte limite de béton comprimé à l'ELS $\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 f_{c28} = 15 \text{ MPa}$

Fissuration préjudiciable (ouvrage enterré) on prendra enrobage $c=3$

- **Acier**

Acier a haute adhérence HA de nuance FeE400

Limite d'élasticité $f_e = 400 \text{ MPa}$

Coefficient de sécurité $\gamma_s = 1,15$

Coefficient d'adhérence $\eta = 1,6$

Contrainte limite des aciers à l'ELS :

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

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

- **Sol**

Poids volumiques des terres : $\gamma_{sol} = 20 \text{ kN/m}^3$

Coefficient de poussée : $ka = 0,33$

Contraintes admissibles du sol de fondation : $\bar{\sigma}_s = 0,15 \text{ MPa}$

I.1 Calculs des sollicitations

Les calculs seront faits pour une bande de 1 mètre linéaire de longueur de caniveau. Les épaisseurs des dallettes, des piédroits et du radier sont de 15 cm.

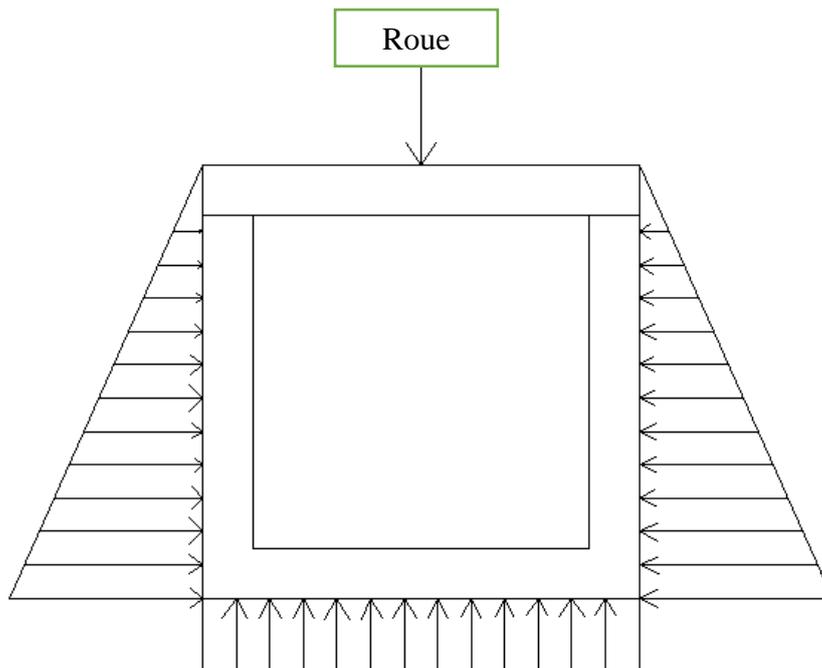
L'ouvrage étant enterré et exposé aux intempéries nous allons considérer une fissuration préjudiciable, et les calculs de feront a l'ELS.

Tableau 01: Caractéristiques du caniveau

Désignation	Dimensions en cm
A	180
B	15
C	150
D	15
E	15
F	1,5
g	0,15

Le tableau ci-dessus résume les caractéristiques du caniveau

Figure 01: Charges sur le caniveau



Cette figure représente les charges du caniveau

II. dimensionnement de la dalle

La dalle aura une épaisseur de 15 cm sur deux appuis. Nous allons donc la calculer comme une poutre en flexion simple de largeur $b = 1m$ et de hauteur $h = 0,15m$.

II.1 surcharge sur la dalle

La surcharge sur la dalle est une roue isolée de 10T (Titre II du fascicule 61).

II.2 Calcul des sollicitations

Tableau 02: Calcul des sollicitations

	Formule	Résultats	Unités
Poids en ml de la dalle P_{dalle}	$\gamma_{beton} * b * h$	3,75	kN/ml
Moment de flexion M_g dû au poids propre de la dalle	$\frac{P_{dalle} * b^2}{8}$	0,47	kN.m/ml
Effort tranchant dû au poids propre T_g	$\frac{P_{dalle}}{2}$	1,875	kN/ml
Moment M_{br} dû à la roue $P_{roue} = 10T$	$\frac{Br * b}{4}$	25	kN.m/ml
Effort tranchant T_{Br} dû à la roue	$\frac{Br}{2}$	50	kN/ml

Ce tableau résume les sollicitations du caniveau

II.3 Calcul des efforts aux états limites

Tableau 03: Calcul des efforts aux états limites

		Formules	Résultats	Unité
ELU	Mu	$1,35 M_g + 1,5M_q$	38,13	kN.m/ml
	Tu	$1,35 T_g + 1,5T_q$	77,53	kN/ml
ELS	Mser	$M_g + M_q$	25,47	kN.m/ml
	Tser	$T_g + T_q$	51,88	kN/ml

Ce tableau résume les résultats des sollicitations

II.4 Calcul des armatures

▪ Les armatures longitudinales

La fissuration est préjudiciable, les calculs se feront à l'ELS.

$\bar{\alpha}_1$	$\frac{15 * \bar{\sigma}_{bc}}{15 * \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_s}$	0,53
Mrb en MN	$\frac{1}{2} * \alpha_1 * \left(1 - \frac{\alpha_1}{3}\right) b_o * d^2 * \bar{\sigma}_{bc} =$	0,06
	Type de section	sans armatures comprimées
Zb	$d \left(1 - \frac{\bar{\sigma}_1}{3}\right)$	0,11 m
Aser	$\frac{M_{ser}}{Z_b * \bar{\sigma}_s}$	11,35 cm²
Amin	$0.23 * \frac{f_{t28}}{f_e} b_o d$	1,63 cm²
A retenu		11,35 cm²

▪ Calcul des armatures transversales

La section des armatures transversales est donnée par :

$$A_t \geq 0.08 e_1$$

e_1 est l'épaisseur du piédroit

$$A_t \geq 1,2 \text{ cm}^2$$

Ainsi nous aurons $A_t =$

III. Dimensionnement des piédroits

III.1 Charges appliquées sur les piédroits

Les piédroits sont soumis à leur poids propre, au poids de la dalle et à l'action de la roue Br dur la dalle et de la poussée des terres.

Tableau 04 : Calcul des sollicitations des pieds droits

	Formule	Résultats	Unités
Poids propre du piédroit : P_p	$\gamma_{\text{beton}} * b * h$	3,75	kN/ml
Effort normale du à l'action de la roue Br N_{br}	N_{br}	50	kN.m/ml
Effort normal dû au poids de la dalle : N_{br}	$\frac{P_{\text{dalette}}}{2}$	1,875	kN/ml
Poussée des terres P_t	$ka * \gamma_{\text{sol}} * \frac{h^2}{2}$	3,465	kN/ml

III.2 Calcul des efforts maximaux

- Efforts normal maximal dans le piédroit

$$N_{\text{max}} = P_p + N_{br} + N_{\text{dalette}} = 3,75 + 50 + 1,875 = 55,62 \text{ kN/m}$$

$$N_{\text{max}} = \mathbf{55,62 \text{ kN/m}}$$

- Moment maximum à la base du piédroit

$$M_{\text{max}} = P_t * \frac{h}{3}$$

$$M_{\text{max}} = 3,465 * \frac{1}{3} = 1,155 \text{ kN. m/ml}$$

$$M_{\text{max}} = \mathbf{1,155 \text{ kN. m/ml}}$$

Ainsi le calcul des aciers se fera en flexion composée.

III.4 Calcul des armatures

- ✚ Les armatures longitudinales

- Excentricité e

$$e = \frac{M_{\text{max}}}{N_{\text{max}}} = \frac{1,155}{55,62}$$

$$e = 0,021 \text{ m}$$

Nous avons une section totalement comprimée

$$A_{\text{min}} = \max \left\{ \frac{4\text{cm}^2}{\text{m}} \text{ de perimetre}; 0,2 * \frac{B}{100} \right\}$$

$$A_{\text{min}} = \max \left\{ 4 * (0,15 + 1) * 2; 0,2 * \frac{0,15}{100} \right\}$$

$$A_{\min} = \max \left\{ 9,2 \text{ cm}^2; 0,2 * \frac{0,15}{100} \right\}$$

$$A_{\min} = 9,2 \text{ cm}^2$$

🔗 Calcul des armatures transversales

$A_t \geq 0,08 * e_1$ avec e_1 l'épaisseur du piédroit.

$$A_t \geq 0,08 * 0,15 = 1,2 \text{ cm}^2$$

$$A_t = 1,2 \text{ cm}^2$$

IV. Dimensionnement du radier

IV.1 Charges appliquée sur le radier

Le radier est soumis à son poids propre, au poids de l'eau au débit maximum, et à la poussée des terres.

Tableau 05 : Calcul des sollicitations du radier

Poids propre du radier P_{radier}	$\gamma_{beton} * b * h$	3,75	kN/ml
Poids de l'eau sur le radier P_{eau}	$\gamma_{eau} * 1 * 1$	10	kN/ml
Pousse des terres sous le radier P_{tr}	$2 * \frac{P_{radier} + P_{piédroit}}{l}$	15	kN/ml
Moment du au poids propre du radier $M_{p\ radier}$	$\frac{P_{radier} * l^2}{8}$	0,47	kN/ml
Moment du au poids de l'eau M_{eau}	$\frac{P_{eau} * l^2}{8}$	1,25	kN/ml
Moment du à la poussée des terres sous le radier M_{tr}	$\frac{P_{tr} * l^2}{8}$	7,5	kN/ml
Effort max dans le radier N_{max}	$ka * \gamma_{sol} * h$	6,93	kN/ml

Ce tableau résume les sollicitations sur le radier

IV.3 Calcul des efforts maximaux

- Efforts normal maximal N_{max}

$$N_{max} = 6,93 \text{ kN/ml}$$

- Moment maximum

$$M_{max} = M_{tr} - M_{p\ radier} - M_{eau}$$

$$M_{\max} = 7,5 - 0,47 - 1,25 = 5,78 \text{ kN.m/ml}$$

$$M_{\max} = 5,78 \text{ kN.m/ml}$$

Ainsi le calcul des aciers se fera en flexion composée.

IV.4 Calcul des armatures

✚ Les armatures longitudinales

Nous avons une section partiellement comprimée

$e =$	$\frac{M_{\max}}{N_{\max}}$	0,83	M
MserA en kN	$M_{serA} = M_{\max} + N_{\max}(d - \frac{h}{2})$	6,20	kN.m/ml
Mrb en MN	$\frac{1}{2} * \alpha_1 * (1 - \frac{\alpha_1}{3}) b_o * d^2 * \sigma_{bc} =$	0,08	MN
	Type de section	sans armatures comprimées	
Zb	$d(1 - \frac{\sigma_1}{3})$	0,11	M
Aser	$\frac{M_{ser}}{Z_b * \sigma_s}$	2,76	cm²
A	$A_{ser} - \frac{N_{\max}}{\sigma_{st}}$	2,74	cm²
Amin	$0.23 * \frac{f_{t28}}{f_e} b_o d * \frac{e - 0,45d}{e - 0.185d}$	1,63	cm²
A retenu		2,74	cm²

▪ Calcul des armatures transversales

La section des armatures transversales est donnée par :

$$A_t \geq 0.08 e_1$$

e_1 est l'épaisseur du radier

$$A_t \geq 0,08 * 0,15 = 1,2 \text{ cm}^2$$

Ainsi nous aurons $A_t = 1,2 \text{ cm}^2$

Tableau 06 : récapitulatif du ferrailage des caniveaux

Section 150x150 cm ² ep= 15cm						
	Dallettes		Piédroit		Radier	
	choix	As réel	choix	As réel	choix	As réel
Armatures longitudinales	8HA14	11,35 cm²	6 HA 14	9,24 cm²	4 HA10	3,14 cm²
Armatures transversales	5HA6	1,41 cm²	5HA6	1,41 cm²	5HA6	1,41 cm²

B) Note de calcul du dalot

I. Hypothèse de calcul

I.1 Normes utilisées pour les calculs

L'étude structurelle du dalot s'est fait sur la base des documents suivants :

- B.A.E.L révisé 99
- Fascicule 61 (titre II) concernant les charges d'exploitation-conception calcul et épreuve des ouvrages d'art
- Formulaire des cadres simples de KLEINLOGEL

I.2 Caractéristiques des matériaux

Béton

Poids volumique : $\gamma_{\text{béton}} = 25 \text{ kN/m}^3$

Résistance à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$

Résistance à la traction à 28 jours : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 * f_{c28} = 2,1 \text{ MPa}$

Coefficient de sécurité : $\gamma_b = 1,5$

Résistance de calcul du béton en compression à l'ELU $f_{bu} = 0,85 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} = 14,16 \text{ MPa}$

Contrainte limite de béton comprimé à l'ELS $\bar{\sigma}_{bc} = 0,6 f_{c28} = 15 \text{ MPa}$

▪ Acier

Acier a haute adhérence HA de nuance FeE400

Limite d'élasticité $f_e = 400 \text{ Mpa}$

Coefficient de sécurité $\gamma_s = 1,15$

Coefficient d'adhérence $\eta = 1,6$

Contrainte limite des aciers à l'ELS : $\bar{\sigma}_s = \min \left(\frac{2}{3} f_e; 110 \sqrt{\eta * f_{t28}} \right) = 201,63 \text{ MPa}$

$$\sigma_{st} = \frac{fe}{\gamma_s} = 348 \text{ MPa}$$

Sol

Poids volumiques des terres : $\gamma_{sol} = 20 \text{ kN/m}^3$

Coefficient de poussée : $ka = 0,33$

Contraintes admissibles du sol de fondation : $\bar{\sigma}_s = 0,15 \text{ Mpa}$

I.3 Principes de calcul des efforts et des sollicitations

Nous allons faire les calculs pour un mètre linéaire de longueur de caniveau. Les épaisseurs des dalles, des piédroits et du radier sont de 30 cm.

La fissuration est considérée préjudiciable car nous avons à faire un ouvrage enterré et en exposé aux intempéries. Nous allons faire les calculs à l'ELS.

II. Prédimensionnement des épaisseurs du dalot

Nous allons adopter la même épaisseur pour le tablier, les pieds droits, et le radier dans le souci d'uniformité.

L'épaisseur de la travée supérieure peut être déterminée par la formule ci-dessous :

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

$$e = \frac{1,7}{32} + 0,125 = 0,178 \text{ or } e_{min} = 0,3$$

Dans ce cas nous allons retenir comme épaisseur $e = 0,3 \text{ m}$

III. Caractéristiques du dalot

- Dalot cadre de 1,5*1,5*,15
- Largeur roulable $Lr = 7 \text{ m}$
- Nombre de voies $n = \frac{Lc}{3} = 2 \text{ voies}$
- Classe de pont : pont de 1^{ère} classe car $Lr > 7 \text{ m}$
- Epaisseur du remblai sur le dalot = 10 cm

1. Schémas statique du cadre simple

Avec :

$$l' = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ m}$$

$$h' = 1,5 + 0,3 = 1,8 \text{ m}$$

2. Calcul des moments d'inertie de chaque élément de la structure du cadre

$$J_{AB} = J_{AD} = J_{BC} = J_{CD} = \frac{b * e^3}{12} = \frac{1 * 0,3^3}{12} = 2,25.10^{-3} \text{ m}^4$$

3. Calcul des constantes

$$k_1 = \frac{J_{BC}}{J_{AD}} = 1$$

$$k_2 = \frac{J_{BC}}{J_{AB}} * \frac{h'}{l'} = 1 * \frac{1,5}{1,5} = 1$$

$$K_1 = 2k_2 + 3 = 2 * 1 + 3 = 5$$

$$K_2 = 3k_1 + 2k_2 = 3 * 1 + 2 * 1 = 5$$

$$K_3 = 3k_2 + 1 - \frac{k_1}{5} = 3 * 1 + 1 - \frac{1}{5} = 3,8$$

$$K_4 = \frac{6}{5}k_1 + 3k_2 = \frac{6}{5} * 1 + 3 * 1 = 4,2$$

$$F_1 = K_1K_2 - k_2^2 = 5 * 5 - 1^2 = 24$$

$$F_2 = 1 + k_1 + 6 * k_2 = 1 + 1 + 6 * 1 = 8$$

IV. Calculs des sollicitations du cadre simple

IV.1 Charges permanentes

IV.1.1 Charges permanentes sur le tablier

- Poids propre du tablier : $25 * 0,3 * 1 = 7,5 \text{ kN/ml}$
- Poids propre du remblai : $21 * 0,1 * 1 = 2,1 \text{ kN/ml}$
- Poids propre des guides roue : $25 * 0,5 * 0,2 * 2 = 5 \text{ kN/ml}$

La somme des actions permanentes sur le tablier est de $= 14,60 \text{ kN/ml}$

a) Moments sur appuis

$$M_A = M_D = -\frac{gl^2}{4F_1}(k_1K_1 - k_2) = -1,97 \text{ kN}$$

$$M_B = M_C = -\frac{gl^2}{4F_1}(K_2 - k_1k_2) = -1,97 \text{ kN}$$

b) Moments à mi- travée

$$M_{(A,D)} = \frac{gl^2}{8} + M_A = 3,94 \text{ kN/ml}$$

$$M_{(B,C)} = \frac{gl^2}{8} + M_B = 3,94 \text{ kN/ml}$$

$$M_{(A,B)} = M_{(C,D)} = \frac{M_A + M_B}{2} = -1,97 \text{ kN/ml}$$

c) Efforts normaux

$$N_2 = N_4 = \frac{M_B - M_A}{h} = 0 \text{ kN}$$

$$N_1 = N_3 = \frac{gl'}{2} = 13,14 \text{ kN}$$

IV.1.2 Charges permanentes sur le piédroit

- Poids propre du piédroit : $P = 25 * 1,8 * 0,3 * 1 = 13,5 \text{ kN}$
- La réaction du sol : $R_s = \frac{2P}{l'} = \frac{2*13,5}{1,8} = 15 \text{ kN}$

a) Moments sur appuis

$$M_A = M_D = \frac{-Pl'k_1K_1}{2F_1} = \frac{-13,5 * 1,8 * 1 * 5}{2 * 24} = -2,53 \text{ kN/ml}$$

$$\mathbf{M_A = M_D = -2,53 \text{ kN/ml}}$$

$$M_B = M_C = -\frac{Pl'k_1k_2}{2F_1} = -\frac{-13,5 * 1,8 * 1 * 1}{2 * 24} = 0,51 \text{ kN/ml}$$

$$\mathbf{M_B = M_C = 0,51 \text{ kN/ml}}$$

b) Moments à mi-travée

$$M_{(A,D)} = \frac{R_s * l'^2}{8} + M_A = \frac{15 * 1,8^2}{8} + 2,53 = 3,54 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{M_{(A,D)} = 3,54 \text{ kN.m}}$$

$$M_{(B,C)} = \frac{M_B + M_C}{2} = \frac{0,51 + 0,51}{2} = 0,51 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{M_{(B,C)} = 0,51 \text{ kN.m}}$$

$$M_{(A,B)} = \frac{M_A + M_B}{2} = \frac{-2,53 + 0,51}{2} = -1,01 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{M_{(A,B)} = -1,01 \text{ kN.m}}$$

$$M_{(C,D)} = \frac{M_C + M_D}{2} = \frac{0,51 - 2,53}{2} = -1,01 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{M_{(C,D)} = -1,01 \text{ kN.m}}$$

c) Efforts normaux

$$N_1 = -N_3 = \frac{3 * P - l' * k_1 * (1 + k_2)}{2 * h' * F_1} = \frac{3 * 13,5 - 1,8 * 1 * (1 + 1)}{2 * 1,8 * 24} = 1,69 \text{ kN}$$

$$N_1 = -N_3 = 1,69 \text{ kN}$$

$$N_2 = N_4 = P = 13,5 \text{ kN}$$

IV.1.3 Calcul des sollicitations sous l'action des poussées des terres

Calcul des contraintes σ_1 , σ_2 , $\Delta\sigma$

$$\sigma_1 = k_a * \gamma_{sol} * e_{remblai} = 0,33 * 21 * 0,1 = 0,69 \text{ kPa}$$

$$\sigma_1 = 0,69 \text{ kPa}$$

$$\sigma_2 = k_a * \gamma_{sol} * (h' + e_{remblai}) = 0,33 * 21 * (1,8 + 0,1) = 13,17 \text{ kPa}$$

$$\sigma_2 = 13,17 \text{ kPa}$$

$$\Delta\sigma = \sigma_2 - \sigma_1 = 13,17 - 0,69 = 12,47 \text{ kPa}$$

$$\Delta\sigma = 12,47 \text{ kPa}$$

a) Moments sur appuis

$$M_A = M_D = - \left(\frac{k_2(k_2 + 3)}{4F_1} * \sigma_1 * h'^2 + \frac{k_2(3k_2 + 8)}{20F_1} * \Delta\sigma * h'^2 \right)$$

$$M_A = M_D = - \left(\frac{1 * (1 + 3)}{4 * 24} * 0,69 * 1,8^2 + \frac{1 * (3 * 1 + 8)}{20 * 24} * 12,47 * 1,8^2 \right)$$

$$= -1,02 \text{ kN.m}$$

$$M_A = M_D = -1,02 \text{ kN.m}$$

$$M_B = M_C = - \left(\frac{k_2(3k_1 + k_2)}{4F_1} * \sigma_1 * h'^2 + \frac{k_2(7k_1 + 2k_2)}{20F_1} * \Delta\sigma * h'^2 \right)$$

$$M_B = M_C = - \left(\frac{1 * (3 * 1 + 1)}{4 * 24} * 0,69 * 1,8^2 + \frac{1 * (7 * 1 + 2 * 1)}{20 * 24} * 12,47 * 1,8^2 \right)$$

$$M_B = M_C = -0,85 \text{ kN.m}$$

b) Moments à mi-travée

$$M_{(A,D)} = \frac{M_A + M_D}{2} = \frac{-1,02 - 1,02}{2} = -1,02 \text{ kN.m}$$

$$M_{(A,D)} = -1,02 \text{ kN.m}$$

$$M_{(B,C)} = \frac{M_B + M_C}{2} = \frac{-0,85 - 0,85}{2} = -0,85 \text{ kN.m}$$

$$M_{(B,C)} = -0,85 \text{ kN.m}$$

$$M_{(A,B)} = M_{(C,D)} = \frac{\sigma_1 * h'^2}{8} + \frac{\Delta\sigma * h'^2}{12} + \frac{M_A + M_B}{2}$$

$$= \frac{0,69 * 1,8^2}{8} + \frac{12,47 * 1,8^2}{12} + \frac{-1,02 - 0,85}{2} = 3,56 \text{ kN.m}$$

$$M_{(A,B)} = M_{(C,D)} = 3,56 \text{ kN.m}$$

c) Efforts normaux

$$N_1 = \frac{\sigma_1 + 2\sigma_2}{6} * h' + \frac{M_B - M_A}{h'} + \frac{M_D - M_A}{l'}$$

$$= \frac{0,69 + 2 * 13,17}{6} * 1,8 + \frac{-0,85 + 1,02}{1,8} + \frac{-1,02 + 1,02}{1,8}$$

$$N_1 = 8,20 \text{ kN}$$

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

$$N_3 = \frac{2\sigma_1 + 2\sigma_2}{6} * h' + \frac{M_A - M_B}{h'} + \frac{M_C - M_B}{l'}$$

$$= \frac{2 * 0,69 + 2 * 13,17}{6} * 1,8 + \frac{-1,02 + 0,85}{1,8} + \frac{-0,85 + 1,02}{1,8}$$

$$N_3 = 8,22 \text{ kN}$$

IV.2 Calcul des sollicitations sous l'action des charges d'exploitations

IV.2.1 Sollicitation sous l'action des charges roulantes

IV.2.1.1 Détermination de la charge d'exploitation maximale

✚ Calcul de charges sous l'action du convoi de camion type Bc de 30t

Il sera disposé transversalement sur le tablier un file de deux (02) essieux chacun de 12 t côte à côte soit 24t au total ou 240kN.

Le coefficient majorateur $bc = 1,10$ car ouvrage de première classe à deux voies.

La surface d'encombrement est de

$$A = 5 * l = 5 * 1,8 = 9 \text{ m}^2$$

$A = 9 \text{ m}^2$ correspondant à une charge de 240 kN

La charge repartie est donc de $q_{bc} = \frac{240}{9} = 26,7 \text{ kN/m}^2$

✚ Calcul de charge sous l'action du convoi de camion type Bt de 32t

Il sera disposé transversalement sur le tablier un file de deux (02) essieux chacun de 16 t côte à côte soit 32t au total ou 320kN.

Le coefficient majorateur $bc = 1$ car ouvrage de première classe à deux voies.

La surface d'encombrement est de

$$A = 6 * 1 = 6 * 1,8 = 10,8 \text{ m}^2$$

A = 10,8 m² correspondant à une charge de 320 kN

$$\text{La charge répartie est donc de } q_{bt} = \frac{320}{A} = \frac{320}{10,8} = \mathbf{29,63 \text{ kN/m}^2}$$

✚ Calcul de charge sous l'action du convoi de camion type Br de 10t

Il s'agit d'une roue isolée de 10 tonnes pour un impact de 0,3*0,6m à la surface de la couche de roulement. Ainsi, on aura à la fibre moyenne, une surface :

$$A = \left(0,30 + 1,50 * Hr + \frac{e1}{2}\right) \left(0,6 + 1,5 * Hr + \frac{e1}{2}\right)$$

$$A = \left(0,30 + 1,50 * 0,1 + \frac{0,3}{2}\right) \left(0,6 + 1,5 * 0,1 + \frac{0,3}{2}\right) = 1,5$$

A = 1,5 m² correspondant à une charge de 100 kN

$$\text{La charge répartie est de } q_{br} = \frac{100}{A} = \frac{100}{1,5} = \mathbf{66,67 \text{ kN/m}^2}$$

Après comparaison des différentes charges nous constatons que le système Br est le plus défavorable pour la structure avec $q_{br} = 66,67 \text{ kN/m}^2$ nous considérerons donc cette charge pour dimensionner notre structure.

- Déterminons le coefficient de majoration

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

$$G = g * l' * Lr = 14,60 * 1,8 * 7 = \mathbf{183,96 \text{ kN}}$$

$$Q = \text{Max}(Q_{bc}; Q_{bt}; Q_{br}) = \text{Max}(240; 320; 100) = \mathbf{320 \text{ kN}}$$

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

$$\delta = \mathbf{1,35}$$

$$\text{La charge par mètre de longueur est alors } q = \delta * q_{br} = 1,35 * 66,67 = \mathbf{89,90 \text{ kN/m}}$$

IV.2.1.2 Sollicitation sous l'action de la charge d'exploitation routier maximale

✚ Moment aux appuis

$$M_A = M_D = -\frac{ql'^2}{4F_1}(k_1K_1 - k_2) = -\frac{89,90 * 1,8^2}{4 * 24} * (1 * 5 - 1) = -12,137 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{M_A = M_D = -12,137 \text{ kN.m}}$$

$$M_B = M_C = -\frac{ql'^2}{4F_1}(K_2 - k_1k_2) = -\frac{89,90 * 1,8^2}{4 * 24} * (5 - 1 * 1) = -12,137 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{M_B = M_C = -12,137 \text{ kN.m}}$$

✚ Moments à mi-travée

$$M_{(A,D)} = \frac{ql'^2}{8} + M_A = \frac{89,90 * 1,8^2}{8} - 12,137 = 24,27 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{M_{(A,D)} = 24,27 \text{ kN.m}}$$

$$M_{(B,C)} = \frac{ql'^2}{8} + M_B = \frac{89,90 * 1,8^2}{8} - 12,137 = 24,27 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{M_{(B,C)} = 24,27 \text{ kN.m}}$$

$$M_{(A,B)} = M_{(C,D)} = \frac{M_A + M_B}{2} = \frac{-12,137 - 12,137}{2} = -12,137 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{M_{(A,B)} = M_{(C,D)} = -12,137 \text{ kN.m}}$$

✚ Efforts normaux

$$N_1 = N_3 = \frac{M_B - M_A}{h'} = 0 \text{ kN}$$

$$\mathbf{N_1 = N_3 = 0 \text{ kN}}$$

$$N_2 = N_4 = \frac{ql'}{2} = \frac{89,9 * 1,8}{2} = 80,91 \text{ kN}$$

$$\mathbf{N_2 = N_4 = 80,91 \text{ kN}}$$

IV.2.1.3 Sollicitations sous l'action des surcharges routières des remblais d'accès

Cette surcharge est de 10 kN/m²

✚ Calcul de la charge

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

$$\text{La résultante : } R = \sigma * h' = 3,33 * 1,8 = \mathbf{5,94 \text{ kN/m}^2}$$

✚ Moment aux appuis

$$M_A = M_D = \frac{-k_2(k_2 + 3)}{4F_1} * \sigma_1 * h'^2 = \frac{-1 * (1 + 3)}{4 * 24} * 3,33 * 1,8^2 = -0,45 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{M_A = M_D = M_B = M_C = -0,45 \text{ kN.m}}$$

✚ Moments à mi- travée

$$M_{(A,D)} = \frac{M_A + M_D}{2} = \frac{-0,45 - 0,45}{2} = -0,45 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{M_{(A,D)} = -0,45 \text{ kN.m}}$$

$$M_{(B,C)} = \frac{M_B + M_C}{2} = \frac{-0,45 - 0,45}{2} = -0,45 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{M_{(B,C)} = -0,45 \text{ kN.m}}$$

$$M_{(A,B)} = M_{(C,D)} = \frac{\sigma_1 * h'^2}{8} + \frac{M_A + M_B}{2} = \frac{3,3 * 1,8^2}{8} + \frac{-0,45 - 0,45}{2} = 0,89 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{M_{(A,B)} = M_{(C,D)} = 0,89 \text{ kN.m}}$$

✚ Efforts normaux

$$N_1 = N_3 = \frac{\sigma + h'}{2} = \frac{3,33 * 1,8}{2} = 2,97 \text{ kN}$$

$$\mathbf{N_1 = N_3 = 2,97 \text{ kN}}$$

$$\mathbf{N_2 = N_4 = 0 \text{ kN}}$$

IV.2.1.4 Sollicitations sous l'action des forces de freinage

➤ Calcul de la force de freinage

Nous allons considérer 2 essieux de 12 tonnes placés simultanément côte à côte sur le dalot.

$$\text{La force de freinage } F = \frac{240}{5} = 48 \text{ kN.m}$$

➤ Calcul des sollicitations dues à la force de freinage

✚ Moments sur appuis

$$M_A = -M_D = \frac{Fh'K_3}{2F_2} = \frac{48 * 1,8 * 3,8}{2 * 8} = 20,52 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{M_A = -M_D = 20,52 \text{ kN.m}}$$

$$M_B = -M_C = \frac{F * h'K_4}{2F_2} = \frac{48 * 1,8 * 4,20}{2 * 8} = 22,68 \text{ kN.m}$$

$$\mathbf{M_B = -M_C = 22,68 \text{ kN.m}}$$

✚ Efforts normaux

$$N_4 = -N_2 = \frac{F * h' * K_4}{l' * F_2} = \frac{48 * 1,8 * 4,2}{1,8 * 8} = -25,20 \text{ kN}$$

$$N_4 = -N_2 = -25,20 \text{ kN}$$

$$N_1 = -N_3 = \frac{F}{2} = \frac{48}{2} = 24 \text{ kN}$$

$$N_1 = -N_3 = 24 \text{ kN}$$

✚ Moments en mi- travée

$$M_{(A,B)} = -M_{(C,D)} = \frac{M_A + M_B}{2} = \frac{20,52 + 22,68}{2} = 1,08 \text{ kN.m}$$

$$M_{(A,B)} = -M_{(C,D)} = 1,08 \text{ kN.m}$$

$$M_{(B,C)} = M_{(A,D)} = 0 \text{ kN.m}$$

Tableau 07: Récapitulatif des efforts et sollicitations du dalot

	Cas	MA	M(A-B)	M (B)	M(B-C)	M (C)	M (A-D)	M (D)	M (C-D)	N(AD)	N(AB)	N(BC)	N(CD)
1	Tablier	-1,97	-1,97	-1,97	3,94	-1,97	3,94	-1,97	-1,97	0	13,14	0	13,14
2	Pieddroit	-2,5	-1,01	0,51	0,51	0,51	3,54	-2,5	-1,01	1,69	13,50	-1,69	13,50
3	Radier	-1,41	-0,844	-0,281	-0,281	-0,281	1,97	-1,406	-0,844	-0,94	7,50	-0,94	7,50
4	Poussée terre	-1,020	3,56	-0,851	-0,851	-0,851	-1,020	3,56	8,20	0,00	8,22	0,00	
5	Sollicitation du système Br	-12,137	-12,137	-12,137	24,273	-12,137	24,27	-12,137	-12,137	0,00	80,91	0,00	80,91
6	Remblai 2 coté	-0,45	0,89	-0,45	0,45	-0,45	-0,45	-0,45	0,89	2,97	0,00	2,97	0,00
7	Freinage	20,52	1,08	22,68	0,00	22,68	0,00	20,52	-1,08	24,00	-25,20	-24,00	25,20
A	1+2+3+4	-6,93	-0,26	-2,60	3,32	-2,60	8,43	-6,93	-0,26	8,95	34,14	5,60	34,14
B	5+6+7	7,94	-10,17	10,10	24,72	10,10	23,83	7,94	-12,33	26,97	55,71	-21,03	106,11

Ce tableau montre tous les efforts sur le dalot

V. Calcul des armatures

Les calculs seront fait pour une bande de 1 mètre linéaire de longueur de dalot d'épaisseur 30 cm. La fissuration est considérée comme préjudiciable donc les calculs se feront à l'ELS.

$$b = 1 \text{ m}$$

$$h = 0,2 \text{ m}$$

$$d = 0,9 * 0,2 = 0,18 \text{ m}$$

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

$$\bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$$

$$\bar{\sigma}_s = 201,63 \text{ MPa}$$

V.1 section d'acier

Tableau 08 : Armatures du tablier

Section considéré	Eléments à calculer			
	En B	En C	En mi-travée	
Données	Mg en kN.m	2,60	2,60	3,32
	Mq en kN.m	10,10	10,10	24,72
	Ng en kN	5,60	5,60	5,60
	Nq en kN	21,03	21,03	21,03
ELS	Mser= Mg+Mq	12,70	12,70	28,03
	Nser= Ng+Nq	26,63	26,63	26,63
Excentricité	Mser/ Nser	0,48	0,48	1,05
Conclusion partielle		Flexion composée	Flexion composée	Flexion composée
		partiellement tendue	partiellement tendue	partiellement tendue
Calcul des armatures en flexion composé partiellement tendue				
$\bar{\alpha}_1$	$\frac{15 * \bar{\sigma}_{bc}}{15 * \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_s}$	0,53	0,53	0,53
Mrb en MN	$\frac{1}{2} * \alpha_1 * \left(1 - \frac{\alpha_1}{3}\right) b_o * d^2 * \bar{\sigma}_{bc} =$	0,24	0,24	0,24
MserA en kN	$M_{serA} = M_{max} + N_{max} \left(d - \frac{h}{2}\right)$	15,89	15,89	31,23
Type de section		sans armatures comprimées	sans armatures comprimées	sans armatures comprimées
Zb	$d \left(1 - \frac{\bar{\sigma}_1}{3}\right)$	0,22	0,22	0,22
Aser	$\frac{M_{ser}}{Z_b * \bar{\sigma}_s}$	3,54 cm ²	3,54 cm ²	6,96 cm ²
A	$\frac{M_{ser}}{Z_b * \bar{\sigma}_s}$	3,46 cm ²	3,46 cm ²	6,88 cm ²
Amin	$0,23 * \frac{f_{t28}}{f_e} b_o d * \frac{e - 0,45d}{e - 0,185d}$	2,71 cm ²	2,71 cm ²	3,03 cm ²
A retenu		3,46 cm ²	3,46 cm ²	6,88 cm ²
Choix des Aciers		5HA10	5HA10	7HA12
Soit		3,93 cm²	3,93 cm²	7,92 cm²

Tableau 09 : Armatures du Radier

Eléments à calculer					
	Section considéré		En A	En D	En mi-travée
	Données	Mg en kN.m	6,93	6,93	8,43
		Mq en kN.m	7,94	7,94	23,83
		Ng en kN.m	8,95	8,95	8,95
		Nq en kN.m	26,97	26,97	26,97
	ELS	Mser= Mg+Mq	14,87	14,87	32,26
		Nser= Ng+Nq	35,92	35,92	35,92
	Excentricité	Mser/ Nser	0,41	0,41	0,90
	Conclusion partielle	Flexion composée	Flexion composée	Flexion composée	Flexion composée
		partiellement tendue	partiellement tendue	partiellement tendue	partiellement tendue
Calcul des armatures en flexion composé partiellement tendue					
$\bar{\alpha}_1$	$\frac{15 * \bar{\sigma}_{bc}}{15 * \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_s}$		0,53	0,53	0,53
Mrb en MN	$\frac{1}{2} * \alpha_1 * \left(1 - \frac{\alpha_1}{3}\right) b_o * d^2 * \bar{\sigma}_{bc} =$		0,24	0,24	0,24
MserA en kN	$M_{serA} = M_{max} + N_{max} \left(d - \frac{h}{2}\right)$		19,18	19,18	36,57
	Type de section		sans armatures comprimées	sans armatures comprimées	sans armatures comprimées
Zb	$d \left(1 - \frac{\bar{\sigma}_1}{3}\right)$		0,22	0,22	0,22
Aser	$\frac{M_{ser}}{Z_b * \bar{\sigma}_s}$		4,27 cm ²	4,27 cm ²	8,15 cm ²
A	$\frac{M_{ser}}{Z_b * \bar{\sigma}_s}$		4,17 cm ²	4,17 cm ²	8,05 cm ²
Amin	$0.23 * \frac{f_{t28}}{f_e} b_o d * \frac{e - 0,45d}{e - 0.185d}$		2,62 cm ²	2,62 cm ²	2,99 cm ²
A retenu			4,17 cm ²	4,17 cm ²	8,05 cm ²
Choix des Aciers			6HA10	6HA10	8HA12
Soit			4,71 cm²	4,71 cm²	9,05 cm²

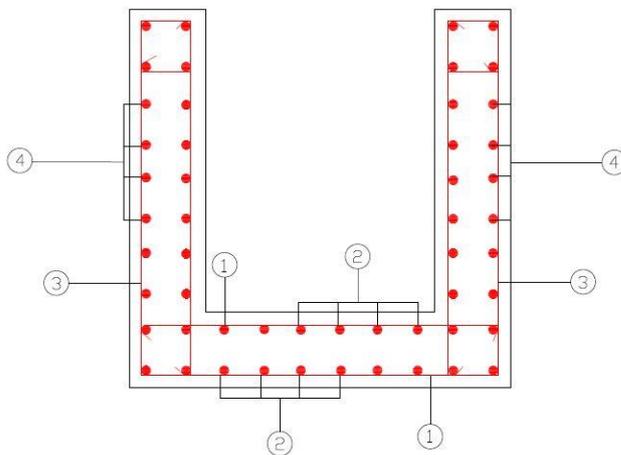
Tableau 10 : Armatures du Piédroit

Eléments à calculer					
	Section considéré		En C	En D	En mi-travée
	Données	Mg en kN.m	2,60	2,60	0,26
		Mq en kN.m	10,10	10,10	12,33
		Ng en kN.m	34,14	34,14	34,14
		Nq en kN.m	106,11	106,11	106,11
	ELS	Mser= Mg+Mq	12,70	12,70	12,59
		Nser= Ng+Nq	140,25	140,25	140,25
	Excentricité	Mser/ Nser	0,09	0,09	0,09
	Conclusion partielle	Flexion composée	Flexion composée	Flexion composée	Flexion composée
		partiellement tendue	partiellement tendue	partiellement tendue	partiellement tendue
Calcul des armatures en flexion composé partiellement tendue					
α_1		$\frac{15 * \bar{\sigma}_{bc}}{15 * \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_s}$	0,53	0,53	0,53
Mrb en MN		$\frac{1}{2} * \alpha_1 * \left(1 - \frac{\alpha_1}{3}\right) b_o * d^2 * \bar{\sigma}_{bc} =$	0,24	0,24	0,24
MserA en kN		$M_{serA} = M_{max} + N_{max} \left(d - \frac{h}{2}\right)$	29,53	31,70	29,42
	Type de section		sans armatures comprimées	sans armatures comprimées	sans armatures comprimées
Zb		$d \left(1 - \frac{\bar{\sigma}_1}{3}\right)$	0,22	0,22	0,22
Aser		$\frac{M_{ser}}{Z_b * \bar{\sigma}_s}$	6,58 cm ²	6,58 cm ²	6,56 cm ²
A		$\frac{M_{ser}}{Z_b * \bar{\sigma}_s}$	6,18 cm ²	6,18 cm ²	6,15 cm ²
Amin		$0.23 * \frac{f_{t28}}{f_e} b_o d * \frac{e - 0.45d}{e - 0.185d}$	0,00 cm ²	0,00 cm ²	2,60 cm ²
A retenu			6,18 cm ²	6,18 cm ²	6,15 cm ²
Choix des Aciers			8 HA10	8 HA10	6 HA12
Soit			6,28 cm²	6,28 cm²	6,15 cm²

Tableau 11 : Récapitulatif des armatures:

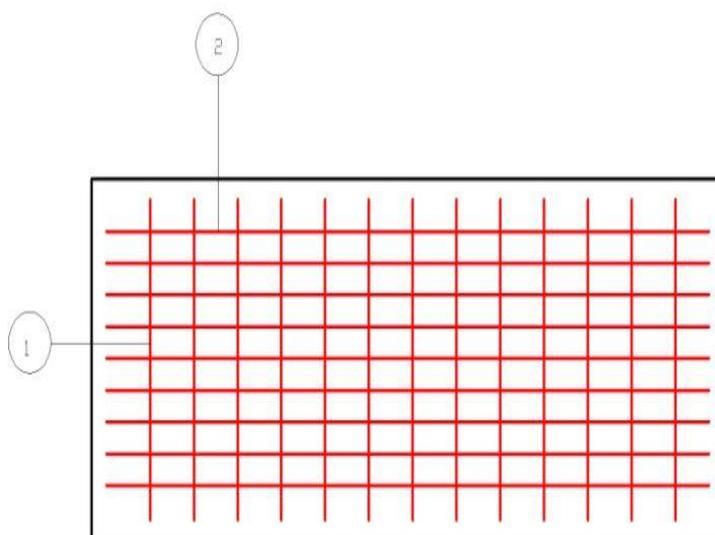
Eléments		Aciers calculé
Tablier	Abouts B et C	5HA10
	Mi travée B-C	7HA12
Radier	Abouts A et D	6HA10
	Mi travée A et D	8HA12
Piédroits	About C et D	8 HA10
	Mi travée C et D	6 HA12

Ces tableaux montrent les armatures nécessaires



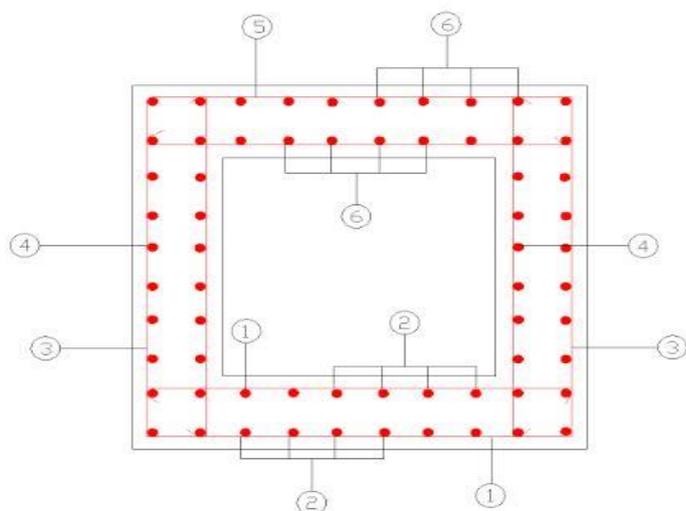
N°	Armatures	Ecartement
1	4HA10	20
2	5HA6	20
3	6 HA14	20
4	5 HA6	20

Figure 02 : Ferrailage caniveau



N°	Armatures	Ecartement
1	8HA14	15
2	5HA6	15

Figure 03 : Ferrailage dalles



N°	Armatures	Formes
1	6HA10	
2	8HA12	
3	8 HA10	
4	6HA12	
5	5HA10	
6	7HA12	

Figure 04 : Ferrailage dalot

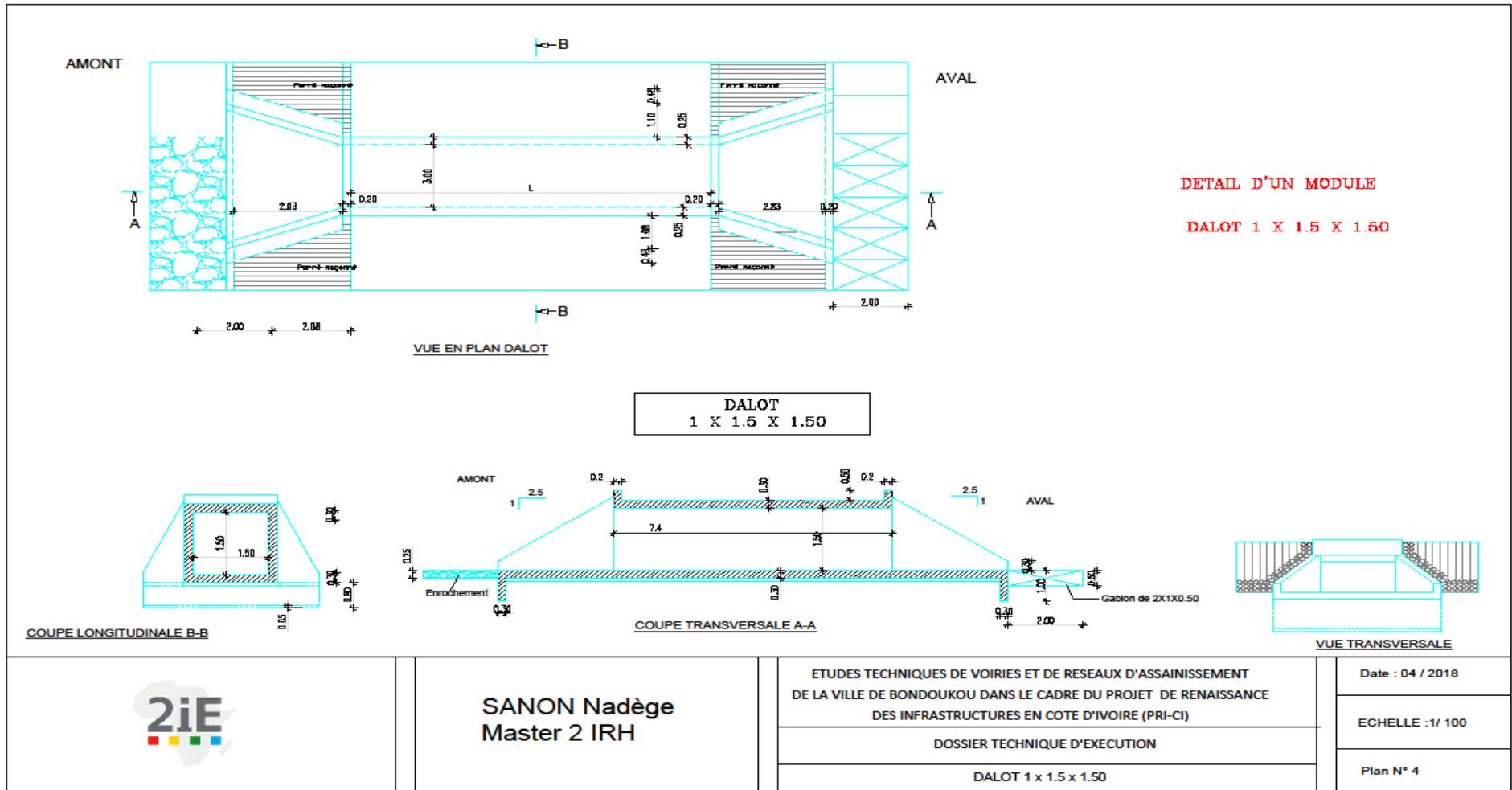


Figure 05 : Vues du dalot

Annexe 2 : Etudes géotechniques

Tableau 12 : Résultats des essais obtenus sur les tronçons

Itinéraire	Puits	% F	LL	IP	Wopm	γ_d opm	CBR 00h	CBR 96h
Itinéraire 1	P1	6	24	12	-	-	-	-
	P2	6	26	13	-	-	-	-
	P3	32	20	9	10,6	1,85	34	21
Itinéraire 2	P1	50	26	13	-	-	-	-
	P2	56	50	25	9,5	1,82	33	20
	P3	20	38	19	-	-	-	-
Itinéraire 3	P1	46	44	20	11,1	1,84	34	22
	P2	43	36	22	-	-	-	-
	P3	25	23	11	-	-	-	-
	P4	11	33	16	-	-	-	-
Itinéraire 4	P1	52	36	18	10,0	1,86	34	27
	P2	46	53	27	-	-	-	-
Itinéraire 5	P1	45	39	19	-	-	-	-
	P2	67	50	26	9,3	1,81	32	17
Itinéraire 6	P1	45	39	20	-	-	-	-
	P2	32	43	21	-	-	-	-
Itinéraire 7	P1	61	41	20	9,7	1,83	30	19
Itinéraire 8	P1	29	44	22	-	-	-	-
	P2	32	47	23	10,1	1,91	33	30
	P3	27	43	22	-	-	-	-
Itinéraire 9	P1	32	40	20	11,2	1,90	41	30
	P2	25	39	19	-	-	-	-
Itinéraire 10	P1	19	47	20	6,6	1,96	34	34
Itinéraire 11	P1	53	47	23	-	-	-	-
Itinéraire 12	P1	43	45	23	-	-	-	-
Itinéraire 13	P1	33	42	24	10,4	1,83	34	28
Itinéraire 14	P1	46	40	20	10,2	1,92	40	25
Itinéraire 15	P1	28	47	23	-	-	-	-

Les valeurs CBR des différents tronçons sont comprises entre 17 et 34

Annexe 3 : Résultats des essais

Tableau 13 : Résultats des essais sur la zone d'emprunt 1

Puits	Ech.	% F	LL	IP	W _{opm}	γ _{d opm}	CBR 00h	CBR 96h
P1	Couche supérieure	25	29	14	-	-	-	-
	Couche inférieure	29	36	18	-	-	-	-
P2	Couche supérieure	29	23	11	-	-	-	-
	Couche inférieure	28	34	17	-	-	-	-
P3	Couche supérieure	18	31	19	-	-	-	-
	Couche inférieure	14	30	15	-	-	-	-
P4	Couche supérieure	5	19	9	-	-	-	-
	Couche inférieure	12	22	11	-	-	-	-
P5	Couche supérieure	11	23	12	-	-	-	-
	Couche inférieure	20	27	14	-	-	-	-
P6	Couche supérieure	13	29	15	-	-	-	-
	Couche inférieure	19	26	18	-	-	-	-
P7	Couche supérieure	18	24	12	-	-	-	-
	Couche inférieure	20	27	15	-	-	-	-
P8	Couche supérieure	15	23	12	-	-	-	-
	Couche inférieure	18	30	14	-	-	-	-
P9	Couche supérieure	24	30	19	-	-	-	-
	Couche inférieure	27	33	16	-	-	-	-
P10	Couche supérieure	15	36	18	-	-	-	-
	Couche inférieure	19	29	14	-	-	-	-
P11	Couche supérieure	-	-	-	-	-	-	-
	Couche inférieure	-	-	-	-	-	-	-
P12	Couche supérieure	16	25	12	-	-	-	-
	Couche inférieure	15	26	13	-	-	-	-
Mélange couche supérieure	-	15	24	12	6,3	1,96	50	32
Mélange couche inférieure	-	20	26	13	6,8	1,95	54	30

Annexe 4 : Calculs sur ALIZE

Figure 06 : Calculs sur ALIZE

The screenshot shows the 'Alizé-Lqpc - Calcul des valeurs admissibles' window. It is divided into several sections:

- Trafic PL cumulé : données**
 - Moyenne journalière annuelle (MJA) : 15
 - Taux accroissement géométrique (%): 3.91
 - Taux accroissement arithmétique (%): 5
 - Durée de service (années): 20
 - Trafic cumulé PL : 1.6151E+5
 - Cocher au plus 3 cases
- Valeurs admissibles : données**
 - matériau type : mth
 - coefficient CAM : 0.2
 - risque (%): 25.0
 - trafic cumulé NE : 3.2302E+4
 - Sigma6 (MPa): 0.75
 - 1/b : 12
 - 1/Kd (discontinuité): 1.5
 - écart type Sh (m): 0.025
 - écart type SN : 0.8
 - Kr (risque): 0.879
 - Kc (calage): 1.1
 - Ks : E(MPa) sous-jacent égal ou sup. à 120 MPa : 1
- Aide**
 - Coefficients d'agressivité CAM
 - Valeurs des risques R
 - Guide lepe-86tra-94
 - Catalogue 1908
 - Norme NF P98-688
- SigmaT admissible =**
 - Annotation libre : gnt et sol
 - Mémo ...
 - 4 - SigmaT= 0.644 (mth)
 - 5 - EpsIT= 254.3 (bitumineux)
 - 6 - EpsIZ= 1302.4 (gnt et sol)

Buttons at the bottom include: Calculer SigmaT admissible, Calcul inverse NE = f(SigmaT), Calcul inverse Risk = f(SigmaT), Bibliothèque des matériaux, Imprimer, Enregistrer, Restaurer, Fermer.

La première variante est calculée avec un TMJA de 15

Alizé-Lcpc - Module routier de base, données pour les calculs

Fichier Valeurs admissibles Bibliothèque matériaux Configurer Alizé Basculer vers ?

Titre : Etude de voiries urbaines à Bondoukou - Variante 1 - T1.

Structure de base

	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
collé	0.050	3000.0	0.350	autre
collé	0.200	500.0	0.350	autre
collé	0.200	150.0	0.350	autre
	infini	85.0	0.350	autre

Modifier la structure
nb de couches : 4
Ajouter 1 couche
Supprimer 1 couche

Série de calculs
nb de calculs : 1

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran - cf. \\\...\\...Etude de voiries urbaines à Bond...

Etude de voiries urbaines à Bondoukou - Variante 1 - T1.

variante 1: Durée= 00:00sec

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdeT)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdeT)	SigmaZ (MPa)
0.050	3000.0	0.360	0.000	-127.6	-0.074	-96.6	0.668
			0.050	-169.1	-0.469	286.2	0.543
0.200	500.0	0.350	0.050	-169.1	0.059	850.5	0.543
			0.250	-390.5	-0.200	464.3	0.110
0.200	150.0	0.360	0.250	-390.5	-0.020	784.6	0.110
			0.450	-283.7	-0.032	483.3	0.063
infini	85.0	0.350	0.450	-283.7	-0.006	652.9	0.063

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

Déflexion -65.9 mm/100
entre-jumelage
Rdc - 115.4 m

Imprimer Enregistrer
Voir Chargt. Fermer

Alizé-Lcpc Mémo

- 4 - EpsIZ= 1302.4 (gnt et sol)
- 5 - EpsIT= 254.3 (bitumineux)
- 6 - SigmaT= 0.644 (mtlh)

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

Résultats des calculs avec la variante 1

Alizé-Lcpc - Calcul des valeurs admissibles

Trafic PL cumulé : données

<input checked="" type="checkbox"/> Moyenne journalière annuelle (MJA) :	52
<input type="checkbox"/> Taux accroissement géométrique (%) :	3.91
<input checked="" type="checkbox"/> Taux accroissement arithmétique (%) :	5
<input checked="" type="checkbox"/> Durée de service (années) :	20
<input type="checkbox"/> Trafic cumulé PL :	5.5991E+5

Cocher au plus 3 cases

Aide

Coefficients d'agressivité CAM

Valeurs des risques R

Guide lcpc-sétra 94

Catalogue 1998

Norme NF P98-086

Valeurs admissibles : données

matériau type :	mtlh
coefficient CAM :	0.2
risque (%) :	25.0
trafic cumulé NE :	1.1198E+5
Sigma6 (MPa) :	0.75
-1/b :	12

1/Kd (discontinuité) : 1.5

écart type Sh (m) : 0.025

écart type SN : 0.8

Kr (risque) : 0.879

Kc (calage) : 1.1

Ks : E(MPa) sousjacent égal ou sup. à 120 MPa : 1

Calculer SigmaT admissible

Calcul inverse NE = f(SigmaT)

Calcul inverse Risk = f(SigmaT)

Bibliothèque des matériaux

Imprimer

Enregistrer

SigmaT admissible =

Annotation libre : gnt et sol

Mémo ...

7 - SigmaT= 0.580 (mtlh)

8 - EpsiT= 198.3 (bitumineux)

10 - EpsiZ= 741.2 (gnt et sol)

effacer=dbl click

Restaurer

Fermer

Les résultats ci-dessus sont obtenus avec un TMJA de 52

The image shows two windows from the Alizé-Lcpc software. The top window, titled 'Alizé-Lcpc - Module routier de base, données pour les calculs', displays the input structure for a road base. The bottom window, titled 'Alizé-Lcpc - Résultats', shows the calculated mechanical values for the same structure.

Structure de base (Input):

	épais. (m)	module (MPa)	Nu	matériau type
	0.050	3000.0	0.350	autre
collé	0.180	1500.0	0.250	autre
collé	0.200	150.0	0.350	autre
collé	infini	85.0	0.350	autre

Résultats (Output):

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0.050	3000.0	0.350	0.000	21.0	0.349	-92.6	0.658
	collé		0.050	4.9	0.360	105.8	0.584
0.180	1500.0	0.250	0.050	4.9	0.154	314.9	0.584
	collé		0.230	-269.6	-0.457	190.6	0.084
0.200	150.0	0.350	0.230	-269.6	-0.010	582.0	0.084
	collé		0.430	-216.0	-0.023	389.5	0.045
infini	85.0	0.350	0.430	-216.0	-0.002	531.5	0.045

Alizé-Lcpc Mémo:

- 1 - EpsiT= 198.3 (bitumineux)
- 2 - SigmaT= 0.580 (mth)
- 3 - EpsiZ= 741.2 (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 ci-dessus.

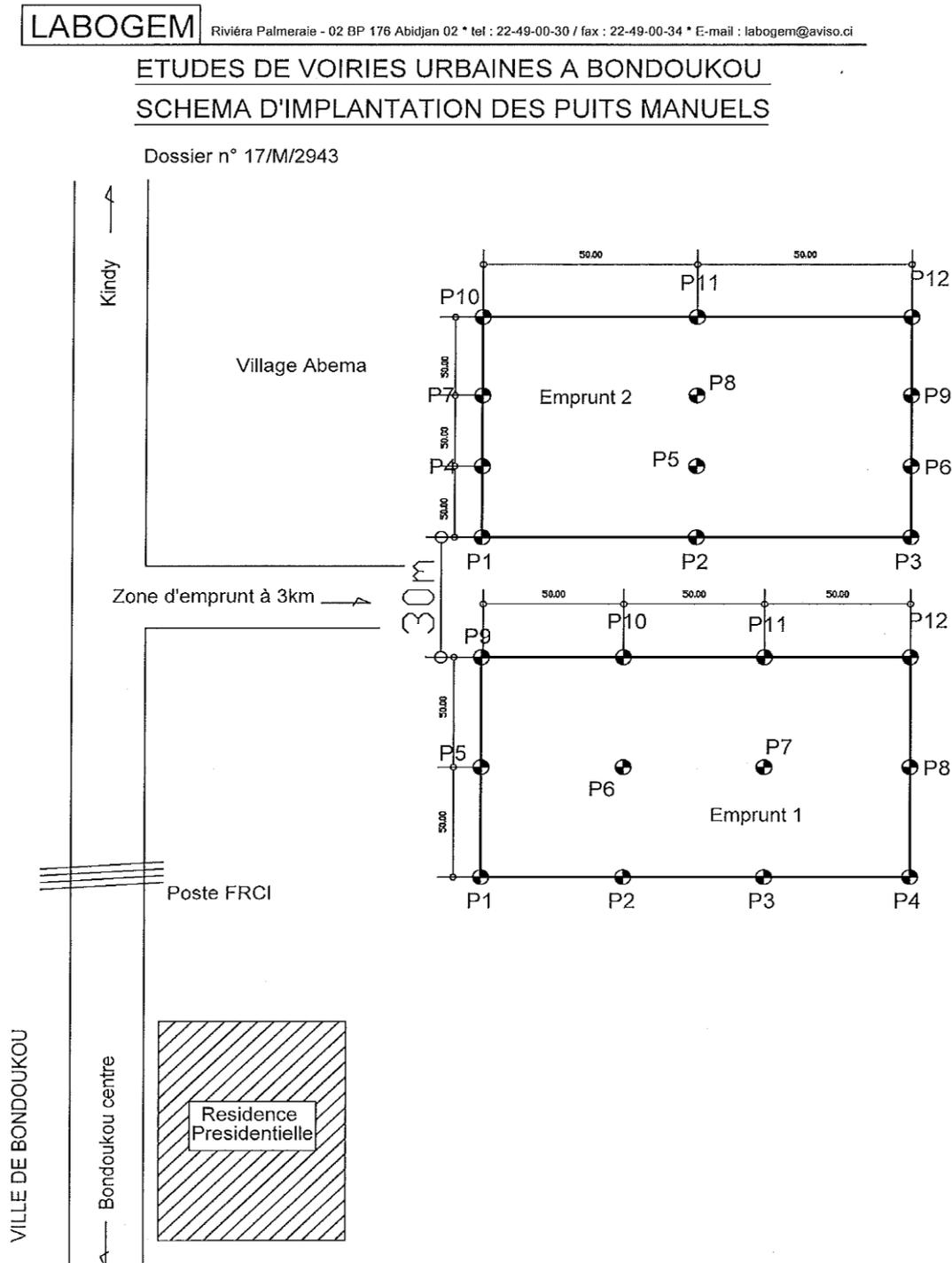
Grandeurs affichées: tableau 1 (selected), tableau 2, tableau 3, tableau 4, tableau 5, tableau 6, tableau 7, tableau 8.

Autres données: variante 1: Durée= 00:00sec; Déflexion =56.0 mm/100 entre-jumelage; Rde = 239.1 m.

La variante 2 de calcul nous donne ces valeurs résumées sur l'image ci-dessus

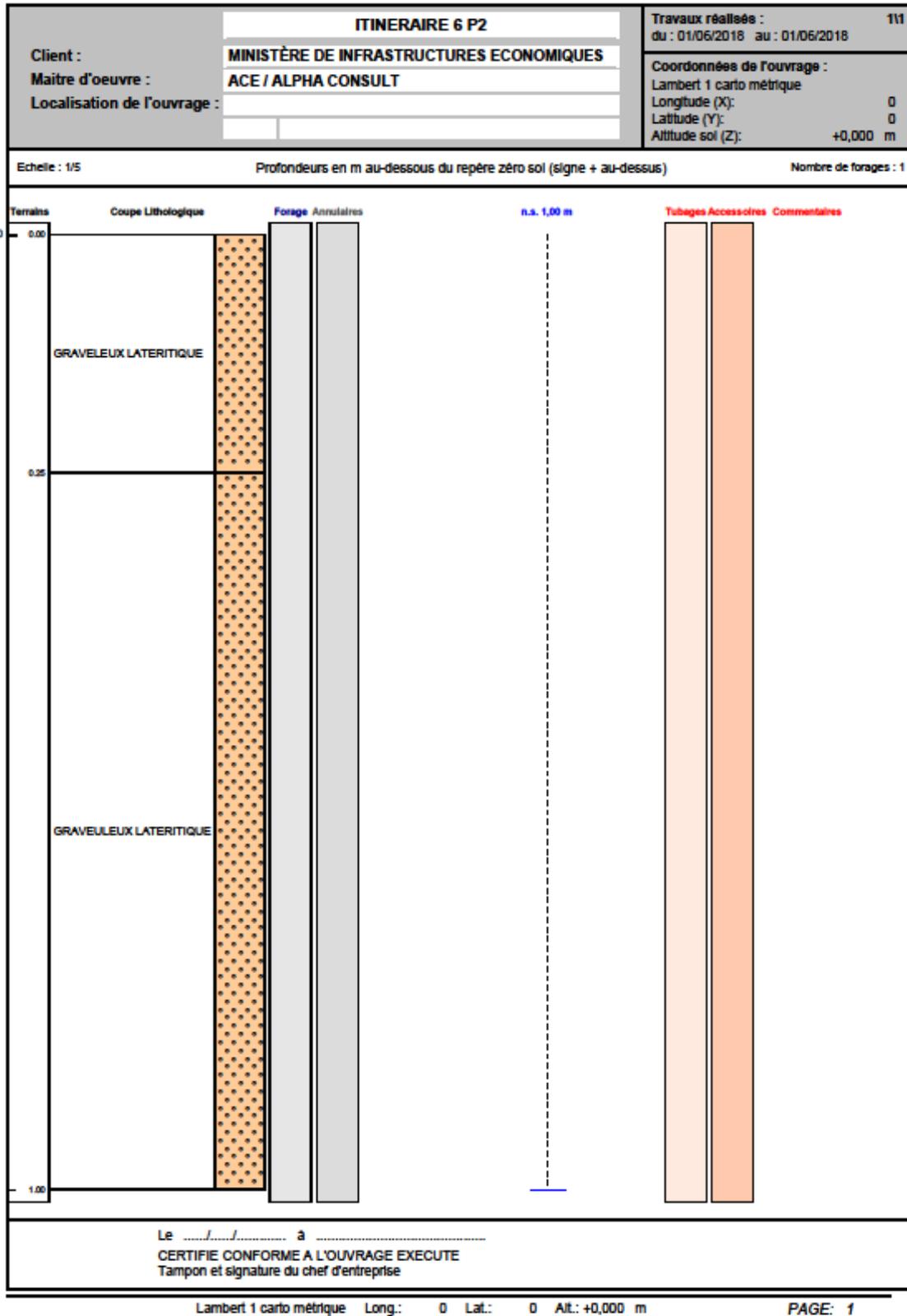
Annexe 5 : Situation des emprunts et sondages de la plateforme

Figure 07 : Situation des zones d'emprunt



Ci-dessus nous avons la situation des zones d'emprunt

Sondages sur la plateforme



Annexe 6 : Devis

Tableau 14 : Devis détaillé

Devis des travaux				
Désignations	Unité	prix unitaire	Quantité	Total
Installation générale du chantier				80 000 000
Installations du chantier	Ft	50 000 000		50 000 000
Replis générale du chantier	Ft	30 000 000		30 000 000
Travaux préparatoires				1 421 000 000
Nettoyage de l'emprise	m ²	12 000	116 920	1 403 040 000
Démolition de dalots cadres sous chaussée en béton armé toute section	ml	50 000	22	1 110 000
Démolition de caniveaux de toutes sections y compris les ouvrages de continuité	ml	20 000	725	14 500 000
Abattage des arbres de circonférence supérieure 1m à 1,5m du sol	U	50 000	47	2 350 000
Terrassement généraux				1 459 416 000
Décapage de terre végétale	m ³	500	116 920	58 460 000
Déblai meuble mise en dépôt définitif	m ³	5 000	3 021	15 105 000
Déblai meuble mise en dépôt provisoire	m ³	7 000	9 063	63 441 000
Remblais ordinaires d'emprunts	m ³	10 000	9 541	95 410 000
Remblais ordinaires provenant de déblais mis en dépose provisoire	m ³	35 000	4 200	147 000 000
Reprofilage des espaces situées entre les caniveaux et les clôtures	m ²	50 000	21 600	1 080 000 000
chaussée				287 712 000
Couche de forme en graveleux latéritique naturel	m ³	6 000	15 984	95 904 000
Couche de fondation en graveleux latéritique naturel	m ³	5 000	15 984	79 920 000
Couche de base en grave non traitée (0/31.5)	m ³	7 000	15 984	111 888 000
Bordures				601 200 000
Bordure de type t1	ml	12 000	21 600	259 200 000
Bordure hautes p1 discontinues	ml	10 000	21 600	216 000 000
Remblais pour aménagement de contre aller	m ³	35 000	3 600	126 000 000

revêtements				1 190 376 000
Couche d'imprégnation	m ²	1 400	159 840	223 776 000
Couche d'accrochage	m ²	5 000	159 840	799 200 000
Revêtement en bb à module élevé 0/10(ep 5cm)	m ³	130 000	540	70 200 000
Revêtement en bb à module grenu (0/10)ep 3cm	m ³	300 000	324	97 200 000
Total travaux de bitumage				4 942 504 000
Ouvrage d'assainissement et de drainage				4 834 840 250
Fouilles en terrain meuble	m ³	5 000	35 550	177 750 000
Caniveaux en béton armé	ml	200 000	15 800	3 160 000 000
Dallettes	ml	87 000	15 800	1 374 600 000
Dalots cadre fermés pour continuité de caniveaux	ml	400 000	22	8 880 000
Enrochement	m ³	35 000	3	96 250
Perrés maçonnés	m ²	35 000	18	630 000
Total travaux d'assainissement et de drainage				4 834 840 250
Signalisation - sécurité - divers				437 740 000
Marquage à la peinture blanche rétro réfléchissante	m ²	8 000	10 800	86 400 000
Eclairage public	U	600 000	360	216 000 000
Panneaux signalisation	U	150 000	67	10 050 000
Mesures environnementale et sociale	Ff	125 290 000	1	125 290 000
Total mesures sécuritaires et environnementales				437 740 000
Total général hors taxe				10 215 084 250
Tva 18%				0,18
Total général toutes taxes comprises				12053799415

Le tableau précédant nous donne les détails sur le devis

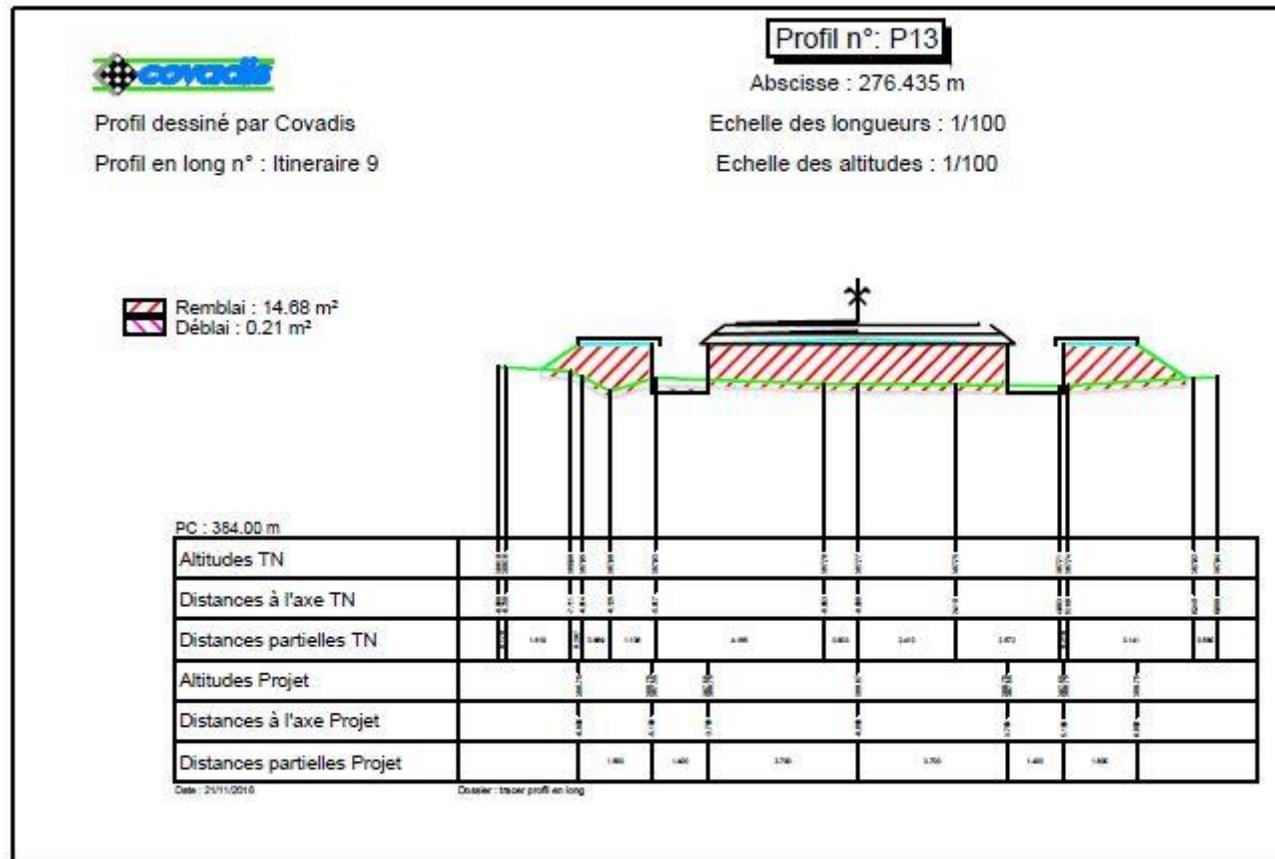


Figure 09: Profil en travers