

**Mémoire pour l'obtention du diplôme de
master en ingénierie de l'eau et de
l'environnement**

**Option : Génie civil, routes et
ouvrages d'art.**

Thème: Etudes technico - économiques et d'impact environnemental
et social pour l'aménagement et le bitumage du boulevard
TANIMOUNE dans la ville de Niamey.

Présenté et soutenu publiquement par :

HAMANI TAHIROU SAIDOU Tahirou

Travaux dirigés par :

Mme Marie Thérèse Marame MBENGUE

Président du jury : **Mr Abdou Lawane**

Membres du jury :

-  **Mme Marie Thérèse Marame NBENGUE**
-  **Mr Césaire M. HEMA**
-  **Mr Moussa LO**

Promotion : GCH/ROA 2015-2016

Table des matières

| | |
|---|----|
| Citation | 5 |
| Dédicace | 6 |
| Remerciements | 7 |
| Liste des tableaux..... | 8 |
| Liste des figures..... | 8 |
| Sigles et abréviations..... | 9 |
| Résumé..... | 11 |
| Abstract | 12 |
| Introduction générale | 13 |
| Chapitre 1 : Présentation du projet et données du projet..... | 14 |
| 1) Contexte général du projet..... | 14 |
| 2) Présentation et localisation de la zone d'étude | 14 |
| 3) Objectifs du projet et résultats attendus..... | 16 |
| 4) Description du projet TANIMOUNE | 16 |
| 5) Données du projet | 17 |
| 5.1) Etudes topographiques..... | 17 |
| a) Bornes de polygonation (rattachement) | 17 |
| b) Levés topographiques..... | 17 |
| 5.2) Analyses des données topographiques | 17 |
| a) Carrefours..... | 17 |
| b) Sites d'ouvrages et potentiels | 18 |
| Chapitre 2: Etudes techniques de géométrie routière..... | 19 |
| 1) Principes de base de l'aménagement..... | 19 |
| 2) Caractéristiques de l'aménagement..... | 19 |
| 3) Caractéristiques dynamiques | 20 |
| a) Caractéristiques du tracé en plan et du profil en long | 20 |
| Chapitre 3 : Etude géotechnique et dimensionnement de la structure de la chaussée | 23 |
| 1) Reconnaissance du sol support | 23 |
| a) Sondages..... | 23 |
| b) Etude de la mécanique du sol support | 23 |
| 2) Matériaux de construction | 25 |
| a) Terrassement..... | 25 |
| b) Matériaux d'assise | 27 |
| 3) Carrières..... | 28 |

| | | |
|--|--|----|
| a) | Carrière de latérite pour couche de base et couche de fondation | 29 |
| b) | Carrière de latérite pour couche de Forme | 30 |
| c) | Granulats pour revêtement..... | 31 |
| 4) | Dimensionnement des structures de chaussée..... | 31 |
| a) | Le trafic..... | 31 |
| b) | Calcul de dimensionnement..... | 33 |
| Chapitre 4 : Etude hydrologique et hydraulique des ouvrages..... | | 35 |
| 1) | Hydrographie, relief..... | 35 |
| a) | Le plateau de la rive gauche | 35 |
| b) | Les plaines de la rive droite | 35 |
| 2) | L'Etat des lieux du BOULEVARD TANIMOUNE | 36 |
| 3) | Présentation succincte des différentes méthodes d'évaluation des débits..... | 37 |
| 3.1) | Détermination des paramètres de calculs | 37 |
| 3.1.1) | Les bassins versants | 37 |
| 3.1.2) | Les caractéristiques d'un bassin versant | 38 |
| 3.1.3) | Les méthodes de calcul des débits ruisselés : adaptation à Niamey..... | 41 |
| 4) | Etude hydraulique..... | 43 |
| 4.1) | Dimensionnement hydraulique des ouvrages | 44 |
| Chapitre 5 : Sécurité-signalisation et éclairage du projet | | 50 |
| 1) | Sécurité | 50 |
| 2) | Signalisation | 52 |
| a) | Signalisation Verticale | 52 |
| b) | Signalisation horizontale | 54 |
| 3) | Eclairage du projet | 55 |
| ❖ | Choix des types d'éclairage | 56 |
| Chapitre 6 : Etude d'impact environnemental et social, estimation du cout du projet..... | | 57 |
| 1) | Cadre législatif et réglementaire | 57 |
| 2) | Impacts du projet..... | 59 |
| a) | Les impacts positifs..... | 59 |
| b) | Les impacts négatifs..... | 59 |
| c) | Mesures d'atténuations préconisées | 60 |
| 3) | Couts d'exécution des travaux..... | 62 |
| Conclusion | | 63 |
| Bibliographie | | 64 |
| Annexes :..... | | 65 |

| | |
|--|----|
| Annexe 1 : Tracé en plan + profil en long des 5 premiers kilomètres..... | 65 |
| Annexe 2 : profils en travers types (remblais et déblais)..... | 65 |
| Annexe 3 : plan des bassins versants + abaques des calculs hydrologiques et hydrauliques..... | 65 |
| Annexe 4 : Notes de calculs du dalot OH1 du PK 1+ 175 de dimensions 3 X 2 X 1.5m..... | 65 |
| Annexe 5 : Plans de coffrage et de ferrailage des six dalots (pour OH1 en format papier et le reste en numérique)..... | 65 |
| Annexe 6 : Notes de calcul des caniveaux 1,00m X 1,00m | 65 |
| Annexe 7 : Plans de coffrage et de ferrailage des caniveaux 1,00m X 1,00m..... | 65 |
| Annexe 8: Diagramme de GANTT du planning prévisionnel du projet | 65 |
| Annexe 9 : Plans de position des carrières et emprunts et récapitulatifs des essais géotechniques. | 65 |
| Annexe 10 : vérification de la structure de la chaussée (Alizé)..... | 65 |

Citation



« Divisés nous sommes faibles. Unie, l'Afrique pourrait devenir, et pour de bon, une des plus grandes forces de ce monde. Je suis profondément et sincèrement persuadé qu'avec notre sagesse ancestrale et notre dignité, notre respect inné pour la vie humaine, l'intense humanité qui est notre héritage, la race Africaine, unie sous un gouvernement fédéral, émergera non pas comme un énième bloc prompt à étaler sa richesse et sa force, mais comme une Grande Force dont la Grandeur est indestructible parce qu'elle est bâtie non pas sur la terreur, l'envie et la suspicion, ni gagnée aux dépens des autres, mais basée sur l'espoir, la confiance, l'amitié, et dirigée pour le bien de toute l'Humanité ».

Kwame Nkrumah 1909-1972



✚ *A mes parents,*

Pour leur sacrifice énorme consenti à ma formation qu'ils trouvent ici la récompense de leurs sacrifices ;

✚ *A mon oncle, le Colonel SEYDOU MAGAGI Mahamadou,*

Pour les soutiens multiples et multiformes dans mes études. Je profite ici pour le remercier de m'avoir recommandé pour ce stage combien important pour mon apprentissage professionnel.

✚ *A mes frères et à toute ma grande famille, qu'ils trouvent ici l'expression de ma gratitude.*

Remerciements

Je souhaite, à travers ce mémoire, remercier toutes les personnes qui m'ont accompagné tout au long de mon stage en particulier :

- ❖ M. GEORGES ALÉ, Directeur d'Agence SOGEA-SATOM Niger,*
- ❖ M.ÉVARISTE Rouamba, Directeur des Travaux SOGEA-SATOM Niger,*
- ❖ M. Ndiaga FALL, conducteur des travaux de chaussée,*
- ❖ ME Marie Thérèse Marame NBENGUE, enseignante à zIE et encadrante de ce mémoire ;*
- ❖ M.ATINDEHOU Enoc, chef de la brigade topographique,*
- ❖ M. IBRAHIMA CISSE, un de mes encadrants et aide conducteur des travaux génie civil de la SOGEA- SATOM Niger,*
- ❖ M. AMADOU SALEY Mahamadou, un de mes encadrants et projeteur-mètreur du projet,*

Nos sincères remerciements vont en fin à l'endroit de tous ceux et celles qui, de près ou de loin, ont apporté leur contribution de manière directe ou indirecte dans l'élaboration du présent mémoire. Qu'ils trouvent ici, l'expression de ma profonde gratitude.

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| TABLEAU 1:LES PARAMETRES CINEMATIQUES DES PROJETS ROUTIERS..... | 20 |
| TABLEAU 2:CARACTERISTIQUES DES PROFILS EN TRAVERS, EN LONG ET TRACE EN PLAN..... | 22 |
| TABLEAU 3: RESULTATS DES ETUDES GEOTECHNIQUES DU SOL SUPPORT (LABORATOIRE GEOTECHNIQUE DE LA SATOM) | 24 |
| TABLEAU 4:LES RESULTATS DES ESSAIS SUR L'AXE DU PROJET (LABORATOIRE GEOTECHNIQUE DE LA SATOM) | 26 |
| TABLEAU 5: FUSEAU DE MATERIAUX COUCHE DE FONDATION (GUIDE PRATIQUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES POUR LES PAYS TROPICAUX) | 28 |
| TABLEAU 6: RESULTATS DES ESSAIS POUR COUCHE DE BASE ET COUCHE DE FONDATION..... | 29 |
| TABLEAU 7: RESULTATS DES ESSAIS POUR LES CARRIERES DE LATERITE POUR COUCHE DE FORME | 30 |
| TABLEAU 8: QUALITE DES GRANULATS DE REVETEMENT (DOCUMENT REFERENCE POUR L'ETUDE GEOTECHNIQUE DU BOULEVARD TANIMOUNE)..... | 31 |
| TABLEAU 9: LES CINQ CLASSES DE TRAFICS DEFINIS PAR LE CEBTP. | 32 |
| TABLEAU 10:RESULTATS DE LA DETERMINATION DE LA CLASSE DE TRAFIC | 33 |
| TABLEAU 11: CLASSES DE PORTANCE DES SOLS SELON LE CEBTP. | 33 |
| TABLEAU 12:LES RESULTATS DU DIMENSIONNEMENT EN FONCTION DE DU TRAFIC ET DE LA CLASSE DE PORTANCE..... | 34 |
| TABLEAU 13:COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENTS MOYENS DES VOIES EN ETUDE | 39 |
| TABLEAU 14: PARAMETRES DES BASSINS VERSANTS DES VOIES EN ETUDES..... | 40 |
| TABLEAU 15: RESULTATS DES CALCULS HYDROLOGIQUES DES BASSINS VERSANTS DES VOIES EN ETUDE | 43 |
| TABLEAU 16: CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES DES DALOTS SIMPLES..... | 46 |
| TABLEAU 17: RESULTATS DES CALCULS HYDRAULIQUES DES OUVRAGES SOUS CHAUSSEE ... | 47 |
| TABLEAU 18:TYPES DE MODULATIONS | 55 |
| TABLEAU 19:COUTS DES TRAVAUX..... | 62 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| FIGURE 1: CARTE ADMINISTRATIVE DE LA VILLE DE NIAMEY | 15 |
| FIGURE 2: LOCALISATION DU PROJET DANS LA VILLE DE NIAMEY. | 15 |

Sigles et abréviations

2iE : Institut International de l'Eau et de l'Environnement,
ARP : Aménagement des routes principales,
BA : Béton Armé,
BB : Béton Bitumineux,
BCEAO : Banque Centrale des Etats de l'Afrique de l'Ouest,
BEEEI : Bureau d'Evaluation Environnemental et des Etudes d'Impact,
BOAD : Banque Ouest Africaine de Développement,
CAM : Coefficient d'agressivité Moyen,
CB : Cote Bleu,
CBR : Californian Bearing Ratio,
CCNUCC : Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique,
CEBTP : Centre d'expertise du bâtiment et des travaux publics,
CMAE : Charge Maximum Autorisée à l'Essieu,
CNEDD : Conseil National de l'Environnement pour le Développement Durable,
CPT : Cahier de prescription Technique,
DAO : Dossier d'Appel d'Offre,
DGGT : Direction Générale des Grands Travaux,
EPC : Equipement de Protection Collective,
EPC : Equipement de Protection collective,
EPI : Equipe de Protection Individuelle,
FENIFOOT : Fédération nigérienne de Football,
GBA : Glissière en Béton Armé,
GPS : Global Positioning System,
HSE : Hygiène Sécurité Environnement,
INS : Institut National de la Statistique,
Km : Kilomètre,
MO : teneur en Eau,

NIGELEC : Société nigérienne d'électricité,
OIT : Organisation Internationale du Travail,
OPM : Optimum Proctor Modifié,
ORSTOM : Office de la recherche scientifique et technique outre-mer,
PGES : Plan de Gestion Environnemental et Social,
PHE : Plus Hautes Eaux,
PK : Point Kilométrique,
PL : Profil en Long,
Pt : Point,
RN : Route Nationale,
RGP/H : Recensement Général de la population et de l'Habitat,
SATOM : Société Anonyme des Travaux d'Outre-Mer,
SEEN : Société d'Exploitation des Eaux du Niger,
SOGEA : Société Générale des Eaux en Afrique,
St : Station,
TN : Terrain Naturel,
Topo : Topographie,
UEMOA : Union Economique et Monétaire Ouest Africaine,
UTM : Universal Transverse Mercator.

Résumé

La présente étude, relative à l'aménagement des routes urbaines dans la ville de Niamey, est réalisée en République du Niger.

Le centre-ville est, au fur et à mesure de l'accroissement du trafic urbain, sérieusement engorgé pendant les heures de pointe. Selon une étude de l'INS le taux de croissance urbain est de 4,5% entre 2001 et 2011.

Un de ses effets le plus ressenti, est l'éloignement, sans cesse accru, du domicile au lieu de travail, des commerces aux différents services urbains.

Devant une telle situation, la nécessité d'une extension de la voirie s'impose afin d'irriguer et de desservir toutes les zones de la ville et, décongestionner le centre-ville confronté à l'augmentation continue du trafic urbain.

C'est dans ce sens que le Gouvernement du Niger, avec l'appui de la Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD), a mis en œuvre le projet d'Aménagement et de Bitumage du Boulevard TANIMOUNE long de 15,961 kilomètres dans la ville de Niamey.

Ce document nous permettra à travers six chapitres de voir les différents contours de la réalisation de ce projet dénommé : TANIMOUNE. Ces chapitres traiteront: de la Présentation du projet et des données du projet, de l'étude technique de géométrie routière, l'étude géotechnique et dimensionnement de la structure de la chaussée, de l'étude hydrologique et hydraulique des ouvrages, de la sécurité-signalisation, de l'éclairage ainsi que le planning et cout du projet, et en fin de l'étude d'impacts social et environnemental.

Mots clés : aménagement, bitumage, route(s), infrastructure(s), transport, désenclavement, désengorgé, développement, trafic, extension voirie, etc...

Abstract

This study, on the development of urban roads in the city of Niamey, is performed in the Republic of Niger.

This action is part of the willingness of the Nigerian authorities to improve the accessibility of urban populations in transport infrastructure as well as to ensure internal and external opening up of areas in order to promote economic development.

The development project of urban roads is carried out in the city of Niamey, who knows in recent years, a prodigious development because of its administrative and political influence on the one hand and its urban dynamism to other parts. Indeed, between 2001 and 2011, an urban growth rate of 4.5% was observed in the city.

The city center is, as and measuring the increase of urban traffic, seriously congested during peak hours.

One of his most experienced effects, is the remoteness, ever increasing, from home to work, shopping at various urban services.

In this situation, the need for an extension of the road is needed to irrigate and serve all areas of the city, congestion in the city center facing the continued increase in urban traffic.

It is in this sense that the Government of Niger, with the support of the West African Development Bank (BOAD), has implemented the project of improvement and asphaltting of the long Boulevard TANIMOUNE of 15.961 kilometers in the city of Niamey.

This project aims :

- To provide the city of Niamey with a mesh of roads more suited to the needs of current and future traffic;
- To allow decongest the city center, to irrigate and to serve new neighborhoods;
- To contribute to optimizing the organization of the urban scheme by better distribution of traffic between the various urban areas.

Keywords : development, urban roads, transport infrastructure, traffic, extension, decongest, ...

Introduction générale

Le projet d'aménagement et de bitumage du boulevard TANIMOUNE long de 15,9 Kilomètres dans la communauté urbaine de Niamey entre dans le cadre du Programme de la Renaissance du Niger.

Les travaux qui seront conduits dans le cadre de l'exécution du présent projet sont les travaux d'installation des chantiers y compris les bases matériels, les travaux de libération des emprises, l'ouverture et l'exploitation des carrières et des zones emprunts, les travaux de terrassement, de compactage et du revêtement bitumeux, la construction des ouvrages de franchissement et d'assainissement, etc.

Ces travaux sont motivés par :

- l'insuffisance de voies aménagées pour la desserte des nouveaux quartiers, bien qu'ils soient des zones résidentielles à forte concentration de population,
- l'engorgement aux heures de pointe du centre-ville, des zones administratives et de commerce du fait de l'accroissement du trafic urbain,
- l'éloignement sans cesse accru des lieux de résidence et de travail surtout pour les populations se trouvant dans les quartiers périphériques.

La SOGEA SATOM Niger est le maître d'œuvre de ce projet.

La zone d'intervention du projet est la ville de Niamey notamment les 5 arrondissements communaux totalisant une population de 1 011 277 habitants dont 501 459 hommes et 509 818 femmes selon les résultats provisoires du quatrième recensement de la population de 2013 de l'INS.

Le cadre juridique de mise en œuvre du projet doit respecter les conventions internationales et des textes nationaux en matière d'aménagement routier et de protection de l'environnement.

Ce projet a pour buts :

- De doter la ville de Niamey d'un maillage de voiries plus adapté aux besoins du trafic actuel et futur ;
- De permettre de désengorger le centre-ville, d'irriguer et de desservir les nouveaux quartiers ;
- de contribuer ainsi à l'optimisation de l'organisation du schéma urbain par une meilleure répartition des trafics entre les différentes zones urbaines.

Chapitre 1 : Présentation du projet et données du projet

1) Contexte général du projet

Au cours de ces dernières décennies, la ville de Niamey a connu une urbanisation fulgurante. Avec la taille de plus en plus importante de la ville, le déplacement est devenu l'une des premières préoccupations.

Devant une telle situation, la nécessité d'une extension de la voirie s'impose afin d'irriguer et de desservir toutes les zones de la ville et aussi, décongestionner le centre-ville confronté l'augmentation continue du trafic urbain.

C'est dans ce sens que le Gouvernement du Niger, avec l'appui de la Banque Ouest Africaine de Développement (BOAD), envisage la mise en œuvre du projet d'Aménagement et de Bitumage de voies structurantes dans la ville de Niamey.

Ainsi, à l'image des autres capitales de la sous-région Ouest-africaine, Niamey se doit d'offrir un visage d'une capitale moderne, aux infrastructures et services de qualité. C'est donc pour ces raisons entres autres, que l'avènement de ce projet trouve toute son importance.

Les activités du projet sont localisés dans la ville de Niamey, et concerne l'aménagement de 15,981 Km de voiries urbaines qui désert les 4 communes de la ville de Niamey. Le Boulevard TANIMOUNE qui constitue la Rocade Nord de la Ville de Niamey reliant la RN 1W à partir de la centrale NIGELEC à la RN 1E au niveau de l'hippodrome.

2) Présentation et localisation de la zone d'étude

La ville de Niamey, qui constitue la zone d'influence élargie du projet TANIMOUNE, est ainsi située au bord du fleuve dans la partie Sud-Ouest du Niger entre les parallèles 13°33' Nord et 13°24' Sud et les méridiens 2° et 29°15' Est. Elle est à une altitude de 160 à 250 m au-dessus du niveau de la mer et couvre une superficie estimée à 297,46 km² pour une population estimée à 1 388 682 habitants selon la projection 2012 de l'Institut National de la Statistique (INS). Toutefois, le résultat préliminaire du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGP/H) 2012 de l'Institut National de la Statistique (INS) situe la population de Niamey à 1.011.277 habitants.

La ville de Niamey qui est également la capitale politique du Niger, forme une enclave dans le département de Kollo. Elle est limitée au Nord - Est par la commune rurale de Hamdallaye, à l'Est par la commune rurale de Liboré, au sud par la commune rurale de Bitinkodji et à l'Ouest par la commune rurale de karma (voir figure 1).

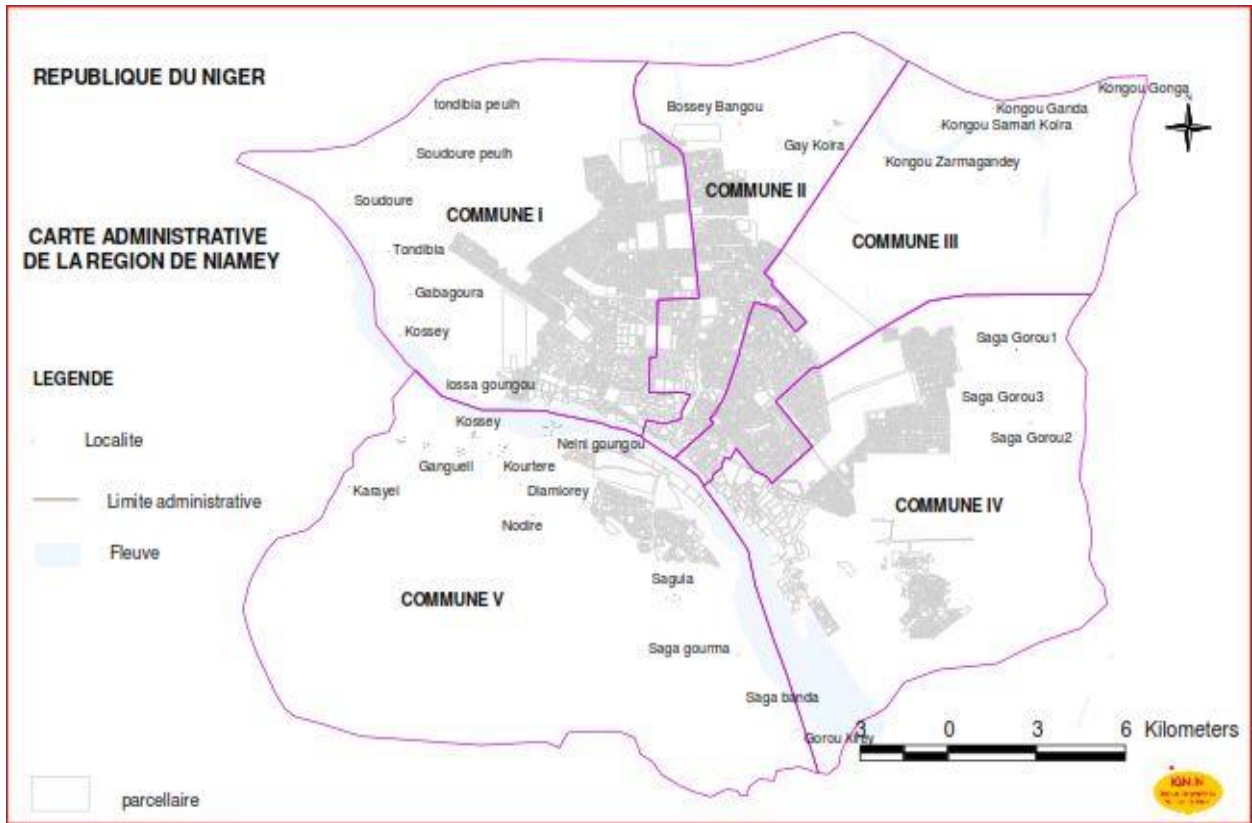


Figure 1: carte administrative de la ville de NIAMEY

La carte figure 2 indique la localisation du projet dans la ville de Niamey.

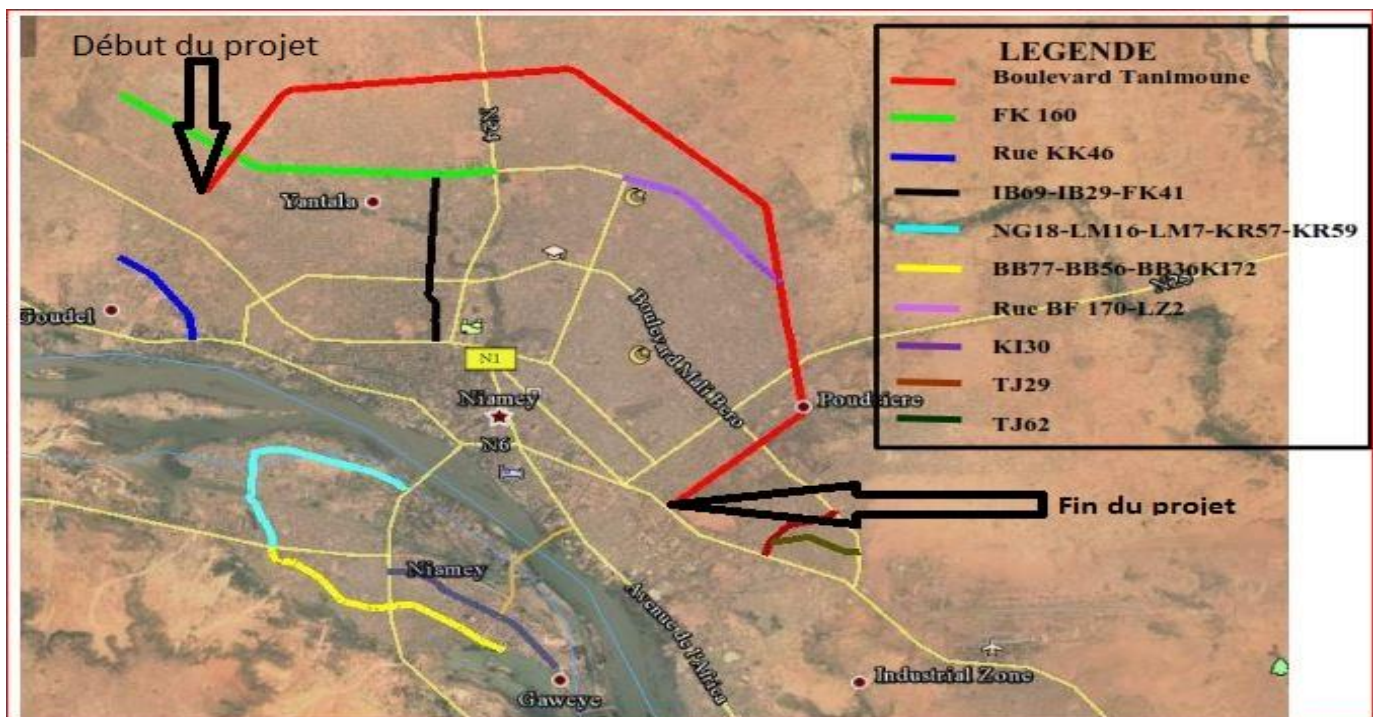


Figure 2: Localisation du projet dans la ville de Niamey.

3) Objectifs du projet et résultats attendus

Le projet a pour objectif général de contribuer à rendre fluide le trafic urbain dans la ville et à désenclaver la Capitale. De manière spécifique, les objectifs du projet sont :

- D'aménager 20 tronçons totalisant 70 Km de voiries urbaines au niveau de la ville de Niamey à long terme et d'aménager 15,981 Km à court terme qui constituera le boulevard **TANIMOUNE** objet du présent rapport ;
- d'améliorer les conditions de circulation ;
- de réduire les nuisances liées aux transports urbain;
- d'améliorer le cadre de vie et la qualité des espaces publics ;
- de renforcer les possibilités de circulation et d'échanges dans la ville de Niamey ;
- de renforcer la sécurité routière et mieux protéger les usagers les plus vulnérables ;
- de promouvoir le développement socio-économique de la zone urbaine.

Les principaux résultats attendus du projet sont :

- ✓ Les tronçons de voiries urbaines du projet **TANIMOUNE** totalisant 15 Km sont aménagées au niveau de la ville de Niamey ;
- ✓ Les conditions de circulations sont améliorées ;
- ✓ Les embouteillages sont réduits ;
- ✓ Les conditions de vie des riverains et des usagers de la route sont améliorées ;
- ✓ Les risques d'accidents de la route sont réduits de manière drastique ;
- ✓ La ville de Niamey amorce un nouvel élan de développement socioéconomique.

4) Description du projet TANIMOUNE

C'est une voie intercommunale du 1er Arrondissement au 4ème. Elle constitue une Rcade Nord de la Ville de Niamey reliant la RN 1W à partir de la centrale NIGELEC à la RN 1E au niveau de l'hippodrome. C'est une route non aménagée d'environ 15 Km avec environ 100 m de large par endroit. Cette largeur est réduite à environ 40 m entre hippodrome et l'intersection avec la route de Filingué. Ce boulevard dessert entre autre la cité des Filles de l'Université Islamique, le Centre Aéré de la **BCEAO**, le centre de la **FENIFOOT**, le village de la Francophonie et le parc Nigéro-Turque.

La voie présente de nombreux nids de poule ainsi que des flaques (stagnation) d'eau à plusieurs endroits. On rencontre également de nombreux sites de dépôts de déchets solides qui feront l'objet de purge. Elle est dépourvue d'ouvrages de drainage et d'assainissement.

Des nombreux passages d'eau et des zones de stagnation d'eau sont remarquables sur l'itinéraire. Ce tronçon traverse plusieurs zones d'occupation spontanée où squattent des familles vivant dans des cases en paillotte. On rencontre également plusieurs kiosques ou des

activités commerciales sont pratiquées, des poteaux hautes et moyennes tensions de la **NIGELEC**, des regards et tuyaux enterrés de la **SEEN**

5) Données du projet

5.1) Etudes topographiques

a) Bornes de polygonation (rattachement)

Le rattachement de la polygonale s'est fait sur l'étude topographique du Boulevard **TANIMOUNE** à partir du rattachement en X, Y du Cadastre et en Z (Nivellement Général de la ville de Niamey).

b) Levés topographiques

➤ Caractéristique des détails levés

- largeur de la route existante ;
- localisation des ouvrages (buses, dalots, ponts, ouvrages divers et leurs caractéristiques : longueur, largeur, hauteur, côtes radiers) ;
- nature des assainissements latéraux (fossés revêtus ou non, exutoires, divergents, ...) et de leur état ;
- carrefours (avec mention des directions) ;
- axe de la route existante, bords de talus, fils d'eau existants ;
- entrées et sorties des villages de chaque côté de la route (avec mention de leurs noms) ;
- emplacement des constructions susceptibles d'être concernées par les travaux, surtout pour les traversées de la ceinture verte ;
- points singuliers (tombes, puits, arbres remarquables, monuments, panneaux de signalisation...);
- la nature de la végétation existante (savane, forêt, plantations vives ou anciennes) bordant la route.

D'autres détails particuliers ont été pris en compte entre autres, les changements de pente, les seuils des maisons, les limites de propriété, de plantations), les arbres ayant un diamètre important ou tout autre aménagement existant, les poteaux électriques et téléphoniques, etc. En un mot tout détail pouvant avoir une incidence sur la réalisation du projet.

5.2) Analyses des données topographiques

a) Carrefours

Le Levé de détail a été fait à l'échelle du 1/500ème au niveau des carrefours. Ces levés ont une densité minimale de 150 points/ha. Ils contiennent tous les détails planimétriques compatibles avec l'échelle, tels que les arbres, talus, fils d'eau, haies, trottoirs, caniveaux, clôtures, constructions avec les côtes seuils, les réseaux des concessionnaires.

b) Sites d'ouvrages et potentiels

- Les sites des ouvrages existants et potentiels (radiers et buses) ont été levés au 1/500 ou au 1/200ème avec leurs caractéristiques ;
- Les dimensions intérieures de l'ouvrage en place : (longueur, largeur, hauteur, le sens d'écoulement de l'eau, les points des plus hautes eaux (PHE));
- Les côtes radiers ou fil d'eau en amont et en aval de l'ouvrage, les têtes de bord de chaussée gauche et droite ;
- Le cheminement de tout écoulement, si leur tracé éventuel est visible sur le terrain à l'intérieur de la bande d'étude comme profil en travers ;
- Tous ces levés sont rattachés au système de coordonnées cadastral. Ce levé est intégré au levé de la bande à l'échelle du 1/2000.

➤ Précision de la polygonale et du levé

Toutes les données recueillies sur le terrain, ont été calculées et interprétées grâce au logiciel Piste. La polygonale et les piquets (sommets des profils en travers) sont calculés et compensés selon les normes indiquées plus haut.

Le fond de plan comporte le quadrillage, le tableau de coordonnées (X, Y, Z) de toutes les bornes de la polygonale et l'orientation du nord.

➤ Types de Fichiers Informatiques

Les pièces transmises après les études topographiques sont constituées de fichiers informatiques.

Deux types de fichiers informatiques ont été fournis :

- Les fichiers en format ASCII ou .Txt de tous les points, les listings des coordonnées de l'axe, les éléments de calcul avec les compensations avec les précisions et les tolérances sur supports magnétiques ;
- Les fichiers au format autocad dits .dwg.

Les résultats des levés topographiques sont les mêmes que celles utilisés dans l'annexe1 pour le tracé en plan et le profil en long du projet.

Chapitre 2: Etudes techniques de géométrie routière

L'étude technique de géométrie routière sera effectuée en partie avec le logiciel **PISTE**.

Il nous permettra avec les paramétrages que nous allons effectuer d'obtenir les quantités de cubatures et les différents plans d'exécutions du tracé en plan, du profil en long et des profils en travers.

Les plans de cette étude seront présentés en **annexe 1**.

1) Principes de base de l'aménagement

Après une série d'inspections visuelles sur l'emprise du projet et vue l'importance du trafic, il est possible d'envisager l'aménagement d'une voie bidirectionnelle, c'est à dire une route à deux fois une voie (2 x 1 voie) pouvant supporter un débit évolutif de trafic selon une vitesse de référence de 60 km/h car nous sommes en agglomérations.

Les alignements droits et les courbes ont été choisis en tenant compte de l'environnement du projet. Ils ont été implantés sur le terrain par l'équipe de topographie qui s'en est servie comme base dans le cadre du levé de la bande d'étude.

Les principes suivants ont guidé notre proposition d'aménagement :

- les normes utilisées pour le tracé sont ICTAAL ou ICTARN, celles de l'ARP [Aménagement des Routes Principales (Ministère de l'équipement, Direction des Routes – France, 1994)] ;
- la desserte des localités situées le long du projet ;
- Le respect scrupuleux des édifices, des zones conflictuelles, des forets sacrés et des habitations.

La traversée des communes n'a pas fait l'objet d'une déviation ; il s'agissait à ce niveau de rester axe pour axe sur la route existante pour minimiser les éventuelles démolitions.

2) Caractéristiques de l'aménagement

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long visent d'une part à assurer les conditions de confort relativement homogènes le long de l'axe routier et adaptées à la catégorie de route, en fixant notamment les caractéristiques minimales. Elles visent d'autre part à garantir de bonnes conditions de sécurité, au moyen notamment de principes d'enchaînement des différents éléments du tracé et de principes de visibilité.

3) Caractéristiques dynamiques

Le tableau ci-après définit les paramètres cinématiques découlant du choix de la vitesse de base de 120 km/h et 60 km/h.

La distance d'arrêt en alignement d_1 (m) a été prise égale à $d_0 + 0,55 V$.

La distance d'arrêt en courbe d_2 (m) a été prise égale à $d_1 + 0,25d_0$. Il a été admis une distance minimale de dépassement correspondant à une manœuvre de 15 secondes pour un véhicule possédant une réserve de puissance suffisante.

Tableau 1:les paramètres cinématiques des projets routiers(ICTAAL)

| Vitesse du véhicule | V (km/h) | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | |
|---|---------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| longueur de freinage | $d\delta$ (m) | 15 | 35 | 60 | 105 | 170 | |
| Distance d'arrêt en AD | d_1 (m) | 40 | 70 | 105 | 160 | 230 | |
| Distance d'arrêt en courbe | d_2 (m) | 45 | 80 | 120 | 180 | 280 | |
| Distance de visibilité de dépassement | minimal | d_4 (m) | 150 | 250 | 325 | 400 | 500 |
| | normal | dD (m) | 250 | 350 | 500 | 625 | 800 |
| Distance de visibilité de manœuvre de dépassement | dMd (m) | 70 | 120 | 200 | 300 | 400 | |

Ici, nous avons donné les valeurs pour différentes vitesses de référence mais celle qui nous intéresse est la vitesse de référence de 60 Km/h car étant en agglomération.

a) Caractéristiques du tracé en plan et du profil en long

• Le tracé en plan

Pour chaque catégorie, les valeurs des rayons, qui traduisent principalement des objectifs de confort et de sécurité, sont inscrites dans le tableau suivant :

Suivant la vitesse de référence, les raccordements progressifs sont utilisés lorsque le rayon choisi est déversé. Les raccordements progressifs dépendent :

- du rayon de la courbe choisie;
- de la vitesse de référence adoptée.

Les raccordements progressifs sont caractérisés par leur **longueur L** et leur paramètre **A**.

Les deux paramètres (A et L) sont liés par la relation :

$$A^2 = R * L$$

Où :

- A : paramètre du raccordement ;
- L : longueur du raccordement ;
- R : rayon de la courbe concernée.

Il existe plusieurs formules dans la détermination des longueurs des raccordements progressifs. A l'état actuel, une formule reste la plus couramment utilisée du fait du confort qu'elle procure aux usagers pendant la conduite.

La longueur de raccordement **L** se calcule suivant la formule énoncée ci-après :

$$\mathbf{L = \min(6R^{0.4}; 67.0 m).$$

L'utilisation de cette formule permet d'obtenir des raccordements facilement utilisables en circulation.

- **Le Profil en long**

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leurs déclivités (pente ou rampe) et des raccordements circulaires (ou paraboliques) caractérisés par leur rayon.

Pour des raisons de confort dynamique et de confort visuel notamment, les paramètres géométriques du profil en long doivent respecter les caractéristiques limites résumées dans le tableau ci-après :

En angle saillant, ces valeurs minimales ne suffisent pas toujours à assurer les conditions de visibilité de sécurité, qui dépend des vitesses pratiquées. Ces conditions peuvent conduire à adopter, en angle saillant, des rayons supérieurs à ceux qui sont préconisés ci-dessus.

Ici, la consultation des paramètres fondamentaux des projets routiers s'avère nécessaire afin d'avoir un profil en long qui répond aux normes au fur et à mesure qu'on avance dans le projet.

Pour la description du tracé, le tableau 2 nous donne les caractéristiques des profils :

L'ensemble du corps de chaussée reposera sur une couche de forme en graveleux latéritique de la route existante. Compte tenu des conditions de pluviométrie, de la nature des sols et de la chaussée, les valeurs suivantes ont été utilisées :

- pente transversale de la chaussée : 2,5% ;
- pente transversale de fond de forme : 2,5% ;
- pente des talus en déblais : 1/3 ;
- pente des talus de remblai : 3/2.

Tableau 2:Caractéristiques des profils en travers, en long et tracé en plan (ICTARN).

| DESIGNATION DU PARAMETRE | | | SYMBOLE ET UNITE | Vitesse de référence Vr (Km/H) | | | | | |
|--------------------------|--|---|--------------------------|--------------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------|
| | | | | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | |
| TRACE EN PLAN | Dévers maximal | | (%) | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | |
| | Rayon en plan RH (m) | minimal absolu (dévers δM) | RHm | 40 | 120 | 240 | 425 | 665 | |
| | | minimal normal (dévers) | RHN ($\delta\%$) | 120 (5%) | 240 (5%) | 425 (5%) | 665 (4%) | 1000 (4%) | |
| | | au dévers minimal(*) | RH'' (2,5%) RH''(296) | 250 300 | 450 300 | 650 300 | 900 300 | 1500 300 | |
| | | non déversé | RH' | 400 | 600 | 900 | 1300 | 1800 | |
| PROFIL EN LONG | Déclivité Maximale en rampe | | x m (%) | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | |
| | Rayon en angle saillant RV(m) | Chaussée unidirectionnelle | Minimal absolu | RVm1 | 500 | 1500 | 3000 | 6000 | 12000 |
| | | Route à 4 voies ou à 2 chaussées | Minimal normal | RVN1 | 1500 | 3000 | 6000 | 12000 | 12000 |
| | | | Minimal absolu | RVm2 | 500 | 1600 | 4500 | 10000 | |
| | | Route bidirectionnelle (route à 2 ou 3 voies) | Minimal normal | RVN2 | 1600 | 4500 | 10000 | 17000 | |
| | Rayon en angle rentrant RV'(m) | | minimal absolu | RVm' | 700 | 1500 | 2200 | 3000 | 4200 |
| | | minimal normal | RVN' | 1500 | 2200 | 3000 | 4200 | 6000 | |
| | Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement minimale sur une route de 2 ou 3 voies | | RDV(m) | 2500 | 6500 | 11000 | 17000 | 28000 | |

Chapitre 3 : Etude géotechnique et dimensionnement de la structure de la chaussée

1) Reconnaissance du sol support

a) Sondages

Afin de définir la situation de la chaussée tant qualitativement que quantitativement une campagne de sondages a été réalisée sur la chaussée à chaque 100 m et généralement poursuivi jusqu'à 0,8 m de profondeur environ en fonction du type de sol rencontré.

Dans chaque sondage, il a été procédé à une observation visuelle et un relevé de la coupe et aux prélèvements d'échantillons destinés aux essais de laboratoire.

Les sondages ont mis en évidence la présence de la grave latéritique, du sable, du sable argileux, l'argile graveleuse et curasse latéritique.

Sur chaque échantillon prélevé, il a été procédé à des essais d'identification complète (granulométrie, limites d'Atterberg).

Le dimensionnement des structures de chaussées souples est généralement effectué à partir d'une classification des sols de plate-forme déduite des valeurs de l'indice portant CBR à 95 % de l'optimum Proctor et 96 heures d'imbibition.

A partir des résultats il est défini des zones homogènes où des prélèvements seront effectués pour faire l'essai **Proctor CBR**, avec au moins un sondage chaque Kilomètre. Il ressort que le boulevard TANIMOUNE est une zone qui peut être considérée comme une zone homogène. Le boulevard TANIMOUNE faisant un peu plus de quinze kilomètres, nous auront alors 15 à 16 sondages pour les essais complets Proctor-CBR.

b) Etude de la mécanique du sol support

A partir de cette zone homogène, il a été effectué des sondages en vue des études mécaniques du sol support.

Ainsi, il a été effectué les essais suivants :

- Proctor
- CBR après 4 Jours d'imbibition.

Le tableau 3 nous donne les résultats de ces sondages sur les 15Km du Boulevard **TANIMOUNE**

Tableau 3: Résultats des études géotechniques du sol support (laboratoire géotechnique de la SATOM)

| Sol support | | Proctor modifié (NFP-34-093) | | Portance CBR (NFP-94-078) | | Limite d'Atterberg | | | Analyse granulométrique | | | | | | Classe US HRB | IG |
|-------------|--------------|------------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|-------------------------|----------|--------|--------|---------|---------|---------------|----|
| PK | Code sondage | Densité à l'OPM | Teneur en eau à l'OPM | CBR à 95% de l'OPM | CBR à 98% de l'OPM | LL | LP | IP | %<80 µm | %<0.2 mm | %<2 mm | %<5 mm | %<10 mm | %<20 mm | | |
| 1 | LZ54-1 | 2.17 | 8.6% | 29 | 35 | 15.4 | 9.65 | 5.8 | 24.9 | 37 | 99.6 | 100 | 100 | 100 | A-2-4 | 0 |
| 2 | LZ54-2 | 1.92 | 6.9% | 14 | 20 | 17.5 | 11.28 | 6.2 | 8.7 | 28 | 99.8 | 100 | 100 | 100 | A-2-4 | 0 |
| 3 | LZ54-3 | 2.0 | 7.6% | 63 | 67 | 15.4 | 0 | 15.4 | 19 | 23.1 | 43.4 | 86.8 | 86.8 | 89.3 | A-2-4 | 0 |
| 4 | LZ54-4 | 1.76 | 9.1% | 53 | 63 | 24.1 | 15.8 | 7.3 | 16.4 | 20.6 | 45.7 | 99.6 | 97.8 | 99.9 | A-2-4 | 0 |
| 5 | LZ54-5 | 1.78 | 5.2% | 10 | 17 | 20.2 | 12.61 | 7.6 | 10.2 | 15.2 | 37.7 | 99.8 | 97 | 99.8 | A-2-4 | 0 |
| 6 | LZ54-6 | 2 | 6.4% | 20 | 27 | 30.22 | 19.4 | 10.8 | 16.4 | 22 | 43.6 | 97.9 | 95.6 | 97.8 | A-2-4 | 0 |
| 7 | LZ54-7 | 2 | 6.4% | 20 | 40 | 18.8 | 8.9 | 9.91 | 15.3 | 30.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | A-2-4 | 0 |
| 8 | LZ54-8 | 1.83 | 6.3% | 9 | 13 | 17.6 | 11.4 | 6.2 | 9.8 | 15.3 | 35.6 | 100 | 100 | 99.3 | A-2-4 | 0 |
| 9 | LZ54-9 | 1.86 | 2.2% | 18 | 25 | 18.1 | 11.59 | 6.5 | 23.7 | 28.8 | 50.3 | 100 | 100 | 99.6 | A-2-4 | 0 |
| 10 | LZ54-10 | 1.89 | 3.4% | 28 | 49 | 17.2 | 11.33 | 5.9 | 17.2 | 21.8 | 44.7 | 100 | 100 | 99.7 | A-2-4 | 0 |
| 11 | LZ54-11 | 1.93 | 6.8% | 27 | 37 | 18.8 | 16.8 | 2 | 9.5 | 14.1 | 39.7 | 100 | 100 | 100 | A-2-4 | 0 |
| 12 | LZ54-12 | 1.94 | 5.6% | 15 | 21 | 15.8 | 10.03 | 5.8 | 12.8 | 16.7 | 42.9 | 100 | 100 | 100 | A-2-4 | 0 |
| 13 | LZ54-13 | 1.95 | 5.2% | 4 | 6 | 16.4 | 10.83 | 5.575 | 12.2 | 29.2 | 99.8 | 100 | 100 | 100 | A-2-4 | 0 |
| 14 | LZ54-14 | 1.86 | 3.4% | 26 | 32 | 17.8 | 12.65 | 5.15 | 9.2 | 23.4 | 95.3 | 100 | 100 | 100 | A-2-4 | 0 |
| 15 | LZ54-15 | 1.98 | 6.8% | 28 | 38 | 17.8 | 12.82 | 4.98 | 14.4 | 31.2 | 99.9 | 100 | 100 | 100 | A-2-4 | 0 |

2) Matériaux de construction

a) Terrassement

i. Corps des remblais

Les matériaux pour la constitution du corps des remblais (en dessous de trente centimètres sous l'arase des terrassements) proviendront de déblais ou d'emprunts fournissant des matériaux ayant les caractéristiques minimales suivantes, selon le « Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux » :

- Teneur en matières organiques (MO) inférieure à 3 %,
- Limite de liquidité (LL) inférieure ou égale à 70,
- Indice de plasticité (IP) inférieur ou égal à 40,
- Indice portant californien (CBR) supérieur ou égal à 5 pour des échantillons compactés à 95% de l'Optimum Proctor Modifié (OPM) après 4 jours d'imbibition,
- Gonflement linéaire dans le moule CBR (G) inférieur ou égal à 2%.

Le tableau 4 présente les résultats des essais sur l'axe.

Tableau 4:Les résultats des essais sur l'axe du projet (laboratoire géotechnique de la SATOM)

| Sol support | Proctor modifié (NFP-34-093) | | Portance CBR (NFP-94-078) | | Limite d'Atterberg | | | Analyse granulométrique (G2-DUNOD PARIS) |
|-------------|---------------------------------|-----------------|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|---|
| | PK | Densité à l'OPM | Teneur en eau à l'OPM | CBR à 95% de l'OPM | CBR à 98% de l'OPM | LL | LP | IP |
| 1 | 2.17 | 8.6% | 29 | 35 | 15.4 | 9.65 | 5.8 | 24.9 |
| 2 | 1.92 | 6.9% | 14 | 20 | 17.5 | 11.28 | 6.2 | 8.7 |
| 3 | 2.0 | 7.6% | 63 | 67 | 15.4 | 0 | 15.4 | 19 |
| 4 | 1.76 | 9.1% | 53 | 63 | 24.1 | 15.8 | 7.3 | 16.4 |
| 5 | 1.78 | 5.2% | 10 | 17 | 20.2 | 12.61 | 7.6 | 10.2 |
| 6 | 2 | 6.4% | 20 | 27 | 30.22 | 19.4 | 10.8 | 16.4 |
| 7 | 2 | 6.4% | 20 | 40 | 18.8 | 8.9 | 9.91 | 15.3 |
| 8 | 1.83 | 6.3% | 9 | 13 | 17.6 | 11.4 | 6.2 | 9.8 |
| 9 | 1.86 | 2.2% | 18 | 25 | 18.1 | 11.59 | 6.5 | 23.7 |
| 10 | 1.89 | 3.4% | 28 | 49 | 17.2 | 11.33 | 5.9 | 17.2 |
| 11 | 1.93 | 6.8% | 27 | 37 | 18.8 | 16.8 | 2 | 9.5 |
| 12 | 1.94 | 5.6% | 15 | 21 | 15.8 | 10.03 | 5.8 | 12.8 |
| 13 | 1.95 | 5.2% | 4 | 6 | 16.4 | 10.83 | 5.575 | 12.2 |
| 14 | 1.86 | 3.4% | 26 | 32 | 17.8 | 12.65 | 5.15 | 9.2 |
| 15 | 1.98 | 6.8% | 28 | 38 | 17.8 | 12.82 | 4.98 | 14.4 |

Selon cette étude, les matériaux du PK 12,5 au PK 13,5 ne peuvent pas être utilisés en remblai car leur CBR est inférieur à 5.

ii. Couche de forme

La couche de forme est un élément de transition permettant d'adapter les caractéristiques des matériaux de remblai ou du terrain en place aux fonctions essentielles d'une plate-forme support de chaussée. Cette couche a un rôle décontaminant pour la plateforme et permet d'avoir une emprise de chaussée débarrassée de toute impureté surtout dans les zones où nous avons des dépôts de déchets ménagers (guides LCPC).

La couche de forme répond donc à la fois aux objectifs suivants :

- à court terme : elle doit permettre de mettre en place, dans de bonnes conditions, les couches de chaussée et doit présenter des qualités de nivellement, portance, protection du sol support et praticabilité ;
- à long terme : elle doit procurer une homogénéisation, maintien dans le temps d'une portance minimale, contribution au drainage.

La couche de forme doit **pallier à l'insuffisance du sol support naturel**, et éventuellement, permettre la circulation de chantier. Elle est indispensable sur les sols pour lesquels il est impossible d'atteindre les 95% de la densité OPM.

Les matériaux pour la constitution de la couche de forme (les trente derniers centimètres des terrassements) ou de la plate-forme en déblais proviendront de déblais ou d'emprunts fournissant des matériaux ayant les caractéristiques minimales suivantes :

- ❖ Teneur en matières organiques (MO) inférieure à 0,5% ;
- ❖ Passant à 0,08 mm (moins de 35% de passant);
- ❖ Indice de plasticité (IP) inférieur ou égal à 20 ;
- ❖ Indice portant californien (CBR) supérieur ou égal à 10 (S3) ou 15(S4) pour des échantillons compactés à 95% de l'Optimum Proctor Modifié (OPM) après 4 jours d'imbibition ;
- ❖ Gonflement linéaire dans le moule CBR (G) inférieur ou égal à 1%.

La couche de forme aura alors une épaisseur de 30 cm pour des matériaux de CBR supérieur ou égal à 15 (S4) et de 45 cm pour des matériaux de CBR supérieur ou égal à 10 (S3).

b) Matériaux d'assise

i. Matériaux pour la couche de fondation

Selon les règles de l'art, les matériaux pour couche de fondation et de remblai contigus aux ouvrages devront répondre aux spécifications générales suivantes :

- Être exempts de matières organiques (tolérance 0,5%),
 - Indice de plasticité inférieur ou égal à 20,
 - Indice portant californien (CBR) supérieur ou égal à 30 pour des échantillons compactés à 95% de l'Optimum Proctor Modifié (OPM) après 4 jours d'imbibition,
 - Gonflement linéaire mesuré dans le cadre de l'essai CBR inférieur à 1%,
 - Masse volumique sèche à 95% de l'OPM supérieure ou égale à 19 KN/m.
-
- Avoir une granulométrie correspondant au fuseau de matériaux couche de fondation ci-dessous :

Tableau 5: fuseau de matériaux couche de fondation (Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées pour les Pays Tropicaux)

| Maille du tamis en mm | Tamisât en % |
|-----------------------|--------------|
| 0,08 | 5-35 |
| 0,5 | 18-50 |
| 1 | 22-56 |
| 2 | 28-65 |
| 5 | 40-78 |
| 10 | 58-100 |
| 20 | 75-100 |
| 31,5 | 90-100 |
| 40 | 95-100 |

Les matériaux pour la couche de fondation seront de la latérite et doivent répondre aux spécifications ; définies par le CEBTP ; avoir un CBR au moins égale à 60 obtenu pour une densité sèche correspondant à 95% de l'OPM. En annexe 9, nous avons les récapitulatifs des essais géotechniques.

ii. Matériaux pour la couche de base :

Les matériaux d'emprunt pour la couche de base seront des graveleux latéritiques. Le consultant a recherché, compte tenu du niveau de trafic, des graveleux latéritiques ayant un indice portant **CBR minimum de 80** pour la couche de base.

3) Carrières

Des carrières ont été identifiées dont le plan de localisation est en annexe 9. Le tableau 6 nous donne les résultats des essais sur les matériaux.

a) Carrière de latérite pour couche de base et couche de fondation

Six carrières ont été trouvées.

Tableau 6: résultats des essais pour couche de base et couche de fondation.

| EMPRUNT | | PROCTOR MODIFIE (NFP-94-093) | | PORTANCE CBR (NFP-94-078) | | LIMITE D'ATTERBERG (NFP-94- 051) | | | ANALYSE GRANULOMETRIQUE | | | | | classe US HRB | IG | |
|----------------|----------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------|----------------------------------|------|-------|-------------------------|---------|-------|-------|--------|---------------|-------|--------|
| Numéro emprunt | sondages | densité à l'OPM | teneur en eau OPM | CBR à 95% de l'OPM | CBR à 98% de l'OPM | LL | LP | IP | %< 80 Um | %<0,2mm | %<2mm | %<5mm | %<10mm | | | %<20mm |
| 1 | Carrière Rte Ouallam | 2,11 | 8,30% | 53 | 63 | 21,4 | 13,5 | 10,6 | 13,3 | 14,6 | 21,2 | 27,9 | 27,1 | 28,5 | A-2-6 | 0 |
| 2 | Carrière Rte Fillingué | 2,01 | 6,70% | 48 | 65 | 32,9 | 22,7 | 10,2 | 12,8 | 14,62 | 17,09 | 46,07 | 19,66 | 21,25 | A-2-6 | 0 |
| 3 | CARRIERE KONGOU | 2,18 | 8,80% | 46 | 60 | 15,8 | 8,88 | 6,925 | 18,3 | 26,1 | 47,1 | 62,1 | 80,7 | 92,2 | A-2-4 | 0 |
| 4 | Carrière YAWARE Rte Torodi | 2,16 | 6,70% | 38 | 53 | 27,2 | 12,6 | 14,7 | 15 | 15,35 | 18,71 | 22,58 | 20,33 | 21,01 | A-2-6 | 0 |
| 5 | Carrière Rte DOSSO/Sorey | 2,1 | 8,20% | 32 | 48 | 29,2 | 23 | 6,3 | 23 | 23,94 | 28,49 | 56,96 | 33,98 | 37,25 | A-2-4 | 0 |
| 6 | Carrière Rte Ouallam CD | 2,15 | 7,50% | 30 | 40 | 28,9 | 17,2 | 11,8 | 19,3 | 21 | 27 | 35,62 | 31 | 32,3 | A-2-6 | 0 |

La carrière de la route Filingué a été retenue du fait de l'abondance, de la proximité et de la qualité des matériaux qui s'y trouvent.

b) Carrière de latérite pour couche de Forme

Pour la couche de forme, il a été identifié des carrières dont le résultat est ci-dessous :

Tableau 7: résultats des essais pour les carrières de latérite pour couche de forme

| Emprunt | | PROCTOR MODIFIE (NFP-94-093) | | PORTANCE CBR (NFP-94-078) | | LIMITE D'ATTERBERG (NFP-94- 051) | | | ANALYSE GRANULOMETRIQUE (mode opératoire G2-DUNOD Paris) | | | | | classe US HRB | IG | |
|---------|----------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------|----------------------------------|------|------|--|---------|-------|-------|--------|---------------|-------|--------|
| | | densité à l'OPM | teneur en eau OPM | CBR à 95% de l'OPM | CBR à 98% de l'OPM | LL | LP | IP | %< 80 Um | %<0,2mm | %<2mm | %<5mm | %<10mm | | | %<20mm |
| 1 | Carrière Rte DOSSO /Sorey | 2,1 | 5,60% | 28 | 49 | 29,8 | 11 | 18,9 | 25,2 | 26,68 | 31,57 | 63,82 | 37,85 | 41,97 | A-2-6 | 1 |
| 2 | Emprunt ceinture verte | 2,01 | 5,80% | 27 | 37 | 18,8 | 16,8 | 2 | 7,6 | 10,43 | 20,69 | 50,66 | 28,78 | 30,15 | A-2-4 | 0 |
| 3 | Emprunt Rive droite | 1,95 | 9,50% | 26 | 33 | 31,1 | 23,4 | 7,8 | 18,3 | 19,6 | 23,6 | 27,3 | 28,1 | 32,3 | A-2-4 | 0 |
| 4 | Carrière de YAWARE | 2,09 | 7,10% | 26 | 35 | 15,5 | 13,4 | 2,2 | 25,1 | 25,9 | 30,8 | 35,4 | 34 | 35 | A-2-4 | 0 |
| 5 | Carrière de Rive droite | 2,11 | 7,80% | 24 | 68 | 20,8 | 15,3 | 5,55 | 20,5 | 23,6 | 30,7 | 35,5 | 42,3 | 58,1 | A-2-4 | 0 |

L'emprunt de la ceinture verte a été privilégié car étant à quelques kilomètres du projet et les matériaux ont un CBR requis pour la couche de forme.

c) Granulats pour revêtement

Les granulats pour revêtement proviendront de roches concassées et selon les règles de l'art, doivent avoir au minimum les caractéristiques suivantes:

Tableau 8: Qualité des granulats de revêtement (Document référence pour l'étude géotechnique du Boulevard Tanimoune)

| TRAFFIC EN VEHICULES/JOUR | LOS ANGELES | MICRODEVAL |
|---------------------------|-------------|------------|
| <500 | <35 | <20 |
| 500-2000 | <30 | <20 |
| 2000-5000 | <25 | <15 |
| >5000 | <20 | <10 |

La carrière de Lossa sur la route Tillabéry a été retenue pour l'approvisionnement des granulats.

4) Dimensionnement des structures de chaussée

a) Le trafic

Le dimensionnement d'une chaussée se fait en fonction du trafic cumulé en essieu équivalent pendant la vie de la chaussée. Au Niger, comme dans tous les pays membres de l'UEMOA, **l'essieu de 13 tonnes** est utilisé pour le dimensionnement des routes revêtues.

Lors de l'étude économique, des comptages et enquêtes origine/destination ont été effectués sur tout le long de ce boulevard. Le résultat de ces études est : **TRAFFIC 2014 PL = 60.**

i. Agressivité du trafic PL

Dans le cadre de notre étude, la valeur du coefficient d'agressivité moyen (CAM) est de 1,3. Cette valeur est tirée de l'étude du trafic faite par le bureau d'étude techni-consult pour le projet TANIMOUNE.

ii. Classe du trafic

On distingue, en fonction de la valeur du trafic cumulé sur la durée de vie de la chaussée, cinq classes de trafics définis par le CEBTP, données dans le tableau ci-après :

Tableau 9: les cinq classes de trafics définis par le CEBTP.

| |
|---|
| ESSIEU EQUIVALENT DE 13T |
| $T1 < 5,10^5$ |
| $5,10^5 < T2 < 1,5.10^6$ |
| $1,5.10^6 < T3 < 4. 10^6$ |
| $4. 10^6 < T4 < 10^7$ |
| $10^7 < T5 < 2. 10^7$ |

Les classes de trafic indiquées ci-dessus sont obtenues par la formule suivante :

Équation 1: formule de calcul du cumul trafic essieu équivalent de 13 T.

$$NE = 365 * CAM * \text{Trafic PL} * A * \frac{(1 + \tau)^n - 1}{\tau}$$

Dans laquelle :

- **NE** : cumul trafic essieu équivalent de 13T ;
- **CAM** : Coefficient d'agressivité moyen d'un poids lourd ;
- **Trafic PL** : trafic poids lourds à l'année de mise en service ;
- **τ** : taux de croissance ;
- **n** : Nombre d'années ;
- **A** : Coefficient de répartition transversale par sens.

Dans le cadre de ce projet, la **durée est de vie minimale est de 20 ans**, la date de mise en service est 2016 et les taux de croissance du trafic lourd moyen est de 6,40% selon l'étude économique faite avant le démarrage du projet par le ministère de l'équipement.

La route en projet aura une chaussée d'une largeur 7,0 mètres. On suppose que les véhicules roulent sur la voie de 3,5 m mais empiètent légèrement sur la deuxième voie. Ce qui conduit le Consultant à retenir un coefficient de répartition transversale de 0,60 au lieu de 0,50 et pour les

routes doubles voies un coefficient de répartition de 1. Le tableau suivant indique les résultats obtenus :

Tableau 10: Résultats de la détermination de la classe de trafic

| Désignation de la rue | Trafic de mise en service | Taux de croissance (t) | Nombre d'années | CAM | $c = \frac{((1+t).p-1)}{t}$ | Coef de répartition (a) | $NE=TS*CAM*C*a$ | Classe de trafic CEBTP |
|-----------------------|---------------------------|------------------------|-----------------|-----|-----------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|
| TANIMOUNE | 72 | 6.40% | 20 | 1.3 | 38.41 | 1 | 1312143.30 | T2 |

iii. Classe de portance sol support

Selon le manuel du **CEBTP** utilisé, les sols sont classés conformément au tableau ci-dessous :

Tableau 11: classes de portance des sols selon le CEBTP.

| Classes | CBR |
|---------|-----------------|
| S1 | $0 < CBR < 5$ |
| S2 | $5 < CBR < 10$ |
| S3 | $10 < CBR < 15$ |
| S4 | $15 < CBR < 30$ |
| S5 | $CBR > 30$ |

b) Calcul de dimensionnement

Pour le dimensionnement, il sera utilisé la Méthode **CEBTP**.

Le tableau ci-dessous donne les résultats du dimensionnement en fonction de du trafic et de la classe de portance.

Tableau 12:les résultats du dimensionnement en fonction de du trafic et de la classe de portance

| Désignation de la rue | Classe de trafic CEBTP | PK | | Couche de forme | classe de portance | revêtement | base | fondation |
|-----------------------|------------------------|----|--------|-----------------|--------------------|------------|-----------|-----------|
| | | 0 | 5 | | | | | |
| TANIMOUNE | T2 | 0 | 5 | 0 | S3 | 5 | 15 | 20 |
| | | 5 | 6 | | S4 | | | |
| | | 6 | 13 | | S5 | | | |
| | | 13 | 15.887 | | S4 | | | |

L'épaisseur de la couche de forme est de 30 cm de graveleux latéritique, mais il est inscrit zéro dans le tableau 12 car cette couche est considérée dans cette étude comme le niveau zéro du point de vue structure de chaussée.

Nous avons utilisé le logiciel Alizé pour les vérifications des résultats (annexe 10). Dans l'annexe 10, nous avons également le dimensionnement en largeur qui a donné les résultats suivants :

Profil adopté : 7,20 m auquel nous ajouterons une piste cyclable de 2.5 mètres et un trottoir pour piétons de 1.5 mètres soit 11 mètres.

.

Chapitre 4 : Etude hydrologique et hydraulique des ouvrages

Les études hydrologiques et hydrauliques ont pour but de dimensionner les ouvertures nécessaires des ouvrages de passage d'eau et d'assainissement. Ces ouvrages protègent la route contre les dégradations dues aux eaux, et ce particulièrement durant les périodes de crues importantes.

1) Hydrographie, relief

La ville de Niamey est séparée en deux parties par le fleuve Niger. Sur la rive gauche, la ville est construite sur un plateau, tandis que les quartiers habités de la rive droite se situent dans une plaine alluviale.

Le plan de la ville de Niamey épouse les formes du fleuve Niger. L'arc du cercle du fleuve a guidé la croissance de la ville et sa dissymétrie de la rive droite, concave et inondable en de nombreux endroits est peu occupée, alors que l'autre rive, convexe, est un plateau qui constitue un site favorable.

Ce site favorable se heurte, toutefois au Nord, au khori de Ouallam qui entaille en plusieurs endroits le plateau sur plusieurs kilomètres. Le relief est ici constitué par une série de buttes séparées par des vallées remblayées par l'alluvionnement. Entre points culminants et talwegs, les dénivellations sont d'environ 40 mètres.

a) Le plateau de la rive gauche

D'une altitude moyenne de 220 m, le plateau de la rive gauche qui surplombe le fleuve Niger par une belle corniche, au niveau des quartiers de Yantala et de Gamkallé, supporte la majeure partie du développement de la ville. Sa surface, ondulée, forme parfois des croupes concaves où stagnent les eaux de pluies (mares temporaires et semi-permanentes). Il est entaillé par plusieurs talwegs. Le plus important, le Gounti-Yéna, est une vallée de forme allongée et de direction Nord-Sud où se sont développés des jardins fruitiers et maraîchers. Le rôle de ce talweg, dans la physionomie de la ville, ne doit pas être négligé tant sur le plan topographique que sur le plan humain. Il sépare, en effet, le plateau en deux parties qui se différencient dans leurs aspects.

b) Les plaines de la rive droite

Des abords du village de Kossey jusqu'à celui de Saga Gourma, le fleuve forme un arc de cercle qui entoure une plaine d'une altitude moyenne de 185 m. Elle est de plus en plus urbanisée depuis la construction du pont Kennedy en 1970 et l'installation de l'Université de Niamey. Dans cette plaine s'opposent des îlots insubmersibles et des zones inondables situées en dessous de 182 m.

Sur ces îlots se sont installés les anciens villages annexés par la ville (Lamordé, Nogaré, Karadjé et Kirkissoye), le domaine universitaire et les nouveaux lotissements. Les zones marécageuses, quant à elles, constituées de sols argileux, souvent drainées, servent à une mise en valeur intensive: les rizières de Saguia et de Kirkissoye.

Au Sud de la vallée, on passe à une zone de plateaux latéritiques nettement séparée de la plaine par des talus de forme convexo-concave, dont le commandement atteint parfois 80 m. Cette zone fortement disséquée par des vallées donne des buttes culminant à plus de 260 m. Au nombre de trois dans la région de Niamey, ces buttes sont appelées les Trois Sœurs. Elles limitent la zone urbanisable à cause des problèmes d'érosion et d'approvisionnement en eau. Les tronçons à aménager se composent des voies à l'intérieur des villes de Niamey. La plupart de ces tronçons sont sommairement aménagés car actuellement empruntés.

2) L'Etat des lieux du BOULEVARD TANIMOUNE

Du début du projet (dans la zone du PK 0) jusqu'au PK 6+136, les eaux s'écoulement naturellement vers le point bas du PK 1+166. Il est envisagé de construire un ouvrage sous chaussée dans cette zone.

Du PK 1+783 jusqu'au PK 6 +136, nous avons un caniveau existant à gauche de dimension 1,50 x 1,50 qui n'a cependant pas d'exutoire et les eaux s'accumulent au PK 1+166. Le caniveau est surélevé par rapport au TN, et est dans un mauvais état de fonctionnement.

Du PK 8+000 au PK 12+000, les eaux seront évacués vers la ceinture verte aux points bas des PK 10+982 et PK 11+781 où des ouvrages sous chaussée seront construits.

Du PK 12+000 au PK 15+900, il existe un réseau de drainage dans la ville de Niamey. Les eaux seront versées dans ce réseau via la construction des deux ouvrages sous chaussée aux PK13+350 et PK 14+335.

Le profil en long de la route est calé en remblai afin de mettre la chaussée hors d'eau et pour palier à la présence des flaques d'eau par endroits.

3) Présentation succincte des différentes méthodes d'évaluation des débits

L'évaluation du débit de crue décennale peut être faite à partir de deux méthodes suivantes :

- Méthode de Caquot;
- Méthode rationnelle.

3.1) Détermination des paramètres de calculs

La détermination des crues du projet est la base fondamentale de tout dimensionnement. Cette phase est évidemment précédée par l'évaluation d'une série de paramètres hydrologiques qui permettront de calculer les différents débits en utilisant la méthode de calculs appropriée.

Nous allons donc expliciter à titre de rappel les paramètres hydrologiques généraux ainsi que leur méthode d'évaluation.

3.1.1) Les bassins versants

La distinction traditionnelle des bassins versants, basée sur le degré d'imperméabilisation de ces derniers, fait ressortir deux types :

a) Les bassins versants urbains

Dans les bassins versants urbains, le ruissellement est prépondérant par rapport aux pertes au ruissellement. Celles-ci sont atténuées du fait de l'importance des surfaces imperméables et de la réduction du couvert végétal.

b) Les bassins versants ruraux

Dans les bassins versants ruraux, au contraire, les pertes au ruissellement sont prédominantes, en raison de l'abondance des terrains nus perméables ou couverts de végétation.

Un troisième type émerge de cette distinction : il s'agit des bassins versants périurbains. Ceux-ci sont à l'origine des bassins ruraux en mutation.

3.1.2) Les caractéristiques d'un bassin versant

Les paramètres physiques et géométriques essentiels qui caractérisent classiquement un bassin versant sont :

- ✓ Superficie en m^2 ;
- ✓ coefficient de ruissellement en % ;
- ✓ Pente et longueur du plus long chemin hydraulique en % ;
- ✓ Temps de concentration t_c ;
- ✓ Intensité de l'averse I ;
- ✓ Coefficient de Montana ;
- ✓ etc...

En réalité, les paramètres descriptifs du bassin versant n'ont de sens que par rapport au modèle que l'on utilise pour décrire, prévoir ou simuler la transformation que ce bassin va opérer d'une pluie qui y tombe en un débit à son exutoire.

Les tableaux 13 et 14 donnent les paramètres de bassins versants existants sur ce projet.

Tableau 13: Coefficients de ruissellements moyens des voies en étude

| voie | Bassin versant | Coefficient de ruissellement partiel | | | | | Coefficient de ruissellement |
|----------------------------|----------------|--------------------------------------|-------------------|-----------|----------------|--------------------|------------------------------|
| | | Surface bâtie | Cours non revêtue | Terre nue | rues aménagées | rues non aménagées | |
| Boulevard TANIMOUNE | BV tan1 | 0,603 | 0,082 | | | 0,109 | 0,794 |
| | BV tan2 | 0,599 | 0,022 | | | 0,193 | 0,814 |
| | BV tan3 | 0,566 | 0,029 | | 0,098 | 0,134 | 0,826 |
| | BV tan4 | 0,714 | 0,014 | | | 0,093 | 0,821 |
| | BV tan5 | 0,482 | 0,125 | | 0,041 | 0,136 | 0,782 |
| | BV tan6 | 0,635 | | | | 0,188 | 0,823 |

Tableau 14: Paramètres des bassins versants des voies en études

| voie | PK | Bassin versant | Surface en km ² | Pente m/m | coefficient de ruissellement | longueur du chemin hydraulique (m) | dénivelée (m) | temps de concentration en (m) | Intensité I (mm/h) |
|---------------------|---------|----------------|----------------------------|-----------|------------------------------|------------------------------------|---------------|-------------------------------|--------------------|
| Boulevard TANIMOUNE | 1+175 | BV tan1 | 0,316153 | 0,0027 | 0,7943 | 1088 | 2,9 | 39,85 | 84,59 |
| | 3 + 875 | BV tan2 | 0,278814 | 0,002 | 0,8142 | 1057 | 2,14 | 43,26 | 81,19 |
| | 9+675 | BV tan3 | 0,076581 | 0,0066 | 0,8263 | 373 | 2,45 | 12,4 | 151,62 |
| | 9+695 | BV tan4 | 0,053628 | 0,0052 | 0,8213 | 384 | 2 | 13,85 | 143,47 |
| | 10+000 | BV tan5 | 0,393767 | 0,0024 | 0,7822 | 826 | 2 | 33,43 | 92,36 |
| | 13+400 | BV tan6 | 0,070599 | 0,0028 | 0,8229 | 710 | 1,97 | 28,25 | 100,47 |

3.1.3) Les méthodes de calcul des débits ruisselés : adaptation à Niamey

De nombreux modèles de prévision du débit ruisselé existent, partiellement déterministes, probabilistes, mécanistes ou empiriques. Nous développerons plus précisément ceux qui ont été testés et calés sur des bassins urbains tropicaux :

- La méthode rationnelle;
- Le modèle de CAQUOT.

a) *La méthode rationnelle*

Trois hypothèses sous-tendent la formule rationnelle :

- le débit de pointe Q_p est observé à l'exutoire seulement si la durée de l'averse est supérieure au temps de concentration du bassin versant ;
- Q_p est proportionnel à l'intensité moyenne maximale i sur une durée égale au temps de concentration t_c du bassin versant ;
- i et le débit de pointe qui en résulte ont la même période de retour (T). Ceci suppose donc que le coefficient de ruissellement C du bassin versant soit constant.

Il en résulte l'expression suivante de la formule rationnelle :

$$Q = C . I . A$$

C : coefficient de ruissellement décennal ;

I : Intensité de l'averse en mm/h ;

A : superficie du bassin versant en km² ;

Q : débit à l'exutoire en m³/s.

NB : Limites et conditions d'application de la formule de rationnelle :

Elle est utilisée pour des bassins de superficie inférieure ou égale à 4 Km² ce qui équivaut à 400 ha.

b) *L'adaptation à Niamey de la formule type Caquot*

SIGHOMNOU (1986) a entrepris cette adaptation, en disposant pour son étude d'un volume de données hydro pluviométriques important, ayant bénéficié de l'enrichissement et de l'actualisation de la connaissance pluviométrique apportés par les études de LE BARBE (1977) et de PUECH et CHABI GONNI (1984), ainsi que de plusieurs campagnes de mesures

pluies-débits réalisées par l'**ORSTOM** à Niamey (de 1978 à 1980), à Ouagadougou (77-79) et à Abidjan -Yopougon (84-85).

A partir de ces données, **SIGHOMNOU** procède à un réajustement des paramètres intervenant dans la formule de Caquot.

Il montre que :

- La valeur $t = 0,05$ proposée par **RODIER** et **AUVRAY** (**ORSTOM-CIEH** -1965) traduit convenablement l'abattement spatial des précipitations en Afrique Tropicale ;
- La valeur $p + \hat{o} = 1,40$, valeur moyenne calée à partir des évènements observés, exprime mieux que la valeur retenue en France (1,10) l'effet de stockage du réseau ;
- Le temps de concentration d'un bassin peut être calculé par la formule :

$$t_c = 0.34 * I^{-0.41} * A^{0.507} * Q_p^{-0.287}$$

Pour laquelle $\mu = 0,34$ a été ajusté à partir de l'échantillon des valeurs observées, les exposants restant identiques à ceux que proposent **DESBORDES** (1974).

La comparaison entre débits ainsi calculés et débits observés est bonne, à condition de choisir pour **C** une valeur expérimentale du coefficient de ruissellement du bassin, qui est, comme nous l'avons dit, parfois très supérieure au coefficient d'imperméabilisation.

On démontre que le bilan volumétrique de Caquot mène alors à l'expression suivante du débit de pointe en fonction des coefficients d'ajustement précédents et de ceux de la loi de

Montana :

Équation 2: loi de MONTANA pour le calcul du débit Q_p

$$Q_p = K * I^u * C^V * A^w$$

La formule de **Caquot** adaptée à Niamey pour une crue décennale se présente ci-dessous :

Équation 3: La formule de Caquot adaptée à Niamey pour une crue décennale.

$$Q_p = 2 * C^{1.17} * I^{0.24} * A^{0.81}$$

Où Q_p est le débit décennal ;

I est la pente moyenne du bassin en m/m ;

A est la superficie du bassin versant en ha.

NB : Limites et conditions d'application de la formule de Caquot.

La surface du bassin versant doit être inférieure ou égale à 11.1 Km².

c) Résultats des calculs hydrologiques

Les tableaux ci-dessous donnent les résultats des débits calculés dans le cadre des études des voies à Niamey.

Tableau 15: Résultats des calculs hydrologiques des bassins versants des voies en étude

| voie | PK | Bassin versant | Surface en km ² | Méthode Rationnelle Débit (m ³ /s) | Méthode Caquot Débit (m ³ /s) | Débit du projet (m ³ /s) |
|---------------------|---------------|----------------|----------------------------|---|--|-------------------------------------|
| Boulevard TANIMOUNE | 1+175 | BV tan1 | 0,316153 | 5,906 | 6,041 | 6,041 |
| | 3+875 | BV tan2 | 0,278814 | 5,124 | 5,258 | 5,258 |
| | 9+675 | BV tan3 | 0,076581 | 2,667 | 2,491 | 2,667 |
| | 9+695 | BV tan4 | 0,053628 | 1,757 | 1,753 | 1,757 |
| | 10+000 | BV tan5 | 0,393767 | 7,909 | 6,927 | 7,909 |
| | 13+400 | BV tan6 | 0,070599 | 1,623 | 1,888 | 1,888 |

Nous voyons que : des deux méthodes à chaque PK concerné par un ouvrage, nous prenons la méthode qui a le plus grand débit à évacuer. C'est dire qu'aucune des deux méthodes n'est privilégiée, nous avons opté pour une démarche de sécurité en prenant le plus grand débit des deux méthodes.

4) Etude hydraulique

L'étude hydraulique vise le dimensionnement des ouvrages.

Le choix du type d'ouvrages tient compte :

- ✓ De la classification de la route d'où du standard d'aménagement requis;
- ✓ De la topographie du site d'implantation;
- ✓ De l'importance du débit à évacuer;
- ✓ De la nature du sol en place et souvent des conditions climatiques;
- ✓ Du service d'entretien envisagé;

- ✓ De la disponibilité des matériaux;
- ✓ De la main d'œuvre local.

4.1) Dimensionnement hydraulique des ouvrages

Les ouvrages retenus dans le cadre de ce projet sont des ouvrages sous chaussée (dalots) et des ouvrages latéraux (caniveaux et collecteurs). Nous avons vu dans le tableau précédent que le débit le plus élevé à évacuer est de 6,041 m³/s. Ce débit maximal ne nécessite pas une construction de pont d'où le choix de dalots.

a) Hypothèses de Calcul

Les vitesses maximales de l'eau dans les dalots ou les caniveaux (fossés bétonnés ou maçonnés) seront limitées à 4,0 m/s. La vitesse d'auto-curage dans les dalots est étroitement liée à la pente critique qui est la plus petite valeur de la pente longitudinale de l'ouvrage pour assurer une bonne évacuation des débits admis à l'entrée de l'ouvrage. Le principe de calcul de la pente critique est détaillé dans le manuel « Hydraulique Routière ».

b) Calculs des dalots

Pour le dimensionnement des dalots, nous allons suivre les méthodes développées dans le manuel « Hydraulique Routière » élaboré pour le compte du ministère Français de la Coopération et du Développement. En effet nous pensons que ces ouvrages vont fonctionner seulement pour une sortie dénoyée avec un écoulement à surface libre qui est le cas le plus fréquent.

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

La condition pour un écoulement de l'eau dans l'ouvrage à surface libre pour la sortie dénoyée est : la hauteur amont (H1) doit être inférieure ou égale à 1,25 fois la hauteur (D) de l'ouvrage (la condition $H1/D \leq 1,25$).

Pour le calcul de dimensionnement des dalots les étapes sont les suivantes :

Etape 1 : Calcul de la profondeur en amont H1

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

$$Q = V \times S \Rightarrow S = \frac{Q}{V};$$

Dans laquelle l'on déduit S la section mouillée (avec Q connu et V la vitesse limite étant fixée) et D étant également fixé.

On utilise la formule : $q^* = \left(\frac{q}{s}\right) * \frac{1}{\sqrt{2 * g * D}}$ pour calculer le débit q^* .

Cette valeur donne la valeur réduite H_1^* en utilisant l'abaque (figure 77) joints en annexe, la valeur de H1 est ainsi calculée par la relation :

$$H_1^* = \frac{H_1}{D};$$

La valeur de H1 ainsi trouvée est comparée avec la situation topographique du projet. Si la valeur de H1 n'est pas acceptable pour le projet, il faut changer les valeurs de B et/ou D. Si la valeur de H1 est acceptable pour le projet, il faut maintenant s'assurer que la vitesse de l'eau dans l'ouvrage reste dans les limites admissibles. Pour cela il faut passer d'abord par le calcul de la pente critique de l'ouvrage. La valeur de H1 trouvé est acceptable si cette valeur coïncide pratiquement (sur le terrain) avec la situation topographique avec une erreur de plus ou moins deux centimètres. Cette erreur, si elle survient, doit être rattrapée au niveau de la mise œuvre par le conducteur des travaux.

Etape 2 : Calcul de la pente critique I_c

L'ouvrage doit être capable d'évacuer le débit critique correspondant à la profondeur H1 amont.

Pour cela, il faut que la pente longitudinale de l'ouvrage soit au moins égale à la pente critique (I supérieure ou égale à I_c). Donc, dans cette étape on calcule la pente critique de l'ouvrage (notée I_c) qui guidera sur le choix de la pente longitudinale de l'ouvrage (notée I).

On calcule, connaissant la largeur B du dalot et q le débit à évacuer, le débit réduit pour la pente critique en fonction de la Formule suivante :

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

Connaissant K le coefficient de rugosité, après le calcul de Q^* on lit sur un abaque (figure) joint en annexe, la valeur de I_c^* qui permet d'avoir I_c pente critique par la formule suivante :

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

On retient I , la pente longitudinale de l'ouvrage supérieure ou égale à I_c la pente critique.

Etape 3 : Calcul de la vitesse dans l'ouvrage

Au niveau de cette étape il s'agit de calculer la vitesse dans l'ouvrage et de vérifier si celle-ci ne dépasse pas la vitesse limite retenue.

L'on calcule le débit réduit q_v^* à partir des formules dérivées de Manning et en fonction de la pente longitudinale retenue.

$$Q^* = \frac{q}{K * I^{1/2} * B^{8/3}}$$

Cette valeur réduite q^* donne grâce à l'abaque (figure 84) joint en annexe, la valeur de V^* de laquelle l'on déduit la valeur de V recherchée.

$$V = V^* . I^{1/2} . K . B^{2/3}$$

On retient le V qui vérifie le débit déterminé par la formule de base : $Q = V \times S$.

Etape 4 : Itération

Si la vitesse est acceptable le calcul est terminé, sinon il faut changer les paramètres d'ouvertures B et D et reprendre totalement tout le cheminement.

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques hydrauliques des types des dalots simples retenus dans le cadre de ce projet.

Tableau 16: Caractéristiques hydrauliques des dalots simples

| Dimensions des ouvrages | Débits évacués | Ham | Vitesse dans l'ouvrage (V) | Pente critique | Pente retenue dans l'ouvrage |
|-------------------------|----------------|------|----------------------------|----------------|------------------------------|
| Dalot 2X1 | 4.25 | 1.23 | 2.98 | 0.64% | 0.80% |

| | | | | | |
|-------------|-------|------|------|-------|-------|
| Dalot 1.5X1 | 3.75 | 1.47 | 2.64 | 0.78% | 0.78% |
| Dalot 2X1.5 | 7.00 | 1.70 | 3.19 | 0.70% | 0.70% |
| Dalot 3X1.5 | 8.25 | 1.58 | 2.99 | 0.53% | 0.53% |
| Dalot 3X2 | 12.00 | 1.80 | 3.45 | 0.56% | 0.60% |

Comme nous l'avons vu plus haut dans le tableau 6, nous devons protéger notre boulevard de l'écoulement de six bassins versants. Ainsi, dans le cadre de ce projet, six ouvrages sous chaussée (dalots) ont été calculés à différents points du Boulevard.

c) Résultats des calculs hydrauliques des ouvrages sous chaussée

Il faut noter que nous avons 6 dalots de dimensions variées à différents PK. Le tableau suivant résume les 6 dalots :

Tableau 17: Résultats des calculs hydrauliques des ouvrages sous chaussée

| voie | PK | Bassin versant | Surface en km ² | Méthode Rationnelle Débit (m ³ /s) | Méthode Caquot Débit (m ³ /s) | Débit du projet (m ³ /s) | OA retenu | débit évacué | largeur de l'OA(m) |
|---------------------|--------|----------------|----------------------------|---|--|-------------------------------------|-----------|--------------|--------------------|
| Boulevard TANIMOUNE | 1+175 | BV tan1 | 0,316153 | 5,906 | 6,041 | 6,041 | 3*2*1,5 | 21 | 26,1 |
| | 3+875 | BV tan2 | 0,278814 | 5,124 | 5,258 | 5,258 | 1*2*1 | 4,25 | 53,44 |
| | 9+675 | BV tan3 | 0,076581 | 2,667 | 2,491 | 2,667 | 2*2*1,5 | 14 | 53,44 |
| | 9+695 | BV tan4 | 0,053628 | 1,757 | 1,753 | 1,757 | 2*2*1,5 | 14 | 53,44 |
| | 10+000 | BV tan5 | 0,393767 | 7,909 | 6,927 | 7,909 | 2*2*1,5 | 14 | 53,44 |
| | 13+400 | BV tan6 | 0,070599 | 1,623 | 1,888 | 1,888 | 2*2*1,5 | 14 | 26,4 |

On remarque que les débits du projet sont inférieurs aux débits évacués. Donc les ouvrages retenus peuvent prendre en charge l'écoulement des eaux sans présenter de risque pour l'intégrité de la chaussée.

d) Sollicitations utilisées pour le dimensionnement des dalots

En ce qui concerne les charges routières applicables, il nous a été recommandé les Systèmes de charges du fascicule 61 titre II suivants :

- systèmes de charges A, très souvent négligés ;
- système de charges B composée des sous-systèmes de charges Bc, Bt et Br ;
- système de charges M 120 qui est une charge militaire;

Nos différentes simulations nous ont montré que le système de charges **B_t** est plus contraignant pour les dalots alors que pour les ponts ce sont les charges Mc120 qui dominent.

Outre cela, en entreprise les logiciels de calcul des dalots (CYPE, Robot) utilisent en paramètre de modèle de calcul le fascicule 61 titre 2.

Ayant l'étude hydraulique complète (Débits à évacués et dimensions des dalots), nous pouvons calculer directement grâce aux logiciels les plans de ferrailage et de coffrage des dalots.

Pour les dalots les caractéristiques suivantes sont utilisées :

Norme de calcul: BAEL-91 (R-99) (France) ;
Béton: B25 ;
Acier des barres: Fe E500 ;
Enrobage extérieur: 3.0 cm ;
Enrobage intérieur: 3.0 cm.

En annexes 4 et 5 nous avons la note de calcul des dalots, les plans de ferrailage et de coffrage des dalots.

e) Les caniveaux

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

Équation 4: formule de Manning Strickler pour le dimensionnement des caniveaux.

$$Q = K * S * R^{\frac{2}{3}} * i^{1/2}$$

avec :

Q: débit de projet en $\frac{m^3}{s}$.

S: surface mouillée du caniveau en m^2 .

V: la vitesse d'écoulement en $\frac{m}{s}$.

R: rayon hydraulique en m.

i: la pente en $\frac{m}{m}$.

K: coefficient de rugosité.

Nous avons retenu une revanche de 20 cm pour les calculs des caniveaux. Il sera construit sur le **boulevard TANIMOUNE** des caniveaux 1,00*1,00 du PK 9+800 au PK 11+150 sur le côté droit de la chaussée.

Pour les caniveaux les caractéristiques suivantes sont utilisées :

Règles BAEL 91 et Additif 99 ; Béton: B25 ; Acier des barres: Fe E400.

En annexe 6 nous avons les détails des calculs des caniveaux ainsi que les plans de coffrage et de ferrailage des caniveaux (annexe 7).

Chapitre 5 : Sécurité-signalisation et éclairage du projet

1) Sécurité

SOGEA - SATOM a adopté sa politique sécurité vers 1996 car plusieurs accidents légers, graves, voir même mortels ont été enregistrés sur les chantiers. A cet effet, VINCI construction a organisé une étude pour identifier les vraies causes des accidents sur les chantiers. Il ressort de cette étude que les accidents sont essentiellement dus aux éléments suivants :

- Manque de la culture de sécurité sur le chantier ;
- Mauvais comportements souvent remarqués chez certains employés ;
- Manquement au port des équipements de protection individuelle (EPI) et collective (EPC) ; d'où la création du service hygiène-sécurité-environnement (HSE) avec comme objectif d'éviter au maximum les accidents de travail. Ce service est structuré et organisé pour permettre à tous les intervenants dans les chantiers de connaître les règles d'or de la sécurité à SOGEA SATOM (voir image ci-dessous). Ainsi pour tout nouveau recrût (stagiaires, temporaires, permanents ou sous-traitants), l'équipe de la sécurité procède à un accueil dénommé « accueil sécurité » pour enseigner les règles d'or de la sécurité à la SOGEA SATOM. A la fin de cet accueil, le recrût est doté de chaussures de sécurité, combinaisons, d'une paire de gangs, d'un casque et de tout autre équipement lui permettant de mener à bien ses missions.

Outre cela, il existe une brigade de sécurité qui scionne chaque jour les chantiers pour vérifier si les travailleurs respectent les règles d'or et en cas de non-respect de ces règles le chef de la sécurité procède à des sanctions qui peuvent conduire à un licenciement. Enfin l'équipe de sécurité déploie des séparateurs sur les chantiers pour protéger les travailleurs et les riverains contre les accidents.



Photographie des règles d'or de la sécurité à la SOGEA SATOM Niger.

Source : chef du service HYGIENE SECURITE ENVIRONNEMENT.

Il faut noter qu'avant la réception définitive de ce boulevard, il est nécessaire de concevoir et de construire des ralentisseurs de vitesse aux à bord des écoles ou des marchés.

2) Signalisation

La signalisation est un volet incontournable dans un projet de route. Elle a pour but :

- de rendre plus sûre la circulation routière ;
- de faciliter cette circulation afin d'éviter les accidents de la route;
- d'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières du code de la route;
- de donner des informations relatives à l'usage de la route.

SOGEA SATOM NIGER dispose d'un atelier pour la confection des panneaux de signalisation pour la signalisation temporaire (base vie du PK6). Il faut noter que les signalisations définitives du projet sont commandées pour garantir le respect des normes internationales en la matière.

Pendant la réalisation des travaux, il est nécessaire de mettre en place des panneaux de signalisation. Cette signalisation à également un certain nombre de règles de mise en place dont:

- ✓ A 500 m à l'entrée de la zone en chantier pour signaler les travaux ;
- ✓ Des panneaux de déviation si possible ;
- ✓ Des panneaux de limitation de vitesse ;
- ✓ Dispositif de barrière aux abords des fouilles des ouvrages ;
- ✓ Des baudriers pour les personnels.

Il sera aménagé systématiquement des déviations pour ne pas arrêter les activités économiques et une libre circulation des personnes et des biens.

a) Signalisation Verticale

La bonne visibilité de la signalisation est nécessaire pour permettre au conducteur d'anticiper les évènements pouvant survenir sur la route.

Les panneaux de signalisation doivent être bien visibles, bien lisibles et permettre ainsi d'orienter les usagers sur la voie ou sur la chaussée aux fins d'une utilisation optimale de l'infrastructure.

La signalisation verticale est essentiellement composée de :

- La signalisation des intersections comprenant des panneaux de type AB4 « STOP » où les conducteurs doivent marquer un temps d'arrêt, des panneaux directionnels de type D21, des panneaux triangulaires de type AB d'intersection et de priorité (panneau d'intersection de route secondaire et panneau de cédez le passage) ;
- La signalisation des agglomérations comprenant les panneaux de localisation de type EB10/20, les panneaux circulaires type B de limitation de vitesse ;
- La signalisation routière générale comprenant les panneaux de danger type A, les panneaux d'interdiction de dépassement type B3 aux sommets à petits rayons et les panneaux de type E52a ou E52b (bornes kilométriques).

Tous ces panneaux ont été prévus dans les avant-métrés, sur l'ensemble du projet.

Pour le boulevard TANIMOUNE, cette signalisation regroupe les panneaux, les balises, les bornes kilométriques servant à informer les usagers des dangers, des directions à suivre, des zones d'arrêts obligatoires pour ne citer que ceux-là.

Les panneaux doivent avoir les dimensions, les formes, les indications et les couleurs conformes aux normes internationales. Ils sont en tôle d'acier d'une épaisseur de 15/10mn, et comportent un bord bombé.

Nous avons retenu quelques dimensions des différents types de panneaux conformément aux normes internationales :

- ✓ Panneau triangulaire : coté 1m
- ✓ Panneau octogonale : longueur 0.80m
- ✓ Panneau circulaire : diamètre 0.85m
- ✓ Panneau carré : coté 1m.



b) Signalisation horizontale

La délimitation des voies de circulation par des marquages sur les chaussées joue un rôle essentiel dans la sécurité routière.

La matérialisation par des bandes sur la chaussée vise à indiquer clairement les parties des chaussées réservées aux différents sens de circulation ainsi que la conduite à observer par les usagers.

➤ Catégories de marquages :

On distingue :

- Les lignes longitudinales qui sont soit :
 - continues infranchissables ;
 - discontinues de délimitation des voies ;
 - discontinues d'avertissement ;
 - discontinues de guidage, mixtes.

- Les marquages transversaux :

Ce sont les lignes « **STOP** », les lignes « **CEDEZ LE PASSAGE** » et les lignes d'effet de signaux ;

Les autres marquages sont, entre autres, les passages piétons, les flèches de sélection et les flèches de rabattement.

➤ Couleurs des marquages

Pour ce projet, le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussées.

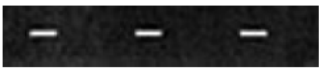
➤ Modulations des lignes discontinues


C'est à partir de ces modulations que l'on pourra définir les longueurs totales des bandes du projet.

Trois (3) types de modulations ont été retenus. Ils se différencient par le rapport des pleins aux vides. Ces modulations (tirets plus intervalles) sont des multiples ou sous-multiples de 13 mètres.

Tableau 18:types de modulations

| <i>Type de modulation</i> | Longueur des traits (m) | Intervalle entre 2 traits successifs (m) | Rapport (plein/ 13) |
|---------------------------|--------------------------------|---|----------------------------|
| <i>T1</i> | 3,00 | 10,00 | 3/13 |
| <i>T'1</i> | 1,50 | 5,00 | 3/13 |
| <i>T2</i> | 3,00 | 3,50 | 6/13 |
| <i>T'2</i> | 0,50 | 0,5 | 6,5/13 |
| <i>T3</i> | 3,00 | 1,33 | 9/13 |
| <i>T'3</i> | 20,00 | 6,00 | 20/13 |

| | |
|--|---|
|  | <p>Ligne discontinue trait 3m, intervalle 10m Dépassement et changement de voie autorisés.</p> |
|--|---|

| | |
|---|--|
|  | <p>Ligne continue Infranchissable, dépassement et changement de voie interdits. Il est également interdit de la traverser perpendiculairement (pour sortir ou rentrer dans une rue, une cour, un garage).</p> |
|---|--|

➤ **Largeur des lignes**

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « u » différente suivant le type de route.

On adopte les valeurs suivantes pour « u » :

u = 7,5 cm sur autoroutes et voies rapides urbaines (routes express) ;

u = 6 cm sur les routes nationales ;

u = 5 cm sur toutes les autres routes.

Le présent projet étant une route urbaine, nous emploierons donc dans l'exécution les lignes blanches de largeur u = 5 cm.

3) Eclairage du projet

L'éclairage est l'ensemble des moyens qui permettent des conditions de luminosité. Il doit faciliter le déplacement des piétons sur les trottoirs et les rendre visibles par l'automobiliste.

❖ **Choix des types d'éclairage**

Pour établir un projet d'aménagement de voirie, le type de luminaire, le type de source lumineuse, et l'ordre de grandeur des caractéristiques géométriques de l'installation correspondante permettant de respecter les critères photométriques relatifs aux différentes classes d'éclairage affectées à la voirie.

- Le choix porte sur le Type lumineux F de la source NaHP250 ;
- Pour le choix, il sera porté sur l'espacement entre les deux lampes est pris égal 40 m de chaque côté pour le profil en travers type sans le TPC et au centre au l'axe pour le profil en travers type avec TPC

Chapitre 6 : Etude d'impact environnemental et social, estimation du cout du projet

Le droit de l'environnement oblige les maîtres d'ouvrage publics et privés à respecter l'environnement lorsqu'ils projettent des travaux et aménagements pouvant avoir des impacts sur l'environnement.

Pour le présent projet, l'Etat du Niger a mis les moyens pour que les populations de Niamey ainsi que leur environnement obtiennent des infrastructures durables et ayant un fort apport économique et esthétique.

Ce boulevard est sans doute une bonne chose pour les populations sur le plan économique et social. Cependant elle présente aussi certaines répercussions sur l'environnement qui l'accueil. Il devient donc indispensable de mener des études environnementales afin de mesurer l'impact qu'aura l'exécution de notre projet sur l'environnement.

1) Cadre législatif et réglementaire

Au Niger, la protection de l'environnement constitue un des axes prioritaires des politiques devant contribuer à la réalisation des objectifs du développement durable.

Pour les conventions internationales, on peut retenir:

- ✓ La Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), signée à Rio de Janeiro au Brésil le 11 juin 1992, signée par le Niger le 11 juin 1992 et ratifiée le 25 juillet 1995 ;
- ✓ la Convention des Nations Unies sur la Diversité Biologique, signée à Rio de Janeiro au Brésil le 11 juin 1992, signée par le Niger le 11 juin 1992 et ratifiée le 25 juillet 1995 ;
- ✓ la Convention sur la lutte contre la désertification, adoptée à Paris le 14 octobre 1994 et entrée en vigueur le 19 janvier 1996, signée par le Niger le 14 octobre 1994 et ratifiée le 19 janvier 1996 ;
- ✓ les conventions de l'Organisation Internationale de Travail (OIT) : Convention n°155 relative à la sécurité au travail, la Convention n°161 relative aux services de santé au travail et la Convention n°187, relative au cadre promotionnel en sécurité et santé au travail, toutes ratifiées par le Niger en décembre 2009.

Pour les textes nationaux le projet doit respecter entre autres :

- ✓ La constitution du 25 novembre 2012 ;
- ✓ La loi n°98-56 du 29 décembre 1998, portant loi cadre relative à la gestion de l'environnement, l'ordonnance 97-001 du 10 janvier 1997, portant institutionnalisation des études d'impacts ;
- ✓ La loi n° 61-37 du 24 novembre 1961, réglementant l'expropriation pour cause d'utilité publique et l'occupation temporaire, modifiée et complétée par la loi n° 2008-37 du 10 juillet 2008 ;
- ✓ l'ordonnance n°2010-09 du 1er avril 2010, portant code de l'eau ;
- ✓ Loi 2012-45 du 25 septembre 2012 portant Code du Travail en République du Niger ;
- ✓ La loi 2004 -040 du 8 juin 2004 ; portant régime forestier au Niger,
- ✓ La loi n°2001-032 du 31 décembre 2001, portant orientation de la politique d'Aménagement du Territoire,
- ✓ l'ordonnance n°97-001 du 10 janvier 1997, portant institutionnalisation des études d'impact sur l'environnement ;
- ✓ l'ordonnance n°96-039 du 29 juin 1996 portant Code du travail au Niger;
- ✓ l'ordonnance n° 93-13 du 2 Mars 1993, instituant un code d'Hygiène Publique ;
- ✓ l'ordonnance 2010-54 du 17 septembre 2010, portant Code Général des Collectivités Territoriales de la République du Niger.
- ✓ Le décret 2000-397/PRN/ME/LCD du 20 octobre 2000 portant sur la procédure administrative d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement ;
- ✓ Le Décret 2000-398/PRN/ME/LCD du 20 octobre 2000 portant sur la liste des Activités, Travaux et Documents de planification assujettis aux EIE;
- ✓ L'Arrêté n°00001/ME/SU/DD/SG/BEEEI/DL du 19 aout 2013 portant organisation et fonctionnement du Bureau d'Evaluation Environnementale et des Etudes d'Impact (BEEEI) et fixant les attributions de son Directeur.

Sur le plan institutionnel, les principaux acteurs de mise en œuvre du projet sont :

- Le Ministère de l'Environnement, du Développement Durable et de la Salubrité Urbaine ;
- Le Ministère de l'Equipement ;
- Le Bureau d'Evaluation Environnementale et des Etudes d'Impact (BEEEI) ;
- La Direction Générale de l'Environnement et des Eaux et Forêts ;
- La Direction Générale des grands Travaux ;
- Le Ministère de la Fonction Publique ;
- Le Ministère de l'Equipement.

- Le Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable (CNEDD),
- Les organisations de la société civile.

2) Impacts du projet

a) Les impacts positifs

- L'amélioration de la fluidité du trafic dans la ville de Niamey;
- L'amélioration de la mobilité des riverains et des usagers de la route ;
- la réduction des accidents de circulation;
- la création d'emplois temporaires et permanents ;
- l'amélioration du revenu du fait de l'éclosion d'activités liées à la présence des chantiers et de la main d'œuvre ;
- le déplacement des personnes et de leurs biens plus économiques;
- l'accès facile au centre-ville, donc des principaux services administratifs et commerciaux;
- la Réduction des risques de prolifération de vecteurs de maladies liées à l'eau ;
- l'amélioration de l'accès aux centres de santé et réduction de la prévalence des pathologies liées à la poussière ;
- l'amélioration des conditions d'hygiène et d'assainissement de la ville avec la construction des caniveaux dans la zone d'intervention du projet;
- l'amélioration des conditions générales de santé des populations ;
- la réduction de l'insécurité dans les environs de la ceinture verte ;
- la réduction des risques d'inondation et de prolifération des maladies liées à la stagnation des eaux de pluies ;
- l'amélioration des conditions d'hygiène et d'assainissement dans les zones d'impacts du projet.

b) Les impacts négatifs

- La perte de droit de propriété sur le foncier ;
- Le déplacement des personnes affectées par les travaux ;
- Les risques de perte temporaire ou permanente d'emplois ou de biens publics et privés;
- La perturbation des activités ;
- La perte d'habitations et commerce ;

- Les risques de modification profonde des conditions de vie des riverains et des opérateurs économiques situés non loin de l'emprise des travaux ;
- Les risques de perturbations des commerces ;
- Les risques de pollution des sols par les déchets solides et liquides ;
- Les risques de dégradation des sols et de destruction de la végétation ;
- Les risques de pollution des eaux ;
- Les risques de nuisances liées aux émissions de poussières et aux bruits ;
- Les risques de perturbation de la circulation chez les riverains et les usagers de la route ;
- Les risques d'accidents sur les riverains ;
- Les risques de perte de l'intégrité de la ceinture verte de Niamey ;
- Les risques de dégradation des conditions de vie des riverains et des usagers de la route du fait des nuisances occasionnées par la présence des travaux ;
- Les risques d'exacerbation des nuisances sonores du fait de l'accroissement de la circulation sur les tronçons aménagés ;
- Risques de propagation d'IST-VIH.

c) Mesures d'atténuations préconisées

- ✚ Mise en place d'un système de gestion de déchets au niveau des chantiers et des bases de matériel ;
- ✚ Identification et viabilisation d'un site pour réinstaller les populations affectées par les travaux ;
- ✚ Réinstallation des PAPs conformément aux politiques de sauvegarde de la BOAD et à la réglementation nationale ;
- ✚ Paiement des compensation/indemnisation aux PAPs, pour la destruction des infrastructures économiques, la perte temporaire ou permanente des moyennes d'existence ;
- ✚ Assistance aux groupes et aux personnes vulnérables pour la réinstallation ;
- ✚ Accompagnement permanent des PAPs durant tout le processus de mise en œuvre de la réinstallation ;
- ✚ Mise en place à distance régulière de panneaux de signalisation des travaux et des zones dangereuses conformément aux normes généralement admises ;
- ✚ Pose de panneaux de signalisation et mise en œuvre de campagnes permanentes d'information des riverains ;

- + Elaboration et mise en œuvre d'un plan de déviation ;
- + Compensation des pertes subies par les opérateurs économiques conformément aux textes en vigueur ;
- + Un terrain d'entente sera trouvé avec l'administration forestière pour la traversée de la ceinture verte ;
- + Mise en place d'un dispositif de surveillance des chantiers afin d'en empêcher l'accès à toute personne étrangère ;
- + Aménagement de passages réservés aux deux roues et de trottoirs pour les piétons ;
- + Aménagement de points de traversée sécurisés pour les riverains et les travailleurs.
- + Construction de passerelles qui vont enjamber les voies afin de faciliter la traversée aux élèves ;
- + Mise en place de feu de circulation au niveau de tous les carrefours. Ces feux doivent comporter des feux pour les piétons ;
- + Mise en place de l'éclairage public dans la ceinture verte et création de parcs récréatifs;
- + Sensibilisation contre les maladies sexuellement transmissibles.

Pour une meilleure prise en compte de la dimension environnementale et sociale, un Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) visant à protéger l'environnement biophysique et humain dans la zone d'intervention du Projet aussi bien en phase de construction qu'en phase d'exploitation des ouvrages a été élaboré et proposé. Ce plan s'articule autour des principales composantes suivantes :

- ❖ Un plan d'atténuation des impacts du projet ;
- ❖ Un programme de surveillance environnementale et social ;
- ❖ Un programme de suivi environnemental et social ;
- ❖ Un Programme de renforcement des capacités des acteurs.

Les impacts négatifs probables du projet pendant les phases travaux et exploitation sont généralement d'importance faible à forte. Ces impacts seront fortement atténués par les mesures appropriées proposées plus haut.

3) Coûts d'exécution des travaux

Tableau 19:coûts des travaux

| Numéros de section | Section | Prix en francs CFA |
|--------------------|-------------------------------|-----------------------|
| 1 | installations de chantier | 1.439.404.568 |
| 2 | travaux préparatoires | 378.199.100 |
| 3 | terrassements | 2.251.574.000 |
| 4 | chaussées | 2.553.762.000 |
| 5 | revêtements | 615.850.159 |
| 6 | Assainissement - drainage | 2.799.300.039 |
| 7 | signalisation | 197.225.425 |
| 8 | protection de l'environnement | 1.155.850.385 |
| 9 | éclairage public (solaire) | 2.598.629.832 |
| TOTAL | | 13.989.629.832 |

Il faut noter que la TVA est de 18% donc le coût total TTC est de : **16.507.763.200 FCFA** soit **1.031.735.200 FCFA par kilomètre de route.**

Ces coûts nous ont été communiqués par le bureau du projeteur de ce chantier.

Conclusion

Au terme de ce mémoire de stage de cinq mois au ceint de la SOGEA SATOM Niger, nous avons pu évaluer les difficultés susceptibles d'être rencontrées lors de l'étude et de l'exécution d'un projet routier.

De cette présente étude, il ressort que:

- La route aménagée avec une vitesse de référence de 60 Km/h dans la ville de Niamey est de 7,20 m de largeur 2*1 voies dans les deux sens avec un terre-plein central variable (3 à 30m).
- L'étude Hydrologique et hydraulique a abouti à la proposition de six dalots de dimensions variables.
- L'étude de la structure de chaussée nous a permis de proposer une structure souple avec 30 cm de graveleux latéritique en couche de forme, 20cm de graveleux latéritique en fondation, 15cm de graveleux latéritique en couche de base et 5 cm de béton bitumineux pour la couche de roulement.
- Les impacts environnementaux et sociaux que le projet entraîne sont maîtrisables.

Recommandations :

- A l'endroit du département de génie civil et hydraulique de 2iE: d'encourager les étudiants dans la maîtrise de la gestion technique et financière des chantiers et à la création d'entreprise
- A l'endroit de la SOGEA SATOM Niger : de programmer la création d'un bureau d'étude interne pour les questions hydrologiques et hydrauliques.

Bibliographie

✚ Etude de base : hydrologie urbaine et autres données scientifiques : effectuée par le groupement de bureaux d'études Cereve et KRB ;

✚ Le plan d'adressage de la ville de Niamey ;

✚ Plan des réseaux de ville de Niamey ;

✚ Crues et Apports:

Manuel pour l'estimation des crues et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche.

✚ CIEH - ORSTOM - CEMAGREF - FAO – 1996 ;

✚ Hydraulique Routière

Ministère de la Coopération et du Développement de la République Française

BCEOM - 1981 ;

✚ Manuel d'exécution des petits ouvrages en Afrique

Ministère de la Coopération et du Développement de la République Française

2ème édition revue et mise à jour 1989 ;

✚ Fascicule n°64 titre II : programme de charge et épreuves des ponts routiers du Ministère de l'équipement français.

Annexes :

Annexe 1 : Tracé en plan + profil en long des 5 premiers kilomètres

Annexe 2 : profils en travers types (remblais et déblais)

Annexe 3 : plan des bassins versants + abaques des calculs hydrologiques et hydrauliques

Annexe 4 : Notes de calculs du dalot OH1 du PK 1+ 175 de dimensions 3 X 2 X 1.5m

Annexe 5 : Plans de coffrage et de ferrailage des six dalots (pour OH1 en format papier et le reste en numérique)

Annexe 6 : Notes de calcul des caniveaux 1,00m X 1,00m

Annexe 7 : Plans de coffrage et de ferrailage des caniveaux 1,00m X 1,00m

Annexe 8: Diagramme de GANTT du planning prévisionnel du projet

Annexe 9 : Plans de position des carrières et emprunts et récapitulatifs des essais géotechniques.

Annexe 10 : vérification de la structure de la chaussée (Alizé)