

## SOMMAIRE

	Page
REMERCIEMENTS	
Liste des tableaux	I
Liste des photographies	III
Liste des figures	IV
Liste des annexes	V
Liste des abréviations et acronymes	VI
Listes des signes	VIII
Introduction	1
<b>Partie 1 :</b>	
<b>GENERALITES SUR LE PROJET</b>	
<b>Chapitre I : MONOGRAPHIE DE LA REGION SOFIA</b>	4
I. Localisation de la Région	4
II. Situation administrative	5
III. Démographie	6
IV. Milieu physique	8
V. Ressources naturelles	11
VI. Infrastructures de développement	12
VII. Secteur économique	16
<b>Chapitre II : PRESENTATION DE L'ETUDE</b>	18
I. Intitulé de l'étude	18
II. Objet de l'étude	18
III. Localisation de la Route Nationale Secondaire 32	18
IV. Objectif de l'étude	19
<b>Partie 2 :</b>	
<b>ETUDE TECHNIQUE</b>	
<b>Chapitre I : DIAGNOSTIC DES DEGRADATIONS</b>	22
I. Historique de la RNS 32	22
II. Caractéristiques géométriques de la chaussée	22
III. Dégradations existantes	25
IV. Mesure de la déflexion	31
V. Sondages des chaussées	32
VI. Découpage en tronçon homogène et proposition de solution de chaque tronçon	33
<b>Chapitre II : NECESSITE ET IMPORTANCE DE LA</b>	34

**REHABILITATION**

I.	Définition de la réhabilitation	34
II.	Mode de fonctionnement de la chaussée	34
III.	Nécessité de la réhabilitation	35

**Chapitre III : ETUDE DU TRAFIC**

I.	Définition	36
II.	Buts	36
III.	Trafic passé	36
IV.	Trafic à l'année de mise en service de la route	36
V.	Trafic futur	37

**Chapitre IV : DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE**

I.	Dimensionnement pour rechargement	38
II.	Dimensionnement pour renforcement de la chaussée	38
III.	Dimensionnement pour la reconstruction d'une nouvelle couche de la chaussée	39

**Chapitre V : ETUDE HYDROLOGIQUE**

I.	Les ouvrages existants	43
II.	Calculs du débit pour fosse de pied	43
III.	Quelques exemples de dimensionnement des ouvrages	45

**Partie 3 :**  
**TECHNOLOGIE DE MISE EN ŒUVRE**

**Chapitre I : SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES MATERIAUX**

I.	Matériaux pour remblai	58
II.	Matériaux pour couche de fondation	59
III.	Matériaux pour couche de base	60
IV.	Matériaux pour couche de revêtement	60

**Chapitre II : ETUDE DES MATERIAUX**

I.	Inventaire des emprunts et gîtes	61
II.	Inventaire des carrières	62

**Chapitre III : TECHNOLOGIE DE MISE EN ŒUVRE**

I.	Travaux de terrassement	63
II.	Travaux d'assainissement	69
III.	Travaux de chaussée	70

**Partie 4 :**  
**EVALUATION DU COUT DU PROJET ET ETUDE**  
**DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX**

<b>Chapitre I : EVALUATION DU COUT DU PROJET</b>	82
I. Généralités	82
II. Exemple d'un sous détail de prix	82
III. Description des prix et élaboration d'un BDE	83
<b>Chapitre II : LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU PROJET</b>	92
I. Les impacts sur les milieux naturels	92
II. Les impacts sur le milieu humain	93
III. Les solutions proposées pour atténuer les impacts néfastes du projet sur l'environnement	94
Recommandations	97
Conclusion	98
Bibliographie	99
Annexes	

## REMERCIEMENTS

*Si ce travail a abouti, c'est surtout grâce à la bénédiction et la bienveillance de DIEU qui nous a donné santé, force et courage durant la réalisation de cet ouvrage.*

*Avant d'aborder le vif du sujet, nous ne pouvons négliger que l'accomplissement de ce travail de mémoire fut aussi impossible en l'absence de toute une communauté des personnes bienveillantes.*

*Nous exprimons nos vifs remerciements à tout le Personnel de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, en particulier :*

- ❖ *Monsieur **RAMANANTSIZEHENA Pascal**, Directeur de l'Ecole, qui nous a autorisé à mener à bien notre étude ;*
- ❖ *Monsieur **RABENATONDRO Martin**, Maître de conférence et Chef du Département Bâtiment et Travaux Publics ;*
- ❖ *Monsieur **RANDRIANTSIMBAZAFY Andrianirina**, Enseignant Titulaire à l'ESPA, qui a bien voulu nous encadrer et nous prendre sous son égide, en même temps, nous lui adressons notre profonde gratitude pour ses précieux conseils et aide pour la réalisation de ce mémoire ;*
- ❖ *Messieurs les Membres du jury ;*
- ❖ *Tous les enseignants depuis la première année d'étude ;*

*Nous remercions également tous le Personnel de l'ARM, qui nous avons beaucoup aidé à travers leur collaboration et tous le personnel de la Région SOFIA, qui sont la source des données monographiques.*

*Enfin, nos sentiments de respect et d'affection vont vers notre famille sans qui nous n'existerons. Nous citons nos chère Père, nos chère Mère qui n'ont cessé de soutenir depuis notre enfance jusqu'à aujourd'hui.*

*Un clin d'œil à nos amis et à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réussite de notre travail et de notre vie.*

## *LISTE DES TABLEAUX*

Tableau N°1	Répartition de la superficie et de la population par district
Tableau N°2	Résultat de la projection de population en 2025
Tableau N°3	Répartition de la température de la Région en (°c)
Tableau N°4	Pluviométrie de la Région Sofia
Tableau N°5	Les principaux axes routiers de la SOFIA
Tableau N°6	Routes en terre praticables en toutes saisons
Tableau N°7	Routes en terre praticables en saison sèche
Tableau N°8	Routes non praticables
Tableau N°9	Recensement des établissements scolaires (publics et privés) en 2006
Tableau N°10	Répartition des superficies des cultures vivrières par spéculation
Tableau N°11	Etat des lieux et aménagements à réaliser
Tableau N°12	Déflexions caractéristiques et CBR par sections homogènes
Tableau N°13	Résultats des sondages
Tableau N°14	Découpage en tronçons homogènes et proposition de solution de chaque tronçon
Tableau N°15	Classification du trafic
Tableau N°16	Classe de la portance du sol
Tableau N°17	Epaisseur des corps de la chaussée par la méthode CEBTP
Tableau N°18	Récapitulation
Tableau N°19	Inventaire des emprunts et gites
Tableau N°20	Inventaire des carrières
Tableau N°21	Etapas pour le compactage du béton bitumineux
Tableau N°22	Sous détail enduit superficiel bicouche
Tableau N°23	Bordereau détail estimatif

## ***LISTE DES PHOTOGRAPHIES***

- Photo 1 : Carte de la Région SOFIA
- Photo 2 : Localisation du projet (carte de la Région SOFIA)
- Photo 3 : Ornière
- Photo 4 : Fissure longitudinale
- Photo 5 : Fissure maillée
- Photo 6 : Peignage
- Photo 7 : Plumage
- Photo 8 : Nid de poule
- Photo 9 : Epaufrure de rive
- Photo 10 : Dégradation généralisée

## *LISTE DES FIGURES*

- Figure 1 : Structure de l'ancienne chaussée
- Figure 2 : Profil en travers type d'une route
- Figure 3 : Schéma de principe illustrant la déflexion d'un sol sous l'effet de passage d'une charge
- Figure 4 : Variante n°1
- Figure 5 : Variante n°2
- Figure 6 : Variante n°1
- Figure 7 : Variante n°2
- Figure 8 : Variante pour Méthode CEBTP

## *LISTE DES ANNEXES*

- Annexe 1 : Photos
- Annexe 2 : Abaques de calcul
- Annexe 3 : Technologie de mise en œuvre
- Annexe 4 : Sous détail de prix
- Annexe 5 : Schéma d'itinéraire et d'aménagement



## **LISTE DES ABREVIATIONS**

- APD** : Avant Projet Détaillé  
**APS** : Avant Projet Sommaire  
**Ar** : Ariary  
**ARM** : Autorité Routière de Madagascar  
**BA** : Béton Armé  
**BDE** : Bordereau Détail Estimatif  
**CA** : Coefficient d'Aplatissement  
**CBR** : Californian Burning Ratio  
**CEBTP** : Central Expérimental du Bâtiment et des Travaux Publics  
**CD** : Coté Droit  
**CMD** : Coefficient de Majoration Dynamique  
**CG** : Coté Gauche  
**CSB** : Centre de Santé de Base  
**ECR** : Emulsion Cationique Rapide  
**ECM** : Emulsion Cationique Moyen  
**ELS** : Etat Limite de Service  
**ELU** : Etat Limite Ultime  
**EPP** : Ecole Primaire Publique  
**ES** : Enduit Superficiel  
**ESPA** : Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo  
**GCNT** : Grave Concassée Non Traitée  
**HA** : Haute Adhérence  
**HTVA** : Hors Taxes sur les Valeurs Ajoutées  
**Ip** : Indice de plasticité  
**IST** : Infection Sexuelle Transmissible  
**LA** : Los Angeles  
**LCPC** : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées  
**MAP** : Madagascar Action Plan  
**MDE** : Micro-Déval en présence d'Eau  
**MS** : Matériaux Sélectionnés  
**OPM** : Optimum Proctor Modifié  
**PRD** : Plan Régional de Développement  
**PPN** : Produits de Premier Nécessités  
**PU** : Prix Unitaire  
**PK** : Point Kilométrique  
**RN** : Route Nationale  
**RNS** : Route Nationale Secondaire  
**TVA** : Taxe sur les Valeurs Ajoutées  
**TTC** : Tout Taxe Comprise  
**WL** : Limite de liquidité  
**Wp** : Limite de plasticité

## LISTES DES SIGNES

**W** : Teneur en eau ou ouverture efficace

$\rho$  : Densité

$\emptyset$  : Diamètre

$\sigma_{bc}$  : Contrainte du béton

$\bar{\sigma}_{bc}$  : Contrainte admissible du béton

$\gamma_s$  : Coefficient de sécurité

$\alpha$  : Coefficient de dureté d'application de charge

$\sigma_s$  : Contrainte de l'acier

$\bar{\sigma}_s$  : Contrainte admissible de l'acier

$\tau_u$  : Contrainte tangentielle

$\bar{\tau}_u$  : Contrainte tangentielle admissible

$\gamma_{dmax}$  : Densité sèche maximale

$Q_0$  : Débit nécessaire à évacuer

$Q$  : Débit évacuable

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

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

**I (t<sub>c</sub>, P)** : Intensité de pluie pendant le temps de concentration t<sub>c</sub> et de période de retour P

## INTRODUCTION

Depuis des années, les voies de communication et les systèmes de télécommunications sont considérés comme les garants du développement d'un pays car ils permettent notamment la circulation des personnes et des biens, le désenclavement des localités lointaines et la multiplication des échanges commerciaux entre les populations. Pour preuve, ce sont les pays qui ont des voies de communication très développées, avec des milliers de kilomètres d'autoroutes et des centaines d'aéroports, qui sont considérés comme des pays riches.

A Madagascar, si les systèmes de télécommunications ont connus une nette évolution ces dix dernières années avec l'arrivée de la téléphonie mobile et de l'internet, ce n'est malheureusement pas le cas des voies de communications. Si l'on ne prend que le cas des routes nationales, une grande partie d'entre elles sont encore en mauvais état et restent impraticables pendant les saisons de pluie. Certes, beaucoup de projets de construction ou de réhabilitation de routes ont été lancés depuis l'indépendance du pays, mais pour un pays d'une superficie d'environ 587.000km<sup>2</sup>, le chantier est assez vaste et important. Par conséquent, il nécessite la participation de tout un chacun.

En tant qu'étudiant en bâtiment et travaux publics, nous avons décidé d'étudier la réhabilitation d'un tronçon de la route nationale secondaire 32 qui relie le district de Antsohihy aux districts de Mandritsara et Befandriana Avaratra dans la Région de Sofia. Notre mémoire intitulé « **Etude de réhabilitation de la route nationale secondaire N°32 reliant Antsohihy à Befandriana Nord du PK 0+000 au PK22+980** » est notre contribution à l'amélioration des conditions de circulation des populations qui doivent emprunter la RNS 32. En effet, à travers l'étude de la réhabilitation d'un tronçon de la route nationale secondaire 32, notre but est de contribuer au désenclavement des districts de Befandriana Avaratra et de Mandritsara et donc, au développement de ces localités.

Autrement dit, le choix de la route nationale secondaire N°32 comme sujet de l'étude a été dicté d'une part par son caractère vital pour les populations des districts de Befandriana Nord et de Mandritsara, car c'est pratiquement l'unique route qui relie ces deux districts au reste de la Région ; et d'autre part par l'état de dégradation de celle-ci.

Bien que nous avons pu observer la RNS 32 en entier, notre étude se limite toutefois sur un tronçon d'environ 23 kilomètres partant du PK0+000 jusqu'au PK22+980. Le temps et le manque de moyen ne nous permettent pas d'étudier toute la RNS 32. A noter que ce tronçon présente tous les types de dégradations que l'on peut observer sur la RNS 32.

Pour une meilleure présentation des résultats de notre étude, le présent mémoire a été subdivisé en quatre parties.

**Première partie** : Généralités sur le projet

**Deuxième partie** : Etude technique

**Troisième partie** : Technologie de mise en œuvre

**Quatrième partie** : Etude financière et étude d'impact environnemental

## **Partie 1**

# **GENERALITES SUR LE PROJET**

## Chapitre I : MONOGRAPHIE DE LA REGION SOFIA

### I. LOCALISATION DE LA REGION

La Région SOFIA se trouve sur la côte Nord-Ouest de Madagascar. Elle fait partie de la Province Autonome de Mahajanga. S'étendant entre la 14° et 17° latitude Sud et 47° et 49° longitude Est, elle constitue un vaste territoire d'une superficie de 52.504 km<sup>2</sup>.

Le Chef-lieu de la Région, Antsohihy se situe à 440 km environ de Mahajanga, sur la RN6 qui rejoint Antsiranana.

Elle est délimitée :

- Au Nord par les Régions de SAVA et DIANA
- Au Sud par les Régions de Betsiboka et Boeny (au Sud-ouest)
- A l'Est par les Régions d'Analanjirofo et Alaotra-Mangoro
- A l'Ouest par le canal de Mozambique



**Photo N°1 : Carte de la Région SOFIA**

## II. SITUATION ADMINISTRATIVE

Avec une superficie de 52504km<sup>2</sup>, la Région Sofia abriterait en 2005 plus de un million d'habitants répartis dans 7 districts que sont : Analalava, Antsohihy, Befandriana Nord, Mandritsara, Mampikony, Port Bergé (Boriziny) et Bealanana. Ces districts sont subdivisés en 108 communes.

**TABLEAU n°1 : Répartition de la superficie et de la population par District**

District	Superficie (km <sup>2</sup> )	Nombre de communes	Nombre d'habitants	Densité démographique
Antsohihy	<b>4787</b>	<b>12</b>	<b>134552</b>	<b>27</b>
Analalava	<b>10071</b>	<b>13</b>	<b>157508</b>	<b>18</b>
Mampikony	<b>5248</b>	<b>10</b>	<b>108807</b>	<b>22</b>
Bealanana	<b>6230</b>	<b>18</b>	<b>123670</b>	<b>18</b>
Port-Bergé	<b>7443</b>	<b>15</b>	<b>212315</b>	<b>30</b>
Befandriana Nord	<b>9121</b>	<b>12</b>	<b>207454</b>	<b>24</b>
Mandritsara	<b>9604</b>	<b>28</b>	<b>274223</b>	<b>26</b>
<b>TOTAL</b>	<b>52504</b>	<b>108</b>	<b>1218529</b>	<b>24</b>

Source: Région SOFIA 2009 et DRSPF Sofia

### III. DEMOGRAPHIE

La projection du recensement Général (RGPH) mentionne que la Région Sofia compte, en 2009, avec un taux de croissance moyenne de 3 %, aux environs de 1 218 529 habitants qui représentent 61% de la population totale du Faritany de Mahajanga (2 197 821) et classent la Région au 6<sup>e</sup> rang en terme de population.

La densité moyenne de la population est de 24 habitants au Km<sup>2</sup>. Cette population est inégalement répartie dans l'ensemble de la Région. La plus forte concentration se trouve à Mandritsara avec 30 habitants au km<sup>2</sup> et la plus faible se trouve à Analalava et Bealanana: 18 habitants au km<sup>2</sup>.

Taux de natalité: 3,9%

Taux de mortalité: 0,6%. Un tel taux de mortalité est tout à fait irréaliste (la moyenne nationale est de 1,53% en 1992) et peut signifier simplement que les décès n'ont pas été déclarés aux agents du RGPH.

Composition et répartition de la population :

La Région SOFIA est caractérisée par une population très jeune, car plus de 45 % de la population ont moins de 15 ans. Ce qui traduit une réelle expansion démographique qui est due essentiellement à la forte fécondité que connaît la zone. La charge familiale est assez pesante : 7,2 personnes par ménage en moyenne.

#### Calcul de la projection de la population

Nous calculons la projection de la population à partir de la formule statistique suivante ;

$$P(t) = P_0 (1 + n)^{t-t_0} \quad \text{avec } P(t) : \text{population à l'année } t \text{ estimée}$$

$P_0$  : population de l'année de référence

$n$  : taux moyen d'accroissement

$t$  : Année de projection

$t_0$  : Année de référence

Or ;

$$n = \frac{1}{n} [(P_0 / P_0') - 1]$$

Avec

$P_0'$  : population de l'année antérieure à l'année de référence

$n$  : nombre d'année entre  $P_0$  et  $P_0'$



**Application de cette formule**

D'après la formule précédente, nous obtenons les résultats dans les sept districts ainsi que dans la région toute entière, pris par rapport à la durée de vie de la route qui est de 15 ans.

Le tableau suivant nous montre les résultats de la projection jusqu'en 2025.

En prenant comme année de référence l'année 2004, où le nombre de la population est de 940 678 habitants.

**TABLEAU n°2 : Résultat de la projection de population en 2025**

<b>DISTRICTS</b>	<b>2004</b>	<b>2009</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>
<b>Analalava</b>	98 312	157 508	230 607	449 370	723 749
<b>Antsohihy</b>	117 774	134 552	196 998	383 877	618 266
<b>Bealanana</b>	110 157	123 670	181 065	352 831	568 264
<b>Mampikony</b>	92 253	108 807	159 304	310 426	499 968
<b>Mandritsara</b>	223 595	274 223	401 490	782 358	1 260 055
<b>Befandriana</b>	185 240	07 454	303 733	591 866	953 251
<b>Boriziny</b>	113 347	212 315	310 850	886 856	975 587
<b>REGION</b>	<b>940 678</b>	<b>1 218 529</b>	<b>1 784 048</b>	<b>3 476 463</b>	<b>5 599 141</b>

## IV. MILIEU PHYSIQUE

### 1. Le relief et le paysage

Située au pied des hautes terres et ouverte sur le canal de Mozambique, la Région de la SOFIA met en évidence trois ensembles bien distincts :

- **Les plateaux gréseux et basaltiques** très disséqués par l'érosion avec des vallées étroites portant une forêt sèche sur des sols ferrugineux lessivés ou des dalles basaltiques peu aptes aux cultures.
- **La plaine** ou la zone basse inférieure à 1000m d'altitude se trouvant au pied du massif de Tsaratanàna.
- **Le littoral** formé par des plaines côtières et des côtes d'une longueur de 450 kilomètres, lesquelles se trouvent parsemées de formes volcaniques boisées.

### 2. La pédologie

On observe différents types de sols dans la Région Sofia dont :

- Un complexe de sols ferrugineux formant les plateaux de Bealanana et Befandriana ;
- Un complexe de lithosols et sols calcimorphes à Ampasindava
- Un complexe de lithosols, sols calcimorphes et sols hydromorphes, dans les Districts d' Antsohihy et Port-Bergé
- Un complexe de lithosols et sols peu évolués à Mandritsara et à Befandriana
- Une association sols ferralitiques rouge à Bealanana et Analalava
- Des sols peu évolués dans le District de Port-Bergé en bordure de la Sofia
- Des sols salés et de mangrove aux embouchures des fleuves ;
- Des sols ferrugineux tropicaux dominant les Districts de Mampikony, Port-Bergé, Antsohihy et Analalava,
- Des sols ferralitiques jaune/rouge formant les hauts plateaux de Mandritsara,
- Des sols hydromorphes formant les plaines de Bealanana, Befandriana et un peu à Mandritsara,
- Des sols calcimorphes dans le District d'Antsohihy,
- Des sols sableux sur les côtes d'Analalava,
- Des sols ferralitiques rouges dans le District de Befandriana.

### 3. La géologie

La Région est formée essentiellement par deux types de terrains :

- **Les terrains cristallins** qui constituent l'essentiel des paysages à l'intérieur de la Région ;
- **Les terrains sédimentaires** qui couvrent la zone côtière et s'avancent même à l'intérieur pour former des plateaux à faible altitude (plateaux de Manasamody).

### 4. Le climat, la météorologie et la température

Le climat est de type sub-semi humide, caractérisé par deux saisons bien distinctes :

- La saison sèche de Mai à Octobre
- La saison humide de Novembre à Avril

Il varie suivant l'altitude, les plateaux Nord étant moins arrosés et plus frais que les zones littorales. Il fait plus chaud sur les côtes que sur les plateaux (Bealanana - Mandritsara). La Région SOFIA dispose de deux stations météorologiques : Antsohihy et Analalava.

La Région SOFIA dispose de deux stations météorologiques : Antsohihy et Analalava. Les températures de la Région sont assez favorables à l'agriculture. La température varie suivant le climat et l'altitude. Elle est nettement élevée sur les zones côtières, où la température annuelle moyenne atteint 26°C. En saison sèche, elle descend jusqu'à 13,7°C à Bealanana qui se trouve à 1125 m d'altitude. Elle est de 12,7°C à Mangindrano, au pied du massif Tsaratanàna (carte n°3). Dans le District de Bealanana, on observe une partie où la température peut descendre en dessous de 20°C (à Mangindrano : 12,7°C).

**TABLEAU n°3 : Répartition de la température de la Région en (°C)**

	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
<b>t°max</b>	32.1	32.9	34.03	34.5	34.6	32.1	31.5	33.3	34.7	35.7	35.8	34.1
<b>t°min</b>	23.5	23.9	23.5	23.3	22.2	18.7	18.1	17.1	19.9	21.6	23.3	23.7

**Source: Station Météorologie d'Ampandrianomby**

La Région est soumise aux vents humides et réguliers de l'alizé « Varatraza », qui souffle en permanence dans la direction Sud-Est à Est et de la mousson « Talio », vent de direction Ouest-Est. L'alizé trop précoce peut diminuer la production du riz, en perturbant sa floraison. La saison sèche d'Avril en Octobre est nettement propice aux vents qui soufflent à plus de 10Km/h sur la terre, leur vitesse peut dépasser 20 Km/h en mer, avec un maximum en Novembre. En cas de passage des cyclones, le vent peut souffler jusqu' à 250 Km/h.

## 5. La pluviométrie

La pluviométrie est caractérisée par une forte irrégularité. La saison humide commence en général au mois de décembre. Les pluies se concentrent sur 4 mois de l'année (Décembre à Avril). Nous pouvons assister à des précipitations violentes de quelques heures pendant la journée. Dans l'ensemble, la variation des pluies est moins nette et la pluviométrie annuelle se situe entre 0.3 mm à 606.9 mm. Malgré le nombre élevé de mois secs, la pluviosité est favorable à la riziculture et aux cultures sur tanety.

**TABLEAU n°4 : Pluviométrie de la Région Sofia**

	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc
<b>Pluie (mm)</b>	606.9	379.3	206.1	74.6	5.2	0	0	0	3.2	0.3	73.8	222
<b>Nbre jours</b>	25	19	14	4	1	0	0	0	2	1	6	15

**Source : Station Météorologie d'Ampandrianomby Année 2008**

## 6. L'hydrologie

### ❖ Les lacs

La Région possède de nombreux lacs. La majorité se trouve dans le District de Port-Bergé, avec plus de 10 lacs, dont nous pouvons citer notamment, les lacs Tseny, Amparihy, Bemakamba, Marovariho, le lac Sofia, le lac Sinja, les lacs Andrampongy, Matsaboribe, Mangilihilia et Maroankoay.

## ❖ Les fleuves

Le Nord Ouest dispose de vastes bassins hydrologiques favorisant l'écoulement et le déversement des grands fleuves dans le Canal de Mozambique.

La région est traversée par le fleuve de la Sofia qui prend sa source dans le District de Tsaratanàna. Ce fleuve possède deux affluents : Anjobony et Bemarivo, et se jette dans la mer dans la baie de Mahajamba.

La Région connaît un régime hydrologique caractérisé par des crues bien alimentées en saison de pluies de Décembre à Mars et d'étiage faible de Juillet en Octobre.

Les superficies des bassins versants sont respectivement :

- Bassin de Sofia : 27.300 km<sup>2</sup>
- Bassin de Mahajamba : 14.500 km<sup>2</sup>

Quelques cours d'eau alimentent les rivières à savoir :

- Maevarano qui traverse les Sous-Préfecture de Bealanana et Analalava, là ou elle est grosse par la Sandrakota, et se jette dans la mer par la Loza.
- Tsinjomorona, grossie par la Doroa, coule dans la Sous-Préfecture d'Antsohihy,
- Andranomalaza passe dans la Sous-Préfecture d'Analalava.

Faute de dispositif de mesure, les débits d'étiage et de crues ne sont pas disponibles.

## 7. La végétation

La Région de la SOFIA était réputée par ses couvertures forestières denses. Malheureusement, avec les feux de brousse incessants, l'exploitation forestière à outrance et les cultures sur brûlis, ces forêts se trouvent actuellement dégradées, ne laissant apparaître que des lambeaux forestiers bien localisés.

## V. LES RESSOURCES NATURELLES

### 1. Les ressources non-renouvelables

En terme de ressources naturelles, la Région de SOFIA regorge de richesses considérables en matière de ressources non renouvelables : Les richesses minières ou les ressources du sous sol qui sont composées de pierres précieuses ou gemmes, de béryl en particulier, des pierres semi-précieuses (jaspe), des pierres industrielles et des minerais (chromite, gypse ...)

La Région SOFIA recèle dans son sous-sol beaucoup de richesses. L'**or**, le **jaspe**, le **béryl**, le **gypse...** y sont également extraits. Elles n'intéressent que peu d'habitants en raison du problème d'exploitation et de débouchés. La majorité des **extractions** est **informelle**, et se pratique avec des méthodes **artisanales**. Des recherches empiriques ont annoncé l'existence

des **gîtes pétrolifères** dans la Région, mais aucune confirmation n'a été reçue sur ce propos de la part du service de Géologie.

## 2. Les ressources renouvelables

A part les vastes terrains cultivables, la Région Sofia est riche en ressources renouvelables/ Elle bénéficie du vent et du soleil quasiment toute l'année avec une température moyenne d'environ 25°C, et de l'eau avec les grands fleuves de Sofia et de Loza dont les dénivellements sont de 1000mètres. La biomasse issue des ordures ménagères et les produits organiques récupérés auprès du million de zébus que dispose la Région sont des ressources potentielles pour développer la technologie des énergies renouvelables.

## VI. INFRASTRUCTURES DE DEVELOPPEMENT

Les infrastructures de développement de Région SOFIA sont caractérisées par leur faiblesse et leur insuffisance. Les infrastructures de communication (les routes, les réseaux maritimes et le réseau aérien), les infrastructures hydro-agricoles, malgré la vocation rizicole et la vocation de culture industrielle de la région, font défaut. L'absence d'infrastructures financières fait partie des handicaps qui freinent le développement de la Région. Les marchés classiques pullulent dans la Région, mais ils n'arrivent pas inciter une dynamique pour l'économie.

### 1. Le transport routier

La RN6, traverse et structure les 5 Districts de la Région Sofia sur une longueur de 430 kilomètres. Cet axe supporte un réseau de pistes et de routes " en dents de peigne " reliant les chefs-lieux des Districts.

En dehors des RN 31 reliant Antsohihy à Bealanana, goudronnées sur 89 kilomètres (les 32 restantes sont en terre stabilisée) et la RN 32 entièrement goudronnée jusqu'à Mandritsara (202 kilomètres), toutes les autres pistes branchées sur la RN 6 sont d'accès saisonnier, limité à la saison sèche. Le principal point noir est la piste d'Analalava : 79 kilomètres qui reste toujours en état de délabrement, surtout en saison de pluie, malgré les récentes réhabilitations.

Un des problèmes majeurs d'Analalava est la coupure entre ses parties Nord et Sud séparées par la baie de la Loza. La traversée de celle-ci est tributaire du fonctionnement d'un bac " 3 pirogues " quelque fois non fonctionnel.

**TABLEAU N°5 : Les principaux axes routiers de la SOFIA**

Cat.	Axes : routes bitumées	Longueur (km)	Etat
RN 6	Mampikony – Port Bergé	76	Moyen
	Port Bergé - Antsohihy	122	Moyen
RN 31	Antsohihy - Bealanana	89	Moyen
RN 32	Antsohihy - Mandritsara	202	Moyen
	TOTAL	489	

Source : Direction Régionale des Travaux Publics – Mahajanga (2006)

**TABLEAU N°6 : Routes en terre praticables en toutes saisons**

Cat.	Axe :	Long (km)	Etat
RN 6	Ankazobetsihay – Maromandia (Antsohihy)	94	Moyen
RN 31	Ampandrana - Bealanana	32	Mauvais
RIP 117	Bealanana - Ambatomoria	30	Moyen
RIP 119	Mandritsara - Marotandrano	43	Mauvais
	<b>TOTAL</b>	<b>199</b>	

Source : Direction Régionale des Travaux Publics – Mahajanga (2006)

**TABLEAU N°7: Routes en terre praticables en saison sèche**

	DESIGNATION	Long (km)	ETAT
RIP 110-	Antsohihy - Analalava	76	mauvais
RIP 118-	Sofia – Matsoandakana (Befandriana)	116	mauvais
NC 176	Andranomanitsy - Ambararata (Befandriana)	45	moyen
NC 175-	Bealanana - Beandrarezona	17	moyen
NC 183	Mampikony - Ampasimatera	20	moyen
NC 178	Anjialava – Ankozany	26	mauvais
	<b>TOTAL</b>	<b>303</b>	

Source : Direction Régionale des Travaux - Publics – Mahajanga

**TABLEAU N°8: Routes non praticables**

	DESIGNATION	LONG (km)	ETAT
RIP 116	Boriziny - Andilana	198 km	non praticable
RIP 117	Ambatoria (Bealanana) - Ambalapaiso	98 km	id
RIP 118	Ambalapaiso - Matsoandakana	27 km	
	<b>TOTAL</b>	<b>323 km</b>	

**Source : Direction Régionale des Travaux - Publics – Mahajanga**

**Légende : RN:** Route Nationale - **RIP:** Route d'Intérêt Provincial - **NC:** Route Non Classée

Les routes et pistes partant de la RN6, de la RN 31 et de la RN 32, reliant les chefs-lieux des Districts et/ou des Communes sont accessibles seulement aux charrettes et elles sont régulièrement coupées par les crues des rivières par temps de pluies.

## 2. Le transport maritime et fluvial

Le trafic maritime et fluvial de la Région est très peu développé. On dénombre 2 ports : le port maritime d'Analalava et le port fluvial d'Antsohihy.

*Le site d'Analalava* possède une jetée de 150 mètres dotée d'un phare mais totalement inutilisé. Les pêcheurs et les boutres préfèrent accoster sur une plage le long d'un bras de rivière proche de leurs habitations. Il existe un bureau de garde-côte qui toutefois ne dispose d'aucun moyen d'observation ni de transport. Les principaux produits transportés sont les produits pétroliers, les fruits de mer, les produits agricoles.

*Le site fluvial d'Antsohihy*, situé sur un affluent du fleuve Loza, est un port de cabotage secondaire. Il possède un embarcadère en bois et il est régulièrement utilisé par les transporteurs de marchandises et de personnes par boutres. Les embarcations proviennent surtout de Mahajanga, Analalava ou Nosy-Be.

## 3. Le transport aérien

En matière de trafic aérien, la Région est à peu près bien desservie, d'autant que les installations civiles sont largement doublées par des pistes privées, utilisées par les



planteurs (coton, tabac), pour les travaux de soins phytosanitaires, notamment dans les Districts de Port-Bergé et de Mampikony.

#### 4. Les infrastructures financières

Pour toute la Région Sofia, avec ses centaines de milliers d'habitants, une seule agence bancaire de la Bank Of Africa, est implantée à Antsohihy, soit 1 banque pour 50 000km<sup>2</sup>. Heureusement que la population peut compter sur quelques caisses de la CECAM, une institution financière mutualiste, pour les dépôts et les prêts d'argent.

#### 5. Les établissements scolaires publics

En 200-2001, l'infrastructure scolaire publique de la Région a été composée de :  
1072 écoles primaires publiques dont 158 ont été fermées ;  
41 collèges d'enseignement général ;  
7 lycées.

**TABLEAU N°9 : Recensement des établissements scolaires (publics et privés) en 2006**

Districts	EPP		CEG		Lycées	
	Existants	Fonctionnels	Existants	Fonctionnels	Existant	Fonctionnel
<b>Analalava</b>	261	249	16	14	1	1
<b>Antsohihy</b>	188	187	19	19	4	4
<b>Bealanana</b>	239	234	20	20	2	2
<b>Befandriana</b>	349	348	16	15	2	2
<b>Boriziny</b>	220	215	9	9	2	2
<b>Mampikony</b>	139	137	7	7	1	1
<b>Mandritsara</b>	454	441	28	28	4	4

Source : PDR Sofia – Annuaire statistique de la DREN Sofia

## VII. SECTEUR ECONOMIQUE

### 1. Le secteur agricole

La grande diversité de ses ressources naturelles et l'étendue de ses baibofo donnent à la Région Sofia de grandes potentialités agricoles. Les filières privilégiées sont :

- ❖ Les cultures vivrières (riz, maïs, patates, manioc...) qui occupent 8% du territoire et 36% des terres cultivables.

**TABLEAU n°10: Répartition des superficies des cultures vivrières par spéculation**

District	Surface totale	Culture du riz		Culture de manioc		Culture de maïs		Culture de patate douce		Culture de haricot	
		S (ha)	%	S (ha)	%	S (ha)	%	S (ha)	%	S (ha)	%
Antsohihy	16 390	14 610	89,38	435	2,66	1 240	7,6	40	0,2	20	0,1
Analalava	13 325	12 450	93,3	670	5,02	140	1,0	80	0,6	0	0
Bealanana	19 105	14 320	73,34	1 300	6,7	2 730	14,0	140	0,7	910	4,6
Befandriana	28 030	23 910	86,1	1 065	3,8	2 410	8,68	100	0,36	270	1
Mampikony	12 980	11 380	88,0	560	4,3	875	6,8	60	0,5	50	0,4
Mandritsara	26 620	18 220	68,8	3 800	14,4	3 925	14,8	40	1,5	10	0,5
Port Bergé	24 130	20 490	85,1	730	3,0	2 750	11,4	80	0,3	40	0,17
<b>REGION</b>	<b>140 584</b>	<b>115380</b>	<b>82,1</b>	<b>8 560</b>	<b>6,0</b>	<b>14070</b>	<b>10,0</b>	<b>900</b>	<b>0,64</b>	<b>1 420</b>	<b>1,01</b>

Source : Annuaire statistique agricole DRDR Sofia

- ❖ Les cultures de rentes (café, vanille, girofle...)
- ❖ Les cultures maraîchères telles les haricots, les tomates ou les oignons avec une production moyenne de 15 tonnes par hectare.
- ❖ Les cultures fruitières dominées par les bananes et les oranges sur plus de 9000ha.
- ❖ Les cultures industrielles comme le coton, le tabac, l'arachide et la canne à sucre.

### 2. Le secteur élevage

Favorisée par la vaste étendue de ses prairies, sa position topographique et son climat, la Région SOFIA possède une vocation agro-pastorale importante où l'élevage bovin occupe une

place prépondérante, dans l'économie agricole de la nation, voire même par rapport à d'autres Régions de Madagascar mais son exploitation reste toujours au stade traditionnel avec un élevage essentiellement contemplatif.

Outre l'élevage bovin, il y a aussi l'élevage porcin, l'aviculture et l'apiculture mais faits toujours de manière traditionnelle. Contrairement à l'élevage bovin, l'élevage porcin n'est pas très répandu du fait qu'une bonne partie de la population est musulmane.

Par ailleurs, l'aviculture commence à se moderniser avec l'intégration de nouvelles techniques d'élevage et des races pondeuses.

### **3. Le secteur pêche**

En matière de Pêche et des ressources halieutiques La Région SOFIA, avec ses quelques 450 kilomètres de Côtes, ses plans d'eau intérieurs (rivières et lacs) recèlent un riche potentiel en ressources halieutiques tant maritimes que continentales.

- ❖ La pêche traditionnelle en mer est largement tributaire des ressources locales. Elle mobilise environ deux milles pêcheurs et procure des revenus assez substantiels. Ici, les produits frais sont consommés localement tandis que les poissons traités par fumage sont destinés aux marchés d'Antananarivo ou de Mahajanga.

- ❖ La pêche traditionnelle en eau douce occupe une place de choix surtout à Port-Bergé et à Mampikony.

- ❖ L'aquaculture et la pêche crevettière est très importante dans la Région. Les produits sont surtout destinés au marché international.

### **4. La foresterie**

En termes de boisement, toute formation forestière confondue, la province de Mahajanga est couverte uniquement à 21 % de sa superficie, ce qui représente en chiffres absolus 3 143 000 hectares dont près des trois quarts sont constituées de forêts denses sèches décidues de l'Ouest (IEFN, 1995). Malgré tout, ce tissu forestier est très riche en essences forestières. L'approvisionnement en bois d'énergie de la Région provient à 99 % des forêts naturelles.

### **5. L'industrie et l'artisanat**

L'industrie est quasiment inexistante dans la Région, elle se résume à une petite usine d'égrenage du coton de la Hasyma (Société Hasy Malagasy).

### **6. Le tourisme**

Le secteur tourisme est peu développé dans la Région de Sofia. Or, la présence du soleil pendant toute l'année, les plages de 150kilomètres, l'existence d'îles paradisiaques, la présence de sites éco-touristiques, la proximité de Nosy-Be, les sites forestiers et marins, les aires protégées font de la Région une destination à forte potentialité touristique et éco-touristique.

## **Chapitre II : PRESENTATION DE L'ETUDE**

### **I. INTITULE DE L'ETUDE :**

Le projet s'intitule « **Réhabilitation de la Route Nationale secondaire 32 reliant Antsohihy à Mandritsara** ».

### **II. OBJET DE L'ETUDE :**

Le mémoire porte sur l'étude de la réhabilitation d'un tronçon de 22,980 kilomètres de la Route Nationale Secondaire 32 dans la première section qui relie Antsohihy à Befandriana-Nord. A ce titre, l'étude comprend le renforcement et la réhabilitation proprement dite des infrastructures existantes.

### **III. LOCALISATION DE LA ROUTE NATIONALE SECONDAIRE 32:**

La RN6 traverse et structure les cinq districts de la Région Sofia sur une longueur de 430 kilomètres. Cet axe d'importance nationale qui relie Antananarivo et Mahajanga à Antsiranana symbolise le principal facteur de progrès économique et social de la Région. Cet axe supporte un réseau de pistes et de routes « en dents de peigne » reliant le chef-lieu de la Région aux autres districts. C'est le cas de la RN 32 qui prend origine sur la RN6 au niveau du village d'Andilabe qui se trouve à 10 kilomètre au Nord d'Antsohihy. La Route Nationale Secondaire 32 est une route revêtue de 202 Km de long. Elle relie Antsohihy aux chefs lieux des districts de Befandriana-Nord et Mandritsara. La route est subdivisée en deux sections :

- **La première section** relie la ville d'Antsohihy à la ville de Befandriana-Nord. Elle prend origine sur la Route Nationale 6 à 10 Km au Nord de la ville d'Antsohihy au niveau du village d'Andilabe. Elle est caractérisée par une chaussée revêtue de 76 Km de longueur et de 5.50 m de largeur, avec un accotement de 1.0 m.
- **La seconde section** relie le centre ville de Befandriana-Nord à la ville de Mandritsara. C'est une route revêtue de 110 Km de longueur et de 4.50 m de largeur.

**PHOTO N°2 : Localisation du projet**

Source : PRD Sofia 2006

**IV. OBJECTIF DE L'ETUDE:**

L'objectif principal de ce projet est de proposer une solution de réhabilitation de la route RNS32, qui est très dégradée en générale ; pour la rendre praticable tout au long de l'année afin de promouvoir d'une manière effective :

- Les potentialités agricoles qui spécifient la Région ;
- Les potentialités touristiques ;
- Les potentialités minières et halieutiques.

Aussi bien, cette réhabilitation permet de :

- Structurer la liaison entre les Districts d'Antsohihy, de Befandriana et de Mandritsara ;
- Faciliter techniquement l'acheminement « intrant-extrant » des produits locaux (riz, manioc, oignon, café, coton, etc,...) et des marchandises importées.

Par ailleurs, la réhabilitation des infrastructures routières fait partie des engagements de l'Etat. Parce que nous serons une Nation connectée, nous allons construire des routes de qualité et des systèmes d'information technologique dans tout les pays, pour permettre le processus de développement rapide, la facilitation des affaires et du commerce, la communication entre nos citoyens et les visiteurs, et pour rehausser le niveau de vie.

**Partie 2 :**  
**ETUDE TECHNIQUE**

## Chapitre I : DIAGNOSTIC DES DEGRADATIONS

### I. HISTORIQUE DE LA RNS 32

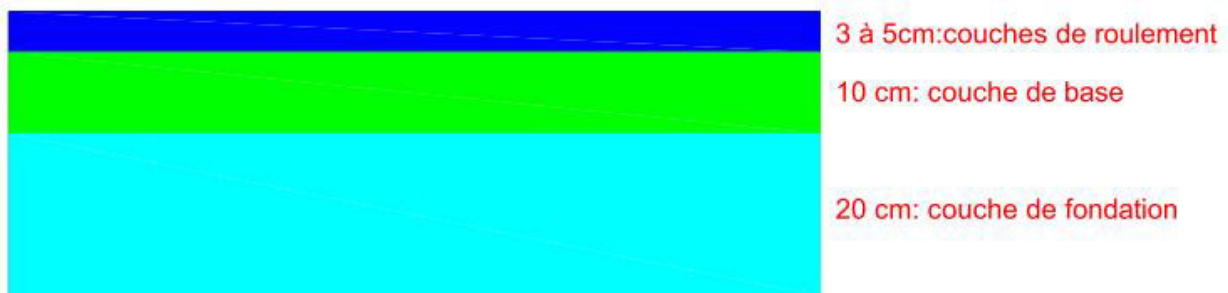
D'après l'enquête que nous avons effectuée sur place, l'histoire de la RNS 32 peut se résumer comme suit :

- **En 1969**, début de la construction de la route RNS 32 ;
- **En 1973**, les travaux ont été finis définitivement ;
- **En 1993**, des dégradations significatives de la chaussée ont été signalées par les autorités locales ;
  - **Vers 2000** ; les dégradations sont généralisées ; la route a été totalement détruite (non accessible surtout en période de pluie), il a fallu 5 heures de temps pour rejoindre Befandriana-Nord au lieu de une heure et demi.

En général, la structure de l'ancienne chaussée est constituée de:

- Une couche de roulement en enrobe de 3 à 5 cm d'épaisseur ;
- Une couche de base en sol ciment de 15 cm d'épaisseur ;
- Une couche de fondation en sable limon-argileux de 20 cm d'épaisseur.

FIGURE n°1 : Structure de l'ancienne chaussée



### II. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DE LA CHAUSSEE

#### 1. Caractéristiques générales

Les paramètres fondamentaux adoptés pour l'établissement du tracé en plan et du profil en long associés sont tirés de l'instruction de l'aménagement des Routes Principales du Ministère de l'équipement.



La réhabilitation de la route RN32 a dans l'ensemble les caractéristiques géométriques de la route en rase campagne de vitesse de référence de 80 km/h. Les sections conservent leur géométrie, qui reste voisine de celle d'une route de 80 km/h de vitesse de référence.

Le cas échéant, lors de l'étude d'exécution faite par le bureau d'études BECOM, la vitesse de référence pourra être réduite à 60 km/h sur les sections les plus sinueuses afin de diminuer la pente des dévers.

#### a- Tracé en plan

Le tracé est défini comme la projection sur un plan de l'axe et des bords de la route.

Nous essayons de garder au maximum le tracé actuel.

#### b- Profil en long

Le profil en long est défini par l'intersection d'un plan vertical passant par un axe de tracé en plan soit avec le terrain naturel, soit avec la surface de la route ou projet.

Le choix de raisonner en chaussée neuve permet de lisser la ligne rouge par rapport à la route actuelle. Dans le cas général, le niveau de la chaussée est remonté de 20 cm à 40 cm par rapport au niveau de l'ancienne chaussée.

Ces plans ne sont pas d'application dans les zones où la chaussée est simplement rechargée ou renforcée.

#### c- Profil en travers

C'est l'intersection de la surface de la route avec un plan vertical perpendiculaire à son axe.

Il existe trois types de profil en travers :

- Le profil en déblai ou la côte du terrain naturel est supérieure à la côte du projet ;
- Le profil en remblai ou la côte du terrain naturel est inférieure à celle du projet ;
- Le profil mixte : c'est le cas où il y a en même temps de déblai et remblai.

Les caractéristiques principales des pentes des profils en travers types sections se résument comme suit :

La pente du profil en toit (rayon en plan supérieur ou égal à 900 m)

- Chaussée revêtue: 2.5 %;
- Accotement: 2.5 %.

La pente de la chaussée déversée (rayon en plan inférieur à 900 m)

- Chaussée revêtue : variable selon le rayon de 2.5 % à 7 %

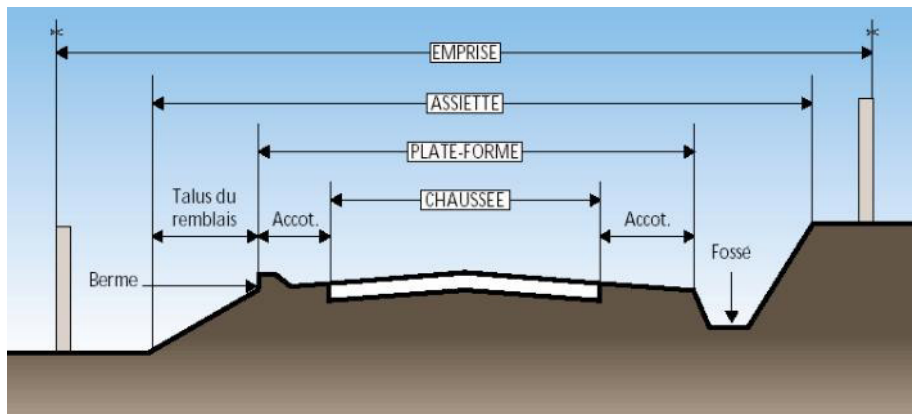
- Accotement côté bas du dévers : variable selon le rayon de 2.5 % à 7 % ;
- Accotement du côté haut du dévers : 2.5 % vers l'extérieur.

Pour les sections simplement rechargées ou renforcées, ces dispositions pourront être amendées pour tenir compte de la situation existante. La pente d'accotement, restant dans tous les cas, est dirigée vers l'extérieur.

La largeur de la couche de base (chaussée+accotement) est de 8.00 m en général. Elle peut être réduite au minimum à 7.50 m, suivant la décision de l'Ingénieur, dans le cas où les travaux d'élargissement ne se révéleraient pas trop importants.

Cette largeur est variable dans les agglomérations ou elle est fonction de l'emprise disponible.

La largeur de revêtement de la chaussée est de 5.50 m.



**FIGURE n°2 : Profil en travers type d'une route**

### Terminologie

**L'EMPRISE** : partie du terrain qui appartient à la collectivité et qui est affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances.

**L'ASSIETTE** : surface du terrain réellement occupée par la route.

**PLATE-FORME** : surface de la route qui comprend la chaussée et les accotements.

**CHAUSSEE** : surface aménagée de la route qui reçoit la circulation des véhicules.

**ACCOTEMENTS** : zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée.

### III. LES DEGRADATIONS EXISTANTES

Les dégradations relevées sur les chaussées revêtues le long du projet sont caractérisées par : les ornières et flaches ; les fissures longitudinales et transversales ; le faïençage ; le peignage, les pelades et le plumage ; les nids de poule ; les épaufrures de rives, dégradations généralisées.

#### 1. Les ornières et flaches

Les ornières et flaches sont des déformations, qui sont dues au tassement dans le corps d'une chaussée, en présence d'un trafic lourd, avec association ou non d'une chute de portance du sol support.

Leur solution est selon leur profondeur le relâché ou la réfection localisée.



**PHOTO n°3 : Ornière**

#### 2. Les fissurations

Les fissurations sont des dégradations observées sur la couche de roulement d'une chaussée. Ces dégradations sont accompagnées ou non de déformation et sont souvent attribuées, peut être à tort, à la présence des sols gonflants et au non entretien des flaches ou ornières.

A noter qu'on a pu constater que les fissures en question existent même dans les zones où les argiles gonflantes n'ont pas été décelées ; il est également à signaler que dans certaines zones où il y a de l'argile, nous ne retrouvons pas ces fissures.

Par conséquent, nous pouvons dire que, ces fissures ne sont pas attribuées exclusivement à la présence des sols argileux gonflants. Elles peuvent être dues à:

- un phénomène de fatigue ;
- un vieillissement du revêtement ;
- des instabilités des sols supports constitués surtout des sols fins argileux ;
- un défaut de mise en œuvre.

La solution peut être le colmatage ou la réfection localisée selon leur gravité.



**PHOTO n°4 : Fissure longitudinale**

### 3. Le faïençage

Le faïençage, désigné aussi sous le nom de fissuration maillée, est une dégradation de très haut niveau ; il marque la fatigue intense de la chaussée, en particulier, de la couche de roulement.

Il est dû au croisement des fissurations longitudinales et des fissurations transversales. Sa présence peut provoquer des départs des matériaux.

Sa solution est la réfection localisée.



**PHOTO n° 5: Fissures Maillées**

### 4. Le peignage

Le peignage est une dégradation causée par un défaut de mise en œuvre de la couche de roulement en Enduit Superficiel. Son apparition est liée à une mauvaise répartition du bitume par l'épandage; d'où, une couverture inégale de la surface de la chaussée ou un mauvais mouillage des granulats au bitume fluidifié se présente.

Sa solution est la mise en œuvre d'une nouvelle couche de roulement.



**PHOTO n°6 : Le peignage**

### 5. Les pelades

Les pelades sont des dégradations de surfaces, caractérisés par l'arrachement des matériaux superficiels en enrobé. Ils peuvent être la conséquence des fissurations importantes localisées sur la couche de roulement, ou de sous-dosage de la couche d'accrochage.

Sa solution est la réparation localisée.

### 6. Le plumage

Le plumage se manifeste par des départs des gravillons de la couche superficielle d'une chaussée revêtue en Enduit Superficiel. Il est dû au sous-dosage du liant en certains endroits.

Leur solution est la réparation localisée.



**PHOTO n° 7: Le plumage**

### 7. Les nids de poule

Les nids de poule sont des trous localisés à la surface d'une chaussée. Ils sont dus parfois à la présence de corps étrangers sur la couche de roulement. Au début de leur apparition, leurs



dimensions sont faibles, mais suite à la stagnation d'eau et au défaut d'entretien, ils s'agrandissent et s'évaluent vers leur approfondissement.

Leur solution est leur bouchage appelé aussi « Point-A-Temps ».



**PHOTO n° 8: Nid de Poule**

### 8. Les épaufrures de rive

Les épaufrures de rives sont des dégradations qui apparaissent sur le bord de la chaussée ; elles sont provoquées par l'arrêt ou le passage fréquent des véhicules sur les accotements, l'étroitesse de la largeur de la chaussée.

Leur solution est la réfection localisée.



**PHOTO n°9 : Epaufure de rive**

### 9. Dégradations généralisées

C'est la destruction totale de la route, de couche de roulement jusqu'au couche de base, qui affecte aussi la couche de fondation. Elle est due à l'évolution des dégradations de surface qui n'ont été entretenu durant leur apparition.

Leur solution est la reconstruction.





PHOTO n° 10: Dégradations généralisée

PK		ETATS DES LIEUX		AMENAGEMENT A REALISER	
Début	Fin	Plateforme et Chaussée	Assainissement et Ouvrages	Plateforme et chaussée	Assainissement et Ouvrage
0+000	9+000	La chaussée est totalement détruite, les dégradations sont généralisées	Fossés en terre bouché et envahis par les végétations ;  Buses métalliques de diamètre varie de Ø80 et Ø120, endommagés.	La reconstruction : confection de remblai, mise en œuvre d'une nouvelle couche de fondation en MS, de couche de base en GCNT et d'une nouvelle couche de roulement en BBM.	Curage et reconstruction du fossé maçonné en bon état au PK4+500  Remplacement des buses en dalots béton armé de dimension équivalente à celle des buses.
9+000	16+530	Dégradations de surface de la chaussée du niveau 1 : nid de poule, fissuration, épaufrure de rive, flache.	Fossés en terre bouché et envahis par des végétations ;  Le pont en BA est en bon état .  Buses métalliques de diamètre varie de Ø80 et Ø120, bouchés et envahis par des végétations.	Réparation des dégradations par le point à temps, le colmatage des fissures, le deflachage ;  Mise en œuvre d'une nouvelle couche de roulement en Enduit Superficiel monocouche.	Curage et la remise en état des fossés ;  Construction des descentes d'eau en BA ;  Curage des buses métalliques.

16+530	17+250	<p>Les dégradations sont atteintes le niveau de degrés deux, c'est-à-dire elles attaquent la couche de base.</p> <p>La chaussée est en état de fatigue ;</p> <p>Le profil de la chaussée est en remblai.</p>	<p>Les buses métalliques sont en bon état ;</p> <p>Pont en BA en bon état ;</p> <p>Fossés en terre envahis par des végétations.</p>	<p>Scarification des dégradations et réprofilage de la plateforme ;</p> <p>Mise en œuvre d'une nouvelle couche de base en GCNT 0/31.5 ;</p> <p>Mise en œuvre d'une nouvelle couche de roulement en Enduit Superficiel bicouche ;</p> <p>Engazonnement du profil de remblai.</p>	<p>Curage du fossé et reconstruction du fossé maçonné en bon état ;</p> <p>Construction de descente d'eau en BA.</p>
PK		ETAT DES LIEUX		AMENAGEMENT A REALISER	
Début	Fin	Plateforme et chaussée	Assainissement et ouvrages	Plateforme et chaussée	Assainissement et ouvrages
17+250	19+140	<p>La chaussée est en bonne état, mais quelques dégradations qui sont : les fissures longitudinales et transversales, l'épaufrure de rives ; apparaissent</p>	<p>Les fossés sont en terre et en bon état ;</p> <p>Les buses métalliques sont envahies par des végétations.</p>	<p>Réparation des dégradations et mise en œuvre d'une nouvelle couche de roulement en Enduit Superficiel monocouche.</p>	<p>Curages des fossés ;</p> <p>Curages des buses.</p>
19+140	19+560	<p>Plateforme et chaussée de longueur 420 m et de 7.50 m de largeur ;</p> <p>Elles sont en état de fatigue.</p>	<p>Les fossés sont en terre et bouchés par des végétations ;</p> <p>Les buses sont aussi envahies par des végétations et bouchées.</p>	<p>Scarification de la chaussée et réprofilage de la plateforme ;</p> <p>Mise en œuvre d'une nouvelle couche de base en GCNT 0/31.5 d'épaisseur de 15 cm ;</p> <p>Mise en œuvre d'une nouvelle couche de roulement en ESb</p>	<p>Reconstruction d'un fossé de crête ;</p> <p>Réalisation des descentes d'eau en BA ;</p> <p>Curage du fossé et confection en maçonnerie de moellons ;</p> <p>Curage des buses et remise en état de ces buses métalliques.</p>

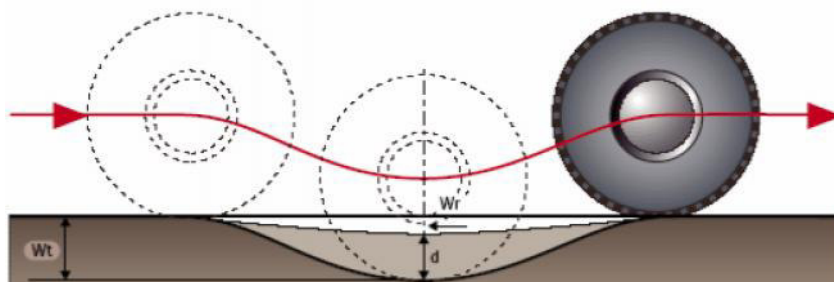


#### IV. LA MESURE DE LA DEFLEXION

Le sol s'affaisse sous le pneu. C'est la déformation totale :  $W_t$ .

Lorsque la roue s'éloigne, le sol remonte mais pas totalement : il reste une déformation résiduelle :  $W_r$ .

La différence  $d = W_t - W_r$  s'appelle la « *déflexion* ».



**FIGURE n°3 : Schéma de principe illustrant la déflexion d'un sol sous l'effet de passage d'une charge**

La mesure de déflexion se fait avec un appareil appelé **défectomètre**.

Les valeurs de la déflexion caractéristique sont données par le tableau ci-après :

**TABLEAU n°12 : Déflexions caractéristiques et CBR par sections homogènes**

Section	Déflexion moyenne dm	Ecart-type	Déflexion caractéristique D90	CBR à 4 jours
0 - 1.5	Très dégradée			11
1.5 - 4.2	Très dégradée			13
4.2 - 5.9	Très dégradée			6
5.9 - 6.7	Très dégradée			10
6.7 - 8.3	Très dégradée			29
8.3 - 9.3	Très dégradée			10
9.3 - 16.5	140	23.08	170	5 à 24
16.5 - 17.12	Dégradée			20
17.12 - 19.10	153	24.62	185	17
19.10 - 20.70	Dégradée			17

20.70 – 21.10	122	26.15	156	16
21.10 – 22.98	Dégradée			10

Source: Document ARM

## V. SONDAGES SOUS CHAUSSEE

Le nombre total de puits creusés pour la reconnaissance de la chaussée et des sols de plateforme est de 119 sur la section I. Leur densité a été volontairement modifiée suivant les zones. Ainsi elle est plus importante lorsque la chaussée est à reconstruire du fait de son état et moindre lorsque la chaussée est en bon état et ne nécessite qu'un éventuel renforcement ou rechargement. Ces sondages ont permis d'observer :

- La nature et les épaisseurs des couches de la chaussée ;
- La nature des sols de plateforme.

Ils ont aussi permis de réaliser :

- Les prélèvements de matériaux constituant la chaussée dans la partie actuellement détruite afin de procéder à des études en vue de leur réemploi ;
- Les prélèvements des échantillons représentatifs de la plateforme pour analyses Géotechniques et essais de comportement et portance ;
- Les teneurs en eau à l'état naturel.

Nous reprenons ci-après les résultats des sondages qui ont été déjà faits.

**TABLEAU n°13: Résultats des sondages**

Mélange	W% in situ	Passant a		Indice de plasticité	Indice portant CBR (25 coups)		Classifi cation
		2mm	80 µ		0 jour	4 jours	
Sable limoneux rouge	4.8	97	25	12	62	31	SA
Limon argilo- sableux rouge	5.6	95	40	14	49	14	SA
Limon argilo- sableux jaune	11.3	95	20	10	53	31	SL

Source : Document ARM

## VI. DECOUPAGE EN TRONCON HOMOGENE ET PROPOSITION DE SOLUTION DE CHAQUE TRONCON

Du Pk0+000 au Pk9+000, il ne peut être envisagé de récupérer les Matériaux de la chaussée actuelle car celle-ci est dégradée.

**TABLEAU n°14 : Découpage en tronçons homogènes et proposition de solution de chaque tronçon**

Tronçon homogène	Longueur en km	D90	Solution
0+000 9+000	9,000		RECONSTRUCTION
9+000 16+530	7,530	170	RECHARGEMENT
16+530 17+250	0,720		RENFORCEMENT
17+250 19+140	1,890	185	RECHARGEMENT
19+140 19+560	0,420		RENFORCEMENT-
19+560 20+010	0,450	190	RECHARGEMENT
20+010 20+760	0,750		RENFORCEMENT
20+760 21+060	0,300	156	RECHARGEMENT
21+060 21+600	0,540		RENFORCEMENT
21+600 21+780	0,180	129	RECHARGEMENT
21+780 22+980	1,200		RENFORCEMENT

Source : Document ARM

## **Chapitre II : NECESSITE ET IMPORTANCE DE LA REHABILITATION**

### **I. DEFINITION DE LA REHABILITATION**

Réhabiliter une chaussée, c'est sa remise en état pour qu'elle soit apte à écouler le niveau de service qui lui est destiné. C'est donc un rehaussement de l'aptitude au service d'une chaussée ancienne.

Selon les désordres observés comptes tenu de la durée de vie de la structure, une réhabilitation peut être l'une des opérations suivantes :

#### ➤ **RECHARGEMENT :**

C'est une mise en place d'un tapis de revêtement sur l'ancienne chaussée revêtue, c'est-à-dire une mise en œuvre de nouvelle couche de roulement après réparation des dégradations.

#### ➤ **RENFORCEMENT :**

C'est une remise en état de la capacité structurelle d'une chaussée en ajoutant une nouvelle couche de base et une nouvelle couche de roulement après une réparation des petites dégradations ou scarification de la chaussée.

#### ➤ **RECONSTRUCTION :**

Dans le cas d'une dégradation très avancée ou une destruction généralisée de l'ancienne chaussée ancienne accompagnée d'une faible capacité structurelle, nous exigeons la reconstruction après un décaissement ; c'est-à-dire une mise en œuvre de nouvelle couche de fondation, d'une nouvelle couche de base et d'une nouvelle couche de roulement.

### **II. MODE DE FONCTIONNEMENT DE LA CHAUSSEE**

Au cours de sa vie, une chaussée est soumise à deux modes de sollicitation distincts : le Trafic et le Climat.

#### **1. Sous l'effet du trafic :**

Le corps de la chaussée subit des contraintes diverses, de compression, de cisaillement, de flexion et des efforts horizontaux ou tangentiels a la surface de la couche de roulement. Ces efforts sont dus aux freinages et a l'accélération des forces verticales ou a l'accrochage des pneumatiques.

## 2. Sous l'effet du climat :

Les variations de température, les périodes alternées de pluie et de sécheresse influent sur la chaussée par ramollissement et vieillissement des bitumes, chute de portance du sol support, érosion des accotements,....

C'est grâce à l'action combinée de la solidité de son assise et de l'épaisseur de matériaux qui la constituent, puis de l'efficacité des systèmes d'Entretien, que la chaussée résiste à ses sollicitations extérieures.

Les désordres constatés dans une chaussée sont les signes visibles de l'inadaptation actuelle des matériaux des différentes couches, ou de l'épaisseur de ces couches par rapport au travail qu'ils ont effectué.

Nous notons généralement que la vie d'une chaussée bien dimensionnée comporte trois (3) phases distinctes de comportement :

- **La phase de consolidation ;**
- **La phase de comportement élastique ;**
- **La phase de fatigue.**

## III. NECESSITE DE LA REHABILITATION

Les déformations non entretenues à temps qui en résultent, finissent au terme d'une évolution normale par la présence d'un caractère d'irréversibilité conduisant à des dégradations de plus en plus importantes et généralisées. Tant que le niveau général de dégradation ou l'affaiblissement d'une chaussée reste modéré. Nous devons penser à des opérations nécessaires pour permettre de maintenir le niveau de service acceptable ; ce sont les Travaux d'Entretien.

Par contre dès que les dégradations se généralisent et s'amplifient ou s'accélèrent, il convient, s'il est décidé de faire l'opération de la dite « REHABILITATION DE LA CHAUSSEE ». C'est-à-dire, de faire appel à différentes types d'interventions, beaucoup plus lourdes et onéreuses que des opérations d'Entretien.

## Chapitre III: ETUDE DU TRAFIC

### I. DEFINITION

C'est le nombre de passage des véhicules dans une période donnée qui, est en général un jour, pour un poste donné dans une route.

### II. BUTS

L'étude du trafic permet de:

- Déterminer la structure de la chaussée (revêtue ou route en terre) par le seuil de bitumage ;
- Déterminer le nombre de voie de la chaussée ;
- Déterminer si la route est à forte de poids lourds (agressivité des poids lourds) ou à répartition normale dans la méthode de dimensionnement ;
- Déterminer l'épaisseur des différentes couches de la chaussée (dimensionnement) ;
- Fixer les matériaux de la couche de roulement.

### III. LE TRAFIC PASSE

Le trafic moyen journalier annuel déduit de la campagne de comptage de 7 juillet 2004 est de 120 véhicules par jour, avec 33% de camions PL≥3t, soit 40 camions.

### IV. LE TRAFIC A L'ANNEE DE MISE EN SERVICE DE LA ROUTE

Depuis l'année 2004, il n'y a pas de comptage fait sur la RNS32, donc pour connaître le trafic à l'année de mise en service, nous allons appliquer la projection.

$$N = T * n * A * i + T$$

Avec **N** : Nombre du poids lourds ;

**T** : Trafic moyen journalier du poids lourds ;

**n** : Durée de service en année ;

**A** : Coefficient d'agressivité du poids lourds ;

**i** : Taux d'accroissement.

AN : T=40PL/j ; n=6 ans ; A= 0.61 ; i=6%

$$= 40 * 6 * 0.61 * 0.06 + 40 = 49.9$$

Soit N=50 PL/j avec 33% TMJ qui est égale a 152 vehicules/jours.

## V. LE TRAFIC FUTUR

Le trafic futur ou le trafic cumulé se détermine à partir de la formule précédente.

$$N = K * T * A * n * C$$

Avec  $k=0.75$  coefficient de répartition transversale pour les deux voies ;

C: Facteur de cumul

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

$$\text{AN: } C = 365 * \frac{[(1+0.06)^{15}-1]}{15*0.06} = 566$$

$$\text{Donc } N = 0.75 * 50 * 0.61 * 15 * 566 = 1.9 * 10^5 \text{ ESE}$$

Trafic cumulé corrigé N'

$$N' = \alpha * \beta * N$$

Avec  $\alpha=0.73$  Facteur de correction pour taux d'accroissement de 6%

$\beta=1$  Coefficient de correcteur pour une durée de vie de 15 ans

AN:

$$N = 0.73 * 1 * 1.9 * 10^5 = 1.39 * 10^5 \text{ ESE}$$

➡  $N'=1.39 * 10^5 \text{ ESE}$  se trouve dans la classe du trafic  $T_i$  d'après le classement du CEBTP car  $n' < 5 * 10^5$  ;

➡ D'après le classement LNTPB, c'est un trafic lourd (TL) car le pourcentage des poids lourds est  $\geq$  à 30%.

## Chapitre IV : DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE

Le dimensionnement de la chaussée nous permet de déterminer les épaisseurs des différentes couches. Pour la détermination de l'épaisseur de chaque couche, nous allons proposer la méthode de dimensionnement LNTPB et la méthode CEBTP.

### I. DIMENSIONNEMENT POUR RECHARGEMENT

C'est la mise en œuvre d'une nouvelle couche de roulement après réparation des dégradations.

L'épaisseur de cette nouvelle couche se détermine :

- Soit par le tableau des épaisseurs minimales ;
- Soit par l'épaisseur minimum de réalisation.

Donc, nous choisissons comme couche de roulement en Enduit Superficiel Monocouche, d'épaisseur minimale de mise en œuvre est égale à  $e_{\min}ESm = 1 \text{ cm}$

### II. DIMENSIONNEMENT POUR RENFORCEMENT DE LA CHAUSSEE

C'est la mise en œuvre d'une nouvelle couche de base et d'une nouvelle couche de roulement après scarification des dégradations.

Nous appliquons la méthode LNTPB pour ce dimensionnement :

CBR<sub>4j</sub> du sol support = 10 ;

N = 50 PL/j/dans 2 sens.

D'après l'abaque LNTPB pour le trafic lourd (TL), nous trouvons l'épaisseur équivalente,  $e_{eqLNTPB} = 30 \text{ cm}$

Nous calculons l'épaisseur résiduelle de la chaussée existante par la formule suivante.

$$e_{rés} = a_r * h_r + a_b * h_b$$

Avec,  $a_r$ : coefficient d'équivalente pour une couche de roulement en BBM ou en ESm;

$h_r$  : épaisseur de la couche de roulement en cm ;

$a_b$  : coefficient d'équivalente pour une couche de base en GCNT ;

$h_b$  : épaisseur de la couche de roulement en cm.



AN:  $a_r = 1$ ;  $a_b = 1$ ;  $h_r = 3$ ;  $h_b = 10$

$e_{res} = 1 \cdot 3 + 1 \cdot 10 = 13$  cm

Donc, nous avons la formule suivante :  $e_{eqrenf} = e_{eqLNTPB} - e_{res}$

AN :  $e_{eqrenf} = 30 - 13 = 17$  cm

Nous avons propose la structure de la chaussée suivante :

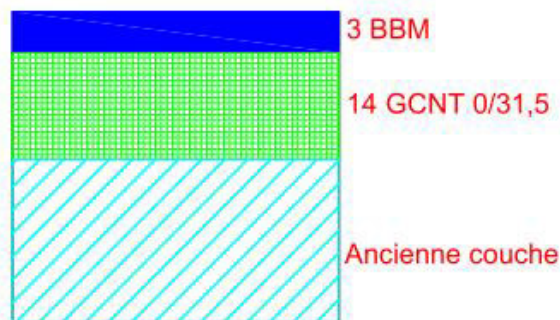


FIGURE n°5 : Variante n°1



FIGURE n°6 : Variante n°2

### III. DIMENSIONNEMENT POUR LA RECONSTRUCTOIN D'UNE NOUVELLE COUCHE DE LA CHAUSSEE

Ce sont les travaux de la mise en œuvre d'une nouvelle couche de fondation, d'une nouvelle couche de base et d'une nouvelle couche de roulement.

#### ➤ Méthode LNTPB

$CBR_{4j}$  du sol support = 10 ;

$N = 50$  PL/j/2 sens

L'abaque LNTPB du trafic lourd nous donne l'épaisseur équivalente,

$e_{eqLNTPB} = 30$ cm.

Nous avons :

Ainsi,  $e_{eqLNTPB} = a_r \cdot h_r + a_b \cdot h_b + a_f \cdot h_f$

Avec,  $a_f$  : coefficient d'équivalence pour une couche de fondation en ms.

$h_f$  : épaisseur de la couche de fondation en cm.

Donc, nous avons:

$$h_f = \frac{e_{\text{éqLNTPB}}}{a_f} - \frac{a_r}{a_f} * h_r - \frac{a_b}{a_f} * h_b$$

D'après le tableau de coefficient d'équivalence de Matériaux, nous avons les valeurs suivantes :

$a_r=1$  ;  $a_b=1$  ;  $a_f=0.7$

D'après le tableau des épaisseurs minimales, nous avons les valeurs suivantes :

$h_r = 3 \text{ cm}$  ;  $h_b = 15 \text{ cm}$

AN:  $h_f = 30 - 1 * 3 - 1 * 15 / 0.7 = 17.50 \text{ cm}$

Pour raison de sécurité, nous prenons  $h_f = 18 \text{ cm}$

La structure de la chaussée est :

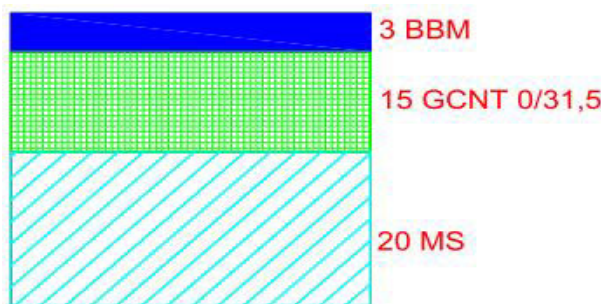


FIGURE n°7 : Variante n°1

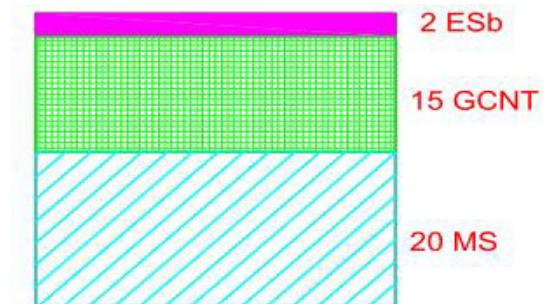


FIGURE n°8 : Variante n°2

➤ **Méthode CEBTP:**

Nous proposons cette méthode en basant sur la classe du trafic et la portance du sol support.

TABLEAU n°15: Classification du trafic

Classe	Trafic cumule N
T1	<5.105
T2	5.105 à 1,5 .106
T3	1,5.106 à 4.106
T4	4.106 à 107
T5	107 à 2.107

Source: Ouvrage CEBTP

**TABLEAU n°156: Classe de la portance du sol**

Classe du sol	CBR
S1	<5
S2	5 à 10
S3	10 à 15
S4	15 à 30
S5	>30

**Source: Ouvrage CEBTP**

D'après l'étude du trafic:

$$N' = 1.39 \cdot 10^5 < 5 \cdot 10^5;$$

$$CBR \geq 10.$$

**Nous avons la classe du trafic T1 et la classe du sol S3**

**TABLEAU n°17: Epaisseur des corps de la chaussée par la méthode CEBTP**

Trafic T1- T2	S1		S2		S3		S4		S5	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Revêtement	BCou 3E	4E ou TC	Bc ou 3E	4E ou Tc	Bc ou E	4E ou Tc	Bc ou 3E	4E ou Tc	Bc ou 3E	4E ou Tc
B : Graveleux Latéritique naturel	15	15	15	15	15	15	15	15	25	25
F : Graveleux	45	45	35	35	25	30	15	20	0	0

Latéritique naturel										
---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Source: Ouvrage CEBTP

D'après ce tableau des épaisseurs des corps de chaussée, nous avons la structure suivante :

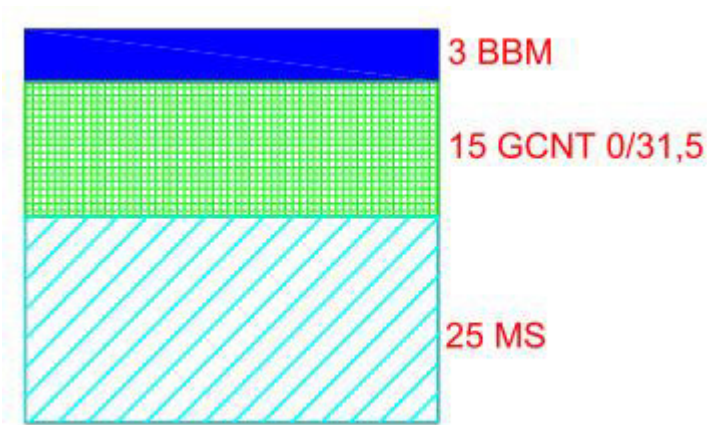


FIGURE n°9 : Variante pour Méthode CEBTP

TABLEAU n°18: Récapitulation

	Méthode LNTPB	Méthode CEBTP
Couche de roulement	3 cm de BBM 2 cm d'ESb	3 cm de BBM
Couche de base	15 cm de gCNT 0/315	15 cm de GCNT
Couche de fondation	20 cm de ms	25 cm de MS

**CONCLUSION :** Nous avons utilisé les résultats de la méthode LNTPB pour la réalisation des couches de la chaussée.

## Chapitre V: ETUDE HYDROLOGIQUE

L'hydrologie est la science qui étudie la répartition et l'équilibre de l'eau dans la nature et l'évolution de celui-ci à la surface de la terre et dans le sol.

### I. LES OUVRAGES EXISTANTS

Les ouvrages de drainage recensés sur notre section sont: quatre ponts (4) dont les longueurs varient entre 12 m et 40 m ; et quatre vingt dix neuf (99) ouvrages hydrauliques (buses métalliques), soit en moyenne un ouvrage tous les 230 m, dont leur diamètre varie de ø80 et de ø120.

Nous n'avons pas remarqué des signes de débordement dits affluents lors de la descente sur terrain. Ils ne semblent pas dans le contexte environnement actuel causer de sérieux problèmes aux ouvrages existants.

Ces ouvrages sont en général en bon état, mais ils ont besoin d'entretiens pour leur permettre un bon fonctionnement.

Il est utile de tenir compte des dimensions de ces ouvrages existants pour la reconstruction et l'entretien.

### II. CALCULS DU DEBIT POUR FOSSE DE PIED

Pour le calcul du débit, nous utilisons la Méthode Rationnelle. La formule permettant d'obtenir  $Q_0$  est :

$$Q_0 = 0,278 * C * I_{t_c, P} * S$$

Avec,  $Q_0$  : débit du bassin versant en **m<sup>3</sup>/s**,

**C** : coefficient de ruissellement ;

**I (t<sub>c</sub>,P)** : intensité de pluie calculée pour **t=t<sub>c</sub>** ;

**S** : surface du bassin versant en **km<sup>2</sup>**.

Comme le BV est formé par deux bassins de couverture différents à savoir : le bassin formé par le talus et le terrain occupé par le fossé, et le bassin formé par la chaussée et l'accotement. Nous avons la formule ci-après :

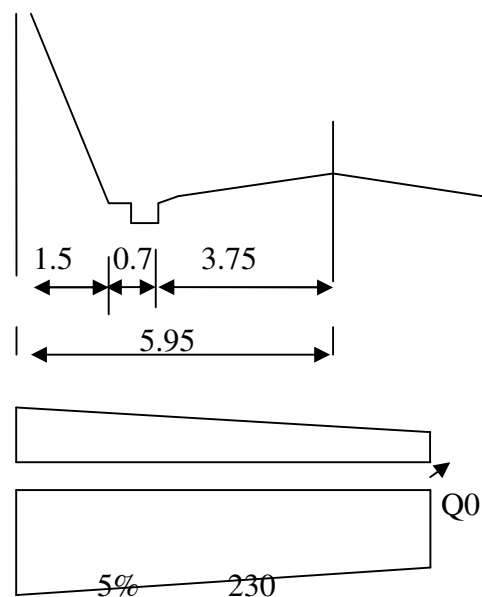
$$Q_0 = \frac{\sum C_i S_i}{\sum S_i}$$

- **Calcul de la surface  $S_1$**  : formée par le talus et le terrain occupé par le fossé

Longueur  $L = 230\text{m}$  ; largeur  $l = 2.20\text{ m}$

Nous avons,  $S_1 = L * l$

AN :  $S_1 = 230 * 2.20 = 506\text{ m}^2$



Terrain dénudé de pente 2/1 ou 200%, nous donne  $C_1 = 0.95$  ;

- **Calcul de la surface  $S_2$**  : formée par la chaussée et l'accotement

Longueur  $L = 230\text{ m}$ , largeur  $l = 3.75\text{ m}$

AN :  $S_2 = 230 * 3.75 = 862.5\text{ m}^2$

La pente de la chaussée et l'accotement est 2.5% qui nous donne  $C_2 = 0.95$ .

D'où, nous avons  $C = 506 * 0.95 + 862.5 * 0.95 / 506 + 862.5 = 0.95$

- **Calcul de temps de concentration  $t_c$**

$$t_c = 7,62 \left( \frac{S}{I} \right)^{0.5}$$

AN:  $S = 5.95 * 230 = 1368.5\text{ m}^2 = 1368.5 \cdot 10^{-6}\text{ km}^2$

$I = 0.05 = 5 \cdot 10^{-2}$

Donc,  $t_c = 7.62 * (1368.5 \cdot 10^{-6} / 5 \cdot 10^{-2})^{0.5} = 0.40\text{ mm}$

➤ L'intensité horaire de l'averse

$$I_{1h,P} = 0.22 H_{24,P} + 56$$

AN:  $H(24, P) = 170 \text{ mm}$

$$I(1h, P) = 0.22 * 170 + 56 = 93.4 \text{ mm}$$

Ainsi, nous pouvons déterminer l'intensité de pluie correspondante à  $t_c$

$$I_{t_c,P} = 28 (t_c + 18)^{-0.763} I(1h, P)$$

AN :  $I(t_c, P) = 28 * (0.40 + 18)^{-0.763} * 93.4 = 283.43 \text{ mm}$

D'où,  $Q_0 = 0.278 * 0.95 * 283.43 = 0.102 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q_0 = 0.102 \text{ m}^3/\text{s}$$

### III. QUELQUE EXEMPLE DE DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES

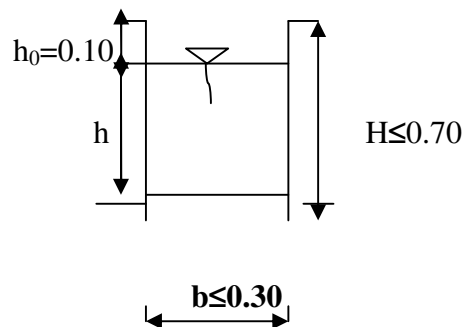
#### 1. Dimensionnement du fossé de pied au pk4+500

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 l'exutoire. Leurs sections peuvent être trapézoïdales, triangulaires ou rectangulaires. Ils doivent être réalisés simultanément avec l'achèvement des travaux de terrassement de façon à assurer l'assainissement de l'ensemble de la plate forme, de l'emprise et de l'environnement.

Nous proposons un fossé maçonné rectangulaire en bon état, vis-à-vis de l'excavation, du revêtement et de l'espace.

Données :  $b=0.30 \text{ m}$  ;  $p=1/m$  avec  $m=0.50$  ;  $k=71$  ;

Pente du terrain naturel =  $0.002$  ;  $l=230\text{m}$



$$b + 2mH \leq 1.00 \text{ m}$$

$$H \leq 1-b/2m = 1.00 - 0.30 / 2 * 0.50 = \mathbf{0.70 \text{ m}}$$

$$h = H - 0.10 = 0.70 - 0.10 = \mathbf{0.60 \text{ m}}$$

$$i_f = H - H_0 / L + I = 0.70 - 0.10 / 230 + 0.002 = \mathbf{0.0046}$$

➤ **Calcul de surface mouillée**

$$\mathbf{W = b * h}$$

$$W = 0.30 * 0.60 = \mathbf{0.18 \text{ m}^2}$$

➤ **Périmètre mouillé**

$$\mathbf{= b + 2h}$$

$$= 0.30 + 2 * 0.60 = \mathbf{1.50 \text{ m}}$$

➤ **Rayon hydraulique**

$$\mathbf{R = W /}$$

$$R = 0.18 / 1.50 = \mathbf{0.12 \text{ m}}$$

➤ **Vitesse d'écoulement**

$$\mathbf{V = k * R^{2/3} * i_f^{0.5}}$$

$$V = 71 * 0.12^{2/3} * 0.0046^{0.5} = \mathbf{1.16 \text{ m/s}}$$

➤ **Le débit évacuable**

$$\mathbf{Q_{max} = V * W}$$

$$Q_{max} = 1.16 * 0.18 = \mathbf{0.2 \text{ m}^3/\text{s}}$$

*Conclusion:  $Q_{max} \gg Q_0$  d'où surdimensionnement*



➤ Nous pouvons redimensionner

$$k (b \cdot h / b + 2h)^{2/3} * i_f^{0.5} * b * h$$

$$= 71 (0.30h / 0.30 + 2h)^{2/3} * 0.0046^{0.5} * 0.30h$$

h	Q	Q / Q <sub>0</sub> * 100
0.30	0.11	13.33
0.325	0.102	0.40
0.35	0.11	10

➤ Vérification des conditions

- 1<sup>ère</sup> condition :  $Q / Q_0 * 100 < 5\% = 0.40 \%$
- 2<sup>ème</sup> condition : condition de non affouillement :  $V < V_{aff}$

$$V = k (b \cdot h / b + 2h)^{2/3} * i_f^{0.5}$$

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

$$V = 71 (0.30 * 0.325 / 0.30 + 2 * 0.325)^{2/3} * 0.0046^{0.5} = 1.05 \text{ m/s}$$

D'où  $V < V_{aff}$

- 3<sup>ème</sup> condition : condition de non ensablement :  $V_{ens} < V$

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

D'où  $V_{ens} < V$

*Conclusion : le fossé maçonné en bon état, de dimension H=0.425 m de hauteur et de base égale à b=0.30 m, nous permet d'évacuer rationnellement le débit Q<sub>0</sub>=0.102m<sup>3</sup>/s sans risque d'affouillement ni d'ensablement.*

## 2. Dimensionnement mécanique d'une dalle d'un dalot

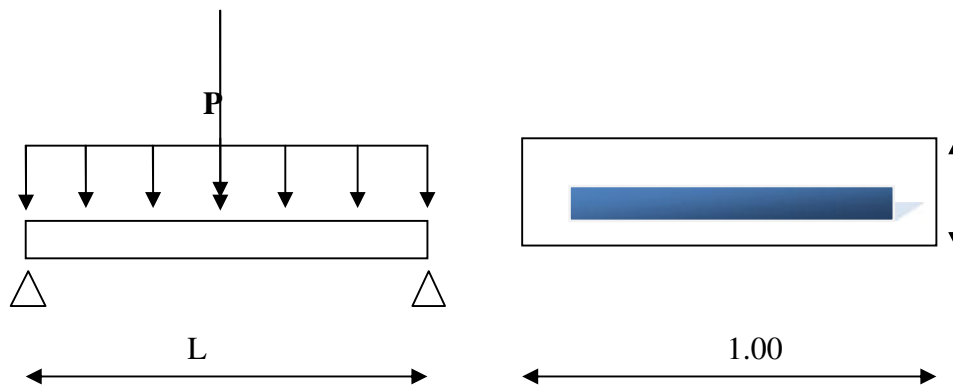
Nous proposons un dalot de  $0.80 \times 0.80$ , parce que la dimension minimale de buses métalliques existantes est de  $\varnothing 80$ .

Les dimensions de la dalle sont de  $1.00 \times 1.20 \times 0.20$  m.

### a. Hypothèse de calcul de la dalle

- Longueur (L) : 1.00 m ;
- Largueur (l ou b) : 1.20 m ;
- Epaisseur (e ou h) : 0.20 m ;
- Surcharge (P) : 6 T ;
- Béton : -  $f_c 28$  : 25.00  $\text{Mpa}$  ;
- $f_t 28$  : 2.1  $\text{Mpa}$
- Acier FeE : 400 ;
- Enrobage : 2.5 cm ;
- Fissuration préjudiciable ;
- Densité du béton ( ) :  $2500 \text{ kg/m}^3$ .

### b. Schéma de calcul



#### • Surcharge majorée

Nous notons que la surcharge majorée  $q$  est :

$$q = \lambda p$$

- **Coefficient de majoration**

La surcharge appliquée sur la dalle doit être multipliée par la coefficient de majoration :

$$\lambda = 1 + \frac{0.4}{1 + 0.21} + \frac{0.6}{1 + \frac{0.4g}{P}}$$

- **Charge Permanente**

$$g = \rho \quad b \quad h$$

$$\text{AN: } g = 2500 * 0.20 * 1.20 = 600 \text{ kg/ml} \quad g = 600 \text{ kg/ml}$$

$$\lambda = 1 + \frac{0.4}{1+0.21} + \frac{0.6}{1+\frac{0.4 \cdot 600}{6.00}} = 1.897 \quad = 1.897$$

$$q = 1.897 * 6.00 = 11.382 \text{ T} \quad q = 11382 \text{ kg}$$

### c. Calcul de sollicitation

#### ❖ Due à g

- **Moment dû à la charge permanente  $Mg$ :**

$$Mg = (gL^2 / 8) = [(600 * 1.00^2) / 8] = 75 \text{ kg.m} \quad Mg = 75 \text{ kg.m}$$

- **Effort tranchant  $Tg$**

$$Tg = (gL / 2) = [(600 * 1.00) / 2] = 300 \text{ kg} \quad Tg = 300 \text{ kg}$$

#### ❖ Due à q

- **Moment dû à la surcharge  $Mq$**

$$Mq = qL / 4 = 11382 * 1.00 / 4 = 2845.5 \text{ kg.m} \quad Mq = 2845.5 \text{ kg.m}$$

- **Effort tranchant  $Tq$**

$$Tq = q / 2 = 11382 / 2 = 5691 \text{ kg} \qquad Mq = 5691 \text{ kg}$$

#### d. Combinaison du moment de service

##### ❖ A l'Etat Limite Ultime (ELU)

$$M_u = 1.35 Mg + 1.5 Mq \text{ avec } M_u : \text{moment ultime (N.m)}$$

$$= 1.35 * 75 + 1.5 * 2845.5 = 4369.5 \text{ N.m} \qquad M_u = 4369.5 \text{ N.m}$$

$$V_u = 1.35 Tg + 1.5 Tq \text{ avec } V_u : \text{effort tranchant ultime (kg)}$$

$$= 1.35 * 300 + 1.5 * 5691 = 8941.5 \text{ kg} \qquad V_u = 8941.5 \text{ kg}$$

##### ❖ A l'Etat Limite de Service (ELS)

$$M_s = Mg + Mq \text{ avec } M_s : \text{moment de service (N.m)}$$

$$= 75 + 2845.5 = 2920.5 \text{ N.m} \qquad M_s = 2920.5 \text{ N.m}$$

#### e. Détermination des armatures longitudinales

Béton Q350,  $f_{c28} : 25 \text{ Mpa}$ ,  $f_{t28} : 2.1 \text{ Mpa}$ ,  $f_e E 400$

##### ❖ Condition de non fragilité

$$A \geq 0.001 * e * b \qquad A \geq 0.001 * 0.20 * 1.20 \qquad A \geq 0.00024 \text{ m}^2$$

➤ A l'ELU

$$M_u = 4369.5 \text{ N.m} \text{ et } e = 0.20 \text{ m}$$

D'où la hauteur utile  $d$  est  $d = 0.9 * e$

$$d = 0.9 * 0.20 = 18 \text{ cm} \qquad d = 18 \text{ cm}$$

❖ **Contrainte de calcul**• **Pour le béton :**

$$f_{bc} = [0.85 / (\gamma_b)] * f_{c28}$$

Avec  $f_{bc}$  : résistance de contrainte à la compression du béton ;

$\gamma_b$  : coefficient de sécurité du béton nous prenons : **1.5** pour la combinaison fondamentale ;

$T$  : coefficient qui tient compte de la durée probable d'application des charges [T] :

**1** pour  $T \geq 24$  heures ;

$f_{c28}$  : résistance à la compression du béton après le jour du coulage.

$$\text{AN : } f_{bc} = (0.85/1*1.5) * 25 = 14.17 \text{ Mpa} \quad f_{bc} = \mathbf{14.17 \text{ Mpa}}$$

• **Pour l'acier**

$f_s = f_e / \gamma_s$  avec  $f_s$  : contrainte des aciers ;

$\gamma_s$  : coefficient de sécurité des aciers :

- **1.15** pour la combinaison fondamentale

- **1** pour la combinaison accidentelle

$$\text{AN : } f_s = 400 / 1.15 = 348 \text{ Mpa} \quad f_s = \mathbf{348 \text{ Mpa}}$$

• **Moment réduit ( $\mu$ )**

$$\mu = [M_u / (b * d * f_{bc})]$$

$$= 4369.5 / 120 * 18 * 14.17 = 0.14 \quad \mu = \mathbf{0.14}$$

$\mu = 0.14 < \mu_1 = 0.391$  alors c'est une section simplement armée

(SSA).

- Position de la fibre neutre ( )

$$\alpha = 1.25 \frac{1 - \sqrt{1 - 2\mu}}{1 - 2\mu}$$

$$\alpha = 1.25 \left[ \frac{1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0.14}}{1 - 2 \cdot 0.14} \right] = 0.19 \quad = 0.19$$

- Bras de levier réduit ( )

$$= 1 - 0.4$$

$$= 1 - 0.4 \cdot 0.19 = 0.924 \quad = 0.924$$

D'où,  $A = [Mu / (\sigma_b \cdot d \cdot \alpha)]$

$$A = 4369.5 / (15 \cdot 0.924 \cdot 18 \cdot 348) = 7.54 \text{ cm}^2 \quad A = 7.54 \text{ cm}^2$$

Selon le tableau du Béton Armé nous avons

$$A_u = 7.54 \text{ cm}^2 = 5\phi 14 = 7.70 \text{ cm}^2$$

➤ AL'ELS

$$M_s = 2920.5 \text{ N.m}$$

- Pour le béton

$\bar{\sigma}_b = 0.6 f_{c28}$  Avec  $\bar{\sigma}_b$  : contrainte admissible du béton

$$= 0.6 \cdot 25 = 15 \text{ Mpa} \quad \bar{\sigma}_b = 15 \text{ Mpa}$$

- Pour l'acier

$$\bar{\sigma}_s = \min \frac{2}{3} f_{tj} ; \max 0.5 f_{tj}; 110 \frac{M_s}{n \cdot A_s \cdot d}$$

$\bar{\sigma}_s$ : Contrainte admissible des aciers

$n$  : Coefficient de fissuration

$n = 1.6$  pour la barre à haute adhérence ;  $f_{t28} = 2.1 \text{ Mpa}$

Nous obtenons,

$$\bar{\sigma}_s = 202 \text{ Mpa}$$

- Moment réduit  $\mu_1$

$$\mu_1 = \frac{M_s}{b d^2 \bar{\sigma}_s}$$

$$= 29205 / 120 * 18^2 * 202$$

$$\mu_1 = 0.004$$

D'après le tableau, nous trouvons la valeur de K et  $\alpha_1$  en fonction de  $\mu_1$

$$K=0.029 \text{ et } \alpha_1 = 0.898$$

- ELCB

$$b = K * \bar{\sigma}_s$$

$$= 0.029 * 202 = 5.86 \text{ Mpa}$$

$$b = 5.86 \text{ Mpa}$$

$b \leq \bar{\sigma}_b$ , alors *c'est une section simplement armée*

- ELOF

$$A \geq [M_s / (\alpha_1 * d * \bar{\sigma}_s)]$$

$$A \geq 29205 / 0.898 * 18 * 202 = 8.94 \text{ cm}^2 \quad A \geq 8.94 \text{ cm}^2$$

$$A = 8.94 \text{ cm}^2 = 6\emptyset 14 = 9.24 \text{ cm}^2$$

**Conclusion :** *la section des armatures à l'ELU qui est inférieure à celle de l'ELS, ELS est déterminante, nous avons  $A = 6\emptyset 14 = 9.24 \text{ cm}^2$ .*

### f. Détermination des armatures transversales

Les armatures de répartition sont notées par  $A_r$  qui est égale à :

$$A_r = A_p / 4 \text{ avec } A_p : \text{Armature principale}$$

$$= 9.24 / 4 = 2.31 \text{ cm}^2$$

$$A_r = 2.31 \text{ cm}^2$$

D'où, nous prenons la valeur majorée de  $9\emptyset 6 = 2.54 \text{ cm}^2$

- Contrainte limite

$$\tau_u = \frac{V_u}{b \cdot d}$$

Avec  $V_u$ : Effort tranchant en état limite ultime;

$b$  : Largeur de la dalle (ou base) ;

$d$  : Hauteur utile.

AN :  $v_u = 8941.5$  Kg ;  $b = 120$  cm ;  $d = 18$  cm

$$\tau_u = 4.15 \text{ Bars} \quad \text{ou} \quad \tau_u = 0.42 \text{ Mpa}$$

- La contrainte tangentielle limite

$$\bar{\tau}_u = \min \left( 0.15 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} ; 4 \text{ Mpa} \right)$$

$$\text{AN : } f_{c28} = 25 \text{ Mpa} ; \gamma_b = 1.5 \quad \bar{\tau}_u = 2.5 \text{ Mpa}$$

$\tau_u < \bar{\tau}_u$  Donc, la condition est vérifiée.

- La condition d'adhérence

$$\tau_{se} = \frac{v_u}{0.9 \cdot d \cdot \mu}$$

Avec  $\mu$ : périmètre utile de toutes les barres tendues

Selon le tableau béton armé, nous avons  $\mu = 5\text{Ø}14 = 21.99 \text{ cm}^2$

$$\text{AN : } \tau_{se} = [8941.5 / (0.9 \cdot 18 \cdot 21.99)] = 25.1 \text{ Bars} \quad \text{ou} \quad \tau_{se} = 2.51 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{seu} = \psi_s \cdot f_{tj}$$

Avec  $\psi_s$  : coefficient de scellement

$\psi_s = 1$  pour le rond lisse

$\psi_s = 1.5$  pour les hautes adhérences

$$\text{AN : } \psi_s = 1.5 ; f_{t28} = 2.1 \text{ Mpa}$$



$$\tau_{seu} = 31.5 \text{ Bars ou}$$

$$\tau_{seu} = 3.15 \text{ Mpa}$$

$\tau_{se} < \tau_{seu}$  Donc, la condition d'adhérence est vérifiée.

- La condition de résistance

$$\bar{s}_t \leq \frac{0.8A_t f_{et}}{b(\tau_u - 0.3f_{tj})}$$

$$\text{AN : } \bar{s}_t \leq (0.8 * 2.54 * 400) / [120(0.42 - 0.3 * 2.1)] \leq 0$$

Donc, l'armature transversale ne travaille pas mécaniquement

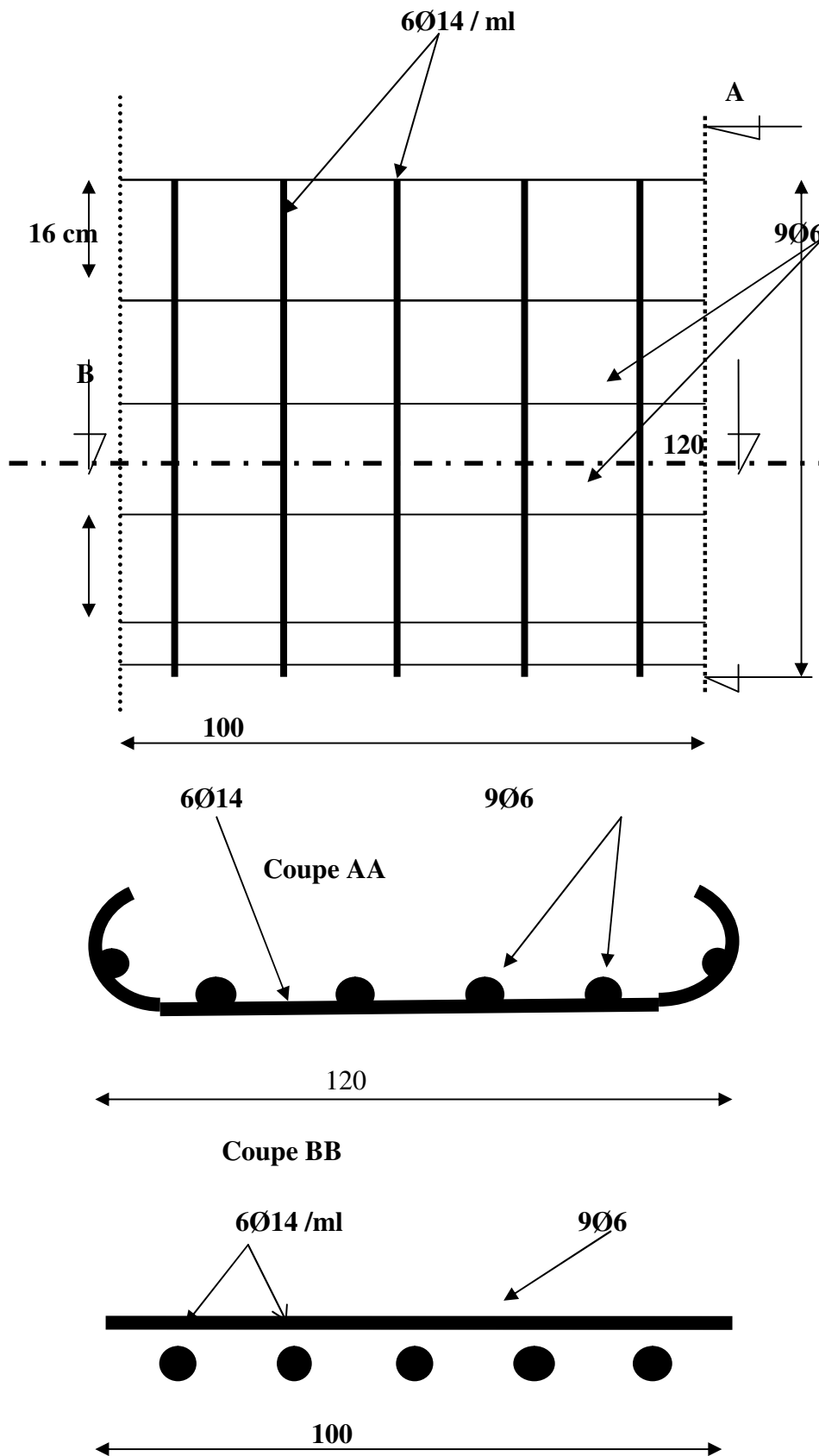
**g. Ecartement admissible**

$$\bar{s}_t = \min 0.9d; 40 \text{ cm}$$

$$\text{Min } \{0.9 * 18 ; 40 \text{ cm}\} = 16 \text{ cm}$$

Donc, l'écartement admissible est égale à  $\bar{s}_t = 16 \text{ cm}$

**h. Disposition constructive**



## CONCLUSION PARTIELLE

Ainsi s'achève la partie réservée à l'étude technique où elle 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, c'est de connaître les dimensions de différentes couches à mettre en œuvre et surtout l'assainissement car l'eau est la première ennemie de la construction.

**Partie 3 :**

**TECHNOLOGIE DE MISE EN**

**ŒUVRE**

# Chapitre I : SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES MATERIAUX

## I- MATERIAUX POUR REMBLAI

Le C.C.T.P distingue des matériaux pour corps de remblais et les matériaux pour tête de remblai et couche de forme. A titre de rappel, les matériaux nécessaires à l'exécution des remblais, à l'élargissement de plateforme ou au relèvement éventuel du profil en long sont originaires d'emprunts et doivent être exempts de tous les éléments végétaux, des matières organiques et des grosses pierres.

Ils doivent présenter les caractéristiques répondant aux spécifications suivantes :

### 1. Corps de remblais

- Limite de liquidité ( $W_L$ ) :  $\leq 60$  ;
- Indice portant CBR à 4 jours d'imbibition :  $\geq 5$  à 90% de l'OPM ;
- Indice de gonflement (G) :  $< 1.5 \%$  ;
- Indice de plasticité ( $I_p$ ) :  $5 \leq I_p \leq 25$ .

### 2. Tête de remblai et couche de forme

#### a. Matériaux naturel

Les Matériaux pour tête de remblai et plateforme (les 25 dernier cm de remblai) ou pour couche de forme utilisés à l'état naturel doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- Densité sèche ( $d$ ) :  $\geq 1.8 \text{ KN/m}^3$  ;
- Limite de liquidité ( $W_L$ ) :  $\leq 55$  ;
- Indice de plasticité ( $I_p$ ) :  $5 \leq I_p \leq 25$  ;
- Pourcentage de passant au tamis de  $80\mu$  :  $\leq 50 \%$  ;
- Indice portant CBR à 4 jours d'imbibition :  $\geq 15$  à 95% OPM ;
- Indice de gonflement linéaire (G) :  $\leq 1,0\%$ .

#### b. Matériaux de terrassement amendé aux liants hydrauliques

Quand les Matériaux de plateforme en place ne répondent pas aux spécifications ci-dessus, ils seront soit substitués, soit traités au ciment.

Les Matériaux pour plateformes ou couche de forme traités au ciment doivent vérifier après traitement les conditions suivantes :

- Indice portant CBR après 4 jours d'imbibition :  $\geq 30$  à 95% OPM ;
- Indice de gonflement (G) :  $\leq 1,0\%$ .

## II- MATERIAUX POUR COUCHE DE FONDATION

### 1. Matériaux naturels

Ils doivent avoir les spécifications suivantes :

- Diamètre maximum (mm) :  $\leq 55$  ;
- Pourcentage de passant au tamis 0,425 mm :  $\leq 70$  ;
- Pourcentage de passant au tamis 80 $\mu$  :  $\leq 35$  ;
- Densité sèche ( d) :  $\geq 1,9 \text{ KN} / \text{m}^3$  ;
- Indice de liquidité ( $I_L$ ) :  $\leq 50$  ;
- Indice de plasticité ( $I_P$ ) :  $10 \leq I_P \leq 25$  ;
- Indice portant CBR après 4 jours d'imbibition :  $\geq 30$  à 95% OPM ;
- Indice de gonflement (G) :  $\leq 0,5$  ;
- Teneur en matière organique (TMO) : nulle.

### 2. Matériaux amendes au ciment

Si à proximité du projet, les Matériaux ne répondent pas aux spécifications ci-dessus, nous prévoyons le traitement au ciment des Matériaux ayant les caractéristiques suivantes :

- Diamètre maximum (mm) :  $\leq 50$  ;
- Pourcentage de passant au tamis 0,425 mm :  $\leq 90$  ;
- Pourcentage de passant au tamis 80 $\mu$  :  $\leq 50$  ;
- Indice de liquidité ( $I_L$ ) :  $\leq 50$  ;
- Densité sèche ( d) :  $\geq 1,8 \text{ KN} / \text{m}^3$  ;
- Indice de gonflement (G) :  $\leq 1,0\%$  ;
- Teneur en matière organique (TMO) : nulle ;
- Dosage du ciment : 2.5 % du poids sec du mélange pour amender la couche de fondation.

Après amendement au ciment, ces Matériaux doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- Indice portant CBR après 3 jours à l'air et 4 jours d'imbibition :  $\geq 100$  à 95% OPM ;
- Indice de gonflement (G) :  $\leq 0,5\%$ .

### III- MATERIAUX POUR COUCHE DE BASE

Ils doivent avoir les spécifications suivantes :

- Coefficient d'aplatissement global (A) :  $\leq 25 \%$  ;
- Coefficient Los Angeles (LA) :  $\leq 37$  ;
- Coefficient de Micro Deval en présence d'Eau (MDE) :  $\leq 25$  ;
- Equivalent de sable à 10% de fines :  $\geq 40$  ;
- Valeur du bleu de sable de concassage ( $V_{BS}$ ) :  $\leq 2g$ .

### IV- MATERIAUX POUR COUCHE DE REVETEMENT

#### 1. Les matériaux pour enduit superficiel (es)

Le type d'Emulsion que nous avons employé en Enduit Superficiel Monocouche est l'Emulsion Cationique à Rupture Rapide ou ECR 65.

Les spécifications des 6/10 pour Enduit Superficiel Monocouche ( $ES_m$ ) sur la couche de base (sur accotement sous le revêtement de la chaussée) sont :

- Teneur en matière organique (TMO) : nulle ;
- Proportion en poids d'élément :  $< 0,5 \text{ mm}$  ;
- Resistance à l'abrasion : - L.A :  $\leq 35$  ;
  - M.D.E :  $\leq 25$  ;
  - A  $\leq 25 \%$ .

#### 2. Les matériaux pour béton bitumineux minces (BBM)

Les composantes des Matériaux pour former le BBM sont : les granulats 0/10 ou 0/14, le Bitume pur 35/50 ou 50/70 avec une proportion de 5.3% à 6% de liant.

La composition du gravillon 0/10 ou 0/14 se fait à partir de l'introduction dans la centrale d'enrobage d'un minimum de deux classes granulaires : sable 0/d1 avec d1 n'excédent pas 4 mm et gravillon d1/d2 et d2/10 mm.

Les Matériaux doivent avoir les spécifications suivantes :

- Les granulats et les sables grossiers, sur la fraction 10/14 :
  - L.A :  $\leq 35$  ;
  - M.D.E :  $\leq 25$ .
- Les sables fins doivent avoir un équivalent de sable :  $\geq 60$  à 10% de fines ;
- Les fines d'apport doivent avoir :
  - $I_p = 0$  ;
  - Indices de vides :  $\leq 40 \%$  ;
- L'essai au bleu de méthylène ( $V_{BS}$ ) :  $\leq 1 g$ .

## Chapitre II: ETUDE DES MATERIAUX

### I- INVENTAIRE DES EMPRUNTS ET GITES

L'analyse des échantillons prélevés comporte leur identification (granulométrie, limite d'Atterberg,...) et sur nombreux d'entre eux, des essais de comportement et de portance (essais Proctor et CBR + gonflement). Ces échantillons types représentent les différentes familles de sols existants.

Nous donnons ci-après les résultats d'analyse des échantillons indiqués précédemment.

**TABLEAU n°18 : Inventaire des emprunts et gites**

Emprunt	PK	W % In situ	Passant à		Indice de plasticité	Indice portant CBR(25coups)		classification
			mm	2 80μ		0jour	4 jours	
N°1	0+150	4.8	97	25	12	62	31	S.A
N°2	5+160	5.6	95	40	14	49	14	S.A

**Source : Donnée de l'ARM**

Nous en déduisons que nous pouvons utiliser les deux emprunts, si nous regardons les spécifications techniques du Matériau d'emprunt.



## II-INVENTAIRE DES CARRIERES

Les carrières recensées entre Antsohihy et Befandriana, dans le cadre des études de cette réhabilitation, sont inventoriées dans le tableau suivant :

**TABLEAU n°19 : Inventaire des carrières**

<b>Carrières</b>	<b>Localisation</b>	<b>Caractéristiques</b>
Carrière n°1	PK7+900	L.A = 40
Carrière n°2	PK15+300	L.A = 38
Carrière n°3	PK20+400	L.A = 35
Carrière n°4	PK37	L.A = 30

**Source : Donnée de l'ARM**

L'étude détaillée des carrières de roches massives existantes et des sites peuvent produire des matériaux pour la réalisation de ce projet.

## Chapitre III : TECHNOLOGIE DE MISE EN ŒUVRE

Il existe de Travaux à faire :

- Les Travaux de Terrassement ;
- Les Travaux d'assainissement ;
- Les Travaux des chaussées.

### I- TRAVAUX DE TERRASSEMENT

Nous appelons terrassement, les Travaux qui se rapportent à la modification du relief et à la préparation du terrain : reprofilage de la route existante, démolition de chaussée, , décapage de la terre végétale, déblais, remblais.

#### 1. Reprofilage de la route ;

Après un premier levé du terrain naturel avant de commencer tous Travaux, l'Entrepreneur procède au reprofilage de la route existante dans les zones prescrites par l'Ingénieur.

Ce reprofilage, qui n'est entrepris qu'une fois aux frais du Maître d'ouvrage dans une section donnée, a pour objet :

- D'améliorer autant que possible la circulation du chantier et des usagers ;
- De niveler grossièrement les plateformes destinées à être rechargées en cours des Travaux pour constituer les plateformes et les corps de chaussée.

Les travaux constituent en la réalisation, selon les règles de l'art, de déblais ou de déblai-remblais dans les profils ou dans les voisinages (à la niveleuse ou le cas échéant, au bull).

Les Matériaux sont portés par apport d'eau ou scarification à une teneur en eau correcte et compacte à 95% OPM (des mesures avec un minimum absolu de 90% OPM).

Après l'opération de reprofilage, le niveau moyen du terrain naturel ne saurait être inférieur de plus 10 cm au niveau moyen avant reprofilage, sauf dans le cas des bourbiers, dûment constatée. Les coûts inhérents aux sur profondeurs éventuelles restent ultérieurement à la charge de l'Entreprise (remblais complémentaires notamment).

Les procédés envisagés, le mode de chargement des déblais, les dispositifs pris pour la sécurité des personnels, sont soumis au visa de l'Ingénieur. Celui-ci se réserve la possibilité, au cas où un procédé de priori acceptable, se révélerait à l'usage inadapté (déblais excessifs, nuisances, etc...). il est possible d'imposer à l'Entreprise des aménagements du procédé voire d'en changer, sans que celui-ci n'entraîne pas une prolongation des délais ou dédommagement quelconque.

## **2. Démolition de chaussée, de maçonnerie et de béton arme**

Les existants signalés à démolir sur les plans sont démolis.

Le cas échéant, la démolition de l'un quelconque des ouvrages, ne peut pas commencer avant la mise en place d'un dispositif permettant le maintien de la circulation pendant et après la démolition ; l'usage d'explosifs et les opérations de démolition risquant d'endommager l'ouvrage de remplacement doivent être achevées avant la construction du nouvel ouvrage.

Si les fondations des ouvrages concernés sont situées dans l'emprise d'un ouvrage de remplacement, elles doivent être enlevées de manière à permettre la construction du nouvel ouvrage.

Les chaussées en sol ciment seront détruites, obligatoirement à l'aide d'un pulvimixeur équipé d'un tambour malaxeur, d'une puissance supérieure ou égale à trois cent cinquante chevaux vapeur (350 CV).

Les ouvrages métalliques éventuellement concernés (buses métalliques, panneaux de signalisations, ponts Bailey, éléments de garde-corps,...) sont soigneusement démontés et mise en dépôt de manière ordonnée.

Les éléments métalliques sont marqués et répertoriés. Tous les Matériaux de récupérations sont placés au dessus du niveau des plus hautes eaux sur des aires approuvées par l'Ingénieur. Ils restent propriété du Maître de l'Ouvrage et ne peuvent être éventuellement réemployés qu'avec son autorisation écrite.

Le comblement des fouilles et des vides est réalisé à l'aide des Matériaux Sélectionnés utilisables pour blocs technique, compactés à 95% de l'OPM.

Tous les échafaudages, étaie, chevalement nécessaires, pour maintenir en place les parties d'ouvrage conservées pendant la durée de construction des Travaux sont maintenus jusqu'à ce que la stabilité définitive des ces ouvrages soit assurée.

Tous dégâts ou accidents provoqués par l'Entreprise relèvent de ses responsabilités et restent à sa charge.

## **3. Débroussaillage et abattage d'arbres ;**

L'Entreprise est tenue de débarrasser l'emprise définie par l'Ingénieur de tous les arbres, souches, broussailles racines, végétations et détritus.

A moins d'autre délimitation de l'Ingénieur, cette emprise s'étend sur la largeur des entrées en terre. Toute branche s'étendant au dessus de la chaussée, doit être soigneusement élaguée pour donner une hauteur libre de quatre virgule cinq (4,5) mètre au dessus de la chaussée.

Si les arbres enlevés appartiennent à l'Etat, ils sont remis à l'Administration et l'Entreprise se conforme aux règles de celle-ci. Si les arbres appartiennent à des particuliers, ils leur sont remis. Tous les débris non attribués sont évacués à des lieux de dépôt agréés. Il est rappelé que tout brulis sur place est strictement interdit.

Les trous formés par l'enlèvement des souches et des racines doivent être rebouchés à l'aide des Matériaux Sélectionnés, compactés à 95% de l'OPM.

Seul l'abattage d'arbres de circonférence supérieur ou égale à un mètre ( $\geq 1$  m) et vingt centimètre (20 cm) du sol, est payé séparément à l'Entreprise. L'enlèvement des arbres de circonférence inférieure est compris dans le débroussaillage.

Cette opération est réputée ne pas modifier les côtes du terrain naturel.

L'Entreprise doit veiller à ne pas détruire les bornes d'implantation, ni les éventuelles lignes électriques et téléphoniques ou conduites enterrées, pendant l'opération décrite ci-dessus. Elle est entièrement responsable des dégâts et accidents qui pourraient survenir.

#### **4. Décapage de la terre végétale ;**

Avant les Travaux de remblaiement, l'Entrepreneur doit exécuter, en plus des débroussaillages, de l'enlèvement des arbres et des souches, un décapage de la végétale, sur une épaisseur de dix centimètre (10 cm). Cette opération de décapage comprend aussi, dans le cas d'élargissement de talus de remblais et si nécessaire la confection des redans. Leur hauteur est inférieure ou égale à cinquante centimètre (50 cm), et la largeur est supérieure ou égale à la largeur permettant le compactage à l'aide d'un rouleau vibrant d'une largeur de 1,50 m, et cela compte tenu des règles de l'art en la matière. Les quantités de remblais relatives à des redans plus larges ne feront pas l'objet de rémunération.

Le décapage ne peut concerner les surfaces qui ont fait l'objet de Travaux de reprofilage. Les produits de décapage sont mis en dépôt en des lieux agréés.

#### **5. Déblai ;**

C'est l'excavation pratiquée dans le sol naturel pour la réalisation du profil en travers-type comportant en général des talus réglés.

Les déblais sont exécutés par l'Entrepreneur suivant les indications du projet d'exécution et selon les directives de l'Ingénieur. Les lieux des dépôts sont soumis à l'accord écrit préalable de l'Ingénieur.

En particulier :

- Ils ne doivent pas nuire à l'assainissement de la plateforme ;

- Ils ne doivent pas nuire à l'environnement naturel et humain : habitation, cultures...

Nous appelons déblais rocheux, les déblais ne pouvant pas être exécuté au moyen d'une défonceuse à une dent équipant un tracteur sur chenille de type Caterpillar ou des puissances équivalentes, ou de ripper d'une niveleuse.

Dans le cas de terrassement en déblai pour purge, les fonds de déblai sont compactés d'au moins 90% de l'OPM sur une profondeur de trente centimètre (30 cm).

Dans le cas de terrassement de déblai, les fonds de déblai avant la mise en œuvre des couches de chaussée (plateforme de terrassement), sont compactés à au moins 95% de l'OPM sur les 25 derniers centimètres.

Les talus de déblai sont réalisés conformément aux indications des plans. Les cubatures des fossés latéraux sont incluses dans les cubatures des déblais généraux.

Une fois mise en dépôt les terres végétales produites de redans et les matériaux de déblai peuvent être réutilisés en remblai, lorsque leurs qualités répondent aux critères requis pour les matériaux utilisables en remblai. Tous les matériaux non réutilisables en remblai sont mis en charge en un lieu de dépôt agréé.

Dès que l'exécution de déblai est terminée, nous devons procéder aux aménagements nécessaires au drainage correct de terrassement. Ces aménagements doivent être entretenus durant la durée de chantier.

Le contrôle intérieur des travaux de déblai pour présenter la demande de réception consiste en :

- Une mesure de la compacité in situ tous les 1 000 m<sup>2</sup> ;
- Un Essai Proctor Modifié tous les 2 500 m<sup>2</sup>.

## **6. Remblai ;**

C'est un terrassement construit sur le sol naturel pour rehausser la chaussée par rapport à celui-ci et réaliser le profil en travers-type selon les Cahiers des Charges.

Tous les terrains situés sur l'assiette de remblai doivent être compactés, de sorte que la densité sèche du sol en place soit au moins égale à 90% de l'OPM avec une épaisseur de trente centimètres au minimum (30 cm).

Si les remblais à exécuter consistent en un rehaussement et/ou en un élargissement de remblai existant ou bien en une reprise de talus érodé, les Travaux de remblai doivent être exécutés de façon à limiter le cisaillement entre le terrain en place et les Matériaux apportés afin d'améliorer la tenue de l'ensemble.

Tout élargissement ou reprise de talus doit être réalisé par gradins successifs (redans) ancrés dans les talus existants, après recoupage de ces derniers. Ces redans doivent permettre le passage des engins de compactage adaptés. Pour atteindre sur toute la largeur de remblai définitif les compacités requises. Nous devons prévoir en tout point des talus une surlargeur provisoire de 50 cm. Les entrées en terre (le piquetage) réalisées tiennent compte de cette surlargeur.

Une fois que la côte finie du projet terrassement soit, le talus est retailé suivant les pentes requises par le projet et les terres excédentaires sont mises en dépôt.

Les Matériaux pour remblai sont mise en œuvre en couche horizontale, dont l'épaisseur est déterminée en fonction des moyens de compactage disponibles. Cette épaisseur maximale est définie pour chaque type de sol mis en remblai. Elle est toute fois limitée à 30 cm.

Une attention particulière sera apportée au compactage des bords du remblai. Pour cela, outre la réalisation de surlargeur décrite ci-dessus, l'Entreprise donnera aux bords du remblai une légère inclinaison vers l'intérieur au moment du compactage, de manière à ce que les engins puissent effectivement circuler sur ces bords sans risquer d'être déséquilibrés. Il est souhaitable que le profil présente toujours une convexité suffisamment marquée pour assurer un assainissement satisfaisant du corps du remblai.

Pour exécuter le compactage aux conditions optimales, les Matériaux doivent être amenés immédiatement avant compactage, à une teneur en eau égale à l'OPM, à plus ou moins 1 % près (humidification par arrosage ou séchage éventuel par scarification).

Les remblais sont méthodiquement compactés jusqu'à l'obtention d'une densité sèche égale à :

- 90 % de la densité sèche de l'OPM, jusqu'à 25 cm sous la côte du fond de forme ;
- 95 % de la densité sèche de l'OPM, pour les 25 derniers centimètres, jusqu'au niveau du fond de forme.

Le contrôle de la valeur du compactage est effectué par la mesure de la densité sèche « *In-situ* », avec un *Densitomètre à membrane* ou un *Gamma-densimètre* pour chaque couche. Celui-ci est régulièrement étalonné par rapport aux Essais au Densitomètre à membrane.

Le contrôle intérieur de remblai avant demande de réception par le contrôle extérieur consiste en :

- Pour l'assiette de remblai :
  - Une mesure de compacité In-situ et de teneur en eau tous les 2 000 m<sup>2</sup>
  - Un Essai Proctor Modifié tous les 6 000 m<sup>2</sup>.
- Pour le corps de remblai (sauf la couche supérieure de 25 cm) :
  - Une mesure de compacité In situ et de teneur en eau tous les 500 m<sup>2</sup> ;

- Un Essai Proctor Modifié tous les 2 000 m<sup>2</sup>.

## 7. Tête de remblais et plateforme.

La tête de remblai est définie comme étant la partie supérieure (25 derniers centimètres) de terrassement, sur laquelle vient s'appuyer le corps de chaussée. La surface supérieure de la forme constitue la plateforme de terrassement.

Qu'elle soit en déblai ou en remblai, la forme doit être compactée à 95 % de l'OPM (pour 95% des mesures, avec un minimum absolue de 90%).

Le contrôle intérieur de la plateforme avant réception consiste en :

- Une mesure de compacité In-situ et de teneur en eau tous les 1 000m<sup>2</sup> ;
- Un Essai de Proctor Modifié tous les 2 500 m<sup>2</sup> ;
- Un Essai CBR à 4 jours d'immersion (95% de l'OPM) tous les 5 000 m<sup>2</sup> ;
- Un contrôle de réglage : tolérance+1 cm et -3 cm tout point nivellement à chaque profil en travers (3 points minimum) au moins ;
- Un contrôle de largeur : -0 cm (par rayon à la largeur théorique) ;
- Un contrôle d'implantation des pieds des talus : tolérance + 10 cm et - 0 cm (par rapport à la distance théorique d'un point jusqu'à l'axe de la route).

En ce qui concerne la plateforme de terrassement en déblai, si le CBR (à 95 % et à 4 jours d'immersion) mesuré lors du contrôle indique l'existence des matériaux de qualité insuffisante, les matériaux défectueux sont :

- Soit substitués par des matériaux de remblai de la façon suivante :
  - CBR <, épaisseur de la couche de substitution : 40 cm ;
  - 5 < CBR < 10, épaisseur de la couche de substitution : 25 cm ;
- Soit amendés aux liants hydrauliques sur une épaisseur de 20 à 25 cm selon la décision de l'Ingénieur.

De même, si la plateforme de terrassement en déblai est constituée des matériaux rocheux ; les déblais doivent être poursuivis pour permettre la mise en œuvre d'une couche de substitution de 30 cm d'épaisseur en matériaux de remblai.

Tous les ouvrages de drainage, dalots, ouvrages d'art, fossé longitudinaux, drains, et tous les aménagements situés au dessus du niveau de la plateforme, doivent être réalisés avant le compactage et le réglage de celle-ci.

## II- TRAVAUX D'ASSAINISSEMENT

Ces Travaux consistent à la mise en place des puisards en maçonnerie, perré maçonné, démolition des ouvrages, fossé maçonné, des buses et dalots.

### 1. Butées et murettes maçonnerie de moellons :

Les butées et les murettes permettent de soutenir les matériaux de rive de la chaussée. Ils sont couronnés à la surface par du béton armé pour assurer sa résistance vis-à-vis des passages des véhicules sur les bords de la chaussée. Ils sont exécutés par les différentes étapes suivantes :

- Fouille pour assise et fondation ;
- Mise en œuvre du béton de propreté dosé à  $250 \text{ kg/m}^3$  ;
- Mise en place des moellons jointoyés par des mortiers de ciment dosé à  $300 \text{ kg/m}^3$  ;
- Coffrage de couronnement ;
- Mise en place des armatures pour couronnement ;
- Bétonnage de la surface par un béton dosé à  $350 \text{ kg/m}^3$  et finition par des chapes de ciment.

### 2. Démolition des ouvrages existants :

La démolition des ouvrages existants s'effectue pour le remplacement ou la réparation de ces ouvrages. Il est exécuté au moyen des lots de matériels tels que : barre à mine, brouettes, pioches, angady et pelles.

### 3. Fossés maçonnés :

La construction des fossés maçonnés en maçonnerie des moellons consiste à l'application des différentes tâches suivantes :

- Fouille pour assise et fondation ;
- Mise en place du béton de propreté dosé à  $250 \text{ kg/m}^3$  ;
- Mise en place de la surface d'écoulement ;
- Mise en œuvre des maçonneries de moellons jointoyés par un mortier de ciment dosé à  $300 \text{ kg/m}^3$  ;
- Finition par la mise en œuvre de chape.

### 4. Les buses :

Nous avons des buses en béton dont la mise en œuvre est résumée comme suit :

- Implantation de l'ouvrage ;
- Exécution d'une fouille par une pelle mécanique ;



- coulage d'un béton de propreté dosé à  $250 \text{ kg/m}^3$  ;
- Mise en place des buses ;
- Jointoiement des buses avec un coulis de ciment et renforcer par un enrobage de mortier de ciment dosé à  $400 \text{ kg/m}^3$  sur la face externe de la buse ;
- Remblaiement et compactage avec une dame sauteuse.

## 5. les dalots :

Les dalots en béton s'exécutent comme suit :

- Implantation de l'ouvrage ;
- Exécution d'une fouille par une pelle mécanique ;
- coulage de béton de propreté ;
- mise en place des armatures des radier et piédroit ;
- coffrage et coulage de béton pour radier et piédroit ;
- réalisation des puisards et murs de tête ;
- Mise en place de la dalle supérieure préfabriquée en béton armé ;
- Remblaiement par couche successive avec une dame sauteuse.

## III- TRAVAUX DE CHAUSSEE

La chaussée est la surface aménagée de la route sur laquelle circule normalement les véhicules.

### 1. Sous couche

Le cas échéant, au dessus d'argiles gonflantes, une sous couche en enrochement 100/300, destinée à arrêter la propagation des fissures est mise en œuvre. Un filtre en matériaux filtre ou un géotextile sont posés entre la sous couche et le remblai.

### 2. Couche de fondation

La mise en œuvre a lieu après la réception de la couche de forme, elle se fait selon la méthodologie ci-dessous :

- Approvisionnement, humidification à une teneur en eau supérieure à 1 à 2% de la teneur OPM du mélange (teneur en eau exacte à déterminer lors des planches d'essais), pré-compactage des matériaux naturels et réglage ;
- Compactage à 95 % de l'OPM avec des engins de compactage ;
- Une planche d'essai est destinée à vérifier l'aptitude et le bon état de fonctionnement des engins proposés, et à définir les ateliers de compactage doit être réalisée. Cette planche d'essai aura une longueur de 250 m au minimum.

Les procédures typiques de la réalisation de planche d'essai suivent les étapes suivantes :

- Scarification de l'assise ;
- Etalage des Matériaux à compacter avec un Bull ;
- Réglage pour épaisseur foisonnée ;
- Arrosage (Camion citerne) pour une teneur en eau voisine de  $W_{OPT}$  ;
- Arasage de la couche supérieure à l'aide d'un Niveleuse ;
- Compactage suivant instruction du Conducteur des Travaux ;
- Mesure de  $d_c$ .

### 3. Couche de base en grave concassée non traitée 0/31<sup>5</sup> (GCNT)

Le matériau est une Grave 0/31<sup>5</sup> entièrement concassée, recomposée si nécessaire. Ce grave est mise en œuvre en une seule couche d'une épaisseur de l'ordre de quinze à vingt centimètres (15 à 20 cm) après compactage. Les matériaux ne peuvent être mise en œuvre que lorsque la couche précédente a été réceptionné et en nivellement.

Afin d'éviter la ségrégation des matériaux, nous recommandons :

- Soit de mettre en œuvre les matériaux à l'aide d'engin produisant peu de ségrégation (finisseur) ;
- Soit de respecter une utilisation correcte des engins de répandage lorsqu'ils comportent une lame de réglage :
  - lame de l'engin travaillant à pleine charge et disposée le plus perpendiculairement possible par rapport à la direction de progression de l'engin ;
  - Limitation du nombre de passes d'engin.
- De répandre toujours des granulats convenablement humidifiés dans la masse.

Afin d'avoir une bonne planéité, il est conseillé de mettre en œuvre les matériaux à l'aide d'un finisseur. Mais nous pouvons également choisir de déverser les matériaux en cordon, et de mettre en œuvre à l'aide de pousseurs et des niveleuses. Le déversement en tas distincts est dans tous les cas interdit afin d'éviter toute ségrégation.

La mise en œuvre des concassées par temps de pluie continue est interdite. En cas de pluie survenant pendant la mise en œuvre, les matériaux répandus dont le compactage inachevé, sont maintenus en place en attendant qu'il sèche. Le compactage est repris dès que les matériaux ont retrouvé une teneur en eau correcte (plus ou moins 1% par rapport à la teneur en eau OPM).

La réalisation de cette planche d'essai permet de définir :

- La teneur en eau de mise en œuvre ;
- L'épaisseur de compactage ;
- L'atelier de compactage (matériel de compactage) ;
- Les nombres de passes ;

- La pression de gonflage.

### *Le compactage*

Le compactage est l'opération la plus importante qui détermine les caractéristiques de l'assise future.

L'atelier de compactage comprend : des compacteurs à pneus de classe  $P_i$ , des compacteurs vibrants à cylindre lisse de classe  $V_i$ , des compacteurs à pieds dameurs de classe  $VP_i$ , des compacteurs statiques à pieds dameur de classe  $SP_i$  et de plaque vibrante  $PQ_i$ . L'indice « i » indique l'efficacité de l'engin dans chaque famille, plus « i » est grand, plus l'engin est efficace.

Le comptage des bords de couche est particulièrement soigné. Après achèvement du compactage, tout réglage fin est interdit.

Les compacités vérifient la plus sévère des deux conditions ci-dessous exprimées :

- La compacité est de cent pour cent (100%) de la densité sèche à l'OPM, pour 95 % des mesures et avec un minimum absolue de 90 %. La compacité est mesurée à partir de la référence Proctor établie selon les dispositions de la norme (avec correction en fonction de la fraction supérieure à 20 mm et poids spécifiques) ;
- La densité sèche en place est supérieure ou égale à 85 % du poids spécifique de la roche.

Une fois ces conditions d'emploi, nombre de passes de chaque engin, ordre de passe entre les engins vibrants et compacteurs à pneumatiques arrêtés, le contrôle quotidien sur le chantier se fait en grande partie par la vérification de la conformité de l'utilisation par l'Entrepreneur de son atelier de compactage par rapport aux modalités arrêtées en conclusion de la réalisation de la planche d'essai.

Chaque engin vibrant ou compacteur est muni d'un compacteur, en parfait état de marche, relevé chaque jour en fin de chantier, de façon à contrôler globalement le nombre de passes effectuées dans la journée. Ce contrôle s'ajoute normalement au contrôle de compacité in situ ; il peut, le cas échéant, conduire à diminuer, les cadences des contrôles de compacité si les résultats sont satisfaisants. Atout moment, l'atelier de compactage doit être constitué d'engins automoteurs en nombre suffisant pour obtenir la compacité exigée et la cadence optimale.

### *Le contrôle de la couche de base comprend :*

- La vérification des disques des engins de compactage ;
- Une mesure de compacité In-situ et de teneur en eau tous les 1 000 m<sup>2</sup> ;
- Un Essai Proctor Modifié tous les 5 000 m<sup>2</sup> ;
- Un contrôle du réglage : nivellement à chaque profil en travers (3 points minimum), tolérance + 1 cm ;

- Un contrôle longitudinal et transversal du surfacage : flèche maximum 1 cm sous ma règle de 3 m, au droit de chaque profil en travers ;
- Un contrôle de largeur : tolérance + 2 cm et - 0.5 cm (par rapport à l'épaisseur théorique) ;
- Un contrôle du divers : tolérance  $\pm 0.5 \%$  ;
- Une mesure des déflexions à poutre de Benkelman : tous les 50 m en quinconce déflexion caractéristique ( $D_{90} = D_m + 1.3$ )  $\leq 60/100$  mm mesurée de Juin à Décembre et à 75/100 mm de Janvier à Mai, à l'essieu de 128 KN.

Nous recommandons le maintien en parfait état de la couche en GCNT 0/31<sup>5</sup> jusqu'à la mise en œuvre de l'imprégnation.

Les travaux sous circulation sont soumis aux prescriptions suivantes :

- La longueur des Travaux sur la demi-chaussée ne doit pas excéder de 500m ;
- A la fin de chaque journée de travail, aucune dénivellation entre bande de repandage n'est admise ;
- Les sifflets provisoires de raccordement à la couche inférieure ou à la chaussée existante ont une longueur au moins ou égale à quatre mètre (4m).

#### 4. Produits « noirs » : pour revêtements superficiels et pour béton bitumineux

##### a. Imprégnation

La couche d'imprégnation est réalisée sur la couche en GCNT 0/31<sup>5</sup> à l'aide d'une Emulsion Cationique à Rupture Moyen60 (ECM 60) ou Cut-Back 0 /1, à raison de 1.2 kilogramme par mètre carré (1.2 kg/m<sup>2</sup>). Cette imprégnation est sablée en cas de besoin de circulation.

##### *Mise en œuvre de l'imprégnation :*

La couche d'imprégnation doit être réalisée dès réception de la couche de base. Elle ne saurait être située à plus de deux kilomètres (2 km) de la couche de base.

##### *Chauffage du liant :*

La température de repandage est choisie par l'Entrepreneur de manière à assurer un bon épandage.

Les camions épandeurs doivent être munis d'un système de chauffage pour amener et conserver le liant à température convenable (entre 40° et 50°C), d'une pompe de circulation et d'un thermomètre permettant de mesurer cette température.

Le chauffage de liant à feu nu dans les camions épandeurs est formellement interdit pendant la marche.

### *Répardage du liant :*

Le répardage du liant ne peut avoir lieu que si les conditions atmosphériques le permettent (pas de pluie, pas d'orage imminent).

Les camions épandeurs ont des roues à pneumatiques de nombre et de dimensions tels que leur passage sur la couche de base ne détériore pas celle-ci.

Ils doivent être munis de dispositifs permettant de couvrir uniformément, à l'aide de liant bitumineux à température égale, une bande de largeur réglable. Ils doivent comporter une pompe doseuse permettant le répardage à une pression uniforme ajustée à la vitesse de déplacement.

Le répardage est conduit de manière à ne laisser ni manque ni excès de liant au raccordement après un arrêt de répardage ou entre deux bandes voisines ou sur les bords des accotements. La reprise de répardage doit être alternée.

### *Sablage éventuel (aux frais de l'Entreprise) :*

Toute circulation de chantier sur la couche d'imprégnation est interdite. Toutefois si les impératifs de circulation publique ou de chantier imposent un passage localisé sur l'imprégnation, nous pouvons prescrire le sablage de celle-ci à l'aide d'un gros sable propre, absolument exempt des fines (par exemple sable 2/4 : dosage 6l/m<sup>2</sup>).

### *Contrôle :*

Le contrôle de l'imprégnation consiste en :

- Une mesure du dosage en liant tous les 2 000 m<sup>2</sup> : tolérance plus ou moins 0.1 kg/m<sup>2</sup> ;
- Une mesure de la régularité transversale du répardage au début des travaux :  $R=D-d < 0.15$ , avec D : dosage maximal, d : dosage minimal, D et d étant mesurés sur un même profil ;
- Un contrôle visuel quotidien de l'état de propreté des tuyauteries, filtres, gicleurs.

## **b. Couche d'accrochage**

La couche d'accrochage est la liaison entre la couche de roulement et la couche de base.

Elle est réalisée dans les trois cas suivants :

- Liaison de l'enduit superficiel avec une ancienne couche d'enrobée conservée comme couche de base ;
- Liaison de l'enrobé avec la couche de base ;

➤ Liaison de l'enrobé avec une ancienne couche d'enrobée conservée comme couche de base.

La surface doit être propre et sèche car le but visé est un collage et que toute opération de collage nécessite un support propre.

Les liants utilisés pour la couche d'accrochage sont :

- Le Cut-Back 400 / 600 ;
- L'ECR 65, à raison de 0.6 Kg / m<sup>2</sup>.

### **c. Enduit superficiel monocouche :**

#### *Mode d'exécution :*

L'Enduit superficiel monocouche se fait par :

- L'ECR 65 ou Cut-Back 400/600 à raison de 1.2 kg/m<sup>2</sup> ;
- Des Gravillons 6/10 à raison de 10 l/m<sup>2</sup>.

Dans un délai de 48 à 96 heures après l'imprégnation et après balayage, la couche de liant est appliquée à l'aide d'un répandage agréé, suivie aussitôt par le répandage de la couche de gravillons secs (délai maximum entre le gravillonnage et le répandage du liant est une minute). Une fois le gravillon répandu, la surface est immédiatement compactée au rouleau à pneus lisses dont la pression de gonflage est comprise entre 0.5 et 0.8 MPA ou au rouleau vibrant avec cylindre à revêtement caoutchouc, jusqu'à ce que les gravillons soient bien en place (minimum 5 passes). La vitesse instantanée des engins de compactage est limitée à 8 km/h (NF P98-160).

Les joints transversaux sont réalisés sans excès ni manque de liant. En attendant qu'un débit homogène des jets soit atteint, l'ouverture des vannes de liant se fait sur une bande de papier Kraft recouvrant l'extrémité précédemment enduite.

Pour assurer l'uniformité du dosage en liant dans le sens transversal, deux bandes jointives doivent se recouvrir d'une valeur à déterminer sur chaque matériel, en fonction du type de la rampe et de jets.

La vitesse de circulation sur une section fraîchement enduite est limitée à 50 km/h pendant cinq (5) jours au minimum.

#### *Balayage :*

Après plusieurs jours de circulation, la dernière couche de l'enduit doit être balayée mécaniquement. Afin d'y éliminer les rejets des gravillons, qui sont mis en dépôt par l'Entrepreneur.

### Notes générales :

Dans le cas où l'adhésivité du liant aux granulats n'est pas vérifiée, et compte tenu du climat, l'usage de dope (type Polyram L 200 ou équivalent) est imposé.

Le liant ne doit pas remonter à la surface. Les surfaces présentant un ressuage doivent être traitées immédiatement par un sablage 2/4.

En cas de sous dosage en liant, il convient de faire une nouvelle couche avec le dosage prescrit après sablage de la couche sous dosée.

### Contrôle :

Les contrôles de l'enduit superficiel ont lieu en même temps et ils consistent en :

- Un contrôle visuel quotidien de l'état de propreté des tuyauteries, filtres, gicleurs,...
- Une mesure de dosage en liant, pour chaque couche, tous les 1500 m<sup>2</sup> : tolérance plus ou moins 0.1 kg/m<sup>2</sup> ;
- Une mesure de la régularité transversale du répandage du liant au débit des travaux :  $R = \frac{D-d}{D+d} < 0.15$  ;
- Un contrôle régulier de la température du liant lors du répandage ;
- Une mesure de dosage en granulats pour chaque couche tous les 1500 m<sup>2</sup> : tolérance plus ou moins 10% (minimum 1 l/m<sup>2</sup>) ;
- Une mesure de la régularité transversale du répandage des granulats au début des travaux : les dosages mesurés ne doivent pas s'écarter de plus de 10% de la valeur moyenne sur un même profil.

### d. Enduit Superficiel bicouche

L'Enduit Superficiel bicouche se fait par :

- ❖ **1<sup>ère</sup> couche :**
  - L'ECR65 ou Cut-Back 400/600 à raison de 1.2 Kg/m<sup>2</sup>;
  - Des gravillons 10/14 à raison de 10 l/m<sup>2</sup> ;
- ❖ **2<sup>ème</sup> couche :**
  - L'ECR65 ou Cut-Back 400/600 à raison de 0.8 Kg/m<sup>2</sup> ;
  - Des gravillons 6/10 à raison de 7 l/m<sup>2</sup> ;
  - Des sables de carrière 0/3 à raison de 7 l/m<sup>2</sup>.

Leur technologie de mise en œuvre se fait comme la mise en œuvre d'Enduit Superficiel monocouche.

### **e. Revêtement en Béton Bitumineux**

La fabrication et la mise en œuvre du béton bitumineux sont définies par les normes NF P96-130 et NF P986-150. Ses principes caractéristiques sont rappelés ci après :

#### *Moyen de fabrication et de mise en œuvre :*

La fabrication d'enrobage doit avoir une capacité suffisante pour approvisionner le finisseur pour la mise en œuvre d'un béton bitumineux d'une façon continue, lorsque ce dernier se place à une vitesse normale, et cela à l'épaisseur de la mise en œuvre requise.

#### *Stockage et préparation du bitume*

Les réservoirs pour le stockage du bitume sont équipés pour le chauffage des matériaux de façon que la température se situe dans les limites spécifiées. Au moins deux réservoirs de capacité égale sont installés. Leur connexion au système d'approvisionnement en bitume de la centrale, est telle que chaque réservoir peut être déconnecté du système sans que cela ait une incidence sur le système d'approvisionnement vers la centrale d'enrobage.

#### *Alimentation vers le four de séchage :*

Le mécanisme choisi permet une alimentation du four de façon à obtenir en continu des agrégats de température uniforme.

#### *Four de séchage*

Le four de séchage est type rotatif permettant d'avoir les matériaux à la température requise.

#### *Tamis*

Les tamis ont une capacité de tamisage légèrement au dessus de la capacité de malaxage de centrale. Leur efficacité est telle que les agrégats déposés dans les réservoirs de stockage contiennent moins de 10% des matériaux en dehors de la granulométrie prescrite.

#### *Réservoir de stockage pour agrégats :*

Les réservoirs ont une capacité permettant d'approvisionner la centrale d'enrobage lorsque cette dernière travaille en pleine charge. Ils doivent permettre le prélèvement aisé d'échantillons des agrégats.

#### *Unité de contrôle d'approvisionnement du bitume :*

Elle doit permettre la détermination exacte du volume du bitume approvisionné dans la centrale d'enrobage (soit par pesée, soit par métrage), nécessaire pour obtenir le mixage de l'enrobé dans la limite de tolérance spécifiée.



### *Thermomètre :*

Un thermomètre gradué entre 100 et 200°C est installé auprès de la vanne de déchargement du bitume dans la centrale d'enrobage. Un autre thermomètre est installé à la sortie du four de séchage pour permettre l'enregistrement automatique ou l'indication de la température des agrégats chauffés.

Si le système de contrôle de température ne donne pas satisfaction, l'Ingénieur peut demander l'installation d'appareillage permettant l'enregistrement automatique des températures sur une base journalière.

### *Atelier de compactage*

Chaque finisseur travaille avec deux compacteurs vibrants à jantes lisses et un compacteur à pneus. Nous pouvons utiliser les compacteurs mixtes.

Le compacteur à pneus est équipé d'au moins sept (7) pneus lisses dont la pression est d'environ 0.8 MPA. Les compacteurs à pneus doivent pouvoir supporter un ballast de façon à obtenir une charge par roue supérieure à 3 T. ils doivent être équipés de bâches afin de maintenir les pneus à une température constante et à éviter ainsi le collage et arrachage de l'enrobé répandu.

Les compacteurs vibrants à jantes lisses doivent développer une pression inférieure à 35 kg/cm sur chaque rouleau, avec un moment des excentriques inférieur ou égal à 20 N.m. ils doivent être équipés d'un dispositif d'arrosage automatique et approprié du rouleau afin d'éviter le collage sur l'enrobé répandu.

Le dosage de bitume dans l'enrobé est de 6% (par convention ce dosage signifie 6 kg de bitume ajouté à 100 kg des granulats secs), soit une teneur en bitume réel dans l'enrobé de 5.66% (6/106). Au moment du malaxage avec le bitume, les agrégats ont une température plus ou moins identique à celle spécifiée pour le bitume : toutefois elle ne doit pas dépasser celle du bitume de plus de 14°C.

### *Mise en œuvre de l'enrobé :*

L'enrobé est mis en œuvre à une seule couche de soixante quinze kilogramme au mètre carré (75 kg/m<sup>2</sup>) pour le revêtement sur couche de base neuve. Ce dosage est susceptible d'être modifié par l'Ingénieur (il restera néanmoins compris entre 65 et 85 kg/m<sup>2</sup>).

Ce dosage est de 120 kg/m<sup>2</sup> dans le cas de réparation de chaussée sans renforcement en 0/31.5 susceptible d'être modifié par l'Ingénieur (il restera néanmoins compris entre 100 et 130 kg/m<sup>2</sup>).

La largeur répandue est de 5.5 m en section courante et dans le cas général. Elle est modifiée dans les agglomérations et pour des aménagements divers (parkings, carrefours,...).

Le finisseur opère à une vitesse telle que des fissurations, déchirures ou autres irrégularités ne se produisent pas à la surface du tapis de béton bitumineux mis en œuvre.

Des irrégularités ou flaches occasionnelles sont repérées, découpées et éliminées, puis réparées par épandage manuel d'enrobés. Les joints ainsi créés doivent être collés au bitume fluidifié. En section courante, le répannage doit s'effectuer en plein largeur et en une seule passe.

Lorsque, pour des contraintes de circulation ou de raccordement, l'opération doit s'effectuer par demi-chaussée, le délai entre le répannage des deux bandes ne doit pas excéder une heure. Le joint ainsi créé doit être soigneusement « pincé » au cylindre, puis collé au bitume fluidifié et sablé.

Le contrôle des épaisseurs est effectué par carottage. Si l'épaisseur minimale autorisée n'est pas atteinte, nous devons rajouter une couche d'épaisseur de 3 cm sur une longueur définie par l'Ingénieur.

### *Compactage de l'enrobé*

Immédiatement après le répannage du béton bitumineux, la surface est contrôlée et les inégalités éliminées. La température du tapis est surveillée et les opérations de compactage sont commencées lorsque la température tombe en dessous de 120°C. Elles doivent être terminées lorsque la température atteinte de 90°C. La procédure est vérifiée au début des travaux lors des planches d'essais.

**TABLEAU n°20 : Etapes pour le compactage du béton bitumineux**

	<b>Durée après répannage</b>	<b>Température du tapis</b>
1- Compactage initial	0-10 minutes	100-120° C
2- Compactage intermédiaire	10-20 minutes	95-120° C
3- Compactage final	20-45 minutes	90-120°C

Les compacteurs se font à l'aide des compacteurs à jantes lisses et à l'aide du compacteur à pneumatiques.

Le compactage commence à partir des côtés extérieurs vers le milieu du tapis bitumineux, sauf dans les courbes surélevées où le compactage commence au point bas pour se terminer au point le plus élevé. Lorsque le joint central doit être compacté, le premier compactage doit commencer de la partie déjà terminée, sur une largeur n'excédant pas de 15 cm du tapis non compacté. La vitesse des compacteurs ne doit pas dépasser 4 km/h pour les compacteurs

vibrants à jantes liasses, 6 km/h pour les compacteurs à pneus. Le compactage se poursuit jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'irrégularité et que le passage des compacteurs ne laisse plus de trace dans le tapis bitumineux. Il est défendu de faire stationner du matériel lourd ou des compacteurs sur la couche nouvellement terminée tant qu'elle n'est pas refroidie. Il ne doit pas avoir des pertes d'huiles ou de carburants provenant des équipements sinon nous devons remplacer les zones contaminées.

### *Joint*

Les arrêts de répannage d'enrobé doivent faire l'objet d'un traitement particulier. Avant toute de répannage, l'enrobé existant est scié transversalement avec un biais de l'ordre de 30°, afin d'assurer une meilleure transition de roulement et une meilleur pérennité du joint. Ils doivent également être collés au bitume fluidifié et sablé après la reprise de répannage.

### *Contrôle*

Le contrôle du béton bitumineux consiste en :

- Une mesure de la température de stockage du liant :  $145^{\circ}\text{C} < < 155^{\circ}\text{C}$  ;
- Une analyse granulométrique des gravillons en sortie de trémie : 2/ jour-respect du fuseau déterminé lors de l'étude de formulation ;
- Une mesure des granulats à la sortie du sécheur : 2/jour-  $140^{\circ}\text{C} < < 160^{\circ}\text{C}$  ;
- Une mesure de la teneur en des granulats à la sortie du sécheur : 2/jour-  $w < 1\%$  ;
- Une mesure de la température du BB à la sortie du malaxeur : 2/jour-  $140^{\circ}\text{C} < < 160^{\circ}\text{C}$  ;
- Une mesure de la teneur en liant : 2/jour- respect du pourcentage de la formule ;
- Un essai Marshall : 2/jour- respect des valeurs obtenues lors de l'étude de formulation ;
- Une mesure de dosage en liant pour la couche d'accrochage, tous les 1500 m<sup>2</sup> : tolérance de plus ou moins 0.1 kg/m<sup>2</sup> ;
- Un contrôle visuel quotidien de l'état de propreté des bennes des camions, du finisseur et des compacteurs ;
- Une mesure de la température du BB derrière la table du finisseur : au gré de l'Ingénieur  $125^{\circ} < < 140^{\circ}\text{C}$  ;
- Une mesure de pourcentage de vide : au moins 5 fois par jour, la valeur doit être entre 4 et 9% pour 90% des valeurs mesurées ;
- Un contrôle de réglage : nivellement à chaque profil en travers ;
- Un contrôle longitudinal et transversal du surfaçage ;
- Un contrôle de largeur et des devers ;
- Un contrôle d'épaisseur par carottage tous les 100 m en moyenne ;
- Un contrôle de compacité sur l'échantillon carotté.

## **CONCLUSION PARTIELLE**

La technologie de mise en œuvre de différentes couches est basée sur la technique de compactage, par la réalisation de planche 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 efforts des véhicules.

# **Partie 4 : EVALUATION DU COUT DU PROJET ET ETUDE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX**

## Chapitre I : EVALUATION DU COUT DU PROJET

### I. GENERALITES

Ce chapitre permet d'évaluer le coût du projet. Ainsi, nous allons voir, tous les calculs financiers en vue de l'élaboration d'un Bordereau de Détails Estimatifs, qui va servir la gestion d'investissement final.

### II. EXEMPLE D'UN SOUS DETAIL DE PRIX

**TABEAU n° 21 : Sous détail Enduit Superficiel bicouche**

**Désignation** : Enduit Superficiel bicouche ESb

**Rendement** : R = 750 m<sup>2</sup>/j

**Coefficient des déboursés** : K=1.65

PRIX N°	UNITE	QUANTITE
4.08	M <sup>2</sup>	19965

Composante des prix			Coût direct			Dépenses directes			TOTAL (Ar)
Designation	U	Qté	U	Qté	P U (Ar)	MTRL	PRSL	MTRO	
<b>Matériels</b>									
camion balai	U	1	h	6	60 000,00	360 000,00			
Compacteur	U	1	h	7	60 000,00	420 000,00			
Camion gravillonneur	U	2	h	6	60 000,00	720 000,00			
Camion épandeur de liant	U	1	h	7	60 000,00	420 000,00			
Lot de petits matériels	Fft	Fft	h	8	3 000,00	24 000,00			1 944 000,00
<b>Main d'œuvre</b>									
Chef de chantier	Hj	1	h	1	4 000,00		4 000,00		
Chef d'équipe	Hj	1	h	8	3 800,00		30 400,00		
Conducteur d'Engin	Hj	5	h	8	3 500,00		140 000,00		
Ouvrier Spécialisé	Hj	3	h	8	2 500,00		60 000,00		
Manœuvre	Hj	4	h	8	1 000,00		32 000,00		266 400,00
<b>Matériaux</b>									
<b>Première couche</b>									
Liant: ECR 65									

Gravillons: 10/14	Kg	0,6	Kg	450	1 000,00			450 000,00	
	m3	0,015	m3	11,3	60 000,00			675 000,00	
<u>Deuxième couche</u>									
Liant: ECR 65	Kg	1,2	Kg	1125	1 000,00			1 125 000,00	
Gravillons: 6/10	m3	0,01	m3	7,5	60 000,00			450 000,00	
Sable de carrière	m3	0,005	m3	3,75	30 000,00			112 500,00	2 812 500,00
								<b>Total déboursés D</b>	5 022 900,00
								<b>P U = K*D / R</b>	11 050,38
								<b>Arrondi à</b>	11 100,00

### III. DESCRIPTION DES PRIX ET ELABORATION D'UN BDE

#### 1. Installation et repli de chantier

##### Prix n°1 :

Ce prix rémunère forfaitairement l'installation et repli des bases du Titulaire, concernant toutes les dispositions mises en place en vue de l'exécution des Travaux et des organisations de chantier.

Le repli concerne le rapatriement des matériels, l'enlèvement de tous les produits non utilisés issus de l'installation de chantier et de l'exécution des Travaux, la remise en état de tous les lieux d'intervention.

#### 2. Terrassement

##### Prix n°2.01: débroussaillage:

Ce prix rémunère au METRE CARRE (m<sup>2</sup>) la réalisation du débroussaillage, décapage (enlèvement des terres végétales sur (vingt) 20 cm d'épaisseur dans les zones de terrassement), dessouchage (enlèvement des souches d'arbres dont le diamètre est inférieur à un mètre y compris évacuation et toutes sujétions de mise en œuvre).

Il comprend:

- ✓ Toutes sujétions d'accès ;

- ✓ Le débroussaillage, le décapage, et le dessouchage d'environ 1.50 m de l'emprise du projet ;
- ✓ L'enlèvement et le transport des produits obtenus jusqu'à un lieu de dépôt agréé par l'autorité chargée du contrôle quelle que soit la distance de la mise en dépôt, le réglage sommaire et toutes sujétions.

### **Prix n°2.02 : Ré profilage de la plate forme :**

Ce prix rémunère au METRE LINEAIRE (ml) les travaux de réprofilage léger.

IL comprend:

- ✓ La mise en forme de la plate forme existante sur une profondeur au maximum 0.40 m ;
- ✓ Scarification, arrosage et compactage des matériaux ;
- ✓ L'évacuation des matériaux sans emplois en un lieu de dépôt agréé par l'autorité chargée des contrôles.

Ce prix comprend toutes les sujétions d'exécution.

### **Prix n°2.03 : Déblais :**

Ce prix rémunère par METRE CUBE (m<sup>3</sup>) de volume en place, la réalisation des déblais en terrain de toutes nature, y compris les terrains dits « ripables » ; ce prix s'applique aux déblais nécessaires 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.

Elles sont réputées couvertes par l'application de ce prix les prestations suivantes, ainsi que toutes les sujétions qui en résulte :

- ✓ L'extraction des matériaux et leur chargement ;
- ✓ Le transport des matériaux de déblais jusqu'à un lieu de dépôt agréés par l'Administration ou d'emploi en remblais.

Les volumes à approuver en compte pour tous autres déblais seront les cubes en places.

### **Prix n°2.04 : Remblais provenant de l'emprunt**

Ce prix rémunère au METRE CUBE (m<sup>3</sup>) en place la réalisation de remblais en provenance d'emprunt pour l'exécution de tous remblais en grandes ou en petite masses.

IL comprend:

- ✓ Les pistes d'accès ;
- ✓ Les frais de recherche des gîtes d'emprunt ;
- ✓ L'extraction, l'arrosage, le compactage avec un engin au moins 9T, le talutage et toutes sujétions de mise en œuvre.
- ✓ La finition de forme.



### Prix n°2.05 : Engazonnement

Ce prix rémunère au METRE CARRE (m<sup>2</sup>), la mise en place d'engazonnement pour la protection des talus de remblai et de déblai, des abords d'ouvrage, des accotements ou de fossés en terre.

- ✓ L'extraction du gazon en plaques de 20 cm de côté et de 10 cm d'épaisseur en moyenne ;
- ✓ Le chargement, le transport sur toutes distances et déchargement aux lieux d'emplois,
- ✓ La pose, le réglage de manière à constituer un tapis jointif et un minimum de deux roulages pour le gazon d'accotement ainsi que la fixation des mottes sur talus ou fossés à l'aide des piquets ;
- ✓ L'arrosage, l'entretien jusqu'à vivante et toutes sujétions d'exécutions.

### 3. Assainissement

#### Prix n°3.01 : démolition d'ouvrage en BA

Ce prix rémunère au METRE CUBE (m<sup>3</sup>) de démolition totale d'ouvrages d'assainissement ou de franchissement. Soit parce qu'ils sont à remplacer ou à allonger, soit qu'ils sont susceptibles de nuire à un écoulement correct des eaux, et quelles que soient leurs dimensions.

IL comprend:

- ✓ Touts terrassements utiles, y compris les fouilles ;
- ✓ La démolition proprement dite, complète ou en partie, de l'ouvrage y compris les têtes, puisards, piles, dalle ou plate forme et toutes sujétions d'exécution ;
- ✓ Le chargement, le transport sur toutes distances, le déchargement et la mise en dépôt des gravois ou matériaux existants ;
- ✓ Le remblaiement des fouilles jusqu'au niveau de l'ancienne chaussée, avec des matériaux ayant les qualités requises ;
- ✓ Le compactage des remblais de fouilles selon les qualités requises.

#### Prix n°3.02 : Démontage de buses métalliques existants

Ce prix rémunère au KILOGRAMME (kg) le démontage total ou partiel de buses métalliques existantes. IL comprend:

- ✓ Tous les terrassements utiles y compris les fouilles
- ✓ Le démontage soigné des éléments jugés en bon état par l'Ingénieur, sans le dégrader mais en s'attaquant aux accessoires de liaison, le chargement, le transport et la mise en dépôt de ces éléments à la Subdivision ou à la section des Travaux Publics le plus proche ;

✓ Le dégagement, le transport sur toute distance et la mise en dépôt agréé des éléments reconnus défectueux par l'Ingénieur

### **Prix n°3.03 : Curages de buses ou dalots**

Ce prix concerne uniquement les buses métalliques ou les dalots existants qui sont conservés, suivant les instructions de l'Ingénieur.

Ce prix s'applique AU METRE CUBE (m<sup>3</sup>) de curages de buses ou dalots existants, diamètre D<125 y compris les puisards hors métrés.

IL comprend:

- L'extraction des matériaux existants à l'intérieur de l'ouvrage et le chargement ainsi que le transport sur toutes distances ;
- Le déchargement et le réglage aux lieux de dépôt agréés ;
- Toutes sujétions de nettoyage, notamment l'envoi des jets d'eau sous pression à l'intérieur de l'ouvrage.

### **Prix n°3.04 : Descente d'eau en béton**

Ce prix s'applique au METTRE LINEAIRE (ml) de descente d'eau conforme au plan-type.

IL comprend:

- Les fournitures et leur transport quelle que soit la distance ;
- Les terrassements de toutes natures, y compris les fouilles ;
- La fabrication et la mise en œuvre.

### **Prix n°3.06 : Fossé maçonné**

Ce prix rémunère au METTRE LINEAIRE (ml), la réalisation de fossé maçonné selon le gabarit type et le plan d'exécution.

IL comprend:

- La fouille et l'évacuation des produits des fouilles ;
- La fourniture et le transport des matériaux ;
- La réalisation de la maçonnerie y compris les joints et les chapes ;
- Le nettoyage et la mise à dépôt des débris des mortiers de pose ou de chape ;
- Toutes sujétions de mise en œuvre.

### **Prix n°3.06 : Aciers pour béton armé**

Ce prix rémunère en KILOGRAMME (Kg), la fourniture et la mise en œuvre d'aciers doux ou à haute adhérence pour ferrailage des ouvrages e béton ;

IL 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 façonnées ;
- La fourniture et la mise en place des ligatures, des cales d'espacement entre barres et coffrages, et des cavaliers entre nappes d'armatures.

#### **Prix n°3.07 : Béton de propreté**

Ce prix s'applique à la surface en METTRE CUBE ( $m^3$ ), la fourniture et la mise en œuvre de béton de propreté dosé à 150kg de ciment par mètre cube au minimum sur une épaisseur de 5cm ;

IL comprend:

- La fourniture et le transport sur le lieu d'emploi de tous les matériaux nécessaires à la fabrication du béton, et aux coffrages éventuels ;
- Le stockage de ces matériaux ;
- La fabrication, la mise en œuvre, le serrage, le lissage et la cure du béton ;
- Le décoffrage éventuel ;

#### **Prix n°3.08 : Béton B20 dosé à 250 Kg/m<sup>3</sup>**

Ce prix s'applique au volume en METRE CUBE ( $m^3$ ), la fourniture et la mise en œuvre de béton de qualité B 20 dosé au minimum à 250kg de ciment par mètre cube pour ouvrages divers définis par l'ingénieur ;

IL comprend:

- La fourniture et transport sur le lieu de d'emploi de tous les matériaux nécessaires à la fabrication du béton, et aux coffrages qu'ils soient perdus ou non ;
- Le stockage de ces matériaux ;
- La fabrication du béton, la mise en place des coffrages, la mise en œuvre du béton, la vibration, le lissage ;
- Toutes sujétions, y compris les divers essais et contrôles de qualité.

### **4. Chaussée**

#### **Prix n°4.01: Couche de fondation**

Ce prix rémunère au METRE CUBE ( $m^3$ ), la misse en œuvre des matériaux amendé au ciment.

IL comprend:

- La fourniture ;
- Le transport ;
- De tous les matériaux nécessaires et la mise en œuvre.

#### **Prix n°4.02 : Couche de base**

Ce prix rémunère au METRE CUBE (m<sup>3</sup>), la mise en œuvre de la couche de base.

IL comprend:

- Les fournitures et le transport de ces fournitures des matériaux nécessaires ;
- Toutes sujétions de compactage et réglage.

#### **Prix n°4.03 : Couche d'imprégnation**

Ce prix s'applique en TONNE (T).

IL comprend:

- Le balayage de la surface ;
- Les transports et approvisionnements des fournitures ;
- Toutes sujétions de mise en œuvre.

#### **Prix n°4.04 : Couche d'accrochage**

Ce prix s'applique en TONNE (T)

IL comprend:

- Le balayage de la surface ;
- Les transports et approvisionnement des fournitures ;
- Toutes sujétions de mise en œuvre.

#### **Prix n°4.05 : Enduit superficiel monocouche**

Ce prix s'applique au METRE CARRE (m<sup>2</sup>).

IL comprend:

- Le balayage de la surface ;
- Les transports et approvisionnements des fournitures ;
- Toutes sujétions de mise en œuvre.

#### **Prix n°4.06 : BBSG pour couche de revêtement**

Ce prix s'applique en TONNE (T).

Il comprend:

- L'étude de formulation, fournitures et transport de toute distance des matériaux ;
- La mise en œuvre et sujétions de compactage ;
- Le transport et déchargement des déchets d'enrobés.

## 5. Signalisation et équipement

### Prix n°5.01: Borne kilométrique

Ce prix s'applique à l'UNITE (U).

Il comprend:

- La fourniture, le transport sur toutes distances et à la pose des bornes kilométriques selon les positions CCTP ;
- Le plan type y compris le scellement en béton B20, la peinture et les inscriptions.

### Prix n°5.02 : Panneaux de signalisation

Ce prix s'applique à l'UNITE (U).

Il comprend:

- La fourniture, le transport sur toutes distances et à la pose des bornes kilométriques selon les positions CCTP ;
- Le plan type y compris le scellement en béton B20, la peinture et les inscriptions.

### TABLEAU n° 22 : Bordereau Détail Estimatif

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	P U (AR)	MONTANT(AR)
<b>1</b>	<b>INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER</b>				
1.01	Installation de chantier	Fft	1	383 520 270,00	383 520 270,00
1 .02	Repli de chantier	Fft	1	181 487 718,00	181 487 718,00
SOUS TOTAL 1					<b>565 007 988,00</b>
<b>2</b>	<b>TRAVAUX DE TERRASSEMENT</b>				
2.01	Débroussaillage	m <sup>2</sup>	9 000	1 000,00	9 000 000,00
2.02	Replofilage de la plateforme	ml	12 630	49 071,00	619 766 730,00
2.03	Déblai ordinaire	m <sup>3</sup>	4 158	13 530,00	56 257 740,00
2.04	Remblai d'emprunt	m <sup>3</sup>	45 000	28 440,00	1 279 800 000,00
2.06	Engazonnement	m <sup>2</sup>	20 000	3 250,00	65 000 000,00
SOUS TOTAL 2					<b>2 029 824 470,00</b>

<b>3 OUVRAGE ET ASSAINISSEMENT</b>					
3.01	Démolition d'ouvrage en BA	m3	72	65 398,00	4 708 656,00
3.02	Démolition d'ouvrage existant	ml	380	66 906,00	25 424 280,00
3.03	Démontage des buses métalliques	ml	300	54 791,00	16 437 300,00
3.04	curage des buses ou dalots	ml	570	9 056,00	5 161 920,00
3.05	Fouille pour ouvrage	m3	684	28 088,00	19 212 192,00
3.06	Béton Q250	m3	20	380 270,00	7 605 400,00
3.07	Béton Q350	m3	213	462 770,00	98 477 456,00
3.08	Acier pour armature	kg	12 780	11 000,00	140 580 000,00
3.09	Coffrage	m <sup>2</sup>	2 184	19 000,00	41 496 000,00
3.10	Fossé en terre	ml	8 800	440,00	3 872 000,00
3.10	Fossé de crête	ml	6 300	440,00	2 772 000,00
3.11	Fossé maçonné	ml	4 400	156 750,00	689 700 000,00
3.12	Décantes d'eau en béton	ml	1 625	53 568,00	87 048 000,00
3.13	Dalot de franchissement	U	23	5 026 850,00	115 617 550,00
3.14	Dalot d'assainissement	U	17	5 961 500,00	101 345 500,00
<b>SOUS TOTAL 3</b>					<b>1 359 458 254,00</b>
<b>4 CHAUSSEE</b>					
4.01	Scarification de la chaussée	m <sup>2</sup>	19 965	2 100,00	41 926 500,00
4.02	Couche de fondation	m3	14 400	70 000,00	1 008 000 000,00
4.03	Couche de base en GCNT 0/31,5	m3	18 959	54 561,00	1 034 394 718,50
4.05	Couche d'imprégnation ECM60	T	152	2 099 418,00	318 414 529,22
4.06	Couche d'accrossage ECR65	T	76	3 817 620,00	289 505 395,08
4.07	Enduit superficiel monocouche	m <sup>2</sup>	56 925	8 575,38	488 153 506,50
4.08	Enduit superficiel bicouche	m <sup>2</sup>	19 965	11 050,38	220 620 836,70
4.09	BBM pour couche de revêtement	m <sup>2</sup>	49 500	84 106,00	4 163 247 000,00
<b>SOUS TOTAL 4</b>					<b>7 564 262 486,00</b>
<b>5 EQUIPEMENT ET SIGNALISATION</b>					
5.01	Borne kilométrique	U	23	326 620,00	7 512 260,00
5.02	Balise de virage et d'avertissement	U	50	182 652,00	9 132 600,00
5.03	Paneaux de signalisation	U	8	150 000,00	1 200 000,00
5.04	Localisation (Villages)	U	4	484 981,00	1 939 924,00
<b>SOUS TOTAL 4</b>					<b>19 784 784,00</b>
<b>TOTAL HORS TAXE</b>					<b>10 973 329 994,00</b>
<b>TVA 20%</b>					<b>2 194 665 998,80</b>
<b>TOTAL TTC</b>					<b>13 167 995 992,80</b>
<b>COUT PAR KILOMETRE</b>					<b>573 019 843,03</b>

Arrêté le présent bordereau détail estimatif à la somme de **TREIZE MILLIARDS CENT SOIXANTE SEPT MILLIONS NEUF CENT QUATRE-VINGT QUINZE MILLES NEUF CENT QUATRE- VINGT DOUZE VIRGULE QUATRE-VINGT ARIARY (Ar 13 167 995 992.80)**, y compris la Taxe sur la Valeur Ajoutée aux taux de vingt pour cent (20%) pour un montant de **DEUX MILLIARDS CENT QUATRE-VINGT QUATORZE MILLIONS SIX CENT SOIXANTE CINQ MILLES NEUF CENT QUATRE-VINGT DIX-HUIT VIRGULE QUATRE-VINGT ARIARY ( Ar 2 194 665 998.80)**.

Soit **CINQ CENT SOIXANTE-TREIZE MILLIONS DIX-NEUF MILLES HUIT CENT QUARANTE TROIS VIRGULE TROIS ARIARY AU KILOMETRE (Ar 573 019 843.03 / Km)**.

## **Chapitre II : LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DU PROJET**

### **I- LES IMPACTS SUR LES MILIEUX NATURELS**

#### **1. Les impacts sur les sols**

Les terrains naturels connaîtront de fortes perturbations, voire une destruction totale sur la nouvelle emprise de la route, sur les zones d'emprunts et des carrières ainsi que sur les bases vie et installations fixes.

Sur les zones d'emprunts, les sols seront creusés sur une forte profondeur afin d'extraire les matériaux adéquats.

La mise hors d'eau de la route pour la rendre praticable en saison de pluie nécessite d'importants remblais; et les emprunts nécessaires à leur réhabilitation couvriront d'importante surface.

Sur une bande plus ou moins large (20 à 40 m) de chaque côté de l'axe de la route, les sols seront tassés par la circulation des véhicules et engins de Chantier.

L'effet de ce tassement sera particulièrement néfaste pour les sols mous ou compressibles tels que les sols argileux gonflants et la plupart des sols hydro morphes.

Les surfaces décapées des zones d'emprunts, des bases vies et des installations fixes seront particulièrement vulnérables à l'érosion pluviale, surtout si elles sont installées sur des surfaces en pente. Il résultera un ravinement accru avec des pertes des sols superficiels.

Les sols pourront être également pollués par les déchets de Chantier et de bases vie, lubrifiants, hydrocarbures, granulats, déchets solides inertes, déchets organiques, ....

Les impacts sur les sols sont donc estimés négatifs

#### **2. Les impacts sur les eaux souterraines**

La pollution chimique et microbiologique des sols et/ou de la surface pourra être partiellement transférée à la nappe phréatique, qui dans les zones de baiboho, est particulièrement peu profonde et parfois utilisée par les populations (puits). Des nuisances significatives peuvent être engendrées par des fuites ou des déversements accidentels.

Les impacts sur les eaux souterraines sont donc estimés négatifs.



### **3. Les impacts sur les végétations naturelles**

La construction de la route et des digues entraînera la destruction de la végétation sur l'ensemble de la zone d'emprise et une destruction partielle en une bordure de celle-ci, due à la circulation des engins et des personnes.

### **4. Les impacts sur les paysages**

La vue des engins de chantiers, des campements et des poussières soulevées produira un effet d'esthétique négatifs pendant les périodes de Travaux. Mais les effets le plus marqués seront dus à l'ouverture de sites d'emprunts, aux créations d'éventuels fronts de taille de la carrière. Les impacts sur les paysages sont donc estimés négatifs.

## **II. LES IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN**

### **1. Les impacts sur le bien-être de la population riveraine**

Les bruits de fonctionnement des engins troubleront généralement la quiétude habituelle, qui règne dans le village. Les poussières seront également une source de gêne. La proximité de la centrale de la fabrication d'enrobé peut être à l'origine des odeurs désagréables dus à des hydrocarbures toxiques, qui ont occasionné des gênes et maux de tête.

L'élargissement de la chaussée ou le dégagement de l'emprise de la route, pourra justifier l'abattage d'arbres d'alignement, d'ombrages ou utilitaires, au sein de village. Ces arbres ont souvent un rôle important dans le bien être et même la vie sociale de la communauté. Ils servent souvent des lieux de rencontre avec les autorités traditionnels ou autres. Ils peuvent également être utilisés comme une source des fruits ou des produits médicaux.

Au niveau de traversée des villages, il n'est pas prévu des grands déblais ni des grands remblais, qui pourront rendre l'accès à la route difficile ou risquée pour les riverains. Le creusement des caniveaux pourra cependant être l'origine de certaines difficultés pour les villageois d'accéder à leur habitation. Les pistes rurales pourront être également endommagées par les engins et les véhicules de chantier.

Les impacts sur le bien-être de la population riveraine sont estimés négatifs.

### **2. Les impacts sur l'état de la sante de la population riveraine**

La circulation des engins et des véhicules de chantier augmenteront le risque d'accidents pour les personnes circulant le long de l'itinéraire des Travaux. Les excavations laissées sur les zones d'emprunt pourront être l'origine d'accident pour la population, notamment les enfants, si elles sont situées à proximité des zones habitées ou des lieux publics.

La poussière soulevée pourra occasionner des graves problèmes de la santé chez les population, au niveau des villages traversés. Les émanations dues aux produits bitumineux seront surtout ressenties par les travailleurs.

En période de pluie, les points de stagnation des eaux laissés par le chantier pourront être une source de pullulation d'insectes vecteurs du paludisme : anophèle, culex...

L'existence de chantier important, notamment en zone Rurale, entraîne une augmentation des relations sexuelles entre les partenaires non conjointes. Cela s'explique par la présence des nombreux employés non résidents dans la région et l'envie de faire le plaisir les jours de payes, qui attire les prostituées occasionnelles ou professionnelles. Ces relations multipliées seront responsables d'une augmentation de cas d'infection des MST/SIDA.

Les impacts sur la santé de la population riveraine sont estimés négatifs.

### **3. L'impact sur les activités commerciales**

L'existence de chantier et le personnel stimulent de manière temporaire l'activité commerciale des villages traversés, notamment par la vente des produits de consommation, de restauration et de la location d'hébergement.

L'impact sur les activités commerciales est estimé positif.

## **III. LES SOLUTIONS PROPOSEES POUR ATENUER LES IMPACTS NEFASTES DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT**

Des nombreux impacts sur l'environnement naturel et humain pourront être évités par le respect de l'Entreprise Titulaire des Travaux, de certaine bonne pratique environnementale, même si elle peut paraître parfois dérisoire. L'application de telles pratiques en amont peut éviter à moindre coût la survenue par la suite d'importante nuisances, qui nécessiterai l'engagement de crédit élevé pour leur correction. Aussi il est proposé d'incorporé ces pratiques dans le Dossier d'Appel d'Offre, puis dans le Contrats de Marché des Entreprises, à titre de clauses techniques environnementales. Pour éviter tout désaccord ultérieur, il faudra veiller également à tenir compte de ces clauses dans l'élaboration de modèle de Bordereau des Prix.

L'érosion du sol, la pollution des cours d'eau et la destruction de l'écosystème pourront être limitées par un choix et un aménagement adéquat des sites des installations fixes et base-vie des chantiers. L'Entreprise devra choisir de préférences des sites où l'environnement est déjà dégradé (jachère sur brûlis) et préserver le plus possibles les arbres en place. Il faudra éviter les zones écologiquement sensibles, ou des pentes moyennes et fortes. Les cours d'eau doivent être protégés pour éviter les sols dénudés de l'érosion pluviale.

Les carrières devront être situées à une distance suffisante des habitations (au moins 100 m), et également de la zone d'assiette des Travaux, afin de ne pas constituer des risques pour la santé des populations riveraines et pour la sécurité des usagers. De plus, ces sites devront être protégés de l'érosion par un réseau de drainage.

Pour les projets routiers revêtus en bitumineux, la centrale d'enrobage devra être installée suffisamment loin des habitations, pour que les résidents ne soient pas incommodés par les mauvaises odeurs.

La sensibilisation des personnels à la protection de l'environnement et à la prévention des risques des MST/SIDA doit être effective.

Les personnels devront être sensibilisés à la protection de l'environnement par voie d'affichage et par une réunion de sensibilisation. L'interdiction de la chasse et de la consommation de gibier par les personnels devra être inscrite au règlement de l'Entreprise, et les contrevenants doivent être pénalisés. Les employés des chantiers devront être sensibilisés aux risques de transmission de MST/SIDA (projection des films, affichage ; réunion d'information, etc...). L'Entreprise devra mettre en place un système de distribution des préservatifs à prix réduit au niveau des bases-vie et l'installation fixe.

Au moment du dégagement de l'emprise et lors du débroussaillage, l'Entreprise devra respecter le plus possible les arbres, notamment de grande taille et les arbres d'alignement.

Les sites des Travaux devront être signalés par des panneaux. Les déviations devront être aménagées pour maintenir la circulation en permanence, et la circulation doit être réglée à l'aide de portes drapeaux.

Afin de limiter les émissions des poussières à proximités des zones habitées, l'Entreprise procédera à un arrosage fréquent de la plateforme sur les sites de Travaux.

L'exécution de remblais et déblais important devra être minimisée chaque fois que possible au niveau des zones habitées. Des diapositives adéquates d'accès à la route devront être ménagées, pour permettre une circulation sécurisée des riverains de leur village.

L'Entreprise devra manipuler avec précaution, collecter et si possible recycler les déchets de chantier, les hydrocarbures et les huiles vidages, tant au niveau des bases-vie et installation fixe qu'au niveau des ateliers mobiles. Les déchets qui ne pourront être recyclés, devront être stockés dans les endroits où ils ne menacent pas l'environnement.

Les matériaux et débris non réutilisés provenant de déblais, des destructions des ouvrages, du débroussaillage, etc...devront être rapidement évacués en dehors des emprises de la route. Ils seront stockés sur des sites adéquats où ils pourront être régaliés et ne devront pas gêner l'écoulement des eaux. Les débris ne devront pas être brûlés sur place.

Après repli de chantier, les bases-vie et les installations fixes pourront être restitués à la population locale. Cette dernière pourra ainsi profiter de l'existence d'eau potable.

## RECOMMANDATIONS

Après avoir vue l'état d'une partie de la RNS32 avant la réhabilitation, nous avons pu constater que cet axe devient de plus en plus non opérationnel voir même impraticable surtout en saison de pluie.

Sa réhabilitation s'avère primordiale et indispensable, car elle constitue l'unique accès par voie terrestre pour parvenir à Mandritsara.

En effet, la mise en état de cet axe contribuera donc au désenclavement de Befandriana Nord et Mandritsara. Si nous ne parlons que de l'acheminement des Produits de Première nécessité (PPN), de l'évacuation des produits agricoles y compris ceux destinés à l'exportation, sans avoir calculé le taux de rentabilité de ce Projet, les divers résultats vont parler d'eux même.

Pour responsabiliser la population locale à prendre part aux Travaux d'Entretien, sans oublier les ouvrages quelque soit leur nature, nous croyons qu'il suffit de mettre en place une structure pérenne fonctionnelle apte à motiver les riverains, conduire la sensibilisation et la formation, et aussi de mettre en œuvre un programme d'entretien stratégique qui est à la charge de l'Etat pour les travaux de grandes envergures qui dépassent les aptitudes de ces riverains afin d'augmenter la longévité de la route.

Ainsi donc actuellement, la RNS32 va petit à petit redevenir fonctionnelle grâce aux interventions de l'Etat Malagasy et des bailleurs de fonds. Mais pour mieux garder cet état, des entretiens courants et périodiques sont indispensables.

## CONCLUSION GENERALE

La route est un reflet du dynamisme d'un pays, de son pouvoir et de sa capacité à 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 au niveau des accessoires sont dues à l'insuffisance ou même à l'absence des entretiens. 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, d'une part l'amélioration des conditions de vie de la population à travers la facilitation des circulations des hommes et des biens ; et d'autre part, à l'ouverture des localités limitrophes au monde extérieur surtout avec l'ère de la mondialisation.

En ce qui concerne la réhabilitation de la RNS32 entre Antsohihy et Mandritsara ; les travaux ne sont pas en cours.

Bref, ce travail de mémoire de fin d'études nous permet d'approfondir les études théoriques et pratiques acquises pendant les trois années de formation à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (ESPA). A l'issue de cette étude, nous avons l'occasion de voir ce qu'est théoriquement la construction routière qui s'avère une connaissance parfaite pour améliorer nos capacités et il nous a donné l'idée de la vie professionnelle qui nous attend prochainement.

## BIBLIOGRAPHIE

- ❖ *Chaussée en béton de ciment* (1989) ;
- ❖ *Contrôle de qualité en Construction Routière* (1989 2<sup>ème</sup> Edition) ;
- ❖ *Ecoroute 3*,  
Logiciel de dimensionnement des chaussées neuves ou à renforcer,  
**G. Jeuffroy et M. Lambert ;**
- ❖ *Guide pratique de dimensionnement des chaussées pour les pays tropicaux*  
**CEBTP 1980**
- Perier Trevet**
- ❖ *Le guide de terrassement routier GTR*
- ❖ *La mesure des bruits routiers* (1982)  
**A. Bonnet**

# **ANNEXE**



**ANNEXE 1 : PHOTOS**



**Photo n°1 : Carrière n°1**



**Photo n°2 : Etat de la route actuel**

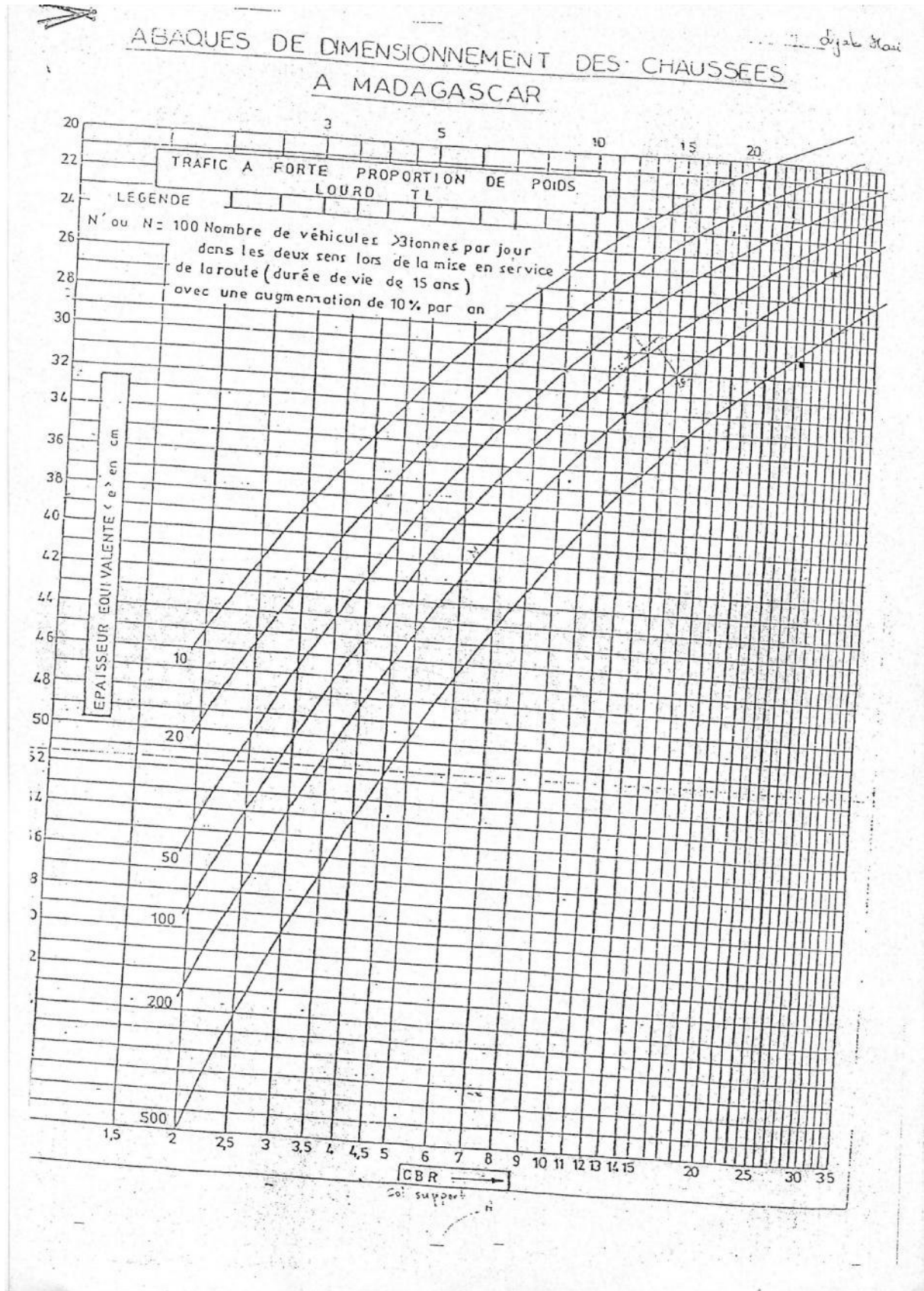


**Photo n°3 : Buse envahie par la végétation**



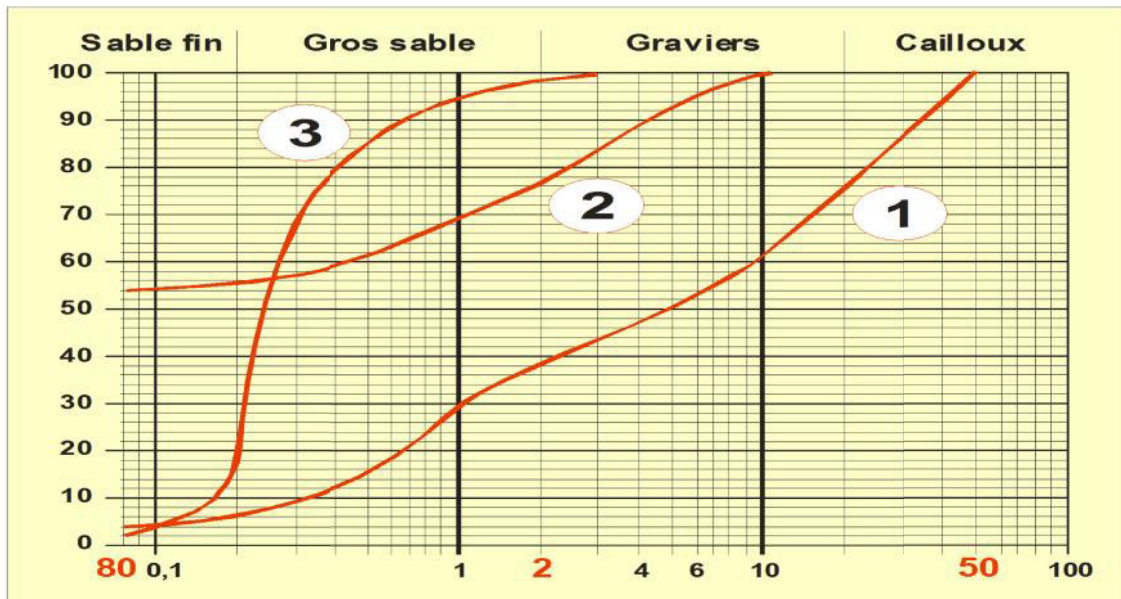
**Photo n°4 : Ravinement**

# ANNEXE 2 : ABAQUES DE CALCUL





ANALYSE GRANULOMETRIE



Sable homogène    Limon sableux    Grave sableuse

③

②

①

ESSAIS D'IDENTIFICATION DES SOLS

**GRANULARITE**

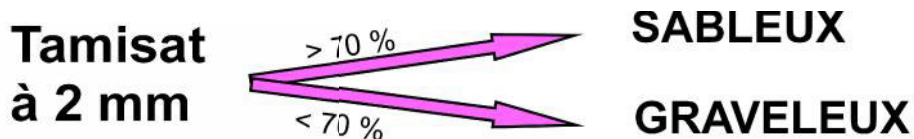
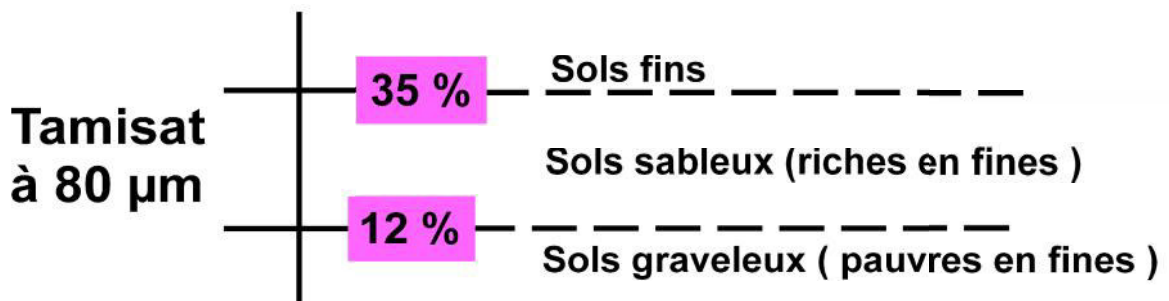
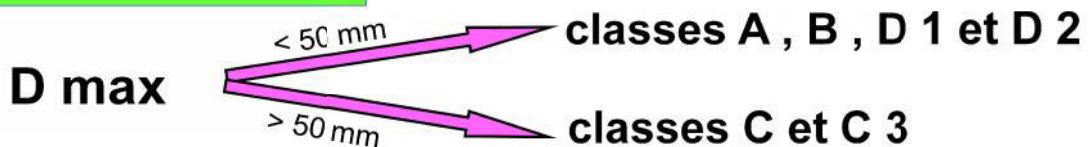


TABLEAU : SECTION D'ARMATURE, POIDS, PERIMETRES NOMINAUX

Ø [m]	SECTION [cm <sup>2</sup> ]										Poids [kg/]	P.N [cm]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
5	0.196	0.392	0.589	0.785	0.981	1.18	1.374	1.57	1.76	1.96	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	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	0.394	2.51
10	0.785	1.57	2.35	3.14	3.925	4.71	5.498	6.28	7.07	7.851	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	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	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	1.578	5.13
20	3.14	6.28	9.42	12.57	15.71	18.85	21.99	25.13	28.15	31.82	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	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	6.313	10.1
40	12.57	25.13	37.70	50.27	52.83	75.4	87.96	100.5	113.1	125.7	9.954	12.6

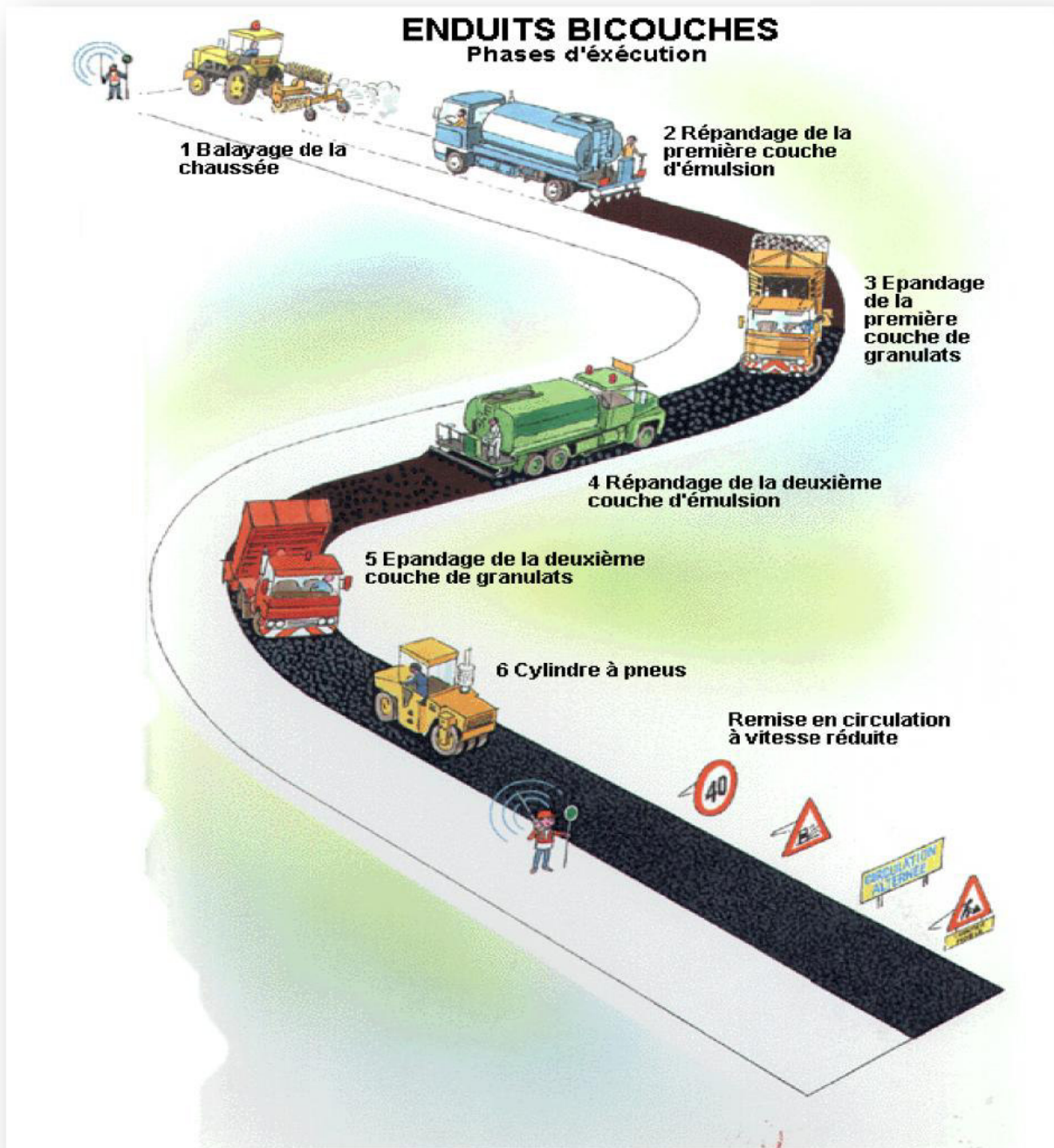
## ANNEXE 3 : TECHNOLOGIE DE MISE EN ŒUVRE

### ENDUIT SUPERFIEL MONOCOUCHE





## ENDUIT SUPERFICIEL BICOUCHE



*Rapport-gratuit.com*   
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

TYPES D'EMULSION

Caractéristiques	Méthodes normalisées de référence	Rapide			Semi-rapide			Lente		Surstabilisée		
		Classes			Classes			Classes		Classes		
		ECR 60	ECR 65	ECR 69	ECM 60	ECM 65	ECM 69	ECL 55	ECL 60	ECL 65	ECS 55	ECS 60
Teneur en eau (%)	NFT 66-023	39 à 41	34 à 38	30 à 32	39 à 41	34 à 36	30 à 32	44 à 46	39 à 41	34 à 36	44 à 46	39 à 41
Pseudo viscosité Engler à 25 °C		2 à 15	>6	-	>2	>6	-	<15	2 à 15	>6	<15	>2
Pseudo viscosité STV à 25 °C (diamètre de l'orifice d'écoulement 4 mm)	NFT 66-020	-	-	>9	<18	-	>9	-	-	-	-	<18
Homogénéité :												
- particules supérieures à 0,63 mm	NFT 66-016	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
- particules comprises entre 0,63 mm et 0,16 mm		<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Stabilité au stockage par décantation (1)	T 66-022	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Adhésivité (2) :												
- émulsion à stockage limité (1)												
1 <sup>re</sup> partie de l'essai	NFT 66-018	≥90	≥90	≥90	≥90	≥90	≥90	-	-	-	-	-
2 <sup>e</sup> partie de l'essai		≥75	≥75	≥75	≥75	≥75	≥75	-	-	-	-	-
- émulsion stockable (1)					≥75	≥75	≥75	≥75	≥75	≥75	-	-
Indice de rupture	NFT 66-017	<100	<100	<100	80 à 140	80 à 140	80 à 140	>120	>120	>120	-	-
Stabilité au ciment	NFT 66-024	-	-	-	-	-	-	-	-	-	≤2	≤2
Charge des particules	NFT 66-021	positive	positive	positive	positive	positive	positive	positive	positive	positive	positive	positive

FORMULATION DES ENDUITS

Structures	Granularité	Liant anhydre	Émul 69 %	Granulats
Monocouche	4/6	1,050	1,300	6 à 7
	6/10	1,350	1,750	8 à 9
	10/14	1,600	2,150	11 à 13
Monocouche double gravillonnage	6/10	1,300	1,750	6 à 7
	2/4			3 à 4
	10/14	1,550	2,150	8 à 9
Bicouche	4/6			4 à 5
	6/10	0,850	1,000	7 à 8
	2/4	0,850	1,300	4 à 5
Bicouche	10/14	0,950	1,100	10 à 11
	4/6	0,950	1,400	6 à 7
	4/6	1,050	1,300	5 à 6
Monocouche prégravillonné	2/4			4 à 5
	6/10	1,350	1,750	7 à 8
	2/4			6 à 7
	10/14	1,600	2,100	8 à 9
Bicouche prégravillonné	4/6			7 à 8
	10/14	1,400	1,750	8
	6/10	1,400	1,650	8
	4/6			7 à 8
	14/20	1,600	1,950	9
Bicouche prégravillonné	10/14	1,500	1,850	7
	4/6			7 à 8
			kg/m <sup>2</sup>	L/m <sup>2</sup>



## ANNEXE4 : SOUS DETAIL DE PRIX

**Désignation :** Béton ordinaire Q350

**Rendement:** R= 3 m<sup>3</sup>/j

**Coefficient des Déboursés:** K= 1,65

PRIX N°	UNITE	QUANTITE
3.08	M3	

Composante des prix			Coût direct			Dépenses directes			TOTAL (Ar)
Désignation	U	Qté	U	Qté	PU (Ar)	MTRL	PRSL	MTRO	
<u>Matériels</u>									
Outillages	Fft	1	Fft	1	10 000,00	10 000,00			130 000,00
Bétonnière	U	1	h	6	20 000,00	120 000,00			
<u>Main d'œuvre</u>									
Chef de chantier	Hj	1	h	3	4 000,00		12 000,00		90 400,00
Chef d'équipe	Hj	1	h	8	3 800,00		30 400,00		
O,S	Hj	2	h	8	3 500,00		28 000,00		
Manceuvre	Hj	6	h	8	2 500,00		20 000,00		
<u>Matériaux</u>									
Gravillons	m3	0,8	m3	2,4	30 000,00			72 000,00	621 000,00
Ciment	Kg	350	Kg	1050	500,00			525 000,00	
Sable	m3	0,4	m3	1,2	20 000,00			24 000,00	
<b>Total des déboursés D</b>									841 400,00
<b>P U = K*D / R</b>									462 770,00

**Désignation** : Enduit Superficiel bicouche ESb

**Rendement** : R = 750 m<sup>2</sup>/j

**Coefficient des déboursés** : K=1.65

PRIX N°	UNITE	QUANTITE
4.08	M <sup>2</sup>	19965

Composante des prix			Coût direct			Dépenses directes			TOTAL (Ar)	
Désignation	U	Qté	U	Qté	P U (Ar)	MTRL	PRSL	MTRO		
<b>Matériels</b>	U	1	h	6	60 000,00	360 000,00			1 944 000,00	
camion balai	U	1	h	7	60 000,00	420 000,00				
Compacteur	U	2	h	6	60 000,00	720 000,00				
Camion gravillonneur	U	1	h	7	60 000,00	420 000,00				
Camion épandeur de liant	U	1	h	7	60 000,00	420 000,00				
Lot de petits materiels	Fft	Fft	h	8	3 000,00	24 000,00				
<b>Main d'œuvre</b>	Hj	1	h	1	4 000,00		4 000,00		266 400,00	
Chef de chantier	Hj	1	h	8	3 800,00		30 400,00			
Chef d'équipe	Hj	5	h	8	3 500,00		140 000,00			
Conducteur d'Engin	Hj	3	h	8	2 500,00		60 000,00			
Ouvrier Spécialisé	Hj	3	h	8	2 500,00		60 000,00			
Manœuvre	Hj	4	h	8	1 000,00		32 000,00			
<b>Matériaux</b>									2 812 500,00	
<u>Première couche</u>								450 000,00		
Liant: ECR 65	Kg	0,6	Kg	450	1 000,00					
Gravillons: 10/14	m3	0,015	m3	11,3	60 000,00			675 000,00		
<u>Deusième couche</u>								1 125 000,00		
Liant: ECR 65	Kg	1,2	Kg	1125	1 000,00					
Gravillons: 6/10	m3	0,01	m3	7,5	60 000,00			450 000,00		
Sable de carrière	m3	0,005	m3	3,75	30 000,00			112 500,00		
<b>Total déboursés D</b>										5 022 900,00
<b>P U = K*D / R</b>										11 050,38
<b>Arrondi à</b>									11 100,00	

**Désignation: MatériauxSélectionnés**

**Rendement: R = 100 m3/j**

**Coefficient des déboursés: K = 1,65**

Prix n°	Unité	Quantité
4.02	m3	14400










COMPOSANTE DES PRIX			COUTS DIRECTS			DEPENSES DIRECTEQ		TOTAL
Désignation	U	Qté	U	Qté	P U	MTRL	PRSL	
<b>Matériels</b>								
Lots d'outillages	Fft	1	Fft	8	3 000,00	24 000,00		
Pelle hydraulique	U	1	H	7	60 000,00	420 000,00		
Niveleuse	U	1	H	7	60 000,00	420 000,00		
Compacteur	U	2	H	7	60 000,00	840 000,00		
Chargeur	U	1		7	60 000,00	420 000,00		
Camion benne	U	2	H	6	60 000,00	720 000,00		
Camion citerne	U	1	H	6	60 000,00	360 000,00		3 204 000,00
<b>Main d'œuvre</b>								
Chef de chantier	Hj	1	H	1	4 000,00		4 000,00	
Chef d'équipe	Hj	1	H	8	3 800,00		30 400,00	
Ouvriers spécialisés	Hj	5	H	8	2 500,00		100 000,00	
Conducteurs d'engin	Hj	7	H	8	3 500,00		196 000,00	
Manceuvres	Hj	20	H	8	1 000,00		160 000,00	490 400,00
TOTAL DES DEBOURSES D								3 694 400,00
PU = K*D/R								60 957,60
Arrondi à								70 000,00












ANNEXE 5 : SCHEMA D'ITENERAIRE ET D'AMENAGEMENT






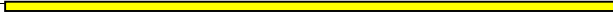



















		0 0,5 1 1,5 2 2,5 3 3,5 4 4,5 5 5,5 6500										
REPERAG	Bornes kilométriques (km)											
	localités, points particuliers											
GEOMETRIE	Tracé en plan											
	profil en long											
	profil en travers											
	largeurs	accotements gauches	1,00		1,00		1,00					
		Chaussée (m)	5,50		5,50		5,50					
accotements droits		1,00		1,00		1,00						
ETAT DE DEGRADATIONS	Affaissements localisés											
	fissuration de corps de chaussées											
	nids de poule											
	tôle ondulée											
	ornière											
	profil en W											
	bourbier											
	Ensablement de la chaussée											
	ravinement											
	fossés en terre envahis par végétation											
fossés maçonnés ensablés												
GEO TECHNIQUE	déflexion	400 300 200 100										
	Ancienne chaussée dégradée											
	sol pour plateforme	classification CBR 96h	10-20		10-20		10-20		10-20			
	matériaux pour chaussée	CARRIERES	2		0		0					
GITES		0		0		0						
EMPRUNT		0		0		0						
OUVRAGES	NATURE	Pont	BA		BA		BA					
		Dalot	MM		MM		MM					
		Buse Métallique	BM		BM		BM					
DIMENSIONS		Ø80	Ø120	Ø120	Ø120	Ø80	Ø80	Ø80	Ø80	Ø80	Ø80	
LONGUEURS		7,50m	8,50m	8,50m	8,50m	7,50m	7,50m	7,50m	7,50m	7,50m	7,50m	
ECOULEMENT												
AMENAGEMENT	<b>TERRASSEMENT-CHAUSSEE</b>											
	Desherbage-débroussaillage-décapage	m²										
	déblai	m³										
	remblai	m³										
	abattage d'arbre	u										
	remplacement des bordures de trottoir	ml										
	point-à-temps	m²										
	colmatage des fissures	m²										
	reprofilage de la plateforme											
	démolition de l'ancienne chaussée											
	scarification	m²										
	enlèvement des sables											
	engazonnement des talus de remblai	m²										
	mise en œuvre de couches de fondation	m3										
	mise en œuvre de couches de base GCNT	m3										
nouvelle couche de roulement en BBM	m²											
mise en œuvre des fossés maçonnés	ml											
curage fossés												
reprofilage des accotements												
démolition		Ø80	Ø120	Ø120	Ø120	Ø80	Ø80	Ø80	Ø80	Ø80	Ø80	
exutoire												
curage buse/dalot												
remplacement des buses/dalots		2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	

gabions					
protection d'affouillement					
fouille pour ouvrages	m3	9	10.5	10.5	9
mise en œuvre de batardeaux					

REPERAGE	Bornes kilométriques (km)	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12
	localités, points particuliers													
GEOMETRIE	Tracé en plan													
	profil en long													
	profil en travers													
	largeurs	accotements gauches	m											
	Chaussée	(m)												
	accotements droits	m												
ETAT DE DEGRADATIONS	Affaissements localisés													
	fissuration de corps de chaussées													
	nids de poule													
	tôle ondulée													
	ornière													
	profil en W													
	bourbier													
	Ensablement de la chaussée													
	ravinement													
	fossés en terre bouchés envahis par végétation													
fossés maçonnés ensablés														
GEOTECHNIQUE	déflexion	400												
		300												
		200												
		100												
Ancienne chaussée dégradée														
sol pour plateforme	classification													
	CBR 96h													
matériaux pour chaussée	CARRIERES	2												
	GITES	0												
	EMPRUNT	0												
OUVRAGES	NATURE	Pont	BA											
		Dalot	MM											
		Buse	BM											
	DIMENSIONS													
LONGUEURS														
ECOULEMENT														
AMENAGEMENT	TERRASSEMENT-CHAUSSEE													
	Desherbage-débroussaillage-décapage	m²												
	déviation													
	déblai	m³												
	remblai	m³												
	abattage d'arbre	u												
	remplacement des bordures de trottoir	ml												
	point-à-temps	m²												
	colmatage des fissures	m²												
	reprofilage de la plateforme													
	démolition de l'ancienne chaussée													
	scarification	m²												
	enlèvement des sables													
engazonnement des talus de remblai	m²													
mise en œuvre de couches de fondation	m³													
mise en œuvre de couches de base GCNT	m³													
nouvelle couche de roulement en Es	m²													

OA-OF	mise en œuvre des fossés maçonnés		ml			
	curage fossés					
	reprofilage des accotements					
	démolition				1	1
	exutoire					1
	curage buse/dalot					
	remplacement des buses/dalots			4	4	2
	gabions					
	protection d'affouillement					
	fouille pour ouvrages m3			10.5	10.5	10.5
mise en œuvre de batardeaux						

REPERAG	Bornes kilométriques (km)															
	localités, points particuliers															
	Tracé en plan															
	profil en long															
	profil en travers															
	largeurs	accotements gauches	m													
		Chaussée	(m)													
		accotements droits	m													
	Affaissements localisés															
	fissuration de corps de chaussées															
nids de poule																
tôle ondulée																
ornièr																
profil en W	W															
bourbier																
Ensablement de la chaussée																
ravinement																
fossés en terre bouchés envahis par végétation																
fossés maçonnés ensablés																
déflexion		400														
		300														
		200														
		100														
Ancienne chaussée dégradée																
sol pour plateforme	classification															
	CBR 96h															
matériaux pour chaussée	CARRIERES	2														
	GITES	0														
	EMPRUNT	0														
NATURE	Pont	BA														
	Dalot	MM														
	Buse	BM														
DIMENSIONS																
LONGUEURS																
ECOULEMENT																
TERRASSEMENT-CHAUSSEE	Desherbage-débroussaillage-décapage		m <sup>2</sup>													
	dévi															
	déblai		m <sup>3</sup>													
	remblai		m <sup>3</sup>													
	abattage d'arbre		u													
remplacement des bordures de trottoir		ml														

	point-à-temps		m <sup>2</sup>	
	colmatage des fissures		m <sup>2</sup>	
	reprofilage de la plateforme			
	démolition de l'ancienne chaussée			
	scarification		m <sup>2</sup>	
	enlèvement des sables			
	engazonnement des talus de remblai		m <sup>2</sup>	
	mise en œuvre de couches de fondation		m <sup>3</sup>	
	mise en œuvre de couches de base GCNT		m <sup>3</sup>	
	nouvelle couche de roulement en Es		m <sup>2</sup>	
	mise en œuvre des fossés maçonnés		ml	
	mise en œuvre des fossés en terre			
	reprofilage des accotements			
OA-OF	démolition			1
	exutoire			
	curage buse/dalot			 6  3  3 
	remplacement des buses/dalots			
	gabions			
	protection d'affouillement			
	fouille pour ouvrages			
	mise en œuvre de batardeaux			

ITINÉRAIRE	REPERAG		18 18,5 19 19,5 20 20,5 21 21,5 22 22,5 23 23,5											
		Bornes kilométriques (km)												
	localités, points particuliers													
GÉOMÉTRIE	Tracé en plan													
	profil en long													
	profil en travers													
	largeurs	accotements gauches	m	1,00 1,00 1,00										
	Chaussée (m)		6,50 6,50 6,50											
	accotements droits		m	1,00 1,00 1,00										
ÉTAT DE DÉGRADATIONS	Affaissements localisés													
	fissuration de corps de chaussées													
	nids de poule													
	tôle ondulée													
	ornière													
	profil en W		W											
	boubier													
	Ensablement de la chaussée													
	ravinement													
	fossés en terre bouchés envahis par végétation													
fossés maçonnés ensablés														
GÉOTECHNIQUE	déflexion	400 300 200 100												
	Ancienne chaussée dégradée													
	sol pour plateforme	classification CBR 96h	10-20 10-20 10-20											
	matériaux pour chaussée	CARRIERES GITES EMPRUNT	2 0 0	1										
OUVRAGES	NATURE	Pont Dalot Buse	BA MM BM	2 2 4										
	DIMENSIONS			Ø80 Ø80 Ø80 et Ø120										
	LONGUEURS			7,50m 750m 7,50m										
ECOULEMENT														
AMÉNAGEMENT	<b>TERRASSEMENT-CHAUSSEE</b>													
	Desherbage-débroussaillage-décapage		m <sup>2</sup>											
	déviation													
	déblai		m <sup>3</sup>											
	remblai		m <sup>3</sup>											
	abattage d'arbre		u											
	remplacement des bordures de trottoir		ml											
	point-à-temps		m <sup>2</sup>											
	colmatage des fissures		m <sup>2</sup>											
	reprofilage de la plateforme													
	démolition de l'ancienne chaussée													
	scarification		m <sup>2</sup>											
	enlèvement des sables													
	engazonnement des talus de remblai		m <sup>2</sup>											
	mise en œuvre de couches de fondation		m <sup>3</sup>											
	mise en œuvre de couches de base GCNT		m <sup>3</sup>											
	nouvelle couche de roulement en Es		m <sup>2</sup>											
mise en œuvre des fossés maçonnés		m												
Mise en œuvre des fossés en terre														
reprofilage des accotements														
OA-OF	démolition													
	exutoire													
	curage buse/dalot			6										
	remplacement des buses/dalots			4										
	gabions													
	protection d'affouillement													
	fouille pour ouvrages													
mise en œuvre de batardeaux														