

**ETUDES TECHNIQUES D'AMENAGEMENT ET DE
BITUMAGE DE LA RUE 1400 DANS LA VILLE DE
N'DJAMENA**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER EN
INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT**

OPTION : GENIE CIVIL

Présenté et soutenu publiquement le **27 octobre 2015** par :

SOUGOUR ADAM HISSEIN

Travaux dirigés par : Dr ISMAÏLA GUEYE

Enseignant chercheur-UTER-ISM (2iE)

HAROUN MAHAMAT HAGGAR

Ingénieur en génie civil/ conducteur des travaux routiers à
la Société Nouvelle d'Etudes et de Réalisations(SNER).

Jury d'évaluation du Mémoire:

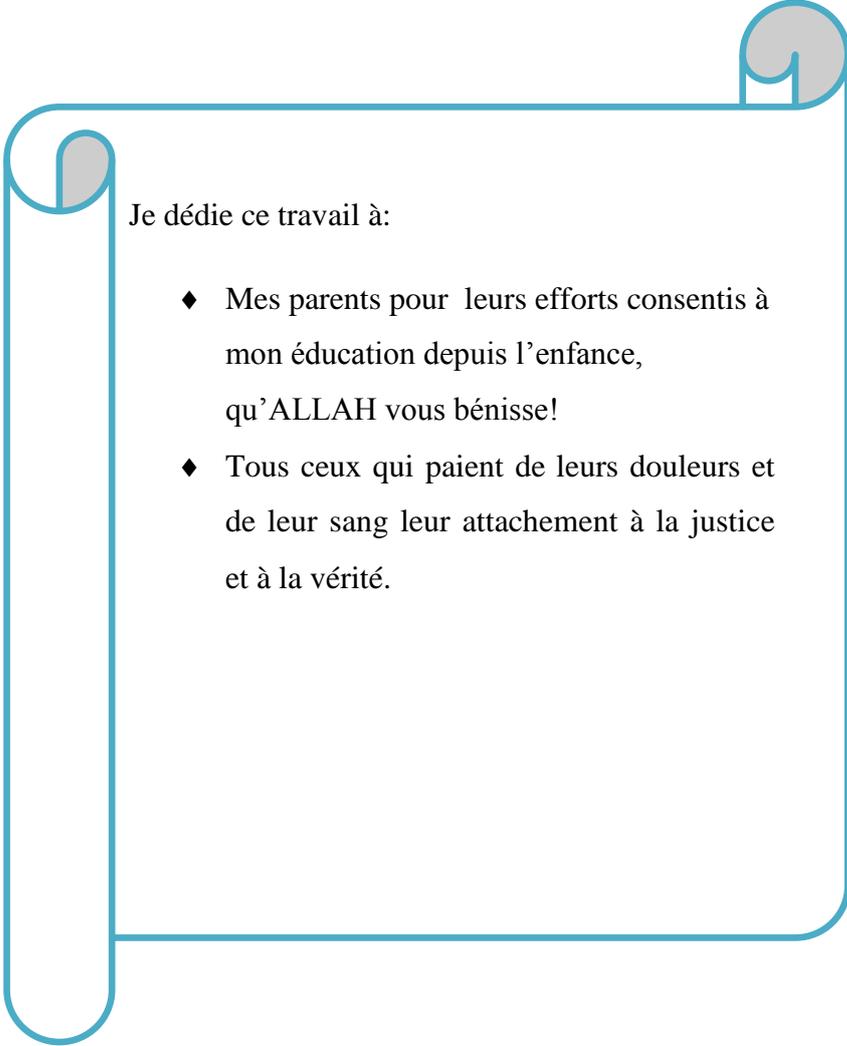
Président : Dr **GUEYE ISMAÏLA**

Membres et correcteurs :

- **KOKOLE Koffi**
- **OUEDRAOGO Arnaud**

Promotion 2014/2015

DEDICACES



Je dédie ce travail à:

- ◆ Mes parents pour leurs efforts consentis à mon éducation depuis l'enfance, qu'ALLAH vous bénisse!
- ◆ Tous ceux qui paient de leurs douleurs et de leur sang leur attachement à la justice et à la vérité.

REMERCIEMENTS

Louange à ALLAH notre créateur omnipotent de m'avoir accordé cette chance de réaliser ce document, et prière sur son prophète Muhammad que la paix et le salut d'ALLAH soient sur lui.

Je remercie mes parents pour tous les sacrifices consentis afin d'assurer mon éducation, ma formation et sans oublier leurs inestimables conseils.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude et reconnaissance tout particulièrement à:

- Mon directeur de mémoire Dr ISMAÏLA GUEYE, Enseignant-chercheur à la fondation 2iE ; ainsi que tout le corps professoral du 2iE pour la qualité de la formation assurée ;
- Mr. GATA NGOULOU, ministre de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme et de l'habitat de m'avoir autorisé à poursuivre mes études ;
- Mr. Nassour Mahamadene Ali, Directeur Général de ma structure d'accueil (Groupe SNER) qui a bien voulu donner son approbation à ma demande de stage;
- Mr. Haroun Mahamat Haggat, d'avoir assuré mon encadrement malgré ses multiples occupations ; et à travers lui je remercie l'ensemble du personnel du groupe SNER pour son aide et sa sympathie.

Enfin je témoigne toute ma reconnaissance à tous ceux qui n'ont ménagé aucun effort pour l'élaboration de ce document.

RESUME

Le présent projet de fin d'études porte sur le thème « Etudes techniques d'aménagement et de bitumage de la rue 1400 dans la ville de N'Djaména ». En effet, il s'agit d'un projet de voirie urbaine en cours d'exécution par la Société Nouvelle d'Etudes et de Réalisations (SNER) sous la supervision du bureau d'études SCET-TUNISIE.

C'est un projet s'inscrivant dans le cadre global de la stratégie nationale du secteur des transports adoptée par le Gouvernement de la République du Tchad en 2005.

Ce tronçon est long de 1050 mètres et comprend une chaussée souple bidirectionnelle de 2×2 voies de 3,5 m séparées par un terre-plein-central de 2 m ; une pente transversale de 2,5% et accotements de 1 m. La structure de la chaussée renferme une couche de roulement en béton bitumineux de 5 cm, une couche de base en concassé 0/31,5 de 20 cm, une couche de fondation en sable argileux de 30 cm et une couche de forme en sable argileux de 30 cm. Le assainissement est assuré par des caniveaux de section 100×70 cm² destinés à recevoir les eaux de la plate forme routière et des zones environnantes.

Pour son exécution, le coût global des travaux est estimé à un milliard deux cents quarante-sept million cent quatre-vingt-dix-sept mille trois cents soixante-dix francs (**1 247 197 370 FCFA**) pour un délai d'exécution de **3 mois**.

Mots clés :

1. Chaussée souple
2. Stratégie nationale
3. Terre-plein-central
4. Vitesse de référence
5. Secteur de transport.

ABSTRACT

This project graduation carries the theme "Development Technical studies and asphaltting of the road in 1400 in the city of N'Djamena." Indeed, it is an urban road project being implemented by New Society of Studies and Projects (SNER) under the supervision of engineering SCET-TUNISIA.

It is a project within the overall framework of the national strategy in the transport sector adopted by the Government of the Republic of Chad in 2005.

This stretch is 1,050 meters long and includes a two-way flexible pavement 2×2 lanes of 3.5 m separated by a median central-2m; a cross slope of 2.5% and shoulders of 1 m. The pavement structure includes a layer of asphalt concrete Working 5 cm, 20 cm a base layer of crushed 0 / 31.5, a foundation layer of sandy loam of 30 cm and form a layer of sandy loam 30 cm. Sanitation is provided by section $100 \times 70 \text{ cm}^2$ gutter for receiving the water from the flat road shape and the surrounding areas.

For its implementation, the overall cost of the works is estimated at one billion two hundred forty-seven million one hundred and ninety-seven thousand three hundred sixty-ten francs (1 247 197 370 CFA) for a timeframe of 3 month.

Keywords:

1. Soft Floor
2. National Strategy
3. Full-central Newfoundland
4. Reference speed
5. Transport Sector

LISTE DES ABREVIATIONS

AASHO	: American association of senior highway and transport official
BB	: Béton Bitumineux.
BT	: Basse Tension
BV	: Bassin Versant
CBR	: Californian Bearing Ratio
CEBTP	: Centre expérimental de recherches de bâtiments et des travaux publics
CNAR	: Centre National des Recherches
DGR	: Direction Générale des Routes
DREM	: Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie
FF	: Forfait
HRB	: Highway Research Board
HT	: Haute Tension
Ig	: Indice de Groupe
LCPC	: Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
MT	: Moyenne Tension
PK	: Point Kilométrique
PL	: poids lourd
PTAC	: poids total autorisé en charge
Qc	: Débit Capable
Qr	: Débit Ruisselé
SETRA	: Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes
SNE	: Société Nationale d'Electricité
SNER	: Société Nouvelle d'Etudes et de Réalisations
TMJA	: Trafic Moyen Journalier Annuel.
TN	: Terrain Naturel
TTC	: Toute Taxe Comprise
TVA	: Taxe à la Valeur Ajoutée
TVC	: Tout Venant Concassé
Vr	: Vitesse de Référence

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS.....	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES ABREVIATIONS	v
INTRODUCTION.....	5
CHAPITRE I : DESCRIPTION DE LA ZONE DU PROJET	7
I.1 Description de l'itinéraire	8
I.2 Justification du projet.....	8
I.3 Cadre logique du projet.....	9
CHAPITRE II : CONCEPTION GEOMETRIQUE DE LA RUE.....	10
II.1 Eléments de base	10
II.1.1 Vitesse de référence	10
II.1.2 Distances d'arrêt et de dépassement	10
II.2 Géométrie	11
II.2.1 Tracé en plan.....	11
II.2.2 Profil en long	12
II.2.3 Profil en Travers	12
CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE LA CHAUSSEE	14
III.1 ETUDE DU TRAFIC.....	14
III.1.1 Calcul du Trafic.....	15
III.1.2 Application Au Projet.....	16
III.1.3 Classe Du Trafic.....	16
III.2 Etudes géotechniques du sol support de la plate forme	17
III.2.1 Dimensionnement de la Structure de Chaussée	20
III.3 Vérification Par Alizé-LCPC	21
CHAPITRE IV : ASSAINISSEMENT ROUTIER.....	23
IV.1 Etude Hydrologique	23
a. Temps de Concentration	23
b. Calcul de l'intensité de l'averse.....	24
c. Délimitation des Bassins Versants.....	24
d. Calcul de Débit	25
IV.2 Etude Hydraulique	25
a. Dimensionnement des caniveaux	26
IV.3 Dimensionnement béton armé des ouvrages	27
1. Hypothèses de calcul	27
2. Caractéristiques des matériaux.....	27
3. Dimensionnement de caniveaux.....	28
CHAPITRE V : SIGNALISATION ROUTIERE ET ECLAIRAGE PUBLIC	31
V.1 Signalisation routière.....	31
a. Signalisation horizontale	31

b.	Signalisation verticale.....	32
c.	Signalisation temporaire	33
V. 2	Eclairage public	34
a.	Paramètres d'implantation des luminaires.....	34
CHAPITRE VI.	ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL DU	
PROJET	35
VI. 1	Identification et évaluation des impacts du projet	35
1.	Méthode d'identification et évaluation.....	35
2.	Impacts positifs.....	36
3.	Impacts négatifs	36
4.	Mesures d'atténuation.....	37
CHAPITRE VII.	METRE ET ESTIMATION DU COUT DU PROJET	38
VII.1	Quantification des différents corps d'état.....	38
VII.2	Estimation du Coût du projet.....	38
VII. 3	Planning des travaux.....	39
VII. 3.1	Eléments de base d'un planning	39
Conclusion.....		41
BIBLIOGRAPHIE		42
ANNEXES		43

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU N°1 : CADRE LOGIQUE DU PROJET	9
TABLEAU N°2 : DISTANCE D'ARRET EN LIGNE DROITE ET EN COURBE	11
TABLEAU N°3 : TRAFIC MOYEN JOURNALIER PAR CATEGORIE DES VEHICULES (SOURCE : DGR-2014)	15
TABLEAU N°4 : CLASSE DU TRAFIC EN NOMBRE CUMULE DE POIDS LOURDS POUR L'ESSIEU EQUIVALENT DE 13 TONNES (SOURCE: CEBTP).....	17
TABLEAU N°5 : SYNTHESE DES RESULTATS DES ESSAIS GEOTECHNIQUES (SOURCE : SERVICE LABORATOIRE DE SNER)	18
TABLEAU N°6 : PORTANCE DE SOLS.....	19
TABLEAU N°7 : NOUVELLES CLASSES DE PLATE-FORME APRES MATERIAU D'APPORT	20
TABLEAU N°8 : CONTRAINTES ET DEFORMATIONS DES VARIANTES	22
TABLEAU N°9:RECAPITULATIF DES CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS.....	24
TABLEAU N°10:RECAPITULATIF DES DEBITS D'APPORT.....	25
TABLEAU N°11:RECAPITULATIF DES CANIVEAUX	26
TABLEAU N°12:RECAPITULATIF DES SOLlicitATIONS SUR LE CANIVEAU.....	30
TABLEAU N°13:RECAPITULATIF DES ARMATURES POUR LE CANIVEAU	30
TABLEAU N°14: MATRICE DE CARACTERISATION ET D'EVALUATION D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL.....	36
TABLEAU N°15: RECAPITULATIF DES MATERIAUX DES DIFFERENTES COUCHES DE LA CHAUSSEE	38
TABLEAU N°16: RECAPITULATIF DES MATERIAUX DE CANIVEAUX.....	38
TABLEAU N°17: DEVIS ESTIMATIF	38
TABLEAU N°18: PLANNING DES TRAVAUX.....	40
TABLEAU N°19: PARAMETRES CINEMATQUES DES PROJETS ROUTIERS	44
TABLEAU N°20: PARAMETRES FONFAMENTAUX DES PROJETS ROUTIERS	44
TABLEAU N°21 : VOLUMES TERRASSEMENT	63
TABLEAU N°22:TABULATION	64
TABLEAU N°23:VOLUMES CHAUSSEE	65
TABLEAU N°24: DEVIS QUALITATIF ET ESTIMATIF DU PROJET	74

LISTE DE FIGURES

FIGURE N°1 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DE N'DJAMENA	7
FIGURE N°2 : VUE DE LA ZONE D'ETUDE.....	8
FIGURE N°3 : TRACE EN PLAN	12
FIGURE N°4 : PROFIL EN TRAVERS TYPE	13
FIGURE N°5 : APERÇU D'UN CANIVEAU 70×100 CM ²	28
FIGURE N°6 : MODELISATION DE CANIVEAU SOUS DIFFERENTES SOLLICITATIONS.....	29
FIGURE N°7 : PLAN DE FERRAILLAGE DE CANIVEAU 100×70	30
FIGURE N°8: SCHEMA ILLUSTRATIF DES MARQUAGES AU SOL	32
FIGURE N°9 : SUPPORTS DE SIGNALISATION VERTICALE	33
FIGURE N°10 : QUELQUES PANNEAUX DE SIGNALISATION TEMPORAIRE.....	33
TRACE COMBINE	62

INTRODUCTION

Le secteur des transports constitue l'un des principaux facteurs de développement pour un pays enclavé comme le Tchad ; car il joue un rôle très important dans l'économie nationale. Le sous-secteur transport routier est le mode dominant. Il assure la quasi-totalité du transport de marchandises et de personnes au Tchad. Cependant, malgré un récent effort d'aménagement des routes, le réseau routier bitumé reste encore insuffisant et l'usage des voies de communication terrestres reste difficile sur l'ensemble du territoire, notamment en saison pluvieuse. C'est pourquoi, pour pallier à cela, le gouvernement de la République du Tchad avec l'aide de ses partenaires techniques et financiers envisage des travaux de construction et d'entretien des routes pour l'amélioration de son réseau routier en général et la ville de N'djamena en particulier afin d'assurer une mobilité urbaine fluide, et surtout pour améliorer les conditions de vie de la population.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude intitulée « Etudes techniques d'aménagement et de bitumage de la rue 1400 dans la ville de N'Djaména ».

Les travaux d'aménagement et de bitumage de cette rue se placent donc dans le cadre global de la stratégie nationale du secteur de transport adoptée par le gouvernement du Tchad en 2005. Cette stratégie a fixé les objectifs majeurs suivants pour la période 2005-2015 :

- Le désenclavement intérieur et extérieur du pays ;
- La réduction du Coût de transport, tant à l'intérieur du pays que sur les échanges internationaux ;
- La conservation d'une accessibilité minimum à l'ensemble des régions du pays en particulier pendant la saison pluvieuse ;
- La fluidité et praticabilité en toute saison des routes.

1. Objectifs de l'étude

a. Objectif global

L'objectif global du projet est la construction de la rue 1400 dans la ville de N'Djamena afin de faciliter la circulation des personnes et des biens. Cette rue est longue de 1050 m.

b. Objectifs spécifiques

De même, pour atteindre son objectif global, ce projet vise les objectifs spécifiques consistant à :

- Mettre en place les différents profils du projet par la conception géométrique ;
- Dimensionner la structure de la chaussée en tenant compte du trafic et des matériaux ;

- Assurer l'assainissement longitudinal et transversal ;
- Assurer le confort et la sécurité des usagers à l'aide la signalisation routière et l'éclairage public ;
- Etudier l'impact environnemental et social, et les coûts des travaux.

En effet, ce document est structuré dans l'ordre en chapitres suivants :

- Description de la zone du projet ;
- Conception géométrique ;
- Dimensionnement de la structure de la chaussée ;
- Assainissement routier ;
- Signalisation routière et éclairage public ;
- Etude d'impact environnemental et social ;
- Métré et estimation du coût du projet.

En tant qu'ingénieur, l'élaboration de ce document a aussi un objectif pédagogique qui est de pouvoir mettre en pratique la formation théorique acquise. C'est pourquoi, on doit concevoir une route à la fois apte à supporter toutes les charges qui lui sont appliquées et économiquement rentable.

CHAPITRE I : DESCRIPTION DE LA ZONE DU PROJET

N'Djaména, la capitale de la république du Tchad est située entre 15°02' de longitude Est et 12°08' de latitude nord¹ à la confluence des fleuves Logone et Chari en zone Sahélienne.

Appartenant au grand bassin du Lac Tchad, N'Djaména a un climat de type Sahélo-Saharien caractérisé par une pluviométrie moyenne annuelle variant de 500 – 700 mm² et s'étend sur deux saisons dont la saison sèche, prédominante et dure 8 mois (Octobre à Mai) alors que la saison des pluies quant à elle, s'étend seulement sur 4 mois (Juin à Septembre). Les températures maximales sont enregistrées au mois d'avril et mai et celles minimales en décembre et janvier avec une température moyenne annuelle de 28°C.

En effet, la rue 1400 faisant l'objet de cette étude se trouve dans le premier arrondissement de la ville de N'Djaména. Elle est limitée respectivement au Nord par la sous-préfecture de Mani, à l'Est par celle de Ligna et au Sud-est par Logone-Chari (voir figure N°1) :

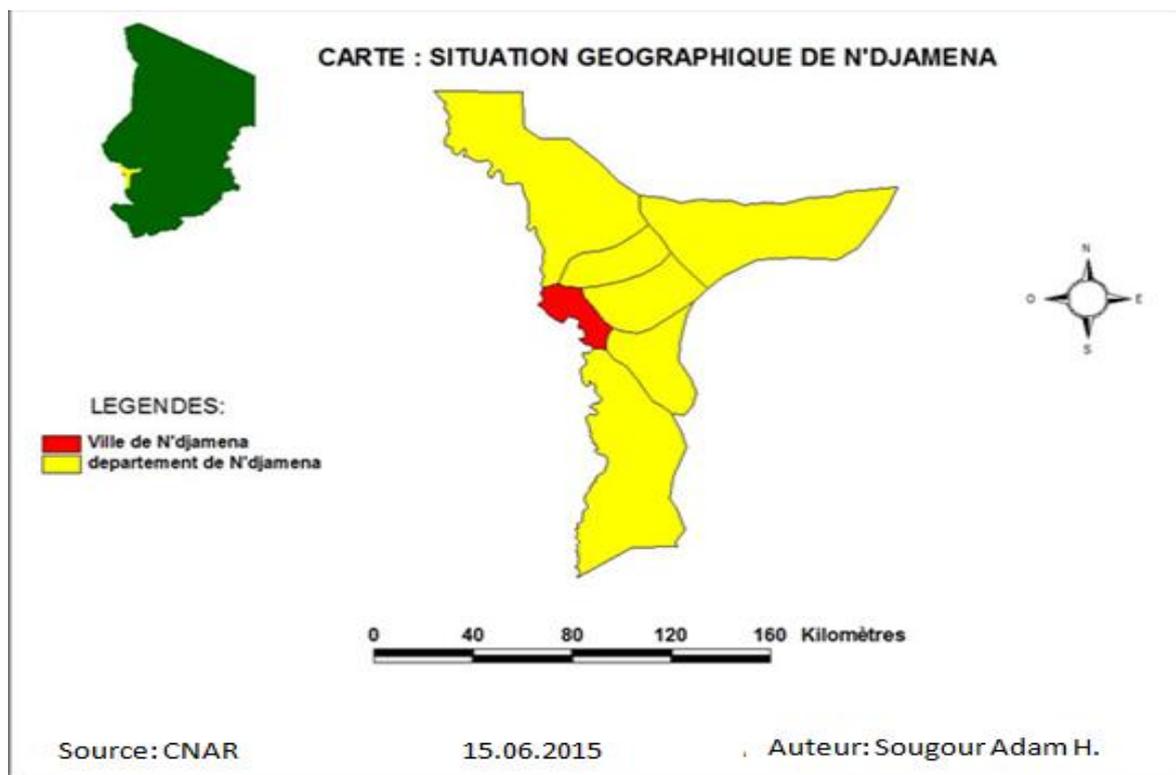


Figure N°1 : situation géographique de N'Djaména

¹ Atlas du Tchad, Août 2013

² Division de la Climatologie/Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie : DREM/Février/2012

I.1 Description de l'itinéraire

Le tronçon étudié est long d'environ 1050 m et de 40 m d'emprise. Il est situé dans une zone quasiment urbaine au cœur du quartier Farcha avec un relief du terrain moins accidenté.

Cette rue prend son origine (PK0+000) au carrefour de l'avenue NELSON MANDELA et de la rue 1431 ; et elle s'étend vers l'Ouest jusqu'à la rencontre avec la rue 1281 où elle prend fin au PK1+050 (voir la figure ci-dessous).

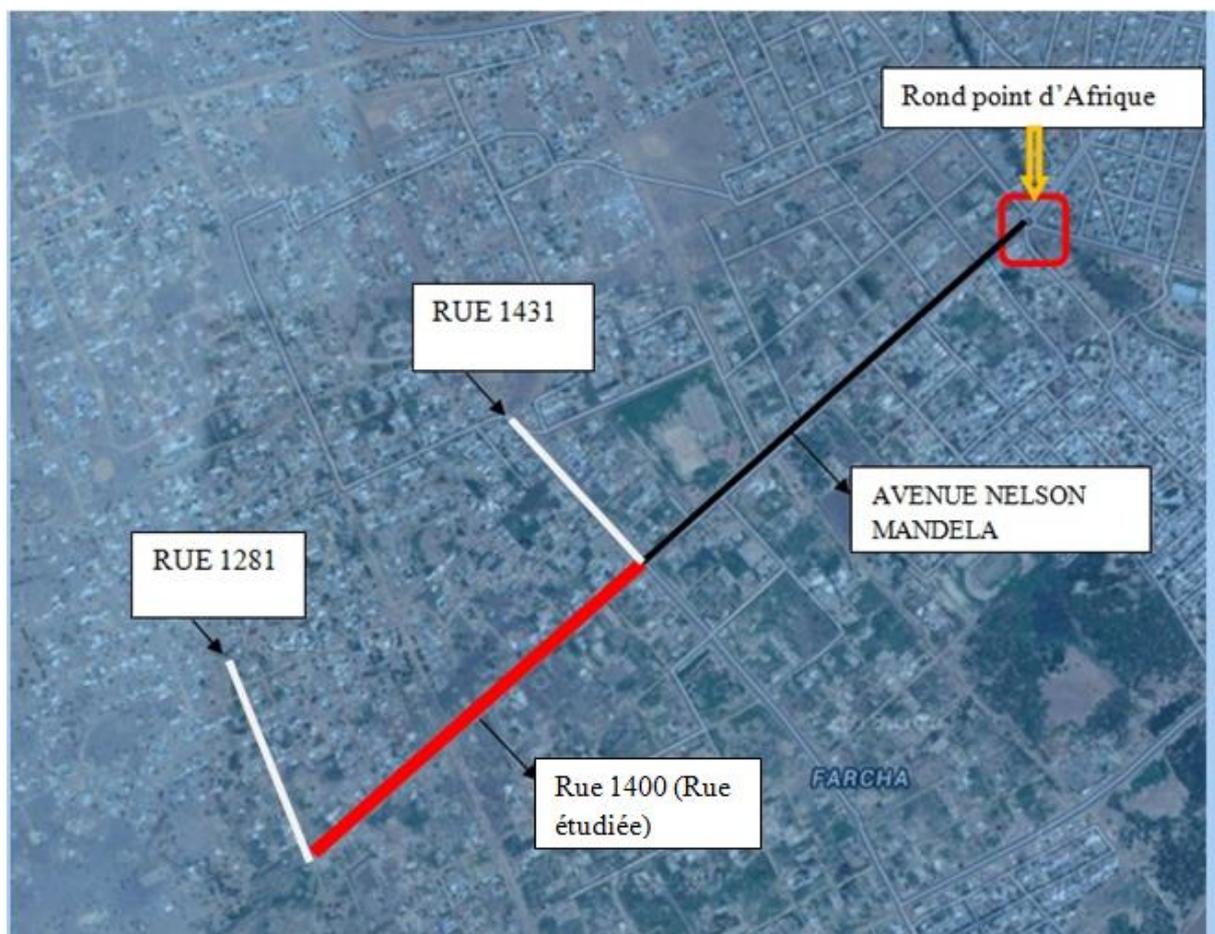


Figure N°2 : Vue de la zone d'étude

I.2 Justification du projet

La singularité du Tchad en matière de transport est l'absence des voies ferrées conjuguée avec une faible proportion de routes bitumées qui engendrent des coûts élevés de transport. De ce fait, depuis 2005, le gouvernement tchadien a adopté une stratégie nationale du secteur des transports car ce secteur est l'un des maillons de l'économie nationale. C'est pourquoi d'ailleurs les études techniques d'aménagement et de bitumage de la rue 1400

constituent une modeste contribution à la stratégie nationale du secteur de transport adoptée par le gouvernement du Tchad en 2005 pour son développement socio-économique.

I.3 Cadre logique du projet

Pour définir clairement l'approche méthodologique, l'élaboration du cadre logique s'avère indispensable (voir tableau ci-dessous) dans lequel sont inscrits les actions à mener ainsi que les résultats attendus pour chaque objectif spécifique :

Tableau N°1 : Cadre logique du projet

Objectif global : Etudes techniques d'aménagement et de bitumage de la rue 1400 dans la ville de N'djamena		
Objectifs spécifiques	Actions à mener	Résultats attendus
Conception géométrique	- Etudes topographiques de la zone du projet	Caractéristiques géométriques de la rue, les types d'aménagement
Dimensionnement de la structure de la chaussée	- Etude du trafic ; - Classification du sol - dimensionnement - Recherche des emprunts - vérification par Alizé	- classe du trafic ; - Epaisseurs provisoires de différentes couches de chaussée ; - Choix de matériaux utilisés - Epaisseurs définitives des couches
Assainissement routier	- Etude hydrologique et hydraulique: - Transversale (dalots) ; -longitudinale(caniveaux)	- surfaces et débits des bassins versants ; - Dimensionnement des ouvrages.
Signalisation routière et éclairage public	- Equipement de la rue	- confort et sécurité des usagers
Etude d'impact environnemental et social	- Analyse du site du projet ; - Analyse des effets du projet sur l'environnement ; - Analyse d'impacts liés à l'exécution du projet	- impacts du projet et leurs mesures d'atténuation ou de prévention
Métre et estimation des travaux	- Prix unitaires et quantification des différents corps d'état	- Coût global du projet

CHAPITRE II : CONCEPTION GEOMETRIQUE DE LA RUE

La conception géométrique d'un projet routier permet de définir les principales caractéristiques, notamment la vitesse de référence, les distances d'arrêt et de dépassement, le tracé en plan, les profils en long et en travers.

Pour ce chapitre, les données topographiques ont été fournies par le bureau d'études techniques (SAHEL-Consulting) ; ensuite leur traitement à l'aide des logiciels PISTE5 et Autocad a permis l'obtention des différents profils du projet ainsi que la cubature des terrassements nécessaires pour la réalisation du projet.

II.1 Eléments de base

II.1.1 Vitesse de référence

La vitesse de référence (V_r) est une vitesse conventionnellement définie en fonction des catégories de voies et qui permet de définir les caractéristiques minimales d'aménagement des points particuliers de la route (virage, rampes). C'est la vitesse qui peut être pratiquée en tout point d'un tronçon sans risque de danger.

La vitesse de référence³ est de :

- Autoroute : $100 \text{ Km/h} < V_r < 120 \text{ Km/h}$;
- Voies interurbaines: $80 \text{ Km/h} < V_r < 100 \text{ Km/h}$;
- Voies urbaines : $40 \text{ Km/h} < V_r < 80 \text{ Km/h}$

Pour la réalisation de ce projet, la vitesse de référence retenue est de 60 Km/h en raison de sa situation en zone urbaine.

II.1.2 Distances d'arrêt et de dépassement

En tout point du tracé, la visibilité doit être satisfaisante pour que le conducteur puisse voir à temps un obstacle sur la chaussée et qu'il puisse effectuer surtout des manœuvres dans des conditions de sécurité. Pour ce qui concerne l'arrêt avant un obstacle, on distingue d'abord les obstacles permanents dont la hauteur est connue et ceux imprévus dont leur hauteur est conventionnellement supposée être 0,15 m pour un œil étant placé à 1 m de hauteur et à 2 m du bord de la chaussée ou la voie sur laquelle circule le véhicule.

La distance d'arrêt en ligne droite est donnée par la formule suivante :

$$D = V_1 t + \frac{V_1^2}{2fg}$$

f : Coefficient de frottement donné par rapport à la vitesse de référence (0,46 pour 60 km/h) ;

³ Cours de route par lanciné Diabaté : 2iE

V_1 : Vitesse de référence ;

g : Intensité de pesanteur ;

t : Temps de perception de l'obstacle.

Tableau N°2 : Distance d'arrêt en ligne droite et en courbe⁴

Tableau 1 – Distances d'arrêt en ligne droite d_1 et en courbe d_2 à différentes vitesses							
V (km/h)	40	60	80	100	120	130	140
f	0,46	0,46	0,42	0,38	0,34	0,32	0,30
d_1 (m)	40	70	105	160	230	275	330
d_2 (m)	45	80	120	180	280	330	390

En outre, la distance de visibilité de dépassement est celle qui permet sur une route bidirectionnelle d'effectuer le dépassement sans ralentir le véhicule venant en sens inverse. La hauteur conventionnelle du véhicule adverse étant de 1,20 m.

II.2 Géométrie

Qu'il s'agisse d'aménager un itinéraire existant ou de créer un nouveau tracé, le projet conduit une étude globale en établissant trois catégories de dessins interdépendants : le tracé en plan, le profil en long et le profil en travers.

II.2.1 Tracé en plan

Le tracé en plan d'une route est constitué d'alignements droits (AD), de cercles et dans la plupart de cas des raccordements progressifs (clothoïdes). C'est la projection verticale de la route sur un plan horizontal imaginaire.

L'élaboration du tracé en plan permet de définir les rayons minimaux pour l'aménagement de la route. Les valeurs limites des caractéristiques géométriques pour chaque catégorie de routes sont consignées dans le tableau de paramètres fondamentaux en annexe conception géométrique. Le tracé en plan est schématisé à la figure ci-dessous et le plan en annexe conception géométrique.

⁴ Source : ICTAVRU (Instruction sur les Conditions techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines)

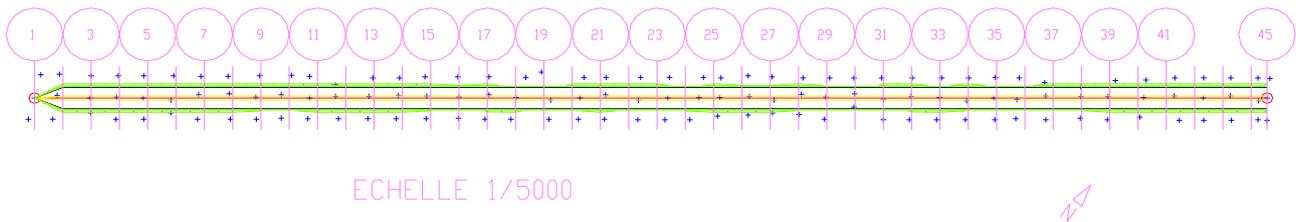


Figure N°3 : Tracé en plan

D'après le traitement effectué à l'aide du logiciel Piste5, on obtient le tracé en plan constitué d'un alignement droit.

II.2.2 Profil en long

Le profil en long est une coupe verticale du terrain naturel et du projet suivant l'axe du tracé. C'est une combinaison de courbes verticales saillantes ou rentrantes et d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pente ou rampe) pour le confort dynamique et visuel (voir le profil en long en annexe conception géométrique).

II.2.3 Profil en Travers

C'est une coupe transversale de la chaussée et ses annexes. Les profils en travers sont la base indispensable de toute étude du tracé, car ils débouchent sur l'établissement du plan, la cubature des terrassements, la fixation de l'assiette et de l'emprise.

On distingue deux types de profils en travers:

- Profil en travers type ;
- Profil en travers courant.

Le profil en travers type du tronçon présente les caractéristiques géométriques suivantes :

- Une chaussée de 2×2 voies de 3,5 m de large à 2,5% de pente latérale ;
- Accotement de 1 m de large ;
- Bordures de type T2 en rive de chaussée ;
- Terre-plein-central de 2 m de large avec bordures de type T3 ;
- Caniveaux latéraux de section 100×70 cm².

Voir plus de détails du profil en travers type du projet à la figure ci-dessous

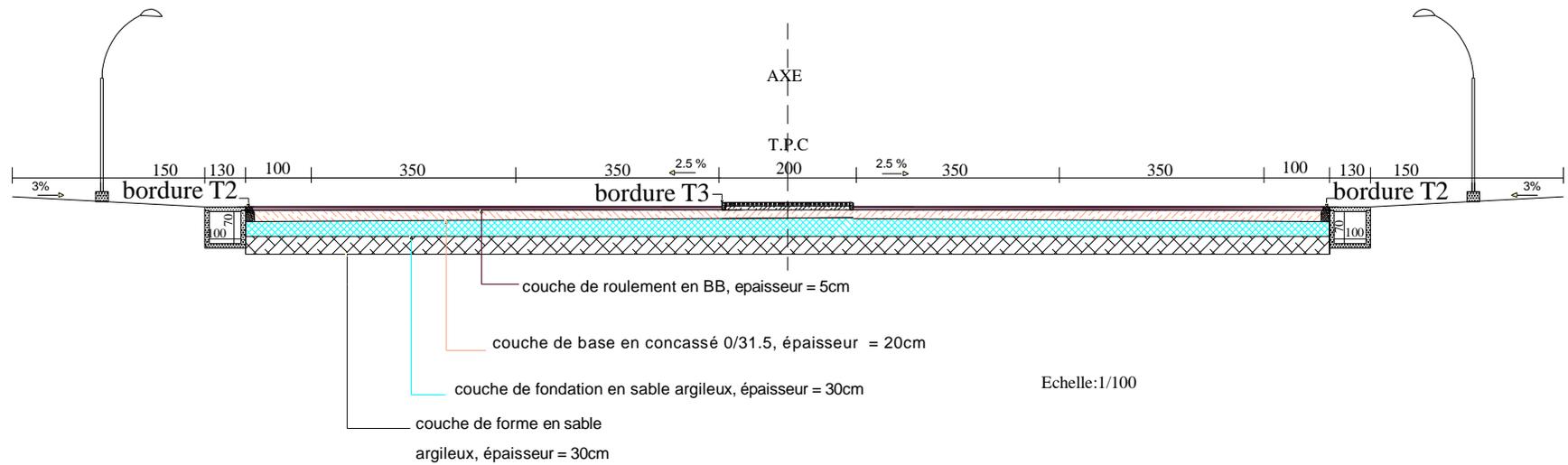


Figure N°4 : Profil en Travers type

CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE DE LA CHAUSSEE

La qualité d'un projet routier ne se limite pas seulement à l'obtention d'un bon tracé en plan et de ses profils en long et en travers. En effet, une fois réalisée, la route doit résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds. Pour cela, il faudra non seulement assurer à la route des bonnes caractéristiques géométriques, mais aussi des bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de supporter toutes les charges pratiquées.

Le dimensionnement de structures de chaussées constitue une étape importante de l'étude ; il s'agit de choisir en même temps les matériaux ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs optimales de différentes couches de la structure de chaussée ; tout cela en fonction et en tenant compte des paramètres suivants :

- Le trafic (importance de la circulation et surtout de l'intensité du trafic de poids lourds) ;
- La portance du sol support (indice CBR) ;
- La durée de vie.

Pour le dimensionnement de la présente chaussée, le choix est porté sur le Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées pour les Pays Tropicaux. Cette méthode consiste à utiliser la classe du sol support et la classe du trafic. La combinaison de ces 2 données oriente le promoteur sur le type de la chaussée correspondante.

III.1 ETUDE DU TRAFIC

Le trafic est un facteur indispensable pour l'aménagement et l'exploitation des infrastructures routières. Il nécessite de connaître tous les aspects de la circulation des automobiles.

L'étude du trafic est également importante pour :

- Dimensionner la route ;
- Eclairer certaines décisions politiques ;
- Apprécier et estimer la rentabilité des projets routiers ;
- Evaluer la valeur économique d'un projet.

L'estimation du trafic se fait de diverses façons en fonction du degré de précision des données disponibles notamment le trafic moyen journalier de toutes les catégories confondues de

véhicules, le trafic cumulé de poids lourds et celui calculé selon les équivalences d'essieux du Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées pour les Pays Tropicaux élaboré par le Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes du Bâtiment et des Travaux Publics (CEBTP).

Pour évaluer le trafic sur un tronçon, le principe est d'effectuer une opération de comptage qui consiste à recenser pendant une période donnée tous les véhicules de différentes catégories qui passent en un point donné de la route afin de déterminer avec la plus grande précision la classe du trafic pour lequel cette route sera dimensionnée.

Il est à signaler que le trafic du tronçon faisant l'objet de cette étude a été fourni par la Direction Générale des Routes du Ministère des Infrastructures, des Transports et de l'Aviation Civile en date de 2014.

Tableau N°3 : Trafic Moyen Journalier par catégorie des véhicules (source : DGR-2014)

A	D	E	F	Total
PTAC ≤ 3tonnes	PTAC > 3 tonnes	PTAC > 3 tonnes	PTAC > 5 tonnes	
Véhicules part.	camionnettes	camions	Ensemble articulé	
260	64	48	23	395

Source : DGR

III.1.1 Calcul du Trafic

Le trafic à prendre en compte pour le dimensionnement de la chaussée est le trafic de poids lourds car ce dernier est le premier facteur qui détériore les structures des chaussées dès leur mise en service.

Sont considérés comme des poids lourds, les véhicules ayant plus de 3 tonnes de poids total autorisé en charge(PTAC) affectés soit au transport de marchandises, soit au transport de personnes. De ce qui précède, le trafic moyen journalier de poids lourds pour ce tronçon vaut: $T_{jPL}=64+48+23=$ **135 PL/j** pour l'année où le comptage a été effectué.

Au préalable, les paramètres tels que la durée de vie de la chaussée et le taux d'accroissement annuel du trafic ont été fixés respectivement à 15 ans et six pour cent ($i=6\%$) en raison de l'évolution du trafic urbain de la ville de N'Djaména.

Selon l'équivalence donnée par LIDDLE (ESSAIS ASSHO), la conversion de tout le trafic en nombre d'essieux standards est nécessaire, car cette méthode permet de prendre en compte l'agressivité A de poids lourds donnée par la formule suivante :

$A = \left(\frac{P}{P_0}\right)^\alpha$ où **P** est le poids à l'essieu, **P₀** le poids standard et **α** est un coefficient et vaut 4 pour les chaussées souples. En raison de manque d'informations utiles pour l'estimation précise de cette agressivité, sa valeur est prise égale à 1 et l'essieu de référence est l'essieu standard de 13 tonnes. Par contre le trafic équivalent en essieux standards de poids lourds est égal au trafic cumulé de poids lourds.

Le trafic cumulé de poids lourds pour toute la durée de vie du projet est donné par :

$$365 \sum_{i=1}^n T_{PL} = 365 \times T_{jPL} \times \frac{(1+i)^n - 1}{i} \text{ avec:}$$

T_{jPL} : Trafic journalier de poids lourds;

T_{PL} : Trafic de poids lourds de l'année n ;

n : nombre d'années ;

i : taux d'accroissement annuel du trafic.

$$365 \sum_{i=1}^n T_{PL} : \text{Trafic cumulé pendant la durée de vie n.}$$

III.1.2 Application Au Projet

Pour ce projet, le trafic cumulé de poids lourds est :

$$T_{PL} = 365 \times T_{jPL} \times \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

$$\text{AN: } T_{PL} = 365 \times 135 \times \frac{(1+0,06)^{15} - 1}{0,06} = 1\,146\,923 \approx 1,15 \times 10^6$$

$$\text{D'où } \boxed{T_{PL} = 1,15 \times 10^6}$$

III.1.3 Classe Du Trafic

Selon le Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées pour les Pays Tropicaux, il y a cinq classes de trafic allant de T_1 à T_5 réparties comme suit (voir tableau ci-après).

Tableau N°4 : Classe du trafic en nombre cumulé de poids lourds pour l'essieu équivalent de 13 tonnes (source: CEBTP)

Essieu équivalent de 13 T
$T1 < 5 \times 10^5$
$5 \times 10^5 < T2 < 1,5 \times 10^6$
$1,5 \times 10^6 < T3 < 4 \times 10^6$
$4 \times 10^6 < T4 < 10^7$
$10^7 < T5 < 2 \times 10^7$

En se référant au tableau ci-haut, il ressort que le trafic de ce projet est de classe T₂.

III.2 Etudes géotechniques du sol support de la plate forme

Dans cette partie, il s'agit de connaître les propriétés physiques et mécaniques des sols en place grâce aux essais géotechniques réalisés au laboratoire. Pour ce tronçon, la reconnaissance des sols de la plate forme est faite par ouverture à chaque 250 m des puits manuels dont la profondeur varie de 0,25 à 1,15 m. A chaque puits, un échantillon représentatif est recueilli pour des analyses au laboratoire. Les prélèvements ont été faits comme suit :

PK0+000/D, PK0+250/G, PK0+500/D, PK0+750/G, PK1+000/D.

Les puits sont désignés par la lettre PF suivi d'un numéro d'ordre et une identification visuelle.

Parmi ces essais, On note les essais d'identification de sol (analyse granulométrique, les limites d'Atterberg) et les essais mécaniques (essai Proctor-modifié et CBR-Poinçonnement).

Voir les résultats de ces différents essais dans le tableau récapitulatif ci-dessous :

Tableau N°5 : Synthèse des résultats des essais géotechniques (source : service laboratoire de SNER)

Farcha Rue 1400 Sol Support				Passant à	% inférieur à				Limites d'Atterberg		Proctor modifié		CBR imbibé à 4 jours		Classification	
N° Ref	Sondage PK	Prof en m	Identification visuelle	100%	5mm	2mm	0,4mm	0,080mm	WL	IP	δd	Wopm	90%	95%	HRB	IG
488	0+000/D	0,40-1,00	Argile	1,25	100	100	97,6	64,2	46	18,1	17,9	13,9	1,8	3	A-7-5	14
489	0+250/G	0,50-1,10	Argile	1	100	100	96,8	64,9	44	21,1	17,2	16,1	1	1,8	A-7-6	12
490	0+500/D	0,45-1,01	Argile	0,63	100	100	98,6	61,9	37	16,8	17,9	14	1,6	3	A-6	8
491	0+750/G	0,25-1,15	Argile	0,63	100	100	98,5	82	34,5	10,1	17,9	13,4	1,6	4	A-5	9
492	1+000/D	0,40-1,00	Argile	1,25	100	100	97,6	72,7	32	7,4	18,3	13,4	2	2,6	A-5	7

D'après les valeurs de l'indice CBR à 95% obtenues, on constate que les sols ont une mauvaise portance à l'exception du puits PK0+750/G qui présente un indice CBR égal à 4, caractérisant une portance médiocre. Selon la méthode HRB (Highway Research Board) appelée aussi la classification américaine des sols, les sols de la plate forme ont été classés dans la catégorie de sols de mauvaise portance (sols argileux) grâce à leur indice de groupe donné par la formule :

$$I_g = 0,2a + 0,005ac + 0,01bd$$

Où a, b, c et d sont des coefficients dont les valeurs varient en fonction de limite de liquidité, l'indice de plasticité et du pourcentage de passants au tamis de 80µm obtenus respectivement par l'analyse granulométrique (AG) et les limites d'Atterberg.

Selon cette identification, ces sols de la plate forme sont des sols argileux de classe A-5 de PK0+750/G au PK1+000/D ; A-6 pour PK0+500/D ; et respectivement A-7-5 et A-7-6 de PK0+000/D au PK0+250/G.

Ces résultats montrent que les sols de la plate forme sont de classe S1 (CBR<5) ; il s'agit des sols gonflants.

Tableau N°6 : Portance de sols

I_{CBR}	Portance du sol
< 3	Mauvaise
3 à 8	Médiocre
8 à 30	Bonne
> 30	Très bonne

Pour compenser les insuffisances de ces sols de la plate forme, il convient de procéder à une purge afin de mettre de matériau d'emprunt de bonne portance en couche de forme. Ce nouveau matériau provient de carrière de Madaga et a les caractéristiques suivantes :

- CBR à 95% : 21 ;
- Teneur en eau optimum : $W_{opm} = 14$;
- Densité maximale : $\delta_d = 21 \text{ KN/m}^3$;
- Limite de Liquidité : $WL = 23$;
- Indice de Plasticité : $IP = 7$.

Le Guide Pratique de Dimensionnement des Chaussées pour les Pays tropicaux donne S2 comme la nouvelle classe de la plate forme à prendre en compte pour le dimensionnement de la chaussée (voir tableau ci-dessous) :

Tableau N°7 : Nouvelles classes de plate-forme après matériau d'apport

matériau d'apport		Nouvelle classe de plate-forme à prendre en compte
CBR	Epaisseur minimale en cm	
5 – 10 (S2)	45	S2
10 – 15 (S3)	35	S2
10 – 15 (S3)	45	S3
15 – 30 (S4)	30	S2
15 – 30 (S4)	35	S3
15 – 30 (S4)	50	S4

III.2.1 Dimensionnement de la Structure de Chaussée

Il y a deux principales familles de méthodes pour dimensionner une chaussée :

- Les méthodes empiriques ;
- Les méthodes rationnelles.
 - Il ya des méthodes dites rationnelles qui se basent sur des formulaires mathématiques ou graphiques pour déterminer les épaisseurs de différentes couches ; on note entre autre :
 - Méthodes CBR ;
 - Méthodes dérivées des essais AASHO, etc.
 - Et des méthodes empiriques ou de catalogues des structures dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées; à l'exemple de :
 - Le « Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux » révisé en 1984 ;

Sur la base de la méthode empirique de CEBTP (le trafic et la portance des sols de la plate forme) et en fonction des matériaux disponibles, pour un pré-dimensionnement de la structure, le guide propose plusieurs variantes pour un couple (trafic- classe du sol). Mais les deux variantes suivantes ont été retenues pour la vérification :

❖ Variante 1

- Couche de roulement : 5 cm en béton bitumineux ;
- Couche de base : 20 cm en concassé 0/D ;
- Couche de fondation : 30 cm en sable argileux.

❖ Variante 2

- Couche de roulement : 4 cm en béton bitumineux ;

- Couche de base : 15 cm en concassé 0/D ;
- Couche de fondation : 35 cm de graveleux latéritique

A cet effet, le logiciel ALIZE-LCPC est utilisé pour la vérification. A l'issue de cette vérification, il ressort les épaisseurs définitives des différentes couches de la variante correspondante.

III.3 Vérification Par Alizé-LCPC

La vérification par ALIZE-LCPC est basée sur la méthode rationnelle SETRA-LCPC. Cette méthode permet de calculer les contraintes et les déformations dans les différentes couches de la chaussée sous l'effet du trafic.

Pour ce faire, les contraintes admissibles au poinçonnement ou de pressions sont comparées aux contraintes maximales développées dans chacune des couches (la contrainte verticale σt à la surface du sol support doit être \leq à la contrainte admissible $\sigma z, adm$) ainsi que la déformation verticale limite (la déformation verticale εt à la surface du sol support doit être inférieure à la déformation admissible $\varepsilon z, adm$). Ces conditions doivent être respectées pour les autres couches.

La contrainte admissible de compression est donnée par la formule semi-empirique de Kerkhoven et Dorman qui tient compte de l'effet de répétition des charges ou trafic cumulé et l'essai CBR du matériau de la couche considérée.

$$\sigma z, adm = 0.3 \times \frac{CBR}{(1+0.7 \log N)} \text{ en MPA ou Kg/cm}^2$$

Avec $N=1,15 \times 10^6$

$$AN : \sigma z, adm = 0.3 \times \frac{21}{(1+0.7 \log 1,15 \times 10^6)} = 1,202 \text{ MPA}$$

On considère les hypothèses de base qui sont relatives à l'essieu standard de 13 tonnes :

- Essieux à roue jumelée supportant une charge de 13 tonnes ;
- Pression verticale de 0,6620 MPA ;
- Rayon de contact de 0,125 m ;
- Entraxe jumelage de 0,375.

Les interfaces entre les différentes couches sont considérées comme collées et les valeurs de ces paramètres sont définies à partir d'essais au laboratoire et de constatations expérimentales tirées des abaques du guide de conception.

Quant à la déformation admissible, elle est donnée par la formule de SETRA 1998 suivante :

$$\varepsilon z, adm = 0,012NE^{-0,222} \text{ (en mm) ou } \varepsilon z, adm = 12000NE \text{ en } \mu\text{def) avec } NE=N=1,15 \times 10^6$$

$$AN : \varepsilon z, adm = 12000 \times (1,15 \times 10^6)^{-0,222} = 541,63 \mu\text{def}$$

Tableau N°8 : Contraintes et déformations des variantes

Variante	Déformations engendrées $\epsilon z (\mu def)$	Contraintes engendrées σz (MPA)	Déformations admissibles $\epsilon z, adm$ (μdef)	Contraintes admissibles $\sigma z, adm$ (MPA)	Déflexion en mm/100
1	345,88	0,650	541,63	1,202	35,60
2	455,50	0,088	541,63	1,202	15,20

COMMENTAIRES :

On remarque que les deux variantes présentent à la fois des déformations et contraintes toutes inférieures à celles limites admissibles. Le choix de la variante convenable est donc basé sur la disponibilité des matériaux et leur coût. La variante 2 n'est pas convenable pour ce projet, car le matériau graveleux latéritique est quasiment absent dans la zone environnante.

D'où la variante 1 est retenue pour le dimensionnement de la chaussée :

❖ Variante 1

- Couche de roulement : 5 cm en béton bitumineux ;
- Couche de base : 20 cm en concassé 0/D ;
- Couche de fondation : 30 cm en sable argileux ;
- Couche de forme : 30 cm en sable argileux.

CHAPITRE IV : ASSAINISSEMENT ROUTIER

Une route qu'elle soit en remblai ou en déblai subit des risques graves d'érosion due aux eaux de ruissellement. Il convient donc d'assainir impérativement la route pour prévenir toute sorte de dégradation due à l'eau. Assainir une route, c'est mettre en place des dispositifs permettant de recueillir et évacuer les eaux superficielles et souterraines venant de la chaussée ou de zones environnantes. C'est pourquoi, on peut dire que l'assainissement routier a pour but de drainer les eaux de ruissellement et la mise hors d'eau de la plate forme routière grâce au système constitué par les ouvrages d'assainissement. La mise hors d'eau de la plate forme routière permet surtout un ruissellement rapide des eaux pluviales vers les collecteurs latéraux afin d'éviter les infiltrations dues à la stagnation des eaux sur la chaussée.

En effet, pour bien mener ce volet essentiel du projet, on procède successivement à une étude hydrologique afin de délimiter les différents bassins versants et les débits à évacuer ; une étude hydraulique pour définir les dimensions des différents ouvrages et enfin leur dimensionnement béton armé.

IV.1 Etude Hydrologique

Les études hydrologiques permettent de déterminer les débits de crue du projet afin de dimensionner les ouvrages d'assainissement pour l'écoulement longitudinal (caniveaux) et transversal (dalots). C'est le débit maximal observé pour une période de retour qui sera pris en compte pour le dimensionnement de ces ouvrages.

Pour estimer le débit du projet, un certain nombre des paramètres doivent être définis au préalable :

a. Temps de Concentration

Le temps de concentration est le temps mis par la goutte d'eau tombant sur un point le plus éloigné pour arriver à l'exutoire. Il existe plusieurs méthodes pour calculer ce temps de concentration des eaux. Le temps de concentration est estimé en utilisant la formule de KIRPICH :

$$tc = \frac{1}{52} \times \frac{L^{1,15}}{H^{0,38}} \text{ Où}$$

Tc : Temps de concentration en minute ;

L : distance en mètre 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.

b. Calcul de l'intensité de l'averse

L'intensité de l'averse est donnée par la courbe intensité-durée (temps de concentration). La courbe intensité-durée de l'ORSTOM donne pour un temps de concentration donné, l'intensité de l'averse en appliquant la formule suivante :

$I = a \times T_c^{-b}$ où a et b sont les coefficients de Montana. Dans la zone de la ville de N'Djaména, ces coefficients sont respectivement : a= 5,2 et b=0,3 pour la dernière décennie (période de retour de 10 ans)⁵.

c. Délimitation des Bassins Versants

Par manque de données, la délimitation des bassins versants a été faite par un calcul approximatif. Parmi ces données manquantes, il y a les caractéristiques géomorphologiques et pluviométriques notamment la surface de différents bassins versants du projet, leurs pentes, leurs coefficients de ruissellement. Afin de parvenir à dimensionner les ouvrages, il a été considéré comme bassins versants le voisinage du projet. Ainsi pour mieux réussir l'étude, la zone d'étude est subdivisée en 4 sous bassins versants de part et d'autre de la chaussée dont chacun est constitué de 2 sections. Les caractéristiques de ces sous bassins versants sont consignées dans le tableau ci-après :

Tableau N°9:Récapitulatif des caractéristiques des bassins versants

Bassins versants	Sections	Longueur (m)	Largeur (m)	Superficie (Km ²)	Superficie totale A _{BVi} (Km ²)
BV1	S1	450	10	0,0090	0,0270
	S2	450	40	0,0180	
BV2	S3	185	10	0,0037	0,0111
	S4	185	40	0,0074	
BV3	S5	250	10	0,0050	0,0150
	S6	250	40	0,0100	
BV4	S7	165	50	0,0083	0,0223
	S8	165	85	0,0140	

A=L.l Où :

A= Superficie du sous bassin versant

L= Longueur du sous bassin versant

l= Largeur du sous bassin versant

⁵ Service Technique de la Société Nouvelle d'Etudes et de Réalisations (SNER)

d. Calcul de Débit

Le dimensionnement des ouvrages hydrauliques est fonction du débit à évacuer qui peut être estimé par plusieurs méthodes parmi lesquelles il y a :

- La méthode ORSTOM ou méthode RODIER AUVRAY pour les bassins versants de superficies comprises entre 0,2 et 200 Km² ;
- La méthode de CAQUOT pour les petits bassins versants urbanisés de superficie inférieure à 4 km² ;
- La méthode CIEH (C. PUECH et D. CHABI GONNI) pour les bassins versants couvrant plus de 2 km² ;
- La méthode rationnelle pour les bassins versants de superficie inférieure à 4km².

La méthode rationnelle a été retenue pour le dimensionnement des ouvrages hydrauliques de ce tronçon. La formule de cette méthode est la suivante :

$$Q = K \times C \times I \times A$$

Avec K coefficient constant sans unité de valeur 0,278 si la surface est en km² ;

C : coefficient de ruissellement, égal à 0.95 pour les routes revêtues et 0.7 pour les zones à habitations individuelles et résidentielles ;

I : intensité de l'averse (en mm/h)

A : superficie du bassin versant (en km²).

Tableau N°10:Récapitulatif des débits d'apport

Bassins versants	Coefficient (C)	Temps de con. T _c (mn)	Intensité i (mm/h)	Superficie A (km ²)	Débit à évacuer Q (m ³ /s)
BV1	0.7	29	114	2,70×10 ⁻²	0,60
BV2		13	144	1,11×10 ⁻²	0,31
BV3		22	123	1,50×10 ⁻²	0,36
BV4		21	125	2,23×10 ⁻²	0,54

IV.2 Etude Hydraulique

Le but de cette étude est de dimensionner les différents dispositifs d'assainissement routier de façon à ce que leur débit capable soit supérieur au débit à évacuer pour la pluie correspondant à la période de retour afin de limiter au maximum les éventuels dégâts que causeront les eaux.

Il est à noter que pour ce tronçon, les ouvrages d'assainissement à dimensionner sont des caniveaux car il n'y a aucun ouvrage transversal sur ce tronçon.

a. Dimensionnement des caniveaux

Les caniveaux recueillent principalement les eaux venant directement de la chaussée et celles de zones environnantes. Le dimensionnement du réseau longitudinal de la route consiste à comparer le débit d'apport ou débit de ruissellement avec le débit capable de l'ouvrage hydraulique à dimensionner.

Ce principe de calcul permet de déterminer la section de l'ouvrage d'assainissement qui possède la capacité d'évacuer le débit de ruissellement.

A cet effet, le débit capable de l'ouvrage est donné par la formule de MANNING STRICKLER :

$$Q = S \times K \times Rh^{2/3} \times I^{1/2} \text{ Où}$$

Q : débit maximum en m³/s ;

K : coefficient de rugosité et égal à 67 pour les ouvrages en béton armé ;

S : section mouillée du caniveau en m² (S=b×h) ;

I : la pente d'écoulement en % ;

Rh : rayon hydraulique (Rh= S_m/P_m) avec P_m le périmètre mouillé du caniveau (p_m=b+2h).

Le calcul a été mené par itération afin de s'assurer que pour chaque type de caniveau, le débit capable soit supérieur au débit de ruissellement et également pour vérifier si la vitesse d'écoulement est comprise entre 0,6 et 3,5 m/s afin de s'assurer de l'autocurage des caniveaux.

Tableau N°11:Récapitulatif des caniveaux

Point kilométrique (km)	Type de caniveau	Section (cm×cm)	Débit capable Qc (m ³ /s)	Débit ruisselé Qr (m ³ /s)	Vitesse d'écoulement (m/s)	Longueur de l'ouvrage (m)
PK0+000 à PK0+250	C1	60×70	0,38	0,31	0,90	450
PK0+250 à PK0+500	C2	70×100	0,77	0,36	1,1	185
PK0+500 à PK0+750	C3	80×100	0,92	0,54	1,15	250
PK0+750 à PK1+050	C4	100×120	1,58	0,60	1,32	165

Après plusieurs itérations, il a été retenu le caniveau rectangulaire de section $100 \times 70 \text{ cm}^2$ pour tout le tronçon.

Selon l'ouvrage « Ponts-cadres et portiques » du SETRA, les épaisseurs de caniveaux sont déterminées par la relation suivante :

$e(m) = b/32 + 0,125$ où b désigne la base du caniveau.

AN : $e(m) = 1.3/32 + 0,125 = 0,1656 \text{ m} \approx 17 \text{ cm}$.

IV.3 Dimensionnement béton armé des ouvrages

1. Hypothèses de calcul

- **Règlements et instructions**

Les actions à considérer dans le dimensionnement des caniveaux sont celles définies par la réglementation française du fascicule N°62 titre I section I «règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et construction en béton armé suivant la méthode des états limites BAEL 91 modifié 99».

Les surcharges routières et d'exploitations sont définies selon le fascicule N°61 «conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art, titre II- programme de charges et épreuves des ponts-routes (édition 1972)» et Eurocode I : «base de calcul et action sur les structures et document d'application national».

2. Caractéristiques des matériaux

a. Béton

Poids volumique du béton : 25 KN/m^3 ;

Résistance caractéristique du béton à 28 jours :

$f_{c28} = 25 \text{ MPa}$ (contrainte à la compression) ;

$f_{t28} = 0.6 + 0.06 \times f_{c28} = 0.6 + 0.06 \times 25 = 2.1 \text{ MPA}$ (contrainte à la traction) ;

Contrainte de calcul :

$\sigma_{bc} = 0,85 \times f_{C28} / \gamma_b$ avec $\gamma_b = 1.5$

d'où $\sigma_{bc} = 0,85 \times 25 / 1,5 = 14,2 \text{ MPA}$ (contrainte à l'état limite du béton)

$\sigma_{bl} = 0,6 \times f_{C28} = 0,6 \times 25 = 15 \text{ MPA}$ (contrainte limite du béton)

b. Acier

- Nuance : acier haute adhérence Fe400 ;
- Limite d'élasticité : $f_e = 400$ MPa
- Fissuration : préjudiciable (présences des intempéries);
- Contrainte limite de traction dans les armatures :

$$\sigma_{ls} = \min \{ 2/3 \times f_e ; \max(0.5 \times f_e ; 110 \times \sqrt{\eta \times f_{t28}}) \} = 202 \text{ MPa} \text{ Avec } \eta = 1.6 \text{ (coefficient de fissuration pour les aciers HA) ;}$$

- Enrobage : 3 cm ;
- Coefficient de sécurité $\gamma_s = 1.15$

3. Dimensionnement de caniveaux

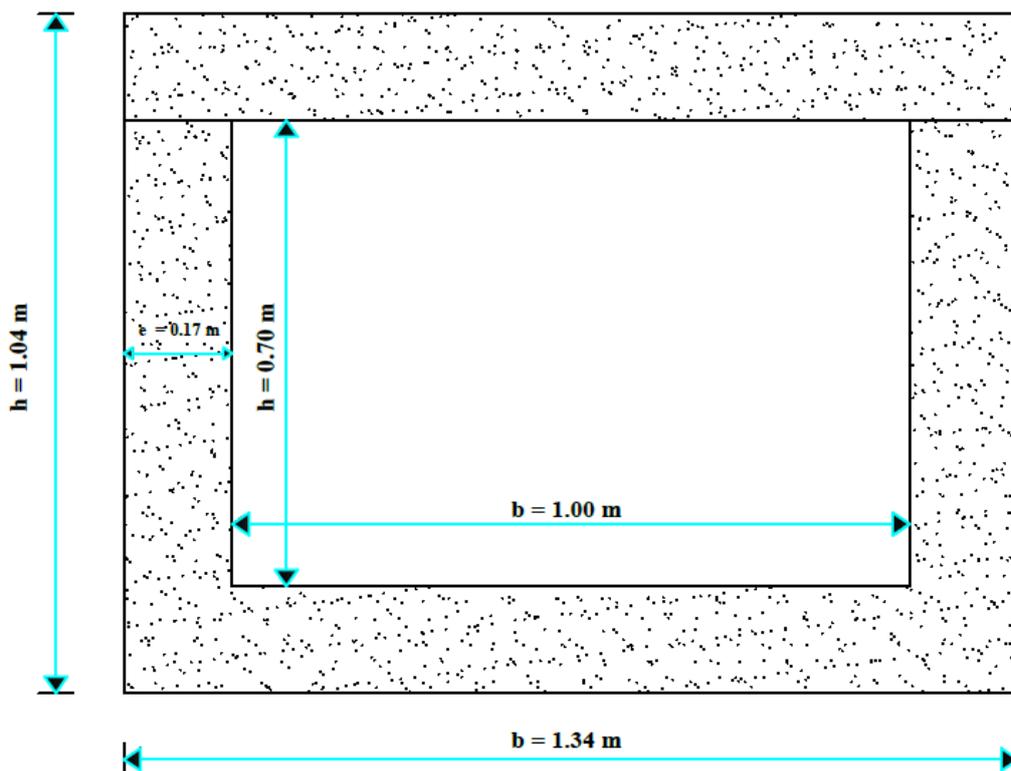


Figure N°5 : Aperçu d'un caniveau $70 \times 100 \text{ cm}^2$

• Hypothèses et charges à appliquer sur les caniveaux :

- Poids propre du béton : 25 KN/m^3 ;
- Charge centrée due au stationnement d'un véhicule de poids moyen de 16 tonnes sur deux essieux «catégorie G selon l'article 6.3.2 (garages et surfaces affectées à la circulation des véhicules) de l'Eurocode I partie 2-1» $Q = 45 \text{ KN}$,

- Masse volumique de l'eau : $\gamma_w = 10 \text{ KN/m}^3$;
- Masse volumique de la terre compactée : $\gamma_s = 19 \text{ KN/m}^3$;
- Angle de frottement interne de la terre : $\Phi = 30^\circ$;

- **Calcul de sollicitations**

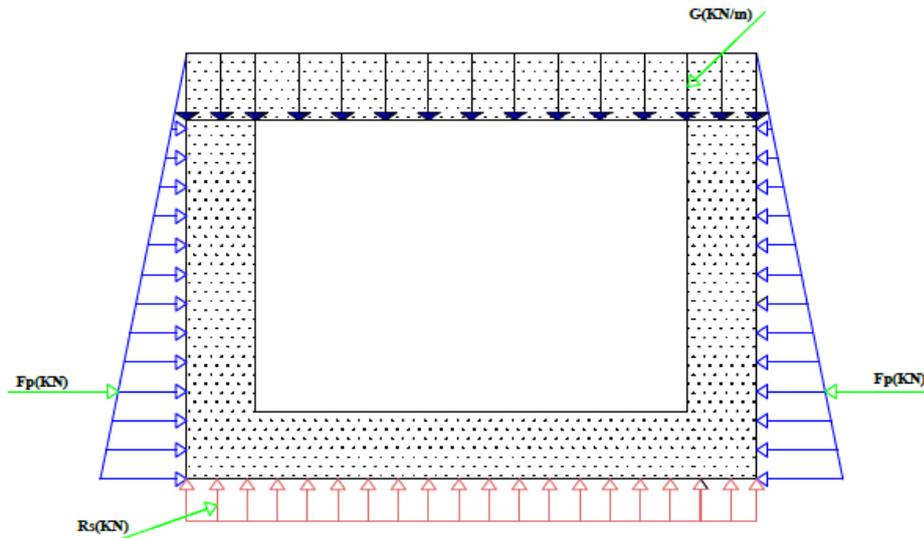


Figure N°6 : Modélisation de caniveau sous différentes sollicitations

❖ **Tablier**

Le tablier est constitué d'une dalle en béton armé d'épaisseur $e = 17 \text{ cm}$ sur deux appuis, c'est ce qui a permis de mener le calcul comme une poutre en flexion simple de largeur $b = 1.34$ et de hauteur $h = 0.17$.

La combinaison d'actions la plus défavorable correspond à l'application simultanée de charge Permanente notée G (en KN/m) et de la surcharge Q (en KN) sur cette traverse supérieure.

❖ **Voile**

Elle est soumise à la poussée des terres qui provoquent des moments fléchissants et des charges permanentes et d'exploitation qui peuvent engendrer des efforts normaux.

❖ **Radier**

On considère le cas d'un caniveau vide comme défavorable et déterminer les sollicitations maximales au niveau du radier.

Le tableau ci-dessous montre les sollicitations sur le caniveau et les détails de calculs se trouvent en annexe d'assainissement.

Tableau N°12:Récapitulatif des sollicitations sur le caniveau

<i>Parties</i>	<i>Moments (KN.m)</i>		<i>Efforts normaux (KN)</i>		<i>Efforts tranchants (KN)</i>
	Mu (ELU)	Ms (ELS)	Nu (ELU)	Ns (ELS)	Tu (ELU)
<i>Couverture</i>	24,35	16,36			38,91
<i>Voile</i>	0,94	0,70	36,05	22,89	3,24
<i>Radier</i>	12,15	8,67			38,91

Armatures

Dans le cas d'une fissuration jugée préjudiciable, l'état limite le plus déterminant est généralement l'Etat Limite de Service (ELS), mais les calculs sont faits aux 2 états limites (ELS et ELU). D'après les vérifications des calculs à l'ELU et l'ELS, les armatures calculées à l'ELU sont retenues.

Le tableau ci-après récapitule les armatures pour le caniveau 100cm×70cm.

Tableau N°13:Récapitulatif des armatures pour le caniveau

Parties	Section (cm²)	Choix des barres	Espacement (cm)
Tablier	8,91	8HA12	15
Voile	3,23	5HA8	20
Radier	4,37	7HA10	15

La figure suivante présente le plan de ferrailage de ce caniveau :

Figure N°7 : plan de ferrailage de caniveau 100×70

CHAPITRE V : SIGNALISATION ROUTIERE ET ECLAIRAGE PUBLIC

L'objet de ce chapitre est de passer en revue des équipements adéquats de la route pour assurer la sécurité des usagers.

V.1 Signalisation routière

La signalisation routière constitue le langage commun, schématisé, porteur des informations utiles aux usagers de la route. C'est l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier et destinés à assurer la sécurité des usagers. Elle comprend deux grandes parties à savoir : la signalisation horizontale caractérisée par des marquages au sol et la signalisation verticale composée des panneaux, des balises, les bornes et les feux tricolores.

a. Signalisation horizontale

La signalisation horizontale est l'ensemble des marquages sur la chaussée ; utilisés pour la réglementation de la circulation, guider les usagers. Elle comprend des lignes longitudinales continues et discontinues et des lignes transversales. Toutes ces lignes doivent être compréhensibles, précis et visibles le jour comme la nuit.

Dans le cadre de ce projet, il est question de prévoir des lignes longitudinales discontinues axiales (délimitation des voies), aux rives de chaussée, des lignes transversales continues (stop) et transversales discontinues (cédez le passage) ainsi que les marquages pour le passage des piétons. Selon nombreux ouvrages sur la conception routière, la largeur de chacune de ces lignes est définie par rapport à une largeur unité (U) et varie en fonction de type de routes :

- $U = 7,5$ cm pour l'autoroute ;
- $U = 6$ cm pour les voies urbaines ;
- $U = 5$ cm pour les autres routes.

Pour chaque type de route, les largeurs de traits sont au minimum de $2U$ pour les lignes longitudinales et de 3 à $10U$ pour celles transversales.

Pour ce projet, on a une route de type urbain, donc on adopte $U=6$ d'où $l=2U$ $l=2 \times 6=12$ cm (largeur du trait).

Marquages	Dimensions(m)	Type	Signification
	Largeur= 0,7 Longueur= 2		Marquage des ralentisseurs
	Longueur = 2,5 Largeur= 0,5	T2	Marquage Traversée des piétons
	Longueur= 0,5 Largeur= 0,5	T2	Marquage lignes d'effet de feux

Figure N°8: Schema illustratif des marquages au sol

Sont retenus pour ce tronçon, des marquages pour traversée des piétons de longueur 2,5 m et de largeur 0,5 m et des lignes d'effets de feux de longueur 0,5 m et de largeur 0,5 m.

b. Signalisation verticale

Elle est réalisée à l'aide des panneaux transmettant aux usagers de la voie publique des messages visuels grâce à leur emplacement, type, couleur et forme.

Il existe plusieurs types de panneaux de signalisation tels que :

- Panneaux de danger ;
- Panneaux relatifs aux interdictions et à la priorité de forme : triangulaire, carrée, octogonale ;
- Panneaux de prescriptions : circulaires ;
- Autres panneaux : rectangulaires à cotés horizontaux et verticaux ;

Ces panneaux de signalisation sont en général à la limite de l'accotement à une distance importante pour qu'ils ne présentent pas des risques à la circulation. Ils peuvent être placés à une hauteur d'environ 2,3m au dessus du niveau du sol surtout en zones urbaines selon les exigences de II SR-7^e partie (arrêté du 17 juin 1977).

Image	Catégorie	Signification
	A21	proximité de débouché de cyclistes situé à une distance d'environ 50 mètres
	A13b	Passage pour piétons
	B14-30	Limitation de vitesse
	A2a	Ralentisseur de type Dos d'âne
	AB25	Sens giratoire

Figure N°9 : Supports de signalisation verticale

Les panneaux suivants sont retenus pour la signalisation verticale :

- Des panneaux stop à l'intersection avec chaque rue contigüe;
- Deux panneaux de direction respectivement au PK0+000 et PK1+050 ;
- Quatre panneaux de type cédez le passage au PK0+000 ;
- Quatre feux tricolores au carrefour de l'avenue NELSON MANDELA (PK0+000).

c. Signalisation temporaire

La signalisation temporaire comprend en général des dispositifs affectés aux besoins de la circulation dans les chantiers pour sauvegarder la sécurité des travailleurs et des riverains et maintenir la fluidité du trafic. A la fin des travaux, ces panneaux seront retirés ou remplacés éventuellement par la signalisation définitive.



Figure N°10 : Quelques panneaux de signalisation temporaire

V. 2 Eclairage public

L'éclairage public offre une visibilité aux usagers de la route. Il est important lorsqu'il ya fréquemment une coexistence des piétons et des véhicules, c'est-à-dire dans des localités, zones d'habitation individuelle et résidentielle.

Il permet aux usagers de la voie publique de circuler à l'occurrence la nuit en toute sécurité vis-à-vis de la visibilité. Doter la route d'un éclairage public, c'est rendre les conditions plus aisées pour l'automobiliste, permettre la perception et la localisation des points singuliers de la route et ainsi éviter des éventuels obstacles.

a. Paramètres d'implantation des luminaires

Le choix d'implantation de luminaires dépend de :

- La hauteur (h) du luminaire qui est généralement de 8 à 10 m et parfois 12 m pour les chaussées de largeurs importantes ;
- L'espacement entre les luminaires qui varie en fonction de type de voies :
- Le type d'implantation de luminaires.

En ce qui concerne l'éclairage public de ce projet, les caractéristiques de luminaires sont évaluées forfaitairement:

- Hauteur du luminaire : $h = 8 \text{ m}$;
- Espacement entre les luminaires : $e = 22 \text{ m}$.

Pour la disposition spatiale, l'implantation bilatérale des candélabres de forme cylindro-conique en acier galvanisé à une seule crosse est choisie avec des lampes incandescentes haute pression en sodium d'une puissance de 250 Watts. L'alimentation en électricité des candélabres est assurée directement à partir du réseau de distribution public à basse tension existant. Il convient de mettre en place un coffret d'éclairage public branché au réseau existant de la Société Nationale d'Electricité (SNE).

CHAPITRE VI. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL DU PROJET

Une étude d'impact environnemental et social doit être entreprise pour un projet d'une certaine catégorie dans le souci majeur de la protection constante de la qualité de vie et des milieux naturels.

Elle est un outil de gestion de l'environnement permettant d'identifier, d'évaluer les effets directs et indirects à court, moyen et long terme d'un projet. Enfin, cette étude doit préconiser les mesures permettant de réduire les atteintes à l'environnement. C'est une politique prônée par les Etats en matière de préservation de leur environnement avant tout démarrage des travaux. L'étude d'impact environnemental et social peut être menée avec abnégation pour évaluer les impacts que produira le projet au démarrage, à la construction et à l'exploitation de l'ouvrage.

De ce fait, on essaie d'identifier les impacts négatifs, positifs du projet et proposer des mesures d'atténuation aux paragraphes suivants.

VI. 1 Identification et évaluation des impacts du projet

1. Méthode d'identification et évaluation

L'identification des impacts environnementaux concerne toute la durée du projet. Il consiste à identifier les impacts et leur importance. Pour cela, quelques critères sont utilisés afin de caractériser les impacts : la nature, l'interaction, l'intensité, la portée, la durée, la probabilité... sur les récepteurs de l'environnement comme l'air, le sol, les eaux, la végétation, la faune, le paysage, les activités économiques.

Le tableau ci-après fournit un bref résumé de cette méthode.

Tableau N°14: Matrice de caractérisation et d'évaluation d'impact environnemental

	Récepteurs d'impacts Sources d'impacts	Milieu Physique et Biologique						Milieu humain			
		Eaux de surface	Eaux souterraines	Faune	Qualité de l'air	Sols	Végétation	Activités économiques	Circulation	Emploi	Bien être des personnes
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Démarrage des travaux	Installation de chantier	A	O	O	O	N	N	P	O	P	O
	Circulation des engins	B	O	O	N	N	N	P	N	P	N
	Dépôt des matériaux déblais	C	O	O	N	N	N	O	O	O	N
Exécution des travaux	Exploitation des emprunts	D	O	O	N/P	N	N	O	N	P	N
	Travaux de maçonnerie des ouvrages	E	N	O	O	N	N	P	N	P	O
	Construction des ouvrages d'assainissement	F	N/P	O	N	N	O	O	N	P	O
	Présence de la main d'œuvre	G	N	N	N	O	N	P	O	P	N
	Repli des matériels	H	N	O	N	N	N	O	O	O	O
Exploitation de la route	Plantation d'arbres	I	O	O	P	O	P	P	O	P	P
	Entretien courant ou périodique	J	N	O	O	N	N	O	N	P	N/P
	Présence des routes aménagées	K	N	N	N	N/P	N	P	N/P	P	N/P

2. Impacts positifs

- Création d'emploi local ;
- Fluidité de la circulation et/ou amélioration de la mobilité urbaine ;
- Désenclavement des quartiers de la zone du projet ;
- Amélioration des conditions de vie de la population ;
- Réduction du coût de transport.

3. Impacts négatifs

- Nuisances sonores (bruits des engins) et vibrations ;
- Soulèvement de la poussière lors des travaux d'exécution;

Les impacts négatifs peuvent s'identifier également sur :

- La qualité de l'air et du milieu par émission des gaz par les engins ;
- Le sol (rejet des déchets de toute sorte et surtout des matériaux non biodégradables) ;
- La végétation : la coupe des arbres de l'emprise de la route
- Les eaux : toutes les phases du projet ont un impact de pollution des eaux de surface, souterraine, voire également la perturbation d'écoulement des eaux de la vanne de distribution de l'eau potable ;
- Les activités économiques de la zone.

4. Mesures d'atténuation

Il a été préconisé un nombre de mesures préventives et correctives nécessaires afin de réduire les dommages dus à l'exécution et l'exploitation du projet sur l'environnement. Ainsi pour atteindre les objectifs à court, moyen et long terme du projet, il convient de :

- Réaménager les zones d'emprunts à la fin des travaux ;
- Mener une sensibilisation de tous les acteurs intervenant dans le projet sur la nécessité de la préservation de l'environnement et de la qualité de la vie de la population ;
- Remettre en état des aires de fabrication ou de stockage;
- Arroser régulièrement les sites de travaux, les déviations à proximité du chantier pour atténuer la poussière due aux travaux du chantier ;
- Collecter les déchets produits par le chantier (huiles, pièces usées,...) pour leur destruction systématiques ou recyclage ;
- Réduire la vitesse sur le chantier en sensibilisant les chauffeurs pour assurer la sécurité et doter le chantier des dispositifs (panneaux de signalisation temporaire);
- Assurer la sécurité du personnel en équipements individuels de sécurité (casque, chaussures,...) ;
- Réaliser un recrutement local de la main d'œuvre ;
- Planter des arbres d'alignement pour l'embellissement et récompensations des arbres abattus sur l'emprise de la route

CHAPITRE VII. METRE ET ESTIMATION DU COUT DU PROJET

Ce chapitre traite une partie primordiale qui a pour but de calculer les quantités des matériaux, estimer les travaux, planifier leur approvisionnement, déterminer les prix unitaires et faire la vérification des bordereaux de prix. C'est une technique qui consiste à donner une idée précisant le coût global du projet.

VII.1 Quantification des différents corps d'état

Il s'agit d'estimer les quantités des matériaux de chaque corps d'état.

Tableau N°15: Récapitulatif des matériaux des différentes couches de la chaussée

Couches	Matériaux	Quantité (m ³)
Couche de revêtement	Béton bitumineux	840
Couche de base	Concassés 0/31,5	3780
Couche de fondation	Sable argileux	5670
Couche de forme	Sable argileux	5670

Tableau N°16: Récapitulatif des matériaux de caniveaux

Type de caniveaux	C1	C2	C3	C4
Sections (m ²)	0,6 × 0,7	0,7 × 1,0	0,8 × 0,1	1,2 × 1,0
Volume (m ³)		2 × (0,7 × 1,0 × 1050) = 1470		
Longueur (ml)		2×1050= 2100		
Quantité du béton (m ³)		1357,44		

VII.2 Estimation du Coût du projet

Le devis estimatif consiste à proposer un document détaillé comportant ouvrage par ouvrage les prix des matériaux nécessaires à l'exécution des travaux.

Tableau N°17: Devis estimatif

Désignation	PRIX TOTAL (FCFA)
INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER	83 055 900
DEGAGEMENT DE L'EMPRISE	8 919 000
TERRASSEMENT	97 144 566
CHAUSSEE	413 909 746
ASSAINISSEMENT	258 100 500
EQUIPEMENTS DE SIGNALISATION	28 315 287
ECLAIRAGE PUBLIC	163 642 325
AMENAGEMENT ENVIRONNEMENTAL	3 859 600
TOTAL HT	1 056 946 924

TVA 18%	190 250 446
TOTAL GENERAL TTC	1 247 197 370

VII. 3 Planning des travaux

Faire le planning des travaux consiste à représenter graphiquement les activités d'un projet dans le temps. La mise en place d'un plan des travaux est indispensable d'une part à l'entrepreneur, car il lui permet de respecter ses engagements dans le délai imparti ; et d'autre part au maître d'ouvrage, parce que c'est un outil de suivi de l'avancement des travaux et de prise de décisions. C'est pourquoi le planning doit être établi avec beaucoup de sérieux.

Il y a plusieurs méthodes d'élaboration de planning dont les plus courantes sont le graphique de GANTT et le graphique de PERT.

Le choix est porté sur la méthode de GANTT qui fournit un graphique plus facile et détaillé habituellement dans le secteur des travaux publics. Il s'agit d'une série de graphiques matérialisés par de barres horizontales.

VII. 3.1 Eléments de base d'un planning

Les éléments de base d'un planning sont :

- Le délai qui peut être global et/ou partiel ;
- Le rendement, lequel dépend des moyens mis en œuvre ;
- Les quantités (connues à partir du devis estimatif et quantitatif).

Il convient de prendre un rendement moyen d'une entreprise des travaux publics travaillant huit heures par jour et six jours par semaine selon le droit international de travail.

En effet, le principe de la méthode de GANTT se présente comme suit :

- Choisir une échelle du temps (jour, semaine, mois, année) ;
- Enumérer toutes les activités à entreprendre, tout en se servant du devis estimatif et quantitatif ;
- Pour chaque tâche, tracer une horizontale (bâtonnet) dans un graphique en face de l'activité. L'emplacement du bâtonnet est fonction de la date de démarrage et la durée de l'activité (voir le tableau ci-dessous).

Tableau N°18: Planning des Travaux

Mois	1er mois				2e mois				3e mois			
Semaines	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Tâches												
Installation de chantier	■											
Dégagement de l'emprise		■										
Terrassement				■								
Plate forme				■								
Couche de fondation					■							
Couche de base						■						
Couche d'imprégnation							■					
Couche d'accrochage								■				
Couche de roulement									■			
Signalisation et éclairage									■			
Repli de chantier											■	
Réception												■

CONCLUSION

La réalisation d'une route relève de plusieurs paramètres difficiles à déceler avec précision qui nécessitent de la part de l'ingénieur des connaissances tant sur les principes de dimensionnement que sur l'étude de l'impact environnemental et financier.

Toutefois, après les études géotechniques, et celles du trafic permettant de déterminer les classes respectives du sol de la plate forme et du trafic, la structure de la chaussée a été dimensionnée et la structure comprend une couche de roulement en béton bitumineux de 5 cm, une couche de base en concassé 0/31,5 de 20 cm et une couche de fondation de 30 cm de sable argileux, tout cela en fonction de la disponibilité de matériaux locaux adéquats pour sa construction. La chaussée se repose sur une couche de forme en sable argileux de 30 cm. Il s'agit d'une chaussée bidirectionnelle de 2×2 voies de 3,5 m de large séparées par un terre-plein-central de 2 m et des accotements de 1 m.

Quant à l'assainissement et la signalisation routière, il y a des caniveaux de section 100×70 cm² pour l'écoulement longitudinal des eaux ; un éclairage bilatéral et des panneaux de signalisation tout au long du tronçon.

En outre, il a été établi un devis estimatif, arrêté à la somme d'un milliard deux cents quarante-sept million cent quatre-vingt-dix-sept mille trois cents soixante-dix francs **(1 247 197 370 FCFA)** pour un délai d'exécution de **3 mois**.

En effet, la construction d'une route est certes difficile et onéreuse, mais celle-ci reste un facteur indispensable au développement socio-économique d'un pays.

De ce fait, il est souhaitable que ce projet puisse être réalisé pour pallier aux difficultés d'ordre socio-économique que rencontrent les habitants de la ville de N'Djaména, en particulier dans le premier arrondissement au quartier farcha en favorisant la mobilité urbaine de la ville.

Par ailleurs, il est à rappeler qu'on ne peut profiter pleinement des avantages de ce projet qu'en entretenant efficacement la route ainsi construite, c'est pourquoi on suggère une maintenance préventive et curative afin d'empêcher la dégradation de ce patrimoine national, car sa dégradation commence dès sa mise en service.

BIBLIOGRAPHIE

- CEBTP (REIMPRESSION AVEC MISE A JOUR 1984). GUIDE PRATIQUE DE
DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES POUR LES PAYS TROPICAUX.
R.COQUAND (1985). ROUTES – CIRCULATION – TRACE - CONSTRUCTION. LIVRE
II. 9^{IE}ME EDITION EYROLES.
- DR ISMAÏLA GUEYE (2013). COURS GEOTECHNIQUE ROUTIERE.
OUAGADOUGOU : 2IE.
- DIABATE LANCINE (2014). COURS DE ROUTE. OUAGADOUGOU : 2IE.*
- ALAIN FRERET. GUIDE PRATIQUE POUR LA CONCEPTION GEOMETRIQUE DES
ROUTES ET AUTOROUTES. EDITION EYROLLES.
FASCICULE N°61. CONCEPTION, CALCUL ET EPREUVES DES OUVRAGES D'ART,
TITRE II PROGRAMMES DE CHARGES ET EPREUVES DES PONTS-
ROUTES. 78 P.
- FASCICULE N° 62-TITRE I SECTION I. REGLES TECHNIQUES DE CONCEPTION ET
DE CALCUL DES OUVRAGES ET CONSTRUCTIONS EN BETON ARME
SUIVANT LA METHODE DES ETATS LIMITES - BAEL 91 REVISE 99. 246 P.
- IISR-7E PARTIE (ARRETE DU 16 FEVRIER 1988). INSTRUCTION
INTERMINISTERIELLE SUR LA SIGNALISATION ROUTIERE, SEPTIEME
PARTIE « MARQUAGE SUR CHAUSSEE ». 68 P.

ANNEXES

ANNEXE I: CONCEPTION GEOMETRIQUE	44
ANNEXE II: ASSAINISSEMENT ROUTIER.....	67
ANNEXE III: METRE ET ESTIMATION DU COUT DU PROJET	73

ANNEXE I: CONCEPTION GEOMETRIQUE

Tableau N°19: PARAMETRES CINEMATQUES DES PROJETS ROUTIERS

Vitesse du véhicule	V (km/h)	40	60	80	100	120	
Longueur de freinage	d_{δ} (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	d_D (m)	250	350	500	625	800
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	d_{M_d} (m)	70	120	200	300	400	

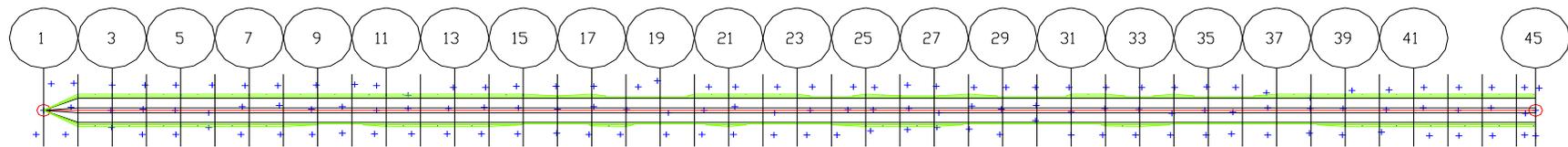
Tableau N°20: PARAMETRES FONFAMENTAUX DES PROJETS ROUTIERS

DESIGNATION DU PARAMETRE		Symbole et unité	Catégorie de Route						
			4e	3e	2e	1e	Excepti onnelle		
Vitesse de référence		V_r (Km/h)	40	60	80	100	120		
Tracé en plan	Dévers maximal		δM (%)	7	7	7	7	7	
	Rayon en plan RH(m)	Minimal absolu (dévers δM)	RHm	40	120	240	425	665	
		Minimal normal (dévers)	RHN (δ %)	120 (5%)	240 (5%)	425 (5%)	665 (4%)	1000 (4%)	
		Au dévers minimal (*)	RH'' (2.5%)	250	450	650	900	1500	
			RH'' (2%)	300	500	700	1000	1600	
Non déversé		RH'	400	600	900	1300	1800		
Profil en long	Déclivité maximale en rampe		δm (%)	8	7	6	5	4	
	Rayon avec angle saillant Rv(m)	Chaussée unidirectionnelle. (Route à 4 voies ou à 2 chaussées)	Minimal absolu	RVm1	500	1500	3000	6000	12000
		Minimal normal	RVN1	1500	3000	6000	12000	12000	
	Chaussée bidirectionn	Minimal absolu	RVm2	500	1600	4500	10000		

		elle. (Route à 2 ou 3voies)	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 route à 2 ou 3 voies			RVD (m)	2500	6500	11000	17000	28000

(*) Le dévers minimal est 2.5% pour chaussée bitumineux, 2% pour chaussée en béton de ciment

TRACE EN PLAN DU PROJET

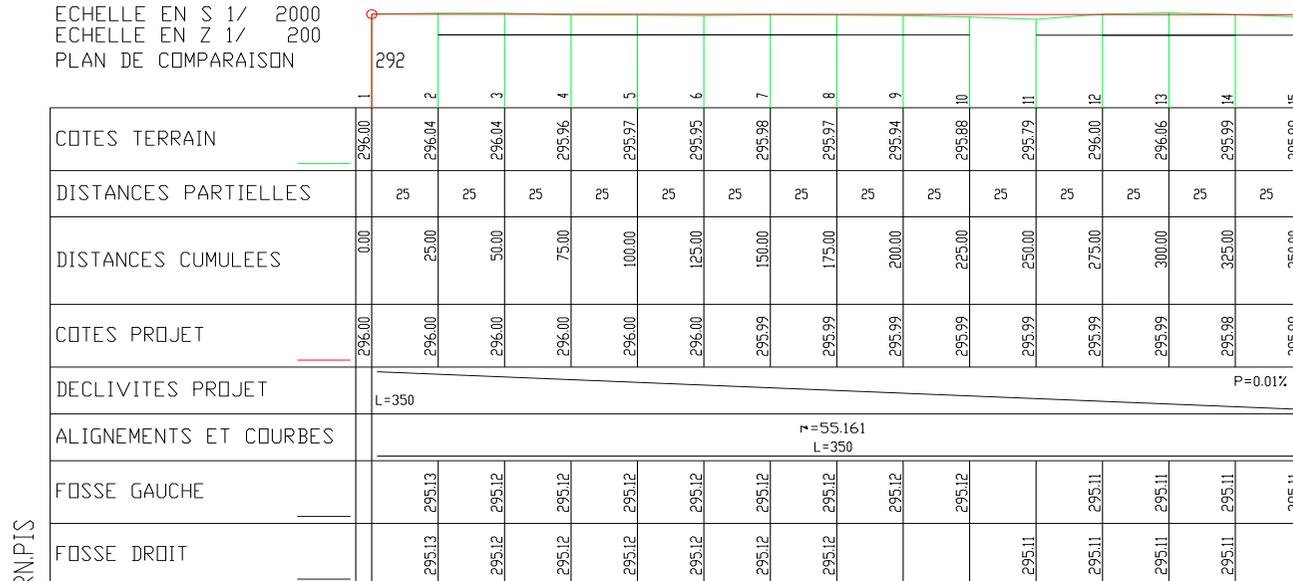


ECHELLE 1/5000



PROFIL EN LONG DU PROJET

PLANCHE 1/ 4
 ECHELLE EN S 1/ 2000
 ECHELLE EN Z 1/ 200
 PLAN DE COMPARAISON



LICENCE : 3880

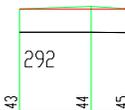
Etudes techniques d'aménagement et de bitumage de la rue 1400 dans la ville de N'Djaména

PLANCHE 3/ 4
 ECHELLE EN S 1/ 2000
 ECHELLE EN Z 1/ 200
 PLAN DE COMPARAISON

	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
COTES TERRAIN	295.56	295.31	295.70	295.84	296.09	295.98	295.82	295.77	295.91	295.97	296.07	295.93	295.95	295.87	295.94
DISTANCES PARTIELLES		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
DISTANCES CUMULEES	700.00	725.00	750.00	775.00	800.00	825.00	850.00	875.00	900.00	925.00	950.00	975.00	1000.00	1025.00	1050.00
COTES PROJET	295.96	295.96	295.96	295.96	295.96	295.96	295.96	295.96	295.95	295.95	295.95	295.95	295.95	295.95	295.95
DECLIVITES PROJET	P=0.01%														
ALIGNEMENTS ET COURBES	$r = 55.161$ $L = 350$														
FOSSE GAUCHE			295.09	295.09		295.08			295.08	295.08	295.08	295.08	295.07	295.07	295.07
FOSSE DROIT				295.09	295.08						295.08	295.08	295.07	295.07	295.07

LICENCE : 3880

PLANCHE 4/ 4
 ECHELLE EN S 1/ 2000
 ECHELLE EN Z 1/ 200
 PLAN DE COMPARAISON



RN.PIS

COTES TERRAIN	295.94	296.04	295.94
DISTANCES PARTIELLES		25	13.8
DISTANCES CUMULEES	1050.00	1075.00	1088.82
COTES PROJET	295.95	295.94	295.94
DECLIVITES PROJET		$P = 0.01\%$ $L = 38.818$	
ALIGNEMENTS ET COURBES		$R = 55.161$ $L = 38.818$	
FOSSE GAUCHE	295.07	295.07	295.04
FOSSE DROIT	295.07	295.07	295.04

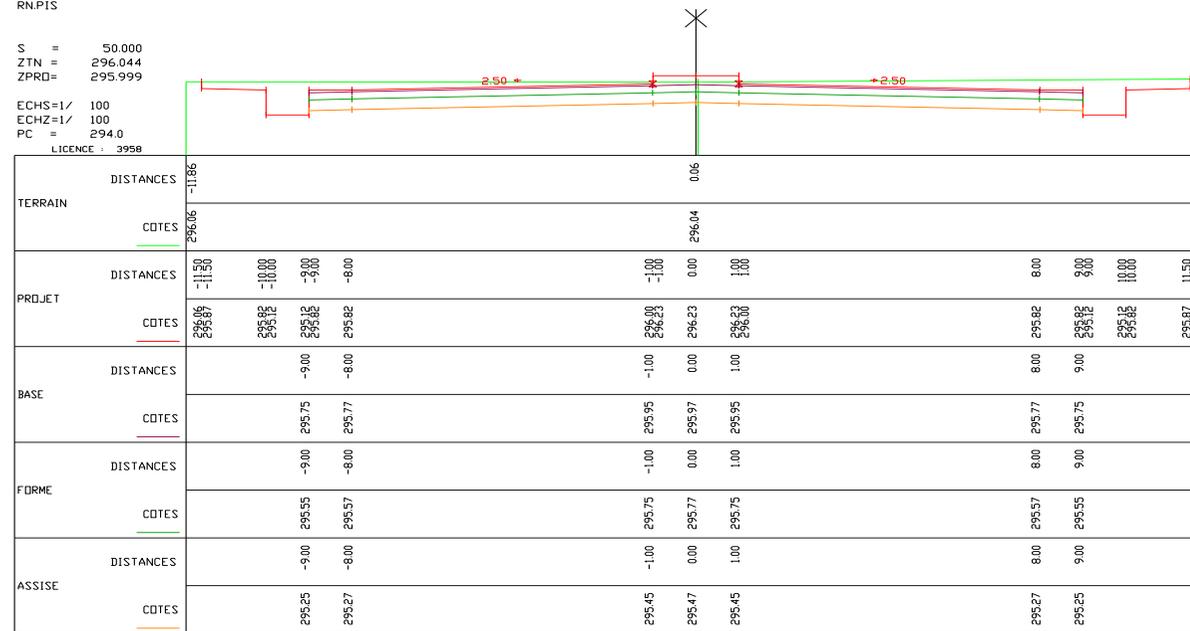
LICENCE : 3880

PROFIL 3

R.N.P.I.S

S = 50.000
 ZTN = 296.044
 ZPRD = 295.999

ECHS=1/ 100
 ECHZ=1/ 100
 PC = 294.0
 LICENCE : 3958

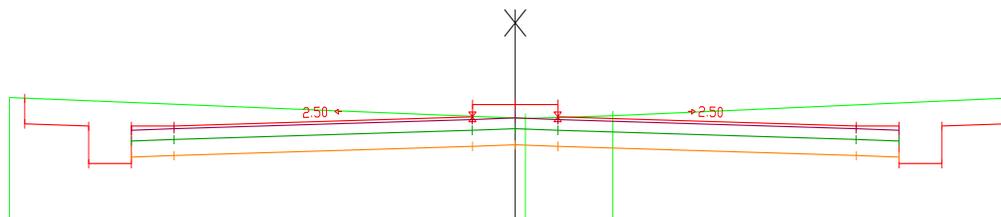


PROFIL 5

RNPIS

S = 100.000
 ZTN = 295.973
 ZPRQ = 295.997

ECHS=1/ 100
 ECHZ=1/ 100
 PC = 294.0
 LICENCE : 3958



TERRAIN	DISTANCES	-11.86			0.24		2.30			11.86		
	COTES	296.35			295.96		296.01			296.36		
PROJET	DISTANCES	-11.50	-10.00	-9.00	-8.00	-1.00	0.00	1.00	8.00	9.00	10.00	11.50
	COTES	295.84	295.82	295.82	295.82	296.00	296.23	296.00	295.82	295.82	295.82	295.84
BASE	DISTANCES		-9.00	-8.00		-1.00	0.00	1.00	8.00	9.00		
	COTES		295.75	295.77		295.95	295.97	295.95	295.77	295.75		
FORME	DISTANCES		-9.00	-8.00		-1.00	0.00	1.00	8.00	9.00		
	COTES		295.55	295.57		295.75	295.77	295.75	295.57	295.55		
ASSISE	DISTANCES		-9.00	-8.00		-1.00	0.00	1.00	8.00	9.00		
	COTES		295.25	295.27		295.45	295.47	295.45	295.27	295.25		

Etudes techniques d'aménagement et de bitumage de la rue 1400 dans la ville de N'Djaména

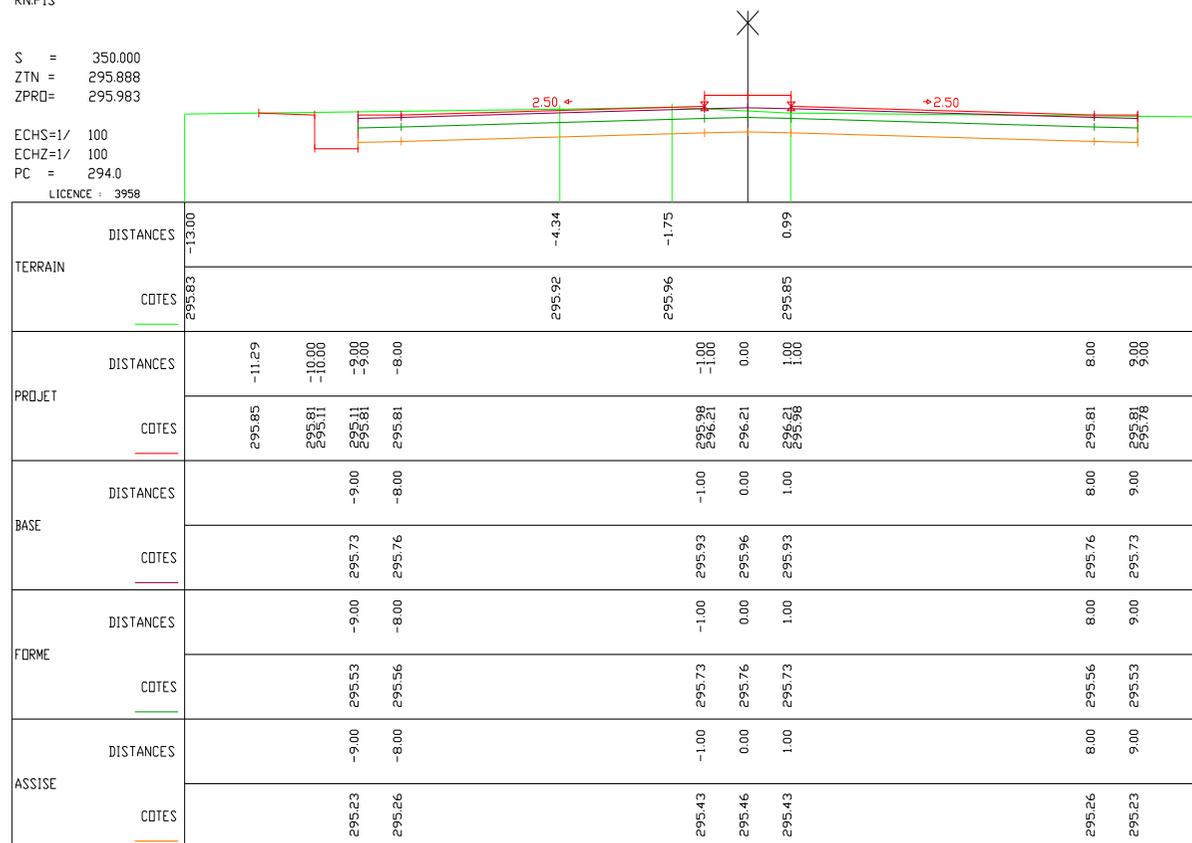
PROFIL 15

RNPIS

S = 350.000
 ZTN = 295.888
 ZPRO= 295.983

ECHS=1/ 100
 ECHZ=1/ 100
 PC = 294.0

LICENCE : 3958



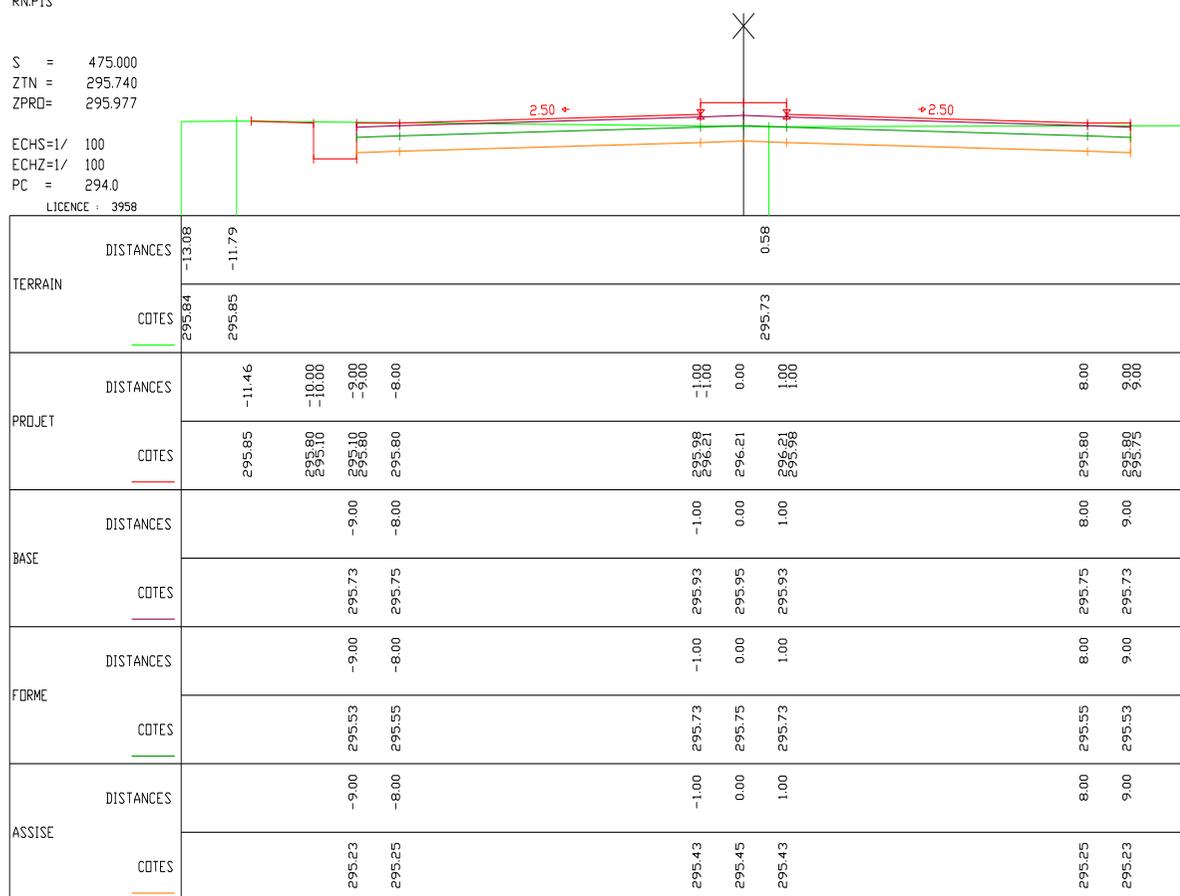
PROFIL 20

RN.PIS

S = 475.000
 ZTN = 295.740
 ZPRD= 295.977

ECHS=1/ 100
 ECHZ=1/ 100
 PC = 294.0

LICENCE : 3958



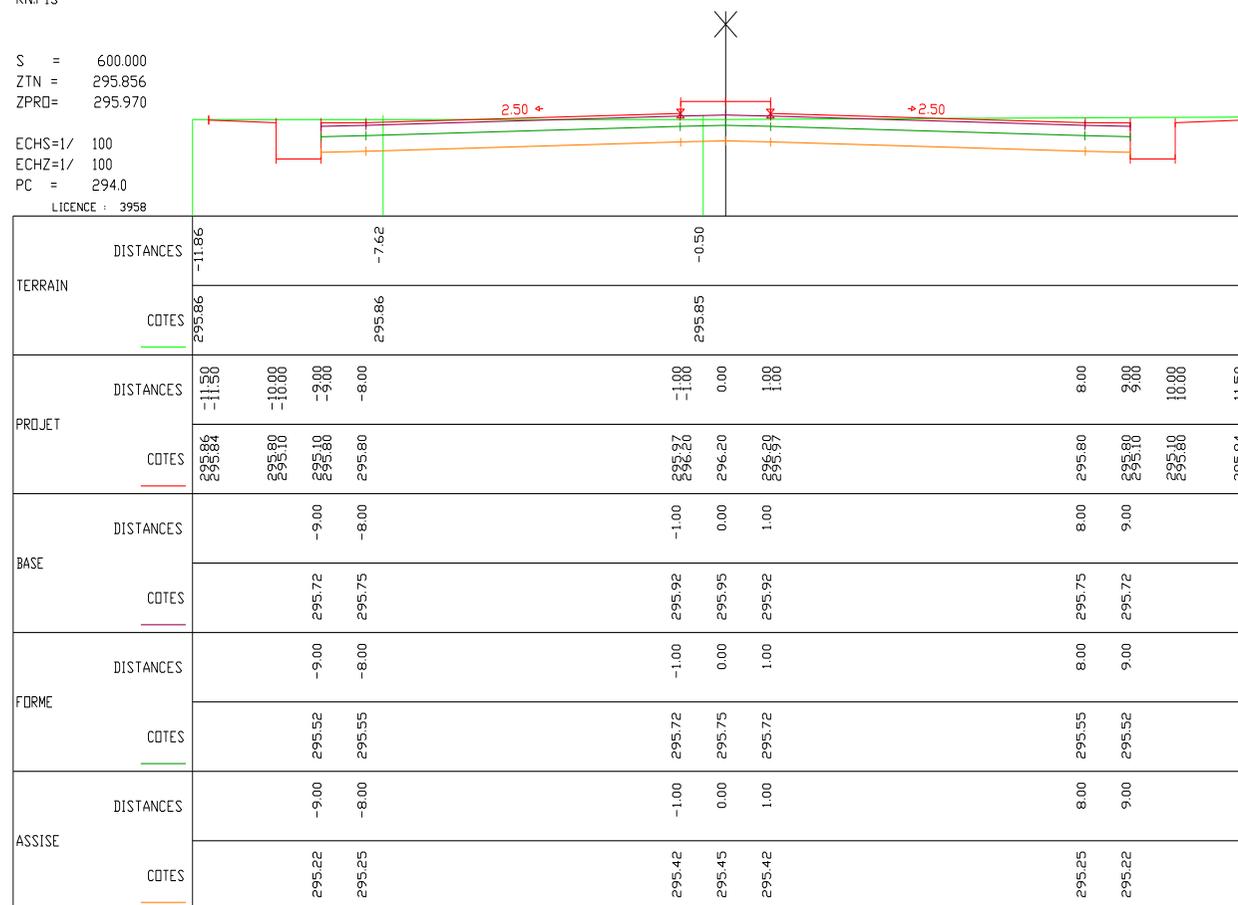
PROFIL 25

RN.PIS

S = 600.000
 ZTN = 295.856
 ZPRO= 295.970

ECHS=1/ 100
 ECHZ=1/ 100
 PC = 294.0

LICENCE : 3958

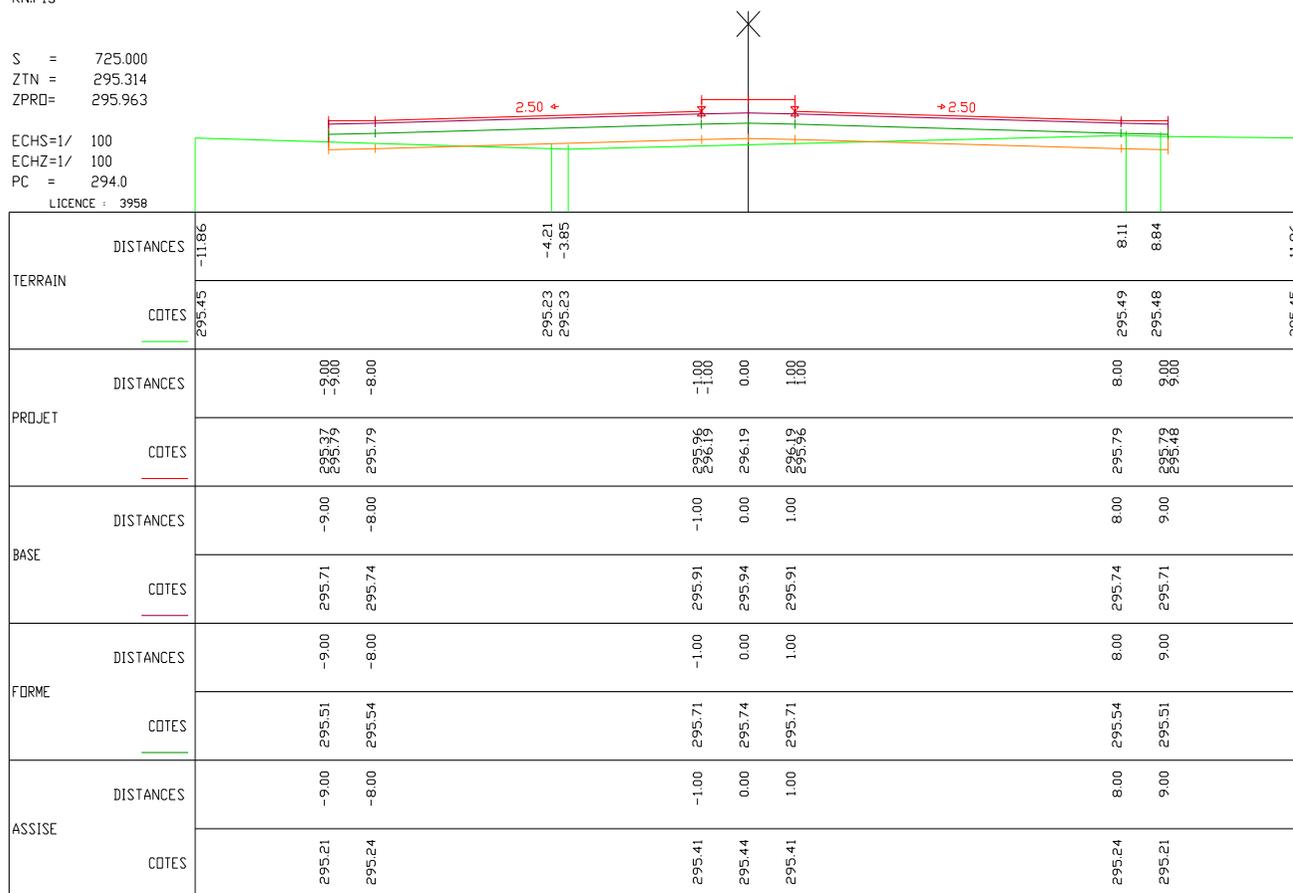


PROFIL 30

RN.PIS

S = 725.000
ZTN = 295.314
ZPRD = 295.963

ECHS=1/ 100
ECHZ=1/ 100
PC = 294.0
LICENCE : 3958

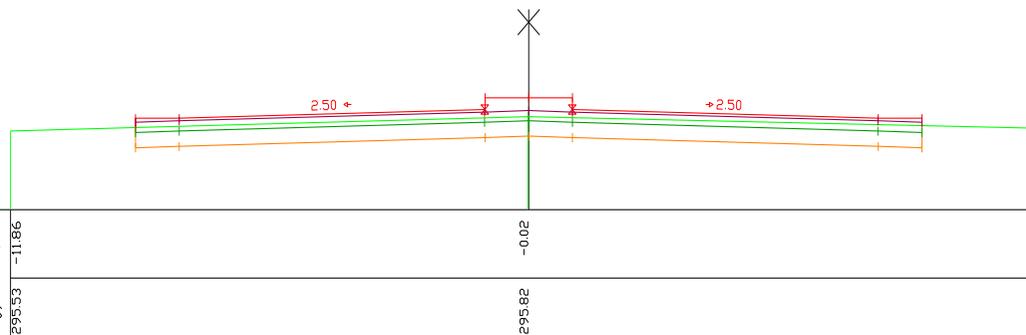


PROFIL 35

RN.PIS

S = 850.000
 ZTN = 295.817
 ZPRO= 295.957

ECHS=1/ 100
 ECHZ=1/ 100
 PC = 294.0
 LICENCE : 3958



TERRAIN	DISTANCES			-11.86			11.86
	COTES			295.53			295.59
PROJET	DISTANCES	-9.00	-8.00	-1.00	0.00	1.00	8.00
	COTES	295.60	295.78	295.96	296.19	296.19	295.78
BASE	DISTANCES	-9.00	-8.00	-1.00	0.00	1.00	8.00
	COTES	295.71	295.73	295.91	295.93	295.91	295.73
FORME	DISTANCES	-9.00	-8.00	-1.00	0.00	1.00	8.00
	COTES	295.51	295.53	295.71	295.73	295.71	295.53
ASSISE	DISTANCES	-9.00	-8.00	-1.00	0.00	1.00	8.00
	COTES	295.21	295.23	295.41	295.43	295.41	295.23

TRACE COMBINE

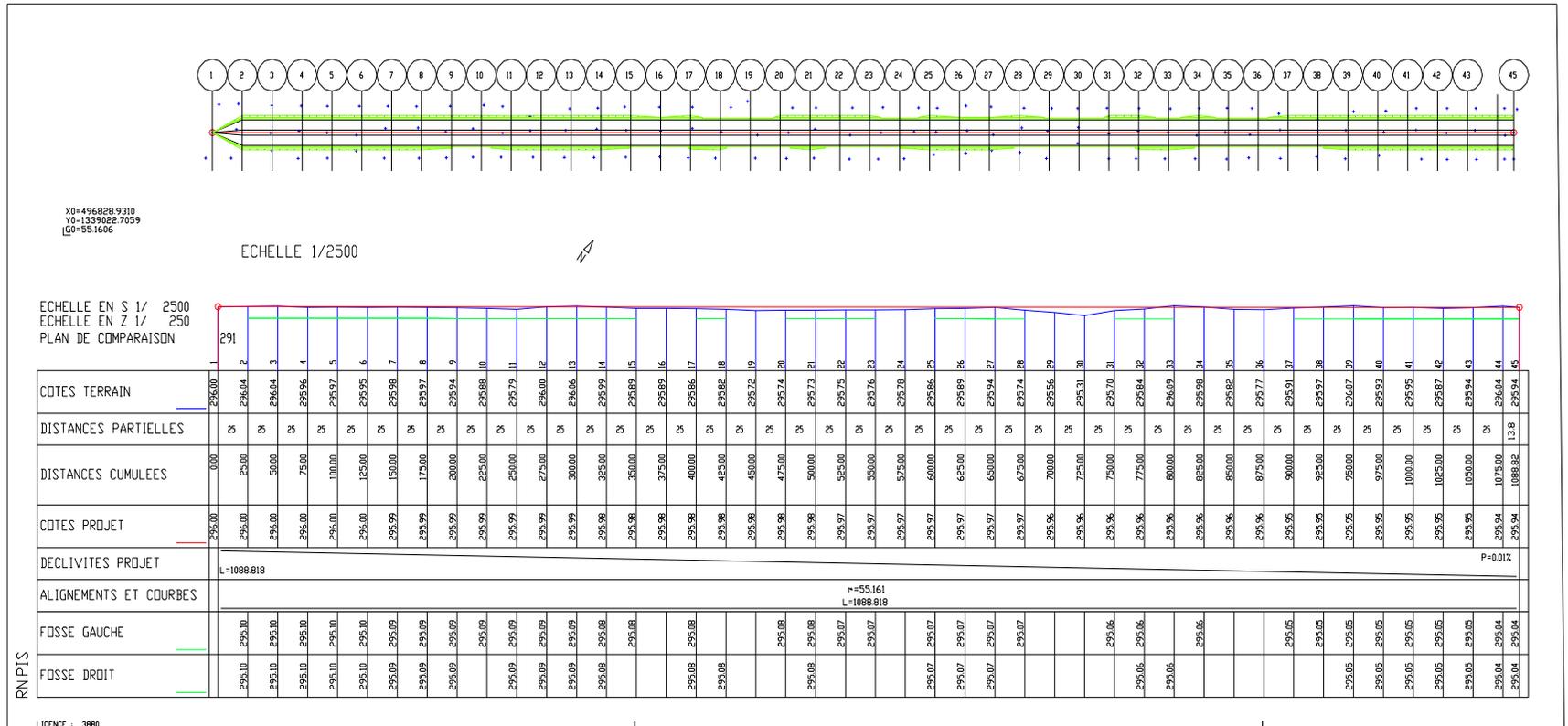


Tableau N°21 : VOLUMES TERRASSEMENT

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME
1	0.000		
2	25.000	19.8	182.1
3	50.000	19.1	154.2
4	75.000	28.3	114.4
5	100.000	24.3	233.4
6	125.000	30.1	102.7
7	150.000	25.2	101.2
8	175.000	28.0	83.5
9	200.000	37.7	65.5
10	225.000	60.6	26.7
11	250.000	69.8	57.4
12	275.000	23.4	148.0
13	300.000	16.3	226.1
14	325.000	22.6	182.3
15	350.000	49.7	27.1
16	375.000	95.5	0.4
17	400.000	51.9	44.4
18	425.000	78.0	22.4
19	450.000	151.8	0.0
20	475.000	92.1	23.4
21	500.000	92.6	42.1
22	525.000	78.5	47.7
23	550.000	101.0	35.2
24	575.000	102.2	0.0
25	600.000	46.5	63.8
26	625.000	39.4	48.8
27	650.000	30.4	59.0
28	675.000	95.4	28.1
29	700.000	191.9	0.0
30	725.000	304.1	0.0
31	750.000	128.3	20.7
32	775.000	48.9	68.5
33	800.000	27.9	46.2
34	825.000	21.7	74.0
35	850.000	116.4	0.0
36	875.000	108.5	0.0
37	900.000	41.1	47.8
38	925.000	25.4	85.3
39	950.000	12.6	132.2
40	975.000	26.4	155.5

41	1000.000	23.8	153.8	0.0
42	1025.000	33.3	128.8	0.0
43	1050.000	24.2	182.2	0.0
44	1075.000	10.7	170.9	0.0
45	1088.818	6.5	34.9	0.0
			2 662,0	3 421,0

Tableau N°22:TABULATION

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	Angle PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	296.002	296.002	496825.247	1339292.756	145.161°	2.50	-2.50
2	25.000	296.036	296.001	496845.766	1339307.038	145.161°	2.50	-2.50
3	50.000	296.044	295.999	496866.285	1339321.320	145.161°	2.50	-2.50
4	75.000	295.962	295.998	496886.804	1339335.602	145.161°	2.50	-2.50
5	100.000	295.973	295.997	496907.323	1339349.884	145.161°	2.50	-2.50
6	125.000	295.954	295.995	496927.842	1339364.166	145.161°	2.50	-2.50
7	150.000	295.984	295.994	496948.360	1339378.448	145.161°	2.50	-2.50
8	175.000	295.967	295.993	496968.879	1339392.730	145.161°	2.50	-2.50
9	200.000	295.935	295.991	496989.398	1339407.012	145.161°	2.50	-2.50
10	225.000	295.880	295.990	497009.917	1339421.294	145.161°	2.50	-2.50
11	250.000	295.793	295.989	497030.436	1339435.575	145.161°	2.50	-2.50
12	275.000	295.997	295.987	497050.955	1339449.857	145.161°	2.50	-2.50
13	300.000	296.063	295.986	497071.474	1339464.139	145.161°	2.50	-2.50
14	325.000	295.992	295.985	497091.993	1339478.421	145.161°	2.50	-2.50
15	350.000	295.888	295.983	497112.512	1339492.703	145.161°	2.50	-2.50
16	375.000	295.886	295.982	497133.031	1339506.985	145.161°	2.50	-2.50
17	400.000	295.865	295.981	497153.550	1339521.267	145.161°	2.50	-2.50
18	425.000	295.816	295.979	497174.069	1339535.549	145.161°	2.50	-2.50
19	450.000	295.715	295.978	497194.587	1339549.831	145.161°	2.50	-2.50
20	475.000	295.740	295.977	497215.106	1339564.113	145.161°	2.50	-2.50
21	500.000	295.734	295.975	497235.625	1339578.395	145.161°	2.50	-2.50
22	525.000	295.749	295.974	497256.144	1339592.677	145.161°	2.50	-2.50
23	550.000	295.757	295.973	497276.663	1339606.959	145.161°	2.50	-2.50
24	575.000	295.780	295.971	497297.182	1339621.241	145.161°	2.50	-2.50
25	600.000	295.856	295.970	497317.701	1339635.523	145.161°	2.50	-2.50
26	625.000	295.890	295.969	497338.220	1339649.805	145.161°	2.50	-2.50
27	650.000	295.945	295.967	497358.739	1339664.087	145.161°	2.50	-2.50
28	675.000	295.740	295.966	497379.258	1339678.369	145.161°	2.50	-2.50
29	700.000	295.558	295.965	497399.777	1339692.651	145.161°	2.50	-2.50
30	725.000	295.314	295.963	497420.296	1339706.933	145.161°	2.50	-2.50
31	750.000	295.704	295.962	497440.814	1339721.214	145.161°	2.50	-2.50
32	775.000	295.840	295.961	497461.333	1339735.496	145.161°	2.50	-2.50
33	800.000	296.087	295.959	497481.852	1339749.778	145.161°	2.50	-2.50
34	825.000	295.982	295.958	497502.371	1339764.060	145.161°	2.50	-2.50

35	850.000	295.817	295.957	497522.890	1339778.342	145.161°	2.50	-2.50
36	875.000	295.775	295.955	497543.409	1339792.624	145.161°	2.50	-2.50
37	900.000	295.914	295.954	497563.928	1339806.906	145.161°	2.50	-2.50
38	925.000	295.969	295.953	497584.447	1339821.188	145.161°	2.50	-2.50
39	950.000	296.074	295.951	497604.966	1339835.470	145.161°	2.50	-2.50
40	975.000	295.931	295.950	497625.485	1339849.752	145.161°	2.50	-2.50
41	1000.000	295.951	295.949	497646.004	1339864.034	145.161°	2.50	-2.50
42	1025.000	295.871	295.947	497666.523	1339878.316	145.161°	2.50	-2.50
43	1050.000	295.941	295.946	497687.041	1339892.598	145.161°	2.50	-2.50
44	1075.000	296.045	295.945	497707.560	1339906.880	145.161°	2.50	-2.50
45	1088.818	295.944	295.944	497718.902	1339914.774	145.161°	2.50	-2.50

Tableau N°23: VOLUMES CHAUSSEE

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
1	0.00					
2	25.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
3	50.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
4	75.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
5	100.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
6	125.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
7	150.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
8	175.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
9	200.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
10	225.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
11	250.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
12	275.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
13	300.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
14	325.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
15	350.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
16	375.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
17	400.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
18	425.000	135.0	90.0	17.5	3.2	13.4
19	450.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
20	475.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
21	500.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
22	525.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4

23	550.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
24	575.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
25	600.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
26	625.000	135.0	90.0	17.5	3.2	13.4
27	650.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
28	675.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
29	700.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
30	725.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
31	750.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
32	775.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
33	800.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
34	825.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
35	850.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
36	875.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
37	900.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
38	925.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
39	950.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
40	975.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
41	1000.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
42	1025.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
43	1050.000	135.0	90.0	17.5	3.1	13.4
44	1075.000	104.8	69.9	13.6	2.4	10.4
45	1088.818	37.3	24.9	4.8	0.9	3.7
		5 812	3875	753	135	576

ANNEXE II: ASSAINISSEMENT ROUTIER

I. ETUDE HYDROLOGIQUE

Epaisseur caniveau de section 70×100 cm²: $e = b/32 + 0,125 = 1.34/32 + 0,125 = 0.1656 \text{ m} \approx 17 \text{ cm}$

D'où $e = 17 \text{ cm}$

➤ **Temps de concentration :**

$$TC = \frac{1}{52} \times \frac{L^{1,15}}{H^{0,38}}$$

T_c : Temps de concentration en minute ;

L : distance en mètre 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

$$T_{C1} = \frac{1}{52} \times \frac{450^{1,15}}{0,472^{0,38}} = 29 \text{ mn}$$

$$T_{C2} = \frac{1}{52} \times \frac{185^{1,15}}{0,256^{0,38}} = 13 \text{ mn}$$

$$T_{C3} = \frac{1}{52} \times \frac{250^{1,15}}{0,169^{0,38}} = 22 \text{ mn}$$

$$T_{C4} = \frac{1}{52} \times \frac{165^{1,15}}{0,051^{0,38}} = 21 \text{ mn}$$

➤ **Intensité de l'averse :**

$I = a \times T_c^{-b}$ où a et b sont les coefficients de Montana : (a = 5,2 et b = 0,3)⁶

$$I_1 = 5.2 \times 29^{-0.3} \times 60 = 114 \text{ mm/h}$$

$$I_2 = 5.2 \times 13^{-0.3} \times 60 = 144 \text{ mm/h}$$

$$I_3 = 5.2 \times 22^{-0.3} \times 60 = 123 \text{ mm/h}$$

$$I_4 = 5.2 \times 21^{-0.3} \times 60 = 125 \text{ mm/h}$$

➤ **Debit ruisselé:**

$$Q = K \times C \times I \times A$$

Avec K coefficient constant sans unité de valeur 0,278 si la surface est en km² ;

C : coefficient de ruissellement, égal à 0.95 pour les routes revêtues et 0.7 pour les zones à habitations individuelles et résidentielles ;

I : intensité de l'averse (en mm/h)

A : superficie du bassin versant (en km²).

La valeur du coefficient de ruissellement a été prise égale à 0.7 pour ce projet.

$$Q_{r1} = 0.278 \times 0.7 \times 114 \times 0.0270 = 0.60 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{r2} = 0.278 \times 0.7 \times 144 \times 0.0111 = 0.31 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{r3} = 0.278 \times 0.7 \times 123 \times 0.0150 = 0.36 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{r4} = 0.278 \times 0.7 \times 125 \times 0.0223 = 0.54 \text{ m}^3/\text{s}$$

⁶ Service technique : SNER

II. ETUDE HYDRAULIQUE

Les calculs ont été menés par itération afin de vérifier les conditions suivantes :

- Le débit capable Q_c soit supérieur au débit ruisselé Q_r : $Q_c > Q_r$
- La vitesse $V \in [0.6 ; 3.5]$.

$Q_c = S_m \times K \times R_h^{2/3} \times I^{1/2}$ et $V = Q_c / S_m$ en m/s , avec:

Q_c : débit capable en m³/s ;

K : coefficient de rugosité et égal à 67 pour les ouvrages en béton armé ;

S_m : section mouillée du caniveau en m² ($S_m = b \times h$) ;

I : la pente d'écoulement en % ; elle est prise égale à 0.14% ;

R_h : rayon hydraulique ($R_h = S_m / P_m$) avec P_m le périmètre mouillé du caniveau ($P_m = b + 2h$) ;

a) Caniveau de section de 60×70

$$S_m = 0.6 \times 0.7 = 0.42 \text{ m}^2$$

$$P_m = 0.7 + 2 \times 0.6 = 1.9 \text{ m}$$

$$R_h = 0.42 / 1.9 = 0.22 \text{ m}$$

$$Q_{c1} = 67 \times 0.42 \times 0.22^{2/3} \times 0.14\%^{1/2} = 0.38 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 0.38 / 0.42 = 0.90 \text{ m/s} \in [0.6 ; 3.5]$$

b) Caniveau de section de 80×100

$$S_m = 0.8 \times 1.0 = 0.80 \text{ m}^2$$

$$P_m = 1.0 + 2 \times 0.8 = 2.6 \text{ m}$$

$$R_h = 0.8 / 2.6 = 0.31 \text{ m}$$

$$Q_{c2} = 67 \times 0.8 \times 0.31^{2/3} \times 0.14\%^{1/2} = 0.92 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 0.92 / 0.8 = 1.15 \text{ m/s} \in [0.6 ; 3.5].$$

c) Caniveau de section de 70×100

$$S_m = 0.7 \times 1.0 = 0.70 \text{ m}^2$$

$$P_m = 1.0 + 2 \times 0.70 = 2.40 \text{ m}$$

$$R_h = 0.70 / 2.40 = 0.29 \text{ m}$$

$$Q_{c3} = 67 \times 0.70 \times 0.29^{2/3} \times 0.14\%^{1/2} = 0.77 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 0.77 / 0.70 = 1.10 \text{ m/s} \in [0.6 ; 3.5].$$

d) Caniveau de section de 100×120

$$S_m = 1.0 \times 1.2 = 1.20 \text{ m}^2$$

$$P_m = 1.2 + 2 \times 1.0 = 3.2 \text{ m}$$

$$R_h = 1.2 / 3.2 = 0.38 \text{ m}$$

$$Q_{c4} = 67 \times 1.2 \times 0.38^{2/3} \times 0.14\%^{1/2} = 1.58 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 1.58 / 1.2 = 1.32 \text{ m/s} \in [0.6; 3.5].$$

En classant par ordre croissant les débits ruisselés et capables, on obtient :

$$Q_{r2} < Q_{r3} < Q_{r4} < Q_{r1} \Rightarrow (0.31 \text{ m}^3/\text{s} < 0.36 \text{ m}^3/\text{s} < 0.54 \text{ m}^3/\text{s} < 0.60 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$Q_{c1} < Q_{c3} < Q_{c2} < Q_{c4} \Rightarrow (0.38 \text{ m}^3/\text{s} < 0.77 \text{ m}^3/\text{s} < 0.92 \text{ m}^3/\text{s} < 1.58 \text{ m}^3/\text{s})$$

par analogie $Q_{r2} < Q_{c1}$ ($0.31 \text{ m}^3/\text{s} < 0.38 \text{ m}^3/\text{s}$) ; $Q_{r3} < Q_{c3}$ ($0.36 \text{ m}^3/\text{s} < 0.77 \text{ m}^3/\text{s}$) ; $Q_{r4} < Q_{c2}$ ($0.54 \text{ m}^3/\text{s} < 0.92 \text{ m}^3/\text{s}$) ; $Q_{r1} < Q_{c4}$ ($0.60 \text{ m}^3/\text{s} < 1.58 \text{ m}^3/\text{s}$).

D'où les conditions de départ sont vérifiées pour toutes les portions allant de PK0+000 à PK1+050; par conséquent ces caniveaux peuvent être retenus. Mais le caniveau de section $70 \times 100 \text{ cm}^2$ a été retenu dans le dimensionnement béton armé.

▪ Dimensionnement béton armé

Hypothèses de calculs :

Poids volumique du béton armé : 25 KN/m^3 ;

Masse volumique de l'eau : $\gamma_w = 10 \text{ KN/m}^3$;

Masse volumique de la terre compactée : $\gamma_s = 19 \text{ KN/m}^3$;

Angle de frottement interne de la terre : $\varphi = 30^\circ$.

Charge centrée due à l'action d'un véhicule de poids moyen de 16 t sur deux essieux.

«Catégorie G selon l'article 6.3.2 (garages et surfaces affectées à la circulation des véhicules) de l'Eurocode 1 partie 2-1» $Q = 45 \text{ KN}$.

▪ Calcul des sollicitations

1) Tablier

Le tablier a une base de 1.34 m et une épaisseur de 17 cm. Les charges permanentes et d'exploitation sont respectivement :

$$G = 0.17 \times 1.34 \times 25 = 5.70 \text{ KN/ml}$$

$$Q = 45 \text{ KN}.$$

Les combinaisons d'actions utilisées sont :

♦ Etat limite ultime (ELU) : $1.35 \times G + 1.5 \times Q$

♦ Etat limite de service (ELS) : $G + Q$

– Moment fléchissant maximal à l'ELU : $M_u = 1.35 \times MG + 1.5 \times MQ$ avec

$$MG = G \times L^2 / 8 = 1.28 \text{ KN.m}$$

$$MQ = Q \times L / 4 = 15.08 \text{ KN.m}$$

$$\text{d'où } M_u = 1.35 \times 1.28 + 1.5 \times 15.08 = 24.35 \text{ KN.m}$$

- Moment fléchissant maximal à l'ELS : $M_s = MG + MQ = 16.36 \text{ KN.m}$
- Effort tranchant maximal à l'ELU sur appuis : $T_u = 1.35 \times TG + 1.5 \times TQ$ avec

$$TG = G \times L/2 = 3.82 \text{ KN}$$

$$TQ = Q/2 = 22.5$$

$$AN : T_u = 1.35 \times 3.82 + 1.5 \times 22.5 = 38.91 \text{ KN}$$

2) voiles

Les pieds droits sont soumis aux charges permanents et d'exploitation, et les charges horizontales dues à la poussée des terres.

La valeur de la résultante des forces de poussée des terres agissant sur les voiles vaut :

$$F_p = \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma_s \times h^2 \text{ avec } K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

$$\Rightarrow F_p = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1 - \sin 30}{1 + \sin 30} \right) \times 19 \times (0.7 + 0.17)^2 = 2.40 \text{ KN}$$

$$\text{- Moment fléchissant à l'ELU : } M_u = 1.35 \times M_{Fp} = 1.35 \times \frac{1}{3} \times (0.7 + 0.17) \times 2.40 = 0.94 \text{ KN.m}$$

$$\text{- Moment fléchissant à l'ELS : } M_s = M_{Fp} = \frac{1}{3} \times (0.7 + 0.17) \times 2.40 = 0.70 \text{ KN.m}$$

$$\text{- Effort tranchant maximal à l'ELU : } T_u = 1.35 \times T_{Fp} = 1.35 \times 2.40 = 3.24 \text{ KN}$$

$$\text{- Effort normal à l'ELU : } N_u = 1.5 \times \left(\frac{Q + F_p}{2} \right) = 1.5 \times \left(\frac{2.40 + 45}{2} \right) = 36.05 \text{ KN}$$

$$\text{- Effort normal à l'ELS : } N_s = \frac{Q + F_p}{2} = \frac{2.40 + 45}{2} = 22.89 \text{ KN.}$$

3) Radier

la réaction du sol : $R_s = 2 \times P/L$ avec $P = L/2 \times G + Q/2$

$$\text{- A l'ELU : } R_{su} = 1.35 \times 5.70 + 1.5 \times 45/1.34 = 58.07 \text{ KN}$$

$$\text{- A l'ELS : } R_{ss} = 5.70 + 45/1.34 = 39.28 \text{ KN}$$

$$\text{- Moment fléchissant à l'ELU : } M_u = 1.35 \times (25 \times 1.34 \times 0.17) + 1.5 \times (25 \times 0.70 \times 0.17) = 12.15 \text{ KN.m}$$

$$\text{- Moment fléchissant à l'ELS : } M_s = (25 \times 1.34 \times 0.17) + (25 \times 0.70 \times 0.17) = 8.67 \text{ KN.m}$$

$$\text{- Effort tranchant à l'ELU : } T_u = 1.35 TG + 1.5 TQ = 38.91 \text{ KN}$$

▪ Calcul des armatures

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times \sigma_{bc}}$$

Si $\mu_u < \mu_1$ avec $\mu_1 = 0,392$, cette condition explique que les armatures à calculer sont des armatures simples. Dans le cas échéant ($\mu_u > \mu_1$), elles sont comprimées.

Données : $b = 134 \text{ cm}$ et $d = 14 \text{ cm}$

a) Tablier

♦ A l'ELU :

$$\mu_u = \frac{Mu}{b \times d^2 \times \sigma_{bc}} = \frac{24.35 \times 10^{-3}}{1.34 \times (0.14^2) \times 14.2} = 0.065 < \mu_1 = 0,392.$$

$$A_{su} = \frac{Mu}{d(1-0,4\alpha)\sigma_{ts}} ; \alpha = 1,25(1 - \sqrt{(1 - 2\mu_u)}) \Rightarrow \alpha = 1,25(1 - \sqrt{(1 - 2 \times 0.065)}) = 0.084$$

$$\Rightarrow A_{su} = \frac{24.35 \times 10^{-3}}{0.14(1-0,4 \times 0.084)202} = 8.91 \text{ cm}^2$$

♦ A l'ELS :

Mrsb (moment résistant du béton) : Mrsb = $\frac{1}{2} \times b \times y \times \sigma_{lb} \times z$, avec :

$$b = 1.34 ;$$

$$y = \frac{n \times \sigma_{lb}}{(n \times \sigma_{lb}) + \sigma_{ts}} \times d = \frac{15 \times 15}{(15 \times 15) + 202} \times 0.14 = 0.074 ;$$

$$z = d \times \left(1 - \frac{n \times \sigma_{lb}}{3 \times \sigma_{ts}}\right) = 0.14 \times \left(1 - \frac{15 \times 15}{3 \times 202}\right) = 0.12$$

$$\Rightarrow Mrsb = \frac{1}{2} \times 1.34 \times 0.074 \times 15 \times 0.12 = 89.24 \text{ KN.m} > Ms = 16.36 \text{ KN.m}$$

$$Ass = \frac{Ms}{\left(d - \frac{y}{3}\right) \times \sigma_{ts}} = \frac{16.36 \times 10^{-3}}{\left(0.14 - \frac{0.074}{3}\right) \times 202} = 7.02 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité:

$$A_{min} = \frac{0,23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = \frac{0,23 \times 1.34 \times 0.14 \times 2.1}{400} = 2.27 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 2.27 \text{ cm}^2 < A_{su} = 8.91 \text{ cm}^2$$

Choix des armatures : 8HA12

b) Voiles

♦ A l'ELU :

Soient e et e_a, respectivement l'excentricité du centre de pression par rapport au centre de gravité et l'excentricité du centre de pression par rapport aux aciers tendus.

$$e = \frac{Mu}{Nu} = \frac{0.94}{36.05} = 2.49 \text{ cm}$$

$$e_a = e + \left(d - \frac{h}{2}\right) = 2.49 + \left(0.14 - \frac{0.17}{2}\right) = 7.99 \text{ cm}$$

$$M_{UA} = Nu \times e_a = 36.05 \times 0.0799 = 2.87 \text{ KN.m}$$

$$A_{su} = \frac{M_{UA}}{\left(d - \frac{y}{3}\right) \times \sigma_{ts}} = \frac{2.87 \times 10^{-3}}{\left(0.14 - \frac{0.074}{3}\right) \times 202} = 3.23 \text{ cm}^2$$

♦ A l'ELS

$$e = \frac{Ms}{Ns} = \frac{0.70}{22.89} = 2.45 \text{ cm}$$

$$e_a = e + \left(d - \frac{h}{2}\right) = 2.45 + \left(0.14 - \frac{0.17}{2}\right) = 7.95 \text{ cm}$$

$$M_{SA} = N_s \times e_a = 22.89 \times 0.0795 = 1.99 \text{ KN.m}$$

$$Ass = \frac{M_{SA}}{\left(d - \frac{y}{3}\right) \times \sigma_{ls}} = \frac{1.99 \times 10^{-3}}{\left(0.14 - \frac{0.074}{3}\right) \times 202} = 0.85 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité:

$$A_{min} = \frac{0,23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} \times \frac{e - 0,45d}{e - 0,185d}$$

$$\Rightarrow A_{min} = \frac{0,23 \times 1,34 \times 0,14 \times 2,1}{400} \times \frac{2,45 - 0,45 \times 0,14}{2,45 - 0,185 \times 0,14} = 2,17 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 2,17 \text{ cm}^2 < A_{su} = 3,23 \text{ cm}^2.$$

Choix des armatures : 5HA8

c) Radier

◆ A l'ELU

$$\mu_u = \frac{Mu}{b \times d^2 \times \sigma_{bc}} = \frac{12,15 \times 10^{-3}}{1,34 \times (0,14^2) \times 14,2} = 0,0326 < \mu_1 = 0,392$$

$$A_{su} = \frac{M_1}{d(1-0,4\alpha)\sigma_{ls}};$$

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{(1 - 2\mu_u)}) \Rightarrow \alpha = 1,25(1 - \sqrt{(1 - 2 \times 0,0326)}) = 0,041$$

$$\Rightarrow A_{su} = \frac{12,15 \times 10^{-3}}{0,14(1-0,4 \times 0,041)202} = 4,37 \text{ cm}^2$$

◆ A l'ELS

$$Ass = \frac{Ms}{\left(d - \frac{y}{3}\right) \times \sigma_{ls}} = \frac{8,67 \times 10^{-3}}{\left(0,14 - \frac{0,074}{3}\right) \times 202} = 3,72 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité:

$$A_{min} = \frac{0,23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = \frac{0,23 \times 1,34 \times 0,14 \times 2,1}{400} = 2,27 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 2,27 \text{ cm}^2 < A_{su} = 4,37 \text{ cm}^2$$

Choix des armatures : 7HA10

ANNEXE III: METRE ET ESTIMATION DU COUT DU PROJET

- **Terrassement**

Déblais mis en dépôt : Volume = $0.55 \times 1050 \times 20.6 = 11\ 896.5\ m^3$

- **Chaussée**

Remblai pour couche de forme : Volume = $0.3 \times 1050 \times 18 = 5670\ m^3$

Remblai pour couche de fondation : Volume = $0.3 \times 1050 \times 18 = 5670\ m^3$

TVC pour couche de base 0/31.5: Volume = $0.2 \times 1050 \times 18 = 3780\ m^3$

Imprégnation au bitume fluidifié : Surface = $16 \times 1050 = 16\ 800\ m^2$

Couche d'accrochage : Surface = $16 \times 1050 = 16\ 800\ m^2$

Couche de roulement en béton bitumineux de 5 cm : Volume = $0.05 \times 1050 \times 16 = 840\ m^3$

Bordure de rive de type T2 : L = $2 \times 1050 = 2\ 100\ ml$

Bordure type T3 pour TPC : L = $2 \times 1050 = 2\ 100\ ml$

- **Assainissement**

Caniveau couvert rectangulaire en BA 100cm×70cm : L = $2 \times 1050 = 2\ 100\ ml$

- **Equipement de signalisation**

Marquage ligne stop : L = **60 ml**

Marquage ligne discontinue : L = **1050 ml**

Marquage ligne continue : L = **2100 ml**

Panneaux stop : 30

Panneaux de direction : 2

Feux tricolores : 3

- **Eclairage public**

Candélabres mono crosse : 42

Tableau N°24: Devis qualitatif et estimatif du projet

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL
I	INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER				
1	Installations générales de chantier	FF	1.00	24 916 770	24 916 770
2	Repli de chantier	FF	1.00	14 950 062	14 950 062
3	Documents d'exécution	FF	1.00	16 611 180	16 611 180
4	Plan Assurance Qualité	FF	1.00	8 305 590	8 305 590
5	Avant Projet Sommaire	FF	1.00	18 272 298	18 272 298
	SOUS TOTAL I				83 055 900
II	DEGAGEMENT DE L'EMPRISE				
1	Abatage d'arbres	U	20	121 496	2 429 920
2	Provision pour déplacement de réseaux	Provision	1	6 489 080	6 489 080
	SOUS TOTAL II				8 919 000
III	TERRASSEMENT				
1	Décapage de la terre végétale	m ²	24 780	762	18 882 360
2	Purge de terre de mauvaise qualité	m ³	5 670	8500	48 195 000
3	Déblai mis en dépôt	m ³	18 386	1 635	30 061 110
	SOUS TOTAL III				97 144 566
IV	CHAUSSEE				
1	Remblai pour couche de forme	m ³	5 670	7500	42 525 000
2	Remblai pour couche de fondation	m ³	5 670	6750	38 272 500
3	TVC pour couche de base 0/31.5	m ³	3 780	65070	245 964 600
4	Imprégnation au bitume fluidifié	m ²	16 800	650	10 920 000
5	Couche d'accrochage	m ²	16 800	350	5 880 000
6	Couche de roulement en béton bitumineux de 5 cm	m ³	840	5460	45 906 000
7	Bordure de rive de type T2	ml	2 100	4575	9 607 500
8	Bordure type T3 pour TPC	ml	1 900	3500	6 650 000
9	Pave autobloquant pour TPC	m ²	2 100	7050	14 805 000
10	Nettoyage de trottoir	m ²	5 900	1050	6 195 000
	SOUS TOTAL IV				413 909 746
V	ASSAINISSEMENT ROUTIER				

1	caniveau couvert rectangulaire en BA 100 cm × 70 cm	ml	2 100	122905	258 100 500
	SOUS TOTAL V				258 100 500
VI	EQUIPEMENT DE SIGNALISATION				
	Signalisation horizontale				
1	marquage ligne stop	ml	60	4 993	299 580
2	marquage ligne discontinue	ml	1 050	1 973	2 071 650
3	marquage ligne continue	ml	2 100	1 973	4 143 300
	Signalisation verticale				
4	Panneaux stop	U	30	1301110	3 933 345
5	Panneaux de direction	U	2	450 567	901134
6	Feux tricolores	U	4	4 241 565	16 966 278
	SOUS TOTAL VI				28 315 287
VII	ECLAIRAGE PUBLIC				
1	Fourniture et pose des candélabres mono crosse	U	42	650 000	27 300 000
2	Poste de transformation	U	2	32 055 387	64 110 774
3	Fourniture et pose des câbles BT	ml	2 200	25 349	55 767 800
4	Tableau de commande et de contrôle EP	U	2	1 791 449	3 582 898
5	Réservation des fourreaux en PVC110	ml	90	13 023	1 172 070
6	Fourniture et pose des câbles MT	ml	200	58 500	11 700 000
	SOUS TOTAL VII				163 642 325
VIII	AMENAGEMENT ENVIRONNEMENTAL				
1	plantation d'arbres	U	40	96 490	3 859 600
	SOUS TOTAL VIII				3 859 600
TOTAL HT					1 056 946 924
TVA 18%					190 250 446
TOTAL GENERAL TTC					1 247 197 370