



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ÉCOLE SUPÉRIEURE POLYTECHNIQUE
D'ANTANANARIVO



DEPARTEMENT INFORMATION GEOGRAPHIQUE ET FONCIERE

Mention : Information Géographique et Aménagement du territoire

Parcours : Géomètre - Topographe

**MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER II
EN GEOMETRE TOPOGRAPHE**

**ETUDES TOPOGRAPHIQUES
POUR LA REHABILITATION DU
TRONÇON 3 DE LA ROUTE
NATIONALE SECONDAIRE N°21
DANS LE DISTRICT DE SAINTE-
MARIE (du PK 27+100 au 51+290)**



Présenté par : **RAZAFINDRATSIMBA Tojo Harijaona**

Encadreur Pédagogique : Monsieur **RABETSIAHINY**

Encadreur Professionnel : Monsieur **RANDRIANTSIMBAZAFY Andrianirina**

Promotion 2014



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE
D'ANTANANARIVO



DEPARTEMENT: INFORMATION GEOGRAPHIQUE ET FONCIERE

Mention : Information Géographique et Aménagement du territoire

Parcours : Géomètre - Topographe

**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de MASTER II
en Géomètre Topographe**

**« ETUDES TOPOGRAPHIQUES POUR LA REHABILITATION DU TRONÇON 3
DE LA ROUTE NATIONALE SECONDAIRE N°21 DANS LE DISTRICT DE
SAINTE-MARIE (du PK 27+100 au 51+290) »**

Présenté par : RAZAFINDRATSIMBA Tojo Harijaona

Président du jury : Monsieur RABARIMANANA Mamy

*Chef de département de l'Information Géographique et
Aménagement du Territoire, Maitre de conférences à l'ESPA*

Rapporteur : - Monsieur RABETSIAHINY,
Maitre de conférences à l'ESPA

- Monsieur RANDRIANTSIMBAZAFY Andrianirina,
Maître de conférences à l'ESPA,

Examineur : - Monsieur RAKOTOARISON Max Simon,
Ingénieur Principal Géodésien

- Monsieur ANDRIANARISON Misan'ny Farany Nirina,
Ingénieur Géomètre Topographe

Présenté le 28 Mars 2015

REMERCIEMENTS

L'occasion m'est ici offerte d'exprimer mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à l'achèvement de ce mémoire.

En premier lieu, je remercie le Bon Dieu qui nous a donné autant de force, de santé, de courage et de l'espoir à la réalisation de cet ouvrage.

- Monsieur **ANDRIANARY Philippe Antoine**, Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, pour son attention à assurer le bon fonctionnement de notre école. Que Monsieur le Directeur soit assuré de nos considérations respectueuses.
- Monsieur **RABARIMANANA Mamy**, Chef de Département de la filière Information Géographique et Foncière, pour son dévouement à la recherche de toute amélioration de notre département. Qu'il nous soit permis d'exprimer, Monsieur, l'hommage de notre vive reconnaissance.
- Monsieur **RABETSIAHINY** Maître de Conférences à l'ESPA, encadreur pédagogique de ce mémoire.
- Monsieur **RANDRIANTSIMBAZAFY Andrianirina**, Maître de conférences à l'ESPA, pour son encadrement au cours de la réalisation de ce mémoire, ses conseils, son aide et ses efforts pour me guider durant cette étude ;
- Les membres du jury qui ont bien voulu examiner ce travail et tout le corps enseignant de l'ESPA qui m'a transmis leurs connaissances et leur dévouement acharné.

Nous tenons également à remercier :

- Les enseignants de l'ESPA, notamment ceux du Département IGF ; qui ont fait preuve de compréhension tout au long de notre étude.
- Mes parents et ma famille qui ont toujours été d'un soutien sans faille tant moral que matériel. Que Dieu vous récompense de tout ce que vous avez fait.
- Et à tous mes amis, merci.

ACRONYMES

CBR : Californian Bearing Ratio

ECR : Emulsion Cationique à Rupture Rapide

ECM : Emulsion Cationique à rupture Moyenne

EDC ; Enrobé Dense à Chaud

ESPA : Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo

FED : Fonds Européen pour le Développement

FER : Fonds d'Entretien Routier

FTM : Foiben- Taotsaritanin'i Madagasikara

GB : Grave Bitume

GCNT : Grave Concassée Non Traitée

GTR : Guide de Terrassements Routiers

GPS : Global Positioning System

IGF : Information Géographique et Foncière

LNTPB : Laboratoire National du Travaux Publics et des Bâtiments

LCPC : Laboratoire Centrale de Pont et Chaussée

MS : Matériau Sélectionné

NGM : Nivellement Général de Madagascar

OFID : Fund International Development

OPEP : Organisation des Pays Exportateur de Pétrole

RGM : Réseau Géodésique de Madagascar

RNS : Route Nationale Secondaire

SETRA : Service d'Etude Technique des Routes et des Autoroutes

TN : Terrain Naturel

TTC : Toutes Taxes Comprises

PK : Point Kilométrique

PV : Procès-Verbal

GLOSSAIRES

Polygonation

La polygonation est l'ensemble des opérations qui consistent à mesurer et à calculer une polygonale. Sa précision doit être la maximale possible et indépendante de l'échelle du levé à exécuter. En effet, cette précision dépend de l'exactitude de l'implantation.

Nivellement

C'est l'ensemble des opérations qui permettent de déterminer les altitudes des points du terrain et les dénivelées.

Lever de détails

Le lever de détail est l'ensemble des opérations intervenant dans un lever topographique et consistant à déterminer à partir des points de canevas d'ensemble, polygonale, la position des différents objets d'origine naturelle ou artificielle existant sur terrain. Cette opération consiste alors à suivre le principe fondamental de la topographie : aller de l'ensemble vers le détail.

Implantation

C'est l'opération qui consiste à reporter sur le terrain, suivant les indications d'un plan, la position des objets tels que : bâtiments, axes de route, points isolés dans un but de repérage.

Point géodésique

On appelle un point géodésique un point ayant des coordonnées (X, Y) parfois avec altitude Z appartenant à une projection bien définie et situé dans un lieu repérable, pouvant assurer sa pérennité tels que les bornes, les châteaux d'eau, les clochers, etc.

Fiche signalétique

Chaque point est répertorié dans une fiche signalétique, décrivant : nom et classe, coordonnées, nature (matériaux de matérialisation), croquis montrant l'endroit exact de leur emplacement.

Nivellement indirecte

Ce type de nivellement permet la détermination de dénivelée entre le point de station et un point visé à partir de la connaissance des coordonnées planimétriques de point de station et point visé et de la mesure de l'angle vertical V .

Nord géographique

Le Nord géographique est la direction du méridien du point (ici le centre de la carte) vers le pôle Nord. La différence δ entre le Nord géographique et le Nord de la carte (avec l'axe des y) et la convergence des méridien.

Latitude

On appelle latitude d'un point de la surface terrestre, l'angle que fait en ce point la direction du pôle avec le plan horizontal ; c'est donc la hauteur angulaire du pôle au-dessus de l'horizon. Elle est positive pour l'hémisphère Nord et négatif dans l'hémisphère Sud.

Longitude

En un point de la surface terrestre, est définie par :

- La verticale locale,
- La parallèle à l'axe du monde

Tous les plans méridiens se coupent donc deux à deux suivant une parallèle à l'axe du monde : la latitude est un angle dans le plan méridien. On choisit par un accord international un plan méridien dit méridien origine : le méridien de Greenwich : on appelle longitude d'un point M l'angle de son plan méridien avec le plan méridien origine. La longitude se compte de 0 à 180°, vers l'Est et vers l'Ouest.

Le plan méridien d'un point quelconque ne contient pas en général le centre des masses de la terre, il faudrait pour cela que la verticale intersecte l'axe du monde.

Azimut

L'azimut d'une direction en un point donné est l'angle que fait avec le plan méridien local, le plan vertical contenant cette direction. Le rectiligne de ce dièdre est évidemment un angle du plan horizontal. L'azimut se compte à partir du Sud, dans le sens des aiguilles d'une montre.

Distance zénithale

La distance zénithale d'une direction en un point donné est l'angle de cette direction avec la verticale locale, c'est ainsi que la colatitude est la distance zénithale du pôle. L'Azimut et la distance zénithale sont mesurés avec des instruments nommés théodolites. Par extension on appelle souvent angles azimutaux et zénithaux des angles mesurés respectivement dans le plan horizontal et dans le plan vertical.

LISTE DES SYMBOLES

(X, Y, Z) : Coordonnées cartésiennes géocentriques

Ha : Hauteur d'appareil

Dh : Distance horizontale

Emq: Erreur Moyenne Quadratique

CG : Cercle à gauche

CD : Cercle à droite

mgon : Milligon

Gon : Gon

Lect : Lecture

Cos : Cosinus

Sin : Sinus

G cal : Gisement calculé

G obs : Gisement observé

Ar : Montant en Ariary

PU : Prix Unitaire

Pcs : Pièces

Pers : Personnes

Vr : Vitesse de Référence

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Température – Pluies - Humidité dans le secteur	12
Tableau 2 : Caractéristiques géométriques du tracé en plan et profil en long.....	28
Tableau 3 : Longueur de la clothoïde.....	29
Tableau 4 : Profils en travers-types adoptés	32
Tableau 5 : Liste des brèches avec talus à protéger.....	34
Tableau 6 : Liste des zones de rehaussement	34
Tableau 7: TMJA du poste n°1 Ambatoroa	43
Tableau 8: TMJA du poste n°2 Ambodiatafana	43
Tableau 9: TMJA de base de l'année 2011	44
Tableau 10: Projection du trafic normal.....	45
Tableau 11: Trafic induit projeté.....	45
Tableau 12: Trafic total à l'année de mise en service	46
Tableau 13 : Les caractéristiques du lever de détail	53
Tableau 14 : Tolérances réglementaires	64
Tableau 15 : Affectation des ressources	83
Tableau 16 : Tarif journalier	84
Tableau 17 : Coût total des ressources humaines	84
Tableau 18 : Coût total des ressources matérielles	85
Tableau 19 : Coût définitif du projet	86

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Carte de delimitation administrative de la region Analanjirofo.19

Carte 2 : Carte de localisation du tronçon 3 de la RNS 21 20

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Début du tronçon 3 au PK 27+100 (Lokinty) et Fin du tronçon 3 au PK 51+290 (Ambodiatafana) 15

Figure 2: Cloutage et Macadam lessivés (PK 32+300 et PK 32+850) 16

Figure 3 : Effondrement d'une buse au PK 32+600 16

Figure 4 : Chaussée sur un banc rocheux (PK42+100) 17

Figure 5 : Structure d'une chaussée 23

Figure 6: Nivellement direct..... 52

Figure 7: Station totale LEICA TPS405..... 55

Figure 8: Leica SPRINTER 100..... 56

Figure 9 : Erreur d'excentricité de cercle..... 57

Figure 10 ; Les angles aux sommets..... 59

Figure 11: Gisement..... 60

Figure 12 : Transmission de gisement..... 60

Figure 15: Les trois types des Profil en travers..... 70

Figure 16: Piquetage de proche en proche..... 72

Figure 23: Les différents types de distance..... 78

Figure 24: Correction de courbure 79

Figure 25: Variation du coefficient KK_0 en fonction de n 80

INTRODUCTION

Un réseau de transport fiable dans un pays constitue un élément déterminant pour son développement social et économique, car il facilite la mobilité, les échanges commerciaux, le tourisme, l'accès à l'emploi et aux services sociaux de base et la valorisation des ressources.

La RNS21 étant inaccessible pendant la saison des pluies, cela entraîne l'enclavement et l'isolement d'une partie de la population du district de Sainte-Marie, contribuant ainsi à entretenir la pauvreté.

La RNS21 a ainsi une place très importante sur les développements sociaux et économique. Madagascar a beaucoup de sites touristiques mais mal exploités à cause de la circulation. Dans la partie Est de l'île, on a le parc national d'Analamazoatra à Andasibe, sur la partie Nord-Est dans la région du Cap Masoala, il y a aussi des réserves spéciales dont la végétation offre une attraction inégalable aux visiteurs.

Aussi le seul moyen pour avoir un développement durable de ce District est la réhabilitation de cette route, ceci afin de couper court à une saison morte.

« L'étude topographiques sur la réhabilitation du tronçon 3 de la Route Nationale Secondaire N°21 dans le district de Sainte-Marie », route longue de 24 km, a été effectuée par le Bureau d'Etudes EGISINFRAMAD. Le projet s'intègre dans le cadre du développement des infrastructures sur l'île Sainte Marie, financé par la Banque Arabe pour le Développement Economique en Afrique (BADEA) et le Fonds de l'OPEP (OFID).

Les travaux topographiques nécessaires menés dans le cadre de cette réhabilitation font l'objet de ce présent mémoire.

Ce sujet comporte trois grandes parties :

- Dans la première partie nous aborderons la présentation du projet.
- Ensuite, la deuxième partie sera consacrée aux aspects techniques de l'étude du tracé de projet routier.
- Enfin, la dernière partie consiste à traiter l'étude financière et les études d'impacts environnementaux.

PARTIE I:
PRESENTATION DU PROJET

Chapitre 1 LE RESEAU ROUTIER MALGACHE

Le réseau routier à Madagascar est de faible densité. Bien qu'il soit étendu, il demeure dans un état précaire et très vulnérable aux catastrophes naturelles, en particulier les cyclones. Etant ramifié et non maillé, toute coupure du réseau national entraîne systématiquement l'enclavement de toute une partie du pays.

A. HISTORIQUE DU RESEAU ROUTIER MALGACHE

Le réseau routier de Madagascar est estimé à 25 500 km dont seulement quelques 5000 km bitumés, ces milliers de kilomètres dont la vie des Malgaches dépend. Précisons que ces infrastructures routières sont très peu développées à Madagascar. Certes, quelques routes principales sont goudronnées et en bon état, mais les routes secondaires, qui constituent la majeure partie du réseau routier, sont des pistes qui sont souvent inaccessibles pendant la saison des pluies.

Sur le plan institutionnel malgache, la réalisation de projet d'aménagement, de reconstruction de routes et de construction de pont relève, dans son organisation générale, du Ministère des Travaux Publics (MTP) en tant que maître d'ouvrage. Ce dernier conduit l'ensemble des opérations liées à la libération d'emprise pour le compte de l'Etat Malagasy. L'Autorité Routière de Madagascar (ARM) assure pour le compte du MTP, la Maîtrise d'Ouvrage Déléguée. Outre ses prérogatives techniques, l'ARM veille à promouvoir la meilleure intégration de la dimension environnementale dans les projets d'infrastructures routières. Elle est chargée dans ce domaine de gérer régulièrement la mise en œuvre du Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES). Elle collabore étroitement dans ce sens avec la Direction des Impacts Sociaux et Environnementaux (DISE) rattachée au Secrétariat Général du MTP et ceci particulièrement au niveau du contrôle et du suivi environnemental du projet. La DISE, qui représente la cellule environnementale du Ministère, est la plateforme de concertation des autorités environnementales pour les questions d'harmonisation des pratiques environnementales et sectorielles dans le secteur des Travaux Publics.

B. CLASSIFICATION DES ROUTES A MADAGASCAR

Le réseau routier est l'ensemble des voies de circulation terrestres permettant le transport par véhicules routiers et en particulier, les véhicules motorisés (automobiles, motos, autocars, poids lourds...).

Le type de voirie d'une section du réseau routier détermine le statut de la section considérée et les responsabilités y afférant. Certaines portions du réseau routier sont ainsi utilisables par tous les types de véhicules, d'autres sont réservées aux véhicules immatriculés.

A Madagascar la route est classée en trois grandes catégories :

▪ **Route Nationale :**

- Chef-lieu de Province autonome ;
- Chef-lieu de Province autonome à des chefs-lieux de Région ;
- Chef-lieu de Province autonome à des chefs-lieux Ex Fivondronampokontany suivant ordonnance n° 76 044 du 27 déc. 1976 ;
- Accès aux zones d'intérêt touristique ;
- Route revêtant un caractère stratégique ;
- Route assurant l'intégrité territoriale.

L'aménagement et la réhabilitation incombent à l'Etat. Le financement est pris en charge par le budget général de l'Etat dans le cadre d'un programme pluriannuel adopté par l'Assemblée Nationale.

Le financement de l'entretien est pris en charge par le FER approuvé par le Conseil d'orientation.

▪ **Route Provinciale :**

- Chef-lieu Ex Fivondronampokontany à des chefs-lieux des Communes environnantes
- Piste de désenclavement et de desserte rurale servant de support aux activités agricoles ;
- Piste d'accès à des routes de développement rurale.

L'aménagement et la réhabilitation incombent aux provinces autonomes. Le cofinancement des travaux d'entretien est assuré conjointement par le budget provincial et FER, sur présentation par le Conseil provincial au Conseil d'orientation d'un programme pour approbation.

▪ **Réseau des voies communales**

Routes Communales se trouvant à l'intérieur des collectivités communales à l'exclusion les RN traversant les agglomérations.

Les collectivités communales assurent cependant dans tous les cas la maintenance des dépendances. Le principe de continuité d'entretien à diverses fonctions des réseaux doit être respecté par les deux maîtres de l'ouvrage.

L'aménagement et la réhabilitation incombent aux communes. Le financement est pris en charge par le budget communal dans le cadre d'un programme approuvé par le Conseil

municipal ou communal. Le financement des travaux d'entretien est supporté conjointement par le budget communal et le FER.

Donc la RNS21 est classée dans la Route Nationale Secondaire pour accès aux zones d'intérêt touristique et les entretiens sont à la charge du FER.

C. IMPORTANCE DE LA ROUTE SUR LE DEVELOPPEMENT DURABLE

La route constitue un vecteur économique très important. En effet, la capacité de transporter des biens et des personnes est une condition essentielle de la croissance économique et du développement d'un pays. . Dans le cas du transport de personnes, on constate que l'augmentation du nombre de personnes transportées est similaire à celle du PIB. Pour le secteur du transport de marchandises, la croissance des quantités transportées est même supérieure à celle du PIB. Ces deux situations reflètent le lien étroit qui existe entre l'économie du pays et le secteur du transport: plus l'économie du pays est prospère, plus la demande en déplacements augmente.

Le secteur du transport de personnes et de marchandises génère un grand nombre d'emplois directs. On constate que c'est le transport terrestre qui génère le plus d'emplois. Les services auxiliaires de transport tels que la logistique fournissent une quantité de travail de plus en plus importante.

Le transport routier de marchandises et de personnes génère des recettes publiques très importantes. Celles-ci proviennent des taxes sur les carburants, des taxes sur l'immatriculation des véhicules, des taxes sur la mise en circulation, et de diverses taxes. Elles reprennent également la TVA liée à l'utilisation et à l'achat de véhicules routiers et la TVA sur les services de transport routier.

Chapitre 2 PRESENTATION PROPREMENT DITE DU PROJET

On va d'abord présenter le projet dans sa situation géographique, les conditions socio-économiques et les généralités sur l'île, la description et les objectifs des travaux. L'historique de la RNS21 sera aussi développée jusqu'à bien connaître l'état de la route avant la réhabilitation. Et enfin nous allons localiser la zone d'études.

1.1. PRESENTATION DU PROJET

1.1.1. Situation géographique

L'île Sainte-Marie autrefois nommée Nossi-Ibrahim devenu aujourd'hui en malgache Nosy Boraha (peu usité), est une île de la Région Analanjirifo, dont les côtes sont de 5 à 12 kilomètres des rivages Nord-Est de Madagascar, dans l'Océan Indien. De forme très allongée, elle mesure 49 km de long sur 5 km de large avec une orientation S-SW/N-NE. Au Sud, l'île aux Nattes (2,5 km sur 1,5 km) est séparée de l'île Sainte-Marie par un bras de mer d'environ 400m de large. Un lagon entoure ces deux îles.

1.1.2. Conditions socio-économiques

▪ Agriculture

C'est l'activité principale recensée sur l'ensemble du tracé et qui génère la majorité des emplois et des revenus de la région. On trouve une diversité importante de système de production selon les caractéristiques édapho - climatiques de chaque zone .

La Région Analanjirifo est une Région à vocation agricole. Les 80% des revenus des ménages proviennent principalement des activités agricoles. Elle présente deux (2) types de cultures prédominantes telles que les cultures vivrières (riz, maïs, patate douces, haricots et manioc) et les cultures de rentes (café, girofle, poivre et vanille).

Les élevages des Bovin, Porcin et Volaille sont les plus pratiqués dans la Région Analanjirifo. C'est dans le District de Maroantsetra qu'on a trouvé plus des zébus, dans le District de Vavatenina plus de Porc et dans le District de Mananara Nord plus des volailles.

▪ Pêches et ressources halieutiques

Dans la Région Analanjirifo, il y a trois (3) types de pêches à savoir : pêche industrielle, pêche artisanale et pêche traditionnelle.

- Pêche industrielle : elle est pratiquée surtout par la Société REFRIGEPECHE-EST qui dispose de chalutiers congélateurs et d'installations à terre. Sa zone d'exploitation

- s'étend de la Baie d'Antongil, jusqu'au Sud de Toamasina. Les produits cibles sont les crevettes, les civelles, les langoustes, les poulpes et les anguilles.
- Pêche artisanale : elle se pratique à bord d'embarcation motorisée ; elle s'accompagne des matériels de capture tels que le mini chalut et la ligne pour capturer les crevettes et les petits poissons. La pêche artisanale constitue une occupation à plein temps.
- Pêche traditionnelle : elle est pratiquement associée à d'autres activités agricoles. Les matériels de pêche traditionnelle sont constitués de pirogue à pagaie, filets maillants, lignes, masse et hameçons.

▪ Industrie et Artisanat

Les produits artisanaux sont les chapeaux de paille, les paniers, les nattes, les charrettes, les bêches et les articles destinés aux touristes. Ils sont acheminés au marché de la Capitale. Pour l'artisanat, les matières premières se trouvent à proximité des locaux et sont en quantités suffisantes.

▪ Tourisme

Les régions concernées par le projet recèle de nombreuses potentialités touristiques diverses dont notamment :

- L'île porte de nombreux surnoms dont celui de « l'île-jardin ». Du fait d'un micro climat constant tout au long de l'année, Sainte-Marie possède une luxuriance végétale remarquable;
- Le caractère insulaire du lieu et les particularités du sol corallien ont favorisé diverses adaptations, tant sur le plan animal que végétal, entraînant des inter-relations uniques. Sainte-Marie est ainsi dotée d'une faune et flore très riche ;
- À l'abri des requins, le lagon de l'île de Sainte-Marie est doté d'importantes constructions coralliennes. Sa faune et ses flores sous-marines constituent un patrimoine naturel préservé et un site de plongée de premier ordre dans l'Océan Indien ;
- L'île accueille chaque année pendant l'hiver austral un spectaculaire ballet. D'importants groupes de baleines à bosse migrent depuis l'Antarctique jusqu'au canal de Sainte-Marie, lieu de reproduction idéal.

▪ Transport et infrastructures

Les infrastructures de transport sont composées principalement par :

- la Route Nationale Secondaire 21 reliant le Nord vers le Sud de l'île ;
- un ensemble de routes secondaires et de pistes plus ou moins aménagées ;
- un port maritime qui est aussi en cour de réhabilitation ;
- un aéroport situé à la pointe Sud de l'île.

▪ Santé publique

La santé est l'un des indicateurs pour déterminer le développement d'une Région. Pour la Région Analanjirofo, les centres médicaux publics existants sont :

- Le Centre Hospitalier de District niveau 2 (CHD2) caractérisé par la présence des médecins ;
- Le Centre Hospitalier de District niveau 1 (CHD1) dirigé par un personnel soignant autre que le médecin ;
- Le Centre de Santé de Base niveau1 (CSB1) qui sont des dispensaires ou de poste sanitaire tenus par un personnel soignant autre que médecin.

1.1.3. Conditions générales à Sainte Marie

➤ **Géologie et géomorphologie**

La majorité de la côte orientale de l'île de Sainte Marie de la Pointe Blevec à la Baie d'Ampanihy est protégée par des récifs coralliens de largeur moyenne 1,5 km tandis que sur la côte occidentale ils sont de faible largeur.

On note également quelques brisants sur la côte Ouest au niveau d'Ambodivoahangy à Lokintsy, d'Ankirihiy et la Pointe Nord Ampanisana (Pointe Albrand).

L'île de Sainte Marie est un fragment du socle précambrien injecté d'intrusions sub-volcaniques du crétacé soulevé en horst parallèle aux failles de la côte Est. Ce volcanisme crétacé a donné naissance à de vastes coulées basaltiques et à la mise en place d'un important réseau de filons doléritiques.

De ce fait, elle présente une ligne de relief d'altitude moyenne orientée Nord-Sud qui sépare l'île en 2 zones distinctes Est et Ouest. La frange côtière est plus large à l'Est qu'à l'Ouest. Le plus haut sommet de l'île se situe à Davolo avec une altitude de 121 mètres.

Le sol de couverture dans le secteur est caractérisé par la prédominance de sols ferrallitiques « jaune sur rouge » fortement désaturés, riches en concrétion et en résidus d'altération gibbsitiques.

➤ **Type de sols**

Le sol en place présente une variété de nature et d'aspect selon le degré d'évolution et d'érosion du socle par suite de son instabilité affectée au cours du temps par des mouvements épirogéniques et des alternances de formations marines et continentales.

On note notamment la présence de roches décomposées pouzzolaniques et quartzitiques, de sols limoneux rougeâtres et jaunâtres sur les plateaux et la dominance de sols sableux et alluvionnaires sur les parties basses et le littoral.

➤ Les conditions nautiques sur la Côte Est

Dans sa globalité, la Côte-Est est plate et rectiligne. C'est le type même de la mauvaise côte, le courant qui la longe a fermé les petites baies et a joint les pointes rocheuses par un cordon littoral continu, le résultat en est une plage en ligne droite, sans autres ouvertures que les embouchures des rivières où de fortes barres de sable rendent l'entrée difficile. Le même cas de figure a modelé la côte Ouest de l'île Sainte Marie mais de façon modérée, car à Sainte-Marie, on observe tout de même des petites baies susceptibles d'abriter des installations portuaires.

Concernant les houles, on résume comme suit les données disponibles :

- en dehors des périodes de cyclones, les houles sont essentiellement sous l'influence des alizés du SE,
- il en résulte une houle de caractère semi-permanent. Amplitude significative : 1,35 m, voire un peu moins au Nord de l'île,
- la houle est rarement forte, elle ne dépasse 3 mètres que pendant 2% du temps,
- les houles se maintiennent toute l'année. Il se produit un renforcement des houles pendant la saison des alizés en hiver austral,
- les houles sont d'assez grande longueur d'onde ($T = 10$ à 12 secondes),
- la direction de la houle varie de NE à SE. La direction NE se rencontre pendant la saison fraîche (à partir de Juillet),
- en période de cyclones, on peut rencontrer des houles de 10 mètres d'amplitude,
- L'île de Sainte Marie, vis-à-vis des houles venant du large, constitue un obstacle occasionnant des phénomènes de diffraction des ondes qui se propagent continuellement dans la zone intercontinentale.

➤ Les Marées – Courants de marée – courant générale

Les marées à MADAGASCAR sont globalement semi-diurnes mais présentent parfois une inégalité diurne sur la côte Ouest, l'amplitude est de l'ordre de 3 à 4 mètres tandis que sur la côte Est-elle est très faible (environ 1,00 mètre).

L'heure de la pleine mer est sensiblement la même partout, sauf dans les goulets et les estuaires - les courants de marée (flots et jusants) sont faibles et masqués par les courants généraux.

Les courants généraux présentent une allure générale tournant autour de l'île, dans le sens d'une aiguille d'une montre, sauf sur la côte Nord – Est où ils portent au Nord – Ouest. Ces courants peuvent atteindre 1,5 nœud.

Ainsi donc, en ce qui concerne le secteur du projet, on peut retenir les hypothèses suivantes :

- **Marées**
 - Marées du type Semi-diurne

- Amplitude des marées d'origine astronomique voisine de 1 m
- Hauteurs Pleine mer : PHMVE 1.03
PBLVE 0.36
- Hauteurs Basse mer : PHMME 0.80
PBMME 0.54
- Le niveau zéro hydrographique (0.00) est celui des plus basses mers possibles.

- **Houles**

Une étude de houles a été faite à Toamasina du 01/09/1954 au 31/08/1956 soit durant deux années consécutives.

Il en résulte que :

- la direction la plus fréquente est E – ¼ - SE ;
- la classe des amplitudes les plus fréquentes est de 1 – 1,5 m ;
- les houles de 3 à 4 m présentent des fréquences notables ;
- des houles supérieures à 8 mètres peuvent avoir lieu en période de cyclones.

- **Courant**

- ≈ Les courants de marées (courants de jusant et de flot) sont faibles ;
- ≈ Pendant la saison des alizés de SE, le courant porte au Nord ;
- ≈ En mousson de NE le courant porte au Sud ;
- ≈ Près de la côte, le courant est très sensible à l'action du vent et change de direction peu après le changement du vent.

➤ Situation climatique

L'île Sainte Marie est classée dans la zone tropicale humide d'après le découpage régional climatique de Madagascar, établi en fonction de la hauteur annuelle des précipitations, la température moyenne du mois le plus frais, l'altitude et le nombre de mois dans l'année où la pluviosité est nulle.

Elle est caractérisée par :

- ≈ Des précipitations annuelles moyennes supérieures à 1 500 mm et pouvant atteindre ou dépasser 3 306 mm ;
- ≈ Une température moyenne annuelle comprise entre 20°C et 25°C, la température moyenne du mois le plus frais reste supérieure à 14°C ;
- ≈ Les saisons sont peu contrastées, en saison sèche la quasi-totalité des précipitations mensuelles dépassent 1000 mm ;
- ≈ Une forte humidité atmosphérique ;
- ≈ Une forte nébulosité ;

- ≈ L'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne est comprise entre 900 et 1 300 mm ;
- ≈ Il n'y a aucun mois écologiquement sec, les pluviosités maximales se placent en Février –Mars ;
- ≈ La période de Décembre à Avril est copieusement arrosée par des averses brutales érosives et par des pluies cycloniques génératrices d'inondations ;
- ≈ De Mai à Novembre, il y a une baisse de la pluviométrie, pluies modérées presque journalières qui pénètrent bien le sol ;
- ≈ La période Septembre – Novembre est relativement la plus sèche et la mieux ensoleillée ;
- ≈ Les sols restent toujours pratiquement saturés. L'ETR est voisine de l'ETP. L'indice global d'humidité selon la formule de « THORNTHWAITE » est supérieur à 100.

- **Vent**

Le centre d'action principal qui exerce son influence d'une manière quasi-permanente sur Madagascar est l'anti-cyclone subtropical de Sud-Ouest de l'Océan Indien. Il dirige sur l'île des masses d'air généralement tièdes et humides en surface animées d'un mouvement de secteur Est (Alizé).

Le courant franchement Est-Ouest sur les Mascareignes se scinde en 2 branches aux abords de la côte orientale malgache. En moyenne, le partage entre les 2 branches de l'alizé s'opère entre Vatmandry et le Cap Masoala.

Entre ces 2 stations, l'alizé est presque perpendiculaire toute l'année à la ligne des rivages d'où les maxima observables dans l'île de Sainte Marie qui constitue un noyau de forte pluviosité pouvant atteindre 3200 mm.

Il donne également pendant la saison fraîche des vents de secteur Sud-Ouest le matin, Sud l'après-midi et pendant la saison chaude des vents de secteur Sud-Ouest le matin et Nord-est l'après-midi.

Les cyclones tropicaux, phénomènes estivaux essentiellement, peuvent apporter des trombes d'eau sur les régions qu'ils touchent. Les secteurs les plus exposés sont les régions côtières orientales au Nord de Mananjary.

La zone de Sainte Marie est très exposée aux cyclones tropicaux qui peuvent causer de très lourds dégâts. Le dernier cyclone qui a frappé l'île Sainte Marie en février 2008 est le cyclone IVAN.

- **Relevés météorologiques**

Les relevés météorologiques pour l'île Sainte Marie sont les suivants :

- Température moyenne du mois le plus frais : 14,5 °C ;

- Température moyenne le plus chaud : 35,2 °C ;
- Pluies moyennes annuelles : 3200 mm ;
- Nombre de mois sec/an : aucun ;
- Hygrométrie moyenne : 84 %.

Tableau 1 : Température – Pluies - Humidité dans le secteur

Mois		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Extrême
Température (°C)	Max	34,7	35,6	32,2	31,4	30,1	27,7	26,8	26,5	27,8	29,8	30,8	32,3	35,2
	Min	20,7	21,1	20,6	19,3	17,2	14,5	15,5	14,6	15,0	15,8	17,6	18,8	14,5
Pluviométrie	Moyenne (mm)	400	400	500	400	300	300	250	200	200	100	150	300	
	Nombre de jours avec pluie > 1 mm	20	20	20	20	20	20	20	20	15	15	15	20	
Humidité relative moyenne (%)		83	83	85	85	84	84	85	83	81	80	80	82	84

Source : MTPM 2010

➤ Végétation

Caractéristiques pédologiques

Le sol et le sous-sol interviennent principalement par leur perméabilité, les zones perméables ont une grande aptitude au ruissellement superficiel. Toutefois, la pluie à Madagascar étant saisonnière, les gros orages ou cyclones succèdent généralement à d'autres épisodes pluvieux. De ce fait, on peut supposer que les bassins sont déjà plus ou moins saturés lorsque les averses de crues se produisent.

Le sol de couverture dans le secteur est caractérisé par la prédominance de sols ferralitiques « jaune sur rouge » fortement désaturés, riches en concrétion et en résidus d'altération gibbsitiques. Le sous-sol est classé « très perméable ».

La majorité de la côte orientale de l'île de Sainte Marie de la Pointe Blevec à la Baie d'Ampanihy est protégée par des récifs coralliens de largeur moyenne 1,5 km tandis que sur la côte occidentale, ils sont de faible largeur.

On note également quelques brisants sur la côte Ouest au niveau d'Ambodivoahangy à Lonkinty, d'Ankirihiy et la Pointe Nord Ampanisana (Pointe Albrand).

Formations végétales

La végétation actuelle est certainement bien loin de ressembler à ce que serait la végétation climatique.

En effet, sur une grande partie de l'île, la végétation primitive forestière très riche en espèces endémiques a disparu. Elle se trouve remplacée par une végétation graminéenne ou pauvrement arbustive. On attribue généralement la responsabilité de ces faits à l'homme par les défrichements, les feux de brousse qui ont fait reculer le domaine forestier.

L'environnement végétal de l'île est caractérisé par :

- 2 grandes zones de forêt dense humide sempervirente, forêt primaire de basse altitude : la forêt de Kalalao et de Pointe Albrand. Ce type de forêt est toujours verte, comporte une haute futaie de 25 à 30 m formée de plusieurs strates entremêlée de lianes. Les épiphytes, fougères et orchidées sont nombreuses,
- 4 zones de forêt secondaire de dunes, littorale : Ampanihy, Ambohidena et Ankarena-Ankoalamare,
- la savane, une formation végétale dégradée résultant des feux de brousse ou « tavy » se présente sous la forme d'une végétation dense, basse formée d'essence héliophiles à croissance rapide. La flore des zones de savane est riche en bambous, en espèces ligneuses ou arbustives, c'est le domaine d'élection du Ravinala ou « arbre du voyageur ».

➤ **Etude Hydraulique**

La présente étude hydraulique fait suite à l'étude hydrologique exécutée dans le cadre de l' « Elaboration du schéma directeur des infrastructures de transport à Sainte Marie - Etude de factibilité et études détaillées de la Route RNS 21 ».

Dans le cadre de l'exécution de cette étude hydraulique, des levés topographiques ont été réalisés directement sur le terrain pour chacun des ouvrages pour la détermination de la file d'eau, de la pente et des débouchés hydrauliques.

Dans leur ensemble, les lits des rivières étudiées présentent la même morphologie. En effet, ils sont souvent rectilignes et réguliers et les lits majeurs ne se présentent pas d'une façon très nette car ils se confondent plutôt aux vals d'inondation.

1.1.4. Description des travaux

Ce présent document a pour objet la description des travaux topographiques nécessaires à l'aménagement du tronçon 3 de RNS21 entre AMBODIATAFANA et LONKINTSY dans la district de Sainte Marie Région Analanjirofo.

- de présenter un rendu des travaux topographiques réalisés à l'échelle 1/2.000ème en longueur et 1/200ème en hauteur sous forme de tracé en plan, de profil en long et de profil en travers ;
- de confirmer et peaufiner l'étude hydrologique et hydraulique existante et ce à partir des levés topographiques de détails réalisés lors de l'actualisation ;

1.1.5. Objet des travaux

Le projet a pour objectifs l'accessibilité à un réseau de transport adéquat de toutes les régions clés à fortes potentialités de croissance économique. La construction d'un nouveau réseau de transport avec les infrastructures routières connectant toutes les régions à fortes potentialités de croissance économique ainsi que le désenclavement de l'île par la réhabilitation des infrastructures de transport routières, la contribution au développement économique et social de la zone du projet ainsi que l'amélioration du cadre de vie et la réduction de la pauvreté des populations de la zone du projet.

Le présent mémoire a pour objet d'aménagement d'une route plus proche du littoral Ouest de l'île Sainte Marie.

1.2. HISTORIQUE DE LA ROUTE RNS 21 SAINTE-MARIE

La RNS 21 est la seule Route Nationale qui traverse l'île de Sainte Marie et assure la liaison entre le Nord et le Sud. Elle traverse dans un premier temps la plaine côtière jusqu'à Ambodifotatra puis longe à flanc de colline le long du littoral Ouest jusqu'à Ambatorao pour enfin rejoindre Ambodiatafana sur la côte Est par un tracé en déblai.

Le projet s'intègre dans le cadre du développement des infrastructures sur l'île de Sainte Marie financé par la Banque Arabe pour le Développement Economique en Afrique (BADEA) et le fonds de l'OPEP (OFID) comprenant :

- la construction en route bitumée du tronçon 3 de la RNS 21 : PK 27+100 (LOKINTSY) au PK 51+290 (AMBODIATAFANA) sur 24.190 km ;
- la reconstruction du tronçon 1 Bis : Digue Belle vue et digue Ilot Madame, ainsi que la construction des 5 ponts existants du PK 9+750 (début de la digue belle vue) au PK 10+650 (Fin de la digue Ilot Madame) sur 900 m environ.

1.3. ETAT DE LA ROUTE AVANT REHABILITATION

Dans le cadre du démarrage de la Mission, on a été effectuée une visite des divers sites du projet.

Cette visite a permis de reconnaître le tracé, de relever de l'état de la route du tronçon 3 à aménager et de prendre connaissance des problèmes spécifiques par le relevé des multiples dégradations de la plate-forme, l'examen des ouvrages existants, les observations liées à la qualité du drainage longitudinal et les protections de la route à envisager.

Le tronçon 3 long de 24,190 km et objet du présent contrat débute au PK 27+100 de la RNS 21 (Fin de la route bitumée) à Lokintsy et se termine au PK 51+290 à Ambodiatafana. C'est une route en terre en assez mauvais état, rendant ainsi difficile la traficabilité de la route.

Le tronçon suit un tracé sinueux. Il longe le littoral Ouest de l'île à flanc de colline avec une succession de profils mixtes à remblai et talus de déblai à grande hauteur jusqu'au PK 45+018 (Ambatorao) où le tracé commence à traverser une zone de haut plateau avec des profils souvent en déblai et quelques passages en remblai jusqu'à Ambodiatafana sur le côté Est de l'île et fin de projet.



Figure 1 : Début du tronçon 3 au PK 27+100 (Lokintsy) et Fin du tronçon 3 au PK 51+290 (Ambodiatafana)

Les premiers kilomètres du tronçon 3 de la RNS 21 sont assez difficiles à circuler. Les sections à forte pente avec empièvements par cloutage ou macadam ont été lessivées. Les matériaux ont perdu leur cohésion et rendent ainsi la circulation difficile. La chaussée présente parfois des ravinelements longitudinaux.



Figure 2: Cloutage et Macadam lessivés (PK 32+300 et PK 32+850)

Par ailleurs, à plusieurs endroits surtout dans les zones où le niveau de la route n'est pas très élevé par rapport à la mer (du PK 28+326 au PK 34+400), une partie de la route a été emportée par la mer. Des remblais sont donc à prévoir pour protéger la route sur ces zones entraînant que le rehaussement de la ligne rouge.

En plusieurs endroits, la route menace d'être coupée à cause de l'effondrement ou de l'érosion d'un ouvrage de traversée. La circulation des véhicules au niveau de ces endroits se font alors sur une demi-chaussée.



Figure 3 : Effondrement d'une buse au PK 32+600

Un point assez délicat au niveau du tronçon se trouve au niveau du village d'Ilanivato où un banc de bloc rocheux constitue la chaussée du PK 41+675 au PK 41+860. La largeur de la route y est très réduite et rend très difficile le croisement des véhicules. Ce point fera l'objet d'une attention particulière lors de l'actualisation de l'étude aussi bien en ce qui concerne la largeur de chaussée à adopter que de la structure de chaussée à envisager.

Nous avons noté aussi l'existence des ponts provisoires en bois au droit de certaines buses ou dalots effondrés.



Figure 4 : Chaussée sur un banc rocheux (PK42+100)

A deux endroits du tracé, la plateforme est constituée de sable cru (au PK 40+252 et PK 50+940).

Il est à noter qu'une partie du tracé à partir du PK 35+000 a reçu des travaux de reprofilage de la plateforme. Ces travaux ont été faits dans le cadre de l'action « Vie Contre Travail » entreprise par l'ONG CARE International en utilisant le système HIMO. Ces travaux ont permis d'améliorer la traficabilité de la route sur le tronçon 3.

Aucune zone de borbier n'a été constatée lors de la visite de reconnaissance du tracé.

Actuellement, le temps de parcours des 24,190 km du tronçon 3 avec un véhicule 4x4 est de 1h30. Ce qui nous donne une vitesse moyenne de 16,50 km/h.

Le trafic sur ce tronçon est faible compte tenu de l'état de la route. Pendant notre visite du tronçon (demi-journée), on n'a croisé que 8 véhicules motorisés dont 5 véhicules tout terrain, 1 camion de moyen tonnage et 2 motos.

D'une manière générale, la route dans son état actuel ne répond pas aux normes géométriques d'une route nationale. En effet, la largeur moyenne de la chaussée sur l'ensemble de l'itinéraire est de 3,50 m et le tracé est bien souvent moyennement sinueux à sinueux. Sur certaines sections, la largeur d'emprise peut être même réduite à 2,50 m.

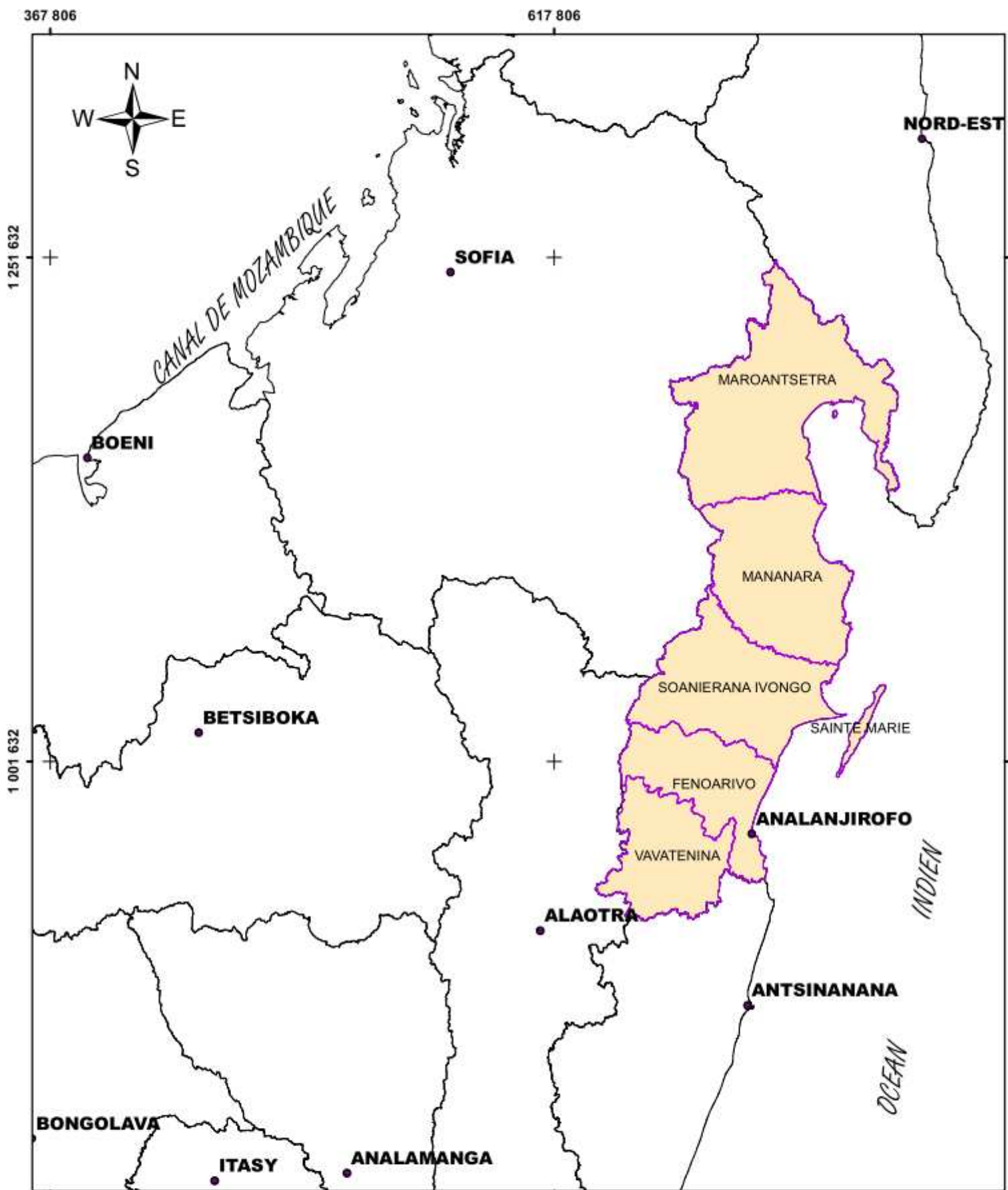
Au niveau du drainage, on a constaté que des fossés (en terre ou parfois maçonnés) existent mais sont généralement bouchés ou envahis par la végétation.

1.4. LOCALISATION

La zone d'étude se situe dans la Région Est de Madagascar connue sous le nom Antsinanana plus précisément dans la District de Sainte-Marie Région ANALANJIROFO. La RNS21 traverse l'île Sainte-Marie du Sud vers le Nord. Topographiquement, la zone d'étude est située sur le long de littoral ouest de cette petite île.

Au niveau climatique, la zone est caractérisée par un régime tropical humide de saison pluvieux allant du mois d'Octobre au mois d'Avril et de saison sèche de Mai à Septembre. La température moyenne annuelle est de 24°C, les plus fortes chaleurs sont enregistrées en Décembre et Février, avec une moyenne des maxima autour de 27°C. La moyenne des minima se situe autour de 17°, entre Juillet et Septembre. En tout lieu et toute saison, l'humidité atmosphérique oscille, en journée, entre 71 et 80%.

DELIMITATION ADMINISTRATIVE DE LA REGION ANALANJIROFO



Legende

- Chef Lieu de Region
- REGION ANALANJIROFO
- Limite Region
- Limite District

Carte 1 : Carte de localisation du tronçon 3 de la RNS 21



Source : BD 100 FTM

CONCLUSION PARTIELLE

Le développement durable repose sur trois piliers, à savoir l'économie, le social et l'environnement. Le concept de route durable prend également appui sur ces trois niveaux fondamentaux. En effet, toute voirie existante ou à créer entraîne obligatoirement des modifications positives et négatives au niveau social (accessibilité de l'espace, insécurité routière, etc.), environnemental et économique.

**PARTIE II: ASPECT
TECHNIQUE DE L'ETUDE DU
TRACE DE PROJET ROUTIER**

Chapitre 3 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA ROUTE

I. DESCRIPTION DE LA SUPERSTRUCTURE

La superstructure est constituée essentiellement par :

- La chaussée
- L'accotement
- Les ouvrages d'assainissements
- Les équipements de sécurité

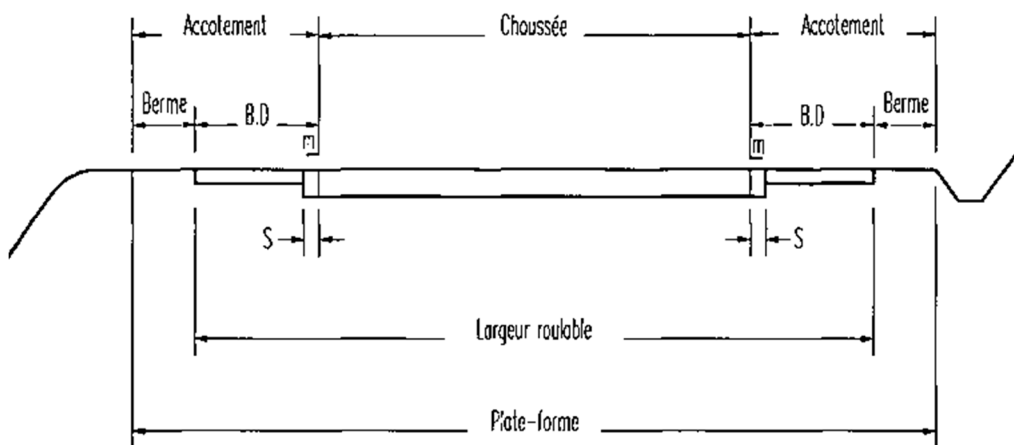


Figure 5 : Structure d'une chaussée

La chaussée : surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules

L'assiette : surface du terrain réellement occupée par la route

Plate-forme : surface de la route qui comprend la chaussée et les accotements

Accotement : zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée

Emprise : partie du terrain qui appartient à la collectivité et affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances.

1.1. La chaussée

La structure des chaussées est généralement composée d'une couche de forme, d'une couche de fondation et d'une couche de base. La chaussée sera recouverte d'un revêtement en béton bitumineux.

La largeur de chaussée est la surface revêtue de la route sur laquelle roulent normalement les véhicules. La valeur de largeur de chaussée doit être retenue en fonction du type de véhicules circulant ou attendus sur l'itinéraire et des vitesses prévues.

En pratique, la plupart des véhicules légers n'excèdent pas les largeurs suivantes:

- | | |
|-----------------------------------|-------------|
| ⇒ Véhicule le plus léger : | 1.70 mètres |
| ⇒ Véhicule de type « monospace »: | 1.90 mètres |
| ⇒ Véhicule 4x4 : | 2.20 mètres |
| ⇒ Camping-car: | 2.30 mètres |

La largeur des voies est de 3.50m pour les routes principales neuves en rase campagne. Celle-ci peut être réduite à 3m en cas de contrainte de site et lorsque le volume de circulation est faible.

Sur les routes en relief difficile, la largeur peut être inférieure à 3m et les accotements sont carrément supprimés. Cette section risque d'être accidentogène, à moins qu'on ne mette pas en place des dispositifs obligeant les usagers à réduire leur vitesse. Il faut éviter de donner à l'usager le sentiment d'une chaussée trop large favorisant les vitesses excessives. Sur des sections de tracé monotone, l'implantation d'une bande sonore entre la chaussée et la zone de récupération peut également s'avérer intéressante.

Les accotements se construisent sur des routes en rase campagne. Ils délimitent la chaussée en permettant l'évacuation des eaux et en assurant la circulation des piétons et le stationnement des véhicules en panne ou en repos.

1.2. L'accotement

L'accotement comprend une partie dégagée de tout obstacle appelée bande dérasée, généralement bordée à l'extérieur d'une benne engazonnée. Le terme bande dérasée désigne, dans ce point c), la bande dérasée située à l'extérieur de la chaussée (côté accotement) et non l'éventuelle bande dérasée de gauche qui ne fait pas partie de l'accotement et qui est traitée au point d).

Sur l'accotement et au-delà, dans une zone dite "zone de sécurité", il est primordial d'exclure tout obstacle agressif (plantation de haute tige, support JIRAMA ou autres concessionnaires, tête de buses et ponceaux non protégés, etc.), et d'éviter les fossés profonds.

- **La zone de sécurité**

La largeur de cette zone de sécurité vaut, à compter du bord de chaussée :

- 4 m en aménagement de routes existantes,
- 7 m en aménagement neuf, ou en cas d'implantation d'obstacles nouveaux sur une route existante, (2 ou 3 voies de type T ou R, 2 x 2 voies de type R),
- 8,50 m dans le cas particulier de routes à 2 x 2 voies de type R limitées à 110 km/h.

- **La zone de récupération**

La bande dérasée est constituée, à partir du bord géométrique de la chaussée :

- d'une surlargeur de chaussée, de structure identique à la chaussée elle-même, d'une largeur de 0,25 m dans le cas général, et qui porte le marquage de rive,
- d'une partie stabilisée (2) ou revêtue (pouvant supporter le passage occasionnel d'un poids lourd).

Les fonctions principales de la bande dérasée sont les suivantes :

- permettre la récupération de véhicules déviant de leur trajectoire normale. C'est en ce sens qu'elle peut être qualifiée de "zone de récupération",
- permettre l'évitement de collisions "multi-véhicules" en autorisant des manœuvres d'urgence de téléport latéral sur l'accotement (cas des collisions liées au tourne-à-gauche, ou au dépassement),
- permettre aux piétons et éventuellement aux cyclistes de circuler en sécurité. Le revêtement de la bande dérasée devient impératif si celle-ci doit assurer cette fonction pour les cycles sans moteur;
- permettre l'arrêt d'un véhicule,
- et faciliter les opérations d'entretien de la chaussée et de ses dépendances.

À défaut, à condition que la bande dérasée reste libre de tout obstacle ou équipement, on peut envisager d'isoler ces dispositions agressives par des dispositifs de retenue.

On entend par là une zone constituée de matériaux propres convenablement compactés, correctement nivelée et dépourvue de toute végétation.

Le revêtement de la bande dérasée assure une sécurité meilleure que sa simple stabilisation et permet surtout de garantir la permanence dans le temps des qualités de sécurité de l'accotement (pas d'accotement, pas de saignées, pas de différence de niveau entre la chaussée et l'accotement).

L'entretien est en outre simplifié. Lorsque la bande dérasée est revêtue, il est souhaitable de rechercher un contraste suffisant pour marquer une différence visible avec la surface de la chaussée. Dans certains cas, il peut être intéressant de prévoir à proximité immédiate de la chaussée une bande un peu plus (ou un peu moins) sonore que la chaussée (stripage, marquage à protubérances) pour alerter les usagers sortant de la chaussée ; mais sur la plus grande partie de la bande dérasée, la surface doit être assez confortable pour les catégories d'usagers qui ont à y circuler.

1.3. Les assainissements

➤ Drainage

Le drainage permet l'évacuation rapide des eaux de ruissellement superficiel. La couche de surface doit être suffisamment bombée pour assurer une bonne évacuation des eaux de pluie. Et sur les bords de la chaussée doivent exister des fossés soit en terre soit des caniveaux. Il est fortement recommandé de mettre des caniveaux pour la zone de forte pente et pour la zone où il y a des bassins versants car si on met des fossés en terre à cet endroit, cela risquera de les détruire facilement.

➤ Evacuation des eaux

Le choix et le dimensionnement de ces ouvrages sont faits en tenant compte des précipitations prévisibles, des caractéristiques géométriques et physiques de la route et des contraintes de sécurité.

1.4. Equipements de sécurité

Les équipements de sécurité routière peuvent se regrouper en 3 catégories. Il s'agit de glissières de sécurité, des ralentisseurs de vitesse, des garde-corps.

- Les glissières de sécurité sont des dispositifs métalliques de protection placées en bordure d'une chaussée pour empêcher la sortie des véhicules. Elles permettent aussi de lutter contre le dérapage des véhicules en virage ou en zone de remblais, de les bloquer et de les ramener sur la chaussée
- Les ralentisseurs de vitesse sont des dispositifs que l'on place sur la chaussée pour permettre de diminuer la vitesse en cas de modification du tracé et la largeur de la chaussée, exemple ponts et dalots et aussi en entrant de quelques zones comme des écoles, des hôpitaux.
- Les garde-fous ou garde-corps sont construits sur les ouvrages d'art (ponts et dalots) pour assurer la sécurité des piétons et des véhicules pour qu'en cas d'accident, les véhicules ne tombent pas dans les ravins et ne causent pas davantage de victimes.

II. DEFINITION DES SCHEMAS D'AMENAGEMENT

II.1 Caractéristiques géométriques

La route projetée comportera les caractéristiques géométriques dont certaines ont été définies clairement dans les termes de référence soient :

- largeur de chaussée : 4,50 m (sauf au droit de certains tronçons spécifiques où la largeur pourra être réduite à 4,00 m voire au besoin à 3,50 m)
- accotements : variable de 0.50 à 1.00 m
- pente transversale du revêtement : 2,5 ou 3%

- pente transversale des accotements : 4 %
- pente des talus en remblais : 3/2
- pente des talus de déblais : 1/3
- profondeur minimale des fossés longitudinaux : 50 cm
- vitesse de référence : 60 km/h

D'autre part, dans le cadre du dimensionnement des solutions de renforcement ou/et de reconstruction, l'essieu de 13 tonnes est pris comme essieu de référence.

Afin d'assurer la circulation dans les deux sens sans entraves majeures, il sera prévu des refuges de largeur maximale de 2,00 m, aménagés en quinconce sur tout le linéaire de la route.

Les traversées des villages pourront par ailleurs nécessiter des actions spécifiques à étudier sur la base des levés topographiques projetés et des contraintes liées aux constructions limitrophes.

Le tracé confirmé de la route sera étudié au bureau conformément aux normes géométriques d'aménagements routiers en vigueur dans le pays et à l'aide des documents topographiques au 1/2000ème en tenant compte des indications données par la géotechnique et des impératifs créés par les ouvrages hydrauliques (d'assainissement et de franchissement).

II.2 Vitesse de référence

Les Termes de Référence prévoient pour le projet une vitesse de base de 60 km/h qui pourrait être limitée à 40 km/h dans les zones plus difficiles.

Ainsi pour l'étude de la RNS21, il a été adopté en ce qui concerne la vitesse de projet un « intervalle de vitesse de projet » (limite supérieure et limite inférieure) pour chaque classe de route.

Avec le terme «intervalle de vitesse de projet », on entend le champ des valeurs de base auxquelles il doit être défini les caractéristiques des différents éléments du tracé routier (alignement droit, courbes circulaires, courbes à rayon variable, etc.).

La limite supérieure représente la vitesse qu'un véhicule isolé ne peut pas dépasser, avec les marges de sécurité assignées, étant donné les caractéristiques de la chaussée ou bien la vitesse maximale compatible en alignement droit avec laquelle est vérifiée la distance de visibilité.

La limite inférieure représente la vitesse utilisée pour la conception des éléments plano-altimétriques plus restrictifs (rayon minimum de la courbe circulaire, paramètre minimum de la courbe à rayon variable etc.).

Pour une route aux caractéristiques similaires à celle du projet, la norme en vigueur fixe la limite supérieure à $V_{pmax} = 60\text{km/h}$ et la limite inférieure à $V_{pmin} = 40\text{km/h}$.

La définition de ces limites est d'une importance fondamentale car elles conditionnent profondément les caractéristiques plano-altimétriques de l'axe routier.

L'axe du projet et la ligne rouge ont été étudiés sur les plans topographiques au 1/2000ème. Bien entendu, l'étude de l'axe en plan n'a pas été dissociée de celle du profil en long et plusieurs essais avec le terrain naturel ont été au besoin effectués, en cas de changements justifiés, afin d'optimiser le meilleur tracé en plan en fonction de critères tels que :

- homogénéité des caractéristiques afin d'éviter les points singuliers ;
- amélioration de la visibilité et de la sécurité ;
- économie sur les terrassements et équilibre remblai/déblai ;
- utilisation des possibilités de drainage naturel, etc.

Le tableau ci-après reprend les caractéristiques géométriques du tracé en plan et du profil en long associées à ces vitesses de référence.

Tableau 2 : Caractéristiques géométriques du tracé en plan et profil en long

Vitesse de référence		Vr = 40 Km/h	Vr = 60 Km/h	
TRACE EN PLAN	Dévers maximal (%)		7	7
	Rayon en plan (m)	Minimal absolu (dévers 7 %)	40	120
		Minimal normal (dévers 5 %)	120	240
		Au dévers minimal (dévers 2,5%)	250	450
		Non déversé	400	600
PROFIL EN LONG	Déclivité maximale en rampe (%)		8	7
	Rayon en angle saillant (m)	Minimal absolu	500	1 600
		Minimal normal	1 600	4 500
	Rayon en angle rentrant (m)	Minimal absolu	700	1 500
		Minimal normal	1 500	2 200

Source : EgisInframad

Les calculs des éléments géométriques en plan, en profil en long, seront établis automatiquement sur ordinateur.

II.3 Tracé en plan et profil en long

Le tracé proposé est le résultat d'un compromis entre les exigences suivantes:

- Respect des TDR selon lesquels le tracé doit «épouser au maximum le tracé existant» ;
- Mise en place de caractéristiques en plan et en profil en long les meilleures possibles, coordonnées entre elles et homogènes sur des tronçons suffisamment longs ;
- Obtention de distances de visibilité compatibles avec la sécurité de l'utilisateur ;
- Optimisation économique (volumes de terrassement «raisonnables», drainage transversal simplifié par de légers remblais sauf au droit des ouvrages hydrauliques importants imposant des remblais plus conséquents), épaisseur des structures de chaussées compatible avec les valeurs CBR attendu du terrain en place, etc.) ;
- Respect des points de passage imposés : Ouvrages d'Art, villages, etc.

II.3.1 Tracé en plan

Sur le tronçon 3 de la RNS 21, le projet épouse le tracé de la route actuelle, sauf au droit des zones de brèches existantes en bordure de mer où le tracé a été décalé vers le côté déblai.

Dans les montées en site montagneux et de déblais de grande hauteur ou rocheux, le projet a recours aux caractéristiques minimales de la catégorie ; voire pour certaines zones leur caractère difficile justifie l'application de caractéristiques géométriques inférieures aux caractéristiques minimales de la catégorie.

Raccordements progressifs

L'utilisation de raccordements progressifs pour introduire les courbes répond à deux objectifs:

Tableau 3 : Longueur de la clothoïde

Profil en travers	Longueur de la clothoïde
Route à 2 voies	Inférieure (6R 0.4, 67m)

- ★ faciliter la manœuvre de virage en permettant au conducteur d'exercer une force constante sur son volant sans à-coups
- ★ permettre d'introduire progressivement le dévers et la courbure.

La longueur de ces raccordements est limitée afin de faciliter l'appréciation de la courbe finale par l'utilisateur notamment en cas de faible rayon.

Cet élément permet également la transition entre deux dévers transversaux différents (condition de gauchissement) et permet d'intégrer dans le temps les variations d'accélération transversale (condition de confort dynamique). Le respect des longueurs ci-dessus permet un respect de ces deux conditions.

Dans le cas de routes en relief difficile, la réduction de longueur voire la suppression des raccordements progressifs peut être envisagée. Dans ce cas, la variation du dévers débutera dans l'alignement droit en évitant d'empiéter sur la courbe.

Principes d'enchaînements

Le code de la voirie routière a imposé le principe de l'homogénéité des caractéristiques en matière de déclivité et de rayon des courbes.

L'expérience acquise a permis d'édicter quelques principes à retenir par les concepteurs routiers en ce qui concerne les enchaînements des éléments géométriques du tracé en plan : Pour les routes interurbaines bi-directionnelles :

- ★ les faibles rayons sont néfastes au confort de l'utilisateur et à la sécurité à l'extrémité d'un alignement droit,
- ★ trop de grands rayons nuisent à la sécurité des dépassements tout en favorisant les vitesses élevées. Il est préférable de recourir à des alignements droits (50 % du linéaire pour dépassement ou implantation de carrefours) et des courbes moyennes,
- ★ une courbe à faible rayon après une succession de grands rayons pose des problèmes de sécurité dans la mesure où l'utilisateur s'attend à une certaine homogénéité sur l'itinéraire. L'ARP[1] préconise par exemple de respecter entre deux courbes successives de rayon R_1 et R_2 , l'équation suivante : $0,67 < R_1/R_2 < 1,5$ sauf en cas de rayons $> 500m$,
- ★ deux courbes de même sens doivent être séparées par une longueur d'alignement droit.

De même, certains raccordements antérieurement utilisés sont aujourd'hui proscrits dans la mesure où, en introduisant des variations de courbure, ils sont susceptibles de surprendre l'utilisateur, altérer sa perception de la courbure et de ce fait dégrader les conditions de sécurité. En effet, dans ces configurations, l'utilisateur a souvent une perception tant visuelle que dynamique erronée, ne lui permettant pas d'apprécier correctement la difficulté du virage final, il s'agit :

- des courbes constituées d'arc de cercle de rayons différents ;
- des courbes en "OVE" ou en "C" ;
- des courbes "à sommet".

Les courbes circulaires de rayon inférieur à $1.5R$ non déversé doivent respecter les règles ci-après :

- ⇒ Être introduites sur des longueurs de 500 à 1000 m par des courbes de plus grands rayons.
- ⇒ Deux courbes successives doivent satisfaire à la condition : $R_1 < 1.5 R_2$
- ⇒ Être séparées par un alignement droit d'au moins 200mètres sauf pour les courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

II.3.2 Profil en long

Le profil en long est l'un des facteurs principaux qui conditionnent l'économie de l'ouvrage.

Le calage de la ligne rouge du projet tient compte essentiellement des paramètres suivants :

- de l'optimisation du mouvement des terres (déblais et remblais), et ce par rapport à la localisation des gîtes d'emprunt identifiés ;
- du calage en déblais dans les tronçons de route à section difficile, et ce afin d'éviter de mettre en œuvre des quantités très importantes de remblais en profil mixte avec les risques d'instabilité des talus ;
- de la mise hors d'eau de la chaussée et de la plate-forme en particulier dans certaines zones marécageuses et bas-fond d'une manière générale exceptés quelques points bas qui permettent une évacuation des eaux de ruissellement canalisées par les fossés en terre ou bétonnés vers des exutoires naturels par le biais de divergents ;

Dans le but d'optimiser le coût d'aménagement et conformément aux TDR, le profil en long du projet cherche à épouser au maximum le profil en long existant.

En conséquence, sur certains tronçons contraignants, la déclivité a été portée à des valeurs supérieures aux valeurs maximales de la catégorie dépassant même la valeur maximale de 10% par endroit.

Des raccordements paraboliques ont été mis en place aux changements de déclivité. Les rayons de courbure retenus sont un compromis entre le respect des critères de visibilité correspondants aux niveaux d'aménagement prescrits et la nécessité économique de limiter les volumes de terrassement. Ainsi sur certains tronçons contraignants, le projet a recours à des valeurs inférieures aux valeurs minimales de la catégorie en ce qui concerne les rayons de courbure.

II.4 Profil en travers

II.6.1 Généralités

Sur le tronçon 3, l'aménagement comporte des caractéristiques spécifiques au renforcement de la chaussée existante et adapte au maximum les dimensions des fossés de déblais afin de limiter les volumes de terrassement.

Les profils en travers présentés reportent donc :

- une chaussée variant de 4.50 m à 3.50 m voire à 3.00 m en section réduite
- une largeur d'accotement variant de 0.50 m à 1.00 m,
- des chainettes d'épaulement ou fossé bétonné en section réduite

En remblai :

- des talus de remblai dressés à 3H/2V en général,

En déblai :

- ◆ des fossés latéraux soit :
 - A. maçonnés ou bétonnés (largeur utile 0,50 m)
 - B. en terre avec matériaux d'apport (largeur utile 1,00 m)
- ◆ des risbermes de 0,50 m de large au-delà des fossés maçonnés et en terre si la largeur de plateforme le permet.
- ◆ des talus de déblai dressés à 1H/3V en général.

Compte tenu des recommandations de l'Administration pour l'élaboration de l'étude d'APD, plusieurs types de profils ont été envisagés pour l'aménagement de la route. Pour une section donnée, le choix dépend de la largeur de l'emprise de façon à minimaliser les travaux de terrassement.

Les profils en travers-types adoptés sont les suivants :

Tableau 4 : Profils en travers-types adoptés

Type de profil	Largeur du revêtement (ml)	Largeurs (ml)		Chaînettes d'épaulement
		Accotements	Trottoirs	
PT A	4,50	1,00		sans
PT A bis	4,50		1,00	Côté G et D
PT B	4,50	0,50		sans
PT B bis	4,50		0,50	Côté G et D
PT C	4,00	0,50		sans
PT C bis	4,00		0,50	Côté G et D
PT D	3,50	0,50		sans
PT D bis	3,00		0,25	Côté G et D
PT E1	4,00			Fossé Bétonné
PT E2	3,00			Fossé Bétonné
PT F	4,00			sans

Source : *EgisInframad*

II.6.2 Profil en travers sur ouvrage d'art

Le profil en travers type correspondant comporte :

- une chaussée de 4.50 m,

- un trottoir de largeur utile 0.50 m, de part et d'autre.

II.6.3 Traversées d'agglomérations

Le profil en travers type correspondant comporte :

- une chaussée de 4,50 m,
- des accotements de largeur variant de 0.50 m à 1.00 m chacun,
- un caniveau d'assainissement latéral ou chaînette d'épaulement éventuel.

II.6.4 Surlargeur des bandes de roulement

Une surlargeur de 0,25 m de part et d'autre de la bande de roulement, dans l'emprise de l'accotement, est prévue afin d'assurer une meilleure stabilité du bord de chaussée sous l'influence de la circulation lourde.

Pente transversale

La pente transversale des rayons non déversés est de 2,5%.
En courbe, le profil comporte un seul dévers incliné vers l'intérieur de la courbe lorsque sa valeur est inférieure aux valeurs des rayons non déversés de chaque catégorie.

Le devers maximal est de 7%.

Pour les courbes de rayons inférieurs au rayon non déversé, la valeur du dévers est déterminée par les règles suivantes (conformes à l'ARP):

- $V_r = 40 \text{ Km/h}$: Variation linéaire en $1/R$; $d = 1.643 + 214.28/R$ [1] (N°1)
- $V_r = 60 \text{ Km/h}$: Variation linéaire en $1/R$; $d = 0.86 + 736.4/R$ [1] (N° 2)

II.5 Terrassements

Les terrassements comprennent l'ensemble des travaux de déblai et de remblai exécutés pour donner à la route et à ses abords la forme déterminée par le tracé en plan et profils en long et en travers.

Les travaux de déblai sont peu importants le niveau de la chaussée projetée correspond approximativement à celui existant.

Les travaux de remblai sont très importants. Ces travaux seront nécessaires surtout pour les entrées et sorties au pont d'étagement, de la structure de chaussée et au niveau de la rectification du tracé existant.

Le tronçon 3 de la RNS 21 suit un tracé sinueux. Il longe le littoral Est à flanc de colline avec une succession de profils mixtes à remblai et talus de déblai de faible à grande hauteur.

A partir d'Ambatorao (PK 45+018), le tracé traverse une zone de haut plateau avec des profils souvent en déblai et quelques passages en remblai jusqu'à Ambodiatafana.

Les points critiques de la route se situent :

- aux PK 40+252 et PK 50+940, où la plateforme est constituée de sable cru,
- et au niveau du village d'Ilanivato (du PK 41+675 au PK 41+860) où un banc de bloc rocheux constitue la chaussée.

Le projet épouse le tracé de la route actuelle. Les options suivantes ont été retenues :

- Calage de l'axe sur l'existant.
- Calage du profil en long au plus près de l'existant dans l'objectif d'un renforcement, sauf sur certains points singuliers en raison de contraintes liées :
- Aux conditions de visibilité
- Aux problèmes d'érosion

Seules les zones de brèches existantes ont fait l'objet d'un léger ripage d'axe et de protection afin de préserver la route des dégradations ultérieures causées par la mer.

Tableau 5 : Liste des brèches avec talus à protéger

PK Début	PK Fin	Coté	Longueur(m)
28+911	29+061	CG	150
29+212	29+382	CG	170
34+160	34+260	CG	100
Total			420

A plusieurs endroits où le niveau de la route n'est pas très élevé par rapport au niveau de la mer, des ouvrages de protection sont donc à prévoir sur ces zones ainsi que le rehaussement de la ligne rouge pour protéger la route.

Tableau 6 : Liste des zones de rehaussement

PK Début	PK Fin	Epaisseur de rehaussement (m)	Longueur (m)
28+326	28+900	1.00	575
31+024	31+124	1.00	100
40+102	40+232	1.50	150
43+944	44+064	0.80	200
44+368	44+618	0.80	250
Total			1 275

II.6 Couches de chaussée et distance de transport

II.6.1 Structure de chaussée et accotements

1) Chaussée

Lors de la visite de reconnaissance, il n'y avait plus de borbier sur la route, peut-être du fait qu'il n'y avait pas de pluie pendant cette période. Pour la sécurité du projet, les zones de borbier ou de dégradations généralisées déjà répertoriées lors des précédentes études et qui correspondaient aux zones de faible CBR devraient être traitées par purge avant le début des travaux.

Pour le Tronçon 3 de la RNS 21, la solution adoptée pour le dimensionnement est donc la suivante :

Route bitumée

- Reprofilage de la plateforme existante ;
- Mise en œuvre de 25 à 35 cm de couche de forme de **CBR > 15**, respectivement sur les plateformes S2 et S1 après décaissement de la plateforme pour certaines;
- Mise en œuvre de 15 cm de couche de fondation en matériaux sélectionnés CBR > 30 sur tout l'itinéraire ;
- Mise en œuvre de 15 cm de couche de base en **GCNT 0/31,5** sur tout l'itinéraire ;
- Imprégnation en émulsion **ECR 69** sur toute la largeur de la couche de base ;
- Couche d'accrochage sur tablier de pont en béton en émulsion **ECR 69** ;
- Mise en œuvre de la couche de roulement en Enduit superficiel bicouche de largeur 4,50 m pouvant aller à 3,00 m ;
- Mise en œuvre d'accotement en matériaux sélectionnés de largeur variant de 0,50 à 1,00 m et engazonnés.

Zone rocheuse

Le dimensionnement de la chaussée en béton suggéré lors des précédentes études est acceptable avec une épaisseur de 15 cm avec les recommandations suivantes :

- Dosage de béton à mettre en œuvre : **350 kg/m³** ;
- Mise en œuvre du béton de propreté dosé à 250 kg/m³ pour rectifier la surface de la roche en place ;
- Le béton mis en œuvre doit être homogène et compact (compactage avec une plaque vibrante) ;
- Mise en place des joints de retrait par flexion tous les 3,75 m. Ces joints seront réalisés en saignée ou entaille de profondeur comprise entre le quart (1/4) et le tiers (1/3) de l'épaisseur du béton mis en œuvre. Les joints seront réalisés quelques minutes après la mise en place du béton sur toute la longueur de ce tronçon.

Zone avec sable cru

- Mise en œuvre de couche de remblai d'épaisseur 25 cm ;
- Mise en œuvre de 15 cm de couche de fondation en matériaux sélectionnés $CBR > 30$ sur tout l'itinéraire ;
- Mise en œuvre de 15 cm de couche de base en **GCNT 0/31,5** sur tout l'itinéraire ;
- Imprégnation en émulsion **ECR 69** sur toute la largeur de la couche de base ;
- Couche d'accrochage sur tablier en béton en émulsion **ECR 69** ;
- Mise en œuvre de la couche de roulement en Enduit superficiel bicouche de largeur 4,50 m ;
- Mise en œuvre d'accotement en matériaux sélectionnés de largeur 1,00 m et engazonnés.

2) Accotement

- En section courante, les accotements sont en général en matériaux sélectionnés d'épaisseur 0.30 m et engazonnés,
- En section réduite avec muret ou chaînette d'épaulement et les traversées d'agglomérations, les accotements ont une structure identique aux couches de chaussée (15 cm de couche de fondation et 15 cm de couche de base) puis imprégnés pour éviter les poinçonnements sous le trafic.

Pour le drainage de la couche de base au droit des accotements en matériaux sélectionnés, il est prévu de mettre en œuvre des drains d'accotement en épi de poisson d'épaisseur 0.45 m et espacés de 20 m.

II.6.2 Distance de transport et mouvement des terres

Une étude de mouvement de terre a été faite pour rechercher les transports de terre les plus économiques entre les déblais réutilisables, les dépôts, les remblais et les emprunts identifiés suivant la méthode « Lalanne » en tenant compte des hypothèses suivantes :

- Dans le cas de profils mixtes, on ne prend en compte que le cube de terre restant après compensation dans les profils,
- On admet qu'1 m³ de déblai correspond à 1 m³ de remblai compacté,
- Pour l'évaluation des coûts de transport par camion, on tient compte du foisonnement de 30% et des pertes au chargement prises égales à 10%.

II.7 Drainage

De nombreux ouvrages longitudinaux seront mis en place afin de lutter efficacement contre les phénomènes d'érosion constatés.

Hors agglomérations, il sera prévu des fossés triangulaires en terre, pour des pentes inférieures à 3% ou des caniveaux maçonnés ou bétonnés, de forme trapézoïdale, dans le cas contraire et selon l'emprise disponible.

En traversée d'agglomérations, il sera prévu des caniveaux maçonnés ou bétonnés, de forme rectangulaire.

Les dimensions retenues pour les fossés latéraux sont les suivantes:

Fossés maçonnés : largeur utile 0.50 m à 0.75 m

Fossés bétonnés : largeur utile minimale 0.50 m

Fossés en terre avec matériaux d'apport : largeur utile 1.00 m

Fossés rocheux : largeur utile 0.50 m

Une très grande attention sera apportée aux exutoires qui seront fréquemment la cause des plus graves atteintes portées à la plateforme et à la chaussée.

La longueur des fossés sera augmentée jusqu'à atteindre le fil d'eau naturel des écoulements et leur extrémité sera éventuellement équipée d'ouvrages de protections en cas de forte pente, tels que:

- Massif d'ancrage,
- Parafouille en béton armé d'au moins 60 cm de hauteur,
- Lit en enrochements ou en matelas de gabions d'épaisseur 30 cm.

Par ailleurs, d'autres types d'ouvrages seront réalisés pour mieux canaliser les eaux et limiter les diverses érosions:

- Bordures raccordées à des descentes d'eau sur talus de remblai ;
- Dissipateurs en pied de descente d'eau.

II.8 Signalisation et équipements de sécurité

La signalisation routière a pour objet :

- de rendre la circulation plus sûre,
- de faciliter cette circulation,
- de « matérialiser » les interdictions, préventions et informations prévues par la réglementation,
- d'attirer l'attention des conducteurs sur les dangers éventuels.

Dans cet objectif, les travaux envisagés dans ce domaine porte sur :

- la signalisation horizontale : le marquage des chaussées,
- la signalisation verticale,

- les aménagements destinés aux usagers de la route, aux piétons et aux riverains.

1) Normes employées

Les documents normatifs employés sont les suivants :

- Décret 71-138 du 23 Mars 1971, portant règlement général sur la police et la circulation routière, appelé « Code de la Route », en république de Madagascar,
- L'arrêté n°1171 du 26 Mars 1971, publié au journal officiel le 03 Avril 1971, et relatif à la signalisation routière (classification, forme et dimensions des panneaux),
- L'instruction Interministérielle sur la signalisation Routière en date du 26 Mars 1971, définissant les modalités de la signalisation.

2) Signalisation horizontale

Les principes adoptés sont les suivants :

- ✓ Largeur unitaire $U = 5 \text{ cm}$,
- ✓ Marquage effectué sur l'axe, avec une largeur de bande de $2 U$,
- ✓ Pas de marquage des rives (revêtement de l'accotement nettement différent de celui de la chaussée),
- ✓ Marquage transversale pour intersections, avec une largeur de bande $10 U$,
- ✓ Les lignes discontinues « Cédez le passage » seront constituées de pleins et de vides de 50 cm ,
- ✓ Les passages piétons sont constitués de bandes de $4,00 \text{ m}$ de large séparées entre elles de 50 cm ,
- ✓ Ligne continue:
 - Longueur minimale = 50 m
 - Longueur maximale = 1000 m
- ✓ Ligne discontinue:
 - Standard : pleins de 3.00 m pour des vides de 10 m ,
 - Pré-signalisation ligne continue = pleins de 3.00 m pour des vides de $1,50 \text{ m}$, longueur 50 m (sauf en zone montagnaise où la longueur sera réduite à 10 m),
 - Agglomération : pleins de 3.00 m pour des vides de 3.50 m .

Les passages piétons seront implantés aux abords des écoles et au niveau des intersections.

3) Signalisation verticale

La signalisation verticale sera composée de cinq types de panneaux :

- ✓ Panneaux de signalisation triangulaires de danger,
- ✓ Panneaux de signalisation ronds de prescription,
- ✓ Panneaux de signalisation rectangulaires de localisation ou d'indication,
- ✓ Panneaux de signalisation rectangulaires de direction, terminés en pointe de flèche,
- ✓ Panneaux de signalisation des intersections.

4) Caractéristiques des panneaux

Les panneaux seront conformes à l'instruction Interministérielle sur la signalisation Routière en date du 26 Mars 1971, notamment :

- Les panneaux triangulaires ont des cotés de 100 cm
- Les panneaux circulaires possèdent un diamètre de 100 cm
- Les panneaux de localisation et de direction ont une hauteur de 41 cm et leur largeur, fonction de la toponymie, est variable entre 1,40 m et 1,70 m.

Les panneaux de localisation et de direction ont 250 mm à 1 200 mm de hauteur et une largeur, en fonction de la toponymie, variable entre 800 mm et 2 500 mm.

Tous les panneaux seront réalisés en béton armé de type B2. moins sensibles aux actes de vandalismes.

Les films de panneaux sont obligatoirement rétro réfléchissants de classe I.

Les couleurs à employer sont celles indiquées aux plans-types.

5) Localisation et principes d'implantation des panneaux

Les principes d'implantation seront conformes à l'instruction Interministérielle sur la signalisation Routière en date du 26 Mars 1971, définissant les modalités de la signalisation.

A ce titre :

- L'axe des panneaux sera en règle générale implanté à 2 mètres du bord voisin de la chaussée,
- La distance entre l'aplomb de l'extrémité du panneau situé du côté de la chaussée et le bord de la chaussée sera au minimum de 1,10 m, sauf en agglomérations où les panneaux implantés sur trottoir peuvent voir cette distance réduite à 0,70 m,
- Les panneaux de danger sont placés 150 m avant le point ou le début de la zone à signaler en rase campagne, et 50 m en agglomération,

- Les panneaux de prescription sont placés au voisinage immédiat de l'endroit où l'interdiction ou l'obligation commence ou continue à s'imposer,
- Les panneaux de direction et de localisation sont implantés 100 m avant le point ou le début de la zone à signaler en rase campagne,
- Les panneaux de signalisation des intersections comportent des panneaux en signalisation avancée et des panneaux en signalisation de position.

Les types de panneaux à mettre en œuvre sont reportés dans le tableau ci-après :

a. Panneaux triangulaires de danger et d'intersection

Tableau 7 : Types de panneaux triangulaires de danger et d'intersection

Localisation	Type
Avant les courbes de faible rayon < 50	A.1a : VIRAGE A DROITE
	A.1b : VIRAGE A GAUCHE
	A.1c : DOUBLE VIRAGE DONT LE PREMIER EST A DROITE
	A.1d : DOUBLE VIRAGE DONT LE PREMIER EST A GAUCHE
Avant la jonction avec la Bretelle Nord	AB.2 : INTERSECTION ROUTE DE GRANDE CIRCULATION
Aux entrée et sortie des ouvrage de franchissement	A.3 : CHAUSSEE RETRECIE
Avant et après les écoles identifiées	A.13 a : PASSAGE D'ENFANT
Avant les pentes > 10%	A.16 : PENTE DANGEREUSE

b. Panneaux circulaires de prescription

Tableau 8 : Liste des panneaux circulaires de prescription

Localisation	Type
Au niveau des jonctions	AB.5 : STOP
Aux entrée et sortie des ouvrage de franchissement Avant certaines montées dangereuses avec visibilité réduite	B.14a : VITESSE LIMITEE A 30 KM/H

6) Bornes et balises

❖ Catégories employées

On distingue les balises employées en signalisation de position, destinées à signaler un danger (virage, intersection, rétrécissement), et les bornes kilométriques, destinées à informer l'usager des distances le séparant des principales agglomérations desservies.

❖ Caractéristiques des bornes et balises

Les bornes et balises seront conformes à l'instruction Interministérielle sur la signalisation Routière en date du 26 Mars 1971, définissant les modalités de la signalisation.

Les balises employées en signalisation de position, seront à section carrée de 16 cm de côté et limitées à leur partie supérieure par une pyramide de 5 cm de hauteur. Les trois types employés sont:

- Balises type J1 = balises de virage; Hauteur 1,30 m; Couleur blanc de neige,
- Balises type J2 = balises d'intersection; Hauteur 1,30 m; Couleur blanc de neige avec bandeau en laque géranium de 20 cm à 0,80 m du sol,
- Balises type J3 = balises de rétrécissement; Hauteur 1,30 m; Couleur blanc de neige avec bandeau en laque géranium de 25 cm, à 1,05 m du sol, recouvrant la pyramide.

Les bornes kilométriques mesurent 70 cm de haut et 25 cm de large hors sol, sont peintes en blanc de neige avec un bandeau en laque géranium de 17.5 cm recouvrant leur partie supérieure.

Les balises, conformes à la norme XP P 98-585, sont réalisées en PEHD rotomoulé: elles résistent aux chocs et aux projections de pierres, aux écarts de température (+60°C à -20°C), sont monoblocs (pas d'assemblage, ni clipsage ou soudure de pièces) et sont traitées anti-UV et teintées dans la masse. Les bornes kilométriques seront réalisées en béton armé dosé à 350 kg/m³. Elles seront ancrées dans un massif de fondation en béton armé dosé à 250 kg/m³.

❖ Localisation et principes d'implantation des bornes et balises

Les principes d'implantation seront conformes à l'instruction Interministérielle sur la signalisation Routière en date du 26 Mars 1971, définissant les modalités de la signalisation.

A ce titre :

- Les faces intérieures des bornes et balises seront implantées en règle générale à 1,50 mètre du bord voisin de la chaussée, en remblais,
- Les faces intérieures des bornes seront implantées en règle générale à 2,00 mètre du bord voisin de la chaussée, en déblais, derrière le dispositif d'assainissement,

- Deux ou trois balises seront posées sur l'alignement avant l'entrée et après la sortie de la courbe (balises de virage)
- L'espacement entre balises doit être constant et ne pas dépasser 20 m

La localisation des balises à mettre en œuvre est reportée sur les vues en plan du projet.

7) Equipements de sécurité

➤ Principes adoptés

Des murets de sécurité seront mis en place dans les zones ou les virages dangereux et aux accès des ponts. Ces dispositifs sont préférés aux glissières métalliques qui présentent le risque d'être dérobées.

➤ Caractéristiques des dispositifs proposés

- Les murets de sécurité seront implantés en règle générale en bord extérieur d'accotement,
- La hauteur des murets au-dessus de l'accotement est fixée à 1,00 m
- Ces murets seront réalisés en maçonnerie et auront 60 cm d'épaisseur,

III. ETUDE DU TRAFIC

L'étude du trafic tient un rôle très important dans l'établissement du projet routier. L'épanouissement de la production et la croissance de la population influent sur le trafic car ce sont les passagers et les productions qui passent à travers ce point. La connaissance de ce trafic permet de déterminer la durée de vie de la chaussée et du tracé. La route à faible trafic se détériore moins vite que celle du trafic dense.

L'étude du trafic se divise en deux (2) parties : l'étude du trafic existant et la prévision du trafic.

III.1 L'étude du trafic existant

L'étude du trafic existant est composée de la détermination du trafic passé et du trafic actuel.

➤ Trafic passé

Il n'y a pas des données détaillées qui permettent d'évaluer les volumes de trafic sur le tronçon 3 de la RNS21 entre LONKINTSY et AMBODIATAFANA car il n'existe pas de séries historiques de trafic. Les seules données de trafic disponibles, fournies par l'Egisinframad, sont celles de la section entre AMBODIATAFANA et AMBATOROA.

➤ Trafic actuel

Le nombre des trafics actuels correspond au nombre moyen journalier de toutes catégories de véhicules à l'année de l'étude.

Le comptage du trafic et l'enquête Origine-Destination ont été réalisés sur deux (2) postes pendant une semaine :

Poste n°1 : Ambatoroa

Poste n°2 : Ambodiatafana

Le relevé effectué au poste n°1, sur la route goudronnée, permet d'évaluer le volume de trafic induit qui pourrait être généré par l'aménagement de la route en projet. Tandis que celui du poste n°2 indique le niveau de trafic actuel face aux difficultés de circulation sur la route.

Les tableaux suivants montrent les Trafics Moyens Journaliers Annuels (TMJA) obtenus par les deux (2) postes.

Tableau 9: TMJA du poste n°1 Ambatoroa

Catégories	VP	MB	B	PU	CL	CM	CC	Total
TMJA de base	68	228	2	133	67	3	3	505

Source : *EgisInframad 2013*

Tableau 10: TMJA du poste n°2 Ambodiatafana

Catégories	VP	MB	B	PU	CL	CM	CC	Total
TMJA de base	0	0	0	8	0	0	0	8

Source : *EgisInframad 2013*

Avec :

VP : Véhicule particulier

CL : Camion Léger

PU : Pic up CM : Camion Moyen

MB: Mini Bus

CC: Camion Citerne

B: Bus

Les données de comptage du trafic provenant du poste n°2 montrent que seuls 8 pick-up empruntent la route pendant une semaine.

Le tableau ci-dessous donne le TMJA de base de l'année 2009 entre LOKINTSY et AMBODIATAFANA.

Tableau 11: TMJA de base de l'année 2013

Catégories	VP	MB	B	PU	CL	CM	CC	Total
TMJA de base	2	15	0	0	1	0	0	19

Source : *EgisInframad 2013*

III.2 Préviation du trafic

a) Taux de croissance du trafic

Il sera difficile de calculer le taux de croissance annuelle du trafic entre LOKINTSY et AMBODIATAFANA car il n'y a aucun enregistrement sur ce tronçon. Par conséquent, l'hypothèse de détermination de la croissance du trafic dépend des taux de croissance de la population et de la production selon les expressions suivantes : [5]

$$\Delta F = h_{\text{PIB}} \times \Delta P_{\text{PIB}} \quad (1)$$

$$\Delta F = h_p \times \Delta P \quad (2)$$

Où : ΔF : croissance du flux de trafic

ΔP et ΔP_{PIB} : croissance de la population et du PIB

h_p et h_{PIB} : valeur de l'élasticité correspondant à ΔP et à ΔP_{PIB}

- En adoptant 2.8% comme taux de croissance annuel de la population de Madagascar et en considérant comme l'élasticité h_p par rapport à la population des valeurs variant entre 1.5 et 2.5.

$$h_p = 1.5 \text{ à } 2.5 \text{ et } \Delta P = 2.8\% \quad \Longrightarrow \quad \Delta F = 4.2\% \text{ à } 7.0\%$$

- En adoptant 5.0% comme taux de croissance annuel moyen du PIB national excepté le cas de période de crise et en considérant comme l'élasticité h_{PIB} par rapport à PIB des valeurs entre 1.0 et 1.5.

$$h_{\text{PIB}} = 1.0 \text{ à } 1.5 \text{ et } \Delta P_{\text{PIB}} = 5.0\% \quad \Longrightarrow \quad \Delta F = 5.0\% \text{ à } 7.5\%$$

D'après ces résultats, le taux de croissance du trafic est :

Le taux de croissance adopté est $i = 7\%$ car c'est celui le plus proche du taux de croissance de l'économie en période normale.

b) Trafic normal

En appliquant le taux de croissance du trafic $i=7\%$ au **TMJA** de base de l'année 2011, la projection du trafic normal est montrée dans le tableau suivant :

Tableau 12: Projection du trafic normal

Années	VP	MB	B	PU	CL	CM	CC	Total
2011	2	15	0	0	1	0	0	19
2016	3	20	0	0	1	0	0	23

Source : EgisInframad 2013

Pendant la période de l'analyse, aucun camion moyen et camion-citerne passe entre AMBATOROA et AMBODIATAFANA. Mais sûr et certain qu'après l'aménagement de cette route, beaucoup des camions de différents types la traverseront en transportant les marchandises et les produits agricoles.

$$4.2\% \leq \Delta F \leq 7.5\%$$

c) Trafic induit

Le trafic induit est le trafic à espérer en provenance du changement de direction des véhicules après l'ouverture de la route.

Après l'ouverture de la route, une partie de ce trafic continuera vers le nord. Cette partie de trafic est estimée à 15% du trafic relevé au poste n°1.

Tableau 13: Trafic induit projeté

Catégories	VP	MB	B	PU	CL	CM	CC	Total
2016	12	26	40	0	13	1	1	93

Source : EgisInframad 2013

d) Trafic total

On détermine la projection du trafic total à partir du trafic normal et du trafic induit.

On peut voir dans le tableau ci-dessous la projection du trafic total à l'année de mise en service.

Tableau 14: Trafic total à l'année de mise en service

Années	VP	MB	B	PU	CL	CM	CC	Total
2016	22	60	49	4	17	3	3	158

Source : EgisInframad 2013

Chapitre 4 TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES EFFECTUES

La collecte des données ou tout simplement le levé topographique joue un rôle clé dans le développement de notre milieu physique. Nous avons besoin de levés et de cartes précises pour construire des routes. Dans ce chapitre, on va voir successivement l'objectif de l'étude topographique, étude préliminaire, ensuite les travaux effectués sur terrain, et enfin le traitement des données et report.

A. OBJECTIFS DE L'ETUDE TOPOGRAPHIQUE

L'objectif de l'étude est de fournir des informations géographiques, pertinentes, fiables et en rapport avec le projet routier sur une zone de travail de 15 mètres de part et d'autre de l'axe, soit une bande de levés de 30 mètres le long de l'axe. Plus précisément, il s'agit de représenter le plus fidèlement possible l'occupation physique de la zone de travail sur une échelle 1 : 2 000 en plan et 1 : 200 à la verticale.

La recherche de ces objectifs dans le meilleur délai nécessite de moyens topographiques modernes ainsi que de dispositions techniques appropriées. De la sorte, l'équipe dispose de stations totales et de clés COVADIS(Autopiste) dont l'utilisation suppose une démarche topographique classique mais aussi des approches techniques particulières.

B. ETUDE PRELIMINAIRE

Les travaux préliminaires concernent l'étude des documents topographiques complétée par une descente sur terrain. Cette phase est très importante, donc il faut bien préparer.

1. Etablissement des documents topographiques de l'étude

Dans le cadre de réhabilitation de la route RNS 21, il est indispensable de fournir au préalable divers documents topographiques. Pour l'étude topographique de cette route, on a recueilli auprès du FTM et du Ministère chargé des Transports et des Travaux Publics: et vérifier sur l'ortho photo .

- le plan de situation de la RNS21 ;
- des cartes topographiques de la zone d'étude (la route en question et son environ immédiat) à l'échelle de 1 : 500 000, 1 : 100 000 et 1 : 50 000;

- Les fiches signalétiques de la région afin de repérer des points de rattachement planimétrique et altimétrique ;
- Différents cartes thématiques en rapport avec le projet routier (population, zone d'influence,...).

2. Reconnaissance

Il existe deux(2) types de reconnaissance : préparation au bureau et reconnaissance sur terrain. Dans le cadre de réhabilitation de route, on n'utilise que la reconnaissance sur terrain qui a pour objectif essentiel d'études préliminaires afin de rechercher les points d'appuis tels que les points géodésiques et les repères de nivellement afin de former des brigades pour la descente sur terrain et l'exécution les travaux.

Lors de la Reconnaissance, on n'a trouvé aucune points géodésiques ni repères de nivellement sur le long de la bande d'étude.

3. Détermination de la bande d'études

La bande d'étude est la zone de travaux où se trouve la réhabilitation à effectuer. Elle sera obtenue soit par des procédés de lever, soit par des procédés photogrammétriques. L'application de SIG dans ce détermination facilite cette opération mais il faut bien choisir les données utilisées : orthophoto rectifiée, BD à jour (limite administrative, réseau routier, etc....)

Dans notre projet de réhabilitation de la route RNS 21, la bande d'étude est environ 30 m. C'est-à-dire 15m de part et d'autre de l'axe. La largeur de cette bande est variable

C. TRAVAUX SUR TERRAIN

C.1 Méthodologie des travaux topographiques

Pour choisir la méthode utilisée il faut :

- Connaitre l'objectif qui est déjà définie sur l'appel d'offre,
- Le coût du projet pour faire l'étude de rentabilité du projet. Ce cout est déjà mentionné et limité sur l'appel d'offre.
- L'état du lieu : c'est très important donc on a affecté une étude spéciale (c'est la près-reconnaissance)

On a utilisées trois méthodes :

- Pour la détermination planimétrique des points de base on fait un cheminement encadré. Le début du projet se situe au Commune Rural LONKINTSY et la fin du projet s'installe au Commune AMBODIATAFANA. Les travaux topographiques ont été conduits dans le sens de LONKINTSY vers AMBODIATAFANA.
- Pour la détermination altimétrique des têtes de profil et l'altitude des points polygonaux on applique un cheminement fermé avec nivellement direct. on a utilisé trois points connu pour faire un cheminement encadré.
- Pour exécuter le lever de détail, on a procédé à la méthode classique dite « rayonnement » en s'appuyant sur la polygonale de base. Nous avons d'abord stationné sur chaque sommet et ensuite, nous avons relevé tous les points essentiels tels que : l'axe et bords de la chaussée, accotements...en recueillant directement les coordonnées rectangulaires (X, Y, Z) des points de détails. Ces points ont été donc rattachés aux points polygonaux. Le lever de détail a été effectué et reporté à une échelle de 1/2000.

C.2 Technique de levé

Le choix de technique de levé dépend le relief du terrain. Cette zone a de caractère accidenté, la distance entre le point polygonal est variable suivant le passage de visée. Après l'étude de rentabilité on utilise qu'un seul appareil pour le levé de détail donc on adapte suivant ce cas la technique.

C.2.1 Mesure d'angles

➤ Double retournement ou couple sur la référence

Cette technique de mesure permet d'éliminer certaines erreurs systématiques et de limiter les fautes de lecture. Lors d'une mesure d'angle horizontal, cela permet :

- de doubler les lectures et donc de diminuer le risque de faute de lecture ;
- de ne pas toujours lire sur la même zone du limbe, donc limiter l'erreur due au défaut de graduation du limbe ;
- d'éliminer les défauts de collimation horizontale et de tourillonnement.

Si l'on appelle HzCG la valeur lue en cercle gauche, et HzCD celle lue en cercle droit, on doit observer : [5]

$$\text{HzCD} = \text{HzCG} + 200\text{gr} \quad (3)$$

En effet, le double retournement décale le zéro de la graduation de 200 gon ceci permet un contrôle simple et immédiat des lectures sur le terrain.

La différence entre les valeurs HzCG et (HzCD – 200) représente la combinaison des erreurs de collimation, de mise en station, de lecture. [5]

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{\text{HzCD} + (\text{HzCD} - 200)}{2} && \text{si HzCD} > 200\text{gr} \\
 x &= \frac{\text{HzCD} + (\text{HzCD} - 200)}{2} && \text{si HzCD} < 200\text{gr}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Méthodologie

Dans un premier temps, faire le cercle gauche suivant le sens de l'aiguille de la montre et le second on effectue le cercle droit dans le sens contraire. Puis, on calcule la moyenne de ces deux lectures par l'application de la formule ci-dessus. En fin, on prend les deux lectures et on les compare.

➤ Tour d'horizon

Le tour d'horizon est le résultat final de la combinaison des observations angulaires, séquences en une même station et rapportées à une même référence.

Lors du calcul, on détermine la valeur moyenne de l'écart sur la référence : c'est la somme algébrique de tous les écarts de lecture d'une même paire divisée par (n+1), n'étant le nombre de directions visées y compris la référence.

Cet écart est soumis à des tolérances réglementaires :

- 0,7 mgon en canevas de précision pour quatre paires (0,8 mgon pour huit paires);
- 0,8 mgon en canevas ordinaire pour deux paires (0,9 mgon pour quatre paires).

Méthodologie

Choisir la référence la plus loin possible mais facile à pointer à chaque tour on effectue un CG et un CD.

➤ Réitération des observations

La répétition de l'observation favorise la précision.

Séquences : On appelle séquence un ensemble de (n + 1) lectures effectuées à partir d'une même station sur n directions différentes avec la même position des cercles horizontaux, le contrôle, de fermeture sur la référence et la répercussion sur les *n* lectures de l'écart de fermeture sur la référence (sur laquelle on réduira les angles à zéro).

Paire de séquences : Une paire de séquence est l'association de deux séquences successives avec un décalage de l'origine du limbe, le retournement de la lunette et l'inversion du sens d'observation.

Cette méthode permet de minimiser certaines erreurs systématiques. Généralement, l'opérateur effectue une séquence en CG dans le sens horaire de rotation de l'appareil ensuite il effectue un double retournement et enfin effectue la séquence en CD dans le sens trigonométrique (sens inverse de l'aiguille de la montre).

Pour une seule paire de séquences on décale l'origine du limbe de 100gr ; le double retournement décale déjà l'origine du limbe de 200 gr.

Pour le calcul, la somme de n lectures sur chaque origine divisé par nombre des lectures donne la lecture moyenne.

Méthodologie

On va prendre deux(2) paires des séquences : [0,100] ; [50,150]
Ceci donne quatre séquences, mais dans une séquence, on fait deux tours (CG et CD).
Donc à chaque point visé, on a seize (8) observations ou huit (8) lectures qui sont par la moyenne de CG et CD.
D'après ces nombreuses observations, les fautes sont toutes éliminées.

Pour avoir gagné une meilleur précision il faut que :

- Le prisme soit bien vertical donc on utilise un tripode ;
- Pendant le visé, il faut vise le pied du prisme pour l'angle horizontal ;
- Bien soigner la lecture.

C.2.2 Mesure de dénivelée

Pour la détermination altimétrique, nous avons effectué un « Cheminement direct à double station » qui consiste à mesurer la différence d'altitude à partir des visées horizontales à l'aide de double station. La dénivelée entre deux points est alors obtenue à l'aide d'un niveau et par la lecture directe sur une mire placée successivement sur le point arrière et sur le point avant.

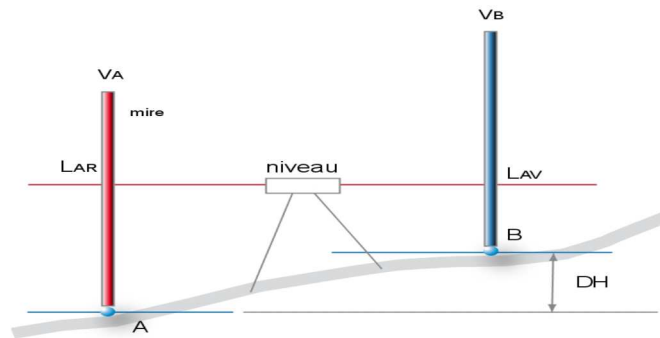


Figure 6: Nivellement direct

Considérons deux points A et B. On suppose que l'altitude du point A est connue tandis que le point B à déterminer. L'altitude du point B est donnée par la formule : [4]

$$\text{Alt}_B = \text{Alt}_A + L_{AR} - L_{AV} \quad (5)$$

Méthodologie

La méthode de double station consiste à effectuer les lectures sur chacune des deux graduations de la mire de précision avec le trait niveleur et les deux traits stadimétriques. La distance maximale entre la station et la mire est de 45m. Et, avant chaque lecture, on s'est efforcé d'assurer l'égalité des longueurs de visées entre le niveau et les deux mires pour que l'erreur de collimation soit éliminée.

C.2.3 Mesure des points de détails

Pour le levé des points de détail :

- Les points côtés ne dépassent pas 5m ;
- déterminer les détails à lever ;
- définir le degré de précision ;
- arrêter les mesures à effectuer ;
- Pour assurer les mesures effectuées, il est fortement recommandé de ne pas faire des visées supérieures à la distance entre station et référence.

Les caractéristiques du lever de détail sont les suivantes :

Tableau 15 : Les caractéristiques du lever de détail

Eléments	Informations à fournir	Observations
Tracé	Les axes et les deux bords	La distance entre l'axe et ses bords doit être approximativement égale
Terrain naturel	-Talus (point Haut/Bas) -Fossé -Pente	-2 points suffisent au moins pour matérialiser un terrain plat et une pente unique. 1 point à chaque changement de pente.
Ouvrage	-Type (buses, dalot, pont...) -Emprise, limite	Etat actuel à noter
Forme de dégradation	-Type (nid de poule, borbier) -Limite et profondeur	Concernent uniquement les anciens tracés
Village	-Bâtiments, habitations -Limites propriétés	La bande de levé s'étend au moins de 20 m de large

Méthodologie

Il consiste à lever simultanément les détails planimétriques et altimétriques. On a utilisé une canne à prisme ronde à la place de la mire.

A chaque station, la station totale enregistre dans sa carte mémoire :

- Les distances horizontales entre station et les points levés,
- Les angles horizontaux et angles verticaux par rapport au zénith formé par la station et les points visés,
- les numéros des stations et des points levés,
- les codes de chaque point levé

C.3 Précision de levé

La précision d'un plan est liée à celle du levé et implique directement la précision avec laquelle les détails sont levés. L'échelle d'un document est définie par la formule : **[4]**

$$E = \frac{d \text{ plan}}{D \text{ terrain}} \quad (6)$$

L'échelle E est donc le rapport d'une dimension mesurée sur le plan par la dimension homologue sur le terrain.

Un lever est dit régulier si la détermination des détails est effectuée avec une erreur qui, réduite à l'échelle du levé, est inférieure ou égale à l'erreur graphique, soit un dixième de millimètre, plus petit écart perceptible à l'œil sur le plan. Dans le cas contraire, le lever est dit expédié.

Le processus d'observation doit tenir compte des erreurs précédemment étudiées.

Il doit :

- Minimiser les erreurs accidentelles ;
- Corriger ou éliminer les erreurs systématiques.

a. Précision des mesures des angles

A partir des techniques utilisées, on attend une précision suivant les règles de l'art d'exécution d'un canevas ordinaire qui est à l'ordre de decimilligon.

b. Précision des mesures de distance

La précision de la distancemètre varie en fonction du type d'appareil. Pour l'appareil Station totale LEICA TPS405 qu'on a utilisé, son distancemètre est intégré dans l'appareil dont sa précision vaut $\pm [1\text{mm}+1.5\text{ppm}]$, soit $\pm 2.5\text{mm}$ pour 1km.

La notion de l'écart type sous la forme $\pm [\text{Constante} + K \text{ ppm}]$, est adoptée par tous les constructeurs. La portée des visées varie selon les ondes employées.

c. Précision des mesures des altitudes

La précision cherchée doit impérativement être imposée au début de l'étude du projet. En principe, elle est imposée par le cahier des charges. C'est à partir de la précision exigée qu'on choisira le type d'appareil à utiliser.

Lors du choix de l'appareil, cette précision exigée était largement suffisante pour les travaux de nivellement direct car, l'écart type ou erreur moyenne quadratique du niveau à utiliser doit être inférieure à celle admise.

C.4 Matériels utilisés

Pour avoir un bon rendement et une bonne précision, on dispose des matériels modernes même sophistiqués qui permettent d'obtenir une bonne précision, pour la réalisation des opérations topographiques. Pour la polygonation et le levé, nous avons utilisé la station totale LEICA TPS405 dont la précision sur la distance est de $1\text{mm}+1\text{ppm}$. Et la détermination des altitudes des points polygonaux et pour l'exécution des profils en long on utilise le niveau automatique.

❖ STATION TOTALE

La station totale à utiliser porte la marque LEICA de référence TPS405 pour faire le polygonale de base et pour lever les points de détails.

Il est difficile d'effectuer des mesures plus simples qu'avec les nouveaux tachéomètres TPS400 séries. Grâce au plomb laser et à leur nivelle électronique, ces instruments sont rapidement mis en station et opérationnels. Les mouvements fins continus et la lunette éprouvée de haute précision à grossissement 30 fois permettent des visées exactes. Le distancemètre électronique intégrée mesure des points sur des cibles, des prismes ou, sans réflecteur, sur toute type de surface, réduisant ainsi le temps et les coûts de travaux.



Figure 7: Station totale LEICA TPS405

Caractéristiques générales

Grossissement :	30x
Ouverture :	45 mm
Champ visuel à 100 m :	2.6 m
Distance min. de <i>mise</i> au point :	1.7 m
Réticule :	éclairé
Compensateur	
Système :	Système à huile

Mesure distance

Avec 1 prisme jusqu'à 3500 m
Sur feuille réfléchissante 250 m
Précision/écart type ± 5 mm + 2 ppm
Durée de mesure >0.5 seconde

Mesure angulaire **NTS 202/312** **205/315**

Mode de mesure continue à codeur absolu
Lecture minimal 0.1 mgon
Ecart type 1.5 mgon

❖ NIVEAU AUTOMATIQUE

Et on utilise le niveau Leica SPRINTER 100 pour exécuter le profil en long et pour déterminer les altitudes des points de base.



Figure 8: Leica SPRINTER 100

Caractéristiques générales

Précision :	$\pm 2.0 \text{ mm} \pm 1.5 \text{ mm}$
Portée :	2 – 80 m
Durée de mesure :	3 >secondes
Compensateur :	$\pm 10' / 0.8''$
Programme de :	Mesure et enregistrement
Mesure:	Hauteur de mire et distance, dénivelée avec saisie de la distance, ajustement
Mémoire:	500 m (version M)
Fonctionnalité :	Détection automatique de mire
Alimentation :	Piles sèches, 4x1.5 V

Le principe de fonctionnement de ce niveau numérique est pris en charge par un système de reconnaissance d'une portion de code de barre lu sur la mire à code barre. L'image de la mire est motorisée dans l'appareil sous forme numérique et ce dernier détecte l'endroit de la mire sur lequel l'opérateur pointe par comparaison entre l'image numérisé d'une portion de code barre et l'image virtuelle en mémoire morte. Cette phase de corrélation permet de mesurer la lecture sur cette mire et la distance horizontale station-mire avec une précision allant jusqu'à $\pm 0.001 \text{ mm}$ sur la hauteur, et de l'ordre de ± 1 à $\pm 5 \text{ cm}$ sur une distance horizontale ainsi que de calculer automatiquement les différences de hauteur ou dénivelées.

C.5 Les erreurs, les fautes

C.5.1 Les erreurs

On a classifié les erreurs en deux l'erreur systématique et l'erreur accidentelle

1) SUR LA MESURE D'ANGLE

a. Erreurs instrumentales

- Erreur de division

Erreur due à la graduation de la division.

On admet que cette erreur est négligeable pour un bon instrument de topographie.

- Erreur d'excentricité des cercles

Les cercles sont dits « excentrés » si le centre O de la graduation du limbe ne coïncide pas avec le centre R de rotation de l'alidade

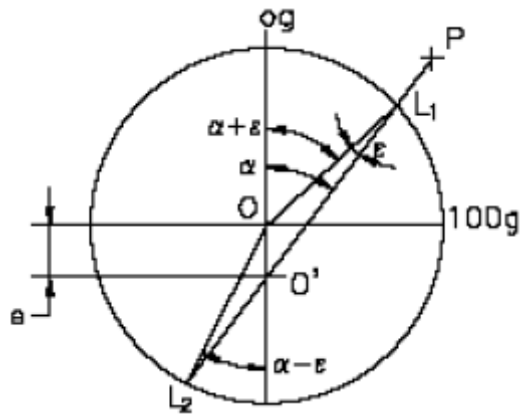


Figure 9 : Erreur d'excentricité de cercle

- **Erreur de collimation horizontale et verticale**

C'est à dire, l'axe optique du visé ne rencontre pas l'axe principale(ou l'axe verticale) de l'instrument.

Le double retournement permet d'éliminer cette erreur. N'oubliez pas de faire le CG et le CD.

- **Erreur de dérèglage**

Cette erreur est connue si on fait l'étude spéciale de l'instrument.

L'étalonnage de l'appareil avant l'utilisation corrige cette erreur.

- **Torsion de support**

Le support d'une station totale n'est pas un solide invariable, en particulier au cours d'une séance d'observation il se déforme peu à peu et surtout change d'assiette.

D'après ces déformations, on constate que :

- Les bulles des niveaux indiquent une variation d'inclinaison de l'embase,
- Le point visé à l'horizontale dans la lunette à tendance, sans qu'on ait touché à celle-ci, à quitter la croisée des fils du réticule, la lunette se dépointe.

b. Erreurs systématiques

Le rayon de visé est dévié si l'indice de réfraction des couches d'air traversées n'est pas constant, cette erreur inhérent à toutes les visées, quel que soit l'instrument employé sera étudiée ultérieurement. On a deux types :

- Réfraction latérale : provoquée par la présence d'une paroi exposée au soleil.
- Réfraction verticale : due aux variations de densité de l'atmosphère,

c. Erreurs accidentelles

◆ **Erreur de centrage sur le point stationné**

Il est de l'ordre de ± 4 mm pour le mode de mise en station

◆ **Erreur de pointé**

Elle varie avec la nature du viseur, la nature du signal, son éloignement et son éclairage, la fixation de l'instrument et le jeu du dispositif de rappel.

◆ **Déplacement accidentel de l'appareil**

C'est un déplacement dû à un choc sur un pied

◆ **Erreur de mise en station**

Si l'axe du goniomètre est placé en dehors de la verticale du point de station.

2) SUR LA MESURE DE DENIVELLE

❖ **Erreur systématiques**

Il s'agit des erreurs dues à l'appareil qui sont :

- Erreur d'étalonnage de la mire ;
- Le défaut de verticalité de la mire : bulle dérégulée
- Erreur d'inclinaison de l'axe optique ;
- Le défaut de fonctionnement de compensateur.

❖ **Erreur accidentelles**

Il s'agit des erreurs dues à l'imperfection humaine, ce sont :

- Erreur de parallaxe : mauvaise mise au point de la lunette ;
- L'erreur de lecture sur la mire ;
- Flamboiement de l'air ;
- L'erreur de pointé de l'objet.

C.5.2 Les fautes

Les fautes n'existent pas sur les travaux topographiques à cause de nombreuses vérifications. S'il y a des fautes, le secrétaire les trouve pendant la comparaison des deux lectures donc il signale l'opérateur.

D. TRATEMENT DES DONNEES

V.1 Calculs du cheminement planimétriques

Il s'agit de calculer les coordonnées planimétriques de la polygonation de base. Pour le cheminement rattaché, il faut connaître les distances mesurées réduites à la projection, les angles horizontaux aux sommets déjà corrigés qui permettent de déterminer les gisements de tous les côtés du parcours.

D.1.1 Calcul des angles au sommet de la polygonale de base

L'angle au sommet est obtenu par la différence entre la lecture la plus à droite moins la plus à gauche.

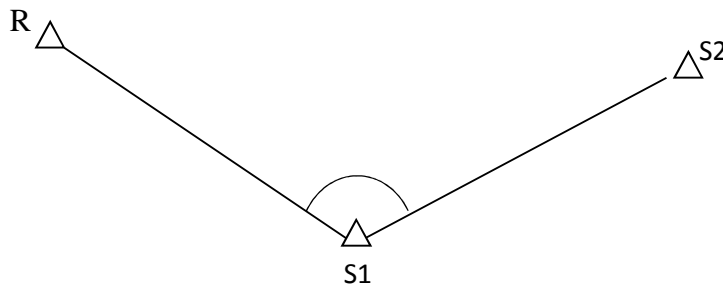


Figure 10 ; Les angles aux sommets

La moyenne des angles horizontaux est donnée par la formule : **[4]**

$$\text{HZ (gon)} = \frac{CG + (CD \pm 200)}{2} \quad (7)$$

D.1.2 Calcul de gisement

Le gisement est l'angle formé par la direction orientée AB avec l'axe parallèle à l'axe des ordonnées (axes-Y) de la représentation. Les gisements sont comptés positivement de 0 à 400gr dans le sens des aiguilles d'une montre **[4]**.

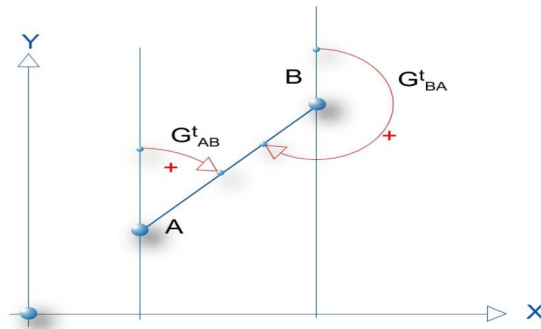


Figure 11: Gisement

$$G_{BA} = G_{AB} + 200 \text{ gon} \quad (8)$$

a. Calcul du gisement de départ

Les coordonnées de point de départ et de référence sont données par le tableau ci-dessous afin de calculer le gisement de départ.

Le gisement est donné par la formule : [4]

$$G_{is} = \text{Arc tg} \frac{\Delta X}{\Delta Y} \quad (9)$$

b. Transmission du gisement

Les gisements de tous les côtés du parcours seront obtenus par la transmission des gisements.

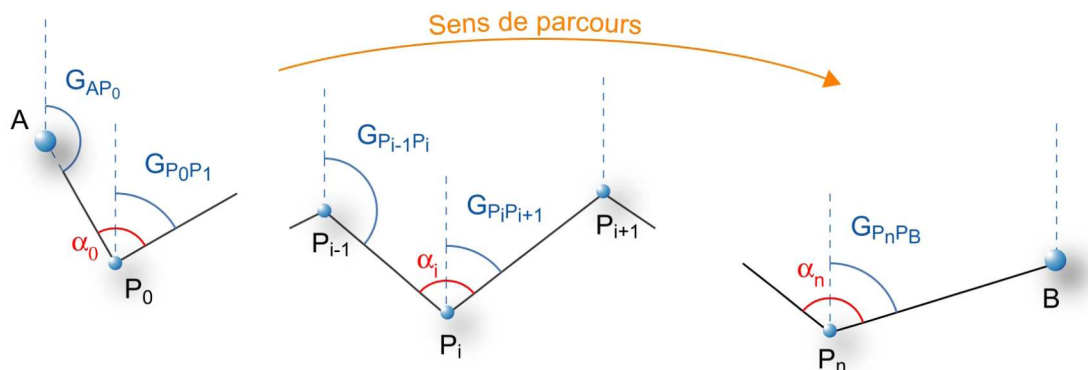


Figure 12 : Transmission de gisement

La formule fondamentale de transmission des gisements s'écrit par l'expression [4] :

$$G_{P_n P_{n+1}} = G_{P_{n-1} P_n} \pm 200 \text{ gon} \quad (10)$$

La transmission se poursuit ainsi de suite jusqu'au gisement d'arrivée et on suppose que les angles aux sommets sont des angles gauche c'est-à-dire l'orientation suit le sens des aiguilles d'une montre.

D.1.3 Calcul de distance horizontale

Si l'appareil ne donne pas directement la distance horizontale, on est donc obligé de la calculer par l'expression [4] suivante :

$$DH = D_p \cdot \sin V \quad (11)$$

D.1.4 Fermeture :

a. Fermeture angulaire du cheminement encadré :

L'erreur de fermeture angulaire f_a est alors la différence entre le gisement d'arrivée observé et le gisement d'arrivée théorique issu des coordonnées des points connus [4]

$$f_a = G'_f - G_f \quad (12)$$

$$G'_f = G_d + \sum(HZ_j) - (n+1) 200$$

Avec :

G'_f : gisement d'arrivée observé

G_d : gisement de départ

G_f : gisement réel d'arrivée

n : nombre des angles

$\sum(Hz)$: somme des angles aux sommets

b. La tolérance angulaire :

C'est l'erreur maximum admissible pour la fermeture angulaire. Elle est définie par : [1]

$$T\alpha = 2 \times 2.7 \times \delta\alpha \times \sqrt{n+1} \quad (13)$$

$\delta\alpha$: écart-type Appareil

n : nombre de coté

c. Compensation angulaire :

Elle est la quantité à répartir sur les différentes mesures ; c'est donc l'opposé de la fermeture angulaire. Elle se fait proportionnellement à la distance des visées

La formule de compensation est donnée par l'expression suivante : [4]

$$C = \frac{Ca}{n+1} \quad (14)$$

Avec : $Ca = -fa$

n : nombre de côtés

d. Coordonnées rectangulaires des points de base

Connaissant le gisement et la longueur de chaque côté du cheminement, on calcule à partir des coordonnées du point de départ les coordonnées des autres sommets par rayonnements successifs.

On donne ci-dessous la relation qui permet de calculer les coordonnées planimétriques des sommets de la polygonale de base obtenues à partir du cheminement [4].

$$\begin{aligned} X_{S2} &= X_{S1} + (D_{S1-S2} \cdot \sin G_{S1-S2}) \\ Y_{S2} &= Y_{S1} + (D_{S1-S2} \cdot \cos G_{S1-S2}) \\ X_{S3} &= X_{S2} + (D_{S2-S3} \cdot \sin G_{S2-S3}) \\ Y_{S3} &= Y_{S2} + (D_{S2-S3} \cdot \cos G_{S2-S3}) \end{aligned} \quad (N^{\circ} 15)$$

e. Fermeture planimétrique :

Les fermetures en X et Y permettent de calculer une fermeture planimétrique f_p qui est la distance séparant le point d'arrivée issu des mesures de terrain du point d'arrivée réelle. Cette formule s'exprime par: [4]

$$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (16)$$

Avec :

$$\begin{aligned} f_x &= x'_f - x_f = x_d + \sum (\Delta x) - x_f \\ f_y &= y'_f - y_f = y_d + \sum (\Delta y) - y_f \end{aligned} \quad (17)$$

x'_f et y'_f coordonnées observées du point d'arrivée

x_f et y_f coordonnées réel du point d'arrivée

f. Tolérance planimétrique :

C'est l'erreur maximum admissible pour la fermeture planimétrique. Elle est définie respectivement par : [4]

$$T_p = 2 \times 2.7 \times \delta_L \times \sqrt{n} \quad (18)$$

g. Compensation planimétrique:

Si $f_p < T_p$, la fermeture planimétrique est tolérable

On peut faire donc la compensation ou ajustement planimétrique. Ces écarts de fermeture sont ensuite répartis proportionnellement à la longueur des côtés.

La formule se traduit donc comme suit : [4]

$$\begin{aligned} C_{xi} &= -\frac{fx}{\sum D} * D_{ij} \\ C_{yi} &= -\frac{fy}{\sum D} * D_{ij} \end{aligned} \quad (19)$$

D_{ij} : distance entre deux stations consécutifs

$\sum D$: Somme des distances du cheminement

V.2 Calculs des altitudes

Les mesures et calculs sont consignés dans le carnet de nivellement, ensuite introduits dans l'ordinateur par une simple saisie sur Excel en vue de traitements nécessaires.

Une correction appelée Correction Niveau Apparent NA doit être appliquée

$$NA = \frac{D_h^2(Km)}{15.2} \quad [4] \text{ pour une telle distance.}$$

1. Fermeture

L'altitude du point d'arrivé B est définie par : [4]

$$Z_B = Z_A + \sum_{i=1}^n \Delta Z_i \quad (20)$$

Il existe un écart de fermeture du cheminement double ou plus simplement fermeture soumis à la tolérance. On note cette fermeture par f_z : [4]

$$f_z = |\sum \Delta Z1| - |\sum \Delta Z2| \quad (21)$$

Si la fermeture (f_z) < tolérance (T), alors, on prend comme valeur absolue de la dénivelée la moyenne arithmétique des deux dénivelées. [4]

$$\Delta Z = \frac{|\Delta Z1| + |\Delta Z2|}{2} \quad (22)$$

2. Tolérance de fermeture

La tolérance de fermeture altimétrique est donnée par la formule : [4]

$$T = 2.7\sigma \quad (23)$$

Avec $\sigma = \pm 1.7\sqrt{N}$, l'écart type sur un parcours de N dénivelée

D'où la tolérance du parcours est définie par : [4]

$$T = \pm 4.6\sqrt{N} \quad (24)$$

On peut utiliser les tolérances réglementaires de l'arrêté du 21 janvier 1980 publié au journal officiel Français du 19 Mars 1980 mentionnées ci-dessous : [4]

Tableau 16 : Tolérances réglementaires

Tolérances $T_{\Delta z}$ en mm	$n \leq 16$	$n \geq 16$
Nivellement ordinaire	$4\sqrt{36L + L^2}$	$\sqrt{36N + \frac{N^2}{16}}$
Nivellement de précision	$4\sqrt{9L + L^2}$	$\sqrt{9N + \frac{N^2}{16}}$
Nivellement de Haute précision	$8\sqrt{L}$	$2\sqrt{N}$

(25)

Où N : nombre de dénivelées

L : Longueur totale du parcours

n : nombre de dénivelées au Kilomètre ($n = N/L_{km}$)

Dans notre cas, on a pris la tolérance du nivellement ordinaire. Donc on utilise la formule de la Tolérance suivante : [4]

$$T = \sqrt{36N + \frac{N^2}{16}} \quad (26)$$

3. Compensation de nivellement

La compensation est l'opération qui consiste à répartir la fermeture sur les mesures. La compensation notée C_z est donc l'opposé de la fermeture, c'est-à-dire : [4]

$$C_z = -f_z \quad (27)$$

Pour que le nivellement soit compensable, il faut que l'écart de fermeture altimétrique soit inférieur ou égal à la tolérance $T_{\Delta z}$. Et si c'est le cas, la compensation est proportionnelle à la portée entre sommets ou aux dénivelées.

- **Compensation au nombre N de dénivelées** : on choisit ce type de compensation dans le cas où la fermeture est très faible c'est-à-dire inférieure à l'écart type $\sigma_z = T/2.7$. La compensation sur chaque dénivelée est définie par : [4]

$$C_{zi} = \frac{C_z}{N} \quad (28)$$

- **Compensation proportionnelle à la distance** : on considère que plus la portée est importante, plus la dénivelée peut être entachée d'erreurs. Ceci oblige à connaître un ordre de grandeur de la portée, qui est obtenu par stadimètre. La compensation sur chaque dénivelée est égale à : [4]

$$C_{zi} = Z_A + \frac{L_i}{\sum L_i} \quad (29)$$

E. REPORT

Une fois le calcul terminé, les données traitées et les données dans la carte mémoire de la station totale enregistrée pendant le levé sont exportées sur le géo-base du COVADIS pour effectuer le report et éditer le plan final.

Le transfert des données vers l'ordinateur se fait par l'intermédiaire d'un logiciel **Leica Geo-Office Surveying**.

Pour obtenir le plan, on dessine les détails du levé en utilisant les croquis soient en relation et identiques par rapport aux numéros des points introduits dans la mémoire de l'appareil.

Voici un extrait du plan à l'échelle 1/2000 issu du levé de la zone d'étude :



LEGENDES	
	Axe de la route existant
	Bord route existant
	Clôture en dur
	Clôture léger
	Mur de soutènement ou escalier
	Talus
	Bâtiment léger
	Bâtiment en dur
	Arbre
	Regard
	Poteau téléphonique
	Poteau électrique
	Puits
	Fossée en terre

Unité : mètre	Echelle : 1/2000
APD	Format : A3
Plan n°97	PK50+320-PK50+570
PLAN DE DETAIL	
Date	Conçu par:
15/10/14	RAZAFINDRATSIMBA Tojo Harjaona

Chapitre 5 CONCEPTION GEOMETRIQUES DE LA ROUTE

La conception géométrique de cet aménagement était effectuée à l'aide de la fonction purement *COVADIS*. Mais la conception est faite sur la fonction *AUTOPISTE* est un logiciel complet, simple et interactif de conception routière (routes, autoroutes, circuits) et d'infrastructures linéaires (TGV, pistes, digues.). Ses fonctionnalités complètent celles de *COVADIS*.

Avant de passer sur la conception proprement dite, on a quelques traitements à faire :

➤ **Chargement de semis**

Covadis est très performant en ce qui concerne le dessin des points, il supporte la majorité des formats et intègre son propre format à lui.

➤ **MNT du terrain naturelle :**

Le MNT ou Modèle Numérique du Terrain est la base indispensable pour la plupart des calculs de projet ou pour les cubatures. C'est une représentation 3D d'un terrain (ou d'un projet) qui est souvent appelé aussi TRIANGULATION, car il est constitué de "Face3D" triangulaires. Covadis calcule et dessine automatiquement le MNT en utilisant la méthode de DELAUNAY qui essaie de créer des triangles les plus équilatéraux possibles. Dans le principe, le programme relie les points trois par trois pour créer les triangles.

I. Conception du tracé en plan

Après avoir effectué les plans à l'échelle 1/2000. On détermine la conception du tracé en plan qui est le projet à réaliser. Le tracé en plan est constitué par des sommets d'alignement droit dont l'intersection des deux alignements droits soit accessible ou inaccessible selon la vocation du terrain.

Le tracé en plan est une option qui permet sommairement de représenter :

- L'axe en plan ;
- Tabulation de l'axe avec les numéros des profils ;
- Les limites de chaussée, d'accotement et de talus.

➤ Axe en plan

- Activer le menu *Autopiste /nouveau projet/*
- *Axe en plan/droite/création droite/*
- Il n'y a pas de commande spéciale pour les tracé d'arcs, mais il va falloir passer au raccordement de deux droites, pour se faire :

Axe en plan/raccordement par Arc/droite avec rayon

Sélectionner les deux droites à raccorder puis entré la valeur du rayon.

Après avoir tracé l'axe en plan, il faut passer à l'assemblage de l'axe qui se fait comme suit :

Axe en plan/assemblage de l'axe en plan/puis sélectionner l'axe.

➤ Tabulation de l'axe et implantation des profils :

La tabulation consiste à définir la largeur du profil en travers. Il est préférable de les numérotés pour éviter la confusion lors de la visualisation du dessin du profil.

II. Tracé du profil en long

Un profil en long est la représentation d'une coupe verticale suivant l'axe d'un projet linéaire. Le profil en long est complété par des profils en travers qui sont des coupes verticales perpendiculaires à l'axe du projet. Leur établissement permet en général le calcul des mouvements de terres (cubatures) et permet aussi de définir le tracé idéal d'un projet de manière à rendre si possible égaux les volumes de terres déblayés avec les volumes de terres remblayés. Le logiciel joue ici un rôle très important puisque ces calculs sont répétitifs. En effet, il faut plusieurs essais lors d'une recherche de tracé avant d'arriver au tracé définitif.

Et aussi, le profil en long est un graphique sur lequel sont reportés tous les points du terrain naturel et de l'axe du projet. Il est établi avant de faire le dessin des profils en travers car ce dessin du profil en travers dépend du document du profil en long. Ce graphique s'oriente de la gauche vers la droite.

Un aménagement de court terme visant à améliorer la sécurité d'une route existante devrait en tous les cas comporter :

- l'augmentation du rayon des courbes de moins de 150 m de rayon situées en extrémité d'alignements droits de plus de 500 m ; le rayon peut être porté à 150 m, 200 m ou plus selon les cas (pour les routes existantes en relief difficile, de telles courbes peuvent éventuellement être traitées autrement, notamment par le moyen du balisage, ou ne pas être modifiées en l'absence d'accident),
- la vérification des courbes de moins de 250 m de rayon moyen : d'éventuelles variations marquées de la courbure dans le virage doivent être supprimées ; la régularisation de la courbure n'implique pas nécessairement une augmentation du rayon moyen,
- le contrôle de la visibilité en approche des virages de rayons inférieurs à 250 m
- la correction d'autres défauts de tracé (ou autres) mis en évidence par l'analyse des accidents (diagnostic de sécurité).
- Deux autres remarques peuvent être mentionnées concernant l'aménagement du tracé des routes existantes :

- - lors de l'aménagement ponctuel d'un virage, il n'est pas toujours souhaitable d'augmenter considérablement le rayon (pour atteindre le rayon minimal de la catégorie par exemple), en particulier s'il existe un autre virage difficile en amont ou en aval, car des accidents risquent alors de s'y produire (voir la note (2) de la page précédente),
- - les très grands alignements droits (de l'ordre de 5 à 10 km et plus) que l'on peut rencontrer sur des routes existantes, peuvent poser des problèmes de sécurité en favorisant l'assoupissement des conducteurs (s'il existe un trafic de longue distance en particulier) ; ces problèmes ne justifient pas une coûteuse modification du tracé et peuvent trouver des solutions dans l'aménagement des abords de la route : par exemple dispositifs sonores sur des accotements suffisamment larges et bien traités, pour favoriser le "réveil" de l'usager assoupi et son retour sur la chaussée.

III. Tracé du profil en travers

Les profils en travers sont des sections transversales perpendiculaires à l'axe du projet qui permettent de calculer les paramètres suivants :

- La position des points théoriques d'entrée en terre des terrassements ;
- L'assiette du projet et son emprise sur le terrain naturel ;
- Les cubatures (volumes de déblais et de remblais).

On peut classer les profils en travers en 3 types : profils en travers en Déblai, profils en travers en Remblai et profils en travers Mixte.

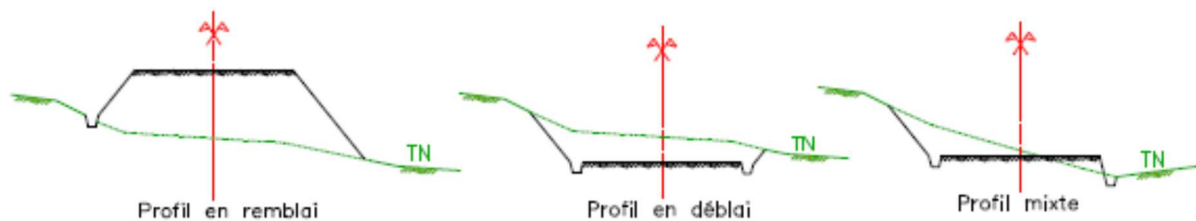


Figure 13: Les trois types des Profil en travers

On dit que le profil en travers est en déblai lorsque la limite du terrain naturel se trouve au-dessus de la ligne du projet. Mais le profil en travers est en remblai lorsque la limite du terrain naturel se trouve au-dessous de la ligne du projet. Et le profil en travers mixte est la combinaison de profil en travers remblai et déblai.

Pour la bonne compréhension des profils en travers types, quatre précisions doivent être apportées :

- la chaussée, au sens géométrique du terme, est limitée par le bord interne du marquage de rive (et ne comprend pas les surlargeurs de structure de chaussée portant le marquage de rive),
- la largeur de voie comprend une part du marquage de délimitation des voies (1/2 axe pour chaque voie d'une chaussée bidirectionnelle, 1 demi-marquage de délimitation des voies pour les voies extrêmes des chaussées à plus de 2 voies, et 2 demi-marquage de délimitation des voies pour la (ou les) voie(s) médiane(s) des chaussées à plus de 2 voies),
- l'accotement comprend une bande dérasée, constituée d'une surlargeur de chaussée supportant le marquage de rive et d'une bande stabilisée ou revêtue, et la benne,
- la bande dérasée de gauche est une zone dégagée de tout obstacle, située à gauche des chaussées unidirectionnelles. Elle supporte le marquage de rive ; elle peut être d'une structure plus légère que la chaussée.

Les profils types sont vus sur l'ANNEXE

IV. Calcul de cubature de terrassement

La détermination de quantité de mouvement de terre totale est traitée dans le logiciel Covadis. Il existe plusieurs mode de calcul mais on utilise la méthode entre deux MNT (Modèle Numérique du Terrain).l'opération consiste à établir le MNT du terrain naturel et le MNT du projet à réaliser. On superpose ses deux MNT pour obtenir le résultat.

Les résultats des calculs sont détaillés dans l'ANNEXE

V. Implantation

V.1 Implantation du tracé en plan

Après la conception géométrique du projet, on fait les calculs des implantations et on retournera sur terrain afin d'implanter les éléments d'implantation qui viennent d'être déterminés.

Mode opératoire

Tout d'abord, les alignements droits sont implantés depuis les polygonales des base c'est-à-dire on stationne sur les points de la polygonale de base en y visant un autre point comme référence en mettant le zéro du limbe sur cette direction, et puis on ouvre un angle qui correspond à chaque point à implanter, et on implante respectivement en même temps les distances.

Les principaux points d'alignement droit qu'il faut implanter sont les points tangence T T' , les points d'axe à implanter tous les 30 à 50m et les sommets S . il est rare que les sommets S soient accessibles. Si c'est le cas, on implantera les tangences T et T' depuis le sommet S . A chaque implantation. Il faut contrôler les points qui viennent être implantés en stationnant sur un autre point d'appuis.

Pour l'implantation des courbes de raccordements, on adopte l'implantation par coordonnées rectangulaire en utilisant la méthode de piquetage de proche en proche. Cette méthode consiste à stationner en premier lieu sur le point de tangence T ou T' en se référant sur l'alignement ST et point de tangence précédant, et puis on implante les piquets tous les 5m. Ensuite, on s'appuie sur les piquets implantés précédemment en se référant aux piquets qui viennent de stationner.

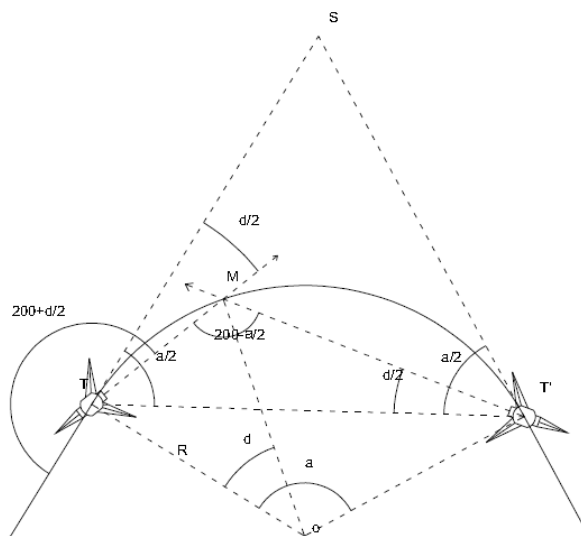


Figure 14: Piquetage de proche en proche

La précision de chaque point doit alors être soignée puisque les erreurs se cumulent. Si on adopte l'implantation en coordonnées polaires, on divise l'arc de cercle de raccordement en un nombre entier d'arc d'angle au centre α/n .

Le contrôle de l'implantation des piquets de raccordement qui viennent d'implanter se fait en stationnant sur l'autre point de tangence.

Les travaux qui succèdent l'implantation du tracé en plan sont le lever du profil en long et travers du terrain naturel qui constitue les projets.

V.2 Implantation des points de profils

Cette phase est effectuée sur terrain après la détermination des différents éléments qui constituent le projet. L'implantation des points de profils se fait à l'aide de la station totale en stationnant sur les points d'axe qui viennent d'être implantés à partir de la polygonation de base.

Les points du profil à implanter sont :

- ✓ Les points d'entrée en terre théorique ;
- ✓ Les côtes de la plateforme ;
- ✓ Les points de tangences T et T' ;
- ✓ Les sommets et les points du raccordement du profil en long.

Mode opératoire

Les coordonnées planimétriques de ces points sont déterminées au préalable au bureau et sont entrées dans la cadre mémoire de l'appareil.

Les points d'entrée en terre déterminés sont théoriques et décalés par rapport aux points réels. Il existe un moyen simple de positionner sur le terrain le point d'entrée en terre réels. A partir du point d'entrée en terre théorique. Il suffit de déterminer l'altitude du terrain naturel à la verticale du point d'entrée en terre théorique. Ceci donne une différence de hauteur ΔZ par rapport à la théorie. On en déduit le point correspondant sur le talus positionné à la distance ΔX telle que $\Delta X = \Delta Z/p$ (p = pente du talus)

Les côtes de la plateforme sont théoriques et décalent en altimétrie par rapport à la cote du terrain naturel réel. Pour corriger cette cote théorique, on ajoute ou on soustrait la différence de cote entre TN réel et TN théorique. Voici la relation qui la détermine :

$$Z(\text{PF}) = \Delta Z (\text{PF, TN théorique}) \pm \Delta Z (\text{TN réel, TN théorique}) + Z (\text{TN réel})$$

Il faut marquer sur le piquet la côte du TN réel et la dénivellation réelle par rapport à la cote de la plateforme.

L'implantation des sommets et les points de raccordement circulaire du profil en long présentent aussi une différence de cote avec la cote réelle du terrain naturel. Alors la correction est la même que la précédente.

V.3 Implantation des ouvrages

Dans ce projet on a quelques ouvrages à implanter

- Mise en place de buses en béton armé ;
- Construction de puisards, de regards et divers autres ouvrages de drainage ;
- Construction de dalots ;

- Construction de canaux maçonnés et/ou bétonnés ;
- Construction de caniveaux ;
- Construction de fossés non revêtus et revêtus ;
- Mise en place d'embrochements ;
- Divers travaux de maçonnerie et/ou de béton (avaloir, regard, puisard, descente d'eau, etc....).

Tous ces ouvrages sont implantés par la méthode d'implantation par coordonnées polaire c'est-à-dire on utilise des angles et des distances.

Mode opératoire

On fait une préparation pour avoir indiqué les points d'appui et le point de référence. Les deux points sont strictement des points de canevas. Même principe que l'implantation par coordonnées rectangulaire, mais pour bien assurer il faut un contrôle, on relève tous les piquets implantés sur une autre station (c'est aussi des points de canevas). La comparaison des coordonnées obtenue par rapport aux coordonnées initiales montre les écarts.

L'avantage de ces méthodes par rapport aux autres méthodes est au niveau du gain de temps. Elle est adéquate pour la station totale. Pour la méthode d'implantation par coordonnées rectangulaire, toutes les coordonnées qui caractérisent le tracé en plan et les coordonnées des stations étaient déjà entrées dans sa mémoire amovible à l'aide du logiciel *LGO*.

Chapitre 6 ANALYSE ET RECOMMANDATIONS

A. ANALYSE ET REMARQUES

➤ Remarque sur la Polygonation

Remarque 1 :

Rappelons qu'il s'agit d'une polygonation non rattachée au système de référence planimétrique officielle à Madagascar qui est la projection Laborde Madagascar. On a travaillé dans le système de projection locale.

Les inconvénients de ce système sont :

- On ne pourra pas faire des contrôles ;
- Il est impossible de le caler sur une carte ;
- Inexploitable après l'achèvement définitif du projet et pour le futur projet.

Puisque le projet sera comparé à une carte dont les coordonnées sont à la projection Laborde Madagascar. Tous les éléments qui entrent dans les calculs de cheminement doivent donc être ramenés dans cette projection pour qu'il n'y ait pas décalage lorsqu'on cale le projet sur une carte.

Remarque 2 :

Les points de rattachement sont déjà immatricule par les le maître d'ouvrages. Ils sont déterminés par GPS bifrequences au début et à la fin du projet mais ne pas à la projection national (Laborde Madagascar). Donc les travaux à faire avant de les utiliser sont le contrôle et la vérification de la stabilité. Et après, on les transforme en coordonnées Laborde

➤ Remarque sur le nivellement

Remarque 1 :

Tous les points ne sont pas rattachés au NGM (Nivellement Général de Madagascar) à cause des conditions posées par les clients. Donc, on fait le rattachement au repère de nivellement.

Remarque 2 :

Dans ces travaux, on ne peut pas confier au carnet électronique, on écrit manuellement les données pour éviter les erreurs.

Remarque 3 :

Comme les stations totales et théodolites, les niveaux peuvent aussi présenter des défauts.

Ainsi, il se pourrait que des erreurs et fautes soient commises au cours des lectures.

Pour avoir alors des observations satisfaisantes, il faut :

- ⇒ Eviter et éliminer les erreurs systématiques comme les l'erreur de collimation. C'est un type d'erreur d'horizontalité de l'axe optique du niveau, qui est éliminée par la « méthode de visée égale » ;
- ⇒ Composer les erreurs accidentelles ;
- ⇒ Faire le réglage de niveau avant chaque mission, car il se peut que pendant le transport, le niveau se dérègle ;
- ⇒ Utiliser des matériels permettant d'obtenir une meilleure précision, en particulier la mire.

➤ **Remarques sur le lever de détail**

Remarque 1

Dans le lever proprement dit, on devrait toujours viser le point de référence avant de commencer le lever des points de détails. Après observations de 15 ou 20 points, on révisé le point de référence. Cela permettrait de vérifier si la station a bougé et d'assurer un contrôle. Ce qui n'a pas été fait sur chantier.

Remarque 2

Même si les appareils utilisés sont sophistiqués :

- Il ne faut jamais oublier de prendre et de bien noter les différentes hauteurs : h_a, h_v avant d'entamer le lever ;
- Il faudrait faire attention à la numérotation des points et à l'enregistrement des observations pour éviter les différents problèmes lors du traitement.

Ainsi, il vaut mieux aussi d'établir un croquis bien soigneux puisqu'il servira comme une aide précieuse et facilitera l'habillage des dessins.

Remarque 3

L'enregistrement des observations brutes : h_a, h_v , angle horizontal et vertical, distance suivant la pente s'avère nécessaire. Il permettrait de vérifier pendant le traitement sur COVADIS si quelques points présentent des anomalies.

B. RECOMMANDATIONS

1. Travaux de protection particuliers

A plusieurs endroits surtout dans les zones où le niveau de la route n'est pas très élevé par rapport au niveau de la mer une partie de la route a été emportée.

De plus, la route menace d'être coupée à cause de l'effondrement ou l'érosion d'un ouvrage de traversée à certains endroits. Le passage des véhicules au niveau de ces endroits se font alors sur une demi-chaussée.

Des murs de protections sont donc à prévoir pour protéger la route sur ces zones ainsi que le rehaussement de la ligne rouge.

Les caractéristiques des nouveaux ouvrages sont fixées en tenant compte des caractéristiques de l'environnement physique des lieux où les lits des rivières sont implantés et celles de la route en tenant compte de la géométrie du tracé routier.

Les pieds de talus des remblais d'accès seront protégés de tout risque d'érosion par la mise en place de murs en maçonneries de moellons, de perrés maçonnés ou de protection en gabions.

2. Point de rattachement planimétrique

On recommande alors d'utiliser des points géodésiques pour le rattachement planimétrique des points de base s'il y en a dans la zone d'étude. Sinon on utilisera au moins trois points qui détermine par GPS bi fréquence avec un système bien précise et on le transforme en coordonnées Laborde. Mais la meilleure idée est de consulter au service FTM les points géodésiques existant aux alentours de zone d'étude.

On propose la méthode de détermination des points de rattachement Pour faciliter les travaux, il faut faire une petite campagne géodésique avant tous.

a. Préparation

C'est la première phase de toutes les opérations. Elle ne peut pas être négligée, puisque la connaissance de l'état du réseau existant, la durée de la mission ainsi que les matériels utilisés dépendent surtout de la préparation. La bonne exécution est donc fonction de cette phase.

Durant cette phase, plusieurs étapes s'avèrent être indispensables :

- ◆ Inventorier les missions géodésiques dans la zone de travail.
- ◆ Faire le choix des points qui est fonction de la taille du réseau. En général, les points sont choisis de façon à avoir des lignes de base les plus courtes possibles mais, ils doivent être d'accès facile et de site stable pour assurer la pérennité ;

- ◆ Elaborer le planning d'observation. La configuration et la durée d'observation qui définissent le planning.

Pour la détermination des nouveaux points, il faudrait les fiches signalétiques du point de référence, connu dans le système WGS84 du système GPS et celles des 3 points géodésiques de l'ancien réseau qui serviront comme points d'adaptation afin de déterminer les sept paramètres qui seront utilisés pour la transformation des coordonnées dans le système WGS84 en coordonnées Laborde Madagascar.

b. Traitement des données

Pour le calcul de polygonaion de base, on doit alors appliquer les corrections sur la projection Laborde.

Les corrections à faire pour appliquer la projection Laborde sont :

- Correction au niveau zéro ;
- Correction à la corde ;
- Correction à la projection

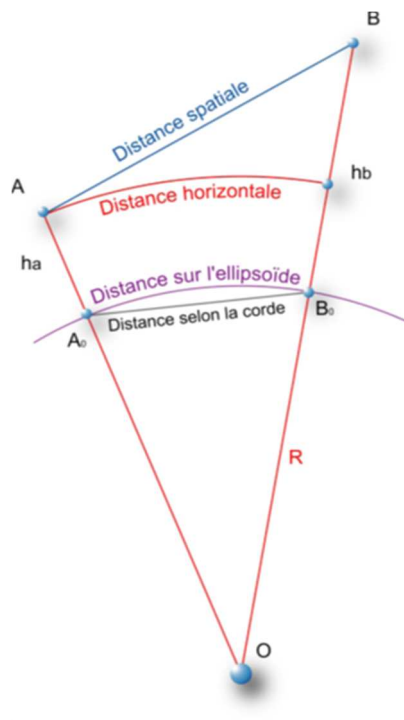


Figure 15: Les différents types de distance

✓ Réduction au niveau zéro

La distance sur l'ellipsoïde est la distance horizontale, ramenée au niveau zéro. [1]

$$D_0 = \frac{DH * R}{R + H} \quad (\text{N}^\circ 30)$$

Avec :

D_0 : distance sur l'ellipsoïde ;

DH : distance horizontale ;

R : rayon de la Terre avec $R=6400\text{km}$;

H : altitude moyenne.

✓ **Correction à la corde**

Cette correction est très faible et négligeable

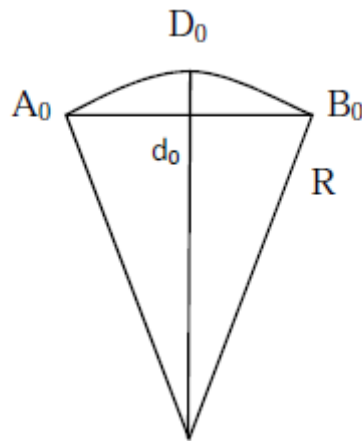


Figure 16: Correction de courbure

D_0 : distance suivant la courbe ;

d_0 : distance linéaire.

Cette correction est définie par : [2]

$$(D_0 - d_0) = \left(\frac{D\text{km}}{10}\right)^3 \quad (\text{N}^\circ 31)$$

✓ **Correction à la projection**

Suite à la correction de la distance sur l'ellipsoïde, il faut appliquer la correction à la projection qui se traduit comme suit : [2]

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{D_{\text{projection}}}{D_{\text{ellipsoïde}}}$$

$$D_{\text{projection}} = D_{\text{ellipsoïde}} * K_0$$

(N° 32)

$D_{\text{projection}}$: distance sur la projection

$D_{\text{ellipsoïde}}$: distance sur l'ellipsoïde

K_0 : coefficient de réduction d'échelle.

Avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} X_0 = 400\,000 \text{ m} \\ Y_0 = 800\,000 \text{ m} \end{array} \right.$$

En appliquant le coefficient de réduction d'échelle $k_0 = 0.9995$, on détermine le coefficient $k * k_0$ d'après le tableau de coefficient [annexe] abaque de $k * k_0$.



Figure 17: Variation du coefficient KK_0 en fonction de n

Soient deux points A et B, dont on cherche la correction à appliquer sur la distance. Pour ce faire, on calcule d'abord le η des deux points, η_A et η_B puis on prend la moyenne

Enfin on détermine le coefficient $k \cdot k_0$ en s'appuyant à la table de projection. Ainsi, η_A est la distance perpendiculaire de A à l'isomètre centrale

La formule pour le calcul des coordonnées planimétriques s'écrit comme suit : [2]

$$\begin{aligned} X_B &= X_A + D_{\text{projection}} \cdot \sin GAB \\ Y_B &= Y_A + D_{\text{projection}} \cdot \cos GAB \end{aligned}$$

(N° 33)

En admettant que A est un point connu et B à déterminer.

3. Nivellement

Le plus précis est d'utiliser les points NGM (Nivellement Générale de Madagascar). Donc il faut consulter tous les repères de nivellement existants sur le zone de travail.

CONCLUSION PARTIELLE

L'ingénieur Géomètre Topographe est au cœur des études et des travaux de construction routière quelle que soit la taille des chantiers. En effet la route dont la conception et la réalisation influent directement sur la sécurité de ses usagers, le géomètre reste un acteur principal pour le respect de sa géométrie stricte et de sa qualité de construction. Toutefois, compte tenu de la complexité des ouvrages, et de l'évolution rapide des techniques, le géomètre doit être à l'affût des mutations et des innovations qui s'opèrent dans le domaine routier.

**PARTIE III: ETUDE
FINANCIERE ET IMPACTS
ENVIRONNEMENTAUX**

Chapitre 7 ETUDE FINANCIERE DE L'ETUDE TOPOGRAPHIQUE

I. Affectation des ressources utilisées

Elle est fonction des activités effectuées sur chantier.

Tableau 17 : Affectation des ressources

ACTIVITÉS	RESSOURCES MISES EN ŒUVRE
MATÉRIALISATION	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2 Topographes + 6 manœuvres ▪ 2 Voitures 4 x 4 ▪ Matériaux : ciment, gravillon, sable, fer Ø6 et Ø8 ▪ Piquets en bois, peinture rouge ▪ Matériels : marteau, haches, pinces, pedomètre ▪ Bornes préfabriquées ou coulées sur place
POLYGONATION	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 Topographe +1 assistance + 2 manœuvres ▪ 1 Voiture 4 x 4 Equipements (1 station totale + embases + 3 trépieds + 2prismes), haches.
NIVELLEMENT	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 Topographe + 1 assistance + 2 manœuvres ▪ 1 Voiture 4 x 4 ▪ Equipements (1 niveau + 2 trépieds + 4 mires)
LEVER DE DÉTAILS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2 Topographes + 2 assistance + 4 manœuvres ▪ 2 Voiture 4 x 4 ▪ Equipements (2 stations totales+2 embase+2trépieds + 4prismes), haches
TRAITEMENT DES DONNÉES	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 Responsable Bureau d'étude ▪ 1 Ordinateur portable ▪ 1 Imprimante ▪ 1 Stabilisateur et 1 onduleur ▪ Logiciel COVADIS avec AUTO Piste

II. Coût du projet

Le coût total des travaux topographiques effectués sur la Route Nationale RNS 12 est estimé en fonction de :

- ✓ Ressources humaines
- ✓ Ressources matérielles
- ✓ Avec l'imprévu

II.1 **Ressources humaines**

a) Tarifs journaliers des personnels

Les tarifs indiqués sont des tarifs qui contiennent :

- Indemnité journalière ;
- Indemnité de déplacement ;

- Hébergement.

Tous les manoeuvre sont recrutés sur le lieu donc leur tarif est juste indemnité journalière.

Tableau 18 : Tarif journalier

Profil	Responsable B.E	Topographe	Assistance	Chauffeur	Manoeuvre
Tarifs (Ar/jr)	125 000	100 000	70 000	65 000	10 000

b) Coût total des ressources humaines du projet

Tableau 19 : Coût total des ressources humaines

Désignation	Nbr	Prix Unitaires	Temps d'affectation	Unités	Montant (en Ar)
Responsable B.E	1	125 000	36	jour	4 500 000,00
Topographe	2	100 000	36	jour	7 200 000,00
Assistance	2	70 000	30	jour	4 200 000,00
Chauffeur	2	65 000	36	jour	4 680 000,00
Manoeuvres	4	10 000	30	jour	1 200 000,00
Total HT					21 780 000,00
Taxe 20 %					4 356 000,00
Total TTC					26 136 000,00

Source : *Auteur*

II.2 Ressources matérielles

Tableau 20 : Coût total des ressources matérielles

Désignation	Quantité	Unités	Coût unitaire	Temps d'affectation	Montant (en Ar)
Matériaux					
Ciment	36	sac 50kg	25000		900 000,00
Fer Ø8	14	barre de 12m	13500		189 000,00
Gravillon 5/20	4,5	m3	75000		337 500,00
Sable 0,5	1,9	m3	7500		14 250,00
Piquets	6000	m3	150		900 000,00
TOTAL					2 340 750,00
Matériels de production					
Ordinateur	2		30000	36	2 160 000,00
Groupe électrogène	1		80000	36	2 880 000,00
Leica TPS405	2		130000	36	9 360 000,00
Leica NK2	2		60000	36	4 320 000,00
TOTAL					18 720 000,00
Autres Charges					
Carburant	80	litres/j	24	2950	5 664 000,00
Location 4x4	2		24	160000	7 680 000,00
TOTAL					13 344 000,00
Total HT					34 404 750,00
Taxe 20 %					6 880 950,00
Total TTC					41 285 700,00

Source : *Auteur*

III. Coût définitif du Projet

Tableau 21 : Coût définitif du projet

DÉSIGNATION	MONTANT EN AR
Coût des ressources humaines	26 136 000,00
Coût des ressources matérielles	41 285 700,00
Imprévu (30% de la dépense total)	20 226 510,00
Coût définitif du projet	87 648 210,00

Source : *Auteur*

Chapitre 8 IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

I. Généralités

Les routes ont des impacts sur l'environnement amplifiés par la circulation des véhicules qui les empruntent. La construction et l'entretien des routes absorbent la moitié de la production nationale annuelle de granulats. Un tiers des déchets routiers, essentiellement inerte, est mis en décharge. La circulation mais aussi les travaux routiers contribuent aux émissions nationales de CO₂. Le réseau routier provoque une fragmentation des écosystèmes : les liaisons routières principales divisent en deux et demie la taille moyenne des zones d'intérêts écologiques.

L'impact environnemental désigne l'ensemble des modifications qualitatives, quantitatives et fonctionnelles de l'environnement (négatives ou positives) engendrées par un projet, un processus, un procédé, un ou des organismes et un ou des produits, de sa conception à sa "fin de vie".

L'étude de l'impact environnemental est un outil utilisé par la norme ISO 14001 et pour faire une analyse du cycle de vie.

Des études d'impacts environnementaux sur les milieux biophysiques et humains sont requises pour une majorité de projets. Elles sont nécessaires et obligatoires pour les projets d'envergures et sont habituellement assorties de mesures d'atténuation et/ou de mitigation et/ou de mise en valeur et/ou de formules compensatoires et/ou de mesures de conservation ou de restauration.

La Charte de l'environnement est un texte de valeur constitutionnelle, intégré en 1999 dans le bloc de constitutionnalité du droit Malagasy, reconnaissant les droits et les devoirs fondamentaux relatifs à la protection de l'environnement. Elle énonce notamment trois grands principes : le principe de prévention, le principe de précaution, et le principe pollueur-payeur.

II. Définition

Selon la charte de l'environnement Malagasy (loi N°90-033 du 21/12/90), l'ensemble des milieux naturels et artificiels, y compris les milieux humains et les facteurs sociaux et cultures intéressent le développement.

Un impact sur l'environnement peut se définir comme l'effet, pendant un temps donné et sur un espace défini, d'une activité humaine sur une composante de l'environnement pris dans le sens large du terme (c'est-à-dire englobant les aspects biophysiques et humains), en comparaison de la situation probable advenant la non-réalisation du projet. La réalisation du

projet va donc entraîner une modification, c'est-à-dire une perturbation du système par rapport à l'état initial.

III. Importance de l'impact

L'importance de l'impact constitue un jugement porté sur l'importance des modifications anticipées, qui tient compte du contexte d'insertion spatial et temporel du projet. Ce jugement peut s'appuyer sur différents critères :

Sur les composants biophysiques :

- permanence de l'effet anticipé et son potentiel cumulatif ;
- rareté ou unité des espèces ou des écosystèmes ;
- sensibilité du milieu d'insertion en ce qui a trait à la résilience ;
- réversibilité des impacts ;
- moments de manifestation de l'impact

Sur les composants humains :

- sensibilité des groupes humains affectés ;
- réversibilité des impacts ;
- valeur accordée à la ressource qui subit l'impact ;
- moment de manifestation de l'effet ;
- conséquences économiques.

IV. L'impact et ses valeurs

Historiquement, le terme d'impact prend sa source dans l'aménagement du territoire avec les grands projets (routes, barrages etc.). L'impact environnemental est intégré dans l'aménagement afin de :

- ✓ déterminer quelles sont les évolutions des pratiques de l'aménagement,
- ✓ répondre aux questions de l'effet de l'aménagement,
- ✓ fonder en raison l'anticipation et les effets de l'action, appréhender les effets et leurs légitimités,
- ✓ déterminer la probabilité de l'impact, la transformation de l'action, le risque de l'aspect négatif,
- ✓ d'évaluer la mise en péril de l'action économique et sociale.

V. Etude de l'environnement par rapport au projet d'aménagement routier :

Les activités des travaux de construction de l'aménagement sont associées à beaucoup de problématiques. A titre non limitatif, on peut identifier les enjeux environnementaux d'une opération sur les composantes de l'environnement :

- Le milieu physique et biologique
- Le milieu socio-économique

Dans ce projet, on étudiera les impacts positifs et les impacts négatifs environnementaux durant la phase d'activité et après les travaux d'aménagement.

V.1- IMPACTS POTENTIELS DU PROJET

1. Alternative sans projet

L'analyse de cette alternative relative à « l'abandon du projet » et à la non construction de la RNS 21 a montré que, les impacts environnementaux liés à l'exploitation de la principale actuelle route nationale liant les villes du District de Sainte-Marie ne feront qu'empirer en terme de risques de pollution, de risques d'accidents, et de risque de dégradation des zones traversées. L'accroissement régulier et important du trafic lié à l'augmentation démographique et au développement des activités économiques, les difficultés insurmontables d'aménagement et d'entretien sont autant de facteurs qui seront à l'origine des impacts négatifs sur l'environnement. L'alternative «sans projet» est donc une solution à éviter.

2. Alternative projet : Impacts positifs

Les principaux impacts positifs sur le projet de réhabilitation de la RNS21 concernent entre autre :

➤ Des impacts positifs directs :

- L'amélioration de la sécurité ;
- L'amélioration des conditions de circulation : surtout la réduction des nuisances (pollution de l'air et bruit).

➤ Des impacts positifs indirects :

Sur les activités socio-économiques et le développement régional. En effet, la réalisation du projet aura un effet bénéfique sur les entreprises dès lors qu'il y aura un élargissement significatif de l'offre de biens et service de ses aires de marché potentielles grâce à une meilleure accessibilité via l'autoroute.

- La création de nouveaux emplois : L'augmentation d'activités par la création d'emplois temporaires (du fait de la construction du projet au profit de la main d'œuvre locale) et permanents (pour les besoins d'exploitation de la route);
- Le développement du tourisme suite aux connexions des secteurs touristiques importants, dont l'impact sera globalement positif et fort, en améliorant la desserte; l'accessibilité aux sites touristiques par la route; et le soutien de l'artisanat local qui trouvera un marché auprès des touristes.

Il est important de noter que l'intensification de ces impacts positifs passe par la mise en œuvre d'un certain nombre d'actions dont la mise en place (à titre d'exemple) de panneaux touristiques le long de l'itinéraire, afin d'informer les usagers de la route sur l'intérêt patrimonial des territoires traversés.

3. Impacts négatifs

Les principaux impacts négatifs potentiels du projet les plus significatifs concernent:

- L'expropriation des propriétés bâties ainsi que des terres, situées dans l'emprise du projet,
- Le déplacement des populations,
- Les risques de pollution des oueds et points d'eau situés à proximité du projet,
- Les coupures temporaires des réseaux (routes, eau, électricité...),
- Les risques d'envasement des retenues,
- Les impacts négatifs sur l'agriculture,
- Le manque à gagner pour les commerçants implantés sur le long de la route.

De façon plus détaillée, on distingue les impacts en phase des travaux et ceux intervenant en phase exploitation.

4. Impacts pendant la phase des travaux

❖ Milieu physique :

Pendant la phase de construction les impacts négatifs sur le milieu naturel sont en premier lieu les impacts classiques d'un chantier de construction de route ou d'autoroute dont :

- les émissions de poussières et les pollutions atmosphériques affecteront la qualité de l'air. Les nuisances acoustiques liées à la circulation des engins de chantier et à l'utilisation des explosifs sur certains passages rocheux ;
- les risques de contamination des sols et des ressources hydriques liés aux accidents probables avec des produits dangereux utilisés

- le risque de perte du couvert végétal et de dégradation de sols suite à l'exploitation des carrières et à l'installation des chantiers.
- les risques de pollution de ces milieux due aux rejets d'eaux usées et de déchets solides du chantier (logements et bureaux).

❖ Milieu biologique :

- ✓ Nuisances liées à la circulation des véhicules (augmentation de la mortalité par collision) et des engins de chantier, au bruit, à l'émission de poussières et de polluants,
- ✓ Perturbations liées à l'introduction d'une barrière terrestre,
- ✓ Destruction ou perturbation de sites favorables aux différentes espèces,
- ✓ Risque d'incendie.

❖ Milieu humain :

Pendant la phase des travaux plusieurs arbres (en grande partie des oliviers) seront à abattre, des bâtiments (à usage d'habitations ou professionnels) seront touchés et un certain nombre de personnes seront à déplacer.

- Les surfaces d'emprise de terrains seront à exproprier et auront pour effet direct de réduire la production agricole dans sa diversité
- les bruits, les vibrations et les émissions constituent des impacts qui pourraient avoir une influence sur la santé des riverains et des ouvriers.
- La circulation des camions et engins de chantier pourra également causer des accidents.
- De même, l'attractivité de la région augmente pour les gens à la recherche d'emplois, ce qui pourrait perturber les structures socioculturelles existantes.
- Manque à gagner pour les agriculteurs dont les terrains sont concernés par les travaux,
- Impact visuel des chantiers et des bases vie.

V.2- MESURES DE COMPENSATION ET D'ATTÉNUATION

❖ Mesures en phase travaux

Les impacts négatifs sur l'environnement susmentionnés pendant la phase des travaux peuvent être anéantis ou/et réduits par l'observation et la mise en œuvre d'un certain nombre de mesures concernant en premier lieu les atténuations relatives à l'installation et l'exploitation de chantiers, à savoir à titre indicatif :

- le choix judicieux de l'emplacement des zones d'installation de chantier et des routes d'accès qui doit porter sur des zones le plus loin possible des secteurs sensibles et d'habitations. Au départ, les pistes des chantiers doivent être conçues pour ne pas entraver l'écoulement des eaux et enfin des travaux, ces pistes doivent être remises

en état ou aménagées. Pour les ressources en eau souterraines, il y a lieu de prendre en considération en particulier.

- le stockage des produits dangereux doit faire l'objet de dispositifs stricts et particulièrement spécifiques dans le but de limiter au maximum possible les risques pour l'environnement ;
- des aires spécifiques doivent être réservés et aménagées pour l'entretien, le ravitaillement et le nettoyage des engins utilisés et ce pour limiter les risques de contamination et de dégradation de la qualité des eaux ;
- l'évacuation régulière vers un site de traitement ; la récupération et l'évacuation régulière des déchets du chantier.
- l'utilisation d'engins aux normes en matière de bruit ; le réglage des moteurs des engins sera surveillée afin de limiter la production de fumées, gaz ou odeurs désagréables etc.
- la mise en place de sanitaires raccordés à une fosse étanche ;
- l'indemnisation des riverains des chantiers en cas de constatation de dégâts divers (préjudices, suspension de jouissance, pertes de récolte, destruction des réseaux d'irrigation agricoles ...).par les travaux.
- l'indemnisation des propriétaires fonciers, de bâtiments détruits au titre des expropriations conformément aux procédures d'acquisition dictées par la législation en vigueur.
- Le reboisement dans le cadre d'un plan des aménagements paysagers, avec des essences locales adaptées aux milieux concernés pour compenser le déboisement qui doit être strictement et uniquement limité aux emprises nécessaires au projet en particulier aux niveaux des échangeurs, des aires de repos, de toutes les zones en remblais et en déblais.
- L'institution d'un dispositif d'intervention très rapide en cas d'accident, permettant de recueillir les sols pollués avant que le polluant ne se soit trop infiltré et récupérable.
- l'utilisation des carrières abandonnées pour le dépôt des matériaux excédentaires et les carrières existantes plutôt que des nouveaux sites pour les zones d'emprunt.
- la réutilisation des déblais pour les secteurs en remblais chaque fois que la qualité des matériaux extraits le permettent
- l'instauration et l'observation stricte de mesures d'interdiction de brûlage de souches ou de tout autre déchet doivent être prises à proximité des zones pouvant constituer un terrain favorable à un départ d'incendie.
- la mise en place d'une signalisation claire des chantiers et pistes d'accès. Plusieurs passages très sensibles (hauts risques d'accidents) méritent une signalisation appropriée.

L'ensemble des mesures préconisées pour la prise en compte de l'environnement en phase travaux doit être inclus dans les dossiers de consultation des entreprises de travaux. Les entreprises adjudicataires doivent préciser dans le cadre de leur « Plan de

Respect de l'Environnement » l'ensemble des engagements à respecter pour minimiser les impacts négatifs sur l'environnement.

Aussi, le Maître d'œuvre sera garant du respect de ces prescriptions environnementales.

❖ Mesures en phase exploitation

Les principales mesures de compensation et d'atténuation en phase d'exploitation portent sur les points suivants :

- ✓ Suivi de la remise en état des principales zones de dépôt (revégétalisation), des chantiers et des bases vies.
- ✓ Retenue de véhicules dans l'emprise routière par des barrières de sécurité pour éviter tout déversement en dehors de celle-ci ;
- ✓ Etanchéification des accotements, des réseaux d'assainissement et des bassins de stockage pour éviter toute infiltration de substance polluante dans la zone non saturée en cas d'accident ;
- ✓ Entretien régulier de l'ensemble des dispositifs de drainage et d'épuration, mise en place un plan de gestion des talus intégrant les contraintes de sécurité, les objectifs paysagers et la protection et conservation de la faune
- ✓ Entretien des plantations (haies, terre-plein central, talus, etc.)
- ✓ Minimiser les risques de pollution chronique des oueds (liée à la circulation et à l'usure des véhicules) et par la pollution accidentelle (déversement de produits dangereux sur la chaussée).
- ✓ Minimiser les risques d'aggravation des phénomènes d'inondations liés à l'insuffisance de dimensionnement des ouvrages hydrauliques en évitant autant que possible les remblais en zones inondables ;
- ✓ Réaliser un suivi régulier par des analyses physico-chimiques et diverses des ressources en eau à proximité du tracé ;
- ✓ Prévoir un dispositif de traitement simple (fossés sub-horizontaux enherbés de construction facile) pour l'entretien régulier des eaux de la plate-forme qui seront collectées par des fossés revêtus avant leur restitution dans le milieu naturel.
- ✓ élaborer et mettre en œuvre un programme de suivi de la qualité de l'air et des niveaux de bruit sur des tronçons sensibles ;
- ✓ Signaler sur la route la proximité des sites biologiques, culturels et historiques remarquables, constituer des itinéraires touristiques.

❖ Impacts résiduels

Certains impacts négatifs ne pourront pas faire l'objet de mesures d'atténuation ou de compensation.

Parmi ces impacts, on recense :

- ≈ L'artificialisation des oueds ;

- ≈ Le manque à gagner pour les commerçants installés sur le réseau routier secondaire et notamment les pistes;
- ≈ L'impact sur les paysages.

CONCLUSION PARTIELLE

La prise en compte de l'environnement ne peut être efficace que si on ne l'impose dès le départ dans un projet. Si on parle de geste environnementale alors que l'on est en phase d'exécution, il est déjà trop tard. En effet, l'aspect environnemental doit apparaître dans les phases d'analyse et de diagnostic d'un projet. Les études préliminaires doivent déjà parler de volets environnementaux, pas uniquement d'intégration paysagère ou de respect de la faune et de la flore. Il ne faut pas négliger l'importance des problèmes sonores, factifs ou encore sociaux.

Si on analyse l'évolution des comportements sur les chantiers, on peut s'apercevoir que les efforts réalisés au sein des entreprises pour accroître la sécurité sur les chantiers n'ont pas amené que des améliorations purement sécuritaires. En effet, la mise en place de bacs pour déchets rend le chantier moins dangereux car il est désormais « rangé », les chantiers deviennent plus propres et on voit de moins en moins de déchets qui traînent et qui polluent les sites.

La prise en compte du développement durable dans la confection des routes modifie les méthodes, les habitudes et les techniques. L'un des savoirs à développer et non des moindres, est de dissimuler la complexité des techniques de mise en œuvre, faire des chantiers furtifs.

CONCLUSION GENERALE

En guise de conclusion, ce projet de réhabilitation de route nous apporte une vaste connaissance en matière de route, que ce soit sur les différentes structures de la chaussée, que sur les techniques de conception et de réalisation de la route toute entière. Ce travail nous a apporté beaucoup d'expérience au point de mieux comprendre les différentes méthodes et techniques utilisées pour la réalisation de tous les travaux topographiques dans le cadre de l'aménagement routier.

On peut aussi avancer que la topographie est indispensable à tous les travaux de génie civil, et ce, du début de l'étude d'avant-projet jusqu'à la phase de réalisation. Elle est la base même de toute construction en génie civil comme les projets routiers ainsi que leur aménagement et réhabilitation, projet d'assainissement, d'adduction d'eau potable etc...

Nous avons annoncé dans cet ouvrage les méthodes adéquates qui rendent ces travaux de réhabilitation dans les normes et suivant la règle de l'art topographique, ceci étant l'objectif principal de ce présent mémoire. Ainsi, cela incitera et convaincra les bureaux d'études à respecter et suivre toutes les différentes étapes nécessaires pour effectuer les travaux topographiques.

A la suite de ce présent mémoire, dans nos futurs projets, nous envisageons de proposer aux bureaux d'études d'autres méthodes et règles de l'art pour la réalisation de l'étude topographique, car les techniques et technologies ne cessent d'évoluer.

La préparation de ce mémoire nous a permis de concrétiser les connaissances acquises durant la formation à l'ESPA. Elle a également permis d'avoir une appréciation de divers problèmes pouvant être rencontrés dans notre avenir professionnel.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE

Reference bibliographie

- [1] S.T.R.A/ Recommandations techniques pour la conception générale et la géométrie de la route/ Guide technique/ Août 1994
- [2] ANDRIANARISON M. / Tout sur la projection Laborde et l'utilisation du GPS à Madagascar/ Mémoire de fin d'étude/Année 2007/p.147
- [3] FANOMEZANTSOA H. / Projet d'étude topographique dans le cadre de la réhabilitation de la RN9, entre DABARA et BEVOAY/ Mémoire de fin d'étude/2007/p.106
- [4] DURBEC G. /Cours de Topométrie Général et Méthode de Levé – Altimétrie/ Eyrolles, Paris 1991
- [5] LEAUTHAUD J. / Cours de Topométrie générale/ Marne la vallée / 2003
- [6] -Hubert NGABMEN, (2002) « Les transports routiers au Cameroun Volume II », ALPHA PRINT, Cameroun, 162p ;
- [7] Baas, K. et Badeau, N. / Les impacts des accotements et de la largeur des voies sur la sécurité routière / Ecole polytechnique de Montréal, Montréal /2000/ p.103 ;
- [8] Ministère des transports du Québec / Normes sur les constructions routières/ Service de la qualité et des normes, Québec /1994
- [9] Direction de la voirie, (1986) « Catalogue de dégradations de chaussées », Laboratoire régional de l'Est parisien du Ministère de l'urbanisme et du logement, Paris, 129p.

Référence webographie

- [10]: <http://www.esgt.cnam.fr>
- [11]: <http://www.topo-ingenierie.com>
- [12]: <http://www.geo-media.com>

ANNEXES

Annexe 1 : Extrait de carnet de nivellement de base

POINTS	L AR 1	L AV 1	L AR 2	L AV 2	$\Delta H1$ (m)	$\Delta H2$ (m)	Z (M)
S.2	3607		3487				27,427
S.3	721	993	634	872	2,614	2,615	30,0415
S.4	1025	3738	813	3651	-3,017	-3,017	27,0245
1	94	3106	-26	2894	-2,081	-2,081	24,9435
2	1187	2648	1285	2527	-2,554	-2,553	22,39
S.5	1357	3466	1611	3564	-2,279	-2,279	20,111
S.6	1235	1875	1400	2129	-0,518	-0,518	19,593
S.7	3542	2928	3415	3095	-1,693	-1,695	17,899
S.8	562	1807	540	1681	1,735	1,734	19,6335
S.9	2107	3813	1987	3791	-3,251	-3,251	16,3825
S.10	1515	2867	1395	2746	-0,76	-0,759	15,623
S.11	2454	2321	2479	2200	-0,806	-0,805	14,8175
S.12	3605	110	3725	135	2,344	2,344	17,1615
S.13	752	147	829	268	3,458	3,457	20,619
3	509	2759	710	2834	-2,007	-2,005	18,613
S.14	612	3394	1464	3595	-2,885	-2,885	15,728
4	1561	3007	1438	3857	-2,395	-2,393	13,334
5	987	2379	1034	2254	-0,818	-0,816	12,517
S.15	3392	3427	3690	3474	-2,44	-2,44	10,077
6	3605	94	3966	392	3,298	3,298	13,375
7	2589	108	2469	471	3,497	3,495	16,871
S.16	3306	462	3177	341	2,127	2,128	18,9985
8	2969	1209	3051	1079	2,097	2,098	21,096
S.17	2909	732	3550	814	2,237	2,237	23,333
9	3306	652	3000	1293	2,257	2,257	25,59
10	2337	1005	3242	699	2,301	2,301	27,891
11	2645	808	2698	1713	1,529	1,529	29,42
12	2907	1252	2960	1305	1,393	1,393	30,813

S.18	2650	1872	2245	1925	1,035	1,035	31,848
13	1265	3404	1170	2999	-0,754	-0,754	31,094
14	1415	3105	1515	3010	-1,84	-1,84	29,254
S.19	3265	2980	3145	3078	-1,565	-1,563	27,69
15	2780	2015	2944	1894	1,25	1,251	28,9405
16	3140	1465	3164	1629	1,315	1,315	30,2555
17	2746	1268	2618	1291	1,872	1,873	32,128
18	2845	1010	3060	882	1,736	1,736	33,864
19	2435	1105	2519	1320	1,74	1,74	35,604
S.21	3150	1230	3222	1312	1,205	1,207	36,81
23	2875	1175	2755	1247	1,975	1,975	38,785
24	2485	655	2689	534	2,22	2,221	41,0055
S.22	2864	1131	3368	1335	1,354	1,354	42,3595
25	3140	1132	3191	1634	1,732	1,734	44,0925
S.23	2786	1107	3180	1156	2,033	2,035	46,1265
26	3510	975	3390	1366	1,811	1,814	47,939
27	3267	1045	3211	924	2,465	2,466	50,4045
28	2841	1136	3075	1078	2,131	2,133	52,5365
29	2071	1245	2575	1476	1,596	1,599	54,134
30	3105	1386	3833	1890	0,685	0,685	54,819
S.24	1065	981	945	1709	2,124	2,124	56,943
31	995	3462	1527	3341	-2,397	-2,396	54,5465
32	1140	2767	1491	3298	-1,772	-1,771	52,775
33	1065	3743	1150	4094	-2,603	-2,603	50,172
34	1464	3272	1350	3357	-2,207	-2,207	47,965
35	2546	2955	2703	2841	-1,491	-1,491	46,474
S.25		2050		2204	0,496	0,499	46,9715

Source : Egisinfamad

Annexe 2 : Calcul des fermetures altimétrique

Pour ce premier parcours [Annexe1], le nombre de dénivelée étant $n=54$ et la longueur du parcours est $L=2.5\text{km}$ on applique la formule de tolérance $T = \sqrt{36N + \frac{N^2}{16}}$

D'où $T = 46\text{mm}$

$$f_z = |\sum \Delta Z1| - |\sum \Delta Z2|$$

$$f_z = 19.529\text{m} - 19.560\text{m} = 31\text{mm}$$

$$\Delta Z = \frac{19,529+19,560}{2} = 19.5445\text{m}$$

Annexe 3 : Extrait des données sur les mesures planimétriques

Sommet	DISTANCE (m)	AHmoyenne (gr)	GISEMENT (gr)
S.2			
S.3	85,263	199,8718	399,3719
S.4	152,088	200,5608	399,2437
S.5	74,060	200,4571	399,8045
S.6	64,800	200,4872	0,2616
S.7	102,197	198,6245	0,7488
S.8	152,273	200,6111	399,3733
S.9	66,208	200,7808	399,9844
S.10	130,401	200,3666	0,7652
S.10	72,063	199,2523	1,1318
S.12	153,631	199,3308	0,3841
S.13	94,180	199,9721	399,7149
S.14	89,311	200,6819	399,6870
S.15	90,270	199,9871	0,3689
S.16	141,793	199,9826	0,3560
S.17	80,973	200,2046	0,3386
S.18	107,668	199,3139	0,5432
S.19	159,253	200,7301	399,8571
S.21	192,364	201,0132	0,5872
S.22	78,243	199,0667	1,6003
S.23	91,998	199,4298	0,6670
S.24	131,204	198,9174	0,0967
S.25	106,381	201,0480	399,0141
S.26	93,395	199,6016	0,0621
S.27	72,501	200,6989	399,6637
S.28	84,421	198,9742	0,3625
S.29	56,647	200,8186	399,3367
S.30	51,816	199,6023	0,1553

S.31	122,512	199,6668	399,7576
S.32	110,451	199,9986	399,4244
S.33	156,620	200,4108	399,4229
S.34	79,477	199,7074	399,8337
S.35	206,389	199,6967	399,5411
S.36	144,243	199,6965	399,2377
S.37	75,423	200,0693	398,9342
S.38	148,513	200,3277	399,0036
S.39	52,020	200,7044	399,3313
S.40	102,107	199,9125	0,0357
S.41	102,124	200,1108	399,9481
S.42	67,418	200,6073	0,0589
S.43	91,856	199,1465	0,6662
S.44	98,623	199,7286	399,8127
S.45	67,368	200,1485	399,5412
S.46	122,129	200,1826	399,6898
S.47	42,523	200,7448	399,8723
S.48	47,549	199,6899	0,6171
S.49	104,151	200,5644	0,3070
S.50	88,436	198,2608	0,8714
S.50	0,161	201,0594	399,1322
S.51	101,372	200,0807	0,1916
S.52	32,093	199,3025	0,2723
S.53	55,304	200,1885	399,5747
S.54	55,602	199,5138	399,7633
S.55	85,567	200,8213	399,2770
S.56	111,865	200,3305	0,0984
S.57	61,315	200,2043	0,4289
S.58	75,234	199,4894	0,6332

Source : Egisnframad

Annexe 4 : Extrait des coordonnées de la polygonale de base

Points	X (m)	Y (m)	Z (m)
S.2	394 551,809	8 150 316,404	27,427
S.3	394 597,482	8 150 244,406	30,041
S.4	394 693,193	8 150 126,210	27,024
S.5	394 706,154	8 150 053,293	20,11
S.6	394 691,037	8 149 990,281	19,592
S.7	394 627,259	8 149 910,427	17,899
S.8	394 708,666	8 149 781,741	19,634
S.9	394 709,595	8 149 715,540	16,383
S.10	394 626,721	8 149 614,861	15,623
S.10	394 565,368	8 149 577,060	14,817
S.12	394 513,309	8 149 432,518	17,161
S.13	394 537,209	8 149 341,421	20,619
S.14	394 562,038	8 149 255,631	15,727
S.15	394 532,613	8 149 170,291	10,074
S.16	394 487,953	8 149 035,715	18,996
S.17	394 463,659	8 148 958,472	23,33
S.18	394 413,094	8 148 863,416	31,845
S.19	394 433,525	8 148 705,479	27,686
S.21	394 336,538	8 148 539,354	36,804
S.22	394 258,960	8 148 529,171	42,353
S.23	394 206,993	8 148 453,256	46,118
S.24	394 195,585	8 148 322,549	56,93
S.25	394 278,071	8 148 255,371	46,956
S.26	394 272,855	8 148 162,122	41,954
S.27	394 294,467	8 148 092,917	41,119
S.28	394 267,408	8 148 012,950	38,987
S.29	394 299,250	8 147 966,099	39,631
S.30	394 292,030	8 147 914,788	37,843

S.31	394 318,546	8 147 795,180	28,01
S.32	394 373,243	8 147 699,224	21,617
S.33	394 450,981	8 147 563,259	27,379
S.34	394 462,832	8 147 484,671	30,049
S.34	394 545,674	8 147 295,638	34,936
S.36	394 637,049	8 147 184,029	40,122
S.37	394 698,800	8 147 140,723	39,672
S.38	394 814,838	8 147 048,034	35,353
S.39	394 844,290	8 147 005,155	35,587
S.40	394 841,014	8 146 903,101	31,981
S.41	394 845,782	8 146 801,088	34,774
S.42	394 842,212	8 146 733,765	33,342
S.43	394 790,378	8 146 657,931	26,798
S.44	394 806,926	8 146 560,706	17,508
S.45	394 833,957	8 146 498,999	18,207
S.46	394 867,616	8 146 381,600	18,017
S.47	394 872,492	8 146 339,357	18,651
S.48	394 847,420	8 146 298,955	19,827
S.49	394 819,005	8 146 198,755	25,749
S.50	394 756,540	8 146 136,153	34,438
S.50	394 756,653	8 146 136,039	34,241
S.51	394 739,257	8 146 036,171	34,307
S.52	394 731,471	8 146 005,037	36,868
S.53	394 752,125	8 145 953,734	37,363
S.54	394 763,883	8 145 899,389	34,34
S.55	394 815,714	8 145 831,306	29,383
S.56	394 805,825	8 145 719,879	26,831
S.57	394 782,741	8 145 663,075	24,246
S.58	394 742,151	8 145 599,730	16,902
S.59	394 732,525	8 145 512,822	12,739

Annexe 5 : Extrait des profils en travers

Profil n°: 148

Abscisse : 30020.000 m
X= 397531.100
Y= 8131777.560

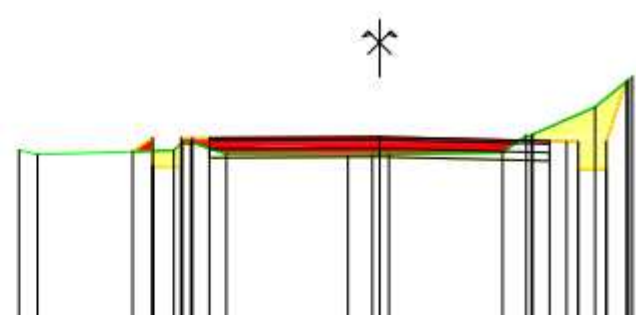
Quantite:

■ Remblai : 1.62 m²
■ Déblai : 1.09 m²

Echelle :

Horizontale : 1/100
Verticale : 1/100

PC : 2.00 m



Altitudes TN			5.47	5.40		5.47	5.61	5.40		5.37	5.38	5.40	5.43	5.73	6.23	6.79
Distances à l'axe TN		-6.309	-6.035		-3.627	-3.329	-2.790	5.40		-0.550	-0.120	0.105	2.189	2.590	3.789	4.382
Distances partielles TN		0.323		2.408		0.288	0.629		2.141		-0.430	0.259		2.003	0.472	1.208
Altitudes Projet				5.45	5.58	5.48	5.68			5.70				6.63	6.45	6.66
Distances à l'axe Projet				-4.309	-4.000	-3.500	-3.000			-0.000				3.000	3.000	4.000
Distances partielles Projet				0.309	0.500	0.500			3.000					3.000	0.300	0.400

Profil n°: 571

Abscisse : 38480.000 m
X= 395997.975
Y= 8139141.049

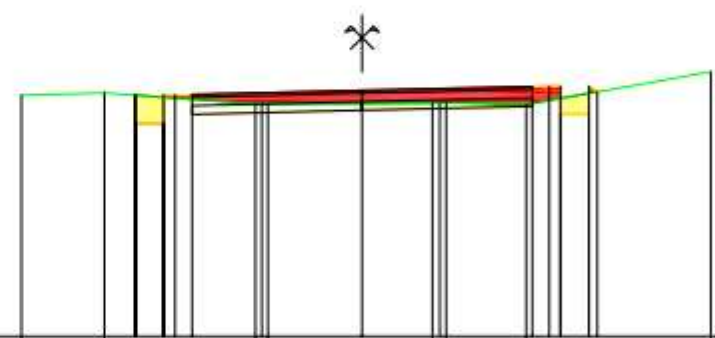
Quantite:

■ Remblai : 1.50 m²
■ Déblai : 0.40 m²

Echelle :

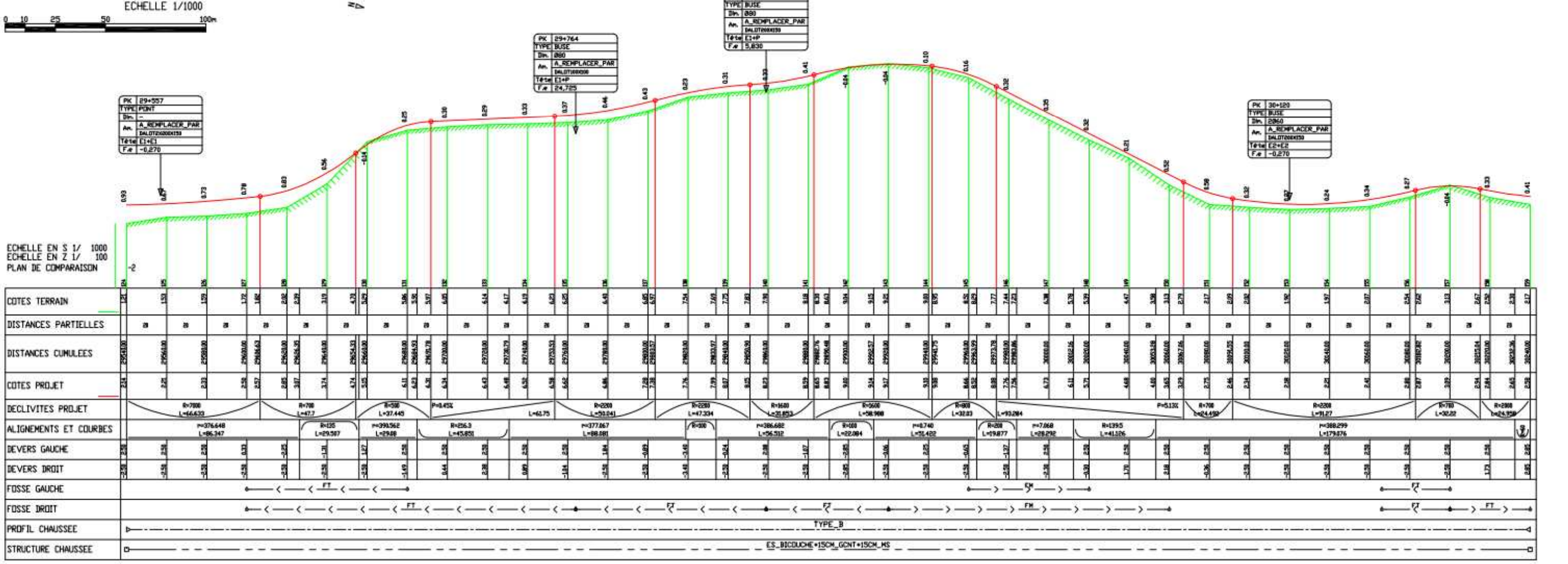
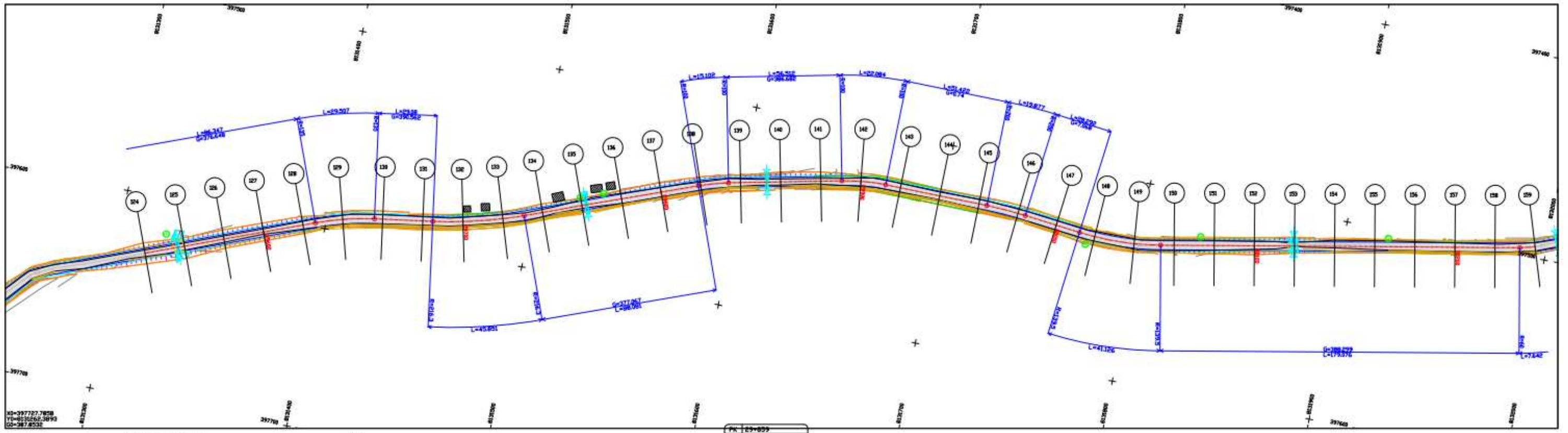
Horizontale : 1/100
Verticale : 1/100

PC : -3.00 m



Altitudes TN			1.25	1.25		1.10	1.10		1.11	1.12	1.09		1.05
Distances à l'axe TN		-6.006	-4.545		-1.800	-1.800		1.241	1.485	2.094	6.150		
Distances partielles TN		1.462		2.665		0.923		2.900		1.409		3.256	
Altitudes Projet			1.25	1.25				1.33			1.40		1.31
Distances à l'axe Projet			-4.006	-3.500	-3.000			-0.000			3.000		3.000
Distances partielles Projet			0.506	0.500	0.500			3.000			0.300	0.200	0.500

Annexe 6 : Extrait de tracé en plan avec des profils en long correspondant

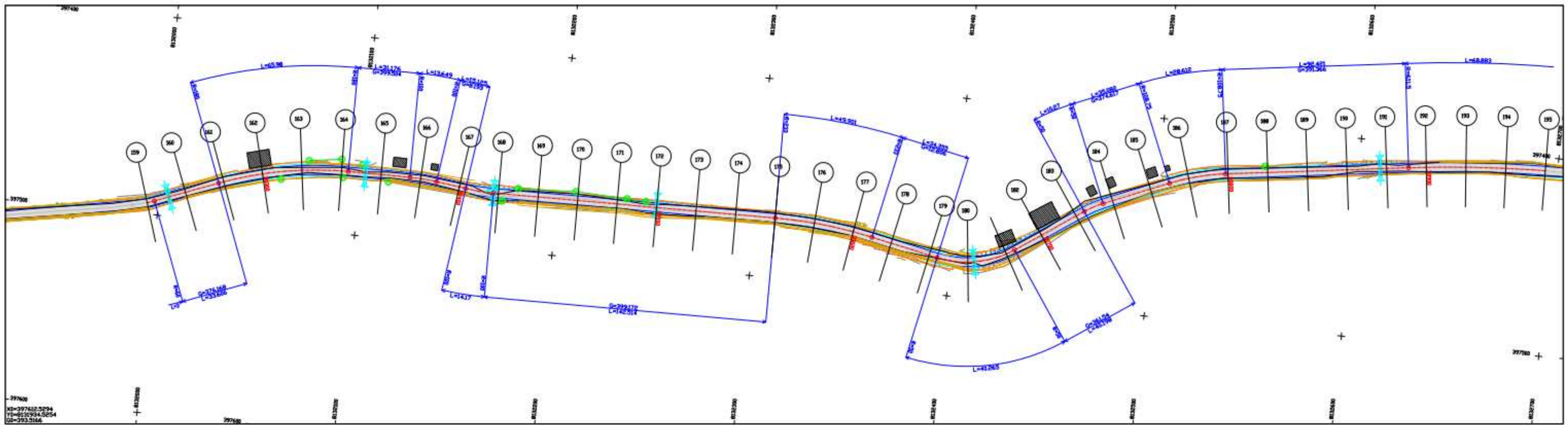


Conçu par	Vérifié	Incl.	Date	Désignation
		0		Première version
Destiné par	Approuvé			
BAZAFINDELABRIVA T.H.				

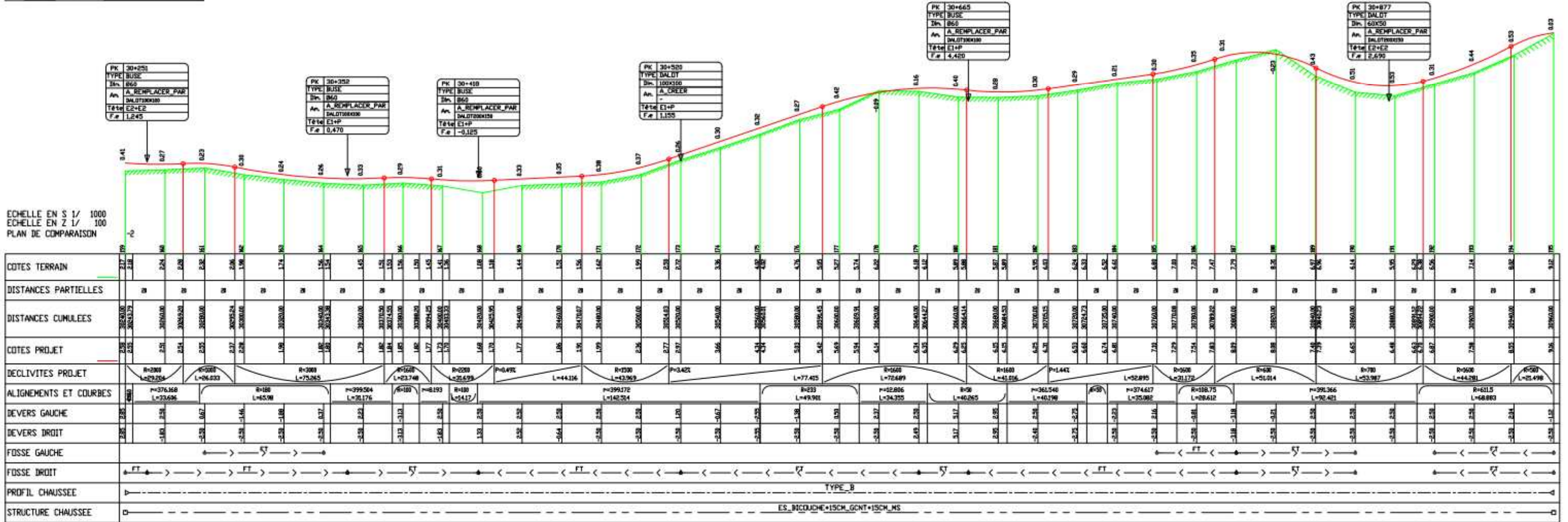
Vue en plan et profil en long
du pk 29+540 au pk 30+240

Echelle : 1/1000 - 1/100

VPPL-100-104



0 10 25 50 100m
Echelle 1/1000



Echelle en S 1/1000
Echelle en Z 1/100
Plan de comparaison

STATION	30+250	30+260	30+270	30+280	30+290	30+300	30+310	30+320	30+330	30+340	30+350	30+360	30+370	30+380	30+390	30+400	30+410	30+420	30+430	30+440	30+450	30+460	30+470	30+480	30+490	30+500	30+510	30+520	30+530	30+540	30+550	30+560	30+570	30+580	30+590	30+600	30+610	30+620	30+630	30+640	30+650	30+660	30+670	30+680	30+690	30+700	30+710	30+720	30+730	30+740	30+750	30+760	30+770	30+780	30+790	30+800	30+810	30+820	30+830	30+840	30+850	30+860	30+870	30+880	30+890	30+900	30+910	30+920	30+930	30+940	30+950	30+960																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
COTES TERRAIN	217.09	216.81	216.54	216.27	216.00	215.73	215.46	215.19	214.92	214.65	214.38	214.11	213.84	213.57	213.30	213.03	212.76	212.49	212.22	211.95	211.68	211.41	211.14	210.87	210.60	210.33	210.06	209.79	209.52	209.25	208.98	208.71	208.44	208.17	207.90	207.63	207.36	207.09	206.82	206.55	206.28	206.01	205.74	205.47	205.20	204.93	204.66	204.39	204.12	203.85	203.58	203.31	203.04	202.77	202.50	202.23	201.96	201.69	201.42	201.15	200.88	200.61	200.34	200.07	199.80	199.53	199.26	198.99	198.72	198.45	198.18	197.91	197.64	197.37	197.10	196.83	196.56	196.29	196.02	195.75	195.48	195.21	194.94	194.67	194.40	194.13	193.86	193.59	193.32	193.05	192.78	192.51	192.24	191.97	191.70	191.43	191.16	190.89	190.62	190.35	190.08	189.81	189.54	189.27	189.00	188.73	188.46	188.19	187.92	187.65	187.38	187.11	186.84	186.57	186.30	186.03	185.76	185.49	185.22	184.95	184.68	184.41	184.14	183.87	183.60	183.33	183.06	182.79	182.52	182.25	181.98	181.71	181.44	181.17	180.90	180.63	180.36	180.09	179.82	179.55	179.28	179.01	178.74	178.47	178.20	177.93	177.66	177.39	177.12	176.85	176.58	176.31	176.04	175.77	175.50	175.23	174.96	174.69	174.42	174.15	173.88	173.61	173.34	173.07	172.80	172.53	172.26	171.99	171.72	171.45	171.18	170.91	170.64	170.37	170.10	169.83	169.56	169.29	169.02	168.75	168.48	168.21	167.94	167.67	167.40	167.13	166.86	166.59	166.32	166.05	165.78	165.51	165.24	164.97	164.70	164.43	164.16	163.89	163.62	163.35	163.08	162.81	162.54	162.27	162.00	161.73	161.46	161.19	160.92	160.65	160.38	160.11	159.84	159.57	159.30	159.03	158.76	158.49	158.22	157.95	157.68	157.41	157.14	156.87	156.60	156.33	156.06	155.79	155.52	155.25	154.98	154.71	154.44	154.17	153.90	153.63	153.36	153.09	152.82	152.55	152.28	152.01	151.74	151.47	151.20	150.93	150.66	150.39	150.12	149.85	149.58	149.31	149.04	148.77	148.50	148.23	147.96	147.69	147.42	147.15	146.88	146.61	146.34	146.07	145.80	145.53	145.26	144.99	144.72	144.45	144.18	143.91	143.64	143.37	143.10	142.83	142.56	142.29	142.02	141.75	141.48	141.21	140.94	140.67	140.40	140.13	139.86	139.59	139.32	139.05	138.78	138.51	138.24	137.97	137.70	137.43	137.16	136.89	136.62	136.35	136.08	135.81	135.54	135.27	135.00	134.73	134.46	134.19	133.92	133.65	133.38	133.11	132.84	132.57	132.30	132.03	131.76	131.49	131.22	130.95	130.68	130.41	130.14	129.87	129.60	129.33	129.06	128.79	128.52	128.25	127.98	127.71	127.44	127.17	126.90	126.63	126.36	126.09	125.82	125.55	125.28	125.01	124.74	124.47	124.20	123.93	123.66	123.39	123.12	122.85	122.58	122.31	122.04	121.77	121.50	121.23	120.96	120.69	120.42	120.15	119.88	119.61	119.34	119.07	118.80	118.53	118.26	117.99	117.72	117.45	117.18	116.91	116.64	116.37	116.10	115.83	115.56	115.29	115.02	114.75	114.48	114.21	113.94	113.67	113.40	113.13	112.86	112.59	112.32	112.05	111.78	111.51	111.24	110.97	110.70	110.43	110.16	109.89	109.62	109.35	109.08	108.81	108.54	108.27	108.00	107.73	107.46	107.19	106.92	106.65	106.38	106.11	105.84	105.57	105.30	105.03	104.76	104.49	104.22	103.95	103.68	103.41	103.14	102.87	102.60	102.33	102.06	101.79	101.52	101.25	100.98	100.71	100.44	100.17	99.90	99.63	99.36	99.09	98.82	98.55	98.28	98.01	97.74	97.47	97.20	96.93	96.66	96.39	96.12	95.85	95.58	95.31	95.04	94.77	94.50	94.23	93.96	93.69	93.42	93.15	92.88	92.61	92.34	92.07	91.80	91.53	91.26	90.99	90.72	90.45	90.18	89.91	89.64	89.37	89.10	88.83	88.56	88.29	88.02	87.75	87.48	87.21	86.94	86.67	86.40	86.13	85.86	85.59	85.32	85.05	84.78	84.51	84.24	83.97	83.70	83.43	83.16	82.89	82.62	82.35	82.08	81.81	81.54	81.27	81.00	80.73	80.46	80.19	79.92	79.65	79.38	79.11	78.84	78.57	78.30	78.03	77.76	77.49	77.22	76.95	76.68	76.41	76.14	75.87	75.60	75.33	75.06	74.79	74.52	74.25	73.98	73.71	73.44	73.17	72.90	72.63	72.36	72.09	71.82	71.55	71.28	71.01	70.74	70.47	70.20	69.93	69.66	69.39	69.12	68.85	68.58	68.31	68.04	67.77	67.50	67.23	66.96	66.69	66.42	66.15	65.88	65.61	65.34	65.07	64.80	64.53	64.26	63.99	63.72	63.45	63.18	62.91	62.64	62.37	62.10	61.83	61.56	61.29	61.02	60.75	60.48	60.21	59.94	59.67	59.40	59.13	58.86	58.59	58.32	58.05	57.78	57.51	57.24	56.97	56.70	56.43	56.16	55.89	55.62	55.35	55.08	54.81	54.54	54.27	54.00	53.73	53.46	53.19	52.92	52.65	52.38	52.11	51.84	51.57	51.30	51.03	50.76	50.49	50.22	49.95	49.68	49.41	49.14	48.87	48.60	48.33	48.06	47.79	47.52	47.25	46.98	46.71	46.44	46.17	45.90	45.63	45.36	45.09	44.82	44.55	44.28	44.01	43.74	43.47	43.20	42.93	42.66	42.39	42.12	41.85	41.58	41.31	41.04	40.77	40.50	40.23	39.96	39.69	39.42	39.15	38.88	38.61	38.34	38.07	37.80	37.53	37.26	36.99	36.72	36.45	36.18	35.91	35.64	35.37	35.10	34.83	34.56	34.29	34.02	33.75	33.48	33.21	32.94	32.67	32.40	32.13	31.86	31.59	31.32	31.05	30.78	30.51	30.24	29.97	29.70	29.43	29.16	28.89	28.62	28.35	28.08	27.81	27.54	27.27	27.00	26.73	26.46	26.19	25.92	25.65	25.38	25.11	24.84	24.57	24.30	24.03	23.76	23.49	23.22	22.95	22.68	22.41	22.14	21.87	21.60	21.33	21.06	20.79	20.52	20.25	19.98	19.71	19.44	19.17	18.90	18.63	18.36	18.09	17.82	17.55	17.28	17.01	16.74	16.47	16.20	15.93	15.66	15.39	15.12	14.85	14.58	14.31	14.04	13.77	13.50	13.23	12.96	12.69	12.42	12.15	11.88	11.61	11.34	11.07	10.80	10.53	10.26	9.99	9.72	9.45	9.18	8.91	8.64	8.37	8.10	7.83	7.56	7.29	7.02	6.75	6.48	6.21	5.94	5.67	5.40	5.13	4.86	4.59	4.32	4.05	3.78	3.51	3.24	2.97	2.70	2.43	2.16	1.89	1.62	1.35	1.08	0.81	0.54	0.27	0.00	-0.27	-0.54	-0.81	-1.08	-1.35	-1.62	-1.89	-2.16	-2.43	-2.70	-2.97	-3.24	-3.51	-3.78	-4.05	-4.32	-4.59	-4.86	-5.13	-5.40	-5.67	-5.94	-6.21	-6.48	-6.75	-7.02	-7.29	-7.56	-7.83	-8.10	-8.37	-8.64	-8.91	-9.18	-9.45	-9.72	-9.99	-10.26	-10.53	-10.80	-11.07	-11.34	-11.61	-11.88	-12.15	-12.42	-12.69	-12.96	-13.23	-13.50	-13.77	-14.04	-14.31	-14.58	-14.85	-15.12	-15.39	-15.66	-15.93	-16.20	-16.47	-16.74	-17.01	-17.28	-17.55	-17.82	-18.09	-18.36	-18.63	-18.90	-19.17	-19.44	-19.71	-19.98	-20.25	-20.52	-20.79	-21.06	-21.33	-21.60	-21.87	-22.14	-22.41	-22.68	-22.95	-23.22	-23.49	-23.76	-24.03	-24.30	-24.57	-24.84	-25.11	-25.38	-25.65	-25.92	-26.19	-26.46	-26.73	-27.00	-27.27	-27.54	-27.81	-28.08	-28.35	-28.62	-28.89	-29.16	-29.43	-29.70	-29.97	-30.24	-30.51	-30.78	-31.05	-31.32	-31.59	-31.86	-32.13	-32.40	-32.67	-32.94	-33.21	-33.48	-33.75	-34.02	-34.29	-34.56	-34.83	-35.10	-35.37	-35.64	-35.91	-36.18	-36.45	-36.72	-36.99	-37.26	-37.53	-37.80	-38.07	-38.34	-38.61	-38.88	-39.15	-39.42	-39.69	-39.96	-40.23	-40.50	-40.77	-41.04	-41.31	-41.58	-41.85	-42.12	-42.39	-42.66	-42.93	-43.20	-43.47	-43.74	-44.01	-44.28	-44.55	-44.82	-45.09	-45.36	-45.63	-45.90	-46.17	-46.44	-46.71	-46.98	-47.25	-47.52	-47.79	-48.06	-48.33	-48.60	-48.87	-49.14	-49.41	-49.68	-49.95	-50.22	-50.49	-50.76	-51.03	-51.30	-51.57	-51.84	-52.11	-52.38	-52.65	-52.92	-53.19	-53.46	-53.73	-54.00	-54.27	-54.54	-54.81	-55.08	-55.35	-55.62	-55.89	-56.16	-56.43	-56.70	-56.97	-57.24	-57.51	-57.78	-58.05	-58.32	-58.59	-58.86	-59.13	-59.40	-59.67	-59.94	-60.21	-60.48	-60.75	-61.02	-61.29	-61.56	-61.83	-62.10	-62.37	-62.64	-62.91	-63.18	-63.45	-63.72	-63.99	-64.26	-64.53	-64.80	-65.07	-65.34	-65.61	-65.88	-66.15	-66.42	-66.69	-66.96	-67.23	-67.50	-67.77	-68.04	-68.31	-68.58	-68.85	-69.12	-69.39	-69.66	-69.93	-70.20	-70.47	-70.74	-71.01	-71.28	-71.55	-71.82	-72.09	-72.36	-72.63	-72.90	-73.17	-73.44	-73.71	-73.98	-74.25	-74.52	-74.79	-75.06	-75.33	-75.60	-75.87	-7

Annexe 7 : Extrait calcul de cubature

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
60	28260.000	20.00	1.70	0.43	36.142	8.246	3477	1996
61	28280.000	20.00	0.00	3.22	0.000	63.685	3477	2059
62	28300.000	20.00	0.00	5.18	0.000	103.788	3477	2163
63	28320.000	20.00	0.00	4.35	0.000	86.999	3477	2250
64	28340.000	20.00	0.00	4.21	0.000	84.665	3477	2335
65	28360.000	20.00	0.00	4.55	0.000	91.880	3477	2427
66	28380.000	20.00	0.00	4.04	0.000	80.617	3477	2507
67	28400.000	20.00	0.00	3.20	0.000	63.810	3477	2571
68	28420.000	20.00	0.14	1.55	2.721	31.379	3480	2603
69	28440.000	20.00	0.23	1.04	4.464	21.038	3485	2624
70	28460.000	20.00	0.77	0.66	15.321	13.172	3500	2637
71	28480.000	20.00	0.00	1.40	0.000	28.084	3500	2665
72	28500.000	20.00	0.00	2.15	0.000	42.950	3500	2708
73	28520.000	20.00	0.00	3.66	0.000	73.210	3500	2781
74	28540.000	20.00	0.09	4.48	1.775	89.559	3502	2871
75	28560.000	20.00	0.00	5.86	0.000	117.282	3502	2988
76	28580.000	20.00	0.00	8.77	0.000	175.463	3502	3163
77	28600.000	20.00	0.00	8.26	0.000	164.004	3502	3327
78	28620.000	20.00	0.00	7.28	0.000	143.897	3502	3471
79	28640.000	20.00	0.00	8.25	0.000	164.955	3502	3636
80	28660.000	20.00	0.00	9.43	0.000	188.586	3502	3825
81	28680.000	20.00	0.00	11.42	0.000	228.351	3502	4053
82	28700.000	20.00	0.00	8.80	0.000	174.015	3502	4227

83	28720.000	20.00	0.01	8.77	0.268	172.826	3502	4400
84	28740.000	20.00	0.00	8.86	0.000	177.064	3502	4577
85	28760.000	20.00	0.00	10.99	0.000	219.409	3502	4796
86	28780.000	20.00	0.00	13.44	0.000	268.563	3502	5065
87	28800.000	20.00	0.00	13.17	0.000	262.961	3502	5328
88	28820.000	20.00	0.00	10.54	0.000	210.863	3502	5539
89	28840.000	20.00	0.40	8.04	8.025	160.891	3510	5700
90	28860.000	20.00	0.00	10.32	0.000	207.852	3510	5908
91	28880.000	20.00	0.00	13.67	0.000	273.497	3510	6181
92	28900.000	20.00	0.00	16.12	0.000	322.421	3510	6503
93	28920.000	20.00	0.63	18.60	10.742	413.755	3521	6917
94	28940.000	20.00	0.00	6.62	0.000	132.328	3521	7050
95	28960.000	20.00	0.95	8.22	19.157	164.049	3540	7214
96	28980.000	20.00	1.15	8.46	24.615	164.245	3564	7378
97	29000.000	20.00	1.65	10.91	32.963	218.184	3597	7596
98	29020.000	20.00	3.42	9.59	72.840	184.504	3670	7781
99	29040.000	20.00	1.55	6.00	27.041	123.734	3697	7904
100	29060.000	20.00	0.00	6.66	0.000	133.561	3697	8038
101	29080.000	20.00	0.01	6.89	0.229	138.670	3697	8177
102	29100.000	20.00	1.05	6.69	21.089	133.849	3719	8310
103	29120.000	20.00	0.38	7.28	7.464	145.652	3726	8456
104	29140.000	20.00	0.00	7.83	0.000	156.463	3726	8612
105	29160.000	20.00	0.00	12.43	0.000	249.341	3726	8862
106	29180.000	20.00	0.00	10.40	0.000	208.005	3726	9070
107	29200.000	20.00	0.00	8.88	0.000	174.520	3726	9244
108	29220.000	20.00	1.57	1.11	31.410	22.285	3757	9267

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS

TABLE DES MATIERES

ACRONYMES

GLOSSAIRE

Liste des symboles

Liste des tableaux

Liste des cartes

Liste des organigrammes

INTRODUCTION

PARTIE I: PRESENTATION DU PROJET

Chapitre 1 LE RESEAU ROUTIER MALGACHE.....	3
A. HISTORIQUE DU RESEAU ROUTIER MALGACHE.....	3
B. CLASSIFICATION DES ROUTES A MADAGASCAR	3
C. IMPORTANCE DE LA ROUTE SUR LE DEVELOPPEMENT DURABLE.....	5
Chapitre 2 PRESENTATION DU PROJET PROPREMENT DIT.....	6
1.1. PRESENTATION DU PROJET.....	6
1.1.1. Situation géographique	6
1.1.2. Conditions socio-économiques.....	6
1.1.3. Conditions générales à Sainte Marie	8
1.1.4. Description des travaux.....	14
1.1.5. Objet des travaux	14
1.2. HISTORIQUE DE LA ROUTE RNS 21 SAINTE-MARIE.....	14
1.3. ETAT DE LA ROUTE AVANT REHABILITATION	15
1.4. LOCALISATION	18
PARTIE II: ASPECT TECHNIQUE DE L'ETUDE DU TRACE DE PROJET ROUTIER	22
Chapitre 3 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA ROUTE.....	23
I. DESCRIPTION DE LA SUPERSTRUCTURE.....	23
I.1. La chaussée.....	23
I.2. L'accotement.....	24
I.3. Les assainissements.....	26
I.4. Equipements de sécurité.....	26
II. DEFINITION DES SCHEMAS D'AMENAGEMENT	26

II.1	Caractéristiques géométriques	26
II.2	Vitesse de référence.....	27
II.3	Tracé en plan et profil en long.....	29
II.4	Profil en travers.....	31
II.5	Terrassements.....	33
II.6	Couches de chaussée et distance de transport.....	35
II.7	Drainage.....	37
II.8	Signalisation et équipements de sécurité	37
III.	ETUDE DU TRAFIC	42
Chapitre 4 TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES EFFECTUES.....		47
A.	OBJECTIFS DE L'ETUDE TOPOGRAPHIQUE	47
B.	ETUDE PRELIMINAIRES.....	47
1.	Etablissement des documents topographiques de l'étude.....	47
2.	Reconnaissance	48
3.	Détermination de la bande d'étude.....	48
C.	TRAVAUX SUR TERRAIN	48
C.1	Méthodologie des travaux topographiques	48
C.2	Technique de levé.....	49
C.3	Précision de levé.....	53
C.4	Matériel utilisé	54
C.5	Les erreurs, les fautes.....	56
D.	TRATEMENT DES DONNEES	59
V.1	Calculs du cheminement planimétriques.....	59
V.2	Calculs des altitudes.....	63
E.	REPORT	66
Chapitre 5 CONCEPTION GEOMETRIQUES DE LA ROUTE.....		68
I.	Conception du tracé en plan	68
II.	Tracé du profil en long	69
III.	Tracé du profil en travers	70
IV.	Calcul de cubature de terrassement	71
V.	Implantation	71
Chapitre 6 ANALYSE ET RECOMMANDATION		75
A.	ANALYSE ET REMARQUES	75
B.	RECOMMANDATION.....	77
PARTIE III: ETUDE FINANCIERE ET IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....		82

Chapitre 7 ETUDE FINANCIERE DE L'ETUDE TOPOGRAPHIQUE	83
I. Affectation des ressources utilisées.....	83
II. Coût du projet	83
III. Coût définitif du Projet.....	86
Chapitre 8 IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX.....	87
I. Généralités.....	87
II. Définition.....	87
III. Importance de l'impact	88
IV. L'impact et ses valeurs	88
V. Etude de l'environnement par rapport au projet d'aménagement routier :.....	89
V.1- IMPACTS POTENTIELS DU PROJET.....	89
V.2- MESURES DE COMPENSATION ET D'ATTÉNUATION	91
<i>CONCLUSION GENERALE</i>	95

Auteur : RAZAFINDRATSIMBA Tojo Harijaona

Adresse : AA 89 Ambohimambola TANA (102)

Tél : 033 75 530 74 / 034 68 716 98

E-mail :rth.arijaona@gmail.com



THEME : «**ETUDES TOPOGRAPHIQUES POUR LA REHABILITATION DU TRONÇON 3 DE LA ROUTE NATIONALE SECONDAIRE N°21 DANS LE DISTRICT DE SAINTE-MARIE (du PK 27+100 au 51+290) »**

Nombre de page : 95

Nombre de tableaux : 19

Nombre de figures : 25

Nombre de carte : 02

RESUME

Le présent mémoire offre l'opportunité, de présenter les différents aspects techniques, économiques, environnementaux et sociaux du projet d'étude topographique mené dans le cadre de la réhabilitation de la route nationale secondaire RNS21, entre Lokinty et Ambodiatafana.

Il accorde surtout une large place à la connaissance et maîtrise des méthodes adéquates pour la réalisation des opérations topographiques dans les travaux d'aménagement routier.

Mots clés : Lever topographique, topographie numérique, station totale, projection Laborde, COVADIS, Autopiste.

ABSTRACT

This brief provides an opportunity to present the different technical, economic, environmental and social aspects of the topographic survey project in the framework of the rehabilitation of secondary national road RNS21 between Lokinty and Ambodiatafana.

It especially gives great prominence to knowledge and mastery of analytical methods for the realization of topographic operations in road improvements.

Keyword: Numerical topography, Total Station, Laborde projection, COVADIS, Autopiste.

Encadreurs : Monsieur RABETSI AHINY, Maître de conférences à l'ESPA

Monsieur RANDRIANTSIMBAZAFY Andrianirina, Maître de conférences à l'ESPA,