

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO
DEPARTEMENT : BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS



*Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention
du diplôme de Licence ès-Sciences Techniques*



Présenté par : ANDRIZAKANIRINA Herison Michael
Rapporteur : Monsieur RABENATOANDRO Martin

PROMOTION : 2010

Date de soutenance : 11 Janvier 2011

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO
DEPARTEMENT : BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS



*Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention
du diplôme de Licence ès-Sciences Techniques*

**ETUDE DE LA REHABILITATION DE LA
RN 42 DU PK 0+000 AU PK 15+000
RELIANT FIANARANTSOA ISAORANA**

Présenté par : ANDRIZAKANIRINA Herison Michael

Président du jury : Monsieur RANDRIANTSIMBAZAFY Andrianirina

**Examineur : Monsieur RAZAFINJATO Victor
Madame RAVAOHARISOA Lalatiana**

Rapporteur : Monsieur RABENATOANDRO Martin

PROMOTION : 2010

Date de soutenance : 11 Janvier 2011

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS
LISTE DES TABLEAUX
LISTE DES FIGURES
LISTE DES ABREVIATIONS
LISTE DES SIGNES
LISTE DES ANNEXES
INTRODUCTION GENERALE

Première partie : GENERALITES DU PROJET

Chapitre.1 : Description du projet
Chapitre.2 : Monographie de la zone d'influence

Deuxième partie : ETUDES TECHNIQUES

Chapitre.1 : Etat général de la chaussée
Chapitre.2 : Etudes géotechniques
Chapitre.3 : Etude de l'assainissement
Chapitre.4 : Dimensionnement de la chaussée

Troisième partie : TECHNOLOGIE DE MISE EN ŒUVRE

Chapitre.1 : Terrassements
Chapitre.2 : Couche de fondation
Chapitre.3 : Couche de base
Chapitre.4 : Couche d'imprégnation
Chapitre.5 : Couche de revêtement

Quatrième partie : EVALUATION DU COUT DU PROJET ET IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Chapitre.1 : Evaluation du coût
Chapitre.2 : Impacts environnementaux

CONCLUSION GENERALE
BIBLIOGRAPHIE
ANNEXES
TABLES DES MATIERES

REMERCIEMENTS

Gloire au Bon Dieu qui nous a tout donné pour la conception et l'accomplissement de ce mémoire de fin d'études.

Nous tenons à rendre hommage à ceux qui ont rendu possible l'achèvement de cet ouvrage. Il n'aurait jamais pu être réalisé à terme sans le concours et les soutiens tant moral que financier, ainsi que l'assistance de nombreux intervenants, à qui nous voudrions adresser nos vifs et sincères remerciements :

- Monsieur ANRIANARY Philippe, Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo qui nous a offert l'opportunité d'étudier à l'Ecole et qui nous a donné son feu vert quant à la tenue de cette soutenance ;
- Monsieur RANDRIANTSIMBAZAFY Andrianirina, Chef de Département Bâtiment et Travaux Publics, qui a assuré sa responsabilité pour le bon fonctionnement des enseignements et à la satisfaction des étudiants au sein du département Bâtiment et Travaux Publics ;
- Monsieur RABENATOANDRO Martin, enseignant à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, rapporteur de ce présent mémoire, sa volonté et ses conseils nous a facilités la conception et l'élaboration de cet ouvrage. De plus, ses expériences socioprofessionnelles resteront en nous indélébiles au cours de cette étude ;
- Tous les membres du jury qui ont voulu examiner ce travail malgré leurs multiples occupations ;
- Tous les enseignants de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo qui ont contribué à notre formation ;
- Toutes les Personnes morales ou physiques qui, de près ou de loin, d'une manière ou d'une autre, ont coopéré à la réalisation de ce présent mémoire ;
- Toute ma famille pour leurs soutiens moraux et matériels tout au long des études que j'ai faites et que je souhaiterais encore à continuer.



LISTE DES TABLEAUX

Tableau N° 01 : Fokontany, Hameaux et superficie de la commune rurale de Nasandratrony

Tableau N° 02 : Fokontany, Hameaux et superficie de la commune rurale d'Isaorana

Tableau N° 03: Région climatique de fianarantsoa

Tableau N° 04 : Pluviométrie moyenne de la période 1990-1995, 2000-2002 à Beravina Fianarantsoa

Tableau N° 05 : Nombre et densité de la population de la zone d'étude

Tableau N° 06 : Prévision de la population de la zone du projet

Tableau N° 07 : Service sanitaire publics et privée de la zone d'étude

Tableau N° 08 : Superficie-Rendement et production agricole de la zone étudiée

Tableau N° 09 : Cheptel par type d'élevage dans la zone d'étude en 2006

Tableau N° 10 : Etat des lieux et aménagement

Tableau N° 11 : Localisation des emprunts

Tableau N° 12 : Localisation des carrières

Tableau N° 13 : Formule hydraulique pour un fossé de section rectangulaire

Tableau N° 14 : Valeur de μ_{LU}

Tableau N° 15 : Nomenclature des aciers

Tableau N° 16 : Trafic passé

Tableau N° 17 : Trafic actuel

Tableau N° 18 : Tableau des trafics aux nombres cumulés d'essieu standard de 13 tonnes (CEBTP)

Tableau N° 19 : Epaisseur minimale

Tableau N° 20 : Coefficient d'équivalence des matériaux





Tableau N° 21 : Bordereau Détail Estimatif

Tableau N° 22 : Récapitulation du BDE



LISTES DES FIGURES

Figure n° 1 : Localisation du projet

Figure n° 2 : Nid de poule

Figure n° 3 : Epaufrure de rive

Figure n° 4 : Ravinement longitudinale

Figure n° 5 : Fissure longitudinale

Figure n° 6 : Fissure maillé

Figure n° 7 : Peignage du revêtement

Figure n° 8 : Caractéristique du dalot au PK 6+580

Figure n° 9: Plan de ferrailage et coupe d'une dalle

LISTE DES ABREVIATIONS

ARM : Autorité Routière de Madagascar

BA : Béton Armé

BV : Bassin Versant

CA : Coefficient d'Aplatissement

CBR : Californian Bearing Ratio

CEBTP : Central Expérimental du bâtiment et des travaux publics

ECR : Emulsion Cationique Rapide

CSB2 : Centre de Santé de Base niveau 2

EDC : Enrobé Dense à Chaud

ELS : Etat Limite de Service

ELU : Etat Limite Ultime

GCNT : Grave Concassée Non Traitée

HA : Haute Adhérence

IP : Indice de Plasticité

LA : Los Angelès

MDE : Micro- Deval en présence d'Eau

MS : Matériaux Sélectionnés

OPM : Optimum Proctor Modifié

PU : Prix Unitaire

PK : Point Kilométrique

RN : Route Nationale

TTC : Toutes Taxes Comprises

W_L : Limite de Liquidité

W_p : Limite de Plasticité



LISTE DES SYMBOLES

W : Teneur en eau

ρ : Masse Volumique

δ : Coefficient de majoration dynamique

Φ : Diamètre

σ_{bc} : Contrainte du béton

σ'_{bc} : Contrainte admissible du béton

ζ'_u : Contrainte tangentielle admissible

ζ_u : Contrainte tangentielle

γ_{dmax} : Poids volumique sec maximal

θ : Coefficient de dureté d'application de charge

λ_s : Coefficient de sécurité partielle de l'acier

σ_s : Contrainte de l'acier

σ'_s : Contrainte admissible de l'acier

Q_0 : Débit nécessaire à évacuer

Q : Débit évacuable

H (24h, P) : Hauteur de pluie pendant **24h** de période **P**

I (1h, P) : Intensité de pluie pendant **1h** et de période de retour **P**

I (T_c, P) : Intensité de pluie pendant le temps de concentration **T_c** et de période de retour **P**



LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : croquis des emprunts –LNTPB

Annexe 2 : Abaque de dimensionnement de chaussée

Annexe 3 : Abaque pour la détermination de la section d'armature

Annexe 4 : Valeur de β_1 , ρ_1 et K en fonction de μ

Annexe 5 : Valeur de coefficient de ruissellement « C » selon la nature de
Couverture

Annexe 6 : Abaque pour la détermination de la vitesse et la pente critique du dalot

Annexe 7 : Schéma d'itinéraire et d'aménagement

Annexe 8 : profil en travers types

INTRODUCTION GENERALE

La route est la voie de communication la plus utilisée à Madagascar du fait de sa grande accessibilité au public.

Actuellement, les travaux de réhabilitation routière font partie des projets primordiaux pour l'Etat Malgache. De ce fait, plusieurs Routes Nationales, Régionales et Communales sont en cours de réhabilitation.

En effet le domaine routier tient une place importante pour le développement d'un pays, son existence réduit de nombreuses difficultés qui peuvent surgir à tout moment et en tous lieux.

Plusieurs routes sont maintenant délabrées à cause du vieillissement de l'infrastructure et l'insuffisance d'entretien ; Parmi celle-ci, on peut citer l'axe RNT 42 reliant le centre-ville de Fianarantsoa, la commune de Nasandratrony et la commune d'Isaorana.

D'où le choix de thème de ce mémoire **« ETUDE DE LA REHABILITATION DE LA RN42 DU PK0+000 AU PK15+000 RELIANT FIANARANTSOA – ISAORANA »**

La totalité du projet mesure 34,4 km et se situe dans la région Haute Matsiatra

Pour mener à terme l'étude, notre travail se divise en quatre grandes parties dont :

- La première La Généralités du projet ;
- La seconde les études techniques ;
- La troisième la technologie de mise en œuvre ;
- La dernière concerne l'évaluation du coût et les impacts environnementaux.



PARTIE 1 :

GENERALITES DU PROJET



Chapitre I. PRESENTATION DU PROJET

I. GENERALITES :

Le tronçon de la RN42 se développe sur environ 34,4 km entre la RN7 (de Fianarantsoa) et la ville d'Isaorana avec un parcours général sud est- nord-ouest. Elle traverse, dans un premier temps, des zones densément peuplées et très exploitées avec de grandes rizières terrassées à cause de la morphologie particulièrement articulée. Cette section avait été bitumée sur toute sa longueur, mais à ce jour à cause de l'absence d'entretien et du vieillissement de la chaussée, la couche de roulement bitumineux n'existe que sur 20 km environ. Comme il s'agit d'un tronçon routier qui permet le transit à toutes les saisons, le Gouvernement Malgache en fait une de ses premières priorités la réhabilitation de cette section.

II. LOCALISATION DU PROJET :

La RN42 étudiée se trouve dans les hauts plateaux malgaches, dans la commune de Fianarantsoa I, II, de Nasandratrony, d'Isaorana du District de Fianarantsoa II, de la région Haute Matsiatra, et du faritany de Fianarantsoa. Elle relie le centre-ville de Fianarantsoa et Isaorana. Ce présent projet consiste à étudier la réhabilitation d'un tronçon qui mesure 15 km et qui prend pour PK0+000 l'intersection avec la RN7 au centre-ville de Fianarantsoa et PK Fin à l'entrée de la commune de Nasandratrony. Cette section est partiellement bitumée.



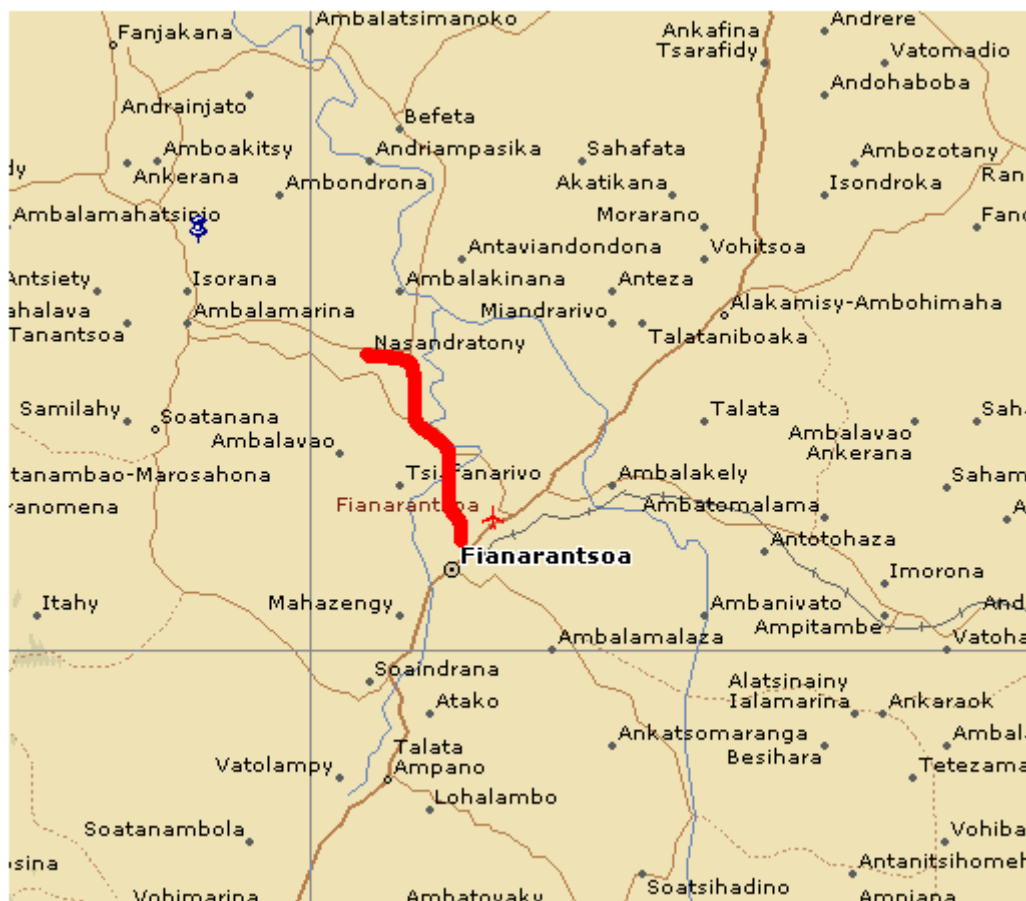


Figure n° 1 : Localisation du projet

III. CARACTERISTIQUES DE LA ROUTE ETUDIEE :

Le PK0+000 de la RN 42 est situé à l'intersection de la RN7 et la rue Prince Rakajy dans le centre-ville de Fianarantsoa. Après le carrefour avec la rue Shalava et le pont en B.A du PK0+250, la route commence à monter avec une pente atteignant 10%. La chaussée est en enduit superficiel dont la largeur varie autour de 5,70m ; Les trottoirs ont une largeur environ 1m chacun jusqu'à la hauteur de l'hôtel Mahamanina au PK0+650 où commence un profil en travers différent c'est à dire sans trottoirs et des accotements en terre. Sur les accotements il ya des poteaux électriques d' un côté de la chaussée et parfois même de chaque côté.



IV. OBJECTIF DU PROJET :

Ce projet de réhabilitation a pour objectif de :

- ❖ Désenclaver et permettre un meilleur écoulement des produits agricoles (riz et manioc) de la zone comprise entre la ville de Fianarantsoa et la commune de Nasandratrony-Isaorana-Ikalamavony ;
- ❖ Améliorer la satisfaction des besoins de la population sur les divers marchés internes qu'il dessert ;
- ❖ Garantir une dynamique échange locale qui va stabiliser les prix des produits ;
- ❖ Permettre la rapidité de l'intervention de la Gendarmerie et par suite entrainera une éventuelle baisse des vols de bétails dans la zone.



Chapitre 2. MONOGRAPHIE DE LA ZONE D'INFLUENCE

La zone d'influence de la route étudiée englobe :

- Une partie de la commune urbaine de Fianarantsoa ;
- Les deux communes rurales de Nasandratrony et d'Isaorana du district de Fianarantsoa II.

I. DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE :

La zone d'étude représente 0,7% de la superficie de la région Haute Matsiatra et 0,02% de la grande île. L'ensemble est limité par :

- Au nord, par les communes rurales d'Anjoma Itsara et d'Ambondrona ;
- Au sud, par les communes rurales de Soatanana et d'Ankarinarivo Manirisoa ;
- A l'est, par la commune rurale d'Iavinomby Vohibola ;
- A l'ouest, par la commune rurale d'Ambalamidera

Les tableaux ci-après donnent la superficie totale de la zone et des communes concernées par l'étude.

Fokontany	Nombres de hameaux	Distance par rapport au chef-lieu (km)	Superficie (km ²)
Ambalamirarisoa	6	3,5	
Ambohipihaonana	5	3	
Andrefaniavomanitra	7	3	
Iavomanitra	4	4	
Nasandratrony	6	0	
Soamiandrizafy	6	3	
Soanierana Ivinga	4	10	
Tsaramandroso Anara	4	5	
Commune rurale de Nasandratrony			58

Tableau n° 1 : Fokontany, Hameaux et superficie de la commune rurale de Nasandratrony



Fokontany	Nombres de hameaux	Distance par rapport au chef-lieu (km)	Superficie (km ²)
Amboatsiky	3	9	
Andoharena	8	11	
Isaorana	6	0	
Marolahy	6	6	
sahasoa	14	4	
Tanantsoa	5	3	
Vatambe	4	5	
Manandona	4	13	
Commune rurale d'Isaorana			85

Tableau n° 2 : Fokontany, Hameaux et superficie de la commune rurale d'Isaorana

II. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES :

A. Climat, Condition météorologique et air :

La station synoptique de Fianarantsoa (Beravina) sous la Direction de la Météorologie et de l'Hydrologie- service inter Régional sud de la météorologie et de l'Hydrologie province de Fianarantsoa---culmine à 1.106m d'altitude et permet de mesurer les pressions atmosphériques, les températures, les humidités relatives, les précipitations et les vitesses du vent.

Les stations pluviométriques d'Ambalavao sud, d'Alakamisy Ambohimaha et Ambohimasoa permet de mesurer les précipitations.

Les données météorologiques disponibles présentées ci-dessous ont été relevées sur la station synoptique de Beravina au cours des années 1990-1995-2000-2002.

Le climat de la région de Fianarantsoa est du type climat tropical d'altitude selon l'étude faite par Cornet.

Auteur	Ouest Alt<1000m	Zones occidentales Alt>1000m	Zones orientales Alt>1000m	Sommet des falaises Alt 1000m	Falaise Orientale Alt>1000m
Cornet	SH 2d	SH 2e	SH 1e	Hhe/d	Hpe

Tableau n°3 : Région climatique de Fianarantsoa



SH 2d : étage subhumide à saison sèche non atténuée par les brouillards
 $10^{\circ}\text{C} < T_m < 13^{\circ}\text{C}$

SH 2e : étage subhumide à saison sèche non atténuée par les brouillards
 $7^{\circ}\text{C} < T_m < 10^{\circ}\text{C}$

SH 1e : étage subhumide à saison sèche atténuée par les brouillards
 $7^{\circ}\text{C} < T_m < 10^{\circ}\text{C}$

Hhe/d : étage humide – sous étage humide $T_m < 13^{\circ}\text{C}$

Hpe : étage humide – sous étage per humide $13^{\circ}\text{C} < T_m < 17^{\circ}\text{C}$

Tm : moyenne des températures minimale du mois le plus froid.

Le trait marquant est l'évolution rapide des conditions climatiques sur une distance de 80 km, car on passe du climat per humide à l'est au climat subhumide à l'ouest.

B. Pluviométrie :

Dans la région Haute Matsiatra, les isohyètes annuelles sont au niveau 800-900 mm avec une légère augmentation jusqu'à 1.400 mm au fur et à mesure que l'on monte vers le Nord et allant jusqu'à 2000 mm à la frontière est de la région. Vers le sud et sud-ouest de la région, on remarque une nette stabilisation des courbes isohyètes avec leurs étalements dans l'espace.

La période pluvieuse commence en octobre. La quantité des pluies reçue la plus importante est entre le mois de décembre et le mois de janvier. Celle-ci décroît rapidement au mois d'avril et Mai.

La période sèche coïncide avec le mois de Mai au mois d'octobre au cours de laquelle sont enregistrées des précipitations sous formes de crachin.

Station	Altitude (m)	Période	Pluviométrie annuelle (mm)	Nombre de mois secs	observation
BERAVINA	1.106	- 1990-1995 - 2000-2002	- 1.074,2 - 1125,5	- 5 - 5	Relevés de 1993 non disponible

Tableau n°4 : Pluviométrie moyenne de la période 1990-1995, 2000-2002 à Beravina Fianarantsoa

Source : Service interrégional sud de la Météorologie et de l'Hydrologie de Fianarantsoa



C. Relief :

La région Haute Matsiatra présente un relief montagneux, heurté par des massifs vigoureux isolés et sillonnés par des dépressions étroites. L'agencement du relief peut se concevoir à partir de l'Andringitra qui s'élève brusquement (pic Bobby : 2.600m) au-dessus du seuil de Ranotsara et qui s'étend, le long de la RN7 et la partie méridionale des hautes terres centrales qui correspond à la zone d'affleurement la moins large du socle ancien. Les zones étudiées présentent un relief tourmenté et offrent des paysages de rizières en gradins typiques.

D. Pédologie :

La région Haute Matsiatra est caractérisée par des sols ferralitiques jaunes /rouges et rouge, de superficies assez importantes, mais discontinues. On trouve la présence des sols ferrugineux tropicaux qui couvrent la partie centrale de la région. Cet ensemble est réuni dans l'espace de la région par des sols peu évolués, ainsi que des sols dunaires sableux. Les terrasses rizicoles (kipahy) constituent une particularité de la région. Les bas-fonds portent essentiellement des sols hydro morphes à Gley. Leur mise en valeur a commencé depuis l'installation de la population dans la zone et comporte 2 aspects : aménagement et mise en culture. Pour pallier l'insuffisance des bas-fonds et profitant des possibilités de captage d'eau en hauteur, les paysans ont installé des terrasses irrigables sur les flancs des collines.

E. Ressources en eau :

L'hydrographie de la région Haute Matsiatra est caractérisée par le bassin versant du MANGOKY. Le réseau hydrographique de ce bassin versant prend sa source dans les régions Haute Matsiatra et d'Ihorombe (rivière Manantanana-zomandao et Ihosy). Sa superficie totale est de 55.750 km² et il se déverse dans le canal de Mozambique une fois récupéré par le fleuve MANGOKY. Les principales rivières de la région sont : Mitody, Manambaroa, Fanindrona (à l'est), Fikasana traversant Fandriana et Manandriana.

Mais aucune de ces rivières ne traverse le tronçon étudié. Celui-ci n'est arrosé que par des cours d'eau et des ruisseaux :

- Le ruisseau Reamasina pour la commune rurale de Nasandratrony ;
- Les cours d'eau Isandra, Maroanana et Ambatomalaza pour la commune rurale d'Isaorana.



III. MILIEU SOCIAL ET HUMAIN :

A. Population et Démographie :

1. Nombre d'habitants et densité de la population :

En 2006, l'effectif de la population de la zone du projet est estimé à 21750 habitants. Le tableau suivant résume le nombre d'habitants et densité de la population dans la zone d'étude.

Commune	Nombre d'habitants	Superficie (km ²)	Densité (Hab/km ²)
• Nasandratrony	• 10850	• 58	• 187
• Isaorana	• 10900	• 85	• 128
Total	21750	143	152

Tableau n°5 : Nombre et densité de la population de la zone d'étude

Source : Monographie de la commune rurale de Nasandratrony - 2006

Monographie de la commune rurale d'Isaorana – 2005

2. Natalité- Mortalité :

Le taux de fécondité varie de 89 à 166 pour mille et le taux de natalité est de 24 à 37 pour mille. Les taux de natalité les plus faibles sont enregistrés dans les Districts d'Ambalavao et d'Ambohimasoà dans la sous-préfecture de Fianarantsoa I.

Le taux de mortalité (de 7 à 15 pour mille) est sous-estimé par rapport à la moyenne nationale 15 pour mille. Les tendances sous régionales indiquent que le plus fort taux est constaté à Fianarantsoa II et le plus faible à Fianarantsoa I et Ambalavao.

3. Evolution de la population :

D'après les données des recensements de 1975 et de 1993, le taux moyen annuel d'accroissement démographique de la zone du projet est de 2,6%.

Le tableau ci-après montre les projections de la population dans 10 ans.



Commune	Nombres d'habitants en 2006	Taux moyen d'accroissement	Projection en 2012	Projection en 2017
• Nasandratrony	• 10850	• 2,6	• 12645	• 14390
• Isaorana	• 10900	• 2,6	• 12715	• 14456
Total	21750	2,6	25372	28846

Tableau n°6 : Prévisions de la population de la zone du projet

4. Taille moyenne d'un ménage :

La taille moyenne d'un ménage est 7 personnes pour la commune rurale de Nasandratrony et 6 personnes pour celle d'Isaorana. Ces chiffres sont supérieurs à la moyenne nationale qui est 5 personnes pour un ménage.

Source : Monographie de la commune rurale de Nasandratrony - 2006

Monographie de la commune rurale d'Isaorana – 2005

B. Service socio-sanitaire :

Le taux de couverture sanitaire de la zone est de :

- 1 Médecin pour 6273 habitants ;
- 1 Infirmier pour 4182 habitants ;
- 1 Sage-femme pour 12546 habitants ;
- 1 Aide sanitaire pour 6273 habitants.

Ces taux sont supérieurs aux moyennes nationales. Pourtant, les autorités locales évoquent qu'en générale, les conditions sanitaires ne sont pas bonnes dans la zone d'étude. Parmi les problèmes de santé, les responsables communaux soulignent le manque de personnel médical, l'éloignement de certains villages et le recouvrement des couts qui freine la population à aller à l'hôpital. En cas de graves maladies, les populations sont évacuées à l'hôpital principal de la ville de Fianarantsoa.



Le tableau suivant montre les services sanitaires publics et privés de la zone d'étude :

Commune	Type d'établissement sanitaire	Personnel médicale	Nombre de lits	Nombre de consultation par mois	Nombre d'accouchement par mois	Nombre de pharmacies
Isaorana	1 CSB2(Etat)	1 médecin 1 infirmière	13	225	31	2
	1 CSB2 (privée)	1 infirmière 1 aide sanitaire		417		
Nasandratrony	1 CSB2	1 médecin 1 infirmière 1 sage-femme 1 aide sanitaire	16	160	7	2

Tableau n°7 : service sanitaire publics et privée de la zone d'étude

1. Principales maladies :

Les principales maladies rencontrées dans la zone sont : la bronchite, les diarrhées, la dysenterie, le paludisme, les maladies cutanées et la parasitose intestinale. Pour l'ensemble de la zone, le taux de vaccination est de 100% et le taux de mortalité infantile est de 27 pour mille.

2. Adduction d'eau potable :

Dans la zone du projet, le taux d'accès des populations aux infrastructures d'eau potable est encore faible. Le village de Nasandratrony n'est pas équipé d'eau potable. Celui d'Isaorana dispose de quelques bornes fontaines alimentées par des sources. La plupart des populations des hameaux restants s'approvisionnent en eau auprès des sources.

3. Alimentation et état nutritionnel :

Les populations s'adonnent à une agriculture essentiellement vivrière. De ce fait, leurs repas quotidiens sont constitués principalement par : du riz, du manioc et de patate douce. Pendant période de soudure, ces deux produits complètent ou remplacent le riz.



IV. SECTEUR ECONOMIQUE :

L'économie de la zone est essentiellement basée sur l'agriculture et l'élevage.

A. Agriculture :

Les principales spéculations actuellement pratiquées par les habitants de la zone sont le riz et le manioc. La presque totalité des vallées sont exploitées et les pentes présentant des possibilités d'irrigation sont occupées par les rizières en étage. Les autres cultures vivrières (manioc, patate douce, haricot, maïs, etc....) destinées surtout à l'autoconsommation sont très pratiquées et cultivées sur les tanety.

Les cultures maraichères se développent surtout dans la partie est de la zone et en particulier à Fianarantsoa I et II (zone rurale), pour l'approvisionnement de la ville. Elles sont installées généralement sur alluvions et en bas pente. La viticulture et la culture de tabac commence à prendre de l'essor à Isaorana.

Le tableau suivant récapitule les superficies, les rendements, et les productions agricoles dans la zone du projet.

Principales spéculation	Commune de Nasandratrony			Commune d'Isaorana		
	Superficie en (ha)	Production en (tonne)	Rendement en (tonne/ha)	Superficie en (ha)	Production en (tonne)	Rendement en (tonne/ha)
Culture vivrière						
Riz	1500	3700	2,5	361	900,5	2,5
Manioc	67	1000	15,0	41	628	15,3
Patate douce				10,6	159	15,0
Taro				0,5	7,5	15,0
Maïs	67	100	1,5	9,7	14,55	1,5
Pomme de terre	10	150	15,0	9,45	141,75	15,0
Haricot sec	17	25	1,5	14,3	21,45	1,5
Arachide	333	200	0,6			
Voanjobory	25	20	0,8	14,3	11,6	0,8
Tomates				1,2	12	10,0
Brèdes				15,6	7,8	0,5
Cultures de rente						
Café				9,5	38	4,0
Vigne				300	150	0,5
Tabac				5,2	26	5,0

Tableau n°8 : Superficies – rendements et production agricole de la zone étudiée

Source : Monographie de la commune rurale de Nasandratrony - 2006

Monographie de la commune rurale d'Isaorana – 2005



B. Elevage :

L'élevage (bovin, porcin et des volailles) occupe une place importante dans la vie socio-économique des populations dans la zone.

Le tableau ci-après montre le nombre de tête et type d'élevage dans la région.

Elevage	Commune de Nasandratrony	Commune d'Isaorana	Total en (U=1 tête)
Bovin	850	2045	2895
Porcin	300	472	772
Volaille	8000	5869	13869

Tableau n°9 : Cheptel par type d'élevage dans la zone d'étude en 2006

1. Elevage de bovin :

Du type traditionnel, l'élevage de bovin conserve un caractère extensif. L'exiguïté des pâturages et les contraintes des travaux agricoles poussent les paysans éleveurs à adopter un mode semi-intensif (gardiennage sur parcours limité pendant une partie de la journée et parcage le soir). Les principaux pâturages sont représentés par les savanes.

L'élevage occupe une place importante dans les activités des populations. La conduite des animaux varie selon la disponibilité des terres de parcours et l'intérêt manifesté par les paysans aux bovins (fabrication des fumiers, traction des matériels, piétinage des rizières)

La population considère le bétail non seulement comme source de produits destinés à l'alimentation humaine et comme facteur de production, mais il est également une richesse sociale et joue un rôle important dans l'économie de la Région .

Les autorités locales soulignent la nette régression des effectifs des bovidés dans cette zone. Cette situation est due par des actes de vol de bétail qui sévit jusqu' à ce jour malgré les différentes actions menées pour le rétablissement de la sécurité.

2. Elevage de porcin :

La propagation des maladies comme la peste porcine Africaine, la maladie teschen et les pasteurose porcine sur une partie importante du territoire national a fait chuter considérablement la production porcine. Comme la zone du projet n'est pas épargnée et d' après l'effectif recensé dans les dix dernière années, on a enregistré généralement une augmentation sur l'élevage des porcs.



3. Elevage de volaille :

L'élevage de volaille est en générale du type familiale. Chaque ménage en possède quelque tête. Pour les deux communes rurales de Nasandratrony et d'Isaorana, la vente de volaille apporte un revenu d'appoint non moins important aux paysans.

C. Tourisme :

Le secteur tourisme n'est pas encore développé dans la région. La zone ne dispose d'aucun site d'intérêt touristique. La recherche des lieux touristiques de la part de la Direction Régionale du Tourisme en collaboration avec les collectivités territoriales décentralisées et la maison du tourisme va renforcer ces atouts.

D. Activité culturel :

De nombreux us et coutumes betsileo instaurés par les ancêtres sont encore respectes par les habitants et se déroulent selon des rituels précis : le « famadihana » (exhumation), le « fanefana » (commémoration des morts), le « famorana » (circoncision). La célébration de ces us et coutumes est suivie de cérémonie ou rite traditionnel au sein de la communauté.

V. CONCLUSION PARTIELLE :

L'agriculture et l'élevage sont les principales activités économiques de la population dans les communes rurales de Nasandratrony et d'Isaorana. Pour l'agriculture, il existe différentes variétés de culture, mais la riziculture occupe une majeure partie des terrains cultivés.

Par ailleurs sur l'élevage, l'insécurité règne un peu partout et entraine une diminution des effectifs de productions.



PARTIE 2 :

ETUDES TECHNIQUES



Chapitre I. ETAT GENERAL DE LA CHAUSSEE

Nombreux sont les facteurs entraînant la dégradation de la chaussée mais la plus connue c'est l'eau. L'eau détruit la couche de revêtement en stagnant sur la surface et en s'infiltrant jusqu'à la couche de base et la couche de fondation. Selon le temps de stagnation, apparaissent des tassements différentiels et des déformations considérables de la chaussée.

C'est la première raison pour laquelle on dit que l'eau est l'un des premiers facteurs de destruction de la route.

I. ETAT DE LA CHAUSSEE :

A. Chaussée :

La RN 42 est actuellement dans un état de ruine. Presque la moitié de l'itinéraire est devenue une route en terre, d'autre encore revêtue mais en mauvais état. Ces dégradations sont dues au manque des travaux d'entretien important et surtout par l'existence des facteurs naturels.

Les types de dégradations rencontrés sur terrains sont alors variables à savoir :

- ✓ Apparition des nids de poule ;
- ✓ Epaufrures des rives ;
- ✓ Peignage du revêtement ;
- ✓ Faïençage ou fissure maillée ;
- ✓ Fissure longitudinale et transversale ;
- ✓ Ravinement ;
- ✓ Dénivelé des accotements.

B. Ouvrage :

Les pluies et les crues ont entraînés de sérieux endommagements des ouvrages. De ce fait, les eaux de surfaces ne peuvent plus être évacuées convenablement. L'affouillement, l'obstruction, l'ensablement et l'envahissement par les végétations sont les principaux types de dégradations des ouvrages le long de l'itinéraire.



II. LES DEGRADATIONS RENCONTREES :

A. Nid de poule :

Ce sont des cavités de forme arrondie plus ou moins profondes créées par la circulation à la surface de la chaussée par enlèvement des matériaux. Il est dû à l'évolution sans entretien des arrachements ou de flaches.

Pour les solutions, on procède à des points à temps ou reprofilage de la chaussée.



Figure n°2 Nid de poule

B. Epaufure de rive :

L'épaufrure de rive est une cassure de revêtement au bord de la chaussée. Elle est accompagnée de l'arrachement du revêtement, de la disparition de la couche de base et de la couche inférieure.

Elle est due à la dégradation des accotements au mauvais compactage sur les bords de la chaussée, à la largeur insuffisante de la chaussée.

Pour le remédier, on va procéder à une réfection localisée.



Figure n°3 épaufrure de rive



C. Ravinement longitudinal :

Ce sont des tranchées d'écoulement des eaux superficiels. Les causes principales sont dues à l'insuffisance d'un bombement transversal et des fossés latéraux dans les grandes pentes longitudinales d'une route. Leur évolution peut conduire à un approfondissement et élargissement des ravinements. Pour les solutions, il faut mettre en œuvre des matériaux en empierrement sur la chaussée et un bombement transversal.



Figure n°4 Ravinement longitudinal

D. Fissure longitudinale :

Elles résultent de la fatigue en flexion, au cisaillement ou en traction par les efforts verticaux et horizontaux causés par les véhicules. Elle peut être aussi causée par l'évolution sans entretien des flashes et ornières. Pour le remédier, il faut colmater les fissures au moyen d'un coulis bitumineux ou on procède à une réfection localisée.



Figure n°5 Fissure longitudinale

E. Faïençage ou fissure maillée :

C'est une dégradation qui témoigne l'état de fatigue intense du revêtement bitumineux. Elle est due à l'évolution des fissures transversales et longitudinales. Pour les solutions, on doit procéder à une réfection ou rapiéçage localisé.



Figure n°6 Fissure maillé

F. Peignage du revêtement :

Il s'agit d'une hétérogénéité transversale du dosage en bitume dû à des défauts de réglage de la hauteur de la rampe d'application du bitume. Son évolution entraîne le désenrobage par bandes longitudinales et la pelade généralisée. Pour le remédier, il faut mettre en œuvre une nouvelle couche de roulement.



Figure n°7 peignage du revêtement



III. ETAT DES LIEUX ET AMENAGEMENTS:

Le relevé visuel des dégradations consistent à inspecter l'itinéraire et ses environs dans le but de noter et quantifier les types, formes et dimension de l'existant, les dégradations et l'identification des phénomènes ayant causé ces dégradations.

Le tableau ci-après montre les types de dégradation constatés et les aménagements à faire.

PK		Etat des lieux		Aménagement à réaliser	
Début	Fin	Plate-forme et chaussée	Assainissements et ouvrages	Plate-forme et chaussée	Assainissements et ouvrages
0+000	2+000	*Apparition des nids de poules au PK 1+000 et au PK 1+450 *épaufrure de rive au PK 0+650 et au PK 1+550 *peignage du revêtement au PK 1+700 et au PK 2+000 *largeur de la chaussée 8,3m	*Fossé en terre envahi par la végétation sur le côté gauche de la chaussée du PK 0+500 au PK 1+250 *buse en béton obstruée par la végétation de Diamètre 0,8 m au PK 1+450 et de diamètre 1m au PK 1+600	*Réfection localisée et reprofilage de la chaussée *engazonnement des accotements *mise en œuvre d'une nouvelle couche de roulement en ES	*Débroussaillage du fossé *curage de la buse et débroussaillage des alentours



2+000	3+000	*Apparition des nids de poules au PK 2+350 et au PK 2+600 *épaufrure de rive au PK 2+250 *faïençage au PK 2+750 *fissure longitudinal au PK 2+100 au PK 2+700 *largeur de la chaussée 4,5m	*Fossé en terre envahi par la végétation sur les deux cotés du PK 2+100 au PK 2+550 *dalot - Obstruée par la Végétation au PK 2+060 et au PK 2+730	*Reprofilage et rapiéçage localisé de la chaussée *engazonnement des accotements *élargissement de la plate-forme de 1m de chaque coté	*Curage des Fossés *curage du dalot
3+000	4+000	*Apparition des nids de Poules au PK 3+150 et au PK 3+600 *épaufrure de rive au PK 3+400 *fissure longitudinal Au PK 3+040 Au PK 3+500 *largeur de la chaussée 5,4m	*Fossé en terre Erodé du PK 3+150 au PK 3+600 au coté Gauche *Pont de longueur 15m en bon état au PK 3+250 *buse en béton obstrué par la végétation de Diamètre 1 m au PK 3+100 et au PK 3+550	*On procède au réfection localisée et reprofilage de la chaussée *engazonnement des accotements *colmatage au moyen d'un coulis bitumineux	*Fossé maçonné trapézoïdale sur les deux cotés *curage et débroussaillage de la buse
4+000	5+000	*Epaufure de Rive au PK 4+450 *fissure transversale Au PK 4+150 *Faïençage au PK 4+600 *Largeur de la chaussée 6m	*Fossé en terre Envahi par la Végétation sur les Deux cotés du PK 4+150 au PK 4+550 *Buse en béton Obstruée par la Végétation de Diamètre 1 m au PK 4+950	*Reprofilage et rapiéçage localisé de la chaussée *scellement au moyen d'un coulis bitumineux *engazonnement des accotements	*Reprofilage des fossés en terres *curage des fossés *curage de la buse



5+000	6+000	*Apparition des nids de Poules au PK 5+200 et au PK 5+450 *Epaufure de rive au PK 5+150 *Fissure longitudinal au PK 5+300 au PK 5+400 *Largeur de la chaussée 6m	*Fossé maçonné rectangulaire envahi par la végétation au PK 5+100 au PK 5+400 *Buse en béton obstruée par la végétation de diamètre 0,8 m au PK 5+400 et au PK 5+800 *Buse en béton En bon état de Diamètre 0,8m au PK 5+100 et au PK 5+600	*On procède au réfection localisée et reprofilage de la chaussée * engazonnement des accotements *scellement au moyen d'un coulis bitumineux	*Débroussaillage des fossés *curage de la buse et enrochement en aval
6+000	7+000	*Apparition des Nids de poules au PK 6+050 et au PK 6+500 *épaufure de Rive au PK 6+750 *peignage du revêtement au PK 6+300 *Largeur de la chaussée 4m	*Pont métallique en bon état de longueur 20m au PK 7+000 *Fossé en terre envahi par la végétation sur le côté gauche de la chaussée du PK 6+400 au PK 6+550 *Dalot obstruée par la végétation au PK 6+580 et au PK 6+750	*Reprofilage et réfection localisé de la chaussée * engazonnement des accotements *élargissement de la plate-forme de 1m de chaque coté	*Reprofilage des fossés *curage des dalots
7+000	8+000	*Apparition des Nids de poules au PK 7+150 et au PK 7+300 *épaufure de rive au PK 7+600 *largeur de la chaussée 4m	*Fossé en terre Envahi par la végétation sur le côté gauche de la Chaussée du PK 7+050 au PK 7+300 *Buse en béton Obstruée par la Végétation de Diamètre 0,8 m au PK 7+030	*Reprofilage et réfection localisé de la chaussée * engazonnement des accotements *elargissement de la plate-forme de 1m de chaque coté	*Reprofilage et débroussaillage du fossé *curage de la buse



8+000	10+000	*Apparition des nids de Poules au PK 8+750 et au PK 9+600 *Epaufrement de Rive au PK 8+350 et au PK 9+200 *Fissure Longitudinal au PK 8+900 au PK 9+300 *Largeur de La chaussée 4m	*Fossé en terre érodé du PK 8+900 au PK 9+200 au coté droite *Pont de longueur 10m en bon état au PK 9+100 *Buse en béton obstruée par la végétation de diamètre 1 m au PK 8+600 et au PK 9+450	*On procède au réfection localisée et reprofilage de la chaussée * engazonnement des accotements *pontage au moyen d'un coulis bitumineux *elargissement de la plate-forme de 1m de chaque coté	*Reprofilage et débroussaillage du fossé *curage de la buse
10+000	12+000	*Apparition des nids de Poules au PK 10+950 et au PK 11+150 *Epaufrement de rive au PK 8+350 et au PK 9+200 *Fissure longitudinal au PK 8+900 au PK 9+300 *Largeur de la chaussée 6m	*Fossé en terre envahi par la végétation sur les deux cotés du PK 10+800 au PK 11+000 *Buse en béton obstruée par la végétation de diamètre 0,8 m au PK 10+680 et au PK 11+600	*On procède au réfection localisée et reprofilage de la chaussée * engazonnement des accotements *colmatage au moyen d'un coulis bitumineux	*Reprofilage et débroussaillage du fossé *curage de la buse et enrochement
12+000	13+000	*Apparition des nids de poules au PK 12+350 *Epaufrement de rive au PK 12+500 *ravinement longitudinal au PK 12+550 au PK 12+600 *Largeur de la chaussée 6m	*Fossé maçonné rectangulaire envahi par la végétation du PK 12+600 au PK 12+750 *Buse en béton Obstrué par la végétation de diamètre 0,8 m au PK 12+300 et au PK 12+700	*Scarification et reprofilage de la chaussée *mise en œuvre des matériaux d'empierrement * engazonnement des accotements	*curage des fossés *curage de la buse



13+000	15+000	*Chaussée en Terre du PK 13+000 au PK 15+000 **Ravinement longitudinal au PK 14+550 au PK 14+700 **Apparition des nids de Poules au PK 14+340 *Macadam éparpillée au PK 14+000 *Largeur de la chaussée 6,5m	*Pont métallique en bon état de longueur 30m au PK 14+430 *Fossé en terre envahi par la végétation sur les deux coté de la Chaussée du PK 13+600 au PK 14+000 *Buse en béton obstruée par la végétation de diamètre 0,8 m au PK 13+220, au PK 13+580 et au PK 14+750	*Scarification et reprofilage de la chaussée *mise en œuvre des matériaux d'empierrement * engazonnement des accotements	*Reprofilage et débroussaillage du fossé *curage de la buse
---------------	---------------	---	--	--	---



Chapitre 2. ETUDES GEOTECHNIQUES

I. GENERALITES :

La géotechnique routière est l'application de la mécanique des sols dans la construction routière. Elle englobe les études à caractère physique et même chimique des sols. La géotechnique routière a pour but d'étudier les sols en tant que matériaux et support par le biais des essais mis au point en mécanique des sols.

II. ETUDE DES MATERIAUX :

L'objectif de la présente étude géotechnique est de définir et d'optimiser les techniques de réhabilitation de la chaussée en tenant compte de l'état actuel de la route, de la classe de trafic de référence et des matériaux à disposition.

Il s'agit de moduler les interventions de réhabilitation en fonction des besoins réels dans le but d'optimiser l'allocation des ressources.

A. Les matériaux meubles :

La campagne de recherche des matériaux d'emprunt pour la construction de la couche de fondation et du remblai a abouti à l'identification des six sites d'emprunt. Globalement on a excavé 36 puits manuels pour prélever des échantillons représentatifs qui ont été acheminés au laboratoire pour l'exécution des essais d'identification, compactage et portance.

1. Caractéristiques des matériaux meubles:

a) Matériaux pour remblai:

Le remblai est un terrassement construit sur le sol naturel pour rehausser la chaussée. Les matériaux pour remblai ne doivent pas contenir des éléments végétaux, à l'humus et de matières organiques.

Les matériaux mis en œuvre doivent avoir les caractéristiques suivantes:

- Indice portant CBR à quatre jours d'immersion ≥ 7 ;
- Limite de liquidité $W_L \leq 65$;
- Indice de plasticité $I_p \leq 25$;
- Indice de gonflement $G \leq 1\%$.



b) Matériaux pour couche de forme:

Les matériaux pour couche de forme utilisés à l'état naturel doivent répondre aux caractéristiques suivantes:

- ✓ Teneur en matière organique: 0%;
- ✓ Indice de gonflement $G \leq 1\%$;
- ✓ Indice CBR ≥ 15 ;
- ✓ Pourcentage des fines $\leq 40\%$;
- ✓ Limite de liquidité $W_L \leq 50$;
- ✓ Indice de plasticité (I_P): $5 \leq I_P \leq 25$

c) Matériaux pour couche de fondation

Les matériaux pour couche de fondation sont des sables graveleux argileux ou des limons argileux sableux. Ils doivent avoir les caractéristiques suivantes:

- ✓ Teneur en matière organique: 0%;
- ✓ Diamètre maximum des grains : 50 mm;
- ✓ Pourcentage des fines $\leq 30\%$;
- ✓ Limite de liquidité $W_L \leq 45$;
- ✓ Limite de plasticité $W_P \leq 25$;
- ✓ Indice de plasticité $I_P \leq 20$;
- ✓ Indice CBR ≥ 35 ;
- ✓ Indice de gonflement $G \leq 0,5\%$;
- ✓ Poids volumique sec γ_{dmax} **KN/m³**: $16 \leq \gamma_{dmax} \leq 20$ (KN/m³)

2. Essais sur les sols meubles :

Les sols prélevés sont soumis à des divers essais qui déterminent les valeurs des caractéristiques d'état, les paramètres de compactage et de portance et les caractéristiques pour l'identification et de classification

a) Caractéristiques d'état :

Seule la teneur en eau est la plus utilisée en géotechnique routière, c'est le rapport du poids de l'eau P_E contenu dans le sol au poids secs P_S du sol exprimé en (%). Elle est donnée par la relation suivante :

$$W = \frac{P_E}{P_S} * 100 ;$$

b) Identification et classification :

L'identification et la classification n'existent que sur les essais sur l'échelle granulométrique et les limites d'Atterberg.



➡ Granulométrie :

L'analyse granulométrique a pour but de déterminer les différentes proportions des particules solides suivant leurs tailles. Pour les grains supérieurs à 80µ, on procède à l'analyse granulométrique par tamisage et pour les grains inférieurs à 80µ, on procède à l'analyse granulométrique par sédimentométrie.

➡ Limite d'Atterberg :

Cet essai permet d'obtenir l'indice de plasticité (I_P) par biais de la limite de liquidité (W_L) et la limite de plasticité (W_P) ; telle que

$$I_P = W_L - W_P$$

c) Etude de Compactage et de portance :

Cette étude consiste à faire l'essai Proctor et de trouver l'indice CBR (Californian Bearing Ratio).

➡ Caractéristiques de compactages des sols par essai Proctor :

L'étude consiste à trouver la valeur du poids volumique sec maximal γ_{dmax} avec la teneur en eau optimale W_{opt} par l'intermédiaire de l'essai Proctor modifié. On effectue des compactages d'échantillon dans un moule au bout duquel on peut tracer une courbe appelée courbe Proctor par le biais de laquelle on trouve γ_{dmax} et W_{opt} .

➡ Indice CBR :

L'essai CBR, très important à l'étude et au contrôle géotechnique routière à pour but d'évaluer la résistance du sol au poinçonnement.

L'indice CBR est un nombre sans dimension exprimé en pourcent, le rapport entre la pression produisant un enfoncement donné dans les matériaux étudiés d'une part, Et dans les matériaux type d'autre part. L'indice CBR est donné par la formule suivante :

$$I_{CBR}(\%) = \text{Max} \left[\frac{P_{2,54}}{70,3} \times 100 ; \frac{P_{5,08}}{103,1} \times 100 \right]$$

Avec :

- $P_{2,54}$: Pression correspondant à un enfoncement de 2,54 cm ;
- $P_{5,08}$: Pression correspondant à un enfoncement de 5,08 cm.
- 70,3 et 103,1 (kgf/cm^2) pression qui ont donné les mêmes enfoncements pour le matériau type qui est du TVC.



Le tableau récapitulatif des emprunts et les résultats des échantillons représentatifs des emprunts et les résultats des échantillons représentatifs prélevés sont les suivant :

Emprunt Référence	PK	Coté	Distance Par rapport A l'axe	Nature	Volume En m ³	Plasticité		Proctor		CBR	
						W _L	IP	γ _{dmax} KN/m ³	W _{opt} %	95 %	G %
G1	13+360	Droite	8 Km	Quartzite Limoneux Jaunâtre	29 000	40	14	20,6	7,7	42	0,0
G2	14+530	Droite	0,2 Km	Quartzite Limoneux Jaunâtre	7 000	32	12	21,6	7,4	43	0,2
G3	25+830	Droite	2,5 Km	Quartzite Limoneux Jaunâtre	5 000	31	11	20,1	10,5	41	0,1
G4	25+830	Droite	2,7 Km	Quartzite Limoneux Jaunâtre	15 000	45	16	19,7	11,5	40	0,0
G5	34+000	Gauche	0,2 Km	Quartzite Limoneux Jaunâtre	1 450	44	16	20,9	7,7	44	0,0
G6	34+000	Droite	1,4 Km	Quartzite Limoneux Jaunâtre	4 500	24	9	21,2	7,1	47	0,0

Tableau n°11 : Localisation des emprunts

Source : Rapport géotechnique ARM

3. Reconnaissance de la plate-forme :

La plate-forme doit être soumise à un compactage de façon à obtenir sa surface sur les dernières 25 cm, une teneur en eau égale à 95%OPM. La fréquence du contrôle est tous les 500m² et le contrôle se fait à l'aide d'un densitomètre à membrane. De plus la plate-forme soigneusement nivelé ne doit présenter ni bosse ni flache supérieure à 3cm sous une règle parfaitement rigide de 5m posé sur la surface finie selon n'importe qu'elle par rapport à l'axe. le tableau suivant montre la reconnaissance de la plate-forme

PK	Nature	Plasticité		Proctor		CBR	
		W _L	IP	γ _{dmax} KN/m ³	W _{opt} %	95 %	G %
3+500	Quartzite Limoneux Jaunâtre	40	14	19,7	9,4	13	0,58
5+300	Quartzite Limoneux Jaunâtre	28	10	21,6	6,8	15	0,5
7+950	Quartzite Limoneux Jaunâtre	27	10	21,8	6	12	0,53

Tableau n°12 : Reconnaissance de la plate-forme

Source : Rapport géotechnique ARM



B. LES MATERIAUX ROCHEUX :

1. Les essais géotechniques pour les matériaux rocheux :

a) Essai Los Angeles (LA) :

Cet essai permet de caractériser la résistance au choc ou à la fragmentation de la roche constituant le granulat. Il concerne les pierres cassés, les graviers concassé ou non, pour la mesure de leur résistance à l'abrasion dans la machine de Los Angeles.

b) Essai Micro-Deval en présence d'eau :

Cet essai évalue la résistance à l'usure par frottement des roches en présence d'eau, en mettant une masse d'échantillon dans des cylindres en acier d'un volume de 4,5l montés sur deux arbres horizontaux avec des billes en acier.

c) Le coefficient d'aplatissement CA :

Cet essai permet de caractériser la forme des granulats, étant donné que la forme d'un granulat est définie par les trois grandeurs géométriques G, L et E tel que $E < G < L$ avec (G : Grosseur, L : Longueur, E : Epaisseur). Il consiste à effectuer une double analyse granulométrique sur un même échantillon dont l'une à travers une série de tamis à ouverture carrée normalisé et l'autre à travers une grille à fente.

2. Les matériaux rocheux pour la mise en œuvre de la couche de base et de roulement :

a) Matériaux pour couche de base :

Les matériaux rocheux pour couche de base sont des graves concassées non traitées GCNT 0/31⁵. Elles sont obtenues par concassage et par criblage des roches massives en provenance des carrières.

En outre, les matériaux doivent vérifier les caractéristiques suivantes :

- Coefficient Los Angeles $LA \leq 40$;
- Micro-Deval en présence d'eau $MDE \leq 35$;
- Coefficient d'aplatissement $CA \leq 15$.



b) Matériaux pour couche de roulement :**➡ Matériaux pour Enduit superficiel :**

Pour la réalisation d'un enduit superficiel, on a besoin des gravillons 10/14 pour la première couche et 6/12 pour la deuxième couche et qui devront répondre aux spécifications suivantes :

- Coefficient $LA \leq 40$;
- Coefficient $MDE \leq 25$;
- Coefficient d'aplatissement $CA \leq 15$.

➡ Matériaux pour Enrobé Dense à Chaud (EDC) :

L'EDC est une solution variante pour le revêtement de la chaussée. Sa classe granulaire est de 0/12⁵ et fabriquer dans un central appelé central d'enrobage. En particulier, les granulats et les sables grossiers doivent vérifier :

- Coefficient $LA \leq 40$;
- Coefficient $MDE \leq 25$;
- Coefficient $CA \leq 25$.

3. Provenance des matériaux rocheux :

Le site comporte des matériaux rocheux et susceptibles de constituer des sources d'approvisionnement pour les travaux envisagés : granulat concassés pour béton et chaussée. Une seule carrière est identifiée le long de l'itinéraire ; c'est une carrière de granite qui répond à la fois aux spécifications pour couche de base et pour couche de revêtement.

Les caractéristiques de la carrière sont résumées par le tableau suivant :

N° de carrière	PK	Type de matériau	Volume exploitable	Distance par rapport à l'axe	Accès
C1	7+200	Granite	35000 m ³	1400 m Côté gauche	facile

Tableau n° 12 : localisation de carrière

Source : Rapport géotechnique ARM



Chapitre 3. ETUDE DE L'ASSAINISSEMENT

I. ETUDE HYDROLOGIQUE :

Cette étude a pour objectif de vérifier les systèmes de drainage des eaux de pluie existants et de définir toutes les mesures nécessaires à assurer un transit sur la route pendant toute l'année. En effet, on doit déterminer la quantité d'eau nécessaire à évacuer, ensuite on procède au dimensionnement des ouvrages.

A. Détermination du débit à évacuer par la méthode rationnelle :

Cette méthode est utilisée pour un bassin versant de surface inférieure à 4km.

$$Q_0 = 0,278 C.S.I (t_c, P) \text{ en [m}^3/\text{s]}$$

Avec :

- C : coefficient de ruissellement ;
- I (t_c , P): intensité de pluie pendant le temps de concentration t_c et la période P ;
- S : surface du bassin versant en km².

➡ Pour le cas du PK 5+218, on a :

- Surface du bassin versant : S = 0,094 km² ;
- Périmètre du bassin versant : P = 1,691 km ;
- Altitude maximale : $Z_{\max} = 1674\text{m}$;
- Altitude minimale : $Z_{\min} = 1645\text{m}$;
- Intensité de pluie 24h : H (24h, P) = 150mm de la station Beravina (Fianarantsoa) ;
- Coefficient de ruissellement C = 0,75 car la nature de la couverture du bassin versant est : brousse clairsemée du PK 4+450 au Pk 5+300 (voir annexe n°5) ;
- Coefficient de forme k = 1,54 ;
- Longueur du rectangle équivalent L = 713,60m ;
- Pente moyenne du bassin versant I = 0,04 ;
- Temps de concentration $t_c = 11,68\text{mn}$.

On obtient $Q_0 = 3,67 \text{ m}^3/\text{s}$

➡ Pour le cas du PK 13+200 on a :

- Surface du bassin versant : S = 0,00052 km² ;



- Coefficient de ruissellement $C = 0,75$ car la nature de la couverture du bassin versant est : brousse clairsemée du PK 13+200 au PK 13+250 (voir annexe n°5) ;
- Coefficient de forme $k = 71$;
- Longueur du rectangle équivalent $L = 50,00\text{m}$;
- Pente moyenne du bassin versant $I = 0,66$;
- Temps de concentration $t_c = 0,21\text{mn}$;
- Intensité de pluie 24h : $H(24\text{h}, P) = 150\text{mm}$ de la station Beravina (Fianarantsoa) ;

On obtient $Q = 0.031\text{m}^3/\text{s}$

Débit des eaux venant de la chaussée :

Hypothèses :

$S = 0.000188\text{ km}^2$, $L = 50\text{m}$, largeur (chaussée + accotement) = 3.75m ,

$I = 0.025\text{ (m/m)}$, $C = 0.95$

On obtient:

$$Q'_{(m^3/s)} = 0.278 \times 0.95 \times 286.3 \times 0.000188 = \mathbf{0.014\text{ m}^3/\text{s}}$$

Le débit maximal à évacuer est :

$$Q_0 = Q' + Q$$

Soit :

$$Q_0 = 0.014 + 0.031$$

$$Q_0 = \mathbf{0.045\text{ m}^3/\text{s}}$$

B. Dimensionnement des ouvrages hydrauliques:

Les ouvrages hydrauliques sont destinés à assurer la circulation des eaux de ruissellement le long de la route.

Cette étude a pour but de déterminer la section, pente et la longueur, ainsi que la nature de protection relative à la vitesse d'écoulement des eaux.

C. Dimensionnement de fossé de pied :

➡ Cas du fossé au PK 5+218 :



1. Hypothèse de calcul :

La section transversale choisie est rectangulaire de base b et de hauteur H , où $H = h + 10\text{cm}$ (10cm : hauteur de sécurité).

Avec :

- Longueur du fossé $L = 425\text{m}$;
- Pente du terrain naturel : **0,008** ;
- Débit à évacuer à la sortie en aval : $Q_0 = 3,67 \text{ m}^3/\text{s}$.

Comme le revêtement est en maçonnerie de pierre jointoyé, alors, $K = 67$ où K est le coefficient de rugosité de Manning dans l'annexe n°5.

2. Exposition de la théorie :

Pour dimensionner le fossé de pied, il faut suivre les étapes suivantes :

- ✓ On propose la pente de fossé selon la pente de la chaussée ;
- ✓ On fixe la section ;
- ✓ On calcule le débit évacuable ;
- ✓ Comparer Q avec Q_0 .

Le débit évacuable du fossé et la vitesse d'écoulement doivent vérifier les conditions suivantes :

- $\frac{Q-Q_0}{Q_0} \times 100 < 5\%$;
- V est compris entre la vitesse d'ensablement V_{ens} et la vitesse d'affouillement V_{aff} .

$$V_{\text{ens}} < V < V_{\text{aff}} \text{ avec } V_{\text{ens}} = 0,25 \text{ m/s et } V_{\text{aff}} = 6,5\text{m/s}$$

Si la condition n'est pas vérifiée le fossé est généralement sous dimensionné, on propose des ouvrage de décharge.

3. Calcul des pentes des fossés I_f :

La pente du fossé est donnée par la relation :

$$I_f = \frac{\text{hauteur de sortie} - \text{hauteur d'entrée}}{\text{longueur du fossé}} + I_{\text{TN}}$$

$$I_f = \frac{0,5 - 0,1}{425} \times 100 + 0,008$$

Soit $I_f = 0,10$



4. Calcul de débit maximal évacuable par le fossé:

On sait que le débit à évacuer est très élevée donc, on propose la dimension maximale $b = 50\text{cm}$ et $h = 40\text{cm}$.

Le calcul s'effectue selon le tableau ci-après :

Tableau n° 13 : Formule hydraulique pour un fossé de section rectangulaire

Section mouillée	$\omega = 2h^2$
Périmètre mouillé	$\psi = 4h$
Le rayon hydraulique	$R = \frac{\omega}{\psi}$
Vitesse d'écoulement	$V = k \times R^{(0.5+y)} \times I^{0.5}$
Débit évacuable	$Q = V \times \omega$

Vérification :

$$\frac{1,2-3,67}{3,67} * 100 = 67\% > 5\%$$

Après le calcul, on trouve que $\frac{Q-Q_0}{Q_0} * 100 > 5\%$

Le fossé est sous dimensionné

Donc l'ouverture maximale à la sortie ne peut pas évacuer le débit total à évacuer **$Q_0 = 3,67 \text{ m/s}$** .

Par conséquent, on doit placer des ouvrages de décharges dont la localisation sur le tronçon est définie par la relation suivante :

$$L' = \frac{Q}{Q_0} * L$$

Des ouvrages de décharges et L la longueur totale du fossé étudié ;

D'après le calcul, on a **$L' = 139\text{m}$**

On calcule le nombre des ouvrages de décharges :

$n = \frac{L}{L'} - 1 = \frac{425}{139} - 1 = 2$, donc on a besoin de 2 ouvrage de décharge avec un débit à évacuer **$Q_1 = \frac{Q_0}{3} = 1,22 \text{ m}^3/\text{s}$**

II. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE DECHARGE :

On propose un dalot pour faire passer l'eau de l'autre côté de la route.
Le débit à évacuer par ce dalot est **$1,22 \text{ m}^3/\text{s}$** .



A. Calcul de la pente réelle I :

Le calcul s'effectue avec les paramètres adimensionnels suivants :

$$✓ \quad Q^* = \frac{Q_1}{\sqrt{g \cdot B^5}} ;$$

$$✓ \quad I^* = \frac{K' i_{cr} \sqrt[3]{B}}{g}$$

On se propose **B** :

- ❖ Ayant Q_1 , on calcule Q^* ;
- ❖ On trouve $I^* = f(Q^*)$ sur l'abaque ;
- ❖ On calcule la pente critique $i_{cr} = \frac{I^* g}{K^2 \sqrt[3]{B}} ;$
- ❖ Et la pente réelle à prendre est $i = 1,20 i_{cr} .$

B. Calcul de la vitesse d'écoulement :

Les paramètres adimensionnels dans ce cas sont :

$$➤ \quad Q^* = \frac{Q_1}{K B^{(2/3)} i^{0,5}} ;$$

$$➤ \quad V^* = \frac{V}{K i^{0,5} B^{(2/3)}} ;$$

- ✓ On calcule Q^* ;
- ✓ On trouve $V^* = f(Q^*)$ sur l'abaque ;
- ✓ On calcule la vitesse dans le dalot $V = V^* K i^{0,5} B^{2/3}$

On vérifie la vitesse d'écoulement si $V_{ens} < V < V_{aff}$

Et on prend $k = 67$ pour le dalot en maçonnerie de moellons

C. Cas du dalot au PK6+580 :

Nous allons considérer un dalot de section rectangulaire en maçonnerie de moellons.

D'après les paramètres que nous avons vus, on a obtenu : **H = y + 0,10m**

1. Calcul de pente :

On se propose **B = 1,00m**

$$Q^* = 0,38$$

$$I^* = f(Q^*) = 3,30$$

$$i_{cr} = 0,0072 = 0,72\%$$



$$i = 0,0086 = 0,8\%$$

2. calcul de la vitesse d'écoulement :

$$Q^* = 0,19$$

$$V^* = 0,39$$

$$V = 2,42 \text{ m/s}$$

Vérification de la vitesse :

$$V_{\text{ens}} = 0,25 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{aff}} = 3 \text{ m/s}$$

On vérifie que $V_{\text{ens}} < 2,42 \text{ m/s} < V_{\text{aff}}$

Ainsi la vitesse est acceptable pour le dalot étudié.

3. Calcul de la hauteur de dalot :

A partir de la relation $Q^* = x^{3/2}$, on a $x = Q^{*2/3}$

Avec $Q^* = 0,38$

Donc $x = 0,52$

Et la relation : $x = \frac{y}{B}$ peut amener à $y = B \cdot x$ (avec $B = 1,00 \text{ m}$)

D'où $y = 0,52$

D'après la formule : $H = y + 0,10 \text{ m}$

On a donc : $H = 0,62 \text{ m}$

Soit $H = 0,60 \text{ m}$

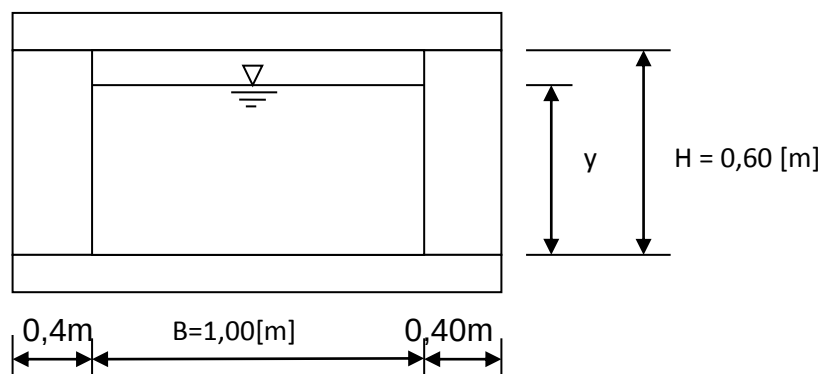


Figure n°8 : Caractéristique du dalot au PK 6+580.

Pour conclure, il n'y a ni problème d'affouillement, ni problème d'ensablement pour l'adoption des dimensions $H=0,6\text{m}$ et $B=1\text{m}$.



➡ Cas du fossé au PK 13+200 :

Le fossé est rectangulaire avec $b=2h=0,40\text{m}$, qui présente les caractéristiques suivants :

- Section mouillée : $\omega = 2h^2 \text{ (m}^2\text{)} = 0.08 \text{ m}^2$;
- Périmètre mouillé : $\psi = 4h \text{ (m)} = 0.80 \text{ m}$;
- Rayon hydraulique : $R = \frac{\omega}{\psi} \text{ (m)} = \frac{h}{2} = 0.209 \text{ m}$;
- La vitesse d'écoulement : $V = k \times R^{(0.5+y)} \times I^{0.5} = 0.0387$;
- Le débit Q que peut évacuer le fossé : $Q = V \times \omega$.

La pente du fossé est $I = 1.5\text{‰}$; on propose un fossé maçonné en bon état.

On obtient

$$Q_0 = 0.045 \text{ m}^3/\text{s};$$

$$I = 0.0015 \text{ (m/m)};$$

Avec $K = 71$;

$$Y = \frac{1.5}{\sqrt{71}} = 0.18 ;$$

Le débit évacuable sera aussi :

$$\text{D'où: } Q = K \times \left(\frac{h}{2}\right)^{(0.5+y)} \times I^{0.5} \times 2h^2$$

$$Q = 71 \times 0.209 \times 0.0387 \times 2 \times 0.04$$

$$Q = 0.046 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vérification des conditions :

✓ 1^{ère} condition : $H = 70 \text{ cm}$

$$H = h + 0.20 \text{ (hauteur de garde = 0.20m)}$$

$$H = 0.20 + 0.20$$

$$H = 0.40 \text{ m} < 0.70 \text{ m}$$

✓ 2^{ème} condition : $(\Delta Q/Q_0) \times 100 < 5\%$

$$(\Delta Q/Q_0) \times 100 = 2.2\%$$



- ✓ **3^{ème} condition** : condition de non affouillement : $V < V_{\text{aff}}$

V_{aff} est donnée à partir du tableau c'est-à-dire $V_{\text{aff}} = 6.5 \text{ m/s}$;

$$V = k \times R^{(0.5+y)} \times I^{0.5}$$

$$V = 71 \times 0.209 \times 0.0387$$

$$V = 0.57 \text{ m/s} < V_{\text{aff}} = 6.5 \text{ m/s}$$

- ✓ **4^{ème} condition**: condition de non ensablement: $V > V_{\text{ens}}$

$$V_{\text{ens}} = 0.25 \text{ m/s}$$

$$V = 0.57 \text{ m/s} > V_{\text{ens}} = 0.25 \text{ m/s}$$

Conclusion: le fossé de hauteur totale 0.40m et de base 0.40m peut évacuer rationnellement le débit Q_0 sans aucun risque d'affouillement, ni d'ensablement.

III. ETUDE D'ELEMENTS EN B.A :

A. Dimensionnement de la dalle d'un dalot d'assainissement au PK6+580 :

1. Hypothèses de calcul :

a) Pour le béton :

- Dosage $Q = 350 \text{ kg/m}^3$;
- La fissuration est peu préjudiciable ;
- Control atténué ;
- La résistance en compression à 28 jours d'âge $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$;
- La résistance en traction à 28 jours d'âge $f_{t28} = 2,1 \text{ Mpa}$;
- Masse volumique du béton $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$
-

b) Pour l'acier :

- FeE 500 ;
- Enrobage 3cm.

c) Dimensionnement de la dalle :

d)

- Longueur $L = 1,40 \text{ m}$;
- Epaisseur $h = 15 \text{ cm}$;
- Surcharge d'exploitation $P = 5 \text{ t}$.



e) Le poids propre de la dalle :

On a : $g = \rho \cdot h \cdot l$

D'où $g = 2500 \cdot 0,15 \cdot 1,00$

Soit $g = 375 \text{ kg/ml}$ ou $0,375 \text{ t/ml}$

f) Coefficient de majoration dynamique :

Elle est exprimée par la relation suivante :

$$\delta = 1 + \frac{0,4}{1 + 0,2L} + \frac{0,6}{1 + \frac{4g}{p}}$$

D'où $\delta = 1,79$

Et on la surcharge majorée $q = S \delta$

D'où $q = 8,95 \text{ T}$

2. Calcul des sollicitations :**a) Sollicitation due au poids propre de la dalle :**

- La charge propre :

$$Mg = \frac{gL^2}{8}$$

D'où $Mg = 0,046 \text{ Tm}$

- L'effort tranchant :

$$Tg = \frac{gL}{2}$$

D'où $Tg = 0,187 \text{ Tm}$

b) Sollicitation due aux surcharges d'exploitation :

- Le moment dû à la surcharge d'exploitation est tel que :

$$Mq = \frac{pL^2}{4}$$

D'où $Mq = 1,75 \text{ Tm}$

- l'effort tranchant dû à la surcharge d'exploitation est :

$$Tq = \frac{q}{2}$$

D'où $Tq = 4,47 \text{ Tm}$



3. Combinaison à l'ELU :c) Moment ultime M_u :

$$M_u = 1,35 M_g + 1,5 M_q$$

$$\text{D'où } M_u = 2,69 \text{ Tm}$$

d) Effort tranchant ultime V_u :

$$V_u = 1,35 T_g + 1,5 T_q$$

$$\text{D'où } V_u = 6,96 \text{ Tm}$$

4. Combinaison à l'ELS :

$$M_{ser} = M_g + M_q$$

$$M_{ser} = 0,046 + 1,75$$

$$\text{D'où } M_{ser} = 1,9 \text{ Tm}$$

5. Détermination des armatures longitudinale à l'ELU :a) Contrainte de calcul du béton :

Elle est exprimée par la relation suivante :

$$\sigma_{bc} = \frac{0,85}{\theta \lambda_b} f_{c28}$$

Avec : θ = coefficient de dureté d'application de charge qui est égal 1 pour $t \geq 24h$;

λ_b = coefficient de sécurité partielle du béton qui est égale à 1,5 pour la combinaison accidentelle.

$$\text{D'où } \sigma_{bc} = 14 \text{ Mpa}$$

b) Contrainte de l'acier :

$$\sigma_o = \frac{FeE}{\lambda_s}$$

Avec : λ_s = coefficient de sécurité partielle de l'acier à 1,15 pour combinaison fondamentale.

FeE = désignation conventionnelle de la classe d'acier égal à 500

Ainsi on a :

$$\text{c) } \sigma_o = 434 \text{ Mpa}$$

d) calcul du moment réduite μ :

$$\mu = \frac{M_u}{bd^2 \sigma_{bc}}$$



Avec $d = 12 \text{ cm}$

D'où $\mu = 0,167$

Pour connaître si la section est simplement armée ou non, on doit comparer μ avec μ_{lu} et la valeur de μ_{lu} est donnée par le tableau suivant :

Classe d'acier	FeE 215	FeE 235	FeE 400	FeE 500
μ_{lu} (combinaison fondamentale)	0,429	0,425	0,392	0,372
μ_{lu} (combinaison accidentelle)	0,422	0,418	0,379	0,358

Tableau n° 14 valeur de μ_{lu}

D'après ce tableau, on a $\mu_{lu} = 0,372$ et que $\mu = 0,167$

On a une section simplement armée.

e) Calcul de la section de l'armature longitudinale :

$$A_u = \frac{M_u}{Z_b \sigma_s}$$

Avec $Z_b = d (1 - 0,4\alpha)$ ou $\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})$

$\alpha = 0,23$

$Z_b = 0,10 \text{ m}$

On a : $A_u = 0,00078 \text{ m}^2$ ou $A_u = 7,8 \text{ cm}^2$

Pour la disposition et la mise en œuvre du ferrailage, on va prendre $7\Phi 12 = 9,04 \text{ cm}^2$
C'est à l'ELS qu'il faut vérifier.

6. Détermination de la section de l'armature longitudinal à l'ELS :

a) La contrainte admissible :

Elle est donnée par la relation :

$$\sigma_s = \min \left[\frac{2}{3} f_e ; \max (0,5 f_e ; 100 \sqrt{\eta f_{t28}}) \right]$$

Avec : $\eta = 1,6$

On a $\sigma_s = 250 \text{ Mpa}$

b) Calcul de α_1 , K et β_1 :

Ils sont déterminés à partir d'un abaque (voir annexes n°4) en connaissant la valeur μ' tel que :



$$\mu' = \frac{M_{ser}}{bd^2\sigma_s}$$

Alors $\mu' = 0,0064$

D'après l'abaque on a :

- $K = 0,039$;
- $B_1 = 0,876$;
- $\alpha_1 = 0,73$

c) calcul de l'état de compression du béton :

- Etat ultime de compression admissible :
Il est donné par : $\sigma'_{bc} = 0,6f_{c28}$
D'où $\sigma'_{bc} = 15 \text{ Mpa}$
- Etat limite de compression « σ_{bc} »
 $\sigma_{bc} = \sigma_s k$
D'où $\sigma_{bc} = 9,75 \text{ Mpa}$
On a une section à simple armature car on a $\sigma_{bc} < \sigma'_{bc}$

d) Section d'armatures longitudinales :

Elle est donnée par la relation :

$$A = \frac{M_{ser}}{d\beta_1\sigma_s}$$

D'où $A = 0,00086 \text{ m}^2$ ou $A = 8,6 \text{ cm}^2$

Pour la disposition constructive, on prend $A = 8\Phi 12$ égal à $9,04 \text{ cm}^2$

7. Détermination des armatures transversales :

a) Calcul de la contrainte tangentielle :

Elle est exprimée par la relation suivante :

$$\zeta_u = \frac{V_u}{bd}$$

On a : $\zeta_u = 0,58 \text{ Mpa}$

b) Calcul de la contrainte tangentielle admissible :

Elle est exprimée par la relation :

$$\zeta'_u = \min \left[\frac{0,15f_{c28}}{\delta_b} ; 4 \right] \quad \text{avec } \delta_b = 1,5$$

D'où $\zeta'_u = 2,5 \text{ Mpa}$

La contrainte admissible $\zeta'_u < \zeta_u$ donc on a besoin d'armatures transversales.



c) Calcul des armatures transversales :

Elle se calcul par la relation :

$$A_t = \frac{A}{3}$$

Donc $A_t = 2,86 \text{ cm}^2$

d) Choix de Φ_t :

La dimension Φ_t est telle que:

$$\Phi_t = \min \left(\Phi_1; \frac{h}{23}; \frac{b}{10} \right)$$

D'où $\Phi_t = 6 \text{ mm}$

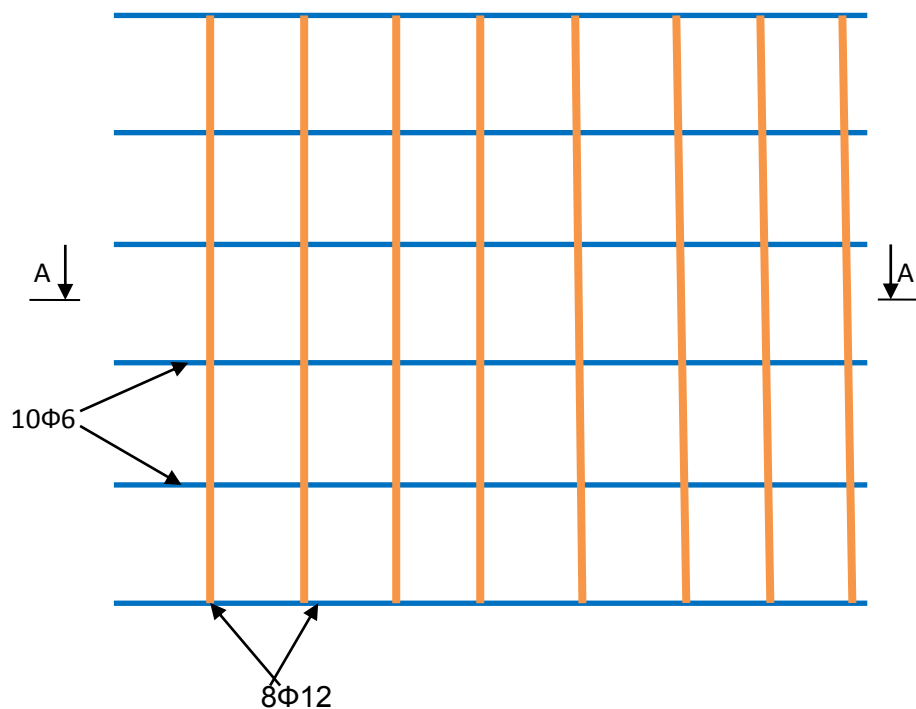
e) Ecartement admissible :

L'écartement admissible S_t est :

$$S_t = \min [0,9d ; 40 \text{ cm}]$$

$$S_t = \min [0,9.12; 40 \text{ cm}]$$

D'où $S_t = 10,8 \text{ cm}$



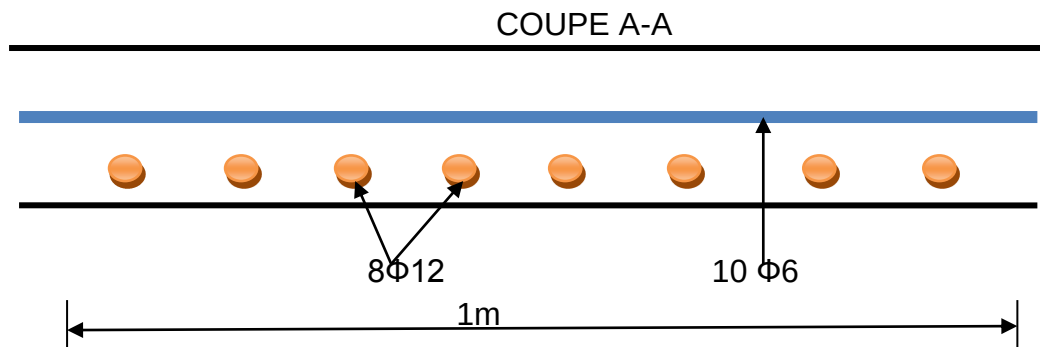


Figure n°9 plan de ferrailage et coupe d'une dalle

Désignation	Φ	nature	Longueur (m)	Poids (kg/ml)	nombres	Poids total (kg/ml)	Espacement (m)
Armature longitudinale	12	HA	1,00	0,887	8	7,09	0,125
Armature transversale	6	HA	1 ,00	0,222	10	10,22	0,18

Tableau n° 15 Nomenclature des aciers

Chapitre 4. DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE

Le Dimensionnement de la chaussée permet de déterminer l'épaisseur des différentes couches de la chaussée. Il consiste à faire en sorte que les valeurs des contraintes arrivées au niveau de la plate-forme soient inférieures à la portance admissible du sol de cette dernière.

I. ETUDE DU TRAFIC :

Le trafic est le principal paramètre pris en compte pour dimensionner une chaussée.

A. Trafic passé :

Ce sont les résultats de comptage effectué dans les années passées, c'est-à-dire les nombres des véhicules qui ont circulé à un moment donné sur l'ancienne chaussée.

Le tableau ci-dessous montre le trafic en 2003 et en 2006.

Véhicules	Comptage en mars 2003	Comptage en octobre 2006
Voiture particulière (<6places)	16	33
Camionnette à passager et minibus (<30places)	18	47
Autocars (>30places)	7	10
Camion à 2 essieux	12	24
Camion à essieu tandem	5	15
Ensemble articulé	0	1
Total	58	130

Tableau n°16 : trafic passé

Source : A.R.M



B. Trafic actuel :

C'est le nombre de trafic relevé au moment où l'on fait l'étude du projet. Le résultat de comptage est résumé dans le tableau suivant :

Véhicules	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4	Jour 5	Jour 6	Jour 7	Moyenne journalière	% par catégorie
Voiture particulière (<6places)	45	40	42	47	45	30	32	40	28,36
Camionnette à passager et minibus (<30places)	50	51	49	51	47	45	30	46	32,62
Autocars (>30places)	15	10	13	9	9	7	7	10	7
Camion à 2 essieux	32	34	34	30	27	25	24	29	20
Camion à essieu tandem	20	17	20	19	17	13	12	16	11
Ensemble articulé	1	0	0	0	1	0	0	0	0,02
Total	163	152	158	156	146	105	105	141	100

Tableau n°17 : trafic actuel

Source : Recherche personnel (octobre 2010)

C. Taux d'accroissement « i » :

Pour le trafic passé, il est intéressant de déterminer le taux de croissance du trafic. Il est donné par la relation suivante :

$$i = \frac{100}{n} \times \left(\frac{T_n}{T_0} - 1 \right)$$

Avec : T_n = donné de trafic à l'année n ;
 T_0 = donné de trafic à l'année de référence ;
 n = nombre d'année entre T_n et T_0

$$\text{D'où } i = \frac{100}{4} \times \left(\frac{141}{130} - 1 \right) = 2,11\%$$

$$i = 2,11\%$$



D. Trafic cumulé N:

Il s'agit d'un trafic pour une durée de service déterminé et évalué en fonction du trafic cumulé N. Il donné par la relation suivante :

$$N = t \times n \times A \times C \times K$$

Avec : t = trafic moyen journalier des poids lourds supérieure à **3,5 tonnes = 45 véh/j** ;

n = durée de vie estimée de la route = **15 ans** ;

A = agressivité des poids lourds = **1** ;

K = coefficient de répartition transversale = 0,75 pour une largeur de chaussée comprise entre 5(m) et 6(m) ;

C = facteur du cumul.

Avec :

$$C = 365 \times \left[\frac{(1+i)^n - 1}{n-1} \right]$$

$$C = 365 \times \left[\frac{(1+0,0211)^{15} - 1}{15-1} \right] = 9$$

$$C = 9$$

D'où $N = 45 \times 15 \times 1 \times 9 \times 0,75$

$N = 4556$ (essieux standards)

Le tableau ci-dessous montre la classe du trafic selon le nombre cumulé d'essieux :

Classe du trafic	Trafic cumulé N
T_1	$< 5.10^5$
T_2	5.10^5 et $1,5.10^6$
T_3	$1,5.10^6$ et 4.10^6
T_4	4.10^6 et 10^7
T_5	10^7 et 2.10^7

Tableau n°18: Tableau des trafics aux nombres cumulés d'essieu standard de 13 tonnes (CEBTP)

Donc l'axe RN 42 est classé dans la classe $T_1 < 5.10^5$ Veh/j.

II. DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE :

Il existe plusieurs méthodes pour dimensionner la chaussée, mais on va utiliser la méthode LNTBP ou CEBTP. Pour le dimensionnement, la portance de la plateforme utilisée est de CBR=13 limon sableux rougeâtre.



Les tableaux suivants montrent les épaisseurs minimales des couches et les coefficients d'équivalence des matériaux

Couche	Trafic N ou N'		CBR de la fondation	Epaisseur Minimale (cm)	observation
	TN	TL			
Roulement	10 20-100 200	10-20 50		1 2 3	- Monocouche ; - Bicouche ; - EDC ou BB
Base		10	20 à 30 ≥30	15 12	
	20-100		20 à 30 ≥30	20	
	200 10 à 20 50		20 à 30 ≥30	15 25 20	

Tableau n° 19 épaisseurs minimales

Matériau	CBR	Utilisation	Coefficient d'équivalence
- Enduit superficiel monocouche ; - Enduit superficiel bicouche ; - EDC ou BBM ≤4Cm ; - EDC ou BBM ≥4Cm		- Roulement ; - Roulement ; - Roulement ; - Roulement ;	1 ; 1 ; 1 ; 1 ;
Binder		Base/ Roulement	2
- Sol-ciment - Sol-bitume - Sol-chaux - TVCou GCNT - GB ou EME	CBR≥80	- Base ; - Base ; - Base ; - Base ; - Base ;	1,5 ; 1,5 ; 1,2 1 ; 2
- Grave roulé - Matériau sélectionné	- CBR≥60 ; - CBR≥40 ; - CBR≤40 ; - CBR≤30	- Fondation ; - Fondation ; - Fondation ; - Fondation	0,8 à 0,9 0,75 0,7 0,6

Tableau n°20 coefficients d'équivalence des matériaux



A. Choix de la couche de revêtement :

L'épaisseur de la couche de roulement dépend du trafic et de la portance de la plate-forme.

Comme le trafic est de classe faible alors on propose un revêtement avec de l'Enduit Superficiel Bicouche (E_{sb}) avec une épaisseur de mise en œuvre de **2 cm** puisque le trafic est lourd et agressif.

On a : $H_R = 2 \text{ cm}$ de (E_{sb}) et $a_R = 1$

Avec : H_R = épaisseur de la couche de revêtement ;
 a_R = coefficient d'équivalence de matériau.

B. Choix de la couche de base :

L'épaisseur dépend aussi du trafic et la portance du sol. Nous avons un trafic faible qui est inférieur à **250 Veh/j** donc on a choisi comme couche de base les Graves Concassées Non Traitée **GCNT 0/31⁵** avec une épaisseur de **15 cm**.

On a : $H_B = 15 \text{ cm}$ de **GCNT 0/31⁵** et $a_B = 1$

Avec : H_B = épaisseur de la couche de base ;
 a_B = coefficient d'équivalence de matériau.

C. Dimensionnement par la méthode CEBTP ou LNTPB :

D'après la formule on a :

$$H_F = \frac{E_{eq} - a_R H_R - a_B H_B}{a_F}$$

Avec: E_{eq} = épaisseur équivalente à lire sur l'abaque LNTPB selon les paramètres **TN** et **TL** (voir annexe n°2).

Pour les poids lourds le trafic est de 45 veh/j = 32% du trafic journalier et qui est supérieure à 30%. On a le CBR 4j sol support égal à 13.

Donc d'après l'abaque on a **$E_{eq} = 27.8 \text{ cm}$** ;

a_F = coefficient d'équivalence de matériau = **0,7** car on a choisi pour couche de fondation les **MS ou Sol ciment**.

H_F = épaisseur de la couche de Fondation.

Donc :

$$H_F = \frac{27,8 - (2 \cdot 1) - (15 \cdot 1)}{0,7} = 15 \text{ cm}$$

$H_F = 15 \text{ cm}$

Donc la structure de la chaussée :

- ➡ **2cm** d' E_{sb} pour couche de revêtement ;
- ➡ **15cm** de **GCNT 0/31⁵** pour couche de base ;
- ➡ **15cm** de **MS ou Sol ciment** pour couche de fondation.



Dans cette étude, on a pris comme solution variante le revêtement en enduit superficiel bicouche. Ce choix est dû au fait que la route est très peu circulée. L'enduit est moins cher que les autres types de revêtement et il est plus imperméable.

III. CONCLUSION PARTIELLE

Cette partie nous a permis de voir que l'étude technique d'un projet routier est la base de toute la mise en œuvre. La conception d'une route dépend de plusieurs paramètres mais le plus important concerne les qualités des matériaux à mettre en œuvre et surtout l'assainissement car l'eau est la première ennemie de la route



PARTIE 3 :

TECHNOLOGIE DE MISE EN

ŒUVRE



Chapitre I. TERRASSEMENT ET OUVRAGE

I. GENERALITES :

A. Définition :

Le terrassement consiste à créer une surface qui servira l'appui à un ouvrage par la confection de remblais ou de l'exécution de déblais ; à extraire ou à déblayer un terrain, à le transporter et à l'incorporer dans un ouvrage ou le mettre en dépôt ; à déformer le relief du terrain naturel pour le ramener au profil déterminé par le projet.

Les travaux préliminaires aux travaux de terrassement comprennent:

- ✓ Implantation des bornes polygonales ;
- ✓ Piquetage de l'axe ;
- ✓ Levé topographique des profils en travers types et des profils en long ;
- ✓ Procès-verbal d'implantation.

B. Principes :

En général, les travaux de terrassement nécessitent quelques étapes dont le principe est résumé comme suit :

- ✓ La campagne topographique ;
- ✓ Préparation du terrain ;
- ✓ La mise en œuvre des différents ouvrages.

II. LA CAMPAGNE TOPOGRAPHIQUE :

Avant de procéder aux travaux de terrassement, on doit réaliser :

- ✓ Implantation des bornes appelées « polygonale de base » à l'aide d'un appareil spécifique comme la station totale ou appareil de niveau,
- ✓ Implantation à l'axe à l'aide de piquetage ;
- ✓ Implantation des piquets : pour repérage et pour l'élaboration des différents types de profils.



III. LES TRAVAUX DE TERRASSEMENT :

A. Préparation du terrain:

Il consiste à réparer le sol support pour pouvoir recevoir les travaux de remblaiement et de déblaiement. Les travaux de préparation de terrain comprennent les opérations suivantes :

1. Arrachage et abattage des arbres :

Il consiste à enlever la couche végétale et à couper les arbres qui nuisent à la mise à la mise en œuvre de diverses tâches. Cette opération est nécessaire pour élargir la chaussée.

2. Le décapage :

Il consiste à enlever avec un décapeur ou scraper, la couche de terre végétale sur une profondeur de 20 cm.

3. Le dessouchage et débroussaillage :

Le dessouchage consiste à enlever les souches et les racines végétales, le but est d'obtenir un sol d'assise propre et dépourvu des matières organiques.

Le débroussaillage est le fait d'enlever des broussailles présentes sur la totalité de l'emprise. L'extraction des racines et les souches s'exécutent à l'aide d'une pelle mécanique.

4. La mise hors d'eau de la plate forme :

Elle consiste à évacuer les eaux vers l'extérieur de la structure de la plate-forme par l'intermédiaire d'une conduite provisoire et permet aussi d'assurer l'accessibilité des engins de terrassement.

B. Exécution de déblai :

1. Définition :

Un déblai consiste à rabattre le niveau du terrain naturel ou d'enlever une quantité de terre excédentaire dans le but d'abaisser le niveau du terrain naturel. C'est-à-dire ôter un volume de terre correspondant à un niveau désiré de la cote du projet.

Les matériaux de déblai constituent ceux des remblais après approbation des essais au laboratoire, si non, les matériaux non utilisés en remblais seront en charge en lieu de dépôt agréé.

2. Mode d'exécution :

- Extraction et excavation de déblais par l'intermédiaire d'une pelle hydraulique pour les épaisseurs importantes et par biais d'un bulldozer pour un déblai superficiel de faible épaisseur jusqu'à 20 cm ;
- Essai au laboratoire de quelques échantillons pour connaître leur destination, la réutilisation en remblai si les résultats des études en laboratoire le permettent avec approbation du contrôle ou mis en dépôt dans le cas contraire ;
- Rectification du fond de déblai avec une niveleuse et compactage au moins 90% de l'OPM sur une profondeur de 25 cm.



C. Exécution de remblai :

1. Définition :

Un remblai consiste à remonter ou élever la cote du terrain naturel par l'intermédiaire des apports de quantité des matériaux venant du déblai ou des emprunts.

2. Mode d'exécution :

D'une manière générale, le remblayage s'exécute comme suit :

- Réception géotechnique de la couche d'assise de remblais ;
- Régalage uniforme des matériaux sur toute la largeur de la plate-forme à remblayer avec une couche qui ne dépasse pas de 25 cm d'épaisseur avant compactage ;
- Compactage avec un compacteur à pieds de mouton de sorte que la densité sur place soit égale à :
 - *90% OPM dans le corps de remblai ;
 - *95% OPM pour le dernier mètre supérieur.
- Réalisation d'un profil en travers avec un bombement à tout stade d'avancement pour qu'il n'y ait pas de stagnation d'eau sur la couche réalisée ;
- Sur élargissement du profil en travers de 1 m sur les bords des talus de remblai pour obtenir le taux de compacité que l'on enlèvera après.

3. Confection des talus :

Les talus de déblai s'exécutent en même temps avec l'extraction de déblai à l'aide d'une pelle hydraulique et suivie d'une finition avec la niveleuse en respectant la pente indiquée par les profils.

Les pentes de remblai s'exécutent avec la confection du corps de remblai lui-même.

4. Protection des talus :

La protection des talus peut être assurée par :

- Mise en œuvre des redans pour les remblais et pour les talus de hauteur importante >4m ;
- Mise en œuvre des descentes d'eau en béton ou en maçonnerie de moellon pour canaliser les eaux venant des fossés de crête.

5. Le compactage :

Le compactage est un élément de la technologie de terrassement qui a pour but d'améliorer la performance du sol en lui appliquant une énergie mécanique.

IV. LA CONSTRUCTION DES OUVRAGES :

Les ouvrages hydrauliques sont effectués après l'exécution des travaux de terrassements, on distingue :

- Les fossés de crête ou fossé de garde ;
- Les fossés de pieds ;
- Les buses et dalot d'assainissement et de franchissement.



A. Les fossés de crête :

Les fossés de crête servent à recevoir directement les eaux de ruissellement venant d'un bassin versant et les transmettre vers l'exutoire ou dans les fossés de pied par l'intermédiaire des descentes d'eau. On les rencontre surtout dans les profils en déblai et dans les profils mixtes. Ils doivent être situés au moins à 3 mètres au-delà des têtes de talus. En général, ils ont une section trapézoïdale en terre à pente faible qui s'exécute par fouille manuelle.

B. Les fossés de pied :

Les fossés de pied sont des ouvrages destinés à évacuer les eaux de ruissellement venant de la plate-forme et du talus de déblai vers des exutoires. Leur section peut être trapézoïdale, triangulaire ou rectangulaire. Ils doivent être réalisés simultanément avec l'achèvement des travaux de terrassement de façon à assurer l'assainissement de la plate-forme, de l'emprise et de l'environnement.

Les profils en long des fossés de pieds épousent en général ceux de la ligne rouge de la chaussée, de la cote du projet et la pente longitudinale de la chaussée.

La fouille est exécutée mécaniquement à l'aide de la lame d'une niveleuse si la section est triangulaire et manuellement dans le cas des deux autres sections.

C. Les ouvrages de décharge:

En général, les ouvrages de franchissement se trouvent dans les zones de remblais, qui servent à équilibrer les eaux stagnantes sur chaque côté de remblai et dans les zones de profil mixte que l'on rencontre des ouvrages d'assainissement qui servent à évacuer les eaux venant des fossés de pied lorsque la longueur critique est atteinte.

1. Les dalots :

Les dalots sont des conduites d'eaux sous chaussée de section rectangulaire avec des piédroits en général en maçonnerie de moellons et radier en dalle supérieure en béton armé. Ils sont utilisés pour évacuer un débit élevé.

► **Mode d'exécution :**

Les dalots en béton armé s'exécutent comme suit :

- Piquetage de l'axe de la route en plaçant des piquets tous les 5 à 10 m de chaque côté de l'emplacement prévu pour l'ouvrage ;
- Construction d'une ligne perpendiculaire (axe du dalot) à l'emplacement prévu ;
- Fouille : excavation de l'emplacement du dalot ;



- Une fois mise en œuvre du niveau de la fouille est atteint, niveler et compacter le fond de fouille ;
- Mise en œuvre de lit de pose de sable suivi du coulage de béton de propreté ;
- Mise en place d'armature du radier et des piliers ;
- Coffrage et coulage de béton pour radiers ;
- Pose des dalles préfabriquées ou par coulage de la dalle ;
- Remblais dûment compacté autour et au-dessus de l'ouvrage jusqu'à la cote du projet.

2. Les buses :

Les buses sont des conduites sous chaussée de forme circulaire qui ont comme fonction d'évacuer l'eau du côté le plus élevé de la route vers le plus bas. En général, le diamètre minimum des buses est de 60cm parce que les buses plus petites sont obstruées facilement et difficile à entretenir



Chapitre 2. MISE EN ŒUVRE DE LA COUCHE DE FONDATION

I. GENERALITES :

La couche de fondation constitue l'une des assises du corps de la chaussée, donc elle doit être réalisée avec des matériaux de bonne portance.

Dans le cas général, en cas de réfection de la chaussée, la couche de fondation est réalisée avec des sables argileux amendés au ciment. Dans le cas de renforcement, les matériaux pour rechargement et dans les cas échéant de la couche de fondation existante sont réalisés soit par des matériaux amendés au ciment, soit par des matériaux naturels peu sensibles à l'eau. Le dosage en ciment est de 2 à 3% du poids sec du mélange.

Il faut s'assurer que les matériaux répondent aux caractéristiques imposées et que les gites doivent subir un nombre suffisant de sondage.

II. MISE EN ŒUVRE DES PLANCHES D'ESSAI :

Les planches d'essai sont des plates-formes spécialement construites pour l'étude de mise en œuvre et des conditions d'utilisation des matériaux provenant d'un gisement répertorié pour le projet.

Les planches d'essai ont pour but de définir les paramètres de compactage telle que : la teneur en eau de mise en œuvre, épaisseur des couches à compacter, les matériels de compactage, le nombre de passes de l'engin

La procédure de la réalisation suit les étapes suivantes :

- Scarification de l'assise de la couche de fondation ;
- Etalage des matériaux à compacter ;
- Arrosage de la couche foisonnée pour une teneur en eau voisine de la teneur en eau optimale ;
- Compactage suivant les indications du conducteur des travaux (vitesse de translation, nombre de passe pour chaque zone) ;
- Mesure du poids volumiques secs γ_d sur les points sélectionnés

Le but de la réalisation des planches d'essai est de trouver le nombre de passes des engins de compactage qui donne la valeur de γ_d exigé par le cahier de charge, tel que $\gamma_d = I_c \cdot \gamma_{dmax}$ ou I_c indice de compacité.



III. MISE EN ŒUVRE DES MATERIAUX MEUBLES :

Les matériaux meubles sont mis en œuvre selon les méthodologies ci-après :

- Approvisionnement et régalage ;
- Malaxage avec une niveleuse des matériaux naturels pour obtenir une teneur en eau homogène légèrement inférieure à la teneur en eau optimale du mélange ;
- Régalage à une côte supérieure à la cote du projet, puis recompacté ;
- Humidification, réglage et compactage à 95% OPM.

Le compactage se fait à l'aide des compacteurs à jante lisse ou à pneumatique de charge minimale de 3 tonnes par roue.

Le compactage des bords de la couche doit être particulièrement soigné.

IV. LES DIFFERENTS ESSAIS ET CONTROLE APRES MISE EN ŒUVRE :

- Mesure de la compacité in situ tous les 100m ;
- Contrôle de l'épaisseur de la couche finale ;
- La tolérance dans le dimensionnement est de $\pm 5\%$ de celle prévue ;
- Une réception géométrique pour vérifier la largeur et l'épaisseur : réalisé tous les 100m.



Chapitre 3. MISE EN ŒUVRE DE LA COUCHE DE BASE

La couche de base est la couche qui vient juste avant la couche de roulement

I. MISE EN ŒUVRE :

- Mettre en œuvre les matériaux à l'aide des engins produisant peu de ségrégation (finisseur) ;
- Respecter l'utilisation correcte des engins de répandage lorsqu'il comporte une lame de réglage :
 - *Lame de l'engin travaillant en pleine charge et disposer plus de perpendicularité que possible par rapport à la direction de progression de l'engin ;
 - *Limitation du nombre de passe de l'engin ;
- Répandre toujours des granulats humides ;
- Epaisseur de la couche à compacter est de 10 à 20 cm ;
- Compactage à 85% de γ_s .

II. CONTROLE ET ESSAI APRES MISE EN ŒUVRE :

- Mesure de compacité in situ tous les 100m $I_C = \frac{\gamma_d}{\gamma_s} * 100 = 85\%$;
- Un contrôle longitudinal et transversal de la surface finie de la couche de base à l'aide d'une règle parfaitement rigide de longueur 3m ;
- Une réception géométrique est obligatoire ; cette réception se fait sur les bords de la chaussée et sur l'axe en vérifiant l'épaisseur de la couche ;
- Une mesure de déflexion avec une poutre de Benkelman tous les 50 m.



Chapitre 4. MISE EN ŒUVRE DE LA COUCHE D'IMPREGNATION

I. GENERALITES :

La couche d'imprégnation est réalisée sur la couche de GCNT 0/31⁵ à l'aide d'un bitume fluidifié (cut-back) 0/1 qui est un mélange de bitume pur avec des produits dérivés de pétrole dosé à 1,2 kg/m²

Son Rôle est d'imprégner ou d'imbiber la nouvelle couche de base afin que celle-ci puisse recevoir la couche de roulement.

II. MISE EN ŒUVRE :

- Conserver le liant avec une température de 40 à 50°C avant la mise en œuvre ;
- Balayage suivi de soufflage de façon à éliminer les poussières sur la couche de base qui pourrait empêcher la bonne pénétration et l'adhérence du liant. Le balayage est obligatoirement réalisé à l'aide d'un balai mécanique ;
- Répandage immédiat du liant après balayage sur un tronçon de 400m de long ;
- Répandage de sable à raison de 6kg/m² avec une vitesse maximale de 40km/h 6 heures après le répandage du liant.

III. CONTROLE ET SURVEILLANCE :

- Mise en place d'un agent de surveillance à l'arrière du camion répandeur pour contrôle de répandage ;
- Les contrôles extérieurs et inférieurs et intérieurs de l'imprégnation consistent en :
 - Un dosage en liant tous les 2 000 m² ;
 - Une mesure de la régularité transversale du répandage au début des travaux.



Chapitre 5. MISE EN ŒUVRE DE LA COUCHE DE REVETEMENT

L'Enduit Superficiel Bicouche est la variante principale.

I. MISE EN ŒUVRE :

Il y a deux techniques de mise en œuvre de l'enduit superficiel utilisé dans la construction routière :

- La méthode Anglaise ;
- La méthode Française.

Mais ce qui nous intéresse est celle de la méthode française. La mise en œuvre est résumée comme suit :

- Répandage de la première couche avec de l'émulsion cationique rapide (**ECR 60**) dosé à $1,2 \text{ kg/m}^2$ et de gravillon 10/14 à raison de 10 l/m^2 suivi de compactage ;
- Répandage de la deuxième couche avec **ECR 60** dosé à $0,8 \text{ kg/m}^2$ et de gravillon 6/10 à raison de 10 l/m^2 suivie de sablage et de compactage.

II. REMARQUE :

Le compactage doit se faire le plus rapidement possible après gravillonnage et se fait en deux étapes :

- Première compactage avec un rouleau à jante lisse de 1 à 2 passes ;
- Compactage avec un compacteur à pneumatique de charge minimale de 2,5 tonnes par roue.

III. CONCLUSION PARTIELLE :

La technologie de mise en œuvre de différentes couches est basée sur la technique de compactage par la réalisation des planches d'essai et la mise en œuvre de bons matériaux répondant aux caractéristiques définies dans chaque chapitre. Un bon compactage permet à chaque couche de bien résister à des efforts venant des véhicules.



PARTIE 4 :

EVALUATION DU COUT DU

PROJET ET IMPACTS

ENVIRONNEMENTAUX



Chapitre I. EVALUATION DU COUT DU PROJET

I. DEFINITION DES PRIX :

Série 01: INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER:

Prix 01-01: Installation et repli de chantier:

Ce prix rémunère la construction des campements, l'amenée sur chantier tant matériels et équipements en bon état de marche que les matériaux nécessaires à l'exécution des travaux, l'élaboration des divers documents d'exécution ainsi que le terme et la mise à jour des documents de chantier.

Il rémunère également :

- Le démontage des installations, le repli du matériel ainsi que la remise en état des lieux ;
- L'établissement du document final spécifié ;
- L'aménagement du site de dépôt ;
- La construction des fosses pour recevoir les déchets solides provenant de la base vie de l'entrepreneur ;
- Les dispositions nécessaires au bon fonctionnement et à la sécurité du chantier ;
- La fourniture et la mise en place des panneaux d'information ;
- L'aménagement des sites après la fermeture des gites, d'emprunt et de carrière ;
- La remise état des lieux après repli ;
- Et toutes sujétions.

Série 02 : TERRASSEMENT :

Prix 02-01 : Désherbage et débroussaillage :

Ce prix rémunère au **mètre carré (m²)** la réalisation du désherbage, du débroussaillage et de la maîtrise de la végétation sur l'emprise de la route dans la mesure où cette opération n'est pas incluse dans les prestations inhérentes à des travaux rémunérés par d'autre prix. Il s'applique une seule fois durant le chantier à toutes les opérations énumérées ci-après et qui seront, à exécuter plusieurs fois en cours de chantier :



- En début de chantier, préalablement au levé topographique général du terrain existant ;
- Ensuite, juste avant le démarrage ;
- Enfin, pour la réception provisoire

Il comprend pour toutes les surfaces concernées par des travaux (accotement, fossé, talus et extension d'assiette de terrassement :

- Toutes sujétions d'accès ;
- Le désherbage, le déboisement, le déracinage, l'abattage et le dessouchage des arbres existants d'une circonférence inférieure ou égale à zéro soixante mètre (0,60m), mesurée à un mètre au-dessus du sol.

Prix 02-02 : Abattage d'arbre :

Ce prix rémunère à **l'unité (U)** pour l'abattage d'arbre de circonférence supérieure à un mètre (1m), mesurée à un mètre au-dessus du sol.

Il comprend :

- L'abattage proprement dit ;
- Le dessouchage ;
- Le tronçonnage en éléments de deux mètres de longueur en maximum ;
- L'évacuation dans un dépôt agréé.

Prix 02-03 : Décapage :

Ce prix rémunère au **mètre carré (m²)** la réalisation de décapage sur 20cm de profondeur du terrain naturel dans la zone de terrassement neuf en remblai et l'enlèvement des souches d'arbre dont les diamètres est inférieure à un mètre y compris l'évacuation et toutes sujétions de mise en œuvre.

Il comprend :

- Toute sujétion d'accès ;
- Le décapage et dessouchage environ deux mètre de l'emprise du projet ;
- L'enlèvement et le transport des produits obtenus jusqu'à un lieu de dépôt agréé par l'autorité de contrôle quelque soit la distance de la mise en dépôt.

Prix 02-04 : Délai meuble :

Ce prix rémunère au **mètre cube (m³)** de volume en place, la réalisation des déblais en terrain de toutes natures y compris les terrains dits « rippable ». Ce prix s'applique aux délais nécessaire pour la réalisation du profil en travers type applicable y compris la rectification, l'ouverture et le réglage des surfaces utilisées et le décaissement des accotements.

Il comprend :

- L'extraction des matériaux et chargement ;
- Le transport des matériaux de déblais jusqu'à un lieu de dépôt agréé par l'Autorité Chargé de Contrôle ou emploi en remblai, pour toute distances ;
- Le déchargement et réglage des matériaux sur les lieux de dépôt agréés par l'administration ou emplois en remblais.



Prix 02-05: Deblai rocheux :

Ce prix est une plus-value, exprimée en **mètre cube (m³)** pour le déblai en terrain rocheux.

Ce prix concerne les déblais attaquables uniquement à l'explosif.

Prix 02-06: Remblais en provenance de déblai :

Ce prix rémunère au mètre cube (m³), l'exécution de remblais à partir de matériaux provenant de déblais et qui correspond aux caractéristiques agréées par le laboratoire.

Ce prix comprend :

- Toutes les sujétions d'extraction, de sélection (CBR > à 15 pour le corps de remblai et de CBR > à 20 pour la partie supérieure des terrassements et pour les remblais contigus aux ouvrages), de gerbage et de chargement,
- Le transport des matériaux sur une distance supérieure à 1 km, leur mise en œuvre par couches d'épaisseur maximale 25 cm ;
- L'arrosage nécessaire à l'humidification optimum des remblais pour leur mise en œuvre,
- Les surlargeurs provisoires de compactage de 1m de large sur les talus, puis l'enlèvement des matériaux excédentaires (méthode du remblai excédentaire).

Prix 02-07: Remblai d'emprunt :

Ce prix rémunère au **mètre cube (m³)** l'exécution de remblais à partir de matériaux provenant d'emprunts agréés par l'Ingénieur.

Il s'applique en petite et en grande masse, à tous les types de remblais et notamment aux remblais de substitution effectués sous le niveau de la plate-forme, en remplacement des matériaux compressibles, aux remblais sous accotements, aux remblais de protection et de comblement de ravines ou de « lavaka ».

Ce prix comprend :

- Toutes les sujétions de recherche, d'identification et d'exploitation des emprunts (en particulier l'accès, le débroussaillage, le décapage des zones d'emprunt et le stockage de ces produits de décapage),
- Toutes les sujétions d'extraction de sélection (CBR > à 15 pour le corps de remblai et de (CBR > à 20 pour la partie supérieure des terrassements et pour les remblais contigus aux ouvrages), de gerbage et de chargement,
- Le transport des matériaux sur une distance maximale limitée à 5km, leur mise en œuvre par couches d'épaisseur maximale 25cm,



- L'arrosage nécessaire à l'humidification optimum des remblais pour leur mise en œuvre,
- Les surlargeurs provisoires de compactage de 1m de large sur les talus, puis l'enlèvement des matériaux excédentaires (méthode du remblai excédentaire),
- Le compactage des matériaux au moins 90% de l'OPM, jusqu'au niveau supérieur de la plate-forme
- Les sujétions de remblaiement comme remblai contigus aux ouvrages hydrauliques et de protections,
- Il ne comprend pas le réglage et le compactage à 95% de l'OPM de la partie supérieure des terrassements (le dernier mètre).

Prix 02-08: Enlèvement d'éboulement :

Ce prix rémunère au **mètre cube (m³)** l'enlèvement manuel ou mécanique des éboulements de talus de déblais intervenus avant ou durant le chantier, le long des sections de route.

Ce prix comprend :

- La mise en place des dispositifs protégeant la chaussée et ses ouvrages annexes (fossés et caniveaux revêtus, drains, exutoires, gabions, murs, ouvrage de traversée, etc.) contre la circulation des engins,
- Les rampes et pistes d'accès aux sites,
- L'extraction et le chargement des déblais de toute nature : meubles ou rocheux (blocs notamment),
- Leur transport hors de l'emprise et sur toutes distances, en un lieu de dépôt agréé par l'Ingénieur,
- Leur mise en dépôt et leur régalage suivant les instructions de l'ingénieur,
- L'aménagement du lieu de dépôt agréé par l'Ingénieur (débroussaillage, accès, etc.)

Prix 02-09: Engazonnement :

Ce prix s'applique au **mètre carre (m²)** de surface effective mesurée suivant la pente. Il rémunère la réalisation de l'engazonnement pour protection des talus de remblai et de déblais, aux abords d'ouvrages ou de fossés en terre.

Il comprend :

- Le découpage sur les lieux d'emprunt du gazon par bande de vingt centimètres (20 cm) de côté et de dix centimètres (10cm) d'épaisseur moyenne ;
- Le chargement et le transport sur toutes distances et déchargement aux lieux d'emploi ;



- La pose ;
- La fixation des bandes de gazon à l'aide de piquets en bois fichés de vingt centimètres (20cm) sur les talus ou les fossés ;
- L'arrosage, l'Entretien jusqu'à reprise vivace et toutes sujétions d'exécution.

Série 03 : ASSAINISSEMENT :

Prix 03-01: démolition d'ouvrage maçonné ou bétonné :

Ces prix rémunèrent au **mètre linéaire (ml)**, la démolition manuelle ou mécanique, totale ou partielle, d'ouvrages existants d'assainissement, de franchissement, de soutènement et divers, quelles que soient leur nature (maçonnerie, béton armé ou non, gabions etc.), leurs dimensions, leur situation (enterrés ou non).

Ils comprennent :

- Tous les terrassements utiles, y compris fouilles ;
- La démolition proprement dite, complète ou en partie, de l'ouvrage y compris têtes, puisards, piles, dalle ou plate-forme, etc... et toutes sujétions d'exécution ;
- Le chargement, le transport sur toutes distances, le déchargement et la mise en dépôt des gravois ou matériaux existants sur des sites agréés ;

Prix 03-02 : curage des dalots :

Ce prix s'applique au **mètre linéaire (ml)** de dalots existants.

Il comprend :

- L'extraction des matériaux existants à l'intérieur de l'ouvrage ;
- Leur chargement ;
- Leur transport, leur déchargement le réglage au lieu de dépôt agréé et toutes sujétions de nettoyage dont l'envoi éventuel de jets d'eau sous pression à l'intérieure de l'ouvrage.
- Les quantités à prendre en compte seront les longueurs, hors aménagements d'extrémité, des ouvrages réellement curés telles qu'il ressort des attachements établis à partir des ordres de service prescrivant cette opération.



Prix 03-03 : curage des buses :

Ce prix rémunère au **mètre linéaire (ml)** le curage des buses

Ce prix comprend :

- L'enlèvement de tous débris végétaux et des sables qui empêchent l'évacuation des eaux ;
- La remise en états des buses

Prix 03-04 : fouilles pour ouvrage :

Ce prix rémunère au **mètre cube (m³)**, l'exécution de fouille en terrain ordinaire, nécessaire à la construction des ouvrages d'assainissement et de drainage.

Ce prix comprend l'implantation et tous les travaux topographiques, l'extraction des déblais, la mise en dépôt provisoire sur place en vue de la réutilisation des matériaux en remblaiement de fouille ou le transport et la mise en dépôt définitive des matériaux aux emplacements agréés par l'Ingénieur.

Prix 03-05 : Béton B1 dosé à 250kg/m³ :

Ce prix rémunère au **mètre cube (m³)**, la confection et la mise en œuvre de béton de qualité B1 dosé au minimum à 250 kg de ciment par mètre cube pour ouvrages divers tels que les radiers des fossés maçonnés, béton de calage, etc.

Ce prix comprend :

- La préparation de surface ;
- La fourniture et le transport sur toute distance au lieu d'emplois, de tous les matériaux nécessaires à la fabrication du béton ;
- Le stockage dans de bonnes conditions de ces matériaux ;
- Le lavage et le criblage éventuel des agrégats ;
- La fabrication par malaxage mécanique, la mise en œuvre, la vibration, le lissage et le réglage du béton ;
- La fourniture, la mise en place et l'arrimage des éléments de coffrage qu'ils soient perdus ou non ;
- Le décoffrage, la cure du béton et les ragréages éventuel.

Prix 03-06 : Béton B2 dosé à 350kg/m³ :

Ce prix rémunère au **mètre cube (m³)**, la confection et la mise en œuvre de béton de qualité B2 dosé au minimum à 350 kg de ciment par mètre cube pour ouvrages divers tels que : semelle, radiers, murs de soutènement, murette, dalle de couverture de fossé et caniveaux, fossé standard, etc...

Il s'applique quelle que soient les dimensions des ouvrages et notamment aux aménagements de faible volume.

Ce prix comprend :

- La fourniture et le transport sur le lieu d'emploi de tous les matériaux nécessaires à la fabrication du béton y compris les adjuvants ;



- Le stockage dans de bonne condition de ces matériaux ;
- Le lavage et le criblage des agrégats si nécessaire ;
- La fabrication par malaxage mécanique, la mise en œuvre, la vibration, le lissage et le réglage du béton ;
- L'exécution des joints et des éventuelles barbacanes ;
- Les coffrages perdus ou non, les échafaudages ;
- Le décoffrage et la cure du béton ;
- Le badigeonnage double couche, des faces enterrées au moyen d'un produit bitumineux agréé ;
- La réalisation du bloc technique, par couches de 30 cm, la remise en état des abords ;
- Et d'un diamètre générale toutes les taches et sujétions pour réaliser des bétons.

Prix 03-07: Acier pour béton armé :

Ce prix s'applique au **Kilogramme (kg)**, d'acier type « Fe E-24 » et « Fe E-40 » pour béton armé de tous ouvrages d'assainissements divers et de reprises d'ouvrages existants, exception faite des buses en béton et des caniveaux couverts.

Ce prix comprend :

- La fourniture, l'amenée à pied d'œuvre des aciers nécessaires à la confection des armatures et leur stockage sur des plates formes à l'abri des intempéries ;
- Le façonnage des armatures suivant les dispositions des projets et plans type ;
- La mise en place des armatures façonnée ;
- La fourniture et la mise en place des ligatures, des cales d'espacement entre barres et coffrages, et des cavaliers entre nappe d'armature.

Prix 03-08: Gabion pour structure et protection :

Ce prix rémunère au **mètre cube (m³)**, la fourniture et l'exécution de gabions pour la réalisation d'ouvrages divers de stabilisation ou de protection, quelles que soient leurs dimension globales et leur situation et la dimension des cages prévue par les plans d'exécution.

Prix 03-09: Perrés maçonnés :

Ce prix rémunère au **mètre carré (m²)**, la réalisation de revêtement de 25cm d'épaisseur, en moellons taillé, jointoyés au mortier de ciment et issu de roches massives agréées par l'ingénieur, pour des ouvrages tel que : protection des talus, des buses, des dalots, des berges etc.

Il s'applique à la surface couverte de perrés mesurée selon la pente du talus.

Ce prix comprend :

- La fourniture et le transport de tous les matériaux nécessaires quelle que soit la distance ;



- Les terrassements pour la préparation de la surface de pose ;
- Le chargement et le transport des terres en excédent vers un lieu de dépôt agréé ;
- L'extraction et la taille des moellons, leur mise en place ;
- Tous travaux de reprise utiles sur ouvrages existants tel que piquages à vif, lavage, ragréages ;
- Le façonnage en relief des joints sur toutes les surfaces visibles ;
- Les remblaiements latéraux en matériaux pour ouvrage compactés à 95% de l'OPM.

Prix 03-10: Curage des fossés en terre :

Ce prix rémunère au **mètre linéaire (ml)**, les travaux d'exécution d'exutoire, le réglage et la finition en terrain de toutes natures.

Il comprend :

- Le débroussaillage et le désherbage ;
- La fouille ;
- Le réglage selon le gabarit et pentes exigées ;
- L'évacuation, la mise en dépôt des produits de désherbage, le débroussaillage et la fouille hors de l'emprise de la chaussée et du côté aval de l'écoulement éventuel des eaux superficielles et toutes sujétions de mise en œuvre.

Prix 03-11: Curage des fossés maçonnés :

Ce prix rémunère, dans les mêmes conditions que le **prix 03-02** et le **prix 03-03**.

Série 04 : CHAUSSEE :

Prix 04-01 : Démolition de la chaussée existant :

Ce prix rémunère au **mètre cube (m³)**, la démolition d'une chaussée existant revêtue continu, quelles que soient les épaisseurs et la nature des couches de chaussée et conformément aux instructions de l'ingénieur quant à la profondeur du décaissement.

Il comprend :

- La démolition et l'extraction de tous les matériaux constituant la chaussée existante, l'ancienne chaussée sous-jacente et la plateforme ;
- Le chargement et le transport sur toutes distances de ces matériaux ;
- Le déchargement en lieu agréé par l'ingénieur ;
- Leur mise en dépôt et leur enfouissement conformément aux instructions de l'ingénieur et au plan de gestion environnementale.



Prix 04-02 : Reprofilage léger :

Ce prix rémunère au **mètre linéaire (ml)**, le reprofilage léger des routes dans les cadres des travaux de réhabilitation.

Il comprend :

- La mise en forme de gabarit de la plate-forme conformément aux plans type et l'apport des matériaux appropriés ;
- Le compactage de la plate-forme afin d'obtenir une densité sèche en tous points, égale ou supérieur à 90% de l'OPM et 95% de l'OPM sur les derniers 30 cm ;
- Toutes les sujétions d'exécution en particulier celles liées à l'obtention des spécifications définies.

Prix 04-03 : Couche de fondation en matériaux sélectionnés :

Ce prix rémunère au **mètre cube (m³)**, la fourniture et la mise en œuvre de la couche de fondation en matériaux sélectionnés.

Il comprend :

- Le chargement, le transport et déchargement des matériaux sur le lieu de travail ;
- Compactage de la couche ;
- Finition et toutes sujétions de mise en œuvre.

Prix 04-04 : Couche de base en GCNT 0/31⁵ :

Ce prix rémunère au **mètre cube (m³)**, les opérations relatives à la production et la mise en œuvre de grave concassée pour la couche de base.

Il comprend :

- Toute sujétion de recherche, d'analyse géotechnique ;
- Les redevances d'exploitation des carrières ;
- L'extraction des matériaux à exploiter ;
- Le concassage, le criblage ;
- L'humidification du grave au moyen d'une centrale mécanique du malaxage ;
- Le transport sur toutes distances ;
- Le déchargement sur lieux d'emploi ;
- Le cas échéant des frais pour stockages et reprises intermédiaire ;
- La mise en œuvre ;
- Le déalignement des bords de la couche pour les rendre parallèle à l'axe du tracé ;
- L'arrosage nécessaire à l'humidification optimum des matériaux pour leur compactage
- Et toutes sujétions pour produire des matériaux conformes aux spécifications techniques.



Prix 04-05 : Imprégnation au cut back 0/1 :

Ce prix rémunère à la **tonne (T)**, de bitume résiduel, de bitume fluidifié ou cut back 0/1 pour l'imprégnation de grave concassé

Il s'applique quelle que soit l'importance de la surface, grande (rampe) ou petite (lance) sur couche de base, réparation de chaussée, accotement, trottoir, etc.

Il comprend :

- La préparation de la surface par balayage, soufflage, arrosage ;
- Le déflachage éventuel par une méthode agréée par l'ingénieur ;
- La fourniture du bitume fluidifié ;
- Son transport sur toutes distances ;
- Le réchauffage et le répandage du bitume fluidifié ;
- Le sablage de la zone circulée ;
- Les surlargeurs d'exécutions et les pertes diverses ;
- Et toutes sujétions.

Prix 04-06 : Couche de revêtement en cut back 400/600 :

Ce prix rémunère à la **tonne (T)**, d'émulsion pour la mise en œuvre de la couche de revêtement.

Il comprend :

- Le transport et la fourniture des matériaux sur le lieu de travail ;
- La mise en œuvre et toutes sujétions.

Prix 04-07 : Gravillon pour enduit superficiel :

Ce prix rémunère au **mètre cube (m³)**, la fabrication et la mise en œuvre de gravillons pour enduit superficiel.

Il s'applique quelle que soit la zone d'application, l'importance de la surface à revêtir et la classe granulaire **d/D**.

Il comprend :

- La préparation des carrières ;
- Le concassage, le criblage ;
- Le lavage des gravillons ;
- Le transport sur toute distance ;
- Les frais de stockage intermédiaire ;
- La préparation de la surface par balayage, soufflage, et reprises éventuelles ;
- Le répandage mécanique à l'auto gravillonneur ou le répandage manuel des gravillons ;
- Les surlargeurs éventuelles et les pertes diverses ;
- Le cylindrage, le balayage de chaque couche ;
- Et toutes autres sujétions d'exécution.
-



Prix 04-08 : Plus-value de transport au prix 04-03 pour distance D<5 km :

Ce prix est une plus de value, exprimé en **m³.km** applicable au **prix 04-08** pour le transport supplémentaire pour une distance moyenne de transport excédant : 2km
Les volumes de matériaux à considérer sont ceux attachés au **prix 04-08**

Prix 04-09 : Point à temps :

Ce prix rémunère au **mètre carré (m²)**, la réparation des dégradations de type « des nids de-poules » et la reconstruction du corps de chaussée, avant son renforcement par une couche de base en grave concassé.

Il s'applique à des réparations dont la largeur ne sera pas inférieure à 1m et pas supérieur à 2 m, pour permettre un compactage efficace de la GCNT.

Il comprend :

- La délimitation des zones à reconstituer, sous forme de rectangle peint sur la chaussée ;
- Le découpage de la chaussée selon ces rectangles ;
- Le nettoyage et le balayage à vif de la chaussée pour évacuer l'eau et les souillures ;
- La mise en œuvre sur toute épaisseur et en autant de couches nécessaire, de grave concassé GCNT 0/20 ou 0/31⁵ jusqu'au niveau de la chaussée revêtue.
- Le compactage énergétique de ces couches.

Série 05 : SIGNALISATION ET EQUIPEMENT :

Prix 05-01 : Bornes kilométriques :

Ce prix s'applique à **l'unité (u)** de la pose des bornes kilométriques en béton armé conformément aux spécifications.

Il comprend :

- La fourniture et l'amenée des bornes kilométriques ;
- La pose et la fixation ainsi que toutes sujétions de mise en œuvre.

Prix 05-02: Balises de virage :

Ce prix s'applique à **l'unité (u)** de la pose des balises de virages ou d'avertissement en béton armé conformément aux spécifications.

Il comprend :

- La fourniture et l'amenée des balises de virage ou d'avertissement ;
- La pose et la fixation ainsi que toutes sujétions de mise en œuvre.



Prix 05-03: Panneau de signalisation :

Ce prix s'applique à l'**unité (u)** de la pose des panneaux de signalisations en béton armé ou métalliques conformément aux spécifications.

Il comprend :

- La fourniture et l'amenée des panneaux de signalisation ;
- La pose et la fixation ainsi que toutes sujétions de mise en œuvre.

II. BORDEREAU DETAIL ESTIMATIF :

L'estimation du cout du projet est récapitulée dans le bordereau détail estimatif suivant :

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE [Ar]	MONTANT [Ar]
Série 01	INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER				
01-01	Installation et repli de chantier	Fft	1,00	1 072 536 000,00	1 072 536 000,00
SOUS TOTAL 1					1072536000,00
Série 02	TERRASSEMENTS				
02-01	Désherbage et débroussaillage	m ²	28 564	1 000,00	28 564 000,00
02-02	Abattage d'arbre de circonférence>1,20m	U	50	275 400,00	13 920 000,00
02-03	Décapage	m ²	15 355	15 105,00	231 635 175,00
02-04	Déblai meuble	m ³	13 500	11 948,00	161 298 000,00
02-05	Déblai rocheux	m ³	6 750	84 912,00	573 156 000,00
02-06	Remblai en provenance de déblai	m ³	5 500	15 399,00	84 694 500,00
02-07	Remblai d'emprunt	m ³	7 500	16 550,00	124 125 000,00
02-08	Enlèvement d'éboulement	m ³	2 250	13 688,00	30 798 000,00
02-09	Engazonnement	m ²	3 000	5 256,00	15 768 000,00
SOUS TOTAL 2					1 263 958 675,00
Série 03	ASSAINISSEMENT				
03-01	Démolition d'ouvrage en BA	m ³	885	33 408,00	29 566 080,00
03-02	Curage de buses	ML	60	8 729,00	523 740,00
03-03	Curage de dalots	ML	40	8 729,00	349 160,00
03-04	Fouille pour ouvrage	m ³	1 018	14 645,00	14 908 610,00
03-05	Béton dosé à 250 Kg/m ³	m ³	174	331 963,00	57 761 562,00
03-06	Béton dosé à 350 Kg/m ³	m ³	1 637	551 000,00	901 987 000,00
03-07	Acier pour Béton armé	Kg	73	4 379,00	319 667,00





03-08	Gabion pour structures et protections	m ³	640	138 678,00	88753920,00
03-09	Perrés maçonnés	m ²	3 650	41 064,00	149 883 600,00
03-10	Curage des fossés en terre	ML	8 900	3 335,00	29 681 500,00
03-11	Curage de Fossé maçonné	ML	1 000	3 335,00	3 335 000,00
SOUS TOTAL 3					1 277 069 839,00
Série 04	CHAUSSÉE				
04-01	Démolition de chaussée existante	m ³	14 220	18 531,00	236 881 440,00
04-02	Reprofilage léger	ML	8 293	10 179,00	84 414 447,00
04-03	Matériaux sélectionnés MS type « fondation »	m ³	9 340	37 178,00	347 242 520,00
04-04	couche de base en GCNT 0/31 ⁵	m ³	9 336	118 117,00	1 102 740 312,00
04-05	Imprégnation au bitume	T	112	3 422 000,00	383 264 000,00
04-06	Couche de revêtement	T	226	2 030 000,00	458 780 000,00
04-07	Gravillons pour enduits superficiels	m ³	2 254	162 545,00	366 376 430,00
04-08	Plus-values de transport aux prix 04-03 pour D>5 Km	m ³ .Km	27 990	1189,00	33 280 110,00
04-09	Point à temps	m ²	3 975	74 866,00	317 467 350,00
SOUS TOTAL 4					3 357 446 609,00
Série 05	SIGNALISATION ET EQUIPEMENT				
05-01	Borne kilométrique	U	7	408 755,00	2 861 285,00
05-02	Balise de virage	U	300	126 585,00	37 975 500,00
05-03	Panneau de signalisation	U	25	274 630,00	6 865 750,00
SOUS TOTAL 5					47 702 535,00
TOTAL DES TRAVAUX HORS TVA					17 117 271 899,00

Tableau n° 21 bordereau détail estimatif

Tableau n° 22 : RECAPITULATION BDE

DESIGNATION	MONTANT [Ar]
INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER	1 072 536 000,00
TERRASSEMENTS	1 263 958 675,00
ASSAINISSEMENT	1 227 069 839,00
CHAUSSEE	3 357 446 609,00
SIGNALISATION ET EQUIPEMENT	47 702 535,00
TOTAL DES TRAVAUX HORS TAX	17 117 271 899,00
TVA 20%	3 423 455 379,00
MONTANT TOTAL TTC	20 540 727 278,00

Arrêté le présent bordereau détail estimatif à la somme de **vingt milliards cinq cent quarante millions sept cent sept mille deux cent soixante-dix-huit ariary**, inclus la taxe sur la valeur ajoutée d'un montant de **trois milliards quatre cent vingt-trois million quatre cent cinquante-cinq milles trois soixante-dix-neuf ariary**.

Le cout au kilomètre du projet s'élève donc à 1 369 381 819,00 ariary et on peut constater que c'est le cout de la chaussée qui est le plus important.



Chapitre 2. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

I. ETUDE DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT :

L'étude des impacts environnementaux consiste en une analyse scientifique préalable des impacts potentiels prévisibles d'une activité donnée sur l'environnement.

Elle sert à prévoir et à déterminer les conséquences écologiques et sociales positives et négatives du projet.

Objectif :

- Elle vise la prise en compte des préoccupations environnementale dans toute les phases de réalisation du projet, soit sa conception, sa mise en place, son exploitation et sa fermeture ;
- Elle vise à éviter des actions qui contribuent à la dégradation de l'environnement biologique et humain ;
- Elle permet d'élaborer une solution optimale pour les problèmes d'environnement.

II. IMPACTS SOCIAUX :

L'aménagement de la RN 42 permettra aux populations desservies d'accéder plus facilement aux services de base (sanitaires, scolaires, administratives). Ceci constitue pour ces dernières un impact positif considérable dans la mesure où :

- Des évacués sanitaires meurent en cours de route ;
- Certain parents n'envoient pas leurs enfant poursuivre leur étude secondaires dans la ville de Fianarantsoa, de peur de ne pouvoir emmener à temps les approvisionnements en vivres fautes de moyens de déplacements surtout pendant la saison des pluies.

III. IMPACTS SUR LES CONDITIONS DE CIRCULATION SUR L'AXE :

La réhabilitation de la route entraînera des conditions plus confortables de la circulation. Mais la nouvelle route n'apportera pas seulement des impacts positifs. Quelque impacts négatif risquent aussi de survenir, dont les risque d'accident des enfants et des troupeaux seront augmenté avec l'excès de vitesse (suite au bon état de la route) et l'augmentation des trafics sur la route réhabilité.



IV. IMPACTS POSITIFS SUR LE PROJET:

Le projet de réhabilitation de la RN42 a pour objectif principal le désenclavement de la zone étudiée.

Hormis l'aspect lié à la circulation et à la communication, le désenclavement de la région Haute Matsiatra, comme pour les autres régions de Madagascar implique des retombées sur les populations concernées.

L'accessibilité des zones de production s'inscrit dans la politique menée ces derniers temps par l'Etat dans la lutte contre la pauvreté, en particulier par la relance du secteur agricole pour les régions bénéficiaires du projet.

V. IMPACTS NEGATIFS SUR LE PROJET :

Une éventuelle expropriation des biens particuliers sont à craindre dans le cas où les tracés en plans sont modifiés et aussi pour l'installation des divers équipements. Une dégradation de la faune et flore se fait à petit ressentie. On assiste à un rehaussement général de la plate-forme par rapport au niveau d'avant. Un risque d'accident aussi est à craindre à cause de la qualité de la chaussée.

L'exploitation des carrières entrainera la détérioration de la zone concernée, avec la modification du paysage, l'emploi des explosifs qui provoquera une pollution sonore, une émanation des poussières qui sont mauvaise pour la santé.



CONCLUSION GENERALE

La route est un reflet du dynamisme d'un pays, de son pouvoir et de sa capacité de s'organiser. L'avenir de notre pays passe par notre capacité de réhabiliter et d'innover notre réseau routier.

Les dégradations que se soient au niveau de la chaussée ou aux niveaux des accessoires sont dues à l'insuffisance ou même à l'absence d'entretien. Cette négligence aggrave vite l'état de dégradation qui par la suite occasionne un coût très élevé pour la réhabilitation

L'objectif principal de cette réhabilitation est de concevoir une nouvelle structure pour le développement de la région concernée, il permettrait :

- L'amélioration des conditions économiques et sociales ;
- L'ouverture de la région.

En ce qui concerne la réhabilitation de la RN42 entre Fianarantsoa et Isaorana, les travaux sont en cour d'exécution, nous avons essayé d'élaborer dans ce présent mémoire une étude de réhabilitation, tout en considérant les dégradations constatées lors de la descente sur terrain et les collecte des données utiles. Nous avons utilisés les meilleures techniques adaptées à la réalité, en tenant compte de la sécurité et des avantages comme le gain de temps pour les usagers de la route et afin de réduire en tant que possible le coût d'investissement pour que le projet soit rentable, il faut exploiter au maximum les matériaux disponibles.

Bref, ce travail de mémoire de fin d'étude nous permet d'approfondir les études théoriques et pratiques acquises pendant les 3 années de formation à l'ESPA et cela constitue déjà un acquis et une expérience pour notre future carrière professionnelle.



BIBLIOGRAPHIE

COURS À L'ESPA :

Professeur	Matière
Mr. Andrianirina RANDRIANTSIMBAZAFY	Route et Dimensionnement de la chaussée
Mr. Moïse RALAIARISON	Technologie de construction routière et Management de construction
Mr. Martin RABENATOANDRO	Hydraulique routière
Mr. Landy Harivony RAHELISON	Mécanique des sols et Géotechnique routière
Mme. Lalatiana RAVAOHARISOA	Béton Armé
Mr. Victor RAZAFINJATO	RDM et CDS

OUVRAGE SPÉCIALISÉ :

Auteur	Titre de l'ouvrage	Année d'édition
Commune rurale de Nasandratrony	Monographie	2006
Commune rurale d'Isaorana	Monographie	2005
LNTPB	Dimensionnement des chaussées neuves à Madagascar	1973
ARM	Rapport d'étude Géotechnique	2008





ANNEXES





ANNEXES N°1 : Croquis des Emprunts – LNTPB



 MADAGASCAR		METHODOLOGIE DE RECONNAISSANCE				Dossier n°											
		RN 42 (FIANARANTSOA - ISORANA)				Graphique n°											
		GISEMENTS MEUBLES				Etabli le											
A.P.S.	E.CHELLE	Carte topo	Borne	P.K. 14+530 CD	GISEMENT												
A.P.D.	1/20000	38k 0713393	UTM 7638014	Profil :	N° 02												
Sondage :		☒ positif ☐ négatif		Surface exploitable : m²													
N° puits	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9								
D (m)	0,20	0,50	0,70	0,20	-	-	-	-	-								
E (m)	2,00	0,60	1,00	0,60	-	-	-	-	-								
NE (m)																	
			Epaisseurs (m)		Volumes (m³)		Accès		Facile								
Découverte (D)			0,20				Nature		Quartzite limoneux rougeâtre								
Matériaux exploitables (E)			2,00 à 7,00m		Cm:	7.000 m³		Utilisation		COUCHE DE FONDATION							
Observations			Gisement déjà exploité lors de la construction de la RN42.														

METHODOLOGIE DE RECONNAISSANCE				Dossier n°	
RN 42 (FIANARANTSOA - ISORANA)				Graphique n°	
GISEMENTS MEUBLES				Etabli le	
Carte topo		Borne	P.K. 13+360 CD		GISEMENT
A.P.S. ECHELLE 384 071 42 33	UTM 764 15 48	Profil :			N° 01
Sondage : ☒ positif ☐ négatif		Surface exploitable : m²			

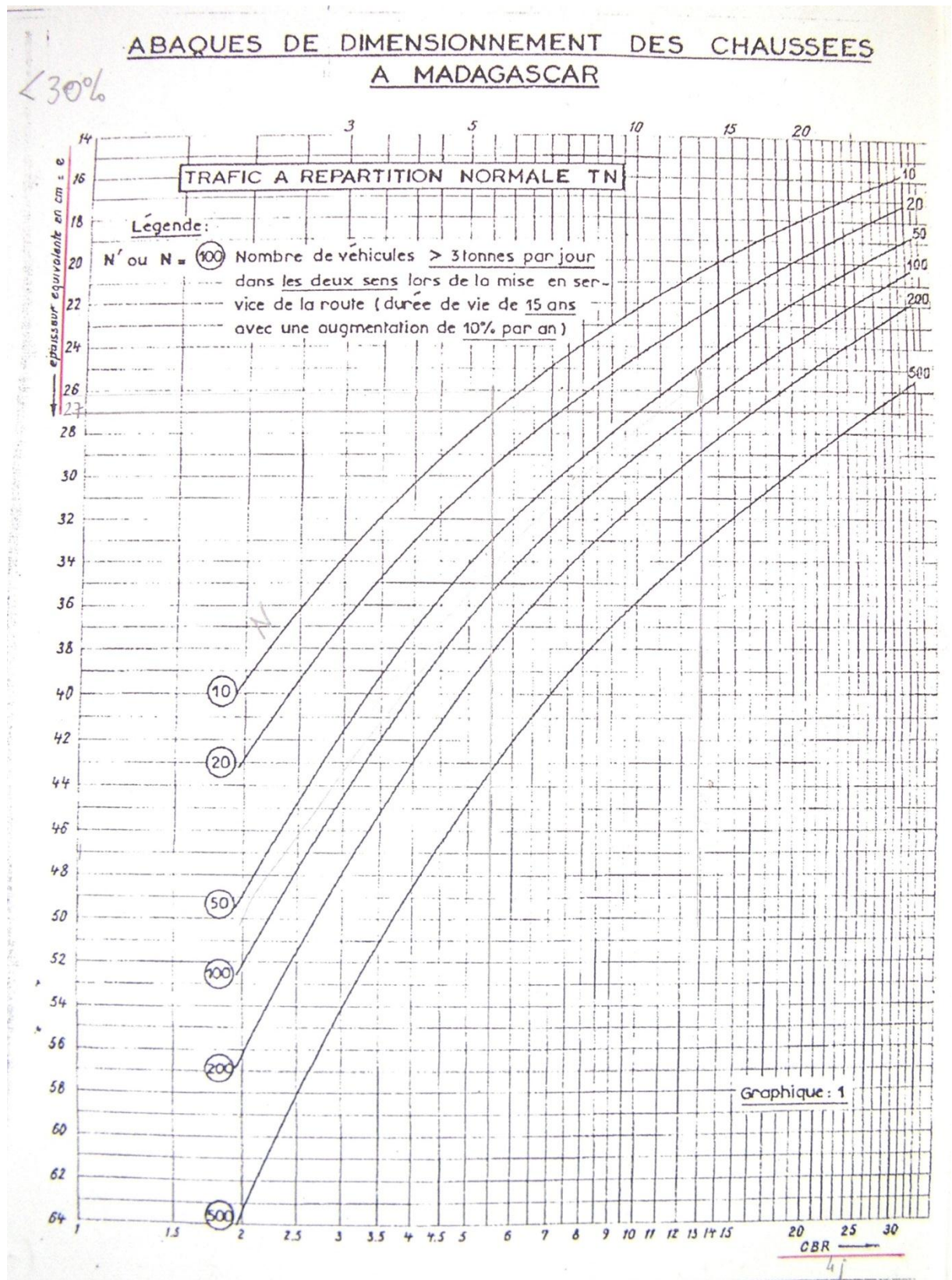
N° puits	P1	P2	P3																
D (m)	0,30	0,60	0,20																
E (m)	1,60	1,50	1,50																
NE (m)																			

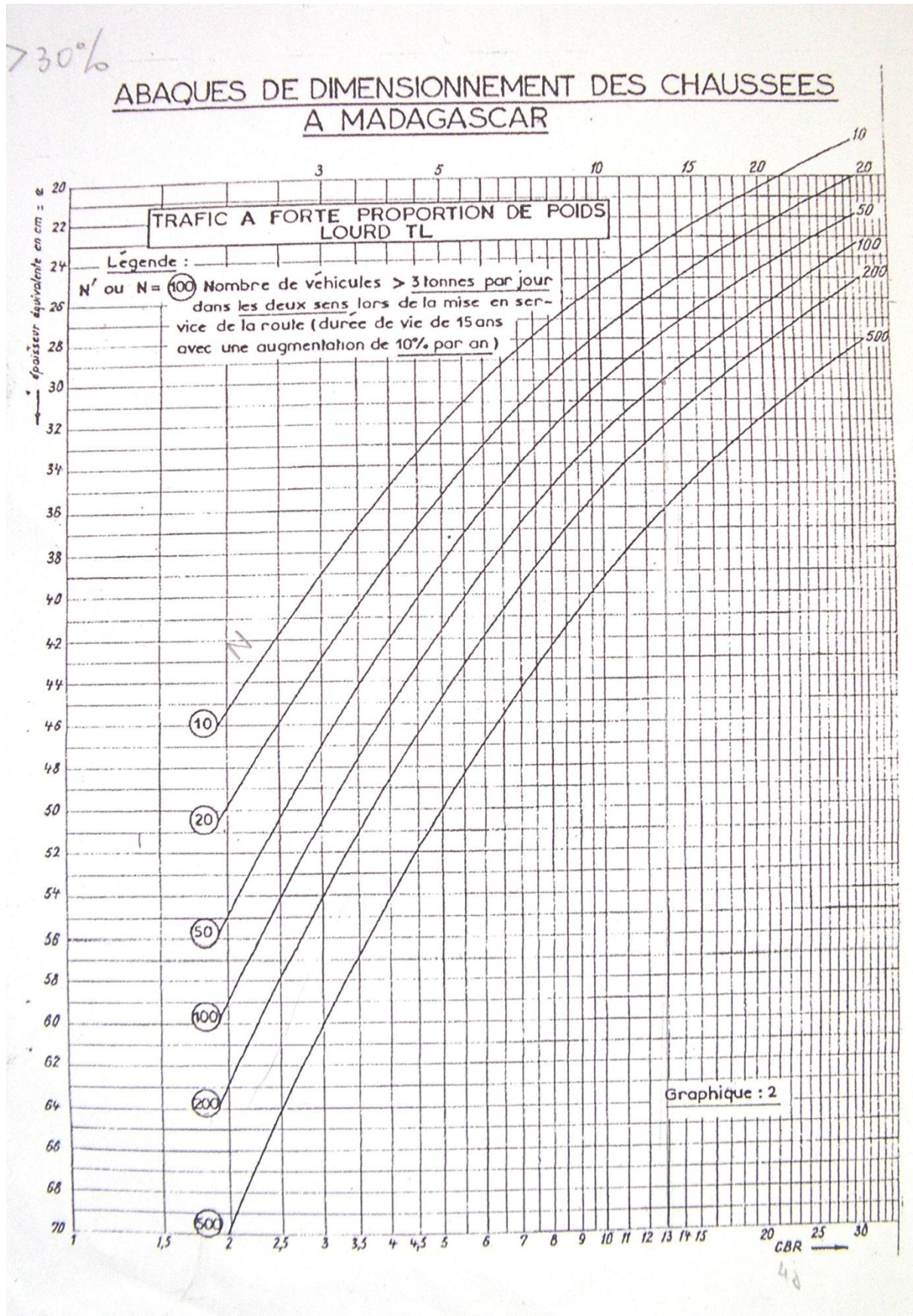
	Epaisseurs (m)	Volumes (m³)	Accès	Facile, en bord de la route
Découverte (D)	0,20 à 0,30		Nature	Quartzite légèrement limonneux jaunâtre.
Matériaux exploitables (E)	2,00 à 3,00 m	29.000 m³	Utilisation	COUCHE DE FONDATION
Observations	Gisement situé à 12 km de la RN42 vers BEFETA, à 2 km environ			



ANNEXES N°2 : Abaques de dimensionnement de la chaussée









ANNEXES N°3 : Abaques pour la détermination de la section d'armature



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
 ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE

SECTIONS - POIDS - PERIMETRES NOMINAUX (P.N) ou (P)

[ϕ] [mm]	SECTIONS [cm ²]										[m m]	Poids [kg/m]	P.N ou P [cm]
	1 barre	2 barres	3 barres	4 barres	5 barres	6 barres	7 barres	8 barres	9 barres	10 barres			
5	0,196	0,392	0,589	0,785	0,981	1,18	1,374	1,57	1,76	1,96	5	0,154	1,57
6	0,283	0,565	0,848	1,13	1,414	1,69	1,979	2,26	2,54	2,83	6	0,222	1,80
8	0,503	1,00	1,50	2,01	2,513	3,01	3,518	4,02	4,52	5,03	8	0,394	2,51
10	0,785	1,57	2,35	3,14	3,925	4,71	5,498	6,28	7,07	7,85	10	0,616	3,14
12	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,78	7,92	9,04	10,18	11,31	12	0,887	3,77
14	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39	14	1,208	4,40
16	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,13	18,15	20,17	16	1,578	5,13
20	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,15	31,42	20	2,466	6,28
25	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09	25	3,853	7,25
32	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42	32	6,313	10,05
40	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,4	87,96	100,53	113,10	125,66	40	9,954	12,57



ANNEXES N°4 : Valeur de β_1 , k et ρ_1 en fonction de μ_1



ANNEXE IV

Tableau 4. Valeurs de β_1 , k et ρ_1 en fonction de μ_1

μ_1	β_1	k	ρ_1	μ_1	β_1	k	ρ_1	μ_1	β_1	k	ρ_1
0,5222	0,680	1,600	76,80	0,0394	0,770	0,148	5,12	0,0087	0,860	0,048	1,01
0,4498	0,682	1,382	65,95	0,0381	0,772	0,144	4,93	0,0084	0,862	0,047	0,97
0,3940	0,684	1,215	57,61	0,0368	0,774	0,140	4,76	0,0081	0,864	0,046	0,94
0,3496	0,686	1,082	51,00	0,0356	0,776	0,137	4,59	0,0078	0,866	0,045	0,90
0,3139	0,688	0,975	45,63	0,0344	0,778	0,133	4,43	0,0075	0,868	0,044	0,87
0,2842	0,690	0,886	41,19	0,0333	0,780	0,129	4,27	0,0072	0,870	0,043	0,83
0,2591	0,692	0,812	37,45	0,0322	0,782	0,126	4,12	0,0070	0,872	0,042	0,80
0,2377	0,694	0,746	34,26	0,0312	0,784	0,123	3,98	0,0067	0,874	0,041	0,77
0,2193	0,696	0,691	31,51	0,0302	0,786	0,120	3,84	0,0064	0,876	0,039	0,73
0,2032	0,698	0,642	29,11	0,0292	0,788	0,117	3,70	0,0061	0,878	0,038	0,70
0,1890	0,700	0,600	27,00	0,0282	0,790	0,114	3,58	0,0059	0,880	0,037	0,67
0,1764	0,702	0,562	25,13	0,0273	0,792	0,111	3,45	0,0057	0,882	0,037	0,65
0,1652	0,704	0,528	23,47	0,0265	0,794	0,108	3,33	0,0055	0,884	0,036	0,62
0,1551	0,706	0,498	21,97	0,0256	0,796	0,105	3,22	0,0052	0,886	0,035	0,59
0,1460	0,708	0,472	20,63	0,0248	0,798	0,103	3,11	0,0050	0,888	0,034	0,57
0,1378	0,710	0,446	19,41	0,0240	0,800	0,100	3,00	0,0048	0,890	0,033	0,54
0,1303	0,712	0,423	18,30	0,0232	0,802	0,097	2,90	0,0046	0,892	0,032	0,52
0,1233	0,714	0,403	17,28	0,0225	0,804	0,095	2,80	0,0044	0,894	0,031	0,49
0,1170	0,716	0,384	16,35	0,0218	0,806	0,093	2,70	0,0042	0,896	0,030	0,47
0,1112	0,718	0,366	15,49	0,0211	0,808	0,091	2,61	0,0040	0,898	0,029	0,45
0,1058	0,720	0,350	14,70	0,0204	0,810	0,088	2,52	0,0038	0,900	0,029	0,43
0,1006	0,722	0,335	13,97	0,0197	0,812	0,086	2,43	0,0034	0,905	0,027	0,38
0,0962	0,724	0,321	13,29	0,0191	0,814	0,084	2,35	0,0030	0,910	0,025	0,33
0,0919	0,726	0,308	12,65	0,0185	0,816	0,082	2,27	0,0026	0,915	0,023	0,29
0,0878	0,728	0,296	12,06	0,0179	0,818	0,080	2,19	0,0023	0,920	0,021	0,25
0,0840	0,730	0,284	11,51	0,0173	0,820	0,078	2,11	0,0020	0,925	0,019	0,22
0,0805	0,732	0,273	10,99	0,0168	0,822	0,076	2,04	0,0017	0,930	0,018	0,19
0,0771	0,734	0,263	10,51	0,0162	0,824	0,075	1,97	0,0015	0,935	0,016	0,16
0,0740	0,736	0,254	10,05	0,0157	0,826	0,073	1,90	0,0012	0,940	0,015	0,13
0,0710	0,738	0,245	9,62	0,0152	0,828	0,071	1,83	0,0010	0,945	0,013	0,11
0,0682	0,740	0,236	9,22	0,0147	0,830	0,069	1,77	0,0008	0,950	0,012	0,09
0,0656	0,742	0,228	8,84	0,0142	0,832	0,068	1,71	0,0007	0,955	0,010	0,07
0,0630	0,744	0,221	8,47	0,0137	0,834	0,066	1,65	0,0005	0,960	0,009	0,05
0,0606	0,746	0,214	8,13	0,0133	0,836	0,065	1,59	0,0004	0,965	0,008	0,04
0,0584	0,748	0,207	7,81	0,0128	0,838	0,063	1,53	0,0003	0,970	0,007	0,03
0,0562	0,750	0,200	7,50	0,0124	0,840	0,062	1,48	0,0002	0,975	0,005	0,02
0,0542	0,752	0,194	7,21	0,0120	0,842	0,060	1,42	0,0001	0,980	0,004	0,01
0,0522	0,754	0,188	6,93	0,0116	0,844	0,059	1,37	0,0000	0,990	0,002	0,00
0,0504	0,756	0,182	6,66	0,0112	0,846	0,057	1,32				
0,0486	0,758	0,177	6,41	0,0108	0,848	0,056	1,27				
0,0469	0,760	0,171	6,17	0,0104	0,850	0,055	1,23				
0,0453	0,762	0,166	5,94	0,0101	0,852	0,053	1,18				
0,0437	0,764	0,161	5,72	0,0097	0,854	0,052	1,14				
0,0422	0,766	0,157	5,51	0,0094	0,856	0,051	1,10				
0,0408	0,768	0,153	5,31	0,0090	0,858	0,049	1,05				



ANNEXES N°5 : Valeur du coefficient de ruissellement « C »



. Valeur de C selon la nature de la couverture du terrain	Pente moyenne du Thalweg principal en (%)			
	<5	5-10	10-30	>30
Plate forme de la chaussée	0,95	0,95	0,95	0,95
Terrain dénudé	0,80	0,85	0,90	0,95
Brousse clairsemé	0,75	0,80	0,85	0,90
Prairie et brousse dense	0,70	0,75	0,80	0, 85
Foret ordinaire	0,30	0,50	0,60	0,70
Forêt dense	0,20	0,25	0,30	0,40



ANNEXES N°6 : Abaques pour la détermination de la vitesse et la pente critique du dalot



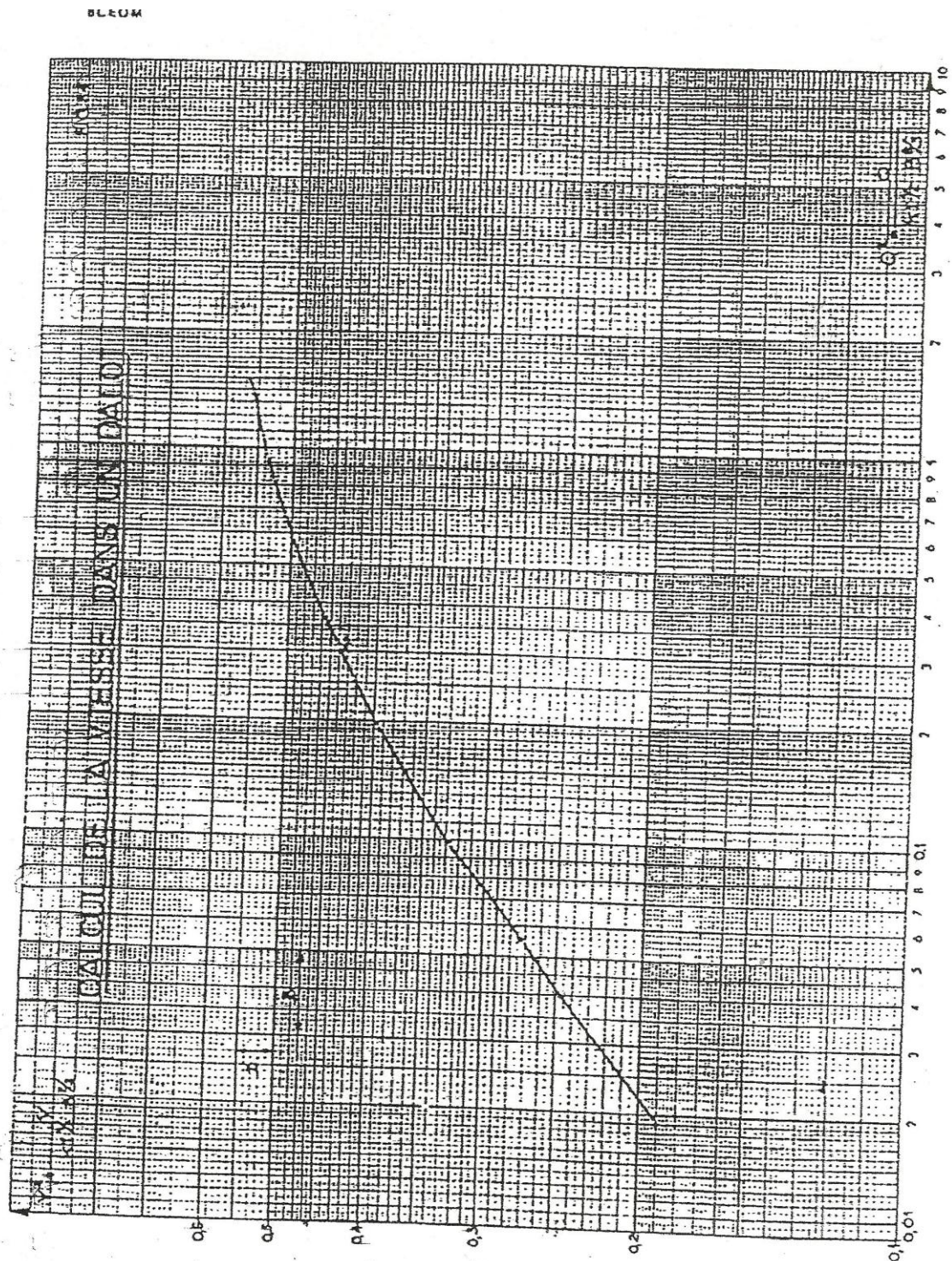
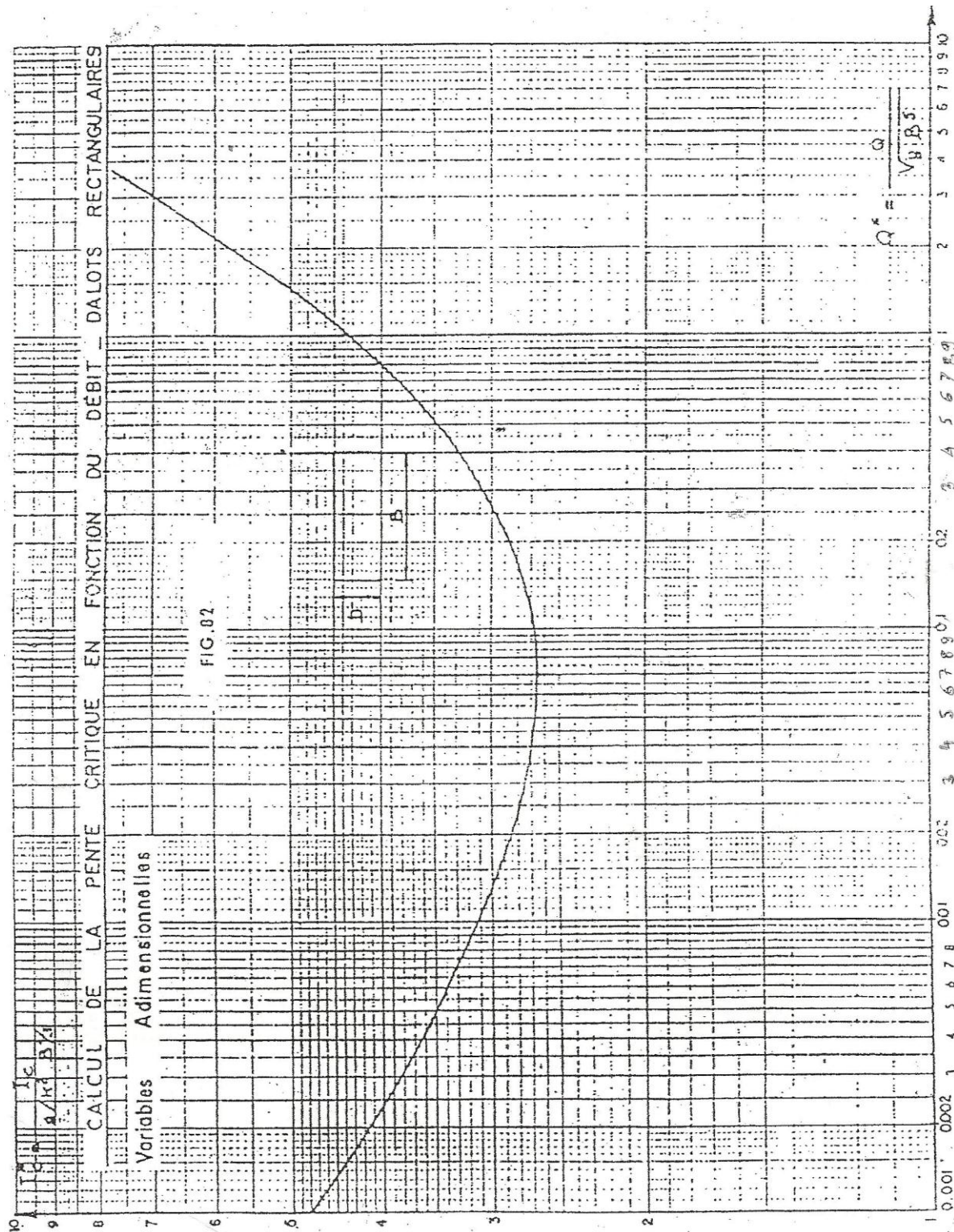


Fig. 84. Calcul de la vitesse dans un dalo:



Calcul de la pente critique en fonction du débit. Dalots rectangulaires.

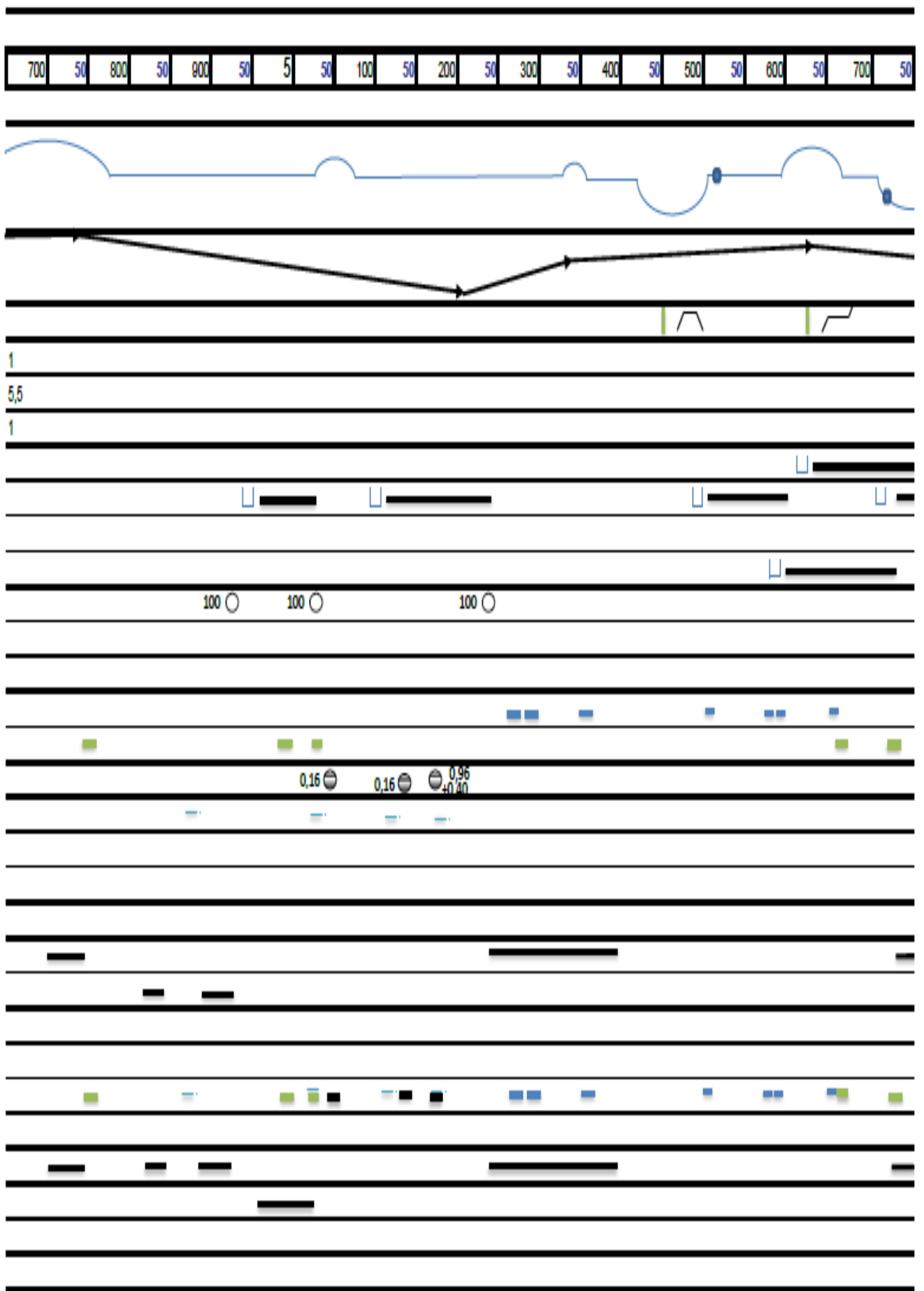


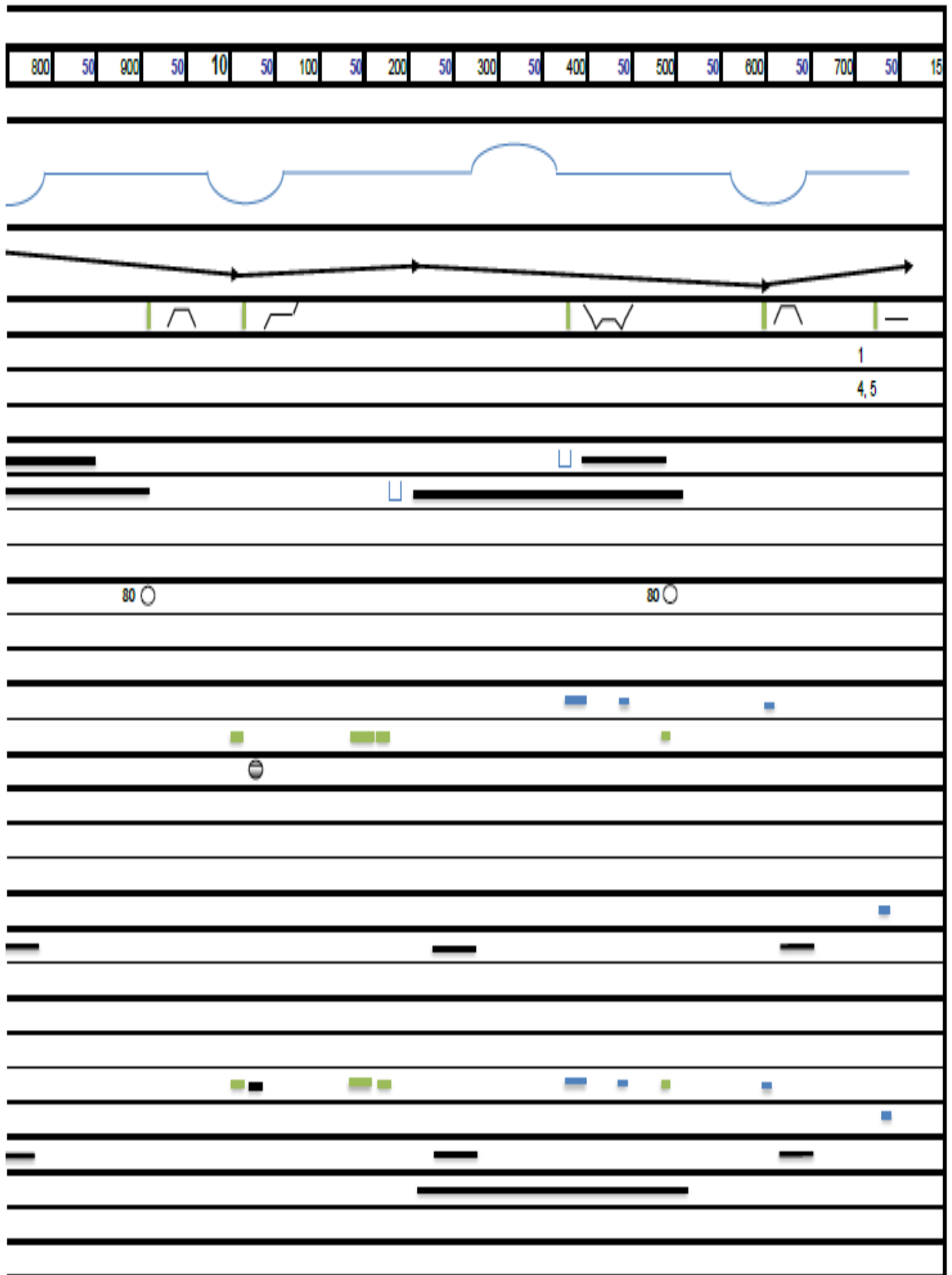


ANNEXES N°7 : Schéma d'itinéraire et d'aménagement



SCHEMA D'ITINERAIRE ET D'AMENAGEMENT																		
POINTS KILOMETRIQUES, DISTANCES MESURES				0	50	100	50	200	50	300	50	400	50	500	50	600	50	
LOCALITES, POINTS PARTICULIERS																		
GEOMETRIE	TRACE EN PLAN																	
	PROFIL EN LONG																	
	PROFIL EN TRAVERS																	
	LARGEURS	Accotement gauche	m	1	1													
Chaussée		m	7	5,5														
Accotement droit		m	1	1														
ETAT DE DEGRADATIONS	Fossés	Maçonnés	G															
			D															
		En terre	G															
			D															
	Ouvrages	Buse métallique	○															
		Dalot maçonné	□															
		Mur de soutènement	D															
	Epaufures de rive	G																
		D																
	Nids-de-poule		m²	⊗														
	Fissures (m²)	Longitudinale	---															
		Transversale	┃															
		Maillée	■															
	Flache																	
Accotements	Dégradé	G																
		D																
INTERVENTIONS	Chaussée	Colmatage de fissure																
		Point-à-temps																
		Réfection localisée																
		Déflachage																
	Accotements	Rechargement																
		Fossés	Curage															
	Construction																	
	Ouvrages	Curage																

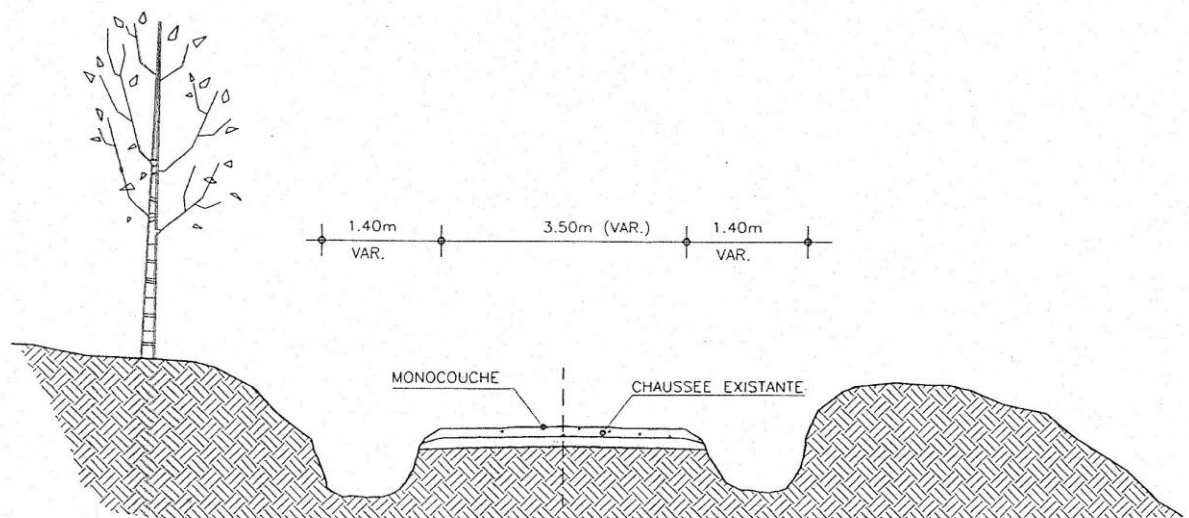
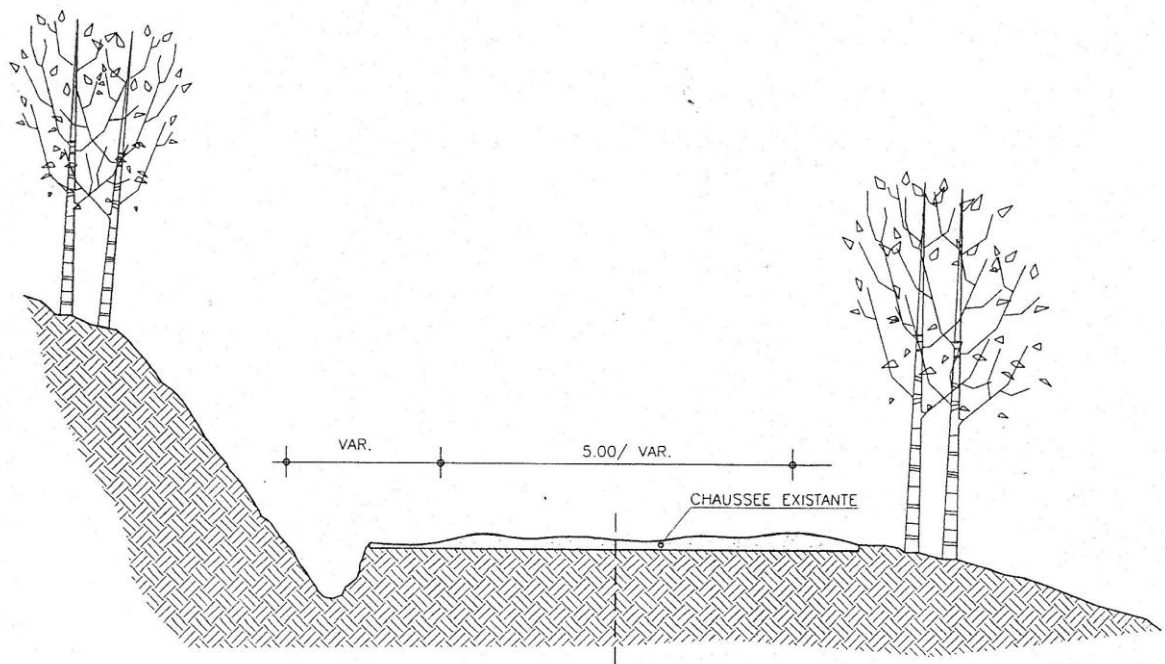


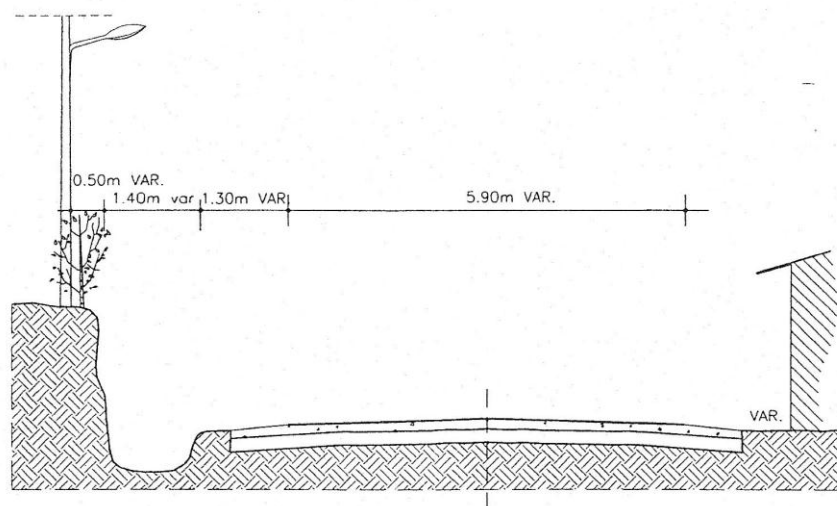
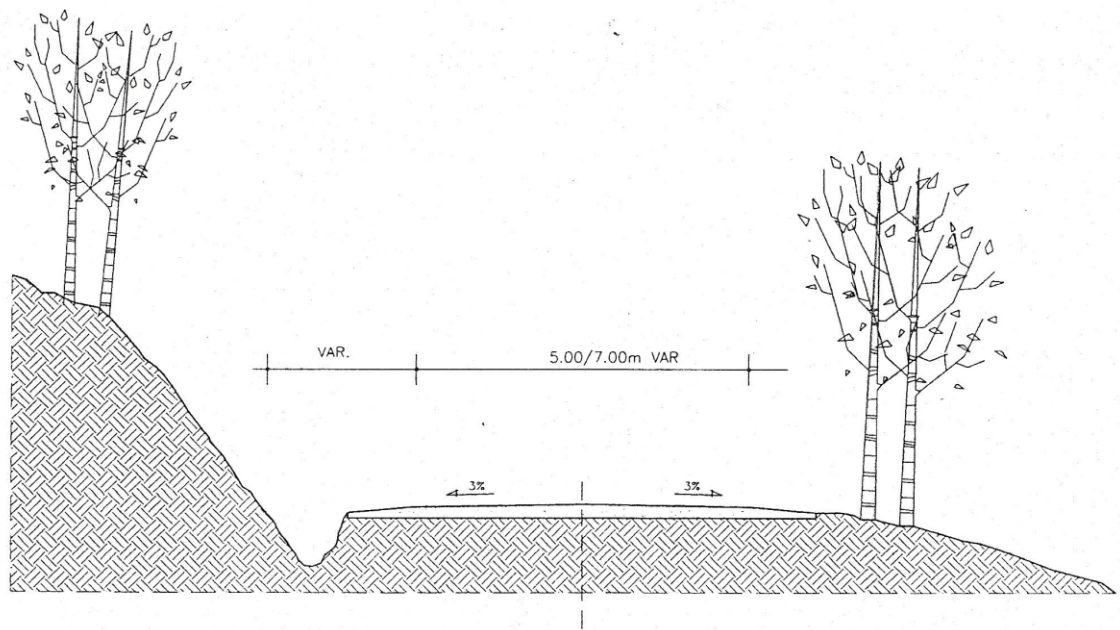




ANNEXES N°8 : Profils en travers types







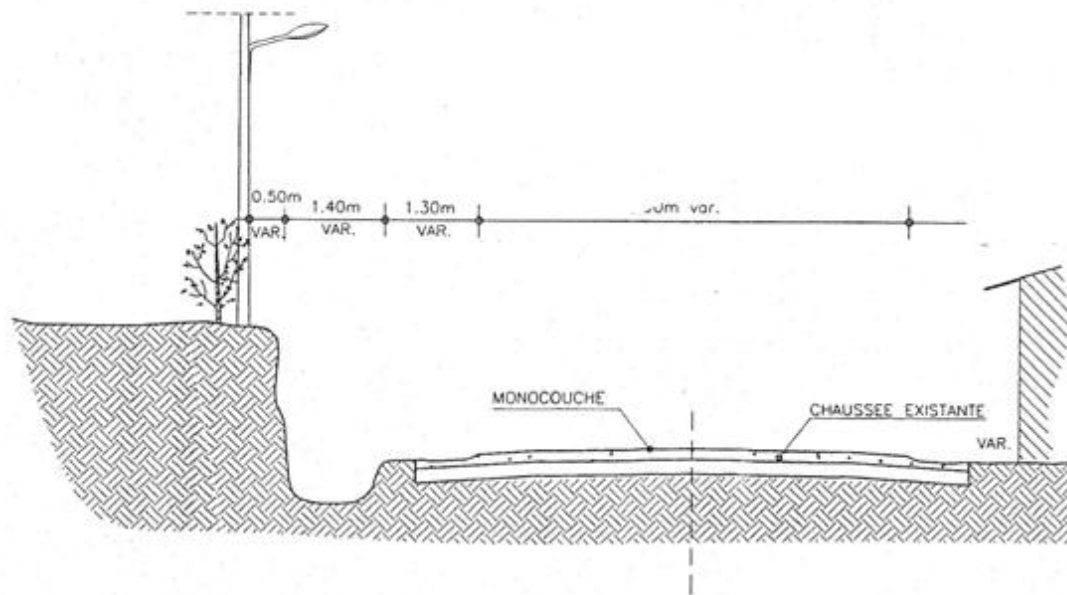


TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE.....	I
REMERCIEMENTS	II
LISTE DES TABLEAUX.....	III
LISTES DES FIGURES.....	V
LISTE DES ABREVIATIONS	VI
LISTE DES SYMBOLES	VII
LISTE DES ANNEXES.....	VIII
INTRODUCTION GENERALE	1
PARTIE 1 :	2
GENERALITES DU PROJET.....	2
Chapitre 1. PRESENTATION DU PROJET.....	3
I. GENERALITES :	3
II. LOCALISATION DU PROJET :	3
III. CARACTERISTIQUES DE LA ROUTE ETUDIEE :	4
IV. OBJECTIF DU PROJET :	5
Chapitre 2. MONOGRAPHIE DE LA ZONE D'INFLUENCE	6
I. DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE :	6
II. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES :	7
A. Climat, Condition météorologique et air :.....	7
B. Pluviométrie :	8
C. Relief :.....	9
D. Pédologie :	9
E. Ressources en eau :	9
III. MILIEU SOCIAL ET HUMAIN :	10
A. Population et Démographie :	10
1. Nombre d'habitants et densité de la population :.....	10
2. Natalité- Mortalité :	10
3. Evolution de la population :	10
4. Taille moyenne d'un ménage :	11
B. Service socio-sanitaire :	11
1. Principales maladies :	12
2. Adduction d'eau potable :	12
3. Alimentation et état nutritionnel :	12





IV. SECTEUR ECONOMIQUE :.....	13
A. Agriculture :	13
B. Elevage :	14
1. Elevage de bovin :	14
2. Elevage de porcin :	14
3. Elevage de volaille :	15
C. Tourisme :	15
D. Activité culturel :.....	15
V. CONCLUSION PARTIELLE :	15
PARTIE 2 :	16
ETUDES TECHNIQUES.....	16
Chapitre 1. ETAT GENERAL DE LA CHAUSSEE.....	17
I. ETAT DE LA CHAUSSEE :	17
A. Chaussée :	17
B. Ouvrage :	17
II. LES DEGRADATIONS RENCONTREES :	18
A. Nid de poule :	18
B. Epaufrure de rive :	18
C. Ravinement longitudinal :	19
D. Fissure longitudinale :	19
E. Faïençage ou fissure maillée :	20
F. Peignage du revêtement :	20
III. ETAT DES LIEUX ET AMENAGEMENTS:	21
Chapitre 2. ETUDES GEOTECHNIQUES	26
I. GENERALITES :	26
II. ETUDE DES MATERIAUX :	26
A. Les matériaux meubles :	26
1. Caractéristiques des matériaux meubles:.....	26
2. Essais sur les sols meubles :	27
3. Reconnaissance de la plate forme :	29
B. LES MATERIAUX ROCHEUX :	30
1. Les essais géotechniques pour les matériaux rocheux :	30
2. Les matériaux rocheux pour la mise en œuvre de la couche de base et de roulement :	30
3. Provenance des matériaux rocheux :	31



Chapitre 3. ETUDE DE L'ASSAINISSEMENT	32
I. ETUDE HYDROLOGIQUE :	32
A. Détermination du débit à évacuer par la méthode rationnelle :.....	32
On obtient $Q = 0.031 \text{ m}^3/\text{s}$	33
Débit des eaux venant de la chaussée :	33
On obtient:	33
$Q'_{(m^3/s)} = 0.278 \times 0.95 \times 286.3 \times 0.000188 = 0.014 \text{ m}^3/\text{s}$	33
Soit :.....	33
$Q_0 = 0.014 + 0.031$	33
$Q_0 = 0.045 \text{ m}^3/\text{s}$	33
B. Dimensionnement des ouvrages hydrauliques:	33
C. Dimensionnement de fossé de pied :.....	33
□ Cas du fossé au PK 5+218 :	33
1. Hypothèse de calcul :.....	34
2. Exposition de la théorie :.....	34
3. Calcul des pentes des fossés I_f :	34
4. Calcul de débit maximal évacuable par le fossé:	35
II. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES DE DECHARGE :	35
A. Calcul de la pente réelle I :.....	36
B. Calcul de la vitesse d'écoulement :	36
C. Cas du dalot au PK6+580 :	36
1. Calcul de pente :.....	36
2. calcul de la vitesse d'écoulement :.....	37
3. Calcul de la hauteur de dalot :.....	37
□ Cas du fossé au PK 13+200 :	38
On obtient.....	38
$Y = 1.5\sqrt{71} = 0.18$;	38
Le débit évacuable sera aussi :	38
.....	38
Vérification des conditions :.....	38
$H = 0.20 + 0.20$	38
$H = 0.40 \text{ m} < 0.70 \text{ m}$	38
$V_{\text{ens}} = 0.25 \text{ m/s}$	39
III. ETUDE D'ELEMENTS EN B.A :	39

A. Dimensionnement de la dalle d'un dalot d'assainissement au PK6+580 :	
39	
1. Hypothèses de calcul :	39
2. Calcul des sollicitations :	40
3. Combinaison à l'ELU :	41
4. Combinaison à l'ELS :	41
5. Détermination des armatures longitudinale à L'ELU :	41
6. Détermination de la section de l'armature longitudinal à l'ELS :	42
7. Détermination des armatures transversales :	43
Chapitre 4. DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE	46
I. ETUDE DU TRAFIC :	46
A. Trafic passé :	46
B. Trafic actuel :	47
C. Taux d'accroissement « i » :	47
D. Trafic cumulé N:	48
II. DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE :	48
A. Choix de la couche de revêtement :	50
B. Choix de la couche de base :	50
C. Dimensionnement par la méthode CEBTP ou LNTPB :	50
III. CONCLUSION PARTIELLE	51
PARTIE 3 :	52
TECHNOLOGIE DE MISE EN ŒUVRE	52
Chapitre 1. TERRASSEMENT ET OUVRAGE	53
I. GENERALITES :	53
A. Définition :	53
B. Principes :	53
II. LA CAMPAGNE TOPOGRAPHIQUE :	53
III. LES TRAVAUX DE TERRASSEMENT :	54
A. Préparation du terrain:	54
1. Arrachage et abattage des arbres :	54
2. Le décapage :	54
3. Le dessouchage et débroussaillage :	54
4. La mise hors d'eau de la plate forme :	54
B. Exécution de déblai :	54
1. Définition :	54





2. Mode d'exécution :	54
C. Exécution de remblai :	55
1. Définition :	55
2. Mode d'exécution :	55
3. Confection des talus :	55
4. Protection des talus :	55
5. Le compactage :	55
IV. LA CONSTRUCTION DES OUVRAGES :	55
A. Les fossés de crête :	56
B. Les fossés de pied :	56
C. Les ouvrages de décharge:	56
1. Les dalots :	56
2. Les buses :	57
Chapitre 2. MISE EN ŒUVRE DE LA COUCHE DE FONDATION.....	58
I. GENERALITES :	58
II. MISE EN ŒUVRE DES PLANCHES D'ESSAI :	58
III. MISE EN ŒUVRE DES MATERIAUX MEUBLES :	59
IV. LES DIFFERENTS ESSAIS ET CONTROLE APRES MISE EN ŒUVRE :...	59
Chapitre 3. MISE EN ŒUVRE DE LA COUCHE DE BASE.....	60
I. MISE EN ŒUVRE :	60
II. CONTROLE ET ESSAI APRES MISE EN ŒUVRE :	60
Chapitre 4. MISE EN ŒUVRE DE LA COUCHE D'IMPREGNATION	61
I. GENERALITES :	61
II. MISE EN ŒUVRE :	61
III. CONTROLE ET SURVEILLANCE :	61
Chapitre 5. MISE EN ŒUVRE DE LA COUCHE DE REVETEMENT	62
I. MISE EN ŒUVRE :	62
II. REMARQUE :	62
III. CONCLUSION PARTIELLE :	62
PARTIE 4 :	63
EVALUATION DU COUT DU PROJET ET IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	63
I. DEFINITION DES PRIX :	64
Série 01: INSTALATION ET REPLI DE CHANTIER:.....	64
Prix 01-01: Installation et repli de chantier:	64



Série 02 : TERRASSEMENT :	64
Prix 02-01 : Désherbage et débroussaillage :	64
Prix 02-02 : Abattage d'arbre :	65
Prix 02-03 : Décapage :	65
Prix 02-04 : Délai meuble :	65
Prix 02-05: Deblai rocheux :	66
Prix 02-06: Remblais en provenance de déblai :	66
Prix 02-07: Remblai d'emprunt :	66
Prix 02-08: Enlèvement d'éboulement :	67
Prix 02-09: Engazonnement :	67
Série 03 : ASSAINISSEMENT :	68
Prix 03-01: démolition d'ouvrage maçonné ou bétonné :	68
Prix 03-02 : curage des dalots :	68
Prix 03-03 : curage des buses :	69
Prix 03-04 : fouilles pour ouvrage :	69
Prix 03-05 : Béton B1 dosé à 250kg/m ³ :	69
Prix 03-06 : Béton B2 dosé à 350kg/m ³ :	69
Prix 03-07: Acier pour béton armé :	70
Prix 03-08: Gabion pour structure et protection :	70
Prix 03-09: Perrés maçonnés :	70
Prix 03-10: Curage des fossés en terre :	71
Prix 03-11: Curage des fossés maçonnés :	71
Série 04 : CHAUSSEE :	71
Prix 04-01 : Démolition de la chaussée existant :	71
Prix 04-02 : Reprofilage léger :	72
Prix 04-03 : Couche de fondation en matériaux sélectionnés :	72
Prix 04-04 : Couche de base en GCNT 0/31 ⁵ :	72
Prix 04-05 : Imprégnation au cut back 0/1 :	73
Prix 04-06 : Couche de revêtement en cut back 400/600 :	73
Prix 04-07 : Gravillon pour enduit superficiel :	73
Prix 04-08 : Plus-value de transport au prix 04-03 pour distance D<5 km :	74
Prix 04-09 : Point à temps :	74
Série 05 : SIGNALISATION ET EQUIPEMENT :	74
Prix 05-01 : Bornes kilométriques :	74





Prix 05-02: Balises de virage :	74
Prix 05-03: Panneau de signalisation :	75
II. BORDEREAU DETAIL ESTIMATIF :	75
Chapitre 2. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	78
I. ETUDE DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT :	78
II. IMPACTS SOCIAUX :	78
III. IMPACTS SUR LES CONDITIONS DE CIRCULATION SUR L'AXE :	78
IV. IMPACTS POSITIFS SUR LE PROJET:	79
V. IMPACTS NEGATIFS SUR LE PROJET :	79
CONCLUSION GENERALE	80
BIBLIOGRAPHIE	81
ANNEXES	i
ANNEXES N°1 : Croquis des Emprunts – LNTPB	ii
ANNEXES N°2 : Abaques de dimensionnement de la chaussée	v
ANNEXES N°3 : Abaques pour la détermination de la section d'armature	viii
ANNEXES N°4 : Valeur de β_1 , k et ρ_1 en fonction de μ_1	x
ANNEXES N°5 : Valeur du coefficient de ruissellement « C »	xii
ANNEXES N°6 : Abaques pour la détermination de la vitesse et la pente critique du dalot	xiv
ANNEXES N°7 : Schéma d'itinéraire et d'aménagement	xvii
ANNEXES N°8 : Profils en travers types	xxi





NOM: ANDRIZAKANIRINA

Prénoms: Herison Michael

Adresse: Lot I 11 Ambohimarina Alasora

Tél : 0324551144

Titre de mémoire: “ **ETUDE DE LA REHABILITATION DE LA RN 42 DU
PK 0+000 AU PK 15+000 RELIANT FIANARANTSOA-ISAORANA** ”

Nombre de pages : 81

Nombre de figures : 09

Nombre de tableaux : 22

RESUME :

« Plusieurs facteurs doivent être considérés dans le projet de la réhabilitation de la RN 42 pour l'exploitation soit rentable à long terme et que son fonctionnement soit satisfaisant et répond aux besoins économiques de la région.

Pour tenir compte de la politique d'Etat, la route et les ouvrages d'art ont été et seront toujours au centre des préoccupations aussi bien des pays riches que des pays en voie de développement. Une synergie d'action et de recherche s'est développée au niveau mondial pour améliorer les techniques routières et la gestion des routes. Dans ce présent ouvrage il s'agit de faire l'étude de la réhabilitation de la RN 42 entre Fianarantsoa et Isaorana »

Mots clés : Réhabilitation, Assainissement, Dimensionnement, ouvrage

Directeur de mémoire : Monsieur RABENATOANDRO Martin