



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

THEME :

ETUDE TECHNIQUES DETAILLEES D'AMENAGEMENT, DE BITUMAGE ET ENVIRONNEMENTALE DE LA VOIE DE CONTOURNEMENT FARCHA-MILEZI

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE
L'ENVIRONNEMENT.
OPTION : Génie-civil**

Présenté et soutenu publiquement le 09 Juin 2011 par

Bakhit Diki Bakai.

Travaux dirigés par :

M. Ismail GUEYE : Enseignant-Chercheur (2iE)

M.Raffaele VINAI : enseignant-chercheur (2ie)

Jury d'évaluation du stage :

Président :Prénom NOM

Membres : Prénom NOM

DEDICACE

*A tous ceux qui ont dans leur cœur
un grain de pardon et de solidarité.*

REMERCIEMENTS

Gloire et honneurs soient rendus à ALLAH le tout puissant pour sa protection continuelle et par sa grâce ce rapport a pu élaborer.

Ce travail ne saurait être une œuvre solitaire. Plusieurs personnes, de près ou de loin, ont contribué à sa réalisation. Nous voudrions ici leur exprimer notre profonde gratitude.

Cette gratitude va tout d'abord à Mr Raffaele VNAI de la Direction des études et des services académiques du 2^{ie} et Mr Ismaïla GUEYE qui n'ont pas lésiné sur les moyens pour que ce projet soit le plus concret possible et à l'ensemble du corps professoral, pour les savoirs techniques et professionnels qu'ils nous ont dispensés.

A toutes nos familles respectives qui ont pris soin de nous depuis notre état embryonnaire jusqu'au maintenant. Merci.

A tous mes proches parents, amis et collègues, nous en sommes grandement reconnaissants pour vos aides multiformes. J'ai une responsabilité morale et intellectuelle de dire merci.

L'honneur m'échétant enfin de citer en lettre d'or le nom de mon cher **papa général Saleh Bakai**, tu as contribué à mon développement sous toutes ses formes, qu'Allah te donne longue vie.

RESUME

Ce présent rapport intitulé à « Etude techniques détaillées d'aménagement, de bitumage et environnementale de la voie de contournement Farcha-Milézi » dans la ville de N'djamena précisément dans le premier arrondissement. Ce projet s'inscrit dans le cadre global de la stratégie nationale du secteur des transports adopté par le gouvernement du Tchad en 2005. L'exécution de tous corps d'états de travaux a été confiée à l'entreprise SNER (Société Nouvelle d'Etudes et de Réalisations).

Ainsi, pour faire une étude respectant les conditions techniques, financières et sécuritaires d'une route, il a été effectué dans un premier temps une présentation brève du milieu et les objectifs du projet. Ensuite, une analyse et interprétation des données géotechniques enfin d'apprécier les caractéristiques de la plate-forme devant accueillir la chaussée. Au vue ces résultats, il a été constaté que le sol support est généralement de bonne portance sauf sur un linéaire de 400 mètres, on trouve un sol de type S1 environ 75 cm de profondeur. Une purge de 50cm a été envisagée pour remédier à cela.

L'étude du dimensionnement structural de la chaussée a fait ressortir les épaisseurs ainsi que les caractéristiques de couches qui sont :couche de roulement 5 cm de béton bitumineux , couche de base 20 cm de graveleux latéritique stabilisé au ciment , couche fondation 30 cm de grave latéritique.

Une étude hydrologique et hydraulique a permis de faire un assainissement de la route et ses environs. Dans cette rubrique, les ouvrages longitudinaux (caniveaux) et un dalots ont dimensionnés avec des sections respectivement 1,20x1,20m et 2,00x1,70m. Les résultats de cet étude a permis d'accomplir le dimensionnement béton armé des ouvrages ci-haut énumérés.

Tout projet de telle envergure devrait nécessairement avoir des impacts sur l'environnement, ce pourquoi le présent document a tracé d'une manière claire les impacts que pourrait engendrer ce projet et a envisagé les mesures d'atténuations. Dans la dernière phase de ce rapport, il a été élaboré un devis quantitatif et estimatif du projet qui se lève à **11.564.000.000** FCFA.

Mots clés : chaussée, purge, portance, aménagement, environnement

Abstract

This present report titled to " Survey techniques retailed of planning, of asphaltting and environmental of the way of Farcha-Milézi " convolution in the city of djamena precisely in the first district. This project appears in the global setting of the national strategy of the sector of carrying adopted by the government of Chad in 2005. The execution of all bodies of work states has been confided to the SNER enterprise (New Society of studies and Realizations).

To make a survey respecting the technical, financial conditions and securities of a road it has been done thus, in a first time a brief presentation of the middle and objectives of the project. Then, an analysis and interpretation of data ground ingenerinng in short to appreciate features of the platform having to welcome the pavement. To the seen these results, it was constant that the soil support is generally good lift except on a linear of 400 meter one finds a soil of S1 type about 75 cm of depth. A drench of 50cm has been considered to remedy it.

The survey of the structural's dimensionment of the pavement made taken out again thickness as well as features of layers that are : layer of rolling 5 cm of bituminous concrete, layer of basis 20 cm of gritty latérritic consolidated to the cement, layer foundation 30 cm of serious lateritic.

A survey hydrology and hydraulic permitted to make a purification of the road and his/her/its surrounding. In this category, the longitudinal works (gutters) and a slab has calculed of section respectively 1,20x1,20m and 2,00x1,70m. results of this survey permitted to accomplish the dimensionement reinforced concrete of works here high enumerated.

All project of such span should necessarily have impacts on the environment, this reason the present document drew in a lucid manner impacts that could generate this project and considered measures of attenuations. In the last phase of this report it has been elaborated a quantitative and approximate estimate of the project that rises to 11.564.000.000 FCFA.

Key words: shoed, drench, lift, planning, environment,

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

SETRA : Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes

BAEL : Béton Armé aux Etats Limites

PK : Point kilométrique

PHE : Plus Hautes Eaux

CBR : California Bearing Ration (Capacité de portance)

ICTARN : Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagements des Routes Nationales.

LCPC : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

PGES : Plan de Gestion Environnementale et Sociale

TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel

NE : Trafic équivalent

Sommaire.

DEDICACE.....	ii
REMERCIEMENTS.....	iii
RESUME	iv
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	vi
Liste des figures.....	ix
INTRODUCTION GENERALE.	1
I-Problématique.....	1
II-Objectif de l'étude.....	2
1-Objectif Général	2
2-Objectifs spécifiques	2
3. Cadre logique.....	2
CHAPITRE I DESCRIPTION DE LA ZONE DU PROJET.	4
I-DESCRIPTION ET JUSTIFICATION DU PROJET	4
CHAPITRE II : ANALYSES ET INTERPRETATIONS.....	5
I .Analyse par tronçon	5
a-1- tronçon allant de PK+278 à PK1+928, couche de forme.....	5
a-2- tronçon allant de PK1+628 à PK2+128, couche de fondation.....	6
a-3- tronçon allant de PK1+928 à PK2+328, fond de fouille.	6
Chapitre III : DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE.	7
I-Étude du trafic.....	7
1. Détermination du trafic équivalent NE.....	7
2- Classification du trafic.	9
II - DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL.....	10
1- PRINCIPE DU DIMENSIONNEMENT	10
2- Méthodes De Dimensionnement	10
2- Méthodologie de dimensionnement.	11
4-Pré-dimensionnement.	12
5- Vérification par ALIZE-LCPC.....	13
CHAPITRE IV : ÉTUDE GEOMETRIQUE ET AMENAGEMENT DE LA ROUTE.....	15
I - Etude Géométrique	15
1- Profil en travers.....	15

2-Profil en long.....	16
3-Calcul Des Cubatures.....	17
II- AMENAGEMENT.....	18
1-Généralité.....	18
2-Types Aménagements Prévus.....	18
CHAPITRE V : ETUDE HYDRAULIQUE ET HYDROLOGIE.....	20
I-GENERALITE.....	20
II- METHODOLOGIE ET APPROCHE.....	21
III-ÉTUDE HYDROLOGIQUE.....	21
1- Délimitation des bassins versants.....	21
2- Estimation de débits.....	23
IV-ETUDE HYDRAULIQUE DES OUVRAGES.....	24
1- Les descentes d'eau.....	24
2-Les caniveaux.....	24
3-Dalots.....	26
CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT BETON ARME DES OUVRAGES.....	27
I- Caractéristiques des matériaux.....	27
1-Béton.....	27
2-Acier.....	27
3-Remblai.....	27
II Calcul des sollicitations.....	29
Pour le caniveau 1.20 x1.00 m, voir annexe 3 : calcul BA de caniveaux.....	29
1- Caniveaux (1.20 *1.20 m).....	29
3- Dimensionnement des dalots.....	31
CHAPITRE VII : SIGNALISATION ROUTIERE ET CONSIDERATION ENVIRONNEMENTALE.....	34
I – Signalisation routière.....	34
1- Signalisation horizontale.....	34
2 - Signalisation verticale.....	34
3- Signalisation temporaire :.....	34
II - Considération environnementale.....	35
1- Identification et évaluation des impacts potentiels du projet.....	35
2 -Les différents types d'impact.....	36
3- Les mesures d'atténuation.....	36

CHAPITRE : EVALUATION QUANTITATIVE ET ESTIMATIVE DES TRAVAUX.....	37
I-Introduction	37
II- AVANT METRE DES DIFFERENTS CORPS D'ETATS.....	37
CONCLUSION	40
BIBLIOGRAPHIE.....	41
Cours de géotechnique pour master1, M. Ismaïla GUEYE ,2ie	41
ANNEXES :.....	41
Annexe 1Différents types de profils.....	41
Annexe 2 aménagement.	41
Annexe.3notes calculs béton armé	41
Annexe. 4.....tableau de matrice d'Évaluation d'impacts.....	41

Liste des figures

Figure 1 :chemin d'eau barré.	20
------------------------------------	----

Figure 2 : Limitation des bassins et ouvrages d'assainissement	22
Figure 3:Schéma type d'un caniveau.....	28
Figure 4 : modélisation de caniveau sous sollicitations	28
Figure 5 :modélisation dalot.....	32
Liste des tableaux	
Tableau 1: cadre logique du projet	3
Tableau 2 : de comptage du trafic.	8
Tableau 3 : Récapitulatif des paramètres du trafic.	8
Tableau 4 : Classification selon guide SETRA-LCPC.....	9
Tableau 5 : Classification selon CEBTP 1984	9
Tableau 6 : synoptique géotechnique.	12
Tableau 7: Choix des types et épaisseurs des matériaux.....	12
Tableau 8 : hypothèses de départ pour faire la simulation dans l'Alizé-LCPC.	13
Tableau 9 : Résultat des contraintes et déformations.	14
Tableau 10 : caractéristiques géométriques du profil en travers.	15
Tableau 11 :cubatures et terrassement.....	17
Tableau12 : récapitulatif des descentes d'eau.	24
Tableau 13 : les résultats de calcul pour tous les caniveaux.	25
Tableau 14 : Descente des charges.....	29
Tableau 15 : Calcul des sollicitation	30
Tableau 16 : récapitulatif de ferrailage de caniveaux	31
Tableau17 : récapitulatif du ferrailage.	32
Tableau 18 : récapitulatif devis	38

INTRODUCTION GENERALE.

Les infrastructures routières occupent une place cruciale dans tout programme de développement d'un pays, comme le dit un slogan : « la route du développement passe par le développement de la route. » de l'importance qu'accorde le gouvernement tchadien en ce domaine pour désenclaver tous les grands centres du territoire national, en particulier les voies principales pour assurer une continuité des transports à l'intérieur du pays.

En effet, les infrastructures routières sont un facteur de développement économique d'un pays. Mon devoir, en tant que ingénieur, est de concevoir une route techniquement correcte, économiquement rentable, physiquement apte à supporter toutes les charges qui lui sont appliquées, et, tout ceci en respectant strictement les normes en vigueur.

La construction de cette route dans le quartier Farcha Milezi permet à ce dernier d'avoir une connexion avec les restes quartiers de la ville de N'djamena tout en favorisant une mobilité urbaine assez fluide. Long de 7km, cette route est de type urbain traversant en plein une grande forêt, causant ainsi des impacts sur l'environnement. La plate forme cette route n'est pas homogène du point de vue géotechnique, ce qui explique à certains endroits un CBR trop faible, précisément au PK 1+928 au PK2+328.

Pour ce qui concerne l'aménagement, on prévoit espace de stationnement de minibus et d'autobus en plus d'un giratoire. En fin de protéger la route contre les eaux pluviales, les ouvrages longitudinaux ainsi que deux dalots seront construits.

Au cours de notre travail, nous aurons à aborder les points suivants :

- Présentation du projet ;
- Études tracé (conception géométrique) ;
- Dimensionnement de la chaussée et Étude hydrologique
- Dimensionnement hydraulique et Dimensionnement béton armé
- Assainissement et Étude environnementale

I-Problématique.

Il s'agit ici de faire une étude détaillée et complète d'un projet routier, donc il est impératif et judicieux de connaître au préalable la zone du projet. En plus de cela, il faut nécessairement les caractéristiques géotechniques de la plate-forme ainsi que celles des matériaux qui devraient constituer la chaussée. Quelles seront les classes et les types de sols de la plate-forme ? Quel type de trafic que devra subir la chaussée pendant sa durée de vie ? Comment

protéger la route contre la venue des eaux ? Et quels seront les ouvrages d'assainissement à prévoir enfin d'y remédier ? Quel est l'impact de ce projet sur l'environnement et les êtres vivants ?

Les réponses à toutes ces interrogations seront nécessaires pour la finalisation de ce projet.

II-Objectifs de l'étude

1-Objectif Général

L'objectif général de cette étude est de faire une étude technique détaillée d'aménagement, de bitumage et environnementale de la route de Farcha-Milezi.

2-Objectifs spécifiques

Pour atteindre l'objectif général, il faut faire :

- ✓ une présentation du projet
- ✓ une analyse et interprétation des données géotechniques
- ✓ un dimensionnement de la chaussée
- ✓ un assainissement de la route
- ✓ un dimensionnement structural des ouvrages B.A
- ✓ un aménagement de la route
- ✓ une étude d'impact environnementale
- ✓ Un devis estimatif du projet.

3. Cadre logique

Afin de définir clairement l'approche méthodologique, il a été élaboré un cadre logique (tableau1 ci-dessus) dans lequel sont définies autour de chaque objectif spécifique les actions à mener et les résultats attendus.

Tableau 1: cadre logique du projet

Objectif général : Etude techniques détaillées d'aménagement, de bitumage et environnemental de la voie de contournement Farcha-Milézi.		
Objectifs spécifiques	Activités	Résultats attendus
Analyses et interprétations des données	Exploitations des résultats des essais géotechniques	classe des sols choix de matériaux
Dimensionnement de la route	Etude du trafic, Choix de la classe du sol, Pré-dimensionnement, Simulation avec Alizé-LCPC Comparer des résultats	Classe du trafic, choix de matériaux, détermination des épaisseurs de chaussées
Assainissement routier	Etude hydrologique et hydraulique Dimensionnement B.A des ouvrages	Surface et débit de bassin versants, Section des ouvrages (dalots et caniveaux). Sections des aciers
Aménagement	Conception géométrique de la route, Choix de normes.	Types d'aménagements
Étude des impacts environnementaux et sociaux liés au projet	Analyse du site du projet	Impacts liés au projet et leurs mesures d'atténuation
	Analyse des effets du projet sur l'environnement	
	Analyse des impacts liés à l'exécution du projet sur les êtres vivants	

CHAPITRE I DESCRIPTION DE LA ZONE DU PROJET.

La zone du projet (ville de N'djamena) appartient au grand bassin versant du Lac Tchad, le climat est du type sahélo-saharien caractérisé par une pluviométrie moyenne annuelle de **500 à 700 mm** et par la prédominance de la saison sèche en faveur de la saison humide. La saison sèche s'étend sur huit mois (octobre à mai) alors que celle des pluies s'étend sur quatre mois, du mois de juin au mois de septembre. Les températures maximales sont enregistrées au mois d'avril et mai et les minimales en décembre et janvier avec une température moyenne annuelle de 28°C.

Le tronçon soumis à notre étude dénommé "**chantier 111**" est situé dans le quartier Farcha qui est considéré comme une zone industrielle. Long d'environ 7 km, cette route se situe dans une zone quasiment urbaine, traversant un forêt juste non loin de l'ouvrage de franchissement. Les eaux provenant de cet ouvrage se déversent directement au fleuve Chari. Il est prévu en plus de la conception, les aménagements tels que les aires de stationnement pour le bus ainsi que l'assainissement complet de la route. Le relief du terrain est moins accidenté.

I-DESCRIPTION ET JUSTIFICATION DU PROJET

La construction de la route de Farcha Milezi comprend les composantes suivantes :

- (i) - Travaux routiers comprenant l'aménagement et le bitumage de la route de 7 Km et mesures d'atténuation d'impacts environnementaux ;
- (ii) Aménagements connexes: ouvrages d'assainissement longitudinaux tout au long de la route

Le projet s'inscrit dans le cadre global de la stratégie nationale du secteur des transports adopté par le gouvernement du Tchad en 2005. Cette stratégie a fixé six objectifs majeurs pour la période 2006 – 2015 qui sont :

1. le désenclavement intérieur et extérieur du pays ;
2. la réduction du coût du transport, tant à l'intérieur du pays que sur les échanges internationaux ;
3. la conservation d'une accessibilité minimum à l'ensemble des régions du pays en particulier en saison hivernale ;
4. l'obtention d'un linéaire suffisant de routes circulables sur toute l'année et permettant de relier les principales villes du pays ;

CHAPITRE II : ANALYSES ET INTERPRETATIONS.

Les résultats géotechniques qui nous sont été fournis par la SNER nous ont permis d'apporter les appréciations sur les caractéristiques physiques et mécaniques des matériaux qui se trouvent sur l'emprise de la chaussée. Et partant de là, nous proposerons les caractéristiques des matériaux d'emprunts après avoir déterminé la classe du trafic. Notre choix s'est basé également sur les réalités du terrain, c'est-à-dire la disponibilité des matériaux locaux. Les essais suivants ont été réalisés par la l'entreprise en charge de la construction :

- Analyse granulométrique
- La limite d'Atterberg
- Essai Proctor modifié standard
- Essai CBR
- Équivalence de sable

Ces essais nous renseignent sur les paramètres de nature, d'état et de comportement mécanique des sols. En plus de cela, les résultats des études géotechniques nous révèlent deux catégories de sols à savoir :

Les sols grenus qui ont de dimension supérieure à 20 μm (0,02 mm), ces sols sont souvent des sables et ils sont généralement caractérisés par leur bonne portance.

Et **les sols fins** de dimensions inférieures à 20 μ . Les sols fins sont souvent des argiles, donc de très mauvaise portance et ils sont gonflants.

Tous les prélèvements sont effectués sur l'emprise de la chaussé sur une profondeur de 75cm.

I. Analyse par tronçon

a-1- tronçon allant de PK1+278 à PK1+928, couche de forme

- Sur ce tronçon, la courbe granulométrique est bien graduée car $C_u = 6,66$ et $C_c = 4,5$. 95% des matériaux passent par le tamis de 400 μ et 20 % au tamis de 80 μ .
 - La limite de liquidité WL est de 27,2 et l'indice de plasticité vaut 9,5.
 - Le CBR vaut 23 à 95%, 34 à 98% et 46 à 100%
-

D'après la classification selon de méthode d'AASHTO, nous avons un sol de classe A-2-4. Ces sols peuvent être du type graviers et des sables limoneux ou argileux, ils doivent être utilisés comme matériaux des sous couches de fondation.

a-2- tronçon allant de PK1+628 à PK2+128, couche de fondation

- Les matériaux de ce tronçon ont à peu près les mêmes paramètres de nature que le sol précédent sauf que 17,5% seulement au tamis de 80 μ .
- Les valeurs de CBR valent : 29 à 95%, 36 à 98% et 42 à 100%

Alors ce sol est de classe A-2, utilisable comme matériaux de sous couches de fondation.

a-3- tronçon allant de PK1+928 à PK2+328, fond de fouille.

- L'indice de plasticité vaut 30,3 et limite de liquidité est de 60,8
- Le CBR à 95% vaut 2,6 et celui à 98% est de 3,5.
- L'analyse granulométrique nous montre que 75% passent au tamis 80 μ (voir annexe géotechnique

D'après la classification des sols par la méthode AASHTO et de l'abaque de CASAGRANDE, les sols qui ont ce genre de caractéristiques ont des faibles portances, donc inutilisable comme matériaux de fondation. Dans le cas échéant, une amélioration au béton s'avère nécessaire pour augmenter leur capacité portante. Ils sont de classe A-7, donc de type argilo-limoneux. La matière organique a un rôle important dans le comportement des sols. Si la matière organique est un peu évoluée et abondante (tourbe fraîche) sa texture retient beaucoup d'eau et est très compressible.

En conclusion, nous pouvons dire que certains de ces sols peuvent être réutilisés comme matériaux de sous couches des fondations.

Remarque : Nous pouvons considérer que les groupes de A-1 à A-3 de la classification AASHTO correspondent aux classes D (D1 a D3) et certaines sous-classes B de la classification GTR et les sols des groupes A-4 a A-7 aux sols de la classe A (A1 à A4) et des sous-classes C de la classification GTR.

Chapitre III : DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE.

L'objectif de ce chapitre est de déterminer les paramètres influents le dimensionnement d'une structure de chaussée. En général, la connaissance de la classe du trafic, la classe du sol plateforme, les caractéristiques des matériaux constituant les différentes couches ainsi que leurs épaisseurs et en fin les déformations et les contraintes que peuvent avoir ces matériaux sous les sollicitations.

I-Étude du trafic

Le trafic journalier moyen (TJM) est obtenu après comptage des poids lourds par sens de circulation et des traitements statistiques; ou encore par des méthodes indirectes (tonnage transporté en trafic, estimation du trafic "drainé" par la nouvelle route à partir des itinéraires qu'elle déleste). Le taux de croissance i est déterminé à partir des résultats des comptages actuels et passés. Si ces résultats ne sont pas disponibles, pour nos pays en voie de développement, il faudra prendre un taux de 5 %. La charge à l'essieu est celui de 13 tonnes. Cependant les véhicules circulant sur la chaussée ont une charge plus ou moins supérieure à cette dernière, il faut donc appliquer un coefficient d'équivalence qui prendra en compte cet écart entre le poids standard et celui circulant sur la chaussée: **c'est le coefficient d'agressivité A.**

1. Détermination du trafic équivalent NE

Pour le calcul des structures de chaussées, le trafic équivalent représente le trafic exprimé par le nombre cumulé d'essieux standards de 13 tonnes qui sont passés ou qui passeront sur la voie la plus sollicitée de la chaussée. L'estimation de ce nombre cumulé, NE, implique nécessairement la Connaissance de:

- ✓ $N'o$: trafic moyen journalier de poids lourds à l'année de mise en service
 $N'o = \Sigma (\text{Camions} + \text{Ensembles articulés} + \text{Autocar de plus de 30 places})$
- ✓ CAM : L'agressivité du poids lourd exprimée en termes d'essieu standard.
- ✓ i : Le taux de croissance annuel du trafic, i que nous avons fixé est de 5%

I-1-1 Estimation de $N'o$.

D'après le tableau ci-dessous, nous avons 46 véhicules poids lourds et 80 camions dont. Mais pour l'estimation du trafic moyen journalier, nous ne tenons que les engins dont le poids total est supérieur à 5 tonnes. Compte tenu nombre trop élevé de camions (80) , nous les considérons à 50%. Ce qui nous donne au total 86 véhicules poids lourds.

Tableau 2 : de comptage du trafic.

Les données de comptage de ce trafic sont de 2011, alors une actualisation sera faite.

Trafic				
A	D	E	F	Total
Total PTAC ≤3 tonnes (nb. Véh.)	Total PTAC >3 tonnes (nb. Véh.)	Total PTAC >3 tonnes (nb. Véh.)	Total PTAC >5 tonnes (nb. Véh.)	
Véhicules particuliers	Camionnettes	Camions	Ensemble articulé	
60	194	80	46	

Source :SNER 2011

On considère l'année 2013 comme année de mise en service.

$$N_0 = N'_0(1 + i)^n \text{ avec } n=2$$

$$N_0 = 86(1+0,05)^1 = 94,8 = \underline{\underline{95 \text{ PL}}}$$

$$NEE = 365 N_0 \text{CAM} \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i} \text{ avec } n=20 \text{ans et } \text{CAM} = \left(\frac{P}{P_0}\right)^\alpha$$

P_0 : poids d'essieu standard égale à 13 tonne et P poids d'essieu envisagé.

Donc CAM = 1

$$\underline{\underline{NEE_{pl} = 1,146.10^6}}$$

Tableau 3 : Récapitulatif des paramètres du trafic.

CAM	I	N_0 (trafic	NEE pour	durée
-----	---	---------------	----------	-------

		journalier PL	20 ans	
1	0.05	95 poids lourds	1146562 Poids lourds	20 ans

2- Classification du trafic.

Il y a deux méthodes de classification de trafic qui sont la méthode SETRA-LCPC et « le guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux de (1984) ». La première méthode classe le trafic en fonction du nombre journalier de poids lourds circulant dans les deux sens de la route et la deuxième méthode exprime le trafic en fonction du nombre équivalent d'essieux de poids lourds pour la durée de vie l'ouvrage. Voir ci-dessous les deux tableaux de classification.

a- Classification selon guide SETRA-LCPC.

Tableau 4 : Classification selon guide SETRA-LCPC.

	T5	T4	T3		T2		T1		T0		TS		TEX
Classe			T3-	T3+	T2-	T2+	T1-	T1+	T0-	T0+	TS-	TS+	
MJA	0	25	50	85	150	200	300	500	750	1200	2000	3000	5000

b- Classification selon CEBTP 1984

Tableau 5 : Classification selon CEBTP 1984

Catégorie de trafic proposé	FORMULES D'EXPRESSION DU TRAFIC		
	1	2	3
	Nombre journalier de véhicules (véh./j)	Nombre cumulé de poids lourds (P.L)	Nombre cumulé d'essieux équivalents de 13 T (EE13T)
T1	$100 \leq T < 300$	$1 \times 10^5 \leq T < 5 \times 10^5$	$1 \times 10^5 \leq T < 5 \times 10^5$
T2	$300 \leq T < 1000$	$5 \times 10^5 \leq T < 1,5 \times 10^6$	$5 \times 10^5 \leq T < 1,5 \times 10^6$
T3	$1000 \leq T < 3000$	$1,5 \times 10^6 \leq T < 4 \times 10^6$	$1,5 \times 10^6 \leq T < 4 \times 10^6$
T4	$3000 \leq T < 6000$	$4 \times 10^6 \leq T < 1 \times 10^7$	$4 \times 10^6 \leq T < 1 \times 10^7$
T5	$6000 \leq T < 12000$	$1 \times 10^7 \leq T < 2 \times 10^7$	$1 \times 10^7 \leq T < 2 \times 10^7$

Commentaires: classification selon STRA-LCPC donne un trafic de classe T3 qui exprime le trafic cumulé journal de poids lourds tandis que celle de Guide dimensionnement de chaussées neuves tropicales donne un trafic de classe T2 qui représente le trafic équivalent

pour la durée de vie de la route. Nous utiliserons pour le pré-dimensionnement la première classification et la seconde servira le dimensionnement avec le logiciel Alizé-LCPC car l'interface d'Alizé-LCPC s'exprime en trafic cumulé journalier.

II - DIMENSIONNEMENT STRUCTURAL

Le dimensionnement de la structure de chaussée a pour objet de déterminer le nombre et l'épaisseur des différentes couches constituant la surface et le corps de chaussée, pour le niveau de trafic attendu, en tenant compte, la nature et les caractéristiques des matériaux de viabilité disponibles dans la zone du projet.

II-1- PRINCIPE DU DIMENSIONNEMENT

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

II-2- Méthodes De Dimensionnement

Dans la conception des infrastructures routières, il existe deux grandes familles de méthodes de dimensionnement pour la détermination des épaisseurs constituant la chaussée. Ces méthodes sont : la méthode rationnelle et la méthode empirique. Dans les deux cas nous avons certainement besoin les données de base du dimensionnement qui sont:

- ✓ le trafic (volume, évolution)
- ✓ les données climatiques et d'environnement
- ✓ les matériaux (plate-forme support de chaussée, matériaux de chaussée)

2-1. Méthode Rationnelle.

Le dimensionnement par les méthodes rationnelles passe par la détermination des contraintes et déformations admissibles des matériaux sous l'effet du trafic considéré et la durée de vie escomptée. Les sollicitations subies par les matériaux sous l'effet du trafic seront ensuite calculées et comparées aux sollicitations admissibles. Le développement de l'outil informatique a fait que les méthodes de dimensionnement rationnelles sont devenues plus accessibles. Avec la facilité de résolution des équations multiples à dérivées partielles, des logiciels comme Ecoroute et Alizé ont été développés. Ce sont des logiciels qui modélisent les structures multicouches et calculent les contraintes transversales et radiales ainsi que les déformations à travers les couches de chaussées. Pour cela, il faut :

- ✓ Le type de poids lourd et la charge standard
- ✓ Le nombre de couches composant la chaussée, leur épaisseur et le mode de liaison entre ces différentes couches
- ✓ Les caractéristiques pour chaque matériau composant la chaussée : le module de Young et le coefficient de Poisson.

II-2-2.Méthode empirique

L'approche empirique est basée sur l'observation sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales et le suivi de leur évolution dans le temps. Le principe est d'établir des relations, à partir d'études statistiques sur les différentes observations, entre :

- ✓ La géométrie
- ✓ La nature des matériaux
- ✓ Le trafic
- ✓ l'état global de la chaussée

1- Méthodologie de dimensionnement.

a- Données existantes :

- ✓ Classe de trafic : T3
- ✓ Classe du sol de plate forme : S3

b- Données à chercher.

- ✓ Les épaisseurs de différentes couches.

- ✓ Valeurs de contraintes et de déformations de matériaux de la chaussée.

La méthodologie consiste à faire un pré-dimensionnement en se basant sur le guide de dimensionnement de chaussées neuves tropicales et en suite on fait un dimensionnement avec la méthode rationnelle de SETRA-LCPC qui est basée sur le modèle de BURMISTER (en 1984, réf : cours dimensionnement, 2ie, Paulin 2010) pour les chaussées souples à n couches élastiques.

4-Pré-dimensionnement.

Faire un pré-dimensionnement nécessite la connaissance de la portance de sol de plate forme d'une part et la classe de trafic d'autre part. comme l'indique le tableau synoptique ci-dessous.

Tableau 6 : synoptique géotechnique.

Tronçons	Longueur en m	identifications visuelle	Valeur de CBR à 95%	Classe de sol
PK1+128 PK1+928	à 800	Sable limoneux	23	S3
PK1+928 PK2+328	à 400	Argile noire	2,6	S1
PK2+328 PK7+00	à 4672	Sable limoneux	29	S3

Tableau 7: Choix des types et épaisseurs des matériaux.

Variantes	Couche de roulement	Couche de base	Couche de fondation
Variantes A	5 cm de béton bitumineux	20cm Graveleux latéritique naturel stabilisé au ciment 3%	30 cm de graveleux latéritique naturel
Variantes B	7 cm béton bitumineux	15 cm grave amélioré au ciment à 3%	25 cm de graveleux latéritique naturel

Une variante sera choisie après avoir faite une application au logiciel Alizé-LCPC

5- Vérification par ALIZE-LCPC.

a- Paramètres d'entrées.

- Nombre moyens de poids lourds journalier par sens de circulation 126 PL
- Coefficient d'agressivité 1
- Taux d'accroissement géométrique 5%

b- Les hypothèses.

Tableau 8 : hypothèses de départ pour faire la simulation dans l'Alizé-LCPC.

Couches	Nature	Module de Young	Condition des interfaces.	Coefficient de Poisson
Plate forme S4	Sable limoneux	150	collée	0,35
Couche de roulement	Béton bitumineux	3000		0,35
Couche de base	Grave latéritique au ciment	1000		0,35
Couche de fondation	Graveleux latéritique naturel	300		0,35

c- Calcul de contraintes et de déformations admissibles.

- contraintes admissibles :

Formule de Kerkoven et Dormon donne :

$$\sigma_{z, adm} = \frac{0.3 \times CBR}{1 + 0.7 \times \log(NE)}$$

$$\sigma_{z, adm} = \frac{0,3 \times 23}{1 + 0,7 \times \log(1,15 \cdot 10^6)} = 1,66 \text{ MPa}$$

- Déformations admissibles :

$$\epsilon_{z, adm} = 0.016 \times (NE)^{-0.222} = 722,1 \text{ } \mu\text{déf}$$

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

- ✓ La contrainte verticale σ_t à la surface du sol support doit être inférieure à la contrainte admissible $\sigma_{t,adm}$: $\sigma_t \leq \sigma_{t,adm}$
- ✓ La déformation verticale ε_t à la surface du sol support doit être inférieure à la contrainte admissible $\varepsilon_{t,adm}$: $\varepsilon_t \leq \varepsilon_{t,adm}$
- ✓ La déformation verticale ε_z à la surface des autres couches doit être inférieure à la déformation admissible $\varepsilon_{z,adm}$: $\varepsilon_z \leq \varepsilon_{z,adm}$;

Tableau 9 : Résultat des contraintes et déformations.

Variante	ε_z ($\mu\text{déf}$)	ε_t ($\mu\text{déf}$)	Déflexion en mm/100
Variante A	567	0.039	65
Variante B	550	0.050	60

Conclusion : les conditions de contraintes et de déformations sont bien évidemment vérifiées pour les deux variantes, le choix se fera sur la variante la moins couteuse et qui présente une facilité de mise en œuvre ; ainsi la variante A sera retenu comme variante définitive.

Variante	Couche de roulement	Couche de base	Couche de fondation
Variante A	5 cm de béton bitumineux	20cm Graveleux latéritique stabilisé au ciment 3%	30 cm de graveleux latéritique naturel

CHAPITRE IV : ÉTUDE GEOMETRIQUE ET AMENAGEMENT DE LA ROUTE.

I - Etude Géométrique

Toute conception routière dépend étroitement de la géométrie du terrain. Au cours de notre étude nous avons d'abord fait le modèle numérique du terrain (MNT) grâce aux données de levés topographiques, ce modèle donne des renseignements du terrain en trois dimensions, et par là nous saurons comment apprécier la zone du projet.

Les données topographiques servent en général à déterminer les coordonnées de points et les pentes du terrain. Les pentes à leur tour renseignent sur le sens de l'écoulement des eaux qui permettent de faire un bon assainissement routier qui sera l'objet du chapitre 5.

Pour ce qui concerne l'étude du tracé en plan et du profil en long de la route, les normes ICTAVRU (Instruction sur les Conditions techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines) ont été employées pour définir les contraintes géométriques.

À côté de ces normes, nous avons opté ces choix en tenant compte les espaces à aménager, c'est-à-dire les aires stationnement prévu au long du tronçon B :

La vitesse de référence sera prise égale à celle de la catégorie choisie pour une voie rapide urbaine à caractère autoroutier de type U80.

1- Profil en travers

a- Caractéristiques géométriques du profil en travers

Tableau 10 : caractéristiques géométriques du profil en travers.

Pente transversale	Pentes talus		Largeur plate-forme	Largeur chaussée	Largeur berme	Piste cyclable	TPC	drainage
2,5%	2/1	2/3	30m	2*7 m	2 m	2,5m	3 m	variable

Les rayons du tracé en plan et les dévers associés en section courante sont choisis pour que, dans les conditions conventionnelles retenues, le véhicule ne soit pas conduit à mobiliser plus des deux tiers du frottement transversal mobilisable. D'autre part :

- Un véhicule rapide doit pouvoir circuler à grande vitesse ;
- Un véhicule long doit pouvoir s'insérer dans les courbes;
- Les alignements droits doivent avoir une longueur minimale de 50 m

Une bonne conception de profil en travers devrait respecter certaines exigences et conditions suivantes :

- Écoulement du trafic ;
- Sécurité des usagers et des riverains ;
- Implantation des ouvrages d'art ;
- Assainissement ;
- Implantation de l'éclairage ;
- Prise en compte des opérations d'entretien ;
- Contraintes économiques ;

2-Profil en long.

En règle générale, il faudrait que :

- Un véhicule rapide doit pouvoir circuler à grande vitesse ;
- Un véhicule lourd doit pouvoir gravir les déclivités ;
- Éviter que les déclivités maximales se maintiennent sur des distances supérieures à 1000m ;
- Choisir de préférence un profil en long légèrement au dessus du terrain naturel plutôt qu'au même niveau ou en dessous ;
- Entre deux rayons successifs de sens opposé, le rayon en angle saillant R_v doit être supérieur au rayon en angle rentrant R_v' pour une meilleure visibilité ($R_v > R_v'$) ;

- Adopter les déclivités suffisantes dans les zones de faible pente transversale et dans les sections en déblai afin d'assurer un bon écoulement des eaux de ruissellement.

Voir les différents profils à l'annexe IV- 1

3-Calcul Des Cubatures

La cubature est l'évaluation e volume des terres à déblayer ou à remblayer. Cette évaluation est nécessaire pour l'estimation de la dépense et la réalisation des travaux. La méthode de calcul de cubature que nous avons eu à utiliser est la méthode de calcul des volumes « couchés » utilisée en général pour les projets linéaires. Le calcul tient compte des Aires de profils en travers, surface, longueurs entre les profils en travers (distance partielle). La surface du profil en travers est la partie comprise entre la ligne du projet et la ligne du TN. Les surfaces respectives des déblais et remblais sont évalués séparément en chaque profil.

Après avoir dessiner les profils en travers du terrain naturel et matérialiser le profil en travers type sur chaque profil en travers, nous procéderons au calcul de chaque profil en travers dans ses dimensions. La détermination des dimensions d'un profil en travers permet le calcul des surfaces de remblai et de déblai qu'il contient. Pour ces calculs, il faut connaître à chaque profil en travers, la surface de déblai et de remblai ainsi que la distance entre les profils, on a utilisé le logiciel Piste pour le calcul des cubatures de notre projet.

Voir ci-dessous les tableaux récapitulatifs.

Tableau 11 : cubatures et terrassement.

	Volume de terrassement en m ³			
Nom :	Déblai	Remblai	décapage	purge
Volume total	2423	43861	32741	9000

		Volume de plate-forme en m³				
		FONDATION	BASE	CHAUSSEE	ACCOTE	ROULEMENT
Volume		VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
total		32281	31947	4820	2421	7232,2

Tableau 2 : cubatures.

II- AMENAGEMENT

1-Généralité

L'aménagement concerne les routes, autoroutes, mais aussi la réhabilitation de voiries et voies express, la modernisation d'itinéraires, la création de nouveaux points d'échange (carrefours, giratoires, échangeurs...), ainsi que des aménagements spécifiques (Aires de stationnement et de repos, Poste de péage et/ou de pesage, Ralentisseurs de type dos-d'âne, etc.).

Les accidents se produisent le plus souvent aux intersections de plusieurs voies routières, ce pourquoi un bon aménagement et une bonne signalisation s'avèrent intéressants.

L'aménagement des carrefours a pour fonction :

- ✓ Assurer une bonne visibilité des véhicules au voisinage du carrefour ;
- ✓ L'automobiliste doit avoir très vite une bonne perception de la structure du carrefour ;
- ✓ La géométrie du carrefour doit être le moins pénalisant possible pour les courants prioritaires et, au contraire ralentir les courants non prioritaires ;
- ✓ Au voisinage d'un point de conflit, prévoir une zone d'abri ou de stationnement pour les véhicules de courants non prioritaires ;

Les amorces seront bitumées de 10 à 15m en fonction de leur section.

2-Types Aménagements Prévus.

Dans le cadre de ce projet, les aménagements suivants prévus sont :

- ✚ Les aires de stationnements au PK0+645 et au PK1+900
- ✚ Ralentisseurs de types dos-d'âne aux accroissements et entrées du foret pour limiter les vitesses excessives
- ✚ Carrefour giratoire de
- ✚ Les descentes d'eau au bord de la chaussée
- ✚ Amorces routières qui sont au total 30. La longueur est de 15 m
- ✚ Les ouvrages d'assainissement (caniveaux),

Pour plus de détails voir ANNEXE IV. 2

CHAPITRE V : ETUDE HYDRAULIQUE ET HYDROLOGIE

I-GENERALITE

Sous toutes ses formes, météoriques, superficielles ou souterraines, l'eau constitue une des causes premières des dégradations diverses rencontrées sur une route. Les études hydrauliques et hydrologiques d'une route concourent à la solidité même de la route, donc la durée de vie d'une route dépend étroitement de la fiabilité de ces études ci-haut citées. Car un des paramètres qui influence négativement la durée de vie d'une route est la présence des eaux sur elle. Ainsi dans le cas de notre projet ces études nous ont permis d'une part à évaluer correctement le débit total du bassin versant et d'autres part dimensionner les ouvrages de franchissement ainsi que les ouvrages longitudinaux à savoir les caniveaux, les dalots au reverses. L'objectif global recherché est l'assainissement adéquat de la route. Pour parvenir à atteindre l'objectif final, nous avons besoin beaucoup des données qui sont entre autres, la topographie du terrain (la pente du terrain et la superficie des bassins), la géologie et les sols (la perméabilité et le coefficient de ruissellement), la pluviométrie (calcul de débit décennal et quinquennal) et l'hydrographie.

La construction d'un ouvrage sur une zone donnée change complètement le chemin naturel de l'eau et notre but est de trouver un autre chemin que l'eau pourra emprunter sans causer les problèmes majeurs aux habitants et à l'ouvrage. voir l'illustration de la **figure 1** expliquant le paragraphe ci-dessus.

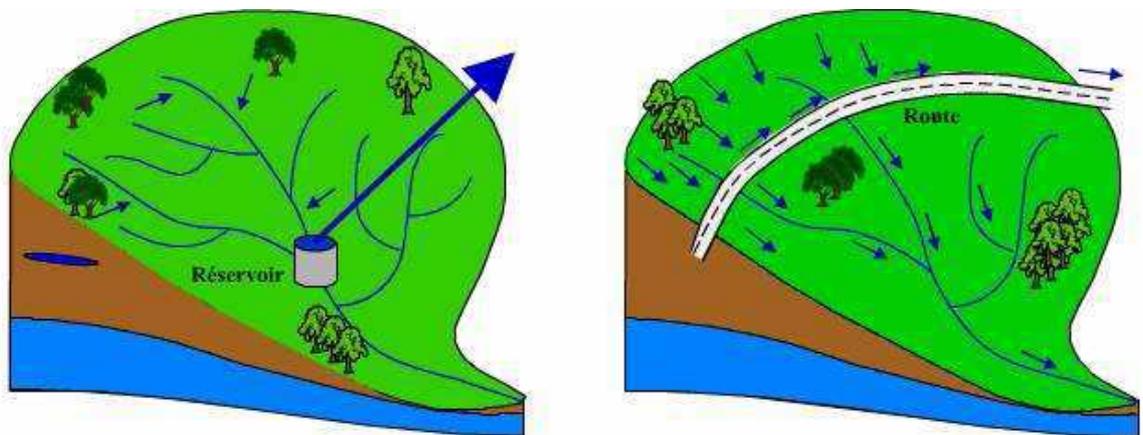


Figure 1 :chemin d'eau barré.

II- METHODOLOGIE ET APPROCHE

Les études hydrauliques et hydrologiques seront beaucoup plus raffinées et appréciables que si l'on possède à sa disposition des données fiables des pluies et une cartographie détaillée de bassins versants. Mais néanmoins, manque de ces données n'empêche pas de poursuivre les études ci-haut citées. Grace aux outils informatiques comme le Google Earth et Google Maps on pourra bel et bien délimiter de façon approximative les bassins et versants, donc de définir les caractéristiques géométriques en fin de quantifier le débit. Ce débit une fois calculé, nous permet de définir les dimensions géométriques des ouvrages d'assainissement de la route ainsi que les deux ouvrages de franchissement de type dalot.

III-ÉTUDE HYDROLOGIQUE

Les études hydrologiques permettent de quantifier correctement le volume d'eau qui devrait transiter par les ouvrages longitudinaux et de classer le bassin versant selon ses caractéristiques géométriques

1- Délimitation des bassins versants

La carte planimétrie de Google Earth est utilisée comme le principal outil d'information. La délimitation se fait selon l'axe longitudinal de la route. Elle est prise égale à 40m à partir de l'axe de la route. Pour le dimensionnement hydraulique des ouvrages d'assainissement de la chaussée, on tient en compte uniquement les eaux tombées directement sur son emprise et celles tombées à 40 m par rapport à l'axe de la route. Cette largeur rapportée au linéaire. Total de la route donne la surface du bassin versant. Voir la figure ci-dessous.

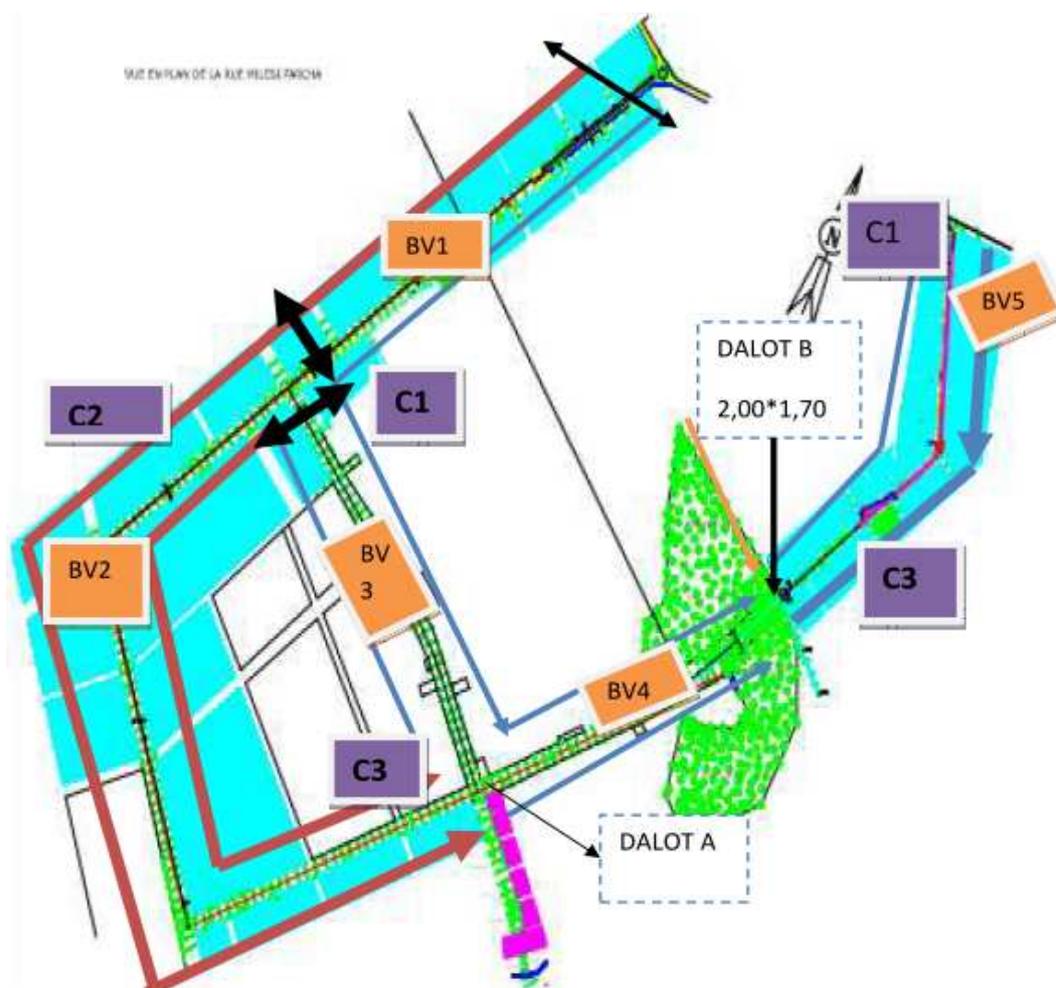


Figure 2 : Limitation des bassins et ouvrages d'assainissement

Légende :

C : caniveau ;

BV : Bassin versant

Tous les bassins versant sont caractérisés par :

- ✓ Sa surface
- ✓ Sa pente
- ✓ La longueur du plus long chemin hydraulique
- ✓ Le coefficient de ruissellement ;
- ✓ Le temps de concentration

2- Estimation de débits

Pour les petits bassins versant, c'est-à-dire les bassins versants qui ont une superficie inférieure 4 km², le débit est calculé par la formule suivante :

$$Q=0,278 CiA .$$

C : coefficient du ruissellement du bassin versant.

i: Intensité de l'averse en mm/h

A : Superficie du bassin versant en Km²

On prend C = 0.8

a- Temps de concentration

Le temps de concentration est le temps mis par la goutte d'eau tombant sur le point hydrauliquement le plus éloigné pour arriver à l'exutoire. Plusieurs méthodes sont utilisées pour calculer ce temps, parmi lesquelles on a :

✓ la Formule de KIRPICH :

$$Tc = \frac{L^{1.15}}{52 * H^{0.38}}$$

Tc : le temps de concentration en mn

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

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

L= 3500 mètre et H = 5 mètre.

$$\text{Alors on aura : } Tc = \frac{L^{1.15}}{52 * H^{0.38}} = \frac{3500^{1.15}}{52 * 5^{0.38}}$$

$$\underline{Tc = 124 \text{ min}}$$

b- Intensité de la pluie

Elle est donnée la formule de MONTANA. Le coefficient a et b pour la ville de N'djamena sont 0.5 et 7.3 (SNER)

$$i = at^{-b}, \quad i = 60\text{mm/h Et}$$

$$A = 0.04 * 3.5 = 0,14 \text{ km}^2$$

$$Q = 0,278 CiA = 0.278 * 0.8 * 124 * 0,14 = 3,86 \text{ m}^3/\text{s}$$

IV-ETUDE HYDRAULIQUE DES OUVRAGES.

1- Les descentes d'eau.

Pour empêcher l'eau de stagner sur la chaussée, nous devrions prévoir des descentes d'eau qui pourront le canaliser jusqu'aux caniveaux transversaux. Elles sont placées à chaque 40 mètre pour les routes urbaines. Uniquement le débit d'eau tombée sur la chaussée est prise en compte leur dimensionnement. Comme précédemment, la méthode rationnelle sera utilisée pour calculer le débit.

$$Q = 0,278 CiA$$

Tableau12 : récapitulatif des descentes d'eau.

Surface (Km ²)	I (mm/h)	Q5 (m3/s)	b (m)	h (m)
0.01*0.04=0,004	128	0,01352	1,00	0,15

2-Les caniveaux.

Les caniveaux recueillent les eaux venant directement de la chaussée et celles de zones environnantes. Par mesure de sécurité, nous avons pris 40 mètres par rapport à l'axe de la route car l'emprise totale de la route est de 40 m . Les sections de caniveaux seront proposées rectangulaires car leur mise en œuvre est très facile. La pente du caniveau est fonction à celle du profil en long de la route.

La section de l'ouvrage hydraulique à projeter est déterminée en fonction du débit calculé et correspondant au bassin versant à drainer. La capacité hydraulique de l'ouvrage projeté est dimensionnée en régime torrentiel. Le débit capable à transiter par l'ouvrage est basé sur la formule de Manning-Strickler :

$$Q = KSR^{2/3} i^{1/2}$$

Q : Le débit de dimensionnement en m^3/s

K : le coefficient de ruissellement (67 pour les fossés en béton)

S : la section mouillée du fossé en m^2

R : le rayon hydraulique en m

I : la pente longitudinale en m/m

Après plusieurs itérations on adopte une section rectangulaire de caractéristique géométrique suivante et puis le vérifie les conditions aux limites.

$B=1.00m$; $y = 1.20 m$; $i = 0.0033$ et la revanche $r = 0.05$

$$Q = 67 * 1.2 * 0.375^{2/3} * 0.005^{1/2}$$

$$Q = 2,95 m^3/s$$

✓ Vérification aux conditions limites :

Il sera question ici de vérifier la condition de vitesse limite pour voir s'il y aura des dépôts de matériaux ou érosion,

Avec la vitesse V comprise entre $0.5m/s$ et $3,5m/s$

$$Q = V.S \rightarrow V = KR^{2/3}i^{1/2} = 67 * 0.375^{2/3} * 0.005^{1/2}$$

$$V = 2,46 m/s.$$

Calcul de débit limite d'érosion : $Q_{er} = S * V_{max} = 1.2 * 3.5 = 4,2 m^3/s.$

Conclusion ; $V_{max} > V$ et $Q_{er} > Q_c$, alors il n' y aura ni érosion , ni engorgement . les sections choisies peuvent être considérées définitivement

Les épaisseurs de caniveaux sont données par:

$$E(m) = B/32 + 0,125 = 1,0/32 + 0,125 \approx 0,15 m.$$

Tableau 13 : les résultats de calcul pour tous les caniveaux.

Designation de caniveaux	Longueur totale (m)	Base en m	Hauteur en m	Épaisseurs en m
C1	1307	0.80	1.00	0,15
C2	3954	1.00	1.2	
C3	8748	1,2	1,2	

3-Dalots

Au total on a deux dalots respectivement au PK3+817 et au PK4+10. En plus de leur débit, ces dalots doivent transiter le débit provenant des caniveaux.

Les calculs d'un dalot se font à deux niveaux différents d'approximations successives. Connaissant Q, nous nous donnons une première valeur de la hauteur D admissible pour le dalot, compte tenu des caractéristiques géométriques du projet au droit de l'ouvrage. Nous nous fixons alors la largeur B du dalot tel que la vitesse moyenne $V=Q/BD$ ne dépasse pas la vitesse maximale de 3,5m/s et nous déterminons Q* et H* pour vérifier la compatibilité avec le projet.

On a calculé uniquement pour un seul dalot (au PK4+10).

La cote de projet à l'amont de l'ouvrage est $Z=297.90$ et la cote de talweg est $Z=296,50$ m, la différence donne $\Delta Z=1,4$ m. Donc nous pouvons fixer $D=2$ m.

$$Q = 2.20\text{m}^3/\text{s} + (1.00*1.00*3.5) = 5,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q= V.S$ avec la vitesse V comprise entre 0.5m/s et 3,5m/s

$$\text{Pour } V_{\max} \text{ on a : } S_{\max} = Q/V_{\min} = 11.4\text{m}^2$$

$$\text{Pour } V_{\min} \text{ on a : } S_{\min} = Q/V_{\max} = 1.6\text{m}^2$$

On pose $h = 2,00$ m

$S = b*h$, alors prenons $b=1,8$ m

Choix : $B = 1,70$ m et $H = 2.00$ m

Vérification la vitesse : $V = Q/S = 5,7 / (1,7*2,00) = 1,67\text{m/s} \rightarrow$ condition vérifiée

CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT BETON ARME DES OUVRAGES

Les actions à prendre en compte dans le calcul des caniveaux sont définies par les textes réglementaires normatifs en particulier le titre 2 du fascicule 61 du cahier des prescriptions communes (CPC) « Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'arts ». Les sollicitations sont déterminées à partir de la METHODE DES TRANCHEES. Le calcul du ferrailage se fera suivant les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé de la méthode des états limites dites règles B.A.E.L 91 modifié 99.

I- Caractéristiques des matériaux

1-Béton

Fissuration préjudiciable

Béton B25 de poids volumique = **2,5 t/m³**

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

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

La contrainte à l'état limite du béton : **$\sigma_{bc} = 0,85 \cdot f_{c28} / \gamma_b = 0,85 \times 25 / 1,5 = 14,16 \text{ MPa}$** avec $\gamma_b = 1,5$

2-Acier

Nuance : acier Haute Adhérence FeE400

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

Contrainte de calcul de l'acier : **$\sigma_s = f_e / \gamma_s = 347, \text{ MPa}$** avec $\gamma_s = 1,15$

Contrainte limite de l'acier : **$\sigma_s = (23 f_e ; \max(0,5 f_e ; 110 \sqrt{\eta} \cdot f_{t28})) = 207,31 \text{ MPa}$**

3-Remblai

Supposons que le remblai d'accès de 21 KN/m^3 et $k = 0.333$

Remarque : les études en béton armé sont faites sur une bande d'un mètre ($b = 1,00\text{m}$)

Surcharges : il ya une seule charge concentrée, celle d'une roue isolée de $0,45\text{T}$

.

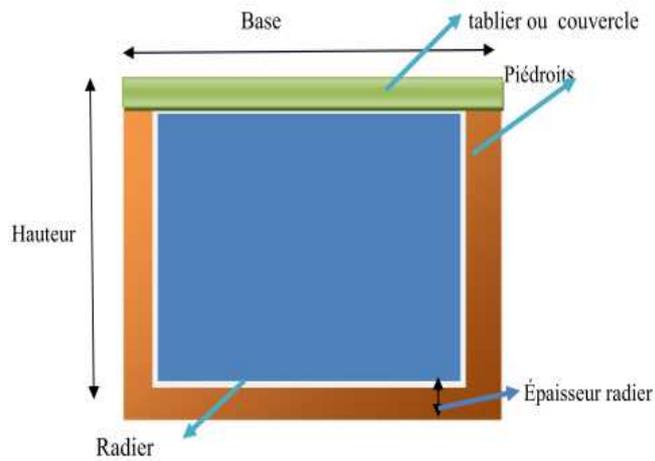


Figure 3:Schéma type d'un caniveau

Modélisation des structures sous différentes actions.

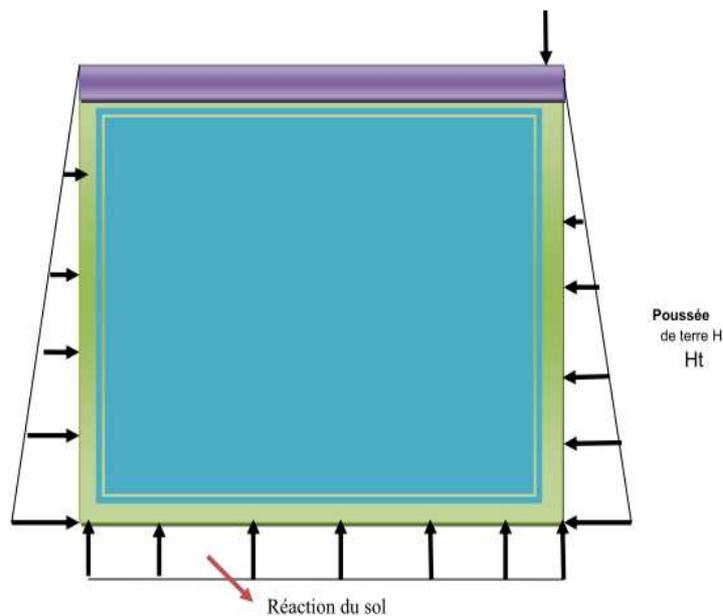


Figure 4 : modélisation de caniveau sous sollicitations

Vue le schéma ci-haut, nous avons à dimensionner les éléments suivants :

- ✓ Le tablier ou couvercle
- ✓ Les deux piédroits
- ✓ Et le radier

Ces éléments soumis aux charges suivantes :

- ✓ Les poussées de terres latérales
- ✓ Réaction du sol exerçant sur le radier
- ✓ la charge Br. de 0,45t.

II Calcul des sollicitations

Pour le caniveau 1.20 x1.00 m, voir annexe 3 : calcul BA de caniveaux

1- Caniveaux (1.20 *1.20 m)

a- Tablier

Tableau 14 : Descente des charges

Charges	Formules	Résultats	unité
Poids tablier	$0,25*d*B$ (b=0.50)	0,01875	t/ml
Le moment de flexion dû à la roue BrMq	$Br*(b-2*e)/4$ Avec b=1.22 et e=0.15	0,101	tm
Le moment de flexion dû au poids propre de la dalle MG	$0,25*(b-2*e)/8$	0,04	tm
Effort tranchant dû à Br T _Q	$Br/2$	0,22Br/2	T
Effort tranchant dû au poids propre Tg	$0,25*(b-2*g)/2$	0,16	T

Tableau 15 : Calcul des sollicitation

ELU	Mu	$1,35*MG+1,5*MQ$	0,265 t.m
	Tu	$1,35*TG+1,5*TQ$	0,52t
ELS	Ms	$MG+MQ$	0,18t.m
	Ts	$TG+TQ$	0,4t

Calcul des sections des armatures.

Données : $b = 0.5 \text{ m}$, $d1 = h - \text{enrobage} = 1.5 - 0.05 = 1,45\text{m}$, $\sigma_s = 348 \text{ MPa}$

$Mu = 0.265 \text{ t.m}$, $Ms = 0.18 \text{ t.m}$; $Tu = 052 \text{ t}$ et $Ts = 0.4 \text{ t}$

Ainsi, les sections d'aciers comprimés sont :

$$A = 0.90\text{cm}^2$$

b- les piédroits

Les piédroits sont soumis aux actions dues à la poussée des terres et une charge ponctuelle qui est la charge Br (0,45 t), voir la structure modélisée ci-haut.

✓ La poussée de terres Ht

$$Ht = Ka \gamma z \text{ avec } , 0.5 * 1.2 * 2$$

$$Ht = 0,48 \text{ t}$$

✓ Charge Br sur les piédroits

$$Br = 0,45 \text{ t/ml}$$

✓ Effort dû au poids propre de la dalle

$$T = Tg/B = 0.15\text{t/ml}$$

✓ Effort vertical transmis au piédroit à l'ELU

$$Tu = 1,35*(T_G/B) + 1,5*(T_Q/hB) = 1.35*(0.225/1.5) + 1.5*(0.16/1.5) = 0.362 \text{ t/ml}$$

✓ Poussées transmises au piédroit à l'ELU H_t

$$Hu = 0,99 \text{ t/2} = 0.495 \text{ t/ml}$$

Les piédroits sont calculés en flexion composée car on a un moment d'encastrement.

Tableau 16 : récapitulatif de ferrailage de caniveaux

Radier	10HA 10 ep =20cm
Piédroits	8HA10 ep =20
tablier ou couvercle	6HA8 ep =18

Remarque : Ce tableau résume uniquement les armatures d'un caniveau de section $B*H = 1,2\text{m}*1,2\text{m}$

2- Dimensionnement des dalots.

Dans cette partie, nous avons les dalots aux endroits des amorces qui sont au nombre de 32 et deux dalots franchissement sur l'axe longitudinal de la route.

Tableau récapitulatif.

	Hauteur en m	Base en m	Epaisseur
Dalot principal	2,00	1,7	0.25

II-3-1 Principe et méthode de dimensionnement

Les valeurs de sollicitation du moment fléchissant M et de l'effort normal N seront déterminées sur la base d'un calcul en cadre simple à partir des formules provenant de l'ouvrage de KLEINLOGEL.

Après pré-dimensionnement, donné précédemment (au chapitre dimensionnement hydraulique), les épaisseurs du tablier et des piédroits sont de 25 cm et celle du radier vaut 0,30cm

Schéma statique sous différentes charges :

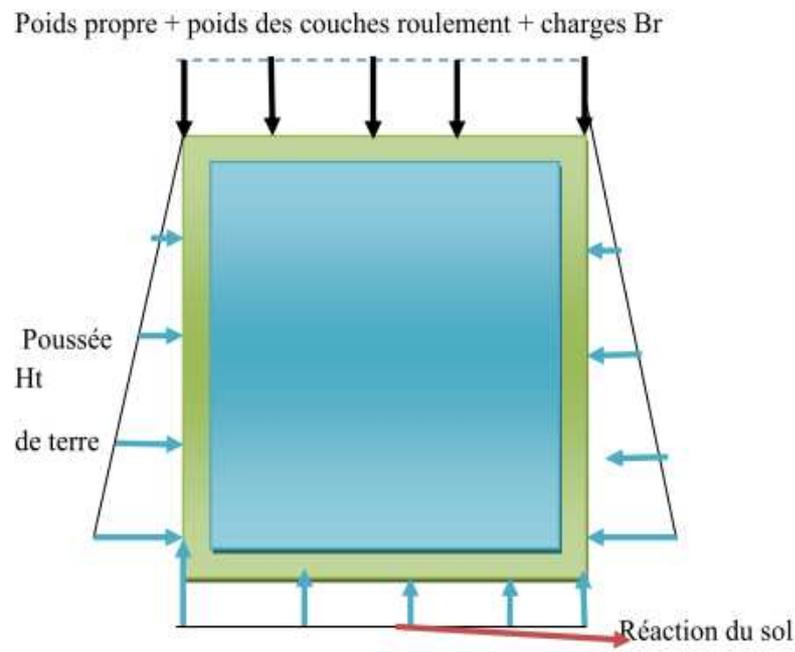


Figure 5 : modélisation dalot

Voir annexe 2 : B.A pour dalot 2.00*1.700

Tableau17 : récapitulatif du ferrailage.

Tablier	Amin.	Au.	As.
Bout supérieur A-C (lit supérieur)	3,44cm ²	Au =18.95cm ²	12,41cm ²

A mi-travée B-C (lit inférieur)	3,44 cm ²	11cm ²	6,8cm ²
radier			
En pieds (Nœuds A et D)	3,8cm ²	19,09cm ²	12,02cm ²
En tête (Nœuds B-C)	3,44cm ²	21,28cm ²	16,63cm ²
Aux abouts de A et D (lit supérieur)	3,4cm ²	18,60cm ²	12,5cm ²
A mi-travée A-D (lit supérieur)	3,4 cm ²	12 cm ²	6,5 cm ²
piédroits			
En pieds (Nœuds A et D)	3,44 cm ²	Au =21,11cm ²	13 cm ²
En tete (Nœuds B-C)		21,38 cm ²	16 cm ²
A mi-travée A-B	3,44cm ²	Au =7,14cm ²	6,12cm ²

Choix :

	Tablier	Radier	piédroits
Appui	4HA10	4HA10	4HA12
Travée	HA8	HA8	HA8

Pour tous les notes de calculs B.A, voir l'annexe VI .

CHAPITRE VII : SIGNALISATION ROUTIERE ET CONSIDERATION ENVIRONNEMENTALE.

I – Signalisation routière.

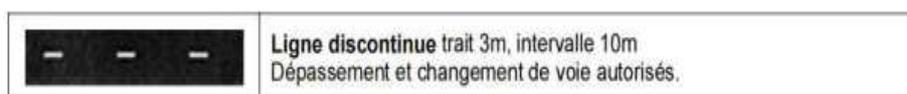
Pour le bien des usagers et les riverains, la construction routière nécessite un certain nombre de précautions à prendre pendant et après la réalisation pour garantir la sécurité des travailleurs sur le chantier et des usagers ainsi que pour garantir la pérennité de l'ouvrage.

La signalisation routière a pour objet :

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

1- Signalisation horizontale.

C'est le marquage de la chaussée à la peinture réfléchissante de toutes les prescriptions et indications nécessaires à la circulation routière. Voir figure ci-dessous.



2 - Signalisation verticale

Il s'agit des symboles implantés en des points remarquables le long du tronçon et qui ont pour but de renseigner les usagers afin d'assurer leur sécurité et celle des riverains. Dans le cadre de notre projet, nous avons retenu les panneaux suivants :

- des panneaux de stop de type octogonal aux intersections,
- des panneaux cédez le passage de type A (10) aux intersections
- Des panneaux indiquant les aires de stationnement (2) ;
- Des panneaux de type B indiquant la priorité au niveau du carrefour giratoire.

3- Signalisation temporaire :

La signalisation temporaire est celle mise en place pendant la durée des travaux ; elle permet de sécuriser les usagers et les ouvriers en donnant les indications et conduites à tenir lors de la

traversée des zones de travaux. Généralement à fond jaune elle contient les messages suivants :

- Début chantier / Fin de chantier;
- Déviation à gauche/à droite ;
- Chaussée rétrécie / route barrée / sortie de camions;
- Réduction du nombre de voies libres ;

II - Considération environnementale.

Introduction

Les préoccupations majeures des Etats à l'échelle planétaire ont été affichées depuis les années 70. En juin 1972 à Stockholm, la conférence des nations unies sur l'environnement adopte une conception et des principes (26) communs qui restent la base pour une préservation et une amélioration de l'environnement. *L'homme a un droit fondamental à la liberté, à l'égalité et à des conditions de vie satisfaisantes, dans un environnement dont la qualité lui permette de vivre dans la dignité et le bien-être. Il a le devoir solennel de protéger et d'améliorer l'environnement pour les générations présentes et futures ...* (principe 1). L'exécution des travaux de la route de Farcha Milezi aura bien évidemment des incidences sur le sol, la population et la végétation.

1- Identification et évaluation des impacts potentiels du projet

a- Méthode d'identification

L'analyse des impacts consiste à identifier, décrire et évaluer les impacts potentiels du projet sur les composantes du milieu naturel et humain sur la base de l'information disponible. La méthode utilisée pour évaluer l'importance probable des impacts repose sur l'identification des sources d'impacts et sur trois critères fondamentaux que sont la durée, l'étendue et l'intensité de l'impact.

D'autres critères seront également pris en compte, il s'agit de la fréquence, de la probabilité que les impacts se produisent, de la nature directe ou indirecte de l'impact et les effets induits. La détermination des impacts positifs et négatifs potentiels est réalisée à l'aide d'une grille

d'interrelations entre les sources d'impact significatif et les composantes du milieu touchées par le projet.

2 -Les différents types d'impact

a- Impacts négatifs

- Impact sur la qualité de ressources en eau
- Impacts sur le sol
- Pollution sonore, bruits des engins
- Impacts sur la sécurité et la circulation des riverains
- Impact sur la qualité de vie, santé
- Impacts sur la végétation
- Tassements de zones d'emprunts

b- Impacts positifs

- La fluidification de la circulation,
- Création d'emplois
- Facilitations des évacuations sanitaires
- Désenclavement des quartiers environnants

3- Les mesures d'atténuation

- Fixer les panneaux de déviation en phase de travaux et de panneaux de signalisation en phase d'utilisations.
- Arroser le terrain avant l'exécution des travaux sur la zone du projet
- Clôture le chantier
- Réaménager les zones d'emprunts après avoir fini les travaux et bien canaliser les eaux
- replanter des arbres
- remettre le terrain en bon état d'usage.
- Etc.

Essayerons de présenter de manière synthétique dans un tableau appelé Matrice d'Évaluation d'Impacts les influences des activités du projet sur les composantes de l'environnement (voir Annexe 4).

CHAPITRE VIII : EVALUATION QUANTITATIVE ET ESTIMATIVE DES TRAVAUX

I-Introduction

On appelle métré une technique qui permet de quantifier et d'estimer les quantités des matériaux et leurs coûts pour la réalisation d'un projet de travaux public. Compte tenu de la variation des prix sur le marché national, ce mètre est loin d'être une réponse scientifique. Toute fois, il donne une idée assez précise du coût total du projet.

II- AVANT METRE DES DIFFERENTS CORPS D'ETATS

Il s'agit d'évaluer les quantités de chaque corps d'état qui sont :

- ✓ Les terrassement généraux et travaux préparatoires
- ✓ Le corps de la chaussée ;
- ✓ Les caniveaux
- ✓ Le dalot ;
- ✓ Signalisation et sécurité ;
- ✓ Éclairage public ;
- ✓ Entretien environnemental.

Ci-dessous les tableaux de différents corps d'état

- ✓ Volume fouille caniveaux

Type de caniveaux	C1	C2	C3
Sections	1.00*0.80	1.20*1.00	1.20*1.2
Longueur en m	1307	3954	8748
Volume de fouille	1045.6	47744.8	12597.12
Volume totale	18387.52		

- ✓ Béton pour les caniveaux

Type de caniveaux	C1	C2	C3
Volume	1.00*0.80*0.15	1.20*1.00*0.15	1.20*1.20*0.15
Longueur en m	1307	3954	8748
volume Remblai sous radier en m ³	0.1*1.3*7000*2 = 1820		
Béton armé caniveau	156,84	711.72	2217,618
Volume totale	3086,18		

- ✓ **Revêtement chaussée.**

NOM	DECAPAGE	FONDATION	BASE	CHAUSSEE	ACCOTE	ROULEMENT
RUE	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
CONTOURNEMENT	27637	27205	26928	4063	2041	6095,2
LIAISON	5104	5076	5019	757	380	1137
TOTAL	32741	32281	31947	4820	2421	7232,2

Tableau 18 : détails des devis

N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaires	Montants
100	Travaux préparatoires				
101	Installation de chantier et repli chantier	FF	1	5%MTHT	313.237.712
102	Déploiement et redéploiement des engins	FF	1	3%MTHT	187.942.627
103	Aménagement de déviations lors de l'exécution	Mois	15	3.000.000	35.000.000
	<i>Sous total 100</i>				298.177.700
200	Préparation du terrain				
201	Débroussaillage et nettoyage de l'emprise	m ²	350000	1000	35.000.000
202	Abattage d'arbre de diamètre 1m	U	30	25000	1500000
203	Décapage des mauvaises terres 0.20cm	m ³	56000	15000	84.000.000
	<i>Sous total 200</i>				155.500.000
300	Terrassements généraux				
301	Déblais meubles	m ³	3040	4500	13680000
302	Remblais ordinaire	m ³	54826	4.500	246717000
	Purge de mauvaises terres	m ³	24000	8500	204000000
	<i>Sous total 300</i>				461357000
400	Chaussée				
401	Couche de forme en graveleux latéritique pour chaussée et amorces	m ³	35000	3000	105000000
402	Couche de fondation en graveleux latéritique pour chaussée et amorces	m ³	32281	7000	225.967.000
	Amorces	m ³	600	7000	4200000
403	Couche de base en graveleux latéritique pour chaussée et amorces	m ³	31947	10000	319.470.000
	<i>Sous total 400</i>				1.595.437.000
500	Revêtement				
501	Couche d'imprégnation	m ²	7700	10000	77.000.000
502	Exécution en monocouche (trottoir)	m ²	8400	10000	85.000.000
503	Exécution du béton bitumineux (chaussée +piste de deux roues)	m ²	6300	325.0000	2.047.500.000
	Revêtement des amorces	M2	600	325000	195.000.000

	<i>Sous total 500</i>				2.4045.000.000
600	Ouvrages d'assainissement et d'art				
601	Caniveaux rectangulaire en béton armé, descentes d'eau	m ³	3000	400000	1.200.000.000
605	2 Dalots en béton armé 2.0, x1.7x30	m ³	39,4	400.666	32.053.280
	Gabions et enrochement	m ²	25	100.000	5.000.000
	Fouille emprise	M ³	100*2	10000	2.000.000
	<i>Sous total 600</i>				2.434.912.480
700	Signalisation, électricité.				
701	Signalisation verticale et horizontale	FF	2	30.000.000	60.000.000
	Electricité	U	175	3.245.000	567.875.000
	<i>Sous total 700</i>				595.875.000
800	Entretien environnemental	1% du cout total hors TVA			
	<i>Sous total 800</i>				98.000.000
	Total (Hors TVA)				8.000.000.000
	Imprévus et divers 10%				9.800.000.000
	TOTAL (y compris imprévus)				9.800.000.000
	TVA (18%)				<u>11.564.000.000</u>
TOTAL					<u>11.564.000.000</u>

Tableau récapitulatif des différents corps d'état.

Désignation	Cout en FCFA	
Travaux préparatoires	453.677.700	
Terrassements généraux	755.500.000	
Chaussée	1.595.437.000	
Revêtement	2.4045.000.000	
Ouvrages d'assainissement et d'art	2.434.912.480	
Signalisation, électricité.	595.875.000	
Entretien environnemental	98.000.000	

Le cout très élevé s'explique par la cherté des matériaux de viabilité, la distance du chantier par rapport à la zone d'emprunts. En plus de cela, les travaux d'aménagements et la construction des ouvrages d'assainissement ont excessivement coûté.

CONCLUSION

La route de Farcha-Milezi, construite dans le cadre de la stratégie nationale du secteur de transport adoptée par le gouvernement du Tchad, favorisera la mobilité urbaine de la ville de N'djamena.

Cette route longue de 7 km et 30 m de largeur est constituée d'une de 2* 2 voies séparée par un terre-plein-central de 3 m ; la structure de la chaussée est composée d'une couche de roulement de 5 cm de béton bitumineux, couche de base 20 cm graveleux latéritique stabilisé au ciment 3% et en fin une couche de forme en graveleux latéritique.

Dans l'intention de protéger la route contre la venue des eaux, des ouvrages d'assainissement ont été conçus. Il s'agit d'un dalot de section 2,00*1,70m, des caniveaux des sections respectivement 0.80*1.00m, 1.00*1.20m et 1.20*1.20m et des descentes d'eaux.

L'environnement étant un bien commun, alors sa préservation devient une obligation morale et juridique de tout le monde. Ceci étant, les impacts causés par ce présent projet seront atténués en respectant le plan de gestion environnementale et sociale.

Ayant couté approximativement **11.564.000.000** FCFA, cette route devrait être entretenue périodiquement pour qu'elle puisse accomplir les fonctions qui lui sont assignées. En outre le respect la vitesse limite, le maitre d'ouvrage doit impérativement sanctionner les surcharges car elles sont à l'origine de la dégradation de la route.

BIBLIOGRAPHIE

GUIDE PRATIQUE DE DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES POUR LES PAYS TROPICAUX Mise à jour 1984 ;

Précis chantier, matériel et matériaux, mise en œuvre et normalisation, AFNOR, collection NATHAN.

HYDRAULIQUE ROUTIERE ; NGUYEN VAN TUU ; 1981 ; Paris ; BCEOM ;

Guide pratique pour la conception géométrique des routes et autoroutes, Alain FRERET, édition EYROLLES

MEMOTECH génie civil, D.Lefaibre , S.Vila , collection mémotech

Cours de géotechnique pour master1, M. Ismaïla GUEYE ,2ie
BAEL 99.

Projet de béton armé, Henry THONIER, 5^e édition 2005

ANNEXES :

Annexe 1Différents types de profils

Annexe 2 aménagement.

Annexe.3notes calculs béton armé

Annexe. 4.....tableau de matrice d'Évaluation d'impacts.