



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE
D'ANTANANARIVO



MENTION : INFORMATON GEOGRAPHIQUE ET
AMENAGEMENT DU TERRITOIRE

PARCOURS : INFORMATION GEOGRAPHIQUE FONCIERE

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Géomètre-Topographe Grade : Master

**CONCEPTION DE TRAVAUX DE REHABILITATION DE ROUTE NATIONALE
RN5 RELIANT SOANIERANA IVONGO ET MANANARA NORD**



Date de soutenance : 20 Mai 2022

Présentée par : ZEHITAMIHANTARISOA Lalao Claudia

Encadrée par : Dr RABETSIAHINY Chef de département IGAT-Enseignant à l'ESPA

Mme RAHAJANIRINA MICHELLE Chef de Service Imagerie, Espace et
Photographique

REMERCIEMENT

Tout d'abord, je veux adresser mes plus vifs remerciements à notre Dieu tout puissant de m'avoir donné la force durant toutes mes années d'études jusqu'à l'élaboration de ce travail.

Ensuite, je remercie également :

- Monsieur , Professeur Directeur de l'École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo de m'avoir accepté à suivre mes études dans l'ESPA;
- Monsieur , Maître de conférences à l'ESPA et Chef de Département de la filière Information Géographique et Foncière, de son dévouement de diriger ce département ;
- Monsieur RABETSIAHINY, Maître de conférences, Responsable de la mention Information Géographique et Aménagement du Territoire, aussi mon encadreur pédagogique. Il n'a pas ménagé ses efforts lors de l'élaboration de ce mémoire ;
- Monsieur et Monsieur qui ont accepté de liège comme membre de jury ;
- Je n'oublie pas tous les formateurs de la filière IGF qui transmettent toutes leurs connaissances et leur expérience pendant notre cursus de formation à l'ESPA ;

Enfin, je remercie mes parents, mes frères et sœurs, mes amis, ainsi que toute ma famille pour les sacrifices qu'ils m'ont faits durant ces longues années d'études et tous ceux, qui m'ont soutenu moralement dans les moments difficiles pendant l'élaboration de ce mémoire.

LISTE DES ABREVIATIONS ET DES ACRONYMES

- APD : Avant-Projet Détailé
- APS : Avant-Projet Sommaire
- ARM : Autorité Routière de Madagascar
- ARP Aménagement des Routes Principales
- BAT : Bâtiment
- BR : Bord Route
- BT : Bas Talus
- CCTP Cahier des Clauses Techniques Particulières
- DMA : Defense Mapping Agency
- ESPA : Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo
- FAD : Fonds Africain de développement
- FED : Fond Européennes pour le Développement
- FTM : Foiben-Taosarintanin'i Madagasikara
- GDOP: Geometrical Dilution Of Précision
- GPS : Global Positioning System
- GRS80: Geodetic Reference Système 1980
- HT : haut talus
- IGF : Information Géographique et Foncière
- IGS:: International GPS Service for Geodynamics
- INSTAT : Institut National de la Statistique
- ITRF: International Terrestre Reference Frame
- Latl: Latitude
- Lon: Longitude
- MTPM : Ministère de Travaux Publics et de la Météorologie
- NGM : Nivellement Général de Madagascar
- PNT : Programme National des Transports
- RGM65 : Réseau Géodésique de Madagascar 1965
- RN : Route Nationale
- RNGM Réseau de Nivellement Général de Madagascar World
- SETRA Service d'Etudes Techniques des Routes et autoroute

SGM : Service Géographique de Madagascar

UE : Union Européen

UTM: Universal Transverse Mercator

WGS84: Geodetic System 1984

LISTE DES SYMBOLES

| | |
|---------------------------|--|
| (X, Y, Z) : | Coordonnées Géocentriques cartésiennes |
| PK : | Point Kilométrique |
| R : | Rayon de la terre |
| K₀ : | Coefficient de réduction d'échelle |
| K : | Coefficient d'altération linéaire |
| D_{plan} : | Distance sur le plan |
| D_p : | Distance suivant la pente |
| D_h : | Distance réduite à l'Horizontale |
| D₀ : | Distance réduite au niveau Zéro |
| Dellipsoïde : | Distance sur l'ellipsoïde |
| n : | Distance d'un point par rapport à l'isomètre |
| gr : | Grade |
| f : | aplatissement de l'ellipsoïde |
| e : | excentricité de l'ellipsoïde |
| b : | Demi petit axe de l'ellipsoïde |
| a : | Demi grand axe de l'ellipsoïde |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|-----|
| Figure 1: Situation de projet..... | 6 |
| Figure 2: Diagramme climatique..... | 18 |
| Figure 3: Courbe de variation de température..... | 18 |
| Figure 4 : Mode de balayage sous-marine par bateau, source : futura planète..... | 35 |
| Figure 5 : Correction géométrique de la prise de vue | 36 |
| Figure 6: Géoréférencement système de coordonnée | 37 |
| Figure 7: Ellipsoïde | 51 |
| Figure 8 :Centre de projection..... | 52 |
| Figure 9 : Piquetage de proche en proche | 104 |
| Figure 10:Piquetage de l'axe en courbe circulaire | 105 |
| Figure 11 : Piquets de repérage d'un axe et profil en long | 106 |
| Figure 12 : Piquetage de profil en long | 107 |
| Figure 13 : Piquetage profil en travers pour une route en terrain plat et en remblai..... | 108 |
| Figure 14 : Piquetage profil en travers pour une route en déblai | 109 |
| Figure 15: Piquetage profil en travers pour une route en remblais | 109 |
| Figure 16 : Piquetage profil en travers mixte | 110 |
| Figure 17: Réimplantation de piquet d'axe | 115 |
| Figure 18 : Balise de virage..... | 119 |
| Figure 19 : - Première déviation..... | 121 |
| Figure 20:- Troisième déviation..... | 125 |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|----|
| Tableau 1: Les Districts de la région Analanjirofo | 13 |
| Tableau 2 : Effectif de la population d'Analanjirofo..... | 14 |
| Tableau 3: Caractéristique du service de la santé publique | 15 |
| Tableau 4 : Tableau récapitulatif du nombre des temples et églises | 16 |
| Tableau 5: Production rizicole d'Analanjirofo année 2019..... | 21 |
| Tableau 6: Autre culture vivrière | 22 |
| Tableau 7: Production de légume de l'année 2019 | 22 |
| Tableau 8: Production culture de rente campagne 2017..... | 22 |
| Tableau 9: Appareil de lever topographique utilisé, source : mode d'emploi TCR 705 .. | 32 |
| Tableau 10:Matériels de prise de vue, source : fiche technique DJI inspire 1 pro..... | 33 |
| Tableau 11 : Caractéristiques des bornes..... | 60 |
| Tableau 12: Caractéristiques de niveau SOUTH..... | 62 |
| Tableau 13: Tolérances réglementaires | 64 |
| Tableau 14 : Extrait de nivellation en double station..... | 67 |
| Tableau 15:Extrait de nivellation en double station (suite) | 68 |
| Tableau 16: Tableau récapitulatif d'altitude de 11 bornes polygonaux..... | 69 |
| Tableau 17 : Caractéristiques de la station total SOUT NTS-36R6 | 70 |
| Tableau 18 : Coordonnée du point base du premier ordre..... | 70 |
| Tableau 19: Listing des coordonnées prises par GPS | 71 |
| Tableau 20: Résultats du traitement planimétrique de B1 à B3..... | 72 |
| Tableau 21: Résultats du traitement planimétrique de B3 à B5..... | 72 |
| Tableau 22 : Résultats planimétriques de B5 à B7 | 72 |
| Tableau 23: Résultats planimétriques de B7 à B9 | 73 |
| Tableau 24: Résultats planimétriques de B9 à B11 | 73 |
| Tableau 25 : Listing des coordonnées définitives des 11 bornes polygonaux..... | 73 |
| Tableau 26: Caractéristiques de levé de détails | 74 |
| Tableau 27: Structure du trafic de 2003 sur la RN5 et sur le réseau de Madagascar | 78 |
| Tableau 28: Le TMJA par section de route | 79 |
| Tableau 29: Trafic normal par année | 80 |
| Tableau 30: Trafic induit projeté | 81 |
| Tableau 31: Tracé en plan..... | 90 |
| Tableau 32:Tableau de profil long :..... | 90 |
| Tableau 33 : Liste des nouveaux ouvrages à créer | 95 |

| | |
|--|-----|
| Tableau 34: sous détails de prix de travaux topographiques | 130 |
| Tableau 35:coût de location des matériels de production..... | 130 |
| Tableau 36: Prix des travaux de construction..... | 131 |
| Tableau 37: processus d'expropriation..... | 133 |
| Tableau 38: Impact environnementale (installation du chantier) | 140 |
| Tableau 39: Impact environnementale (au cours des travaux) | 141 |
| Tableau 40: Impact environnementale (au cours des travaux) | 143 |

LISTE DES CARTES

| | |
|--|---|
| Carte 1:CARTE DE LOCALISATION DE REGION ANALANJIROFO | 8 |
| Carte 2:CARTE DE DELIMITAION DE LA ZONE D'ETUDE..... | 9 |

LISTE DES PHOTOS

| | |
|--|----|
| Photo 1 : Extrait de plan de levée bathymétrie ; | 58 |
|--|----|

INTRODUCTION

La conception et le travail de réhabilitation routier, constitue le plus grand investissement dans le développement durable d'un pays. Pourtant le réseau routier à Madagascar est loin de satisfaire l'exploitation de son potentiel économique, pour cause les infrastructures des transports terrestres sont dans son ensemble en mauvais état et ne desservent que quelques localités . On constate aussi que les principaux axes routiers à Madagascar sont du temps de la colonisation. De plus les malfaçons des constructions routières à Madagascar compromettent la pérennité de ces infrastructures. L'étude topographique effectuée dans la règle de l'art est l'une des garanties d'une réalisation durable. Pour stimuler le développement économique de la Grande Ile, l'Etat Malagasy devrait davantage s'investir dans la réhabilitation des routes existantes en mauvais état et construire des nouvelles liaisons qui permettraient l'expansion des activités économiques. Suivant l'évolution de la technologie, la construction et la réhabilitation de ces infrastructures routières prennent une autre dimension de réalisation par l'utilisation des matériels de pointe. Ces travaux nécessiteront des plans à élaborés dans un système de projection pour assurer sa réalisation dans la norme.

Comme c'est le cas de Soanierana Ivongo et Mananara Nord qui sont desservies par une route nationale quasi-abandonnée (la RN5) à cause de son piteux état.

De plus, dans le cadre de développement économique et d'intégration des Régions dans l'espace économique national, le Gouvernement Malagasy a engagé un programme de renforcement et de remise à niveau des infrastructures routières dans les 22 Régions.

Ce programme vient combler la carence en matière d'offre de transport routier qui se manifeste par un taux de couverture assez faible du réseau routier Malagasy : 5 km/100 km².

La region Soanierana Ivongo-Mananara Nord qui regrouper compte 116.828km des routes, dont (37 km 32 %) sont bitumé. Le reste est constitué de routes secondaires praticables toute l'année mais difficilement (32 km, 27 %), ou tout simplement de routes praticables seulement une partie de l'année (47 km, 41 %).

La route joue un rôle très important dans le développement d'une zone car elle est la voie de communication la plus dominante et accessible à tous dans le territoire, c'est pour cela que nous avons choisi le thème : « **CONCEPTION ET TRAVAUX DE REHABILITATION DE LA ROUTE NATIONAL RN5 RELIANT SOANIERANA**

IVONGO-MANANARA NORD »

Et que notre étude se base au Trocon1, Section entre SOANIERANA IVONGO-VAHIBE PK (0+000) -PK (75+835) nous aurons l'occasion de résoudre ce problème et de contribuer à l'objectif de l'Etat en matière de route qui est le désenclavement de toutes les régions de Madagascar.

Ce mémoire nous a permis de familiariser avec les terminologies routières l'objectif est de maîtriser les normes de conception géométrique d'une route.

Pour mieux comprendre le thème, ce document comportera trois grandes parties :

- Phase d'étude générale
- Phase d'exécution des travaux
- Etudes financières, Impacts socio-économiques et environnementaux

PARTIE I : GENERALITE SUR LE PROJET

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

I.1 Présentation General du projet

I.1.1 Contexte

Madagascar comporterait plus de 50 000 km de route dont a peine 8% sont bitumes. Or pour pouvoir prétendre à un développement effectif du pays, la construction d'infrastructure routière semble incontournable. Un réseau routier fiable et en bon état contribue fortement aux échanges tant humains que de produit en tous genres ;

L'objectif recherché à travers le présent projet est de réaliser l'aménagement de la Route Nationale secondaire RN5, qui débute au niveau de la ville de Soanierana Ivongo et se termine à Mananara Nord sur un linéaire total d'environ 116.835Km.

Dans la présente étude qui est intitulé « **CONCEPTION ET TRAVAUX DE REHABILITATION DE ROUTE NATIONAL RN5** », il sera question d'étudier un tronçon de 75+835Km entre Soanierana Ivongo et Vahibe.

Ce projet de réhabilitation d'une section de la RN5 se situe dans la région d'Analajirofo dans l'ex Province autonome de Toamasina reliant les Districts de Soanierana Ivongo et Mananara Nord.

Dans le cadre du contrat de marché N°157-MTPI/ARM/2018 relatif aux études de faisabilité technique, étude de détail technique de réhabilitation de la route national RN5 reliant Soanierana Ivongo -Mananara Nord, la société egis Inframad agissant en qualité de mandataire de la société BADEA / FSD / Etat Malagasy à effectuer et l'étude topographique et la conception géométrique de projet l'APD.

A ce stade de l'étude (APS) réalisée par la société, la fin du projet (PK116+828,66 km) est localisée à l'entrée de la ville de Mananara Nord, au niveau du carrefour giratoire près du bureau de District de cette localité.

I.1.2 Problématique

L'insuffisance et la mauvaise qualité des infrastructures routières de chaque région constituent un grand problème pour le développement du pays.

I.1.3 Objectif globaux

Le projet s'inscrit dans le cadre du programme du Gouvernement pour la modernisation du secteur du transport dans le pays et l'amélioration du niveau de service du réseau routier national, afin d'assurer son extension, sa complémentarité et sa liaison avec les centres administratifs et économiques ; et pour désenclaver les zones situées au Nord .

Le projet a pour objectifs suivant :

- Désenclaver les zones du Nord et les relier avec le port « Toamasina » qui représente le 1er port du pays,
- Garantir la continuité de la circulation routière sur toute l'année et suivant toutes les conditions climatiques,
- Faciliter la circulation des personnes et des biens dans la zone du Nord, ainsi que la réduction des coûts de transport.
- Faciliter le transport des productions agricoles,
- Promouvoir et encourager le tourisme dans la région particulier.
- Contribuer à la réduction de la pauvreté des populations vivant dans la zone.

I.1.4 Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques portent sur :

1. L'amélioration de l'accessibilité et de la mobilité pour une population rurale estimée à environ 800 000 habitants dans la région d'Analajirofo et dans la province de Toamasina qui réunit quelques 2 593 000 habitants.
2. Le désenclavement de la zone du projet.

I.1.5 Résultat attendu

Il augmentation du linéaire km en bon état et Conservation du patrimoine routier;

Amélioration du niveau de service l'usager et pour densifier le réseau routier urbain ;

Réduire le frais de transports des marchandises et de fret aérien et il donne valoriser les parcelles de terre qui se trouve aux alentour ;

Améliorer les conditions de vie des populations qui seront mieux desservies ;

Au terme de cette étude les résultats se porte plutôt sur l'aspect technique de la construction routier dont :

- L'implantation de borne de contrôle ;
- Le calcul de la cubature de terrasse en aménagement routier ;

I.2 Caractère généraux de la zone d'étude

I.2.1 Situation administrative de la Région Analanjirofo

Le seul itinéraire terrestre pouvant relier les villes de la côte Nord-Est de Madagascar au reste du pays et au premier port de la Grande île c'est la Route Nationale secondaire RN5.

La route RN5 longe la côte Nord-Est de Madagascar sur un linéaire total d'environ 405Km.

Dans le sens Sud vers le Nord, l'itinéraire comprend trois sections :

- ◆ Une section Sud d'un linéaire de 163 km entre le Toamasina et Soanierana Ivongo en passant par Fénérive Est, Chef-lieu de la Région d'Analanjirofo, section revêtue depuis une quarantaine d'années.
- ◆ Une section centrale en terre d'un linéaire d'environ 122 km entre Soanierana Ivongo et Mananara Nord.
- ◆ Une section nord en terre d'un linéaire de 120 km entre Mananara Nord et Maroantsetra .

La section centrale fait l'objet de la présente étude. Elle évolue à travers un relief plat à légèrement vallonné le long du littoral sur environ 110 km et longe le flanc des collines à travers un relief accidenté sur 12 km au-dessus des falaises.

La zone administrative se divise en deux tronçons :

- Tronçon 1 : Soanierana Ivongo – Vahibe
- Tronçon 2 : Vahibe – Mananara Nord

Le présent rapport résume l'ensemble des études menées sur le tronçons 1 Soanierana Ivongo (PK 0+000)- Vahibe (PK75+835) ;

I.2.2 Situation de projet est schématiser sur cette figure ci apres ;

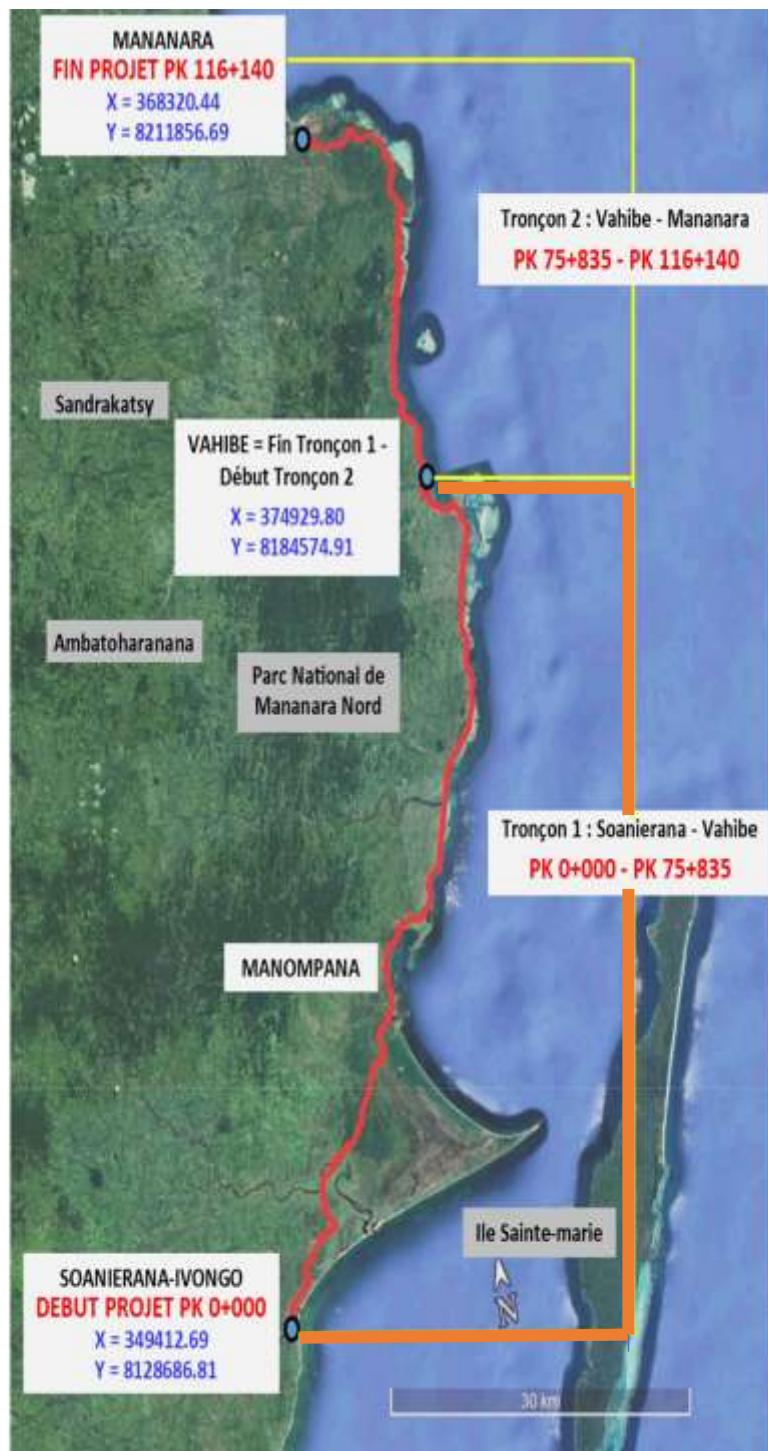


Figure 1: Situation de projet

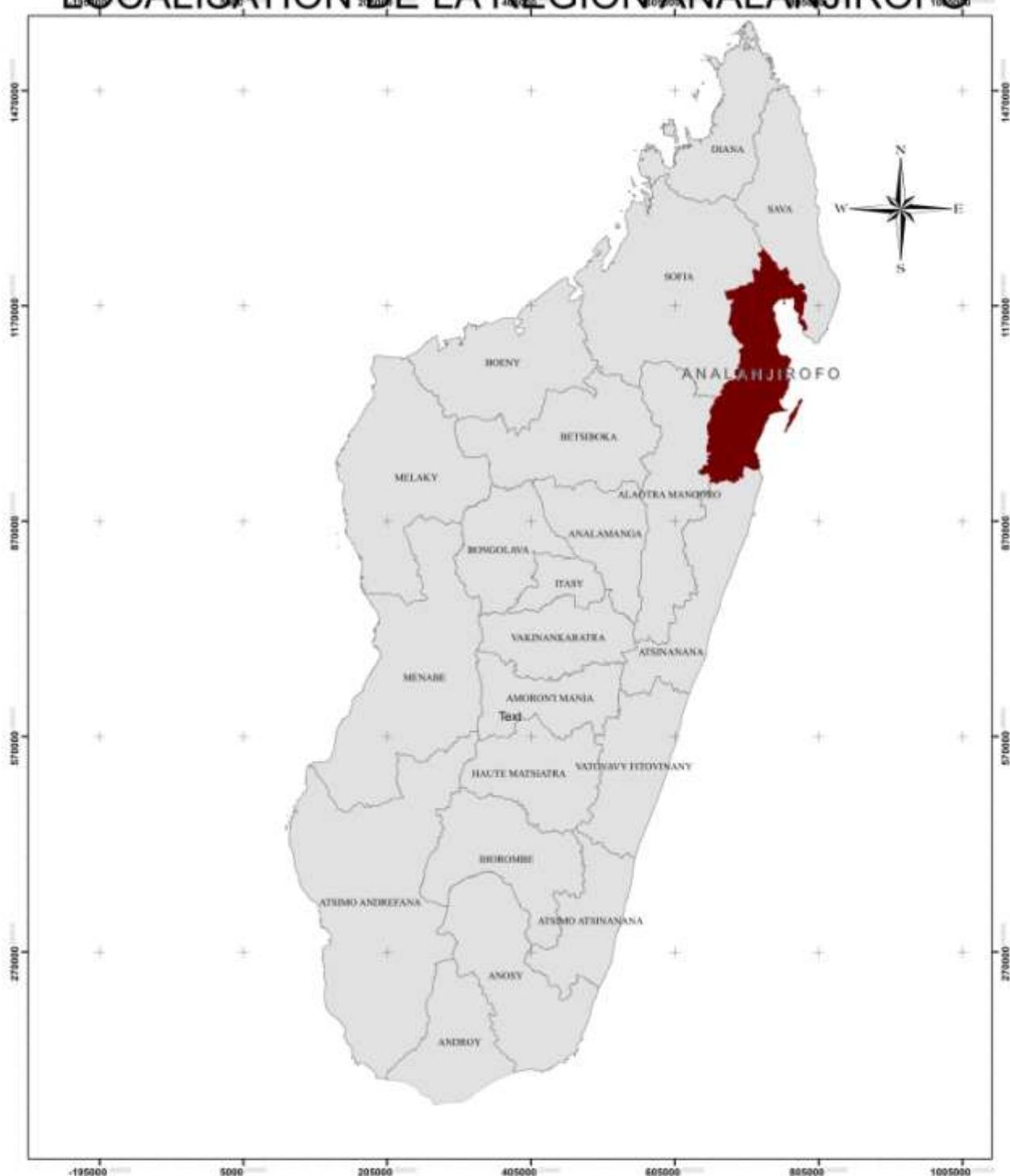
II. Situation géographique

1. Localisation de projet

Le projet « Soanierana Ivongo – Vahibe » se situe au milieu axes de la route nationale RN5 dans la zone centrale de la province sur une longueur de 116 +835 km, pour faciliter son financement et son exécution, le projet a été scindé en deux lots, à savoir :

- Lot n°1 : « Soanierana Ivongo - Vahibe » long de 75+835Km avec 6 m de largeur et 1.5m d'accotement de part et d'autre,
- Lot n°2 : « Vahibe - Mananara » long de 40+305Km avec 6 m de largeur et 1.5 m d'accotement de part et d'autre.

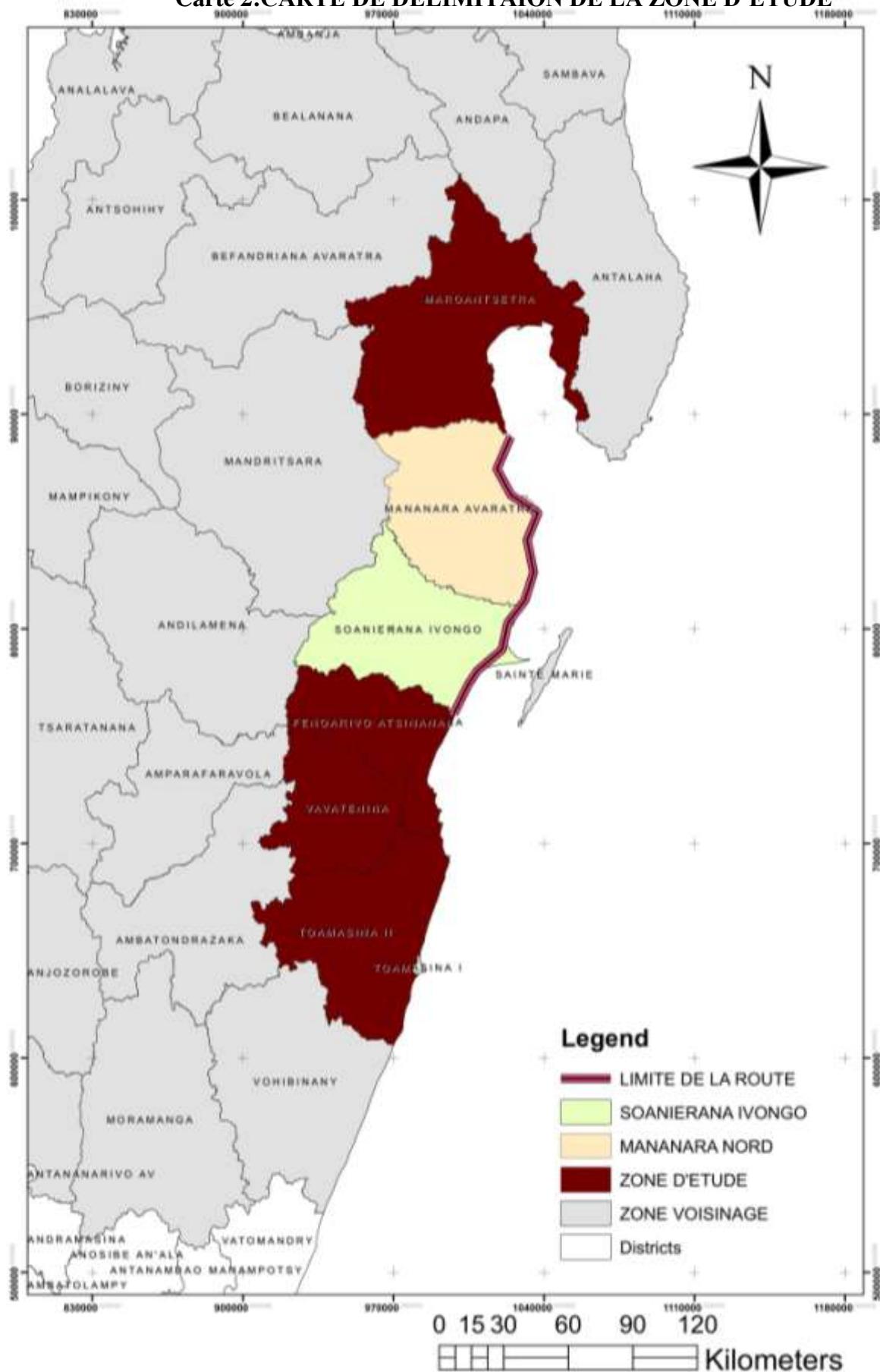
Carte 1: CARTE DE LOCALISATION DE REGION ANALANJIROFO
LOCALISATION DE LA REGION ANALANJIROFO



Legend



Carte 2: CARTE DE DELIMITAION DE LA ZONE D'ETUDE



2. Etat actuel de voies existants :

Tronçon 1 : Soanierana Ivongo – Vahibe (en 75 kilomètres) et **Tronçon 2 :** Vahibe – Mananara Nord (env. 43 kilomètres)

L'actualisation des études d'APD du tronçon 2 Vahibe – Mananara Nord ainsi que les DAO des deux tronçons feront l'objet de rapports spécifiques.

Le rapport final de la mission de contrôle et surveillance des travaux de réhabilitation/construction des ouvrages d'art de la RN5 du PK 163 au PK 183 de BCEOM (Avril 2007) donne des indications intéressantes sur les ouvrages existants :

- Localisation des ouvrages,
- Types et caractéristiques d'ouvrages : ponts, dalots, buses,
- Modes d'exécution des travaux,
- Matériaux, gîtes et carrières utilisés

Sur le tronçon 1, on répertorie :

- 23 ouvrages de franchissement existants, en majorité exécutés en 2007, répertoriés sur site et dans le dossier d'APD de 2012, dont un (OA 1 Sohihy situé au PK 181+600) que la piste actuelle a quitté.
- Ce sont en général : 15 ponts à poutres BA à travées continues, 3 ponts à poutres BA à travées indépendantes et 5 Dalots Cadres Fermés BA.
- 94 Ouvrages Hydrauliques identifiés dont 56 sont à reconstruire, 10 à curer, 22 à créer et 6 annulés.

3. Tracer en plan

Le tracé débute au Route PK 000+00 situe à Soanierana Ivongo, jusqu'au PK 75+835 km situe à Vahibe . Le tracé est généralement régulier et assez confortable avec souvent de longs alignements droits suivis par des courbes de rayons acceptables. Toutefois, certaines courbes assez serrées sont à corriger. Concernant la largeur de plate-forme existante, elle est généralement de 23 m environ.

4. Profil long

Le profil en long de cette section se caractérise par des déclivités de l'ordre de 1 à 2,5% avec plusieurs tronçons avec des déclivités qui dépassent les 4% notamment entre PK 9+ 663,018 et PK 9+911,600, avec une succession de pentes et rampes.

5. Profil en travers

Le profil en travers de ladite section de route se présente généralement comme un profil épousant le terrain naturel ou en léger remblai (et qui atteint les 1.5m par endroits essentiellement à l'approche des ouvrages hydrauliques) et ce avec un contexte de champs de part et d'autre de la route.

Notons également l'existence de nombreux passages en déblai notamment entre PK 4+591 et PK 8+318, PK 8+318 et PK 8+552, PK 9+362 et PK 9+860.

La végétation existante sur ladite déviation de cette section se présente sous forme de forte broussaille de part et d'autre et sur la route, des champs de culture (manioc, rizières...) avec un abattage d'arbres à prévoir nécessairement par endroits.

6. Plate-forme : Nature

La plate-forme sur cette section se présente comme une alternance entre matériau latéritique et argileuse ou sablo-argileuse.

Lors de notre reconnaissance, nous avons constaté que certaines sections ont été récemment entretenues (par exemple entre PK 3+800 et PK 4+170). L'état de ces tronçons est généralement acceptable avec un profil en toit, plate-forme compactée en béton bitumineux.

CHAPITRE II : ETUDE DE SOCIO- ECONOMIQUE DE LA ZONE INFLUENCE

Le deuxième chapitre traite l'étude socio-économique de la zone d'influence. Il comprend la présentation de la zone d'influence du projet et les intervenants du projet.

II.1 Présentation de la zone d'influence de projet

Longeant le littoral Nord -Est de Madagascar la Région Analanjirofo, d'une vaste superficie de 22 380 km², est composée de six (6) Districts dont Fénérive-Est, Chef-lieu de la Région, Vavatenina, Soanierana Ivongo, Mananara-Nord, Maroantsetra et l'île Sainte Marie. Ces Districts sont subdivisés en 63 communes dont 10 nouvellement créées en 2004.

La région d'Analajirofo est délimitée :

- Au nord par le District d'Antalaha région SAVA;
- Au Sud par le District de Toamasina II région Antsinanana;
- A l'Ouest par les Districts de Mandritsara (Région Sofia), d'Andilamena et d'Ambatondrazaka (Région Alaotra- Mangoro);

A l'Est par l'Océan Indien.

Le tableau suivant montre la superficie et le nombre des Communes de chaque District :

Tableau 1: Les Districts de la région Analanjirofo

| Region | District | Nombre de Commune | Superficie (km ²) |
|--------------|------------------------|-------------------|-------------------------------|
| ANALANJIROFO | Fénerive Est | 12 | 2 570 |
| | Chef-lieu de la region | | |
| | Sainte Marie | 02 | 210 |
| | Maroantsetra | 18 | 6 876 |
| | Mananara Nord | 13 | 4 318 |
| | Vavatenina | 10 | 3 202 |
| | Soanierana Ivongo | 08 | 5 204 |
| Total | 06 | 63 | 22 380 |

Source : Etude de faisabilité de la RN5, ARM 2019

II.2 Présentation géographique de zone influence

II.2.1. Topométrie de la region

L'horizon de l'étude délimite la période de projection. De ce fait, il représente un enjeu capital car c'est sur la base du trafic de la dernière année de projection que se fera le dimensionnement de la structure de la route. Dans ce cas, il sera déterminé par la durée de service probable de la route. La durée de vie d'une chaussée revêtue est en générale de quinze ans.

Par conséquent, l'horizon de l'étude considérée se trouve à quinze ans après l'année de mise en service.

Ces travaux d'aménagement sont supposés terminer à l'année 2016 et on adopte cette année comme année de mise en service.

Alors, on a comme horizon de l'étude l'année 2030 ;

II.1.3 Démographie de la zone influence de projet

La population de la région d'Analajirofo comptait 980 818 habitants en 2011, d'après les données de la Service régionale de l'INSTAT Analanjirofo. C'est une région relativement peuplée en raison de son taux d'accroissement naturel élevé, de l'ordre de

3,2%, largement supérieur par rapport à l'ensemble du pays. Le tableau suivant nous montre la répartition de la population dans chaque District.

Tableau 2 : Effectif de la population d'Analanjirofo

| Districts | Population (hab) | | Superficie (km ²) | Densité (hab. /km ²) | |
|-------------------|------------------|---------|-------------------------------|----------------------------------|------|
| | 2003 | 2011 | | 2003 | 2011 |
| Fénérive Est | 253 893 | 292 213 | 2 568 | 99 | 114 |
| Mananara Nord | 112 052 | 161 025 | 4 320 | 26 | 37 |
| Maroantsetra | 176 668 | 209 378 | 6 876 | 26 | 30 |
| Sainte Marie | 17 228 | 25 154 | 210 | 82 | 120 |
| Soanierana Ivongo | 104 865 | 128 915 | 5 204 | 20 | 25 |
| Vavatenina | 160 225 | 164 133 | 3 202 | 50 | 51 |
| Ensemble region | 824 931 | 980 818 | 22 380 | 36,9 | 43,8 |

Source : Service régionale de l'INSTAT Analanjirofo

D'après ce tableau, nous pouvons dire que la population de la région d'Analanjirofo est inégalement répartie dans chaque District : le plus peuplé est le District de Sainte Marie (120 hab./km²) et Fénérive Est (114 hab./km²), et le moins peuplé est celui de Soanierana Ivongo (25 hab./km²).

Le taux d'accroissement naturel de cette région (3,2 %) est légèrement supérieur au celui au niveau national (2,97 %).

II.1.3 Sante

La possibilité des gens de consulter un docteur est un indicateur de développement d'une région. Il y a différentes catégories de centre de santé suivant les équipements sanitaires mises en place, selon le Ministère de la santé.

❖ Infrastructure sanitaire

Malgré la politique de l'Etat en matière de la santé publique, la situation des équipements socio-collectifs depuis 1991 en matière de santé n'a pas beaucoup changé dans la région de Toamasina.

Le tableau ci-après nous donne la caractéristique du service de la santé publique :

Tableau 3: Caractéristique du service de la santé publique

| Commune | Service | Médecin | Infirmier | Sage-femme | Aide sanitaire | Personnel |
|------------------|--------------|---------|-----------|------------|----------------|-----------|
| Soanierana | BSD | 1 | 0 | 0 | 1 | - |
| | CHD | 3 | 0 | 1 | 0 | 9 |
| Ivongo | CSBI | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| | CSBII | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Manompana | CSB1 CSB2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 |
| Antanambe | CSB1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 |
| | CSB2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Mananara Nord | CSB1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 0 |
| | CSB2 | 9 | 4 | 1 | 3 | 0 |
| | CHD | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | SSD | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| | Dentisterie | 1 | | | | |

Source : PCD de Soanierana-Ivongo – Manompana – Antanambe – Mananara nord

❖ **Etat sanitaire**

Les Services de Santé de la région font des efforts remarquables pour pallier leurs problèmes. Pourtant le niveau de couverture sanitaire reste encore faible dans les zones enclavées et le faible taux de fréquentation des centres ^{Total 15} ²¹ ¹ ⁷ ¹² ²⁰ constitue un handicap majeur.

Les principales causes de morbidité de la région d'Analajirofo comme toutes les régions de la province de Toamasina sont dues :

- Au manque d'éducation sanitaire de base et d'hygiène;
- A l'insuffisance des soins préventifs;
- A la consommation d'eau et d'aliments insalubres et le manque de médicaments;
- Les conditions climatiques de type tropical (chaud et humide) favorisent le développement et la propagation des moustiques, ce qui fait de la région une zone paludéenne.

II.1.4 Education

Au niveau de l'Observatoire Rural de Fénérive-Est, le taux net de scolarisation dans le primaire des enfants de 6 à 10 ans est de 74 %, mais varie d'un village à l'autre. Le

comportement des parents envers l'école serait mis en cause. C'est sans intérêt, d'après les familles. Il est évoqué aussi d'autres raisons comme le manque de possibilités financières des parents, ou l'insuffisance des infrastructures scolaire de proximité et l'enclavement de certains Districts. Enfin, il y a les besoins en main d'œuvre pour l'exploitation (surtout concernant les hommes) et l'échec scolaire.

Presque la moitié (44,6%) des chefs de ménage n'ont que le niveau primaire. Un fort pourcentage (38,4%) est même analphabète. Une assez faible proportion a le niveau secondaire (15,6%) tandis que très peu ont poussé leurs études jusqu'au niveau supérieur.

II.1.5 Religion

La région Analanjirofo est une région reconnue fortement croyante. Elle est dominée par le Christianisme.

Tableau 4 : Tableau récapitulatif du nombre des temples et églises

| Commune | ECAR | FJKM | FLM | Anglican | Adventiste | Musulman | Autres |
|-------------------|------|------|-----|----------|------------|----------|--------|
| Mananara Nord | 21 | 26 | 1 | 4 | 2 | 0 | 0 |
| Antanambe | 6 | 8 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 |
| Manompana | 11 | 7 | 8 | 0 | 0 | 1 | 7 |
| Soanierana Ivongo | 7 | 14 | 1 | 1 | 0 | 0 | 20 |
| Total | 45 | 55 | 10 | 5 | 2 | 3 | 32 |

Source : PCD de Soanierana-Ivongo – Manompana – Antanambe – Mananara nord

II.1.6 La sécurité

A Manampona, la poste avancée de la gendarmerie à la suite de la recrudescence du cambriolage en 2009 a été remplacée par une police communale aidée par 52 quartiers mobiles. A Soanierana Ivongo et à Mananara, le cambriolage de domicile est fréquent durant les périodes de soudure.

La gendarmerie et la police nationale en sont les services disponibles.

II.1.7 Transport

Le monopole du transport est entre les mains d'une minorité qui fait tout à sa guise pour maintenir les prix des produits locaux très bas et les prix des PPN très élevé.

 ***Le transport terrestre***

Le transport des passagers et des marchandises sur la Route Nationale n°5 est assuré par des véhicules 4X4 double pont des coopératives (COTRANSU – KOFIFEN – KOFITO) assurant la liaison de l'axe : Soanierana-Ivongo – Fénérive-Est, Toamasina ou Ampasimbe et vers le Nord : Mananara – Maroantsetra.

Les prix de transport sont très fluctuants et exorbitants, ceci est un facteur de blocage de la circulation des biens et des personnes.

Les infrastructures routières existantes en terre sont d'accès temporaire mais difficilement abordables en saison de pluie.

 ***Le transport terrestre est conditionné par le fonctionnement des bacs qui ont des problèmes varia Le transport fluvial***

La voie fluviale montrant fréquemment des accidents mortels utilise des pirogues légères et des canots équipés de moteurs hors-bords. Elle permet la communication entre les communes voisines. Les frais sont fonction de la distance, de la quantité de marchandises et parfois de la tête du client. Les voies les plus empruntées par la population locale sont :

- Le fleuve Anove et le fleuve Manambato;
- Le fleuve Simianona.

 ***Transport maritime***

Les moyens de transport utilisés sont les pirogues légères, vedettes à moteurs hors-bord et barge. Ces moyens servent à la fois pour le transport des marchandises et des passagers. Les bateaux de capacité de moins de 10 tonnes, plus nombreux, transportent à la fois des voyageurs, des marchandises et des produits locaux :

Gasikara, Rosines, Tropicana, Cap Ste Marie, Melissa service et Dolphine sont les principaux bateaux rapides qui relient Toamasina à Ste Marie, Soanierana Ivongo, Mananara Nord, Nosy mangabe, Maroantsetra, Masoala parc à Rantabe, Masoala village et la Baie d'Antongil.

Le transport aérien

Le transport aérien géré par l'Aviation Civile de Madagascar est momentanément mis en veilleuse pour diverses raisons dont principalement la détérioration du terrain d'aviation, la réhabilitation du bureau et la réduction du nombre des voyageurs.

II.1.8 Climat

Soanierana Ivongo et Mananara Nord ont un climat de type tropical. De fortes averses s'y abattent toute l'année. Même lors de la saison sèche, les précipitations restent assez importantes. Selon la classification de « *Köppen-Geiger* », le climat est de type « **Af** » et affiche 23,7° C de température moyenne sur toute l'année. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 3360 mm.

La classification de Köppen est une classification des climats fondée sur les précipitations et les températures.

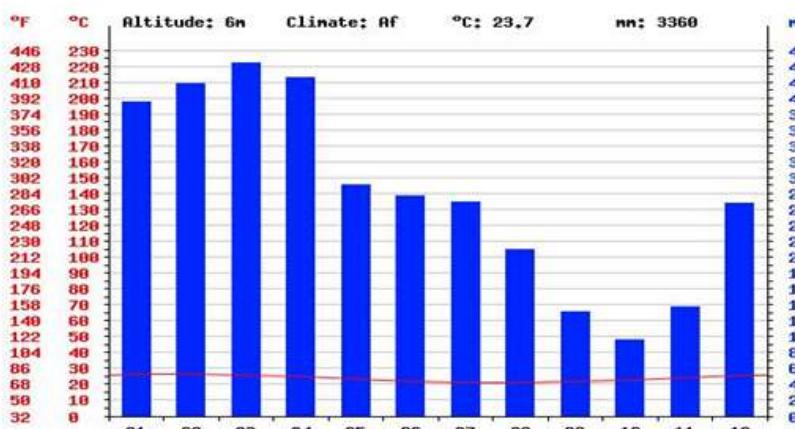


Figure 2: Diagramme climatique

Avec une précipitation de 96 mm, le mois d'octobre est le plus sec. Avec un maximum de hauteur de pluie de 444 mm, c'est le mois de Mars qui enregistre le plus haut taux de précipitations.

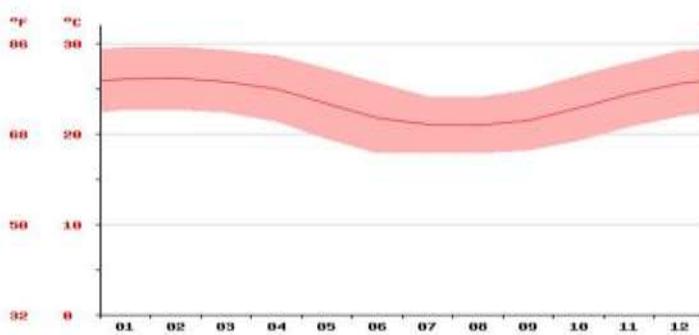


Figure 3: Courbe de variation de température

Février est le mois le plus chaud de l'année. La température moyenne est de 26.2°C à cette période. Avec une température moyenne de 21°C, le mois d'août est le plus froid de l'année.

II.1.9 Géographique

Les sols de la Région sont de trois types :

- Des sols hydro morphes dans les bas-fonds dénommés «*horaka*», ces sols sont en permanence saturés d'eau et dégagent une odeur de soufre. Ce type de sol ne convient à la riziculture que s'il est bien drainé, c'est-à-dire avec une bonne maîtrise de l'eau ;
- Des sols ferrallitiques sur les pentes des collines et les hauts massifs, ils constituent l'ensemble des formations pédologiques locales. Dans un horizon de faible épaisseur, on les retrouve parfois sur les pentes de colline où le sol n'est jamais très profond mais compact à texture fine et souvent argileuse.

Des sols d'apport fluvial dans les vallées appelés «*baiboho*», ces sols se trouvent surtout en bordure des cours d'eau, ils sont les plus favorables aux cultures pérennes.

Analajirofo dispose encore d'une importante couverture forestière par rapport aux autres Régions de Madagascar. Le taux de couverture forestier serait estimé à 50 %, en comptabilisant domaines forestiers de l'Etat et forêts domaniales.

II.1.10. Hydrographie

La très forte pluvirosité dans la Région entretient en permanence d'importants débits pour les cours d'eau. La Région d'Analajirofo est ainsi parsemée d'un réseau hydrographique dense dont l'importance varie d'un district à un autre. Ceux de Vavatenina et de Sainte Marie sont les moins importants. Le District de Maroantsetra détient 36 % du nombre de fleuves et rivières de la Région.

Le lac le plus important en termes de superficie est Tampolo, situé à 15 km au Nord de Fenoarivo Atsinanana, dans la commune d'Ampasina Maningory, District de Fenoarivo Atsinanana.

II.1.11 Agriculture

Outre les activités vivrières (riziculture), les cultures fruitières (banane, Litchi), le canne à sucre,), de nombreux habitants de la Région vivent de la culture d'épices, dont le clou de girofle, la cannelle et la fameuse vanille-Bourbon qui est une des grandes richesses de Madagascar.

Malgré un fort potentiel agricole : richesse des sols, diversité des cultures, l'Analanjirofo fait partie des Régions de Madagascar où une grande partie de la population rurale vit encore sous le seuil de la pauvreté.

Une situation qui s'est aggravée ces dernières années par la crise politique et l'accroissement de la fréquence des aléas climatiques. Afin de venir en aide à ces populations, le gouvernement malgache, en partenariat avec le Fonds International de Développement Agricole ou FIDA, a lancé en 2004 le Projet de Promotion des Revenus Ruraux ou PPRR. Orientée autour de deux composantes : l'amélioration de l'accès au marché afin de permettre un accroissement des revenus de petits producteurs et le renforcement des structures communautaires ainsi que de la base productive pour assurer la pérennisation du processus de développement. Pour une planification de huit ans, ce projet a pour objectif de réduire de moitié la pauvreté rurale d'Analanjirofo et d'Atsinanana.

L'exploitation agricole étant définie comme une unité technico-économique de production agricole englobant tous les animaux qui s'y trouvent et toute la terre utilisée entièrement ou en partie pour la production agricole et qui, soumise à une direction unique est Exploitée par une seule ou accompagnée d'autres personnes dépendamment du titre de possession, du statut juridique, de la taille et de l'emplacement.

Le développement de l'apiculture présente des perspectives intéressantes. Le miel malgache étant autrefois très apprécié en Europe mais faute de système de surveillance sanitaire, Madagascar a perdu la majorité de ses parts de marché et les exportations vers l'Union européenne ont été pratiquement stoppées. Depuis 2004, le programme de promotion des revenus ruraux (PPRR / Ministère de l'Agriculture, de l'élevage et de la pêche) tente d'y remédier grâce à un appui technique aux producteurs. Il a pour objectif de multiplier la production de miel par trois ou quatre d'ici la fin de l'année 2019. C'est possible car la demande du marché national est forte. De plus les débouchés à l'export existent.

On y distingue deux groupes de cultures qui prédominent la surface cultivée de la région telles :

- Cultures vivrières composées du riz, maïs, manioc ;
- Culture de rente essentiellement le café, girofle, vanille et poivre.

Tableau 4: Répartition des surfaces cultivées par type de spéculation en Ha ;

| Districts | Surface totale cultivée | Culture vivrière | Culture de rente | Culture industrielle |
|---------------|-------------------------|------------------|------------------|----------------------|
| Sainte Marie | 11 100 | 4 290 | 6 605 | 205 |
| Maroantsetra | 54 305 | 19 805 | 32 735 | 1 765 |
| Mananara Nord | 50 535 | 11 155 | 36 995 | 2 385 |
| Fénérive Est | 41 570 | 19 725 | 20 995 | 855 |
| Vavatenina | 45 455 | 24 200 | 19 850 | 1 405 |
| Soanierana | 20 405 | 5 315 | 14 760 | 330 |
| Ivongo | | | | |
| Total | 223 370 | 84 490 | 131 940 | 6945 |

Source :Annuaire Statistique Agricole 2019

Les superficies cultivées représentent moins de 15% sauf pour Sainte Marie avec 43%, et la majeure partie étant réservée à la riziculture.

1. Culture vivrière

➤ Production rizicole

L’existence des vastes plaines et de bas-fond favorables à la riziculture a fait de la riziculture une des principales activités agricoles de la Région.

Le tableau suivant montre la production de riz de chaque District pendant une année culturelle qui est composée de deux types de saison

Tableau 5: Production rizicole d’Analajirofo année 2019

| Districts | Superficie | | | Production (T) | | | Rendement (T/ha) | |
|---------------|------------|---------------|--------|----------------|---------------|--------|------------------|---------------|
| | Saison | Centre saison | Totale | Saison | Centre saison | Totale | Saison | Centre saison |
| Fénérive –Est | 16 658 | 6 570 | 23 220 | 50 828 | 18 020 | 68848 | 3,05 | 2,75 |
| Vavatenina | 20 640 | 9630 | 30270 | 65452 | 28 575 | 103067 | 3,17 | 2,97 |
| Soanierana | 14 200 | 6 286 | 20 486 | 38 740 | 14975 | 41320 | 2,73 | 2,38 |
| Ivongo | | | | | | | | |
| Mananara nord | 19 196 | 5 660 | 24856 | 35313 | 11086 | 46399 | 1,84 | 1,96 |
| Maroantsetra | 14 000 | 17 400 | 31400 | 45630 | 65320 | 110950 | 3,26 | 3,75 |
| Sainte Marie | 862 | 561 | 1423 | 2151 | 1337 | 3488 | 2,50 | 2,38 |
| Total | 85 556 | 46 107 | 131655 | 238114 | 139313 | 374072 | 2,78 | 3,02 |

Source : service régionale de l’INSTAT Analajirofo

En totalité, pour l'année 2017, la région produit 374 072 tonnes de riz de paddy avec un rendement moyen de 2,90 T/ha. Pour cette année même la population de la région comptait 928 921. Le ratio est donc de 380,45 kg / personne / an en paddy.

➤ *Autres cultures vivrières*

Outre la production du riz, les paysans pratiquent d'autres cultures vivrières qui commencent à développer. A savoir le maïs, maniocs et de patate douce, ce sont des compléments. Le tableau suivant donne la production de l'année culturale 2017

Tableau 6: Autre culture vivrière

| Spéculation | Surface (ha) | Production(T) | Rendement moyen (T/ha) |
|--------------|--------------|----------------|------------------------|
| Maïs | 3 211 | 7 300 | 2,3 |
| Manioc | 9 330 | 100 292 | 10,7 |
| Patate douce | 1 109 | 9 260 | 8,3 |

Source : Service régionale de l'INSTAT Analanjirofo

Tableau 7: Production de légume de l'année 2019

| Spéculation | Surface (ha) | Production(T) | Rendement moyen (T/ha) |
|-------------|--------------|----------------|------------------------|
| Brede | 841 | 8526 | 10,1 |
| Salade | 170 | 2309 | 13,6 |
| Chou | 69 | 1079 | 15,6 |
| Tomate | 113 | 1696 | 15,0 |
| Pe tsai | 1430 | 17926 | 12,5 |
| Gingembre | 24 | 328 | 13,7 |

Source : Service régionale de l'INSTAT Analanjirofo

2. Culture de rente

Parmi les différentes cultures de rentes pratiquées, le girofle fait la renommée de la région ; son appellation « Analanjirofo » signifie littéralement « aux forêts des girofliers ». De cette potentialité économique, elle est « la capitale malgache du girofle ». On y pratique aussi depuis la période coloniale la plantation de la vanille (District de Mananara-Nord et Maroantsetra), du poivre, du café et du letchi.

Tableau 8: Production culture de rente campagne 2017

| Spéculation | Surface (ha) | Production(T) | Rendement moyen (T/ha) |
|-------------|--------------|----------------|------------------------|
| Café | 17 982 | 4 948 | 0,3 |
| Poivre | 58 | 23 | 0,4 |
| Girofle | 50 820 | 15 643 | 0,3 |
| Vanille | 4 673 | 5 868 | 1,3 |
| Letchis | 4 692 | 66 674 | 14,2 |

Source : Service régionale de l'INSTAT Analanjirofo

De part de la production de girofle, la région Analanjirofo est aussi la première productrice de letchis au niveau national. La région exporte plus de 30 000 tonnes chaque année.

Dans le secteur agricole, la région d'Analanjirofo a une production à l'exportation très élevé.

3. *Pêche et ressources halieutiques*

Du fait de sa longue façade maritime et de son réseau hydrographique dense, la côte Est joue à la fois d'un potentiel en pêche maritime et continentale.

4.1 *Pêche maritime*

Les habitants des villages littoraux de Soanierana à Mananara nord pratiquent la pêche artisanale en utilisant des matériels de pêche traditionnels (filets maillés, lignes, nasses, et petites pirogues).

Les pêcheurs industriels pêchent également dans les estuaires des fleuves et dans les environs des récifs coralliens (Barrière de protection au large contre les requins, biotope préféré des poissons).

La pêche et l'aquaculture sont actuellement des activités relativement développées dans la Région. Le prix plus élevé des poissons d'eau douce par rapport au poisson de mer favorise l'opportunité de développement de la pisciculture.

4.2 *Pêche fluviale*

Plusieurs espèces de poissons d'eau douce y existent à savoir : anguille, carpe, crevette, tilapia, toho, Dialava qui sont les espèces les plus fréquentes.

Les statistiques montrent que la production de poisson d'eau douce augmente alors que le nombre d'étangs exploités reste inchangé. Ce qui démontre une maîtrise des techniques de production.

II.1.12 Tourisme

Le secteur touristique possède d'énormes potentialités par l'existence de nombreux sites potentiels exploitables. Le site de Tampolo dans la Commune Rurale d'Ampasina Maningory District Fénérive-Est est jugé opportun pour le développement touristique de la Région, il se situe à 10 km de Fénérive Est, à proximité de la forêt de Tampolo et du lac de même nom. Un autre site opportun pour Analanjirofo est celui d'Antsiraka. Situé dans le District Fénérive-Est, Antsiraka est un Site touristique balnéaire situé en face de l'île sainte Marie.

La Région Est caractérisée par ses paysages formidables et ses forêts tropicales. Ainsi, faisant partie des forêts tropicales humides de la grande Ile, les réserves de Mananara renferment des richesses floristiques et faunistiques qui lui sont propres.

Toutefois, la stratégie de promotion commerciale est très faible et les infrastructures d'accueil sont de mauvaises qualités et insuffisantes.

II.1.13 Environnement biodiversité

Cependant la déforestation y a néanmoins gagné du terrain depuis les années 1980, le bois étant exporté par des intermédiaires ou entreprises chinoises, indiennes, pakistanaises, françaises...

Une partie de la déforestation est illégale. Pour limiter l'érosion qui est un des grands problèmes environnementaux malgaches, une loi interdit théoriquement le déboisement des sols en fortes pentes (à partir de 50 % de pente).

PARTIE II : ETUDE TECHNIQUE

CHAPITRE III : TRAVAUX TOPOGRAPHIEQUE

Le troisième chapitre se consacre aux travaux topographiques du projet. Dans ce chapitre, va voir successivement les différentes étapes de réalisation du projet routier, la reconnaissance, détermination de la bande d'étude et la méthodologie des travaux topographiques.

III.1 Les différentes étapes de réalisation de projet routier

Au cours de l'élaboration d'un projet routier, plusieurs étapes importantes se succèdent depuis l'engagement des premières réflexions jusqu'à la mise en service de l'opération.

III.1.1 Les études préalables en infrastructure routière

La particularité de la route est son caractère linéaire et impact sur deux milieux de natures totalement différents. On peut les inventorier avec un minimum de bon sens. Ainsi nous avons évoqué le domaine foncier donc au sens large la route interagit avec les zones , qu'elle la traverse, où qu'elle la desserve.

Elle impacte l'environnement au sens étymologique, donc des écosystèmes définis par leurs composants : eau, air, faune, flore, sol et sous sol. Les exigences sociales ont peu à peu forgé des outils législatifs et règlementaires qui encadrent ces domaines.

Il y a lieu tout d'abord de définir la zone d'étude pertinente pour le projet routier imaginé. Le périmètre de cette zone sera à adapter aux problématiques étudiées. On imagine assez facilement, que l'étude géologique recouvrira une zone différente de celle de l'étude de bruits.

III.1.2 L'Avant-Projet Sommaire

L'objectif de cette phase d'étude est de faire une estimation des avantages à moyen et à long terme que la réalisation du projet apporte par rapport aux investissements nécessaire à sa construction et à ses entretiens. Les apports au développement sont basés sur des analyses des informations topographiques, géographiques, géologiques, hydrauliques, géotechniques, socio-économiques et environnemental est des différents tracés soutiendrait responsables.

Les données de base de ces analyses peuvent être cartographiques (informations physiques) et/ou les résultats d'un diagnostic économiques (trafic existant et projection de développement) de la région et des influences. A partir de ces données, on sera en mesure de choisir le tracé qui sera l'objet d'un avant-projet détaillé.

III.1.3 L'avant-projet Détailée

Sur la base des résultats de l'APS, on procède à la définition des caractéristiques principales des ouvrages, et les divers paramètres du tracé retenu.

Ces données sont primordiales pour l'étude de faisabilité et pour avoir une idée précise sur la rentabilité de ce tracé en évaluant son coût d'investissement en comparaisons avec les retombées économiques attendues de l'aménagement. Les études géométriques nécessaires au futur tracé projeté sont faites à partir d'un plan à grande échelle. Suivant l'importance du projet, l'établissement de ce plan pourra être effectué par voie topographique directe (tachéométrie, GPS) ou par méthode photogrammétrie (photos aériennes).

III.1.4 La concertation avec le public

La concertation avec la population et les ONG , en coordination avec les autorités locales, a constamment orienté les travaux et les investigations de terrain de l'ensemble des gestionnaires du projet tout en étant à leur écoute pour identifier avec eux les spécificités environnementales et sociales de leur milieu afin d'élaborer en commun et de la manière la plus consensuelle les mesures de protection qui s'imposent.

Les préoccupations collectées de la population ont été principalement liées à l'enjeu de la restitution de l'emprise de la route à l'état, à l'optimisation de la largeur à libérer afin d'affecter le minimum possible de personnes et d'habitations, aux modalités d'indemnisation.

Et aux principes à mettre en évidence et à appliquer afin de garantir la transparence et l'équité totale lors de la phase de compensation.

Les domaines relatifs à l'environnement biophysique n'ont pas fait au contraire l'objet de préoccupations particulières de la part de la population à cause du fait que le projet de la route est maintenu.

L'enquête publique et la déclaration d'utilité publique

Le dossier d'enquête publique, qu'il soit préalable ou non à la déclaration d'utilité publique est établi à partir des études d'Avant Projet Sommaire. Il comporte une pièce essentielle : l'étude impacte. Cette dernière est réalisée sur les bases des études environnement.

Pour les projets de grande importance, le dossier comprend en outre, une étude socio économique. C'est la loi d'orientation sur les transports intérieurs qui a défini cette obligation.

Le maître d’ouvrage saisit le préfet qui prend alors l’arrêt de mise à l’enquête publique du projet. Le tribunal administration complète la démarche en nommant un commissaire enquêteur ou une commission d’enquête si le projet le justifie dans le cadre d’enquête publique préalable à une déclaration d’utilité publique ou de projet ayant un impact sur l’environnement.

Dès que le principe de mise en à l’enquête est arrêté, le maître d’ouvrage a en ce charge des mesures de publicité de cette enquête. Des articles doivent être publiés aux rubriques annonces légales de journaux de presse quotidienne régionale, des panneaux doivent indiquer, en périphérie de l’emprise du projet, les dates horaires et lieux où le dossier d’enquête sera consultable, ainsi que les horaires de permanence du commissaire enquêteur.

L’enquête publique durera au moins 1 mois. Au cours de cette période, le public peut porter toute remarque, interrogation, contradiction qu’il jugera pertinent par rapport au projet. Le commissaire enquêteur peut recevoir le public et porter lui –même les remarques du public.

A l’issu de cette enquête, où il peut être amené à interroger le maître d’ouvrage, le commissaire enquêteur rétablira son rapport, à l’intérieur duquel, il pourra faire porter ses remarques, ses interrogations. En conclusion, il donnera son avis sur le projet.

Ce rapport et cet avis seront transmis au préfet. Ce dernier décidera alors du caractère d’utilité publique ou non du projet.

L’ensemble de la procédure est la plus délicate juridiquement du projet. En effet elle se conclut par un acte administratif, qui comme tel, est attaquant devant une juridiction administrative : tribunal ou conseil d’Etat. Les aspects sur lesquels peuvent porter un recours, touchent aussi bien au fond qu’à la forme.

Sur le fond, il s’agit aussi bien de la réponse que le projet apporte à la problématique développée, que de la prise en compte des contraintes ainsi que des mesures compensatoires. L’élément essentiel est l’étude impact. Elle est rendue obligatoire pour des aménagements dont la liste est définie par décret.

Sur la forme, il s’agit des respects des procédures, des délais, des mesures de publicité. Le juge peut alors annuler la déclaration publique et la procédure doit alors être recommencée, après les éventuels compléments d’études. Les acquisitions foncières sont alors bloquées en

ce qui concerne les procédures d'expropriation. Si des travaux avaient été commencés sur des parcelles que le maître d'ouvrage avait acquis à l'amiable il peut être condamné à remettre les terrains en état.

III.1.5 Les études de projet

Dès que le projet est déclaré d'utilité publique, les études précises pourront alors être lancées. Le tracé sera alors défini précisément, ainsi que l'ensemble de détails de construction.

Parallèlement, l'ensemble sera des autres enquêtes sera lancé :

L'enquête parcellaire : elle permettra de connaître précisément les propriétaires de chaque parcelle touchée par le projet. C'est sur sa base que les acquisitions ou le cas échéant, l'expropriation aura lieu. Cette enquête peut alors être en simultanéité avec l'enquête publique.

L'enquête loi sur l'eau, si le projet doit faire l'objet d'une autorisation au titre de la loi sur l'eau.

Les éventuelles enquêtes publiques liées à la mise en compatibilité des documents d'urbanisme. En effet l'infrastructure peut être contraire voir interdite par les documents d'urbanisme. Dans ce cas c'est le document d'urbanisme qui s'adapte.

III.1.6 Les appels d'offres

Une fois le projet parfaitement défini, il y a lieu de passer à son exécution. Le maître d'ouvrage étant public pour le sujet qui nous intéresse, il est astreint au code des marchés publics. Le maître d'ouvrage établi alors un dossier de consultation. Ce document contiendra tous les éléments techniques qui définiront le projet à réaliser, les référentiels et les normes techniques à prendre compte. Il définira les conditions économiques et réglementaires de réalisation avec en particulier les modes de rémunération.

A ce stade, les procédures utilisables sont multiples. Elles répondent à des problématiques différentes. En voici quelques-unes :

La plus connue : l'appel d'offre ouvert. Dans ce cas toutes les entreprises peuvent soumettre une offre au maître d'ouvrage.

L'appel de candidatures : le maître d'ouvrage annonce l'aménagement à réaliser avec ces

caractéristiques générales. Il retient ensuite les candidats qui à partir de référence d'opérations équivalentes et en fonction de critères qualitatifs préalablement définis, qui lui semblent le plus à même de réaliser l'aménagement. Des dossiers de consultation sont alors adressés aux candidats retenus. Leurs offres sont alors analysées comme pour un appel d'offres ouvert.

Dans les deux cas, l'appel d'offres peut être lancé avec ou sans variante. Ainsi dans le cadre des variantes, les caractéristiques techniques ne sont pas figées, les candidats peuvent proposer des solutions. Il existe des formes d'appel d'offres plus incitatives à la créativité des entreprises : l'appel d'offres sur performance, c'est une forme de variante élargie. Le candidat apporte une réponse à un problème défini par le maître d'ouvrage.

Le marché de conception réalisation : le candidat retenu étudiera le projet et le réalisera pour un prix défini au stade de l'appel d'offres.

A l'issu des procédures de mise en concurrence, un candidat est retenu son offre est le contrat qui le liera avec le maître d'ouvrage.

III.1.7 L'exécution des marchés

Nous venons d'indiquer que le marché public est un contrat qui lie le maître d'ouvrage avec l'entreprise retenue. Les deux parties auront, à partir de ce moment la charge, chacune en ce qui la concerne, d'exécuter le contrat : l'entreprise en faisant contrôle que le contrat est respecté.

L'évolution du contexte économique a modifié les conditions de réalisations des travaux. La tendance affirmée depuis plusieurs années est une exécution à la lettre du contrat, sur le mode anglo-saxon.

En cours d'exécution toute modification du projet et donc des prestations à réaliser, doit alors se traduire par une modification du contrat. Le code des marchés publics le permet au travers des avenants en particulier.

Le maître d'œuvre est chargé, pour le compte du maître d'ouvrage, de veiller à la bonne exécution du marché. Les contentieux qui peuvent opposer maître d'ouvrage et entreprises peuvent être réglés à l'amiable ou devant un tribunal administratif.

III.2 Reconnaissance

La reconnaissance peut se faire de deux manières : reconnaissance au bureau et reconnaissance sur terrain. Dans le cadre de cette route reliant Soanierana Ivongo- Vahibe on utilise les deux en même temps.

Avant de passer à la reconnaissance sur terrain, le projeteur doit fournir un document topographique. Ce document comprend les cartes et les photographies aériennes utilisées à la rigueur pour savoir l'occupation du sol. Les agences spatiales de l'Allemagne et de l'Italie , et le National Geospatial-Intelligence Agency ont réalisé le projet SRTM, a volé à bord du transbordeur spatial Endeavour en février 2019.

Le projet débute à Soanierana Ivongo et se termine à Mananara Nord, l'étude topographique a été conduite dans le sens inverse pour éviter d'aller vide pour le retour de la reconnaissance. Le PK1 se situe à Soanierana Ivongo mais le premier sommet de la polygonale de base noté B1 se situe à Mananara Nord.

Le premier sommet polygonal B1 (X=756 236,000m ; Y=1 099 040,000 m Z=10,313m) mis en place par l'équipe topographique est situé à l'entrée de la ville de Mananara Nord, à proximité du carrefour giratoire. Le dernier point polygonal noté B972 (X=763 078,370m ; Y=1 012 645,870m ; Z=9,435m) est placé au voisinage de l'origine du projet, dans la ville de Soanierana Ivongo.

Mais pour le cas de la conception routier on n'emploie que la reconnaissance sur terrain qui a pour objectif essentiel d'études préliminaires afin de rechercher le point d'appui tel que les points géodésiques et les repères de nivellation afin de former des brigades pour la descente sur terrain pour exécuter les travaux. Donc, avant de faire la reconnaissance sur terrain, le projeteur doit fournir un document topographique. Pour notre cas, les cartes ont été établies à une échelle comprise entre 1/50 000 et 1/100 000 ayant une superficie pouvant atteindre les lignes convenables aux études envisagées.

Les coordonnées planimétriques (X, Y) ne sont pas rattachées au réseau géodésique national en raison de l'inexistence de point géodésique utilisable dans les environs des extrémités du projet. Néanmoins, le système indépendant dans lequel l'opération a été réalisée à peu près la même orientation et le même point d'origine que le système national.

On utilise aussi le lever bathymétrie de cette zone pour avoir de niveau 0 de la mer, pour avoir de référence de donner après de faire l'étude de l'ouvrage qui implanter à cote plus proche de la mer ;

III.3. Détermination de la bande d'étude

La bande d'étude est la zone de travaux où se trouvent les terrassements à effectuer. Elle sera obtenue soit par des procédés terrestres de lever, soit par des procédés photogrammétriques.

Dans notre cas de construction de la nouvelle déviation, dans cette section il y a de trois déviation, on a adopté le procédé terrestre de lever avec une largeur de bande environ 23 m c'est-à-dire 11,50m de part et d'autre de l'axe de cette nouvelle route à créer.

III.4 Méthodologie des travaux topographique

Notre étude se basé en trois type de méthode de lever, la premier se base à la prise de vue aérienne lever par drone, la deuxième se base a la levé bathymétrie, et la troisième se base a la levé planimétrie et altimétrie .

III.4.1 PHOTOGRAMMETRIE

III.4.1.1 MATERIEL UTILISE

1. Les matériels nécessaires

a . Matériels topographiques

Pour effectuer la stéréopréparation ou détermination des points de calage rattachés au système de coordonnées locales, on a besoin des instruments de mesure angulaire et de distance à haute précision.

Cette station totale est une station totale robotique, avec rayon laser visible et capable de mesurer la distance sans réfracteur.

| | |
|---|---|
| Station Totale LEICA TCR 705 |  |
| CARACTERISTIQUES : | Ecart type angulaire (HZ, V) = 7''. Mesure de distance sans réflecteur = 0 Précision linéaire/temps= 2mm+2ppm/3s(portée \geq 500m = 4mm+2 ppm) Mémoire interne 100 000 points fixes Grossissement = 30X Format des données = GSI/ DXF/ ASCII |
| ACCESSOIRES : | Prisme Batterie 6V (20heures d'autonomie) Chargeur Câble transfert des données |

Tableau 9: Appareil de lever topographique utilisé, source : mode d'emploi TCR 705

b. Matériels de la PVA

La prise de vue aérienne est effectuée à l'aide d'un micro drone professionnel quadri-rotors, avec deux batteries de recharge supplémentaires.

| | |
|-------------------|---|
| DJI inspire 1 pro | |
| Caractéristiques | <p><u>Dimensions</u> : Longueur : 438 mm / Largeur : 451 mm / Hauteur : 301 mm</p> <p><u>Poids</u> : 2900 grammes</p> <p><u>Portée maximale</u> : 7 kilomètres</p> <p><u>Vitesse maximale</u> : 80km/h</p> <p><u>Contrôle</u> : Double télécommande (C1, C2) connectables avec des Smartphones ou tablettes pour le pilotage automatique.</p> <p><u>Navigation</u> : Système GNSS et détecteur d'obstacle</p> |
| Accessoires | <p><u>Batterie</u> : Modèle: TB47/Capacité: 4500mAh/Voltage: 22.2V/Poids: 570g/Dimensions : 145 x 95 x 6mm/Température de fonctionnement: -20°C à 40°C/Autonomie : 20mn.</p> <p><u>Capteur</u> : Camera Zenmuse z3/Lentille de la caméra : 22-77 mm f/2.8 (ouverture) /Résolution de la caméra : UHD (4K) : 4096x2160p</p> |

Tableau 10:Matériels de prise de vue, source : fiche technique DJI inspire 1 pro

III.4.1.2 Méthode de travaux photogrammetrique

Les orto-photos de Bing Aerial (Microsoft Corp) les plus récentes, correspondantes à l'année 2019, ont été utilisées comme base planimétrique de référence.

L'ensemble des images prises avec le drone ont été calculées et redressées (orthophotoplan : annexe 9) à l'aide du logiciel MetaShape Professionnel d'AGISOFT. Les points de calage terrain étaient constitués des plaquettes photogrammétriques implantées et levées avant le vol.

En complément des orthophotoplans, un nuage de points 3D représentatif des données du sol (MNT) et des obstacles (MNE de la végétation et des bâtis) ont été calculés.

Les documents produits sont :

- Des orthophotoplans au format JPG (avec fichier de géo-référencement JGW). Ils ont été découpés suivant les axes de vols. Ils constituent le fond des tracés en plan ;
- Les fichiers Lidar (format LAS) du sol et du sursol pour servir de complément dans les zones où le lever de l'APD est insuffisant ou dans le cas de rectification de tracé.

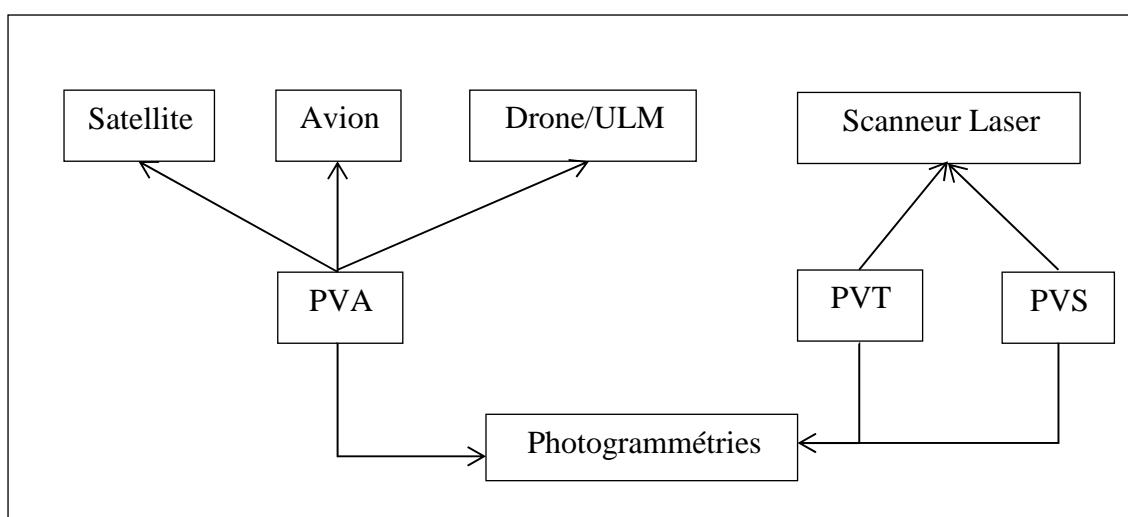
III.4.1.2.1 *Définition*

Au fil des années la photogrammétrie ne cesse pas d'évoluer. La photogrammétrie analogique utilisée entre 1900 et 1960, l'époque où on fait appel à l'appareil mécano-optique pour avoir une vision stéréoscopique d'un couple d'images argentiques. La photogrammétrie analytique, des années 1960 à 1985, l'appareil mécanique de traitement des images utilisé à l'époque est déjà équipé d'un ordinateur 1985 jusqu'à nos jours grâce à l'évolution de la technologie des appareils de prise de vue numériques et de l'informatique, on est au cœur de la photogrammétrie numérique. Aujourd'hui cette dernière devient entièrement automatique grâce à l'émergence de solutions logicielles automatisées liées à la nouvelle technologie drone.

III.4.1.2.2 *La photogrammétrie numérique*

a- Définition

La photogrammétrie numérique est la nouvelle technique qui se propose d'étudier et de définir avec précision les formes, les dimensions et la position dans l'espace d'un objet quelconque, en utilisant essentiellement des mesures faites sur une ou plusieurs photographies de cet objet [Vanetti, 2008], que ce soit des photographies par prise de vue spatiale et aérienne(PVA), par prise de vue terrestre(PVT) et par prise de vue sous- l'eau ou sous-marine(PVS)(organigramme1). Elle utilise des appareils numériques et des ordinateurs puissants.



b . Types de photogrammétrie numérique

Techniquement, on peut classifier la photogrammétrie en trois groupes respectifs selon les différents types de prise de vue existante.

i. La photogrammétrie aérienne

Ce type de photogrammétrie c'est la technique qui utilise et exploite les données relevées dans l'espace aérien et spatiale. Les données sorties par des prises de vues aériennes et spatiales telles que les relevées photographiques à bord d'un avion, d'un hélicoptère, d'un drone et des satellites (p. ex. Ikonos, Quick Bird, Spot 5...)

La photogrammétrie aérienne permet d'avoir une vue d'ensemble des éléments sur terrain. Elle est très utile lors d'une conception d'une carte, d'un plan et base de données d'un système d'information géographique .

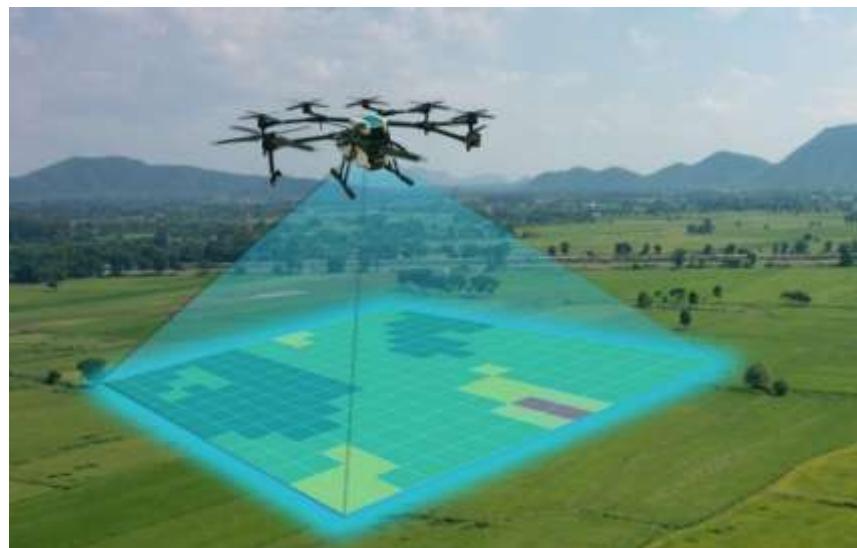


Figure 4 : Mode de balayage sous-marine par bateau, source : futura planète

c. Principes généraux de la photogrammétrie

Vue son étymologie : photo et mesure, les domaines d'application de la photogrammétrie sont nombreux. La photogrammétrie intervient pour numériser des objets dans un espace donné respectivement, pour détecter à distance, pour projeter la forme, la dimension d'un objet sur un plan ou vice-versa, pour étudier les désordres présents sur certains ouvrages, situés notamment dans des zones difficiles d'accès, pour ré-modéliser des monuments historiques ou des ouvrages d'art, ...

Par contre, le marché de la photogrammétrie numérique ne s'est développé que récemment grâce à l'arrivée des ordinateurs puissants et de plusieurs logiciels des traitements numériques. Il faut juste quelques données initiales et on peut procéder au traitement photogrammétrique n'importe quand et n'importe où avec des principes simples et ordonnés :

i. *Données initiales*

On ne peut pas procéder à la restitution photogrammétrique sans avoir des bases des données : il faut au moins avoir un couple de photographies numériques des objets à modéliser et quelques points tridimensionnels relevés dans l'espace de l'objet photographié pour caler le modèle obtenu dans le système de coordonnées locales de l'objet, cette phase s'appelle stéréopréparation.

ii. *Principes à suivre*

Premièrement, l'orientation interne : elle sert à déterminer les différents paramètres intrinsèques comme la distance focale de l'appareil, la position du point principal et les coefficients de distorsions produites par la lentille pour corriger la géométrie de chaque image afin que l'objet et son image soient parfaitement colinéaires.

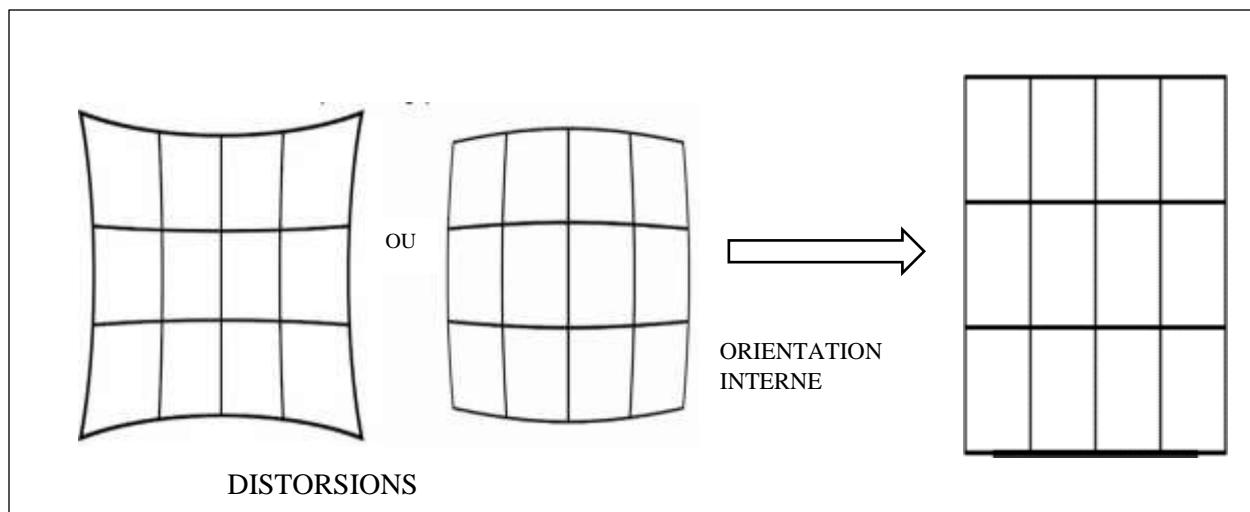


Figure 5 : Correction géométrique de la prise de vue

Ensuite, l'orientation externe : elle se fait en deux étapes : l'orientation relative et l'orientation absolue : l'orientation relative c'est la phase de calcul des coordonnées en trois dimensions des points dans le système de coordonnées de l'espace objet (modèle) à partir des images, ces points s'appellent points de liaisons ou « ties points ». Sans les points d'appui, cette opération ne génère que des coordonnées 3D en système arbitraire ou relatif, d'où le

nom orientation relative. Par contre, l'orientation absolue permet de mettre à l'échelle et d'orienter le modèle pour qu'il ait la même configuration que l'objet réel dans le système de référence locale,

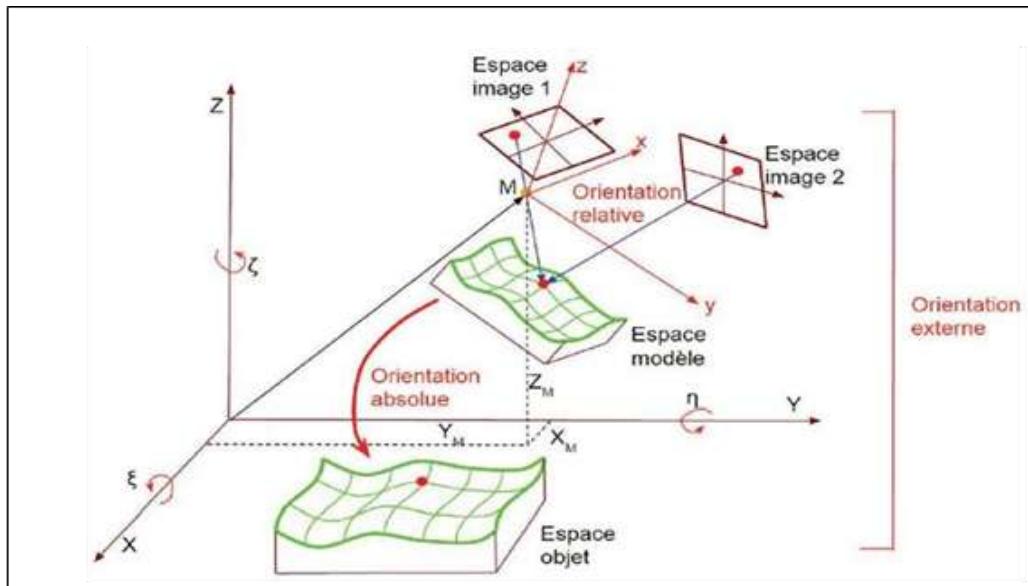


Figure 6: Géoréférencement système de coordonnée

C'est-à-dire elle sert à géoréférencer le modèle dans le système de coordonnée locale.

Pour traiter un grand nombre de clichés, l'orientation externe devient aérotriangulation. L'aérotriangulation est une méthode permettant de réaliser l'orientation externe d'un grand nombre de clichés (appelé bloc de clichés) réalisés lors d'un vol photogrammétrique tout en minimisant le nombre de points de calage à déterminer sur le terrain, à condition que les images du bloc de clichés aient un recouvrement longitudinal et transversal suffisant de respectivement 60 % et 20 % au minimum [Henry, 1999]. Ces recouvrements sont nécessaire pour le mosaïquage et la vision stéréoscopique.

Enfin, la restitution : c'est l'étape finale du processus. Une fois que les paramètres de l'orientation interne et externe sont déterminés et que le modèle est ainsi orienté, la restitution permet de calculer les coordonnées-terrain de n'importe quel point d'une des images et de créer ainsi une reconstruction 3D d'un objet déterminé, d'ortho-photographier de celle-ci, en passant par l'ortho-rectification, de la cartographier, ...

2. *Les drones légers*

La photogrammétrie prend une autre forme, grâce à l'arrivée des drones légers à usage civil et professionnel. Ces nouvelles technologies sont devenues un nouvel appareil de prise de vue aérienne très pratique et favorable. Ils sont capables de voler plus près des cibles, ces coûts sont accessibles à tous et leurs applications à la photogrammétrie sont purement automatiques grâce à leurs intégrations avec différents logiciels programmables.

a . Classification des drones

Il n'y a pas d'uniformisation des critères pour les différents types des drones qui existent. Ce qui veut dire que chaque modèle, que chaque type et que chaque version de drone a ses propres particularités.

Cependant, pour classifier les drones, on s'est référé par ses caractéristiques physiques et ses performances :

-Les caractéristiques physiques comme la taille (de quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres), le poids (de quelques grammes à plusieurs tonnes), le mode de sustentation (plus lourd ou plus léger que l'air), le mode de propulsion (hélice ou réacteur), ou bien ses capacités à faire un décollage ou un atterrissage vertical.



Photos:A-Différentes tailles des drones à propulsion réacteur, source : U.S. Navy. B-Micro drone à quadri- rotors, Source : © Silverlit. C-Micro drone à voilure fixe, Source : © Fly-n-Seelogiciels sous licence libre et gratuits.

1. Technique de la prise de vue

Une fois que tous les paramètres nécessaires sont maîtrisés, il ne nous reste plus que tracer le plan de vol et procéder à la prise de vue en appliquant les paramètres prédefinis.

a . Plan de vol

En traçant de plan de vol, il faut que la dimension du cliché et les recouvrements synchronisent à l'échelle du fond de carte du plan de vol.

Avec un fond de carte à l'échelle de 5000^{eme}, la dimension du cliché devient :

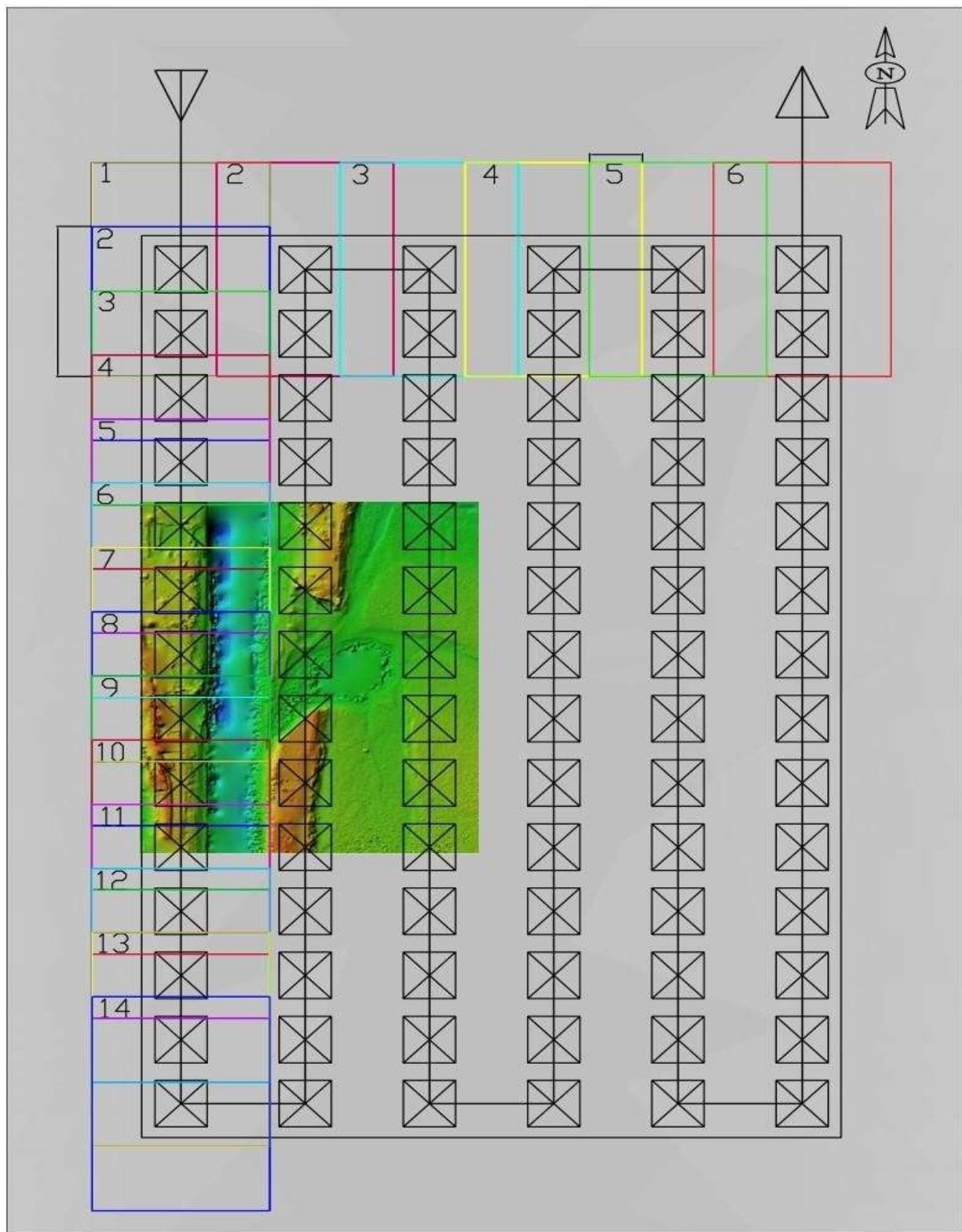
$$\text{largeur du cliché: } L' = L \times \frac{\epsilon}{\epsilon_\varphi} \quad (1)$$

$$L' = 17\text{cm} \times \frac{1000}{5000} = 3.4\text{cm}$$

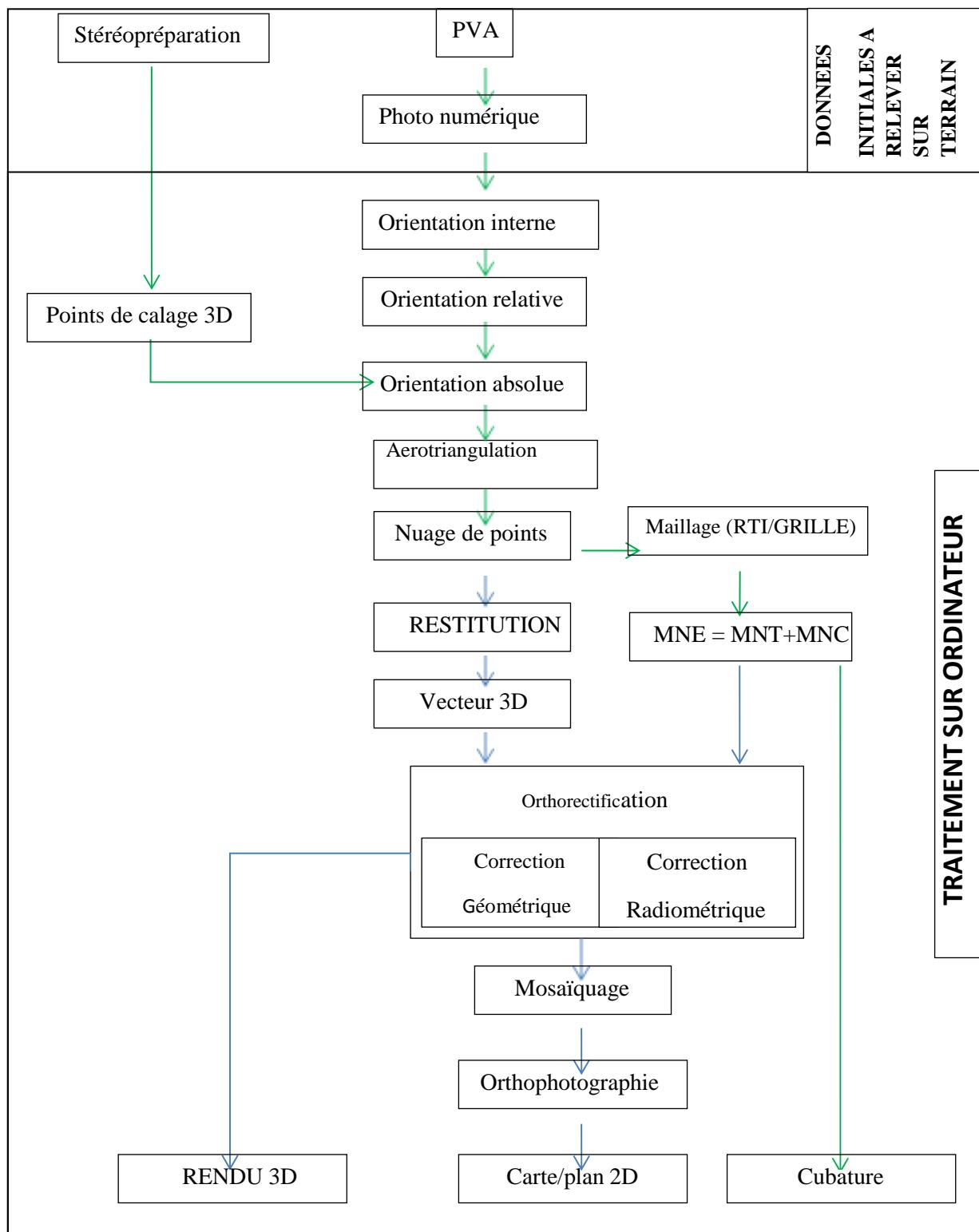
$$\text{longueur du cliché: } l' = l \times \frac{\epsilon}{\epsilon_\varphi}$$

$$l' = 23\text{cm} \times \frac{1000}{5000} = 4.6\text{cm}$$

Ainsi le *recouvrement lateral*: $Q = L' \times 30\% = 1.02\text{cm}$ et
recouvrement longitudinal: $P = l' \times 70\% = 3.22\text{cm}$.



Plan : Plan de vol, source : Auteur



Organigramme 2: Procédé photogrammétrique aérienne par drone

III.4.1.2.3 Résultat obtenus

Vu que notre objectif c'est de calculer le projet et de tracer ses profils, nous n'allons qu'utiliser la démarche indiquée par les flèches vertes du procédé photogrammétrie par drone.

III.4.1.2.3 EXTRAIT DE PROJET SUR LE PLAN

III.5. BATHYMETRIE

III.5.1. Equipement nécessaires

Le lever bathymétrique consiste à enregistre simultanément profondeur et position, pour avoir les points de sondes. Ainsi il nécessaire, comparativement à un lever topographique terrestre, Un surplus d'équipement à savoir, entre autre, un bateau et un échosondeur ; en effet, l'équipement nécessaire pour une telle mission comprend :

- 1 bateau
- 2 récepteurs GPS bi fréquences (avec les accessoires classiques : cannes, trépied, ...)
- 1 ordinateur portable muni du logiciel « **Hy pack** » (également utilise pour le traitement des sondes)
- 1 station totale (éventuellement)

Le récepteur mobile du GPS, ainsi que l'échosondeur sont reliés à l'ordinateur grâce à un standard de communication appelle radio. L 'ordinateur contrôle le lever sous le logiciel **Hy pack**, et enregistre les données des deux appareils ;

III.5.2. Methode levee bathymetrie

Les levers bathymétriques ont été effectués pour les 10 ouvrages de franchissement (OF1 à OF10) répartis sur l'ensemble des 75 km du tronçon 1 ainsi que pour l'OF 11 (ouvrage 29 Ivontaka) situé dans le tronçon 2 mais qui sera réalisé lors des travaux du tronçon 1 étant donné qu'il menace ruine.

Ces travaux ont consisté à relever le fond des rivières sous forme de profils en long et en travers, profils espacés de 10 à 20 m en fonction des largeurs des rivières.

Les calculs et le dessin des levers bathymétriques n'ont pas posé de problème particulier.

La position des points a été calculée par une méthode de GPS différentielle à partir d'un repère connu en XYZ (bornes ou plaquettes déterminées pour le rattachement des levers APD). De même, l'altimétrie du GPS de la sonde a été rattachée au repère de référence à l'aide d'une station totale.

Les logiciels utilisés pour les calculs et le dessin étaient composés d'AutoCad, Covadis et de TerraSolid sous MicroStation.

Les plans produits sous AutoCad (format DWG) comportent :

- L'ensemble du semi des points relevés à l'aide du système de mesure bathymétrique (GPS + Sonde) ;
- Les courbes de niveau (équidistance 10 cm) du fond des rivières ;

La cote de la ligne du niveau de l'eau au jour et à l'heure du lever .

Il est à noter que toutes les coordonnées XY ont été soit calculées soit transformées dans le système UTM39 Sud / WGS84 – ITRF2014 et les altitudes Z rattachées au NGM (Nivellement Général de Madagascar)

III.5.2.1 Quelque définition

III.5.2.1.1 – La bathymétrie

La bathymétrie est la technique qui consiste à mesurer la profondeur d'eau d'un océan, d'un lac, d'un fleuve ou encore d'un rivière. Elle sert principalement à représenter topographiquement le relief des fonds de ces milieux.

III.5.2.1.2- Calibrage(=ajustage)

Opération destinée à amener un équipement de mesure à fonctionnement et à une justesse (aptitude d'un équipement de mesure à donner des indications exemptes d'erreur systématique) nécessaire pour son utilisation.

III.5.2.1.3- Lève hydrographique

La lève hydrographique est une lève ayant pour objet principal la détermination des données destinées à figurer sur les cartes marines : profondeur (lever bathymétrique), direction et vitesse des courants, caractéristiques locales de la marée, topographique côtière avec détermination des armes, toponymie et canevas géodésique nécessaire à l'appui du levé.

III.5.2.2 Méthode d'une lève bathymétrique fluviale

III.5.2.2.1- Etat de l'art à Madagascar

La bathymétrie en milieu fluvial par réalisation de semi de point de sondes naissant de l'établissement de plusieurs profils en utilisant un positionnement GPS est une application assez récente à Madagascar. En effet, certaines institutions utilisent des théodolites pour se

positionner lors des levers. Cette application nécessite non seulement un matériel sophistiqué, comme un sondeur acoustique, mais encore une méthodologie de travail bien élaborée.

Ceci nécessite le positionnement du bateau-sondeur, le sondage ou la mesure de la hauteur de l'eau, le traitement des données collectées et le dessin du plan proprement dit.

III.5.2.2.2- Méthode adoptée

Le positionnement du bateau-sondeur et le sondage constituent l'acquisition des données. Voici les points essentiels de cette acquisition :

- Positionnement précis de l'embarcation par utilisation du système GPS dans un système de référence défini UTM 39S associe au système géodésique WGS84 et un modèle de géoïde global (EGM96) ;
- Mesure de la profondeur par un sondeur mono faisceau ;
- Le sondage se fait en suivant des profils, généralement parallèles, de manière à couvrir toute la zone choisie : cette opération constitue le lève régulier(les profils correspondant sont les profils réguliers) ;
- En complètement de la lève régulière, on réalise les opérations suivantes :
 - Sondage en suivant des profils traversières (approximativement orthogonaux aux profils réguliers et en coupant le plus grand nombre possible)
 - Sondage suivant des profils intercalaires (densification locale de réseau des profils réguliers)
 - Sondage suivant des profils de recherche (densification locale par des profils d'orientation quelconque),
 - Sondage réalisés en route libre pour compléter la connaissance de la bathymétrie, ou coter des structures dont le réseau régulier ne rendrait pas bien la morphologie (crêtes de dunes, massif rocheux, etc.)

III.5.2.1.3 Caractérisation des lèves au sondeur mono faisceau

Un levé bathymétrique régulier au sondeur mono faisceau est défini par son échelle, donnée traditionnellement sous la forme « 1 :e » .

Cette échelle définit :

La densité de la lève régulière,

La densité des profils traversiers,

L'échantillonnage minimal des sondes sur le profil (au traitement) ;

-la précision minimale de la localisation de chaque sonde ;

Dans la pratique, les échelles utilisées sont :

1 :1 000 à 1 :5 000 : Lèves portuaires, voies d'accès et recommandées, zones de mouillage ;

1 :10 000 : Zones côtières-Fonds inférieurs à 50m ;

1 :50 000 : Plateau continental au-delà de 50m ;

1 :100 000 : Lèves de reconnaissance ;

I.1.4. Lève hydrographique

III.5.2.1.4.1- Niveau moyen

Si on retranche à la hauteur observée à un instant donné, la marée proprement dite calculée au même instant, on obtient un résidu fonction du temps appelé niveau moyen instantané. La valeur moyenne de cette quantité constitue le niveau moyen. Ce calcul peut se faire sur 24H (niveau moyen journalier), sur un mois (niveau moyen mensuel) ou sur toute autre période.

Pour Madagascar, c'est le niveau moyen de la mer à Analajirofo qui a été adopté comme référence des altitudes du NGM (Nivellement Général de Madagascar) .

III.5.2 .4.2- Zéro hydrographique

Le zéro hydrographique ou zéro des cartes marines est le niveau de référence commun aux cartes marines et aux annuaires de marée, à partir duquel sont comptées, positivement vers le bas les sondes portées sur les cartes marines et positivement vers le haut les hauteurs d'eau résultant des calculs de marée. L'addition de la sonde et de la hauteur d'eau fournit la théoriquement au niveau de plus la basse mer astronomique .

III.5.2.4.3 Repère de marée

Dans les ports, le zéro hydrographique est défini par sa cote par rapport à des repères de nivelllement appelée repères de marée. Ces repères sont situés à proximité du marégraphe et sont en nombre suffisant et suffisamment espacés pour qu'ils ne puissent pas être détruits simultanément, par exemple lors de travaux portuaires . Ils sont cotés les uns par rapport aux autres par nivelllement géométrique, et ils sont rattachés si possible au nivelllement général .

III.5.2.4.4 Zone de marée

La zone de marée est l'ensemble de zones élémentaires de marée .Elle est définie par limite géographiques, son port de reference ou zero hydrographique est determiné, et une relation de concordance pour chaque zone elementaire qui permet de choisi un zero hydrographique en accord avec celui de port de reference .

III.5.2.5 Mesures maregraphiques

Tous le lever devrait etre corriges de la hauteur instantanée du plan d'eau et ramenes à un niveau de reference fixee (idealement le zero hydrographique) ;Il faut donc connaitrela marée à chaque instant du lever .

Dans le cas ou des mesures seraient faites au large ou dans des regions dans lesquelles il n'est pas possible d'effectuer des mesures de marée in situ,les donnees pourront etre corrigées d'une marée issue d'un modele non cale ,s'il est etabli que cette correction améliore la qualite des données ;-par mesure de l'altitude de l'antenne GPS par rapport à l'ellipsoide associe au système WGS 84 ,en mettant en œuvre un système de mesure de precision centimetrique sur la verticale ;

III.5.2.6 Determination de la profondeur

La freuece de fonctionnement d'un sondeur mono faisceau varie entre 12 et 200KHz .

Le principe consiste à mesurer dans le sondeur le temps mis par une impulsion acoustique pour effectuer un aller et retour entre la nive et le fond .Le temps entre l'émission et la reception est converti en profondeur par la relation :

$$\frac{C\Delta t}{2} \quad (2)$$

Ou D est la profondeur en metres ,c la celerite du son dans l'eau et Δt l'intervalle de temps en secondes (son dans l'eau et Δt) .

III.5.2.6.1 Principe du RTK

Le GPS RTK utilise le même principe de correction différentielle que le DGPS .Une reference dont la position est connu et transmet les correction à un ou plusieurs autres recepteurs appelleé les mobiles ; Son avantage provient de la differnce de phase utiliseé pour la coorection ,c'est –à-dire la reference entre l'instant ou un signal est émis depuis le satellite et l'instant auquel il est enregitre par le recepteur .Alors que le DGPS utilise la phase du

code(environ 1,023 MHz),le GPS RTK utilise la phase du signal analogique de la porteuse (oscillant à 1575 ,42MHz)modulée par le code émis , et non le code binaire contenu dans le signal ,apportant ainsi une precision proportionnellement plus importante .Cela ameliore grandement la precision .Par exemple, la phase du signal C/A+L1 peut changer à une frenquence de 1 ,023 MHz, alors que la porteuse L1 a une frequence de 1575 ,42 MHz, soit plus de 1000fois plus grandes .En considerant une precision temporelle de 1% , cela correspond à une precision spatiale de 1 ,9mm en utilisant le signal L1 et 2 ,4 mm avec le signal L2 ,de frequence plus base (1227 ,6MHz) .

Pratique, le système RTK utilisent un recepteur fixe (station de base dont la position est connue precisément) et un certain nombre de recepteur mobile .La station de base compare la position cxalculé à partir du sugal GPS et la position reelle, puis réemet les correction à apporter vers les recepteurs mobiles ;Cela permet aux uniteé mobiles de calculer leur position reletive avec une precision de quelque milimetres, bien que leur position absolue ne soit aussi precise que la position de la station de base .La precision nominale typique pour ces systemes est de 1cm horizontalement et 2cm verticalement.

[source :Minvielle J]

III.5.2.6.3 Calibration de l'echosodeur : étalonnage à la barre

Avant chaque levé il faut fixer la valeur moyenne et exacte de la célérite de depart (1500m /s) .C'est pour cette calibration que l'on a besoin de la plaque metallique mentionnée dans la liste de l'équipement nécessaire au lever bathymetrique .

Cette plaque ,suspendue à une ligne , est placeé à la verticale du transducteur (carre de 50cm /s) .Elle doit etre assez large pour pouvoir obtenir une bonne reflexion du signal envoyee par le transducteur (carre de 50 cm de cote par exemple) la ligne, qui doit etre en nylon ,est marqueé tous les metre ;

$$C_{\text{reelle}} = \frac{\text{Profondeur d'etalonnage}}{\text{Mesure HS4300}} * C_{\text{initiale}} \quad (3)$$

III.5.3 ACQUISITION DE DONNEES BATHYMETRIQUES

III.5.3.1

Nous présenterons ci –dessous une description globale de chacun de ces matériels et de la norme radio .

III.5.3.1.1 Le bateau

Le bateau ,en fibre de verre , a une longeur de 2 ,7m et peut accueillir 2 personnes à son bord .Il est muni d'un moteur hords- bord et , à babord ,de piece usineés en aluminium qui permettent de placer l'antenne GPS à la verticale du sondeur (plus precisement à la verticale du transducteur de l'echosondeur) .Il s'avere tres pratique quant à son utilisation car en plus d'etre leger, il a l'avantage de pouvoir se se mettre dans la benne d'un pick-up, ce qui rend le deplacement d'une riviere a une autre tres facile .

Pour avoir de melleire precision, il faut placer le sondeur au centre de navire (cote gauche ou droite) parceque si on le place à l'avant, le navires peut s'agiter momentanement .Il en est de meme cas si on le place à l'arriere le moteur entraînera un bruit et cela pertuberai les mesures ;

III.5.3.1.2 Le GPS système 500 de Leica

Pour pouvoir travailler avec le sondeur et le materiel de bathymetrie en general il faut bien maitriser le GPS .L'utilisation du GPS pour la bathymetrie se fait en temps réel (RTK) pour se positionner .Le SR530 ,un modele de système 500 de Leica, est un appareil bifréquence qui peut servir à la fois à une observation de codes et de phases donc ideal pour une application differentielle ; il est dedie au temps reel precie jusqu'à 5 km qui est la distance maximale permise par le modem radio associe au recepteur .Mais on peut l'utiliser en temps réel longue distance avec un autre modes de communication comme le GSN .Chaque recepteur (notamment le recepteur mobile)peut être relie a un ordinateur ou autre appareil pour sortie et enregistrer les coordonnée des points levés par le radio .

III.5.3.1.3 Le logiciel Hypack 2008

Le logiciel Hypack est un logiciel d'hydrographie qui permet de programmer une mission en choisissant le paramétrages géodésique ,les limite de la zone de lèves, la nature des capteurs de position, le ou les différents sondeurs .Ces logiciel permet d'enregistrer en continue l'ensemble des donnée , puis de les restituer sous différentes formes (point par point , par profil).Il est installé sous l'environnement Windows 2000 ,XP ou Vista sur un micro-ordinateur portable ;il reconnaît l'échosondeur et le recepteur GPS à partir du moment ou ces deux appareil sont relies a l'ordinateur par des ports seris et envoient des données au radio ;

III.1.3.1.4 La norme NME

Le NMEA ou national Marine Electroniques Association ou Association Maritime Nationale d'électronique est une association consacrée à l'éducation et à l'avancement l'industrie de l'électronique maritime .Cette association à but non lucratif est composée de fabriquant, distributeur, revendeurs, et d'autre institution éducatives .La norme NME définit l'interface électrique et un protocole de communication entre instruments de navigation .De nombreux utilisateurs de récepteurs GPS ne peuvent utiliser d'autre s programmes de navigation que ceux du constructeur de leur appareil pour la raison que les informations qui sont envoyées par le port NMEA-0183 sont différentes suivant les modèles de GPS.

III.5.3.1.4 Description et principe de fonctionnement

La norme permet d'envoyer des informations aux ordinateur et a d'autre équipements marins à partir d'un recepteur GPS ou d'un autre équipement comme un echosondeur .L'ideé de NME est d'envoyer une ligne de donneé appelee « phrase ».Il ya des phrase standards pour chaque categorie de dispositif .Un prefixe definit le dispositif qui utilise un type de phrase et pour les recepteur GPS ce prefixe est GP qui est suivi d'une sequence de trois lettre de la phrase qui definit le contenu (GGA ,ZDA ,VTG) .Chaque prase comme par un '§' et se termine avec un saut de ligne .Les donnees sont contenues dans cette seule ligne séparées par des virgules .La version 2.0 de la norme NME -0183 et les dernieres versions du protocole indiqueent des parametre qui peuvent etre utilises dans les systemes ou logiciels de navigation .Cette norme impose un taux de transfert de 4800b /s mais certains appareils peuvent transferer jusqu'à 9600b /s ou meme plus .

III.5.3.2- Mise en œuvre d'un lever bathymetrique

III.5.3.2.1- Le canevas d'appui

III.5.3.2.1. Projection Laborde

Le commandant Laborde a considere la representation plane de la tere comme un probleme national .En 1926 ,il a créé le système de representation plane Laborde Madagascar en usage officiel depuis ,pour les travaux cartographiques ,geodesiques et topographique pour le pays .

III.5.3.2.1.2- Caractéristiques de la projection Laborde

La projection Laborde mise en service depuis 1926 pour une présentation conforme de l'ellipsoïde International Hayford sur la sphère de courbure moyenne, suivie d'une projection parabolique oblique de cette sphère de courbure moyenne, suivie d'une projection parabolique oblique de cette sphère conforme sur le plan. Elle est rigoureusement identique à une double-projection de Mercator de même origine et inclinaison. C'est une projet spécifique pour Madagascar.

✓ Ellipsoïde de référence :

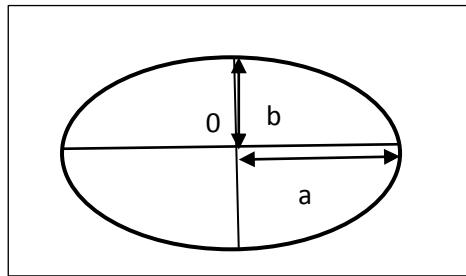


Figure 7: Ellipsoïde

L'ellipsoïde associé à la projecteur Laborde Madagascar est l'ellipsoïde Hayford 1909 entériné par L'U.N.G.I à Madrid en octobre 1924.

Cet ellipsoïde « Hayford International 1924 » est caractérisé par les paramètres suivants :

Demi grand axe $a=6\ 378\ 388.0\text{m}$

Demi petite axe $b=6\ 356\ 911.946\text{m}$

Excentricité $E = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{a^2}} = 0.081991890$ et $e^2 = 0.0067226700223(4)$

Aplatissement $f = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{297} = 0.003367003367(5)$

I.9.1 .1

Le centre de projection « o » a comme coordonnées :

Latitude $\varphi = -21$ grade, $18^\circ 56' \text{ Sud}$

Longitude $\lambda = 49$ grade Est de Paris, $46^{\circ}26'14''$.025 Est de Greenwich Ou les coordonnées cartographiques sont :

$X_{vo}=400\ 000\text{m}$

$Y_{vo}=800\ 000\text{m}$

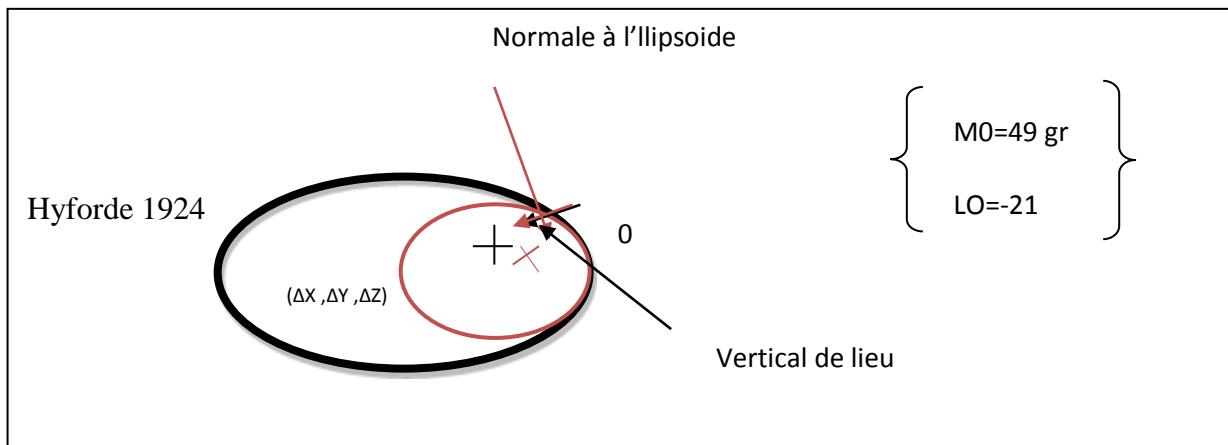


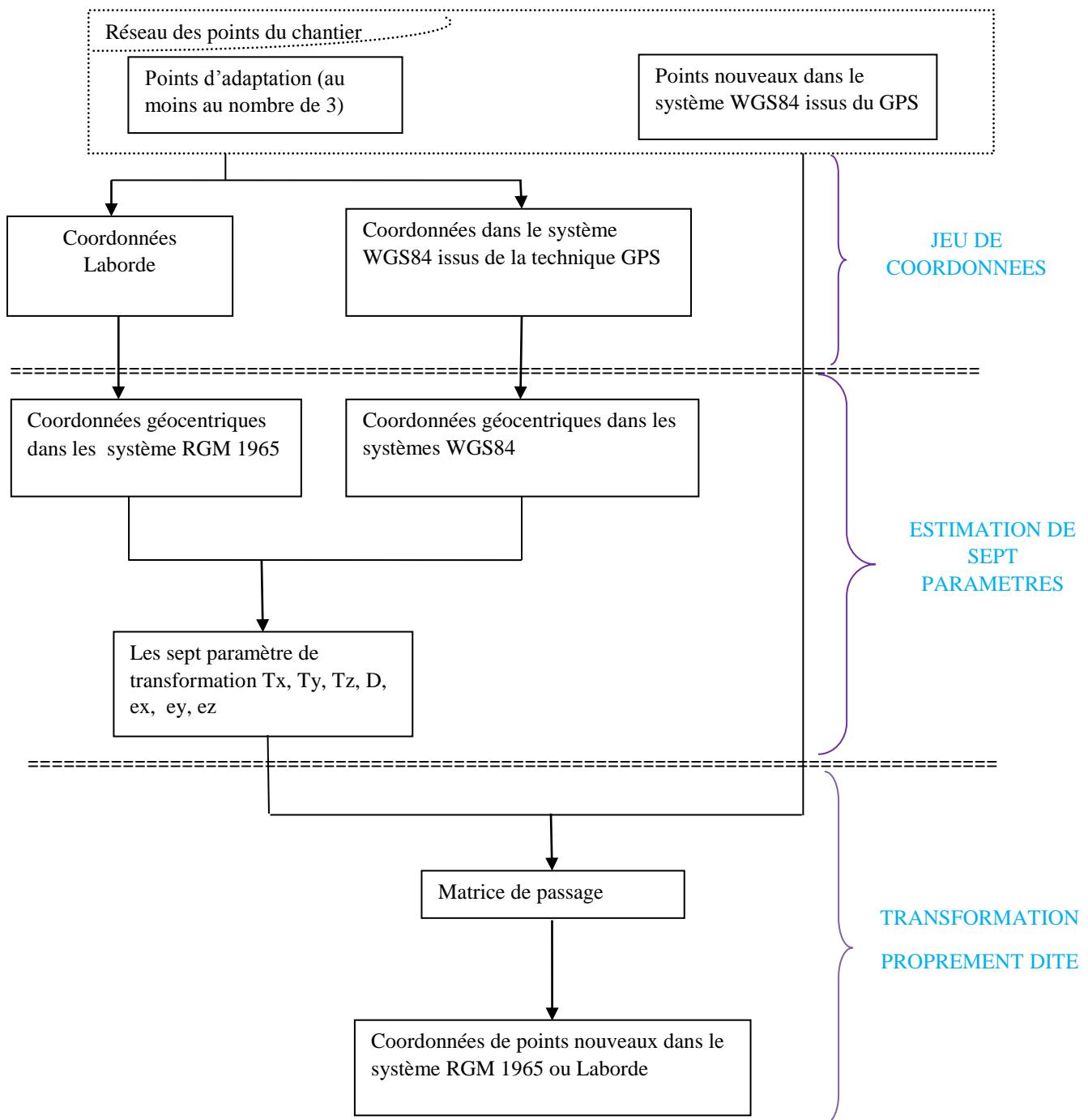
Figure 8 :Centre de projection

III.5.3.2.1.3 Transformation de coordonne UTM vers Laborde

- ✓ Transformation des coordonnées géocentriques en coordonnées Laborde

Récapitulation : Transformation des coordonnées géocentriques en coordonnées

Géocentriques :



Organigramme n°01 : Les trois étapes de la transformation de coordonnées issues du GPS en Laborde Madagascar [01]

III.5.3.2.2. Préparation du lever

C'est la préparation du matériel qui prend le plus de temps dans une opération de lever bathymétrique. Elle consiste à la mise en station de la référence GPS, au démarrage de Hypack qui comprend l'entrée du paramètre géodésique et le paramètre de l'échosondeur ainsi que la définition du fond de la carte sur laquelle on doit effectuer le profil et enfin à l'étalonnage de l'échosondeur

III.5.3.2.2.1- Mise en station de la référence GPS-RTK

La mise en station de la référence GPS constitue la première étape d'un lever bathymétrique en mode RKT. On stationne le récepteur GPS sur une bonne du canevas, puis on fait la saisie des coordonnées de la station et la hauteur d'antenne de la référence.

III.5.3.2.2.2- Démarrage du mobile du GPS-RKT

Le récepteur mobile du GPS démarre dès que son antenne ait été installée à la verticale du transducteur et qu'il ait été connecté à ordinateur.

III.5.3.2.2.3- Les paramètre de l'échosondeur

Le HS 4300 est alimenté par une batterie de voiture de 12V. Comme le récepteur GPS, il est relié à l'ordinateur par un adaptateur PCMCIA. La préparation de l'échosondeur nécessite la définition des divers paramètres de fonctionnement, comme la célérité de l'onde acoustique et la ou les fréquence d'émission, ainsi que la configuration de la sortie radio.

III.5.3.2.2.4- Fréquence d'émission, tirant d'eau et position de l'échosondeur

Selon la fréquence à laquelle elles sont émises, les ondes sonores sont réfléchies et absorbées de façon différente. Ainsi, l'onde dont la fréquence est élevée est réfléchie sur la surface de la vase alors que l'onde à basse fréquence pénètre dans la couche de la vase et est réfléchie par le fond de consistance plus dure.

Pour avoir une valeur fixé et exacte de la profondeur de la rivière, le HS 4300 permet d'utiliser 2 canaux d'émission en même temps. Par défaut, en mode bi fréquence, le canal 1 à haute fréquence est réglé à 200Khz et le canal 2, à plus basse fréquence à 30 KHz.

III.5.3.2.2.5- Les paramètre de sortie NMEA

L'échosondeur envoi des données profondeurs ou reçoit des données des positions dans le format NMEA. Ceci est très utile lorsqu'il s'agit d'utiliser le logiciel de lever hydrographique comme Hypack.

III.5.3.2.3- Déroulement du lever bathymétrique

III.5.3.2.3.1- L'application « survey » de Hypack

Après une telle préparation, le lever bathymétrique proprement dit est relativement facile. En effet, grâce à l'application « survey » de Hypack, le responsable du lever n'a plus qu'à démarrer son bateau et lancer l'enregistrement des sondes .

Survey permet une visualisation complète de l'ensemble de la zone de traîne et un suivi et un contrôle en temps réel du lever. En effet, on peut afficher sur Survey les comportements du GPS-RKT, comme le nombre de satellite, le HDOP mais surtout l'état de la liaison avec la référence qui détermine la qualité de la position et de l'altitude. Il affiche aussi les profondeurs mesurées par l'échosondeur. Ces informations permettent à l'opération de Hypack de lancer ou d'arrêter l'enregistrement des données au moment adéquat.

Pour des embarcations plus grandes, le pilote du bateau peut être guide en visualisant Survey sur un autre écran relié au système. Pour chaque profil suivi, il dispose d'un indicateur de direction (gauche / droite) ainsi que d'un indicateur de vitesse et de cap.

III.5.3.2.3.2- Lever complémentaire et lever de contrôle

➤ Les profils traversiers

Comme on l'a déjà vu dans la méthodologie adoptée (Cf . Partie I§1), des profils dits traversiers ont été effectué pendant le lever. Ces profils sont globalement perpendiculaires aux profils réguliers. Ils permettront de contrôler l'exactitude des mesures effectuées avec l'ensemble du matériel et d'avoir une idée de la précision de ces mesures.

III.5.4. TRAITEMENTS DES DONNEES BATHYMETRIQUES

III.5.4.1. Généralités sur le traitement des données

Le traitement permet de faire l'épuration et la synthèse des mesures.

III.5.4.1.1 Niveaux de traitement des données

Les données hydrographiques sont classées par rapport à leur niveau de traitement ; il y a les données d'étape 1 et les données d'étape 2

III.5.4.1.1.1. Les données d'étape 1

Les données d'étape 1 sont les mesures brutes fournies par le sondeur. Ce niveau se divise encore en sous – niveau : l'étape A1 et étape 1B.

a- Les données d'étape 1A

Il s'agit des mesures du temps de parcours de signal. Pour les sondeurs mono faisceaux, ces données comprennent au minimum pour chaque émission du sondeur :

- ✓ Date et heure de l'instant d'émission,
- ✓ Temps de parcours aller-retour du signal (exprimé en secondes)
- ✓ Eventuellement le cap du navire

b- Les données d'étape 1B

Il s'agit de mesures de profondeur. Pour les sondeurs mono faisceaux, ces données comprennent au minimum pour chaque émissions du sondeur :

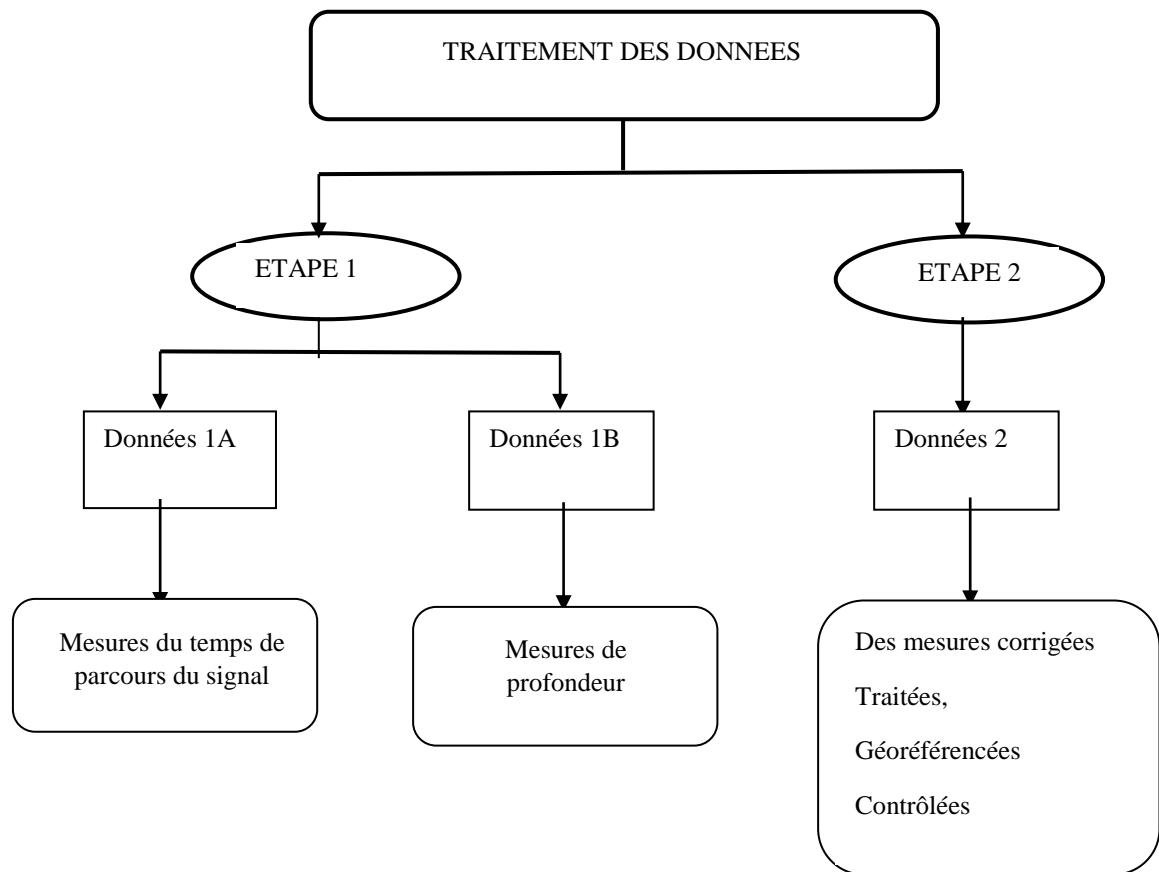
- ✓ Date et heure de l'instant d'émission,
- ✓ Mesure de profondeur (exprimée en mètres)

III.5.4.1.1.2. Les données d'étape 2

Les données d'étapes 2 sont des sondes c'est-à-dire des mesures corrigés, traitées, géo référencées et contrôlées. Les mesures ont donc subi les diverses étapes de :

- ✓ Correction : réduction de la marée, rejet éventuel en temps différé de différents paramètre (attitude, célérité)
- ✓ Validation : épuration des mesures aberrantes,
- ✓ Contrôle qualité

Le but d'un traitement de données bathymétrique est donc de les passer de l'étape 1 vers l'étape 2



Organigramme : Traitement des données

III.5. Résultat et un exemple de plan bathymétrique est présenté .

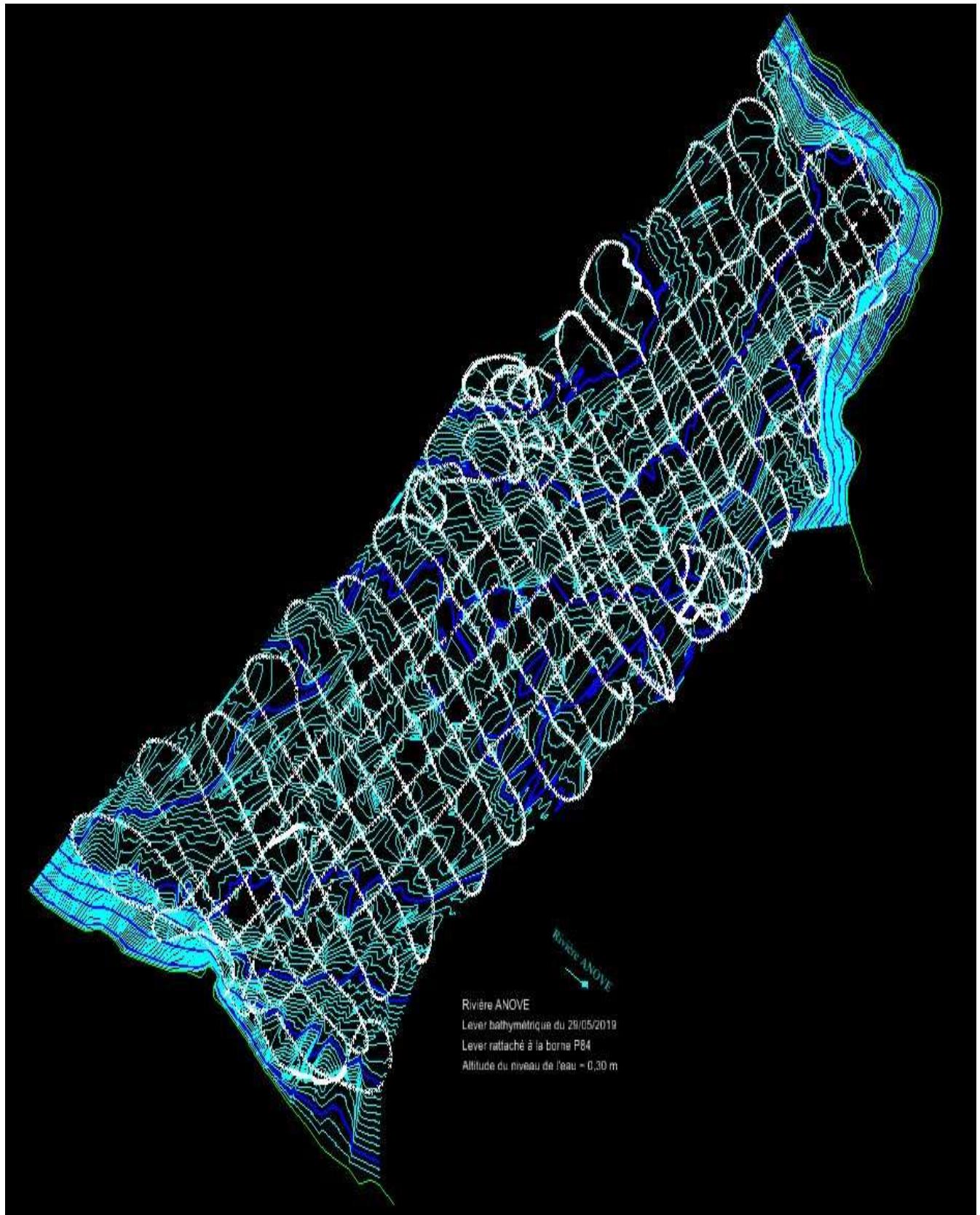


Photo 1 : Extrait de plan de levée bathymétrie ;

IV. Détermination altimétrique des sommets de la polygonale de base

C'est l'ensemble des opérations topographiques qui permet de déterminer l'altitude d'un point à partir de l'altitude connue d'une référence, après avoir calculé la dénivellation entre ces deux points. Sur le terrain, le nivellation est composé d'une équipe appelée «Brigade» constituée par un opérateur, un sec rétaire et deux manœuvres qui s'organisent comme suit:

- **Opérateur** : qui procède la mise en station avec calage de la bulle et la lecture.
- **Sécrétaire** : qui assiste l'opérateur, tient le carnet d'observations durant le nivellation, en écrivant les lectures annoncées par l'opérateur et en les répétant de façon qu'il puisse éventuellement rectifier une lecture mal comprise.
- **Manœuvres** : jouent le rôle de porte mires. Ils placent les mires sur les points à niveler en assurant la verticalité de la mire et ils se déplacent ensuite suivant l'ordre de l'opérateur.

IV.1. Conditions d'établissement des sommets de la polygonale de base

Afin d'obtenir les résultats assurés avec le minimum de difficultés, les conditions énumérées ci-après doivent être remplies pour choisir l'emplacement des sommets de la polygonale de base sur le terrain :

Il faut que les angles puissent être mesurées à chaque sommet ;

- Il faut que, pour chaque côté, les visés soient possibles dans les deux sens. Il n'est pas indispensable de viser le point du sol ;
- Il faut que les côtés soient homogènes, c'est-à-dire à peu près de même longueur et que le cheminement soit aussi tendu que possible, pour que la compensation de l'écart de la fermeture donne un résultat satisfaisant ;
- Il faut en principe limiter à 11 le nombre des sommets pour que l'accumulation des erreurs tolérables ne donne pas un écart trop grand susceptible d'atteindre l'importance d'une faute ;
- Il faut que l'emplacement des sommets de la polygonale de base permette le levé des points de détails.

IV.2. Matérialisation des sommets de la polygonale de base

Les sommets de la polygonale de base doivent être matérialisées par des bornes pour éviter l'arrachement des piquets en bois lors du retour sur terrain en cas de

nécessité.

En terrain meuble, les sommets de la polygonale de base seront toujours matérialisées par des bornes cylindriques en béton de 15 cm de diamètre et de 40cm de hauteur ; leur axe est matérialisé par un fer à béton de 8cm de diamètre et 41 cm de long fixé au centre des bornes et dépasse 1cm du béton. Ces bornes sont confectionnées par coulage du béton dosé 35 dans un moule, enfoncées au sol sur une profondeur de 35cm en moyenne sur la partie supérieure.

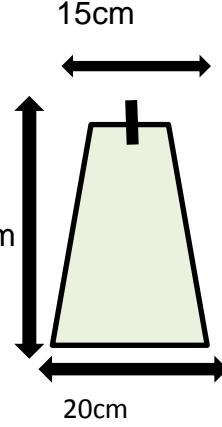
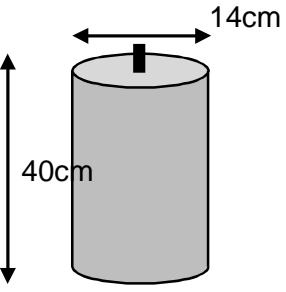
| | | |
|------------------------------------|---|---|
| <p>Borne polygonal de base</p> |  |  |
| <p>Borne polygonale secondaire</p> |  |  |

Tableau 11 : *Caractéristiques des bornes*

IV.3. Rattachement au Repère de Nivellement Général de Madagascar de la polygonale de base.

En général, tous travaux topographiques doivent être rattachés au système général, imposé par le cahier des charges.

Après avoir identifié les repères de nivellation indiquées par les fiches signalétiques, (Annexe 1 : fiche signalétique), on passe aux travaux de rattachement au RNGM de la polygonale de base en adoptant la méthode par nivellation direct ou indirect selon la précision exigée.

Pour la détermination altimétrique, nous avons effectué un « cheminement direct à double station » qui consiste à mesurer la différence d'altitude à partir de visées horizontales à l'aide de deux stations différentes. La dénivellation 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.

On part du Repère de Nivellement Général de Madagascar qui a pour altitude $Z=1255.73m$

Principe de double station

La méthode consiste à faire 2 visées indépendantes d'Arrière et d'Avant à partir de deux stations distinctes, situées à peu près entre eux. On obtient ainsi, deux suites de lectures et deux dénivellés.

La vérification se fait en deux temps :

- Au niveau des lectures faites sur des mires ; $2m=m_1+m_2$
- Le fil stadiométrique supérieur (s') , qui donne une lecture m_1 sur la mire ;
- Le fil stadiométrique inférieur (s) , qui donne une lecture m_2 sur la mire ;
- Le fil nivelleur (n) , qui donne la lecture m sur la mire ;
- Le fil vertical (v), qui permet le pointer de la mire ou d'un objet
- Au niveau des deux dénivellés obtenus à partir des deux :

$$\Delta n_1 = \Delta n_2 \quad (6)$$

Or $\Delta n_1 = L_{AR1} - L_{AV1}$: dénivélé obtenu à la première station

$\Delta n_2 = L_{AR2} - L_{AV2}$: dénivelé obtenu à la deuxième station

L'écart entre les deux dénivélés doit être à 1 mm près, sinon on procède à une autre station et lectures, jusqu'à l'obtention de l'écart requis. La précision est surtout en fonction du grossissement de la lunette et de la sensibilité du système d'horizontalité.

IV.3.1. Appareils utilisés

Nous avons utilisé deux niveaux automatiques de marque SOUTH, suit d'un trépied, deux mires, deux crapauds et deux nivelles. Cet appareil est robuste et économique avec mise en station rapide, simple et de précision peuvent atteindre la précision millimétrique. D'après le fichier technique voici sa caractéristique :

Tableau 12: Caractéristiques de niveau SOUTH

| SOUTH | Caractéristiques techniques | |
|--|---|--------|
|  | Ecart type pour un niveling double de 1 km | 2.5mm |
| | Précision altimétrique pour une mesure simple à 30m | 1.5mm |
| | Précision de calage | <5'' |
| | Plage de travail | ±15' |
| Lunette | | |
| Image | Droite | |
| Grossissement | 20x | |
| Plus petit portée | <0.5m | |
| Diamètre du champ de visuel à 100m | >4m | |
| Constante de multiplication | 100 | |
| Constante d'addition | 0 | |
| Résolution | 4'' | |
| Poids net | | 1.6 kg |

Source : Fichier technique du niveau

a. Erreurs commises

Lors de la réalisation des travaux, plusieurs sources d'erreur peuvent être rencontrées :

- Erreur de lecture
- Faute de lecture
- Erreur de collimation
- Erreur de haut d'axe
- Défaut de jalon de mire
- Erreur de verticalité de mire

- Erreur de sphéricité
- Erreur de réfraction
- Erreur lié à la stabilité du sol

IV.3.2. Principe de réglage de niveau

Avant chaque mission, il est indispensable de régler le niveau, pour minimiser les erreurs. Pour ce faire :

- On choisit deux points à peu près de même niveau A et B
- On stationne exactement au milieu de AB et on prend les lectures L_A et L_B et on obtient

$$h = L_A - L_B \quad (7)$$

On change de station en hauteur, dans ce cas $h' = L'_A - L'_B$, et on calcule $(h+h')/2$

On stationne à quelques mètres de A. Puisque la distance entre la station et A est très petite, l'effet de l'erreur est négligeable. On fait alors une erreur sur la lecture L'_B . Par contre, connaissant la nouvelle lecture de A L_{a1} et la dénivellation entre A et B qui est $(h+h')/2$; on devrait trouver la lecture sur B $L_{b1} = [(h+h')/2] + L_a \quad (8)$

On agit alors sur les vis pour lire sur la mire en B, la lecture l_{b1} . Et on relit la lecture sur A et on recalcule la lecture qu'on doit trouver sur B. Si nécessaire, il faut agir sur les vis de réglage.

On stationne enfin à quelques mètres de B. On prend la lecture sur B l_b et on vérifie que la lecture sur A $L_a = L_b + (h+h')/2$. La fiche de réglage du niveau doit faire partie du dossier du terrain.

IV.3.3. Tolérance altimétrique

On peut utiliser les Tolérances réglementaires de l'arrêté du 21 janvier 1980 publié au journal officiel de français du 1980 mentionnées ci-dessous ;

Tableau 13: Tolérances réglementaires

| Tolérance $T_{\Delta H}$ en mm | $n \leq 17$ | $n \geq 17$ |
|--------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Ordinaire | $4\sqrt{(36L + l^2)}$ | $\sqrt{(36N + \frac{N^2}{17})}$ |
| Précision | $4\sqrt{(9L + L^2)}$ | $\sqrt{(9N + (\frac{N^2}{17}))}$ |
| Haute précision | $8\sqrt{L}$ | $2\sqrt{N}$ |

Ou

N : nombre de denivelle

L : longueur total de parcours

n : nombre total de denivelle en Km ($n = N/L_{Km}$)

Dans notre cas, $n=25 > 17$ on a pris la tolérance du nivelllement ordinaire. On peut

Utiliser la formule suivante :

$$T_{\Delta H} = \sqrt{(36 + \frac{N^2}{17})(9)}$$

Avec $n=343$

$$T_{\Delta H} = \sqrt{(36 * 343 + \frac{(343)^2}{17})}$$

$$T_{\Delta H} = 140 \text{ mm}$$

IV.3.4. Fermeture altimétrique

Connaissant l'altitude du point de départ A situé au Pk 0+00 situé au route du sise à Soanierana Ivongo, on peut calculer à B972 nouveau à S233 partir des mesures de terrain, l'altitude du point d'arrivée B déjà connue située au Pk 13+455, on appelle cette valeur de H_B la valeur S observée,

notée H_B obs.

Elle est définie par :

$$H_B \text{ obs} = H_A + \sum_{i=1}^n \Delta H_i$$

(9)

Si les mesures étaient exemptes erreurs, on retrouverait exactement l'altitude connue H_B . En réalité, il existe un écart appelé erreur de fermeture du cheminement qui est soumis à tolérance. Cette fermeture vaut :

$$f_H = H_{B \text{ obs}} - H_B$$

(10)

En appliquant la formule

précédente dans notre projet

Avec somme de dénivelé

$$\sum \Delta H = 0,918$$

$$H_A = 1255,733$$

$$H_B = 1256,590$$

$$H_{B \text{ obs}} = 1255,733 + 0,918$$

$$H_{B \text{ Obs}} = 1256,651$$

$$f_H = 1256,651$$

$$f_H = 61 \text{ mm}$$

D'après cette tolérance, on constate que la fermeture est inférieure à la Tolérance ($f < T$) Alors le cheminement est tolérable.

IV.3.5. Compensation de niveling

La compensation est l'opération qui consiste à partir de la fermeture sur les mesures. La compensation, notée C_H est l'opposée de la fermeture, c'est-à-dire

$$C_H = -f_H$$

(11)

Cet ajustement consiste à modifier les dénivellées partielles en répartissant la compensation totale C_H sur chacune d'elle. Cette répartition peut être effectuée de plusieurs manières ;

Compensation au nombre N de dénivellées : on choisira ce type de compensation dans le cas où la fermeture est très faible c'est-à-dire inférieure à l'écart type.

Donc, la compensation sur chaque dénivélee est définie par :

$$C_{Hi} = C_H / N$$

(12)

Compensation proportionnelle à la portée : on considère que plus la portée est importante, plus la dénivélee peut être entachée d'erreur. Ceci oblige à connaître un ordre de grandeur de la portée, qui est obtenu par stadiomètre. La compensation sur chaque dénivélee est égale à :

$$C_{Hi} = C_H (L_i / \sum L_i)$$

(13)

Proportionnellement à la valeur absolue de la dénivélee : la compensation à appliquer à chaque dénivélee partielle du cheminement vaut donc :

$$C_{Hi} = C_H \frac{\Delta K}{\sum \Delta K}$$

(14)

Tableau 14 : Extrait de nivellation en double station

| N° | Première Station | | | Deuxième Station | | | | | | | | |
|-----------|------------------|------|-------|------------------|------|-------|----|--------|---------|-----------------|-----------|-----------------|
| | AR | AV | DN | AR | AV | DN | C | dn (m) | DN COMP | Z (m) | N | PK |
| B1 | | | | | | | | | | 1255,73 | B1 | 0+000 |
| | 1335 | 3414 | -2079 | 1297 | 3376 | -2079 | 0 | -2.079 | -2.079 | 1253,65 | | |
| | 1307 | 2017 | -710 | 1308 | 2020 | -712 | -2 | -0.711 | -0.711 | 1252,94 | | |
| B2 | 1556 | 2381 | -825 | 1632 | 2455 | -823 | -2 | -0.824 | -0.824 | 1252,12 | B2 | 0+113.74 |
| | 1127 | 550 | 577 | 1150 | 575 | 575 | 2 | 0.576 | 0.576 | 1252,70 | | |
| | 1161 | 1297 | -136 | 1349 | 1485 | -136 | 0 | -0.136 | -0.136 | 1252,56 | | |
| | 1212 | 1438 | -226 | 1209 | 1435 | -226 | 0 | -0.226 | -0.226 | 1252,33 | | |
| | 1172 | 1006 | 166 | 1180 | 1012 | 168 | -2 | 0.167 | 0.167 | 1252,50 | | |
| | 1772 | 1487 | 285 | 1822 | 1535 | 287 | -2 | 0.286 | 0.286 | 1252,79 | | |
| | 1141 | 1233 | -92 | 1146 | 1238 | -92 | 0 | -0.092 | -0.092 | 1252,69 | | |
| | 860 | 1383 | -523 | 814 | 1338 | -524 | 1 | | -0.524 | 1252,17 | | |
| | 1156 | 2173 | -1017 | 1232 | 2250 | -1018 | 1 | -1.018 | -1.018 | 1251,15 | | |
| B3 | 1124 | 497 | 627 | 1085 | 460 | 625 | 2 | 0.626 | 0.626 | 1251,79 | B3 | 0+425.08 |
| | 1405 | 1405 | 0 | 1370 | 1370 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1251,79 | | |
| | 1065 | 1512 | -447 | 1080 | 1528 | -448 | 1 | -0.448 | -0.448 | 1251,33 | | |
| | 1583 | 1957 | -374 | 1650 | 2022 | -372 | -1 | -0.373 | -0.373 | 1250,96 | | |
| | 932 | 1152 | -220 | 985 | 1204 | -219 | -1 | -0.22 | -0.22 | 1250,74 | | |
| | 1593 | 1861 | -268 | 1613 | 1883 | -270 | 2 | -0.269 | -0.269 | 1250,47 | | |
| | 854 | 1246 | -392 | 867 | 1259 | -392 | 0 | -0.392 | -0.392 | 1250,08 | | |
| | 1780 | 1936 | -156 | 1793 | 1950 | -157 | 1 | -0.157 | -0.157 | 1249,92 | | |
| | 1890 | 2076 | -186 | 1855 | 2041 | -186 | 0 | -0.186 | -0.186 | 1249,73 | | |
| | 1287 | 1452 | -165 | 1258 | 1425 | -167 | 2 | -0.166 | -0.166 | 1249,57 | | |
| | 1418 | 1448 | -030 | 1450 | 1481 | -031 | 1 | -0.031 | -0.031 | 1249,57 | | |
| | 1338 | 1296 | 42 | 1419 | 1379 | 40 | 2 | 0.041 | 0.041 | 1249,58 | | |
| | 1123 | 1064 | 59 | 1219 | 1160 | 59 | 0 | 0.059 | 0.059 | 1249,64 | | |
| B4 | 1263 | 1161 | 102 | 1229 | 1125 | 104 | -2 | 0.103 | 0.103 | 1249,74 | B4 | 0+914.22 |
| | 1409 | 1409 | 0 | 1416 | 1416 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1249,74 | | |
| | 1263 | 1156 | 107 | 1206 | 1099 | 107 | 0 | 0.107 | 0.107 | 1249,85 | | |
| | 1043 | 1131 | -088 | 1150 | 1240 | -090 | 2 | -0.089 | -0.089 | 1249,76 | | |
| | 1203 | 1420 | -217 | 1319 | 1536 | -217 | 0 | -0.217 | -0.217 | 1249,54 | | |
| | 999 | 1214 | -215 | 911 | 1126 | -215 | 0 | -0.215 | -0.215 | 1249,33 | | |
| B5 | 1152 | 1152 | 0 | 1300 | 1300 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1249,33 | B5 | 1+102.84 |
| | 1398 | 1595 | -197 | 1422 | 1617 | -195 | -1 | -0.196 | -0.196 | 1249,13 | | |
| | 1221 | 1337 | -116 | 1242 | 1358 | -116 | 0 | -0.116 | -0.116 | 1249,013 | | |
| | 1487 | 970 | 517 | 1460 | 944 | 516 | 1 | 0.516 | 0.516 | 1249,26 | | |
| | 1449 | 1113 | 336 | 1468 | 1132 | 336 | 0 | 0.336 | 0.336 | 1249,60 | | |
| | 1573 | 1566 | 007 | 1579 | 1573 | 006 | 1 | 0.006 | 0.006 | 1249,60 | | |
| | 1667 | 1537 | 130 | 1663 | 1534 | 129 | 1 | 0.129 | 0.129 | 1249,37 | | |
| | 932 | 1167 | -235 | 1050 | 1286 | -236 | 1 | -0.236 | -0.236 | 1249,13 | | |
| | 953 | 883 | 070 | 970 | 898 | 072 | -1 | 0.071 | 0.071 | 1249,21 | | |
| | 1242 | 754 | 488 | 1290 | 804 | 486 | 2 | 0.487 | 0.487 | 1249,69 | | |
| | 1293 | 2125 | -832 | 1320 | 2153 | -833 | 1 | -0.833 | -0.833 | 1249,86 | | |
| | 1530 | 1563 | -033 | 1557 | 1591 | -034 | 1 | -0.034 | -0.034 | 1249,83 | | |
| | 1368 | 1421 | -53 | 1397 | 1450 | -53 | 0 | -0.053 | -0.053 | 1249,77 | | |
| B6 | 1322 | 1322 | 0 | 1281 | 1281 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1249,77 | B6 | 1+573.15 |
| | 636 | 644 | -008 | 566 | 572 | -006 | -1 | -0.007 | -0.007 | 1249,72 | | |

Tableau 15: Extrait de nivellation en double station (suite)

| | Station 1 | | | Station 2 | | | | | | | |
|------------|-----------|------|------|-----------|------|------|----|--------|--------|----------------|----------------------------|
| | 947 | 1002 | -55 | 850 | 905 | -55 | 0 | -0.055 | -0.055 | 1249.66 | |
| | 888 | 938 | -050 | 1117 | 1168 | -051 | 1 | -0.051 | -0.051 | 1249.61 | |
| | 1335 | 1349 | -014 | 1287 | 1302 | -015 | 1 | -0.015 | -0.015 | 1249.59 | |
| B7 | 1307 | 1338 | -31 | 1308 | 1339 | -31 | 0 | -0.031 | -0.031 | 1249.56 | B7 1+743.71 |
| | 1556 | 1556 | 0 | 1622 | 1622 | 0 | -2 | 0 | 0 | 1249.56 | |
| | 1127 | 1164 | -037 | 1140 | 1175 | -035 | -2 | -0.036 | -0.036 | 1249.53 | |
| | 1161 | 1211 | -050 | 1339 | 1391 | -052 | 2 | -0.051 | -0.051 | 1249.48 | |
| | 1212 | 1280 | -68 | 1219 | 1287 | -68 | 0 | -0.068 | -0.068 | 1249.41 | |
| | 1172 | 1228 | -56 | 1170 | 1226 | -56 | 0 | -0.056 | -0.056 | 1249.35 | |
| | 1772 | 1861 | -089 | 1812 | 1899 | -087 | -2 | -0.088 | -0.088 | 1249.26 | |
| | 1141 | 1219 | -078 | 1136 | 1212 | -076 | -2 | -0.077 | -0.077 | 1249.19 | |
| | 860 | 972 | -112 | 804 | 916 | -112 | 0 | -0.112 | -0.112 | 1249.08 | |
| | 1156 | 1260 | -104 | 1222 | 1327 | -105 | 1 | -0.105 | -0.105 | 1248.97 | |
| | 1124 | 1173 | -049 | 1075 | 1125 | -050 | 1 | -0.050 | -0.050 | 1248.92 | |
| | 1405 | 1453 | -048 | 1360 | 1410 | -050 | 2 | -0.049 | -0.049 | 1248.87 | |
| B8 | 1065 | 1065 | 0 | 1070 | 1070 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1248.87 | B8 2+165.71 |
| | 1583 | 1640 | -057 | 1640 | 1698 | -058 | 1 | -0.058 | -0.058 | 1248.81 | |
| | 932 | 1006 | -074 | 975 | 1048 | -073 | -1 | -0.073 | -0.073 | 1248.74 | |
| | 1593 | 1671 | -078 | 1603 | 1680 | -077 | -1 | -0.077 | -0.077 | 1248.66 | |
| | 854 | 915 | -061 | 857 | 920 | -063 | 2 | -0.062 | -0.062 | 1248.60 | |
| | 1780 | 1868 | -88 | 1783 | 1871 | -88 | 0 | -0.088 | -0.088 | 1248.51 | |
| B9 | 1890 | 1994 | -104 | 1845 | 1950 | -105 | 1 | -0.105 | -0.105 | 1248.41 | B9 2+395.35 |
| | 1287 | 1287 | 0 | 1248 | 1248 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1248.41 | |
| | 1418 | 1430 | -012 | 1440 | 1454 | -014 | 2 | -0.013 | -0.013 | 1248.40 | |
| | 1338 | 1338 | 0 | 1409 | 1409 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1248.40 | |
| | 1123 | 1024 | 099 | 1209 | 1108 | 101 | 2 | 0.1 | 0.1 | 1248.50 | |
| | 1263 | 1057 | 206 | 1219 | 1013 | 206 | 0 | 0.206 | 0.206 | 1248.70 | |
| | 1409 | 1034 | 375 | 1406 | 1029 | 377 | -2 | 0.376 | 0.376 | 1249.08 | |
| | 1345 | 1145 | 200 | 1216 | 1016 | 200 | 0 | 0.200 | 0.200 | 1249.28 | |
| | 1317 | 1212 | 105 | 1160 | 1055 | 105 | 0 | 0.105 | 0.105 | 1249.38 | |
| | 1566 | 1548 | 018 | 1329 | 1313 | 016 | 2 | 0.017 | 0.017 | 1249.40 | |
| | 1137 | 1122 | 015 | 921 | 906 | 015 | 0 | 0.015 | 0.015 | 1249.41 | |
| | 1171 | 1132 | 039 | 1310 | 1271 | 039 | 0 | 0.039 | 0.039 | 1249.45 | |
| B10 | 1222 | 967 | 055 | 1432 | 1379 | 053 | 2 | 0.054 | 0.054 | 1249.51 | B10 2+836.92 |
| B11 | 1182 | 502 | 680 | 1252 | 571 | 681 | -1 | 0.680 | 0.680 | 1250.19 | B11 2+994.25 |
| | | | | | | | | - | .680 | 1249.51 | 3+000 |

Fermeture altimétrique=61 mm Tolérance altimétrique= 140 mm

Après avoir calculé la compensation, voici le tableau récapitulatif d'altitude de 11 bornes implantées.

Tableau 16: Tableau récapitulatif d'altitude de 11 bornes polygonaux

| BORNE | Z (m) | PK |
|--------------|--------------|-----------|
| B1 | 1255.733 | 0+000 |
| B2 | 1252.12 | 0+113.74 |
| B3 | 1251.78 | 0+425.08 |
| B4 | 1249.74 | 0+914.22 |
| B5 | 1249.33 | 1+102.84 |
| B6 | 1249.77 | 1+573.15 |
| B7 | 1249.56 | 1+743.71 |
| B8 | 1248.87 | 2+165.71 |
| B9 | 1248.41 | 2+395.35 |
| B10 | 1249.51 | 2+836.92 |
| B11 | 1250.19 | 2+994.25 |

IV.3.6. Détermination planimétrique des sommets de la polygonale de base :

La détermination des coordonnées planimétriques (X,Y) des sommets de la polygonale de base a été procédée par la méthode de trois trépieds. Le contrôle de la fermeture planimétrique a été effectué tous les trois sommets de la polygonale de base formant un triangle. On va prendre comme exemple, la détermination des sommets de cinq cheminements polygonaux de base de B1 jusqu'à B972.

IV.3.6.1. Appareils utilisés et ses erreurs commises

La société chinoise CHEC ou China Harbour Engineering Company dirigé par l'ingénieur en chef Zirong Li dispose des matériels modernes qui permettent d'obtenir une bonne précision pour la réalisation des opérations topographiques. Pour la polygonation, on a utilisé la station totale de type SOUTH NTS -362R6. Le SOUTH est dur construit pour toutes les occasions : on peut faire le levé sans prisme, rapide, précis EDM, pratique et batterie longue durée, facile à utiliser le clavier et avec un laser pour la mise en station, robuste et léger, équipé d'une mémoire interne pour stocker les données plus de 25000 points et avec une Bluetooth. Ces caractéristiques sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau 17 : Caractéristiques de la station total SOUT NTS-36R6

| Appareil : SOUTH NTS-362 R6 | Caractéristiques techniques |
|---|--|
|  | Précision de mesure de distance : - avec prisme : (1 mm+1.5ppm) ; - sans prisme : (2 mm+2ppm) |
| | Précision de mesure d'angle horizontal : 1 dmgon ou(1'') Précision de mesure d'angle vertical : 0.3 mgon |
| | Plus courte distance : 1,5m |
| | Portée maximale : cela dépend des conditions atmosphériques et du type de prisme utilisé |

Source : Fichier technique

Une mesure est entachée d'une certaine erreur. Elle provient de divers facteurs : la méthode utilisée, l'instrument employé, l'expérience de l'opérateur, la grandeur mesurée. On a parlé de fautes, d'erreurs systématiques et accidentnelles.

La faute : manquement à une norme, aux règles d'une science, d'une technique. On parle de faute généralement à propos de l'opérateur, et peut être dû à un manque de soin, le non respect des règles de base, le manque de l'expérience.

L'erreur systématique : se répète et se cumule à chaque mesure. Elle est le plus souvent due aux imprécisions de l'instrument (qualité des composants, défauts de réglages...) et aux contraintes de sa mise en œuvre. L'influence de ces erreurs peut souvent être calculées par calcul, et prise en compte dans la détermination finale.

L'erreur accidentelle : de valeur et de signe aléatoires, elle peut avoir divers origines : défaut de calage de l'appareil à la mise en station, erreur de pointé, de lecture, des paramètres extérieurs non maîtrisable (température, hygrométrie...) erreur de réfraction accidentelle.

IV.3.6.2. Processus de levés planimétriques de la polygonale de base

Au départ, on a configuré le GPS portable pour avoir la coordonnée convenable au point base qui et déjà implanter . Et, cette coordonnée est indiquée dans le tableau suivant :

Tableau 18 : Coordonnée du point base du premier ordre

| Points base | X(m) | Y(m) | Z (m) | Lieu |
|-------------|-------------|---------------|-------|---------------|
| 1° ordre | 756 236,000 | 1 099 040,000 | 3.775 | Mananara Nord |

Après avoir bien calibré et calé les coordonnées du point base, on prend les coordonnées (X , Y) des deux bornes B1 et B2. Les coordonnées obtenues par GPS sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 19: Listing des coordonnées prises par GPS

| Borne | X(m) | Y(m) |
|-------|------------|--------------|
| B1 | 756 236,00 | 1 099 040,00 |
| B2 | 763078.37 | 1012645.87 |

Le but c'est de déterminer l'orientation de la direction B1 et B2 en calculant leur gisement et le VO de station en B1 que l'on doit calculer manuellement.

Sur terrain lors des levés planimétriques, on calcule la somme des angles aux sommets à chaque triangle de cheminement afin de la comparer avec 200 gons pour vérifier si elle est dans la tolérance ou non. Et si l'écart est supérieur à l'erreur moyenne quadratique de la station totale utilisée qui est égale à $e_{mq}=10''$, on refait l'opération des levés sur la station en autre station.

a. Calcul de gisement de B1-B2

Le gisement est donné par la formule :

$$\text{Gis}_{B1-B2} = \text{Arctan}(\Delta X / \Delta Y) \quad (15)$$

Tel que $\Delta X = X_{B2} - X_{B1} = 21.41$

$$\Delta Y = Y_{B2} - Y_{B1} = 111.8$$

$$\text{Gis}_{B1-B2} = \text{Arctan} (21.41 / 111.80)$$

$$\text{Gis}_{B1-B2} = 12.0456 \text{ gon} \quad (16)$$

a. Calcul de VO

Le VO à calculer est le gisement zéro de la station en B1 et donné par la formule suivante :

$$\text{VO} = \text{Gis}_{B1-B2} - \text{Lecture}_{B1-B2} \quad (17)$$

$$\text{Lecture}_{B1B2} = 0.0006$$

VO= 12.0456-0.0006

VO=12.0450 gon

(18)

Les tableaux suivants montrent les résultats du traitement planimétrique des 11 bornes polygonales de base.

Tableau 20: Résultats du traitement planimétrique de B1 à B3

| Stations | Pts visés | Ang Hz(gon) | Dist Hz | X(m) | Y(m) | VO (gon) |
|---------------------|-----------|-------------|---------|------------|--------------|---------------|
| B1 | B2 | 0.0006 | 113.74 | 756 236,00 | 1 099 040,00 | 12.0450 |
| | B3 | 195.3249 | 405.92 | | | |
| B2 | B3 | 0.0004 | 311.34 | 763078.37 | 1012645.87 | 291.7500 |
| | B1 | 397.0829 | 113.74 | | | |
| B3 | B1 | 0.0006 | 405.92 | 771 021.81 | 1 072 463.22 | 175.0652 |
| | B2 | 398.2404 | 311.34 | | | |
| B1 | | | | 756 236,00 | 1 099 040,00 | 12.0450 |
| Ecarts de fermeture | | | | | | |
| Angulaire (gon) | | X (m) | | Y (m) | | Planimétrique |
| 0.0024 | | -0.010 | | 0.01 | | 0.02 |

Tableau 21: Résultats du traitement planimétrique de B3 à B5

| Stations | Pts visés | Ang Hz(gon) | Dist Hz | X(m) | Y(m) | VO (gon) |
|---------------------|-----------|-------------|---------|------------|--------------|---------------|
| B3 | B4 | 191.2418 | 489.14 | 771 021.81 | 1 072 463.22 | 210.6435 |
| | B5 | 231.0974 | 666.11 | | | |
| B4 | B5 | 200.6897 | 188.62 | 771 212.21 | 1 072 452.27 | 211.9028 |
| | B3 | 0.0008 | 489.14 | | | |
| B5 | B3 | 398.3535 | 666.11 | 771 467.51 | 1 072 357.80 | 209.4299 |
| | B4 | 0.0007 | 188.62 | | | |
| B3 | | | | 771 021.81 | 1 072 463.22 | 210.6435 |
| Ecarts de fermeture | | | | | | |
| Angulaire (gon) | | X (m) | | Y (m) | | Planimétrique |
| 0.0015 | | 0.00 | | | -0.02 | 0.02 |

Tableau 22 : Résultats planimétriques de B5 à B7

| Stations | Pts visés | Ang Hz(gon) | Dist Hz | X(m) | Y(m) | VO (gon) |
|---------------------|-----------|-------------|---------|------------|--------------|---------------|
| B5 | B6 | 200.2952 | 470.31 | 771 467.51 | 1 072 357.80 | 136.2994 |
| | B7 | 185.8401 | 640.63 | | | |
| B6 | B7 | 175.0591 | 170.56 | 772 136.43 | 1 072 212.71 | 140.3963 |
| | B5 | 0.0004 | 470.31 | | | |
| B7 | B5 | 10.1345 | 640.63 | 772 495.10 | 1 072 242.42 | 122.3361 |
| | B6 | 0.0005 | 170.56 | | | |
| B5 | | | | 771 467.51 | 1 072 357.80 | 136.2994 |
| Ecarts de fermeture | | | | | | |
| Angulaire (gon) | | X (m) | | Y (m) | | Planimétrique |
| 0.0013 | | 0.02 | | | 0.02 | 0.03 |

Tableau 23: Résultats planimétriques de B7 à B9

| Stations | Pts visés | Ang Hz(gon) | Dist Hz | X(m) | Y(m) | VO (gon) |
|----------------------------|-----------|-------------|----------|--------------|--------------|----------------------|
| B7 | B8 | 193.5681 | 422.0022 | 772 824.17 | 1 072 436.01 | 377.0249 |
| | B9 | 179.2952 | 649.8146 | | | |
| B8 | B9 | 171.0985 | 229.5501 | 773 120.77 | 1 072 665.18 | 374.7525 |
| | B7 | 0.0012 | 422.0022 | | | |
| B9 | B7 | 14.6306 | 649.8146 | 773 711.30 | 1 072 229.39 | 351.2731 |
| | B8 | 0.0004 | 229.5501 | | | |
| B7 | | | | 772 824.17 | 1 072 436.01 | 377.0249 |
| Ecarts de fermeture | | | | | | |
| Angulaire (gon) | | X(m) | | Y (m) | | Planimétrique |
| 0.0015 | | | -0.02 | | -0.02 | 0.03 |

Tableau 24: Résultats planimétriques de B9 à B11

| Stations | Pts visés | Ang Hz(gon) | Dist Hz | X(m) | Y(m) | VO (gon) |
|----------------------------|------------|--------------|---------|--------------|--------------|----------------------|
| B9 | B10 | 156.0077 | 441.56 | 773 792.84 | 1 072 112.14 | 360.7600 |
| | B11 | 156.3750 | 598.86 | | | |
| B10 | B11 | 157.4059 | 157.33 | 773 901.63 | 1 071 778.54 | 360.2879 |
| | B9 | 356.0077 | 441.56 | | | |
| B11 | B9 | 256.3750 | 598.86 | 774 448.13 | 1 071 376.74 | 305.4550 |
| | B10 | 357.4059 | 157.33 | | | |
| B9 | | | | 773 792.84 | 1 072 112.14 | 360.7600 |
| Ecarts de fermeture | | | | | | |
| Angulaire (gon) | | X (m) | | Y (m) | | Planimétrique |
| 0.0010 | | | -0.02 | | 0.03 | 0.03 |

Après la compensation par moindres carrés, les coordonnées définitives des 11 points polygonales de base sont indiquées dans le tableau suivant et les autres points polygonales sont présentés dans l'annexe .

Tableau 25 : Listing des coordonnées définitives des 11 bornes polygonaux

| Points polygonaux | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|-------------------|------------|--------------|---------|
| B1 | 771 021.81 | 1 072 463.22 | 1255.73 |
| B2 | 771 212.21 | 1 072 452.27 | 1255.12 |
| B3 | 771 467.51 | 1 072 357.80 | 1251.78 |
| B4 | 772 136.43 | 1 072 212.71 | 1249.74 |
| B5 | 772 495.10 | 1 072 242.42 | 1249.33 |
| B6 | 772 824.17 | 1 072 436.01 | 1249.77 |
| B7 | 773 120.77 | 1 072 665.18 | 1249.56 |
| B8 | 773 711.30 | 1 072 229.39 | 1248.87 |
| B9 | 773 792.84 | 1 072 112.14 | 1248.41 |
| B10 | 773 901.63 | 1 071 778.54 | 1249.51 |
| B11 | 774 448.13 | 1 071 376.74 | 1250.19 |

Levé de détails

Lors d'un levé de détails, le topographe est confronté à trois problèmes principaux :

- déterminer les détails à lever ;
- définir le degré de précision ;
- arrêter les mesures à effectuer ;

IV.3.6.3 Détails à lever

Le choix des détails dépend essentiellement de deux caractéristiques : leur type et leur taille. Les plans topographiques ont des destinations différentes et des objets nécessaires à certains seront inutiles pour d'autres. Il faut donc effectuer une sélection en fonction du type de plan à élaborer.

Tableau 26: Caractéristiques de levé de détails

| Eléments | Information à fournir | Observations |
|------------------------|---|---|
| Tracé | Les axes, les accotements et les deux bords | La distance entre l'axe et les bords doivent être approximativement égale |
| Terrain naturel | Talus (point Haut/Bas) Fossé Pentes | 2 points suffisent au moins pour matérialiser un terrain plat et une pente unique |
| Village | Bâtiments, habitations Limites propriétés | La bande de levé s'étende au moins de 20m de large |
| Rivière | Emprise, limite Sens de l'écoulement Profondeur Lit majeure/mineur | Travaille en étroite collaboration avec la population locale pour obtenir la valeur de la plus hautes eaux cycloniques et la plus hautes eaux exceptionnelles |

IV.3.6.4. 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

$$E = \frac{d_{\text{pS an}}}{D_{\text{terras n}}}$$

(19)

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.

IV.3.6.5. Contenu et zone d'étude

Notre zone de travail est fixé à 20m de part et d'autre de l'axe. Cette bande doit inclure toutes informations d'ordre géographique en rapport avec le projet routier.

Ces informations concernent :

- Le tracé de la route (axe, bords...)
- Les ouvrages existants tels que les anciens bus et ponts
- Les accidents de reliefs ou bien talus
- Toutes formes de dégradations constatées sur la chaussée
- Les zones habitées : limite de propriété, habitations

IV.3.6.6. Méthode de lever et équipement

La station totale est l'instrument idéal pour le lever précis d'un grand nombre de points. La station est équipée d'un distance mètre, permet de mesurer et d'enregistrer distances et angles en une seule manipulation. Ces données peuvent être enregistrées sur un support informatique en vue d'un traitement par ordinateur.

Pour effectuer le lever de détails, on a procédé à la méthode dite « **rayonnement** » en s'appuyant sur la polygonale de base. Nous avons d'abord stationné sur chaque sommet et ensuite, nous avons visé tous les points essentiels tels que : l'axe et bords de la chaussée, accotements en recueillant directement les coordonnées rectangulaires (XYZ) des points de

détails. Ces points de détails ont été donc rattachés aux points polygonaux. Le lever de détail a été effectué et reporté à une échelle de 1/1500.

IV.3.6.7. Organisation des brigades sur le terrain

C'est une équipe qui exécute les travaux topographiques. Cette équipe est constituée par :

- **Un chef de brigade**

Il assure le contrôle de tous les travaux.

- **Un opérateur**

Il fait la mise en station du tachéomètre ; observe le cheminement de base du lever ; observe l'angle au sommet de la polygonale ; lève des points de détails montrés par le porte prisme.

- **Un croquiseur**

Il doit être en liaison constante avec l'opérateur. Il fait le croquis d'ensemble de la zone à lever ; dirige les portes prismes ; numérote les points.

- **Deux manœuvres** : porte prisme, décapage, transport, aide

IV.3.6.8. Mise en station

La mise en station de l'appareil puis l'entrée des informations suivantes, en mémoire du calculateur de la station, s'effectuent comme suit :

Coordonnées du point de station notées E (est), N (nord) et H (altitude). Si ces coordonnées sont inconnues (levé local non rattaché), on peut les fixer arbitrairement à des valeurs entières de manière à éviter les coordonnées négatives. Par exemple : 1000, 5000 (pour bien distinguer les abscisses des ordonnées), 100 si les visées ne dépassent pas 1000 m de portée. On peut aussi entrer le numéro de la station. Pour notre cas, puisqu'on connaît les coordonnées des points d'appuis, il suffit seulement d'entrer les valeurs des coordonnées (E=abscisseX ; N= ordonné Y et H=altitude Z)

Hauteur de l'appareil (noté ha) et la hauteur de voyant (notée hv) ;

IV.3.6.9 Orientation

Le principe fondamental de la topographie qui consiste à aller de l'ensemble vers les détails, doit être strictement respecté : les points de détails seront donc rattachés à un canevas, même si celui-ci se compose uniquement de quelques points, d'une simple ligne d'opération. Entre deux points de station consécutives, l'une doit être prise comme station et l'autre comme référence. Il ne reste qu'à introduire le gisement de

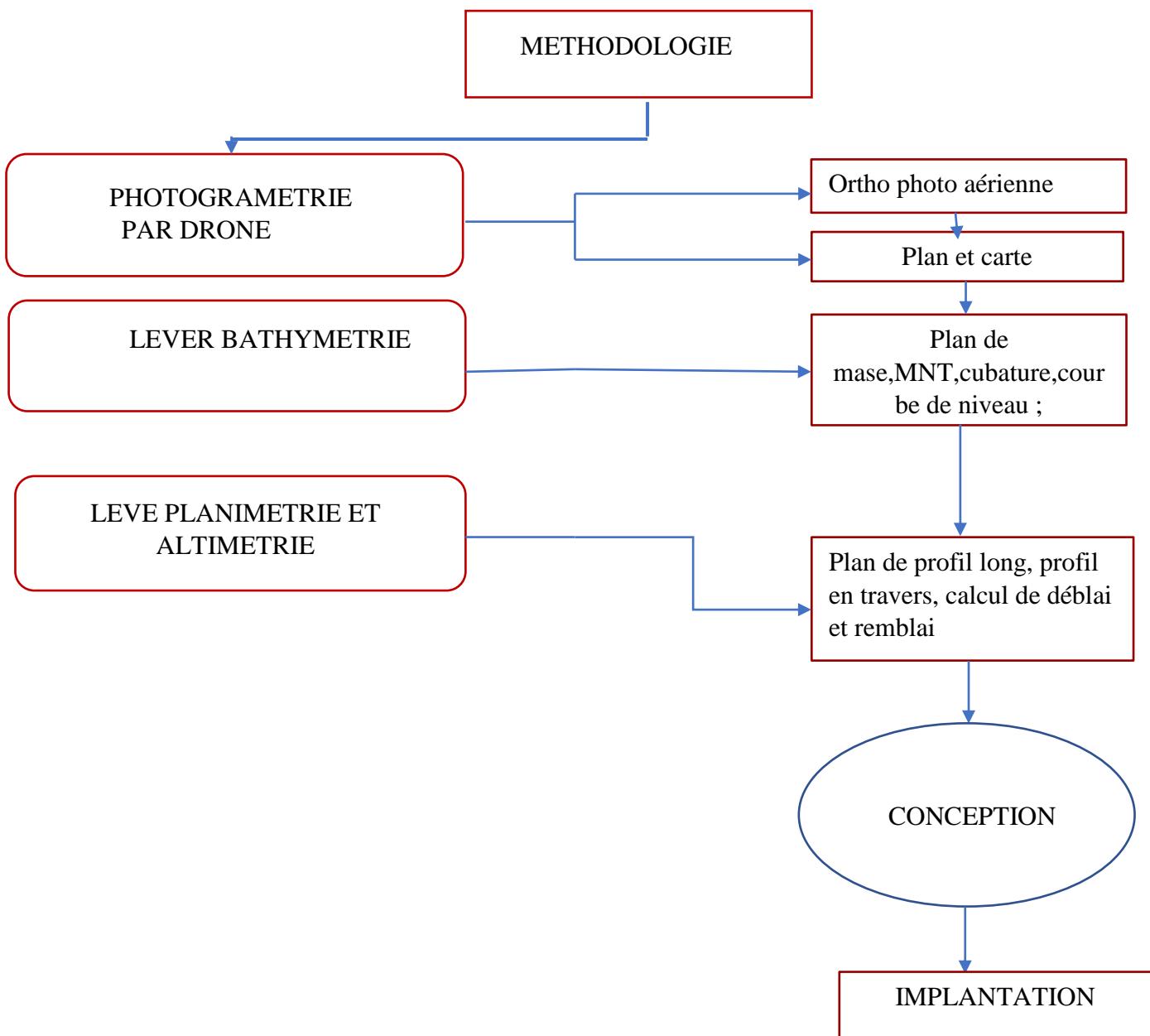
la direction station- référence de manière à travailler directement dans le repère général et de viser les points à lever.

IV.3.6.10 Lever des profils

Le profil en long : est dressé tous les 40 m . Les altitudes des profils sont obtenues par mesure indirecte rattachée à l'altitude des points d'appuis qui sont déterminé par niveling direct avec la méthode de double station.

Le profil en travers : est dressé à chaque changement de pente. Les profils en travers de route sont levés de manière pour obtenir la meilleure configuration du terrain naturel pour l'aménagement des dispositifs de drainage et de protection et également avoir les quantités de cubatures les plus exactes que possible.

Organigramme de chemin à suivre sur ce méthode :



CHAPITRE IV: ETUDE DE TRAFIC

Le trafic est l'un des paramètres de base qui doit être pris en compte dans le dimensionnement de la chaussée, donc il constitue l'un des éléments qui conditionnent la tenue dans le temps des structures de la route. Une route à faible trafic se détériore moins vite que celle à trafic dense.

L'objectif de ce chapitre est de présenter le trafic existant (le trafic passé et le trafic actuel) et le trafic projeté dans les deux situations sans projet et avec projet.

I- Le trafic passé

Le trafic passé est le trafic qui a déjà circulé sur l'ancienne chaussée dans les années antérieures. Les renseignements sur le trafic passé permettent de justifier la tenue de la route et de déterminer le taux de croissance à prendre en compte pour l'estimation du trafic futur. La structure du trafic, déterminé à partir de la composition du trafic de 2010, sur la section de la RN5, est comme suit : le nombre de poids lourd est de 1456 soit une pourcentage de 9% ; Essieu simple : 2 096 (13,10%) ; Essieu tandem : 247 (1,5%) ; Essieu tridem : 52 (0,03%) et véhicules particuliers (76,37%). Cette structure est différente pour tout le réseau de Madagascar. En effet, sur la Route Nationale numéro 5, le transport des passagers est assuré surtout par des taxi-be.

Le tableau suivant indique la structure du trafic de 2010 et sur le réseau de Madagascar

Tableau 27: Structure du trafic de 2003 sur la RN5 et sur le réseau de Madagascar

| Catégorie du véhicule | VL | PL | Total | Passager | Marchandise | Total |
|-----------------------|-------|-------|--------|----------|-------------|--------|
| RN5 | 91% | 9% | 100% | 80% | 20% | 100,0% |
| Réseau de Madagascar | 77,0% | 23,0% | 100,0% | 55,0% | 45,0% | 100,0% |

Source : Plan National de Transport 2004-2024

I.1.Le trafic actuel

Afin d'estimer le trafic actuel sur l'axe routier concerné par l'étude, des enquêtes par « interview » et des comptages de trafic ont été menés de façon exhaustive au niveau des 3 postes suivants :

- Variante 1 : situé sur la RN5, PK 00+000 au PK 10+900, au niveau de la Commune.A
- Variante 2 : situé aussi sur la RN5 , au PK 15+00,

- Variante 3 : situé sur la RN5, à Atanambe

Les deux premiers postes permettent de mesurer et d'analyser les volumes de trafic sur les sections du projet. Le variante 3, situé sur la route RN5, permet de déterminer le trafic entre Soanierana Ivongo et Mananara Nord, susceptible d'être détourné sur la RN5, quand le projet sera réalisé.

Ces enquêtes ont permis de montrer que :

- Les voitures légers (voitures plaisirs, 4*4, mazda, sprinter, 307,308,410, ect) sont les plus prépondérants dans l'axe en étude (environ 76,37%).
- Le trafic moyen journalier annuel peut être environs de 30 000 véhicules/jours, en tenant compte d'un coefficient de nuit et d'un coefficient de variation saisonnière.

Tableau 28: Le TMJA par section de route

| Catégorie du véhicule | Répartition par catégorie | | | Structure du trafic | | |
|----------------------------|---------------------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|----------------------|
| | Variante1 RN5 | Variante2 RN5 | Variante 3RN5 | Variante1 RN5 | Variante2 RN5 | Variante 3 RN5 |
| Voiture particulière | 1500 | 1500 | 1041 | 76.27% | 76.27% | 76.27 % |
| Camion léger | 1000 | 1000 | 96 | 13.10% | 13.10% | 13.10% |
| Camion lourd | 100 | 47 | 100 | 1.50% | 1.50% | 1.50% |
| Camion semi remorque | 17 | 15 | 20 | 0.03% | 0.03% | 0.03% |
| PL | 485 | 485 | 485 | 9% | 9% | 9% |
| Total général | 2617 | 2562 | 1257 | 100% | 100% | 100% |
| Trafic VL | 2617 | 2562 | 125 | 91% | 91% | 91% |
| Trafic PL | 485 | 485 | 485 | 9% | 9% | 9% |
| Trafics passagers | 1145 | 2320 | 3572 | 81% | 81% | 81% |
| Trafic marchandises | 450 | 530 | 677 | 19% | 19% | 19% |

Source : Comptage sur RN58A / MTP

Les résultats obtenus sur l'occupation des véhicules montrent que :

- les taux d'occupation moyens des véhicules particuliers sont relativement élevés.

Les prévisions de trafic

I.2 Taux de croissance du trafic

Les taux d'accroissements annuels moyens retenus pour les prévisions sont :

- Pour les VL : un taux de croissance annuel moyen de 10%
- Pour les PL : un taux de croissance annuel moyen 5%

I.3. Estimation du trafic dans les divers horizons de l'étude

I.3.1 Estimation du trafic normal par année

En tenant compte des différentes hypothèses sur le trafic actuel et des taux d'accroissement préconisés, le trafic VL et PL par année et par section serait de :

Tableau 29: *Trafic normal par année*

| | 2012 | 2016 | 2017 | 2022 | 2029 | 2035 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| Section 1 : | | | | | | |
| Voyageurs | 1260 | 1386 | 1525 | 1678 | 1849 | 2034 |
| Marchandises | 473 | 497 | 522 | 548 | 575 | 604 |
| Total | 1733 | 1883 | 2047 | 2226 | 2424 | 2638 |
| Section 2 : | | | | | | |
| Voyageurs | 2552 | 2807 | 3087 | 3396 | 3736 | 4110 |
| Marchandises | 557 | 585 | 614 | 645 | 677 | 711 |
| Total | 3109 | 3392 | 3701 | 4041 | 4413 | 4821 |

Source : Comptage sur RN58A/ MTP

I.3.2 Estimation du trafic induit par la construction de la route

Il est couramment admis comme une approximation acceptable, que le volume de trafic généré par l'amélioration des conditions de circulation est proportionnel aux gains induits par les coûts de circulation des véhicules. Le volume de trafic induit est calculé par l'expression suivante :

$$\frac{dT}{T} = \left(\frac{dC}{C}\right)^\alpha$$

(20)

Avec T étant le volume des échanges (véhicules/ jour) ; C : le coût de circulation sans projet et dT est le trafic induit par une diminution du coût de circulation dC .

Le coefficient α traduisant le niveau de trafic actuel et varie selon que l'utilisation de la route est permanente ou momentanément interrompu. Pour le présent projet un coefficient de 0,5 a été retenu.

L'application de la formule générale, permet d'estimer le trafic généré par la construction de la route, à l'année de mise en service à 78% du trafic normal dans le cas où la route serait revêtue et à 60% dans le cas d'une route en terre améliorée.

Mais à titre de prudence, des taux de 50% pour une route revêtue sont retenus pour la présente étude.

On suppose que le trafic induit se manifestera au cours des deux premières années d'exploitation de la nouvelle route à raison de 50% par an et que le flux du trafic induit évoluera au même rythme que celui du trafic normal.

Le trafic induit par la réduction des coûts de circulation et par année serait donc de :

Tableau 30: *Trafic induit projeté*

| | 2016 | 2017 | 2022 | 2029 | 2035 |
|---|------|------|------|------|------|
| Section 1 : | | | | | |
| Voyageurs | 693 | 763 | 839 | 925 | 1017 |
| Marchandises | 249 | 261 | 274 | 288 | 302 |
| Total | 942 | 1024 | 1113 | 1213 | 1319 |
| Section 2 : | | | | | |
| Voyageurs | 1404 | 1544 | 1698 | 1868 | 2055 |
| <small>Source : Comptage sur RN58A/MTP</small> Marchandises | 293 | 307 | 323 | 339 | 356 |
| Total | 1697 | 1851 | 2021 | 2207 | 2411 |

I.4. Trafic global

I.4.1. Trafic dans la situation sans projet

Le trafic dans la situation sans projet, correspond au trafic normal, tel qu'observé lors des comptages et corrigé en fonction des coefficients de nuits et des coefficients saisonniers. L'évolution du trafic dans la situation sans projet, sur toute la période d'analyse du projet, par section, est présentée dans le tableau de l'annexe .

I.4.2 Trafic dans la situation avec projet

Le trafic dans la situation sans projet, est constitué par le trafic normal, le trafic induit conséquence d'une réduction des coûts de circulation, et du trafic détourné. Le trafic dans la situation avec projet est représenté dans le tableau de l'annexe .

CHAPITRE VI : CONCEPTION GEOMETRIQUE DE LA ROUTE

Le sixième chapitre se consacre sur le tracé en plan, les profils en long et les profils en travers.

VI.1 Tracé en plan et profil en long

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et profil en long visent à garantir de bonnes conditions de sécurité et de confort étant donné la vitesse d'exploitation de la voie

VI.1.1 Tracé en plan

a. Valeurs des rayons

Les rayons en plan indépendamment des conditions de visibilité doivent respecter les valeurs minimales suivants

Tableau : Valeur des rayons

| | |
|--|-------|
| Rayon minimal (R_{min}) | 200 m |
| Rayon minimal non déversé (R_{nd}) | 650 m |

Source : MTP /Avant Projet Sommaire

Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des grands rayons. L'emploi de rayon supérieure ou égaux à 1.5 R_{nd} est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcout sensible, afin d'améliorer le confort et de faciliter le respect des règles de visibilité. Il faut par ailleurs éviter d'inclure dans les créneaux de dépassement des courbes à droit de rayon faible ou modéré (rayon inférieur à 1.5 R_{nd}).

b . Enchainement des éléments du tracé en plan

Des courbes circulaires de rayon modéré (rayon inférieur à 1.5 R_{nd}) ne peuvent être utilisées qu'en respectant les règles d'enchainement du tracé en plan ci-après

Introduire de telles courbes sur une longueur de 500 à 1000m à l'aide de courbes de plus grand rayon. En ce cas deux courbes successives doivent satisfaire à la condition : $R_1 \leq 1.5R_2$ où R_1 est le rayon de la première courbe rencontrée et R_2 (rayon inférieur à 1.5 R_{nd}) celui de la seconde. Cette recommandation est impérative dans une section à risque comme après une longue descente , l'approche d'un échangeur, d'une aire ou

dans une zone verglas fréquent.

Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200m, sauf pour deux courbes de sens contraire introduites par des raccordements progressifs.

c . Alignement

Pour des raisons de sécurité, de confort et de perception de l'usager, la longueur de l'alignement est bornée par la longueur minimale et maximale (L_{\min} et L_{\max}) en fonction de la vitesse V (vitesse de base et de vitesse de référence)

La longueur minimale L_{\min} correspondant à la distance parcourue durant le temps d'adaptation t_a . Cette longueur dépend de la vitesse de l'usager V_A selon la relation

$$L_{\min} = t_a \cdot V_A \quad (21)$$

Avec un temps d'adaptation t_a qui dépend lui de la vitesse du projet

La longueur maximale L_{\max} correspondant au chemin parcouru durant une minute à la vitesse de base du tronçon considéré.

d . Arc de cercle

Pour des raisons de sécurité, de confort et de perception, la géométrie de l'arc de cercle est circonscrite les paramètres déterminants sont la vitesse V , la déclivité transversale p et le coefficient de frottement transversal pneu chaussée. Sa largeur minimale correspond à la distance parcourue durant le temps d'adaptation, le rayon minimale de l'arc de cercle, pour un dévers p de 7% et un coefficient de frottement transversal pneu-chaussée donné, correspondant quant à lui au cas limite de dérapage dû à la force centrifuge, en négligeant l'effet transversal du vent.

VI.1.2 Profil en long

Le profil en long est le développement de l'intersection de la surface de la route avec le cylindre à génératrice verticale passant par l'axe de celle-ci, il est composé de deux éléments géométries simples (la ligne droite à déclivité constante et le raccordement vertical) pour lesquels des paramètres déterminants pour la conception du profil en long sont fixés.

a. Raccordement vertical

- Le rayon vertical peut connaître une borne inférieure qui doit satisfaire à quatre conditions :
- La garde au sol qui dépend de la géométrie des véhicules
- Le confort des usages liés à l'accélération verticale et donc à la vitesse du projet
- L'esthétique qui n'intervient que pour les raccordements concaves et qui dépend du changement de déclivité
- La visibilité qui dépend de la géométrie des véhicules savoir la hauteur de l'œil du conducteur pour les rayons convexes et la hauteur des phares pour les rayons concaves

b. Coordination du tracé en plan et du profil en long

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, le respect des règles de visibilité et, autant que possible, un certain confort visuel ; ces objectifs incitent à :

Associer un profil en long concave, même légèrement un rayon en plan impliquant un dégagement latéral import ;

Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition : $R_{\text{Verticale}} > 6 R_{\text{Horizontale}}$, pour éviter un défaut d'infexion ;

Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de surcoût sensible ; lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

Apporter une attention toute particulière aux pertes de tracé en fin ou début de créneaux

de dépassement et, d'une façon plus générale, au droit des points singuliers.

VI.1.3 Profil en travers

Le profil en travers correspond à une coupe transversale de la route effectuée en un point particulier de celle-ci. Il fait intervenir deux éléments principaux qui sont le dévers en alignement et la transition de dévers. Ils ont pour objectifs un écoulement latérale des eaux de surface, une dynamique du véhicule qui sécuritaire et confortable pour l'usager, ainsi qu'un guidage optique.

a. Devers en alignement

Le devers ou pente transversale dépend du type de route (route de grande débit, routes hors ou en localité). En générale un devers minimale $p_{min}=2\%$ et un devers maximal $p_{max}=7\%$. Entre ces bornes, les devers est déterminé selon un abaque faisant intervenir le rayon de la courbe en plan et la vitesse du projet.

b. Transition de devers

La transition de devers s'évalue selon la déclivité secondaire, fonction de la largeur de la chaussée et du type de route. La déclivité secondaire minimale

$$\Delta i_{min} = 0.1a \quad (22)$$

Avec a : la distance entre l'axe de rotation et le bord de chaussée concerné et une déclivité secondaire maximale Δi_{max} fonction du type de route.

VI.2 Tracé en plan et profil en travers

La combinaison du tracé en plan et du profil en travers permet de s'assurer de la nécessité ou non de trois notions.

a. Sur-largeur : dans les virages

C'est la largeur en courbe supplémentaire à celle en alignement qui permet d'assurer la viabilité de la circulation dans les virages à faible rayon. Elle permet aux véhicules circulant dans une courbe à rayon constant de ne pas empiéter sur la voie de circulation opposée, évitant d'éventuels problèmes de sécurité en cas de croisement.

Pour les courbes de rayon inférieur à 250m, l'inscription de véhicule de grande longueur dans chaussée, sur-largeur S donnée par la formule suivant :

$$S = \frac{50}{R} \quad (23)$$

Avec S : sur-largeur (en m)

R : rayon de la courbure en mètres.

En montagne, pour les voies étroites on applique plutôt la formule :

$$L+S=3.50+\frac{25}{R} \quad (24)$$

S et R ont la même signification que ci-dessus et où L : est la largeur de la voie en mètres.

Principalement pour des raisons d'aspect, il est recommandé d'introduire la sur-largeur à l'intérieur du virage.

b. Le dégagement de visibilité à l'intérieur d'un virage

C'est l'espace qui permet d'assurer la passe des éléments extérieur de la carrosserie ou de la charge. Il est donné par la formule suivante

$$e = \frac{(Da)^2}{8R} \quad (25)$$

Avec

Da : distance d'arrêt e : dégagement

R : rayon de courbure

c. Le dérasement

C'est la zone libre de tout obstacle visuel à l'intérieur d'un virage qui permet au conducteur de conserver une visibilité suffisante pour assurer sa sécurité, soit une distance inférieure à sa distance d'arrêt.

La zone de dérasement est délimitée par la projection verticale de la courbe enveloppe des rayons visuels partant de l'œil du conducteur. Sa largeur est du rayon de la courbe en plan et de la dimension latérale de la chaussée.

VI.2.1 Eléments constatifs du profil en travers

Il convient de définir exactement un certain nombre de termes techniques du vocabulaire relatif aux travaux routiers

a. Assiette

Surface du terrain occupé par la chaussée, elle comprend les accotements, les talus, les fossés et l'encombrement total des ouvrages.

b. Emprise

Partie du terrain appartenant à la collectivité affectée à la route et à ses dépendances, qui coïncide avec le domaine public.

c. Chaussée

Surface de la route aménagée pour la circulation des véhicules. Au sens structural la chaussée est aussi l'ensemble de couches de matériaux qui supportent le passage des véhicules.

d. Plateforme

Constituée par une partie de l'assiette, elle se compose d'une ou deux chaussées, éventuellement du terre-plein des accotements ou des trottoirs. On distingue deux cas :

Route en remblais : la plateforme s'étend jusqu'à la crête de remblais

Route en déblais : la plateforme s'étend jusqu'à la crête de la fosse côté route s'il n'y a pas de fossé, elle s'étend jusqu'au pied du talus de déblai.

e. Accotements

Zones latérales qui bordent extérieurement la chaussée, ils sont « dérasés » s'ils sont au même niveau que la chaussée, ils sont « surélevés » dans le cas contraire.

f. Banquette

Parapet de terre établi le long d'une route

g. Caniveau

Bordure extérieure de la chaussée aménagée pour l’écoulé de l’eau.

VI.3 . Définition des schémas de conception routier du projet

VI.3.1. Les Principes d’aménagement

Indépendamment des traitements particuliers que nécessitent certains tronçons ou points de la route, il est rappelé que le principe général de l’aménagement comprend les opérations suivantes :

- Les travaux de débroussaillement et de dégagement de l’assiette en dehors de l’emprise actuelle de la chaussée (lorsqu’elle existe),
- Le débroussaillement et l’abattage des arbres,
 - Les travaux de terrassements (déblais et remblais),
 - Les travaux de purge dans les zones de bourbiers et zones marécageuses
 - L’élargissement de la plate-forme (lorsqu’elle existe) suivant le profil en travers type,
 - La construction de chaussée (couche de forme, couche de fondation et couche de base)
 - Assurer les conditions de drainage longitudinal de la route par la création des fossés ou caniveaux bétonnés ou en terre sur certains tronçons particuliers de la route,
 - La création d’un réseau de drainage adéquat au moyen de caniveaux dans les agglomérations importantes traversées,
 - Les dispositifs de protection des talus dans les zones de remblais
 - La réalisation de bandes d’arrêt ou de stationnement dans les localités traversées,
 - La réalisation des aires de repos pour les conducteurs,
 - Mise en place d’une signalisation verticale,
 - La reconstruction des ouvrages hydrauliques existants (dalots et radiers) selon l’état structurel et les données hydrologiques,
 - La construction de nouveaux ouvrages (pont en BA, dalots multiples) dans les points localisés selon la reconnaissance détaillée et l’hydrologie de la zone,

- Le curage et le dégagement des lits des écoulements,
 - La mise en place d'équipements (garde-corps, glissière de sécurité, balises, etc...) au niveau des ouvrages hydrauliques existants à conserver éventuellement ou des tronçons dangereux de la route,
 - La réalisation de forages pour les besoins en eau du chantier puis par la suite pour être destinés aux populations,
 - La réalisation des amorces des pistes d'accès qui bifurquent sur la route en projet.
- Les traversées des agglomérations nécessiteront également des actions spécifiques

VI.3.2. Caractéristiques des aménagements

Les caractéristiques géométriques du projet seront fixées sur la base des paramètres ci- dessous :

VI.3.2.1. Profil en travers

La route projeté est une autoroute et comportera les caractéristiques géométriques dont certaines ont été définies dans les termes de références soient :

- Largeur de chaussée : 14 m (3.50m pour chaque voie)
- Accotements intérieurs : 1.50m
- Accotements extérieurs : 1.50m
- Pente transversale du revêtement : 2.5 ou 3%
- Pente transversale des accotements : 4%
- Pente des talus en remblais : 3/2 (sous réserve de vérification de la stabilité)
- Profondeur minimale des fossés longitudinaux : 50 cm,
- Vitesse de référence : la conception géométrique de la route est faite avec une vitesse de référence de 100 Km/h en section courante et de 70Km/h en agglomérations. Il est à signaler qu'en section courante les rayons utilisés permettent généralement des vitesses supérieures à 100 Km/h (120Km/h)
- D'autre part, dans la cadre du dimensionnement des solutions de renforcement et/ou de reconstruction, nous prendrions l'essieu de 13 tonnes comme essieu de référence.
- Enfin, le calcul des ouvrages d'art se basera sur un convoi routier de 30 tonnes

VI.3.2.2. Paramètres cinématiques

Les tableaux ci-après reprennent les caractéristiques géométriques du tracé en plan et du profil en long associées à ces vitesses de référence.

Tableau 31: Tracé en plan

| Rayon en plan | Vitesse de référence | |
|---|-------------------------|--------------------------|
| | $V_r = 80 \text{ Km/h}$ | $V_r = 100 \text{ Km/h}$ |
| Minimale absolu RHM (Dévers associé 7%) | 425 | 625 |
| Minimale normal (Dévers associé 5%) | 650 | 900 |
| Au dévers minimal RH (Dévers associé 2.5%) | 900 | 1 500 |
| Non déversé RH (Dévers associé 2.5%) | 1 300 | 1 800 |

Source : MTP ,2019

Tableau 32:Tableau de profil long :

| Désignation | Vitesse de référence | |
|---|-------------------------|--------------------------|
| | $V_r = 80 \text{ Km/h}$ | $V_r = 100 \text{ Km/h}$ |
| Déclivité Maximale | 6% | 6% |
| Angle saillant Minimale absolu Minimale normale | 4 500 10 000 | 10 000 15 500 |
| Angle rentrant Minimale absolu Minimale normale | 2 200 3 000 | 3 000 3 800 |

Source : MTP , 2019

VI.3.2.3. Profil en travers du tablier des ponts

Chaque chaussée revêtue sera d'une largeur de 7,00m avec deux trottoirs de largeur 1m chacune.

VI.3.3. Caractéristiques géométriques de la route projetée

VI.3.3.1. Tracé en plan

Les caractéristiques géométriques adoptées pour la RN5 permettent d'assurer généralement une vitesse de 80Km/h à 100Km/h.

Toutefois, au niveau des traversées des villages ainsi que certaines rivières importantes, cette vitesse est réduite à 70 Km/h et ce soit parce que les rayons

utilisés ne permettent pas une vitesse supérieure soit par une vitesse supérieure soit par mesures de sécurité.

Une signalisation adéquate est prévue chaque fois qu'une modification de vitesse est prévu

VI.3.3.2. Profil en long

Le calage de la ligne 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 gites d'emprunt identifiés ;
- Du calage en légers remblais dans les divers tronçons de route, et ce afin d'éviter à mettre en œuvre des quantités très importantes de remblais notamment au droit de la traversée des agglomérations ; ainsi, une attention particulière a été accordée au droit du profil en long, et ce afin de minimiser autant que possible les risques d'inondable posée en certains points spécifiques habités, en atténuant autant soit peu le phénomène de stagnation des eaux de part et d'autre de la route , tout en respectant bien entendu les normes géométriques en vigueur ;
- De la mise hors d'eau de la chaussée et 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 ; d'autre part , il est à signaler que la route objet de la présente étude comporte quelques tronçons situés en zone de dépressions , et qui ont été traitées avec aménagement d'ouvrages de drainage ;
- Des côtés seuils des riverains au niveau des traversées des agglomérations.

Le long de la RN58a et au vu essentiellement de la présence de nombreuses zones marécageuses et de rizières, nous avons essayé délibérément choisi d'adopter un profil en long fortement en remblai, tout en tenant compte des considérations ci-dessus mentionnées.

VI.3.3.3. Profil en travers

Les profils en travers types proposés pour le cas de la présente route sont schématisés dans le dossier annexe plans.

- La solution retenue représente le cas d'une plateforme 23 m ; elle est constituée de deux chaussées dont chacune est revêtue en bicouche de 7 m et 2 accotements de 1.50m de largeur chacun revêtu (revêtement monocouche) également par un enduit monocouche ainsi que du dispositif de drainage longitudinal qui s'impose soit des fossés triangulaires ou trapézoïdaux bétonnés ou en terre.

- Au droit des traversées d'agglomérations, nous envisageons des aires de stationnement disposées en quelconque et l'accotement extérieur passera à une largeur de 2.5 m afin de permettre l'arrêt et le stationnement des véhicules.
 - Des aménagements spécifiques à projeter, au droit des traversées des importantes agglomérations consistent en :
 - Drainage latéral par des caniveaux bétonnés dans la majorité du linéaire sauf en certains tronçons à définir selon le terrain naturel et les levés réalisés ;
 - Construction d'exutoires naturels sous forme de fossés (bétonnés principalement) éventuellement et au besoin ;
 - Couverture des caniveaux par des dalles au droit des accès des riverains et des carrefours ;

VI.3.3.4 RESULTATS OBTENUS :

VI.3.4 Drainage

VI.3.4.1 Drainage longitudinal

Le système de drainage longitudinal est du type classique et comprend :

- En section courante (située le plus souvent en plaine ou en relief très peu vallonné) ; fossés triangulaires ou trapézoïdaux maçonnés ou en terre seront aménagé sur les sections non situés en remblais et avec un sol de nature non sablonneuse, ou non situés dans les zones à forte déclivité , et ce afin de tenir compte des apports latéraux des eaux qui acheminent les eaux de ruissellement vers les ouvrages hydrauliques ou les ouvrages de drainage transversaux ;
- En section courante au droit d'un profil mixte généralement que nous rencontrons notamment dans les sections de route à relief difficile , des fossés triangulaires ou trapézoïdaux en terre ou bétonnés en déblais seront aménagés ; il en est de même dans toutes les sections de route présentant des déclivités marquées ainsi qu'à l'approche de certains ouvrages hydrauliques, où des fossés trapézoïdaux maçonnés sont prévus ;

Dans les traversées des agglomérations, des caniveaux bétonnés longitudinaux de largeur intérieure de largeur couverts de dallette dans la plupart des cas seront projetés essentiellement dans le but d'améliorer le cadre de vie des riverains (facilité d'accès et sécurité). Les caniveaux bétonnés projetés au droit des importantes agglomérations déverseront les eaux de drainage vers des exutoires naturels.

Par ailleurs, nous avions prévu la mise en place d'une couche de drains sous fossés de granulométries 15/25, de largeur 50cm et d'épaisseur 60 cm et ce dans le cas d'un profil en remblais.

VI.3.5 Ouvrages projetés

VI.3.5.1. Introduction

Sur le tracé de la route, on dénombre plusieurs cours d'eaux. Certains d'entre eux sont de faible dimensions et donc franchissables moyennant de petits ouvrages

hydrauliques comme les dalots. D'autres sont de grandes envergures et nécessitent, naturellement, des dispositions spéciales.

VI.3.5.2. Définition des besoins en Ouvrages

Après avoir présenté dans un chapitre précédent un état de l'ensemble des ouvrages hydrauliques existants identifiés lors de la reconnaissance détaillée de la route, et qui sont à reprendre sous une autre forme , nous présentons, ci-dessous et sur la base du tracé en plan et profil en long définitifs établis à partir des levés de détail, la localisation des nouveaux ouvrages hydrauliques et de drainage à prévoir au niveau des écoulements identifiés (avec ou sans traces apparentes), zones marécageuses ou de points bas décelés.

Nous présentons ci- après les tableaux définitifs des ouvrages projetés (hydrauliques et de drainage) soit en remplacement des ouvrages existants identifiés lors de notre reconnaissance détaillée de terrain, soit qui représentent de nouveaux ouvrages (hydraulique et de drainage) ; le dimensionnement des ouvrages projetés cités suivant s'est basé essentiellement sur l'étude hydrologique et hydraulique, en réajustant délibérément certaines dimensions de manière à uniformiser autant que possible ledit dimensionnement projeté en vue de l'établissement des devis estimatifs à établir ultérieurement.

Tableau 33 : *Liste des nouveaux ouvrages à créer*

| N° OF | Date de visite | Itinéraire | PK RN5 | Franchissement | Observations |
|-------|----------------|--------------------------------|----------|------------------------------------|--|
| 1 | 08/04/2019 | Soanierana-Ivongo/Andrangazaha | (0+533) | OF1 Marimbona I (Bac1) | |
| 2 | 08/04/2019 | Soanierana-Ivongo/Andrangazaha | (1+916) | OF2 Marimbona II (Bac1) | |
| 3 | 09/04/2019 | Soanierana-Ivongo/Manompana | 4+619) | OF3 Antarosa | Traversée par un bac de la Commune d'Antanifotsy |
| 4 | 10/04/2019 | Soanierana-Ivongo/Manompana | (15+324) | OF4 Simianona - Andrangazaha Bac 2 | Non visité |
| 5 | 09/04/2019 | Soanierana-Ivongo/Manompana | (24+752) | OF5 Près Antanambao | |
| 6 | 09/04/2019 | Soanierana-Ivongo/Manompana | (28+671) | OF6 Fandrarazana (Bac3) | Non visité |

| 7 | 09/04/2019 | Manompana /Antanambe | (47+988) | OF7 Anove (Bac4) | Travaux exécutés en phase 2 – Prévoir appontements en phase 1 |
|-------|----------------|-------------------------------|----------|--|---|
| N° OF | Date de visite | Itinéraire | PK RN5 | Franchissement | Observations |
| 8 | 09/04/2019 | Manompana /Antanambe | (58+545) | OF8 Manambato (Bac5) (58+265) | Travaux exécutés en Phase 2 – Prévoir Appontements en Phase 1 |
| 9 | 10/04/2019 | Antanambe /Sahasoa | (75+184) | OF9 Vahibe (Bac6) (74+925) | Fin du Tronçon 1 |
| 10 | 09/01/2017 | Sahasoa /Mananara Avaratra | (73+609) | OF10 = 0A23 Mahavoy | Fait un angle à 90° - Ouvrage à Reconstruire ou Déviation à trouver Derrière le cimetière |
| 11 | 09/01/2017 | Ivontaka | (91+772) | OF11=OA.29 (91+381), | Ouvrage Endommagé à Reconstruire dans le Tronçon 1 |

Il est à préciser que l'ensemble des ouvrages sus cités remplace, dans la plupart des cas, des ouvrages existants jugés en mauvais état, excepté les radiers submersibles aménagés ces dernières années (au nombre de au total) et qui se trouvent généralement dans un assez bon état mais qui seront repris suivant le dimensionnement hydraulique requis en ouvrages

définitifs.

Le drainage de la route sera assuré par un système classique constitué de fossés longitudinaux revêtu en béton qui achemine les eaux de ruissellement vers les exutoires (rivières et écoulements naturels) ; les ouvrages de drainage à construire au nombre de sont présentés dans le tableau qui suit (avec précision de l'état des ouvrages existants remplacés)

Ainsi, nous dénombrons au total dans ladite section :

- 3 ponts en béton à construire : pont de la Rivière à 4 travées de longueur 27 m et de largeur 9m au PK 2+089 jusqu'au PK 2+116 ; pont de à 2 travées de longueur 7 m et de largeur 9 m au PK 3+575 jusqu'au PK 3+582 et enfin le pont de à 5 travées de longueur 29 m et de largeur 9 m au PK 6+840 jusqu'au PK 6+869.
- 16 dalots trapézoïdaux en bétons armés dont 14 sont des dalots simples (à 1 canal d'irrigation), 1 dalot double (à 2 canaux d'irrigations) et enfin 1 dalot triple (à 3 canaux d'irrigations)
- 16 ouvrages de drainage constitués de dalots en BA de dimensions 0,6x0,6 ; 0,8x0,8 ou 1x1.

VI.3.5.3.Dalots

Les dalots sont des cadres fermés, de section rectangulaire, de faible ouverture et hauteur (les 2 inférieures à 4,00m).

Plusieurs cadres sont accolés pour réaliser des débouchés hydrauliques plus importants

➤ Justification du choix des dalots

Ces ouvrages sont très rustiques et leur exécution est relativement facile et nécessite pas de très grands moyens : coffrages simples, étalement de faible hauteur, ferraillages peu denses. Quand la hauteur de remblai au-dessus de l'ouvrage est faible ou moyenne, ils sont plus compétitifs que les buses métalliques qui demandent une certaine technique de montage et nécessitent des remblais latéraux et sous-jacents très soigneusement réalisés en matériaux sélectionnés. Elles exigent enfin un traitement anticorrosion et une protection intérieure.

➤ Descriptif des dalots

Les dalots sont conçus comme des ouvrages types et font l'objet d'une description d'ensemble. Ils sont simples, doubles ou triples avec une seule, deux ou trois alvéoles, ou

multiples quand plusieurs dalots triples ou doubles sont associés.

L'épaisseur des membrures est identique pour les piédroits et les traverses. Elle est fonction de l'ouverture, du biais, de l'épaisseur de la couverture de remblai et de la nature du dalot (simple, double ou triple). Elle est déterminée de façon à limiter les contraintes tangentielles dans le béton à environ 110 bars. Dans tous les cas, l'épaisseur est au moins égale à 15cm qui constitue un minimum technique.

Le plus souvent les joints sont parallèles à l'axe de la route sauf si le biais de l'ouvrage devient prononcé. Les biais des joints seront limités à 70 ou 130 grades.

Une petite murette limite les talus aux extrémités de l'ouvrage.

Les têtes sont des murs en U formant entonnoir ou diffuseur, avec un angle d'ouverture de 35 grades dans le cas général. Cet angle est modifié dans le cas des ouvrages très biais de façon à éviter les murs exagérément longs.

a. Protection contre les affouillements

La protection est assurée, à l'amont comme à l'aval, par une bêche formant par affouille, au bord des murs en U, de 1,50m de profondeur minimale. Cette bêche en gros béton se prolonge de part et d'autre des murs et sert de soubassement aux perrés.

Dans le cas de murs indépendants, la bêche sera placée sous les bords amont et aval du corps du dalot. Un perré maçonnable est prévu en pied de talus de part et d'autre des murs. La hauteur du perré est généralement prise à celle du cadre.

VI.3.5.4. Cas particulier : travaux de protection des ponts existants

Des ouvrages de protection sont donc à prévoir afin de stabiliser les berges de la rivière :

- Protection des deux berges, droite et gauche, au niveau des culées par des murs en gabions de longueur 200m, de largeur à la base de 6 m et de hauteur également de 6m ;
- Protection de la berge droite par la construction de six épis en gabions pour une longueur totale de 620m afin de la prémunir contre les attaques frontales ;

Les épis sont définis comme suit :

- épis 1 et 2 : largeur à la base de 12m, largeur en tête de 6m, hauteur de 4m et profondeur d'encastrement de 2m
- épis 3 et 4 : largeur à la base de 12m, largeur en tête de 4m, hauteur de 5m et profondeur d'encastrement de 2m
- épis 5 et 6 : largeur à la base de 12m, largeur en tête de 2m, hauteur de 6m et profondeur d'encastrement de 2m.

VI.3.4. Travaux de protection particuliers

Il y a lieu d'envisager, selon le cas identifié et analysé, trois types de protections :

Une protection par des perrés maçonnés quand il s'agit de protection des talus contre une érosion plus ou moins marquée, en particulier dans les zones d'accès aux grands ouvrages hydrauliques et dans certains cas d'hauteur de talus non très significative (inférieure à 3m)

Une protection par gabionnage en gradins, lorsque la hauteur commence à être très significative (supérieure ou égale à 3 m) dans certaines sections (en profil mixte notamment) et où des traces d'écoulement parallèle sont proches ; cette protection peut être effectuée en complément de celle par des perrés maçonnés ;

Une protection éventuelle en maçonnerie de moellons au droit de gabions n'est pas opportun (ou en cas de problème de nature de sol) ; de même, ceci pourrait également être envisagé dans le cas d'un profil mixte en soutènement des talus en déblais en présence d'un sol non rocheux.

De même, et aux abords des ouvrages hydrauliques, des travaux de protection par le moyen de perrés maçonnés sur les talus à stabiliser ainsi qu'un gabionnage (au droit des culées des ouvrages importants) et/ ou enrochements au niveau des débouchés à l'aval sont à prévoir nécessairement selon le constat détaillé effectué.

VI.3.5. Signalisation et Equipements de Sécurité

Les aménagements projetés, en matière de signalisation et d'équipements de sécurité, se définissent comme suit :

- la signalisation verticale ;
- les glissières de sécurité ;
- les balises de sécurité ;
- les ralentisseurs de vitesse ;
- les aménagements spécifiques au niveau des agglomérations.

VI.3.5.1. Signalisation verticale

Concernant la signalisation verticale, nous avons prévu un renforcement de l'état existant par la mise en place de :

- Nouveaux panneaux indicateurs des agglomérations ;

- nouveaux panneaux directionnels ;
- panneaux de limitation de vitesse au niveau de l'ensemble des courbures ainsi qu'à l'approche des agglomérations et des ouvrages (excepté les petits ouvrages hydrauliques courants)
- panneaux de danger et de chaussée rétrécie éventuellement à l'approche des ouvrages.

Les panneaux sont mis en place au niveau des accotements extérieurs et ancrés dans massif de béton dosé à 250Kg/m³ de dimensions 80x50 cm et ce dans un soucis de sauvegarde face aux risques de vol ou de vandalisme parfois ; à ce sujet, l'attention est attirée aux services compétents du Ministère de l'Equipment et des Transports afin de sensibiliser l'ensemble des autorités locales et régionales sur la nécessité de préserver ce patrimoine public sans omettre l'entretien nécessaire des panneaux par leur nettoyage et mise en place de peinture spéciale et ce d'une manière périodique.

VI.3.5.2. Glissières de sécurité

Les glissières de sécurité sont mises en place à l'approche des grands ouvrages et ce sur des longueurs de 30 m au minimum ou en cas de courbes de rayon minimum absolu ou enfin en cas de route en remblai de plus de 4 m sur au moins 30m de longueur.

Ils sont constitués de profilés métalliques assemblés ensemble et montés sur des supports de longueur 2 m qui sont disposés tous les 4 m en section courante et

tous les 2 m en extrémité de file.

De par leur mode d'assemblage et montage assez aisés, le dispositif de glissières est d'un remplacement qui ne comporte pas de difficultés pour les futurs travaux d'entretien à effectuer par les services compétents en matière.

VI.3.5.3. Balises de sécurité

Les balises de sécurité seront essentiellement mises en place au droit de certaines courbures dangereuses. Concernant les caractéristiques, ils seront de type J1 et possèdent un diamètre de 20 cm et une hauteur de 1,30 m dont 30 cm ancrés dans la plate-forme ; deux bandes de peinture rétrofléchie saine de largeur 20 cm sont réalisés sur ces balises.

VI.3.5.4. Ralentisseurs de vitesse

Les ralentisseurs de vitesse sont exécutés au niveau des agglomérations ainsi que des villages importants et ce au but de réduire la vitesse des usagers à l'intérieur de celles-ci et éviter au maximum les accidents de la route malheureusement souvent fréquents. Ainsi, ces ralentisseurs seront exécutés sous forme de dos d'âne de largeur 1 m avec une hauteur ne dépassant pas 20 cm afin d'éviter les dommages aux véhicules.

Des panneaux indicateurs de ralentisseurs de vitesse seront mis en place au niveau des entrées des agglomérations existantes sur la route.

CHAPITRE VII : TRAVAUX D'IMPLANTATION

Les travaux d'implantation constituent la deuxième phase des travaux topographiques pour un aménagement routier. Vu le matériel que nous disposons durant l'étude topographique, la station totale avec un carnet électronique intégré offre toutes les possibilités techniques d'implantation. Avant d'effectuer l'implantation sur terrain, on doit spécifier les points caractéristiques à planter et transférer vers la station totale SOUTH NTS-362R6. Ces points peuvent-être donnés sous forme d'un tableau contenant des coordonnées rectangulaires ou coordonnées polaires tout simplement indiqués sur le plan d'implantation avec les angles , les distances et les altitudes de chaque point par rapport à la référence choisie.

Ces travaux ont comporté essentiellement :

- L'implantation d'une polygonale de base avec balisage du tracé des variantes de tracé identifiées à raison d'un point tous les 500 m au maximum.
- Piquetage de l'axe, du profil en long et de profil en travers à raison de 20 profils au Km avec tous les principaux points caractéristiques de tracé (cours d'eau, grand ouvrage hydraulique existant, village, points d'intersection,etc...)

VII.1. **Implantation de polygonale de base**

L'implantation de la polygonale a été rattachée à la triangulation générale du pays ; elle a été effectuée de la manière suivante :

Les sommets de la polygonale de base sont matérialisés par des bornes solides, stables et durables avec une équidistance entre elles de 500 mètres au maximum ;

Une borne, au moins, a été implantée à côté de chaque ouvrage hydraulique existant, à chaque cours d'eau traversée par la route, à chaque courbure horizontale (origine et fin de courbe) ou courbe verticale accentuée ainsi qu'au droit des agglomérations traversées.

Un tableau récapitulatif des coordonnées de toutes les bornes implantées a été effectué.

Il est à signaler que le levé de la polygonale de base a été en coordonnées X ,Y et Z dans le système géodésique national de la République de Madagascar, et ce dans la mesure du possible sur la base des données existantes.

VII.2. **Implantation de l'axe de la route**

Cette opération consiste à mettre en place de l'axe géométrique du projet. Son but est d'implanter sur terrain les points principaux utiles pour le traçage des alignements, les courbes circulaires et le cas échéant : les arcs de clothoides.

L'axe de la route a été matérialisé par des piquets d'axe avec déport sur le bord à gauche ou à droite avec des piquets témoins portant le numéro des profils en travers. Il y a un profil en travers à chaque point particulier, (changement de pentes, les origines des courbes OC, les milieux courbes MC, les fins courbes FC, etc), sur une largeur de 20 m de part et d'autre de l'axe.

VII.2.1. **Procédure des travaux d'implantation**

D'abord, on détermine tous les points nécessaires pour implanter l'axe de la route, et on transfère ces coordonnées dans la station totale SOUT NTS R6. Ensuite, on stationne sur un point connu non inclus dans l'axe et on vise le point de référence connue en coordonnées (X, Y et Z), après, on implante les points de cet axe par ses coordonnées à l'aide de 2 prismes et une station totale. Enfin, on peut faire le contrôle en mesurant les angles et distances de chaque point implanté.

A partir du fichier a été déjà enregistrer sur la station totale, il a été procédé à l'implantation de l'axe du projet avec les hypothèses suivantes :

- 20 profils en travers en moyenne par Km ;
- Matérialisation des points par piquet de fer ou du bois dur bétonné de diamètre d'environ de 5 cm selon la nature des sols ;
- Exécution du repérage parallèle (à 20m de l'axe) des origines, milieux et fins de courbes des sommets d'alignement, à visibilité dans les alignements à des intervalles ne dépassant pas 500 m ;
- Exécution du nivelllement du profil en long des bornes. Ce nivelllement sera exécuté en double station.

VII.2.2. **Implantation de l'alignement droit**

L'alignement droit est l'axe du tracé qui est pratiquement droit et constitué par une ligne droite reliant deux points sur lesquels on matérialise un ou plusieurs points.

Dans notre cas, cette implantation de l'alignement se fait avec du Station Totale et est stationné sur les points de la polygonale de base. Les coordonnées de la station et la station de référence doivent être identifiées et configurées dans la mémoire de l'appareil.

Après la configuration, on tourne l'appareil dans la direction de point à planter en annonçant un premier bip sonore, puis le porte prisme suit cette direction en faisant le tâtonnement jusqu'au deuxième bip sonore qui indique précisément la vraie coordonnée rectangulaire du point à planter. C'est une reconnaissance automatique de la cible.

A chaque implantation, il faut contrôler les points qui viennent d'implanter en stationnant sur un autre point d'appui.

VII.2.3. Implantation des courbes de raccordements

Pour l'implantation des courbes de raccordements, on adopte l'implantation par coordonnées rectangulaires en utilisant la méthode de piquetage de proche en proche (voir la figure). 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 précédent et puis on implante les piquets tous les cinq mètres. Ensuite, on s'appuie sur les piquets implantés précédemment en se référant aux piquets qui viennent de stationner.

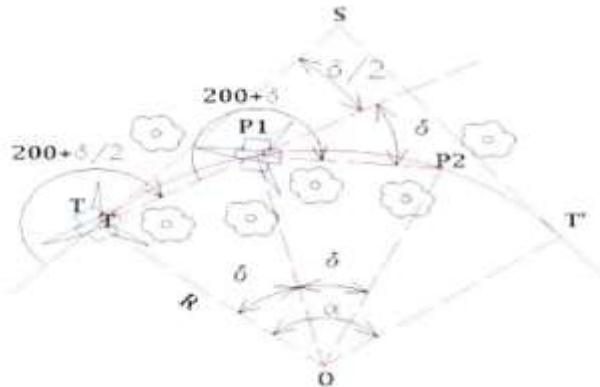


Figure 9 : Piquetage de proche en proche

La précision de chaque point doit alors être soignée puisque les erreurs se cumulent. Le contrôle d'implantation des piquets de raccordement qui viennent d'implanter se fait en stationnant sur l'autre point de tangente.

Piquetage de l'axe

Cette opération consiste à implanter les points de l'axe de la routes .Pour les alignement droits et courbes qui ont la longueur importante, on impose 20 à 30m d'equidistance .En alignement droit ;sa mise en place des piquets est matérialisée par des piquet en bois, par rapport à un point qui a été déjà implanté et on fait la mesure de la distance entre les points .En courbe circulaire ; soit un point M_1 le point intermédiaire qu'on voudrait implanter sur les axes de la courbe .

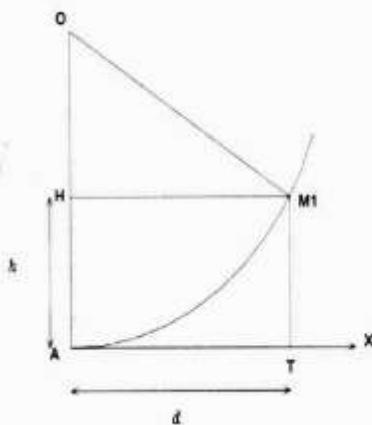


Figure 10:Piquetage de l'axe en courbe circulaire

Partant sur la tangente en A ; on mesure la distance X_1 matérialisé en T sur cette tangente. Puis en T ; on élève une perpendiculaire, on reporte h et on pique le point M_1 . En effet ; la valeur de h sera obtenue par :

$$h = R - OH$$

$$OH = \sqrt{R^2 - d^2}$$

VII.2.4. Quelques exemples d'application de l'implantation

Comme tracé est composé d'arcs de cercle et de ligne avec une pente assez régulière et pour faciliter les tâches, on a appliqué la méthode des coordonnées rectangulaires, ce qui veut dire qu'il y a usage de station totale pour faire l'implantation des axes de la route.

Une fois sur le terrain, on a d'abord stationné sur les points de la polygonale

par exemple B2 puis on a visé le point de référence B1, connu en coordonnées (X,Y,Z) et après

On a commencé l'implantation à l'aide de 2 prismes et une station totale.

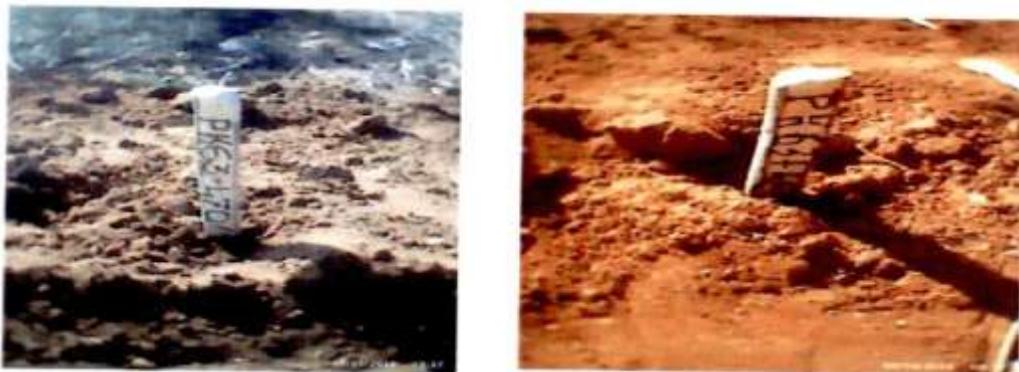


Figure 11 : Piquets de repérage d'un axe et profil en long

VII.3. Piquetage et lever de profil en long

L'opération consiste le piquetage. Elle a pour objet de marquer sur le sol, par des piquets, tous les points qui fixent le tracé d'une manière définitive et ceux dont on peut avoir besoin pour les études subséquentes.

Le profil en long appelé aussi section longitudinale, indique les différents niveaux de la route dans son axe. Comme pour le tracé en plan, il existe des normes applicables à ce profil (par exemple, il est fixé une inclinaison minimale et maximale).

Naturellement, ces normes appliquées aux pentes et rampes influent fortement sur le tracé et sur l'importance des travaux de terrassement.

Les pentes des différents tronçons de route devront être constantes et ne présenter ni creux, ni bosses. Les gabarits constitueront la meilleure méthode de vérification de la constante des pentes, sans recourir à un matériel topographique coûteux.

Pour pouvoir réaliser des pentes constantes, il faut disposer d'au moins 5 à 6 gabarits identiques, d'une hauteur de 1,25 à 1,30 m selon la taille de l'opérateur.

VII.3.1. Mode opératoire

- Choisir deux points A et B dont les cotes finales sont bonnes (distance en ligne inférieure ou égale à 50 m) ;

- Se placer derrière le premier gabarit à l'intérieur de la ligne ;S
- Identifier le croisement entre la ligne reliant les points A et B , et l'extrémité du gabarit et mesurer les écarts hi comme illustre en figure ;
- Déterminer les zones à déblayer et à remblayer.

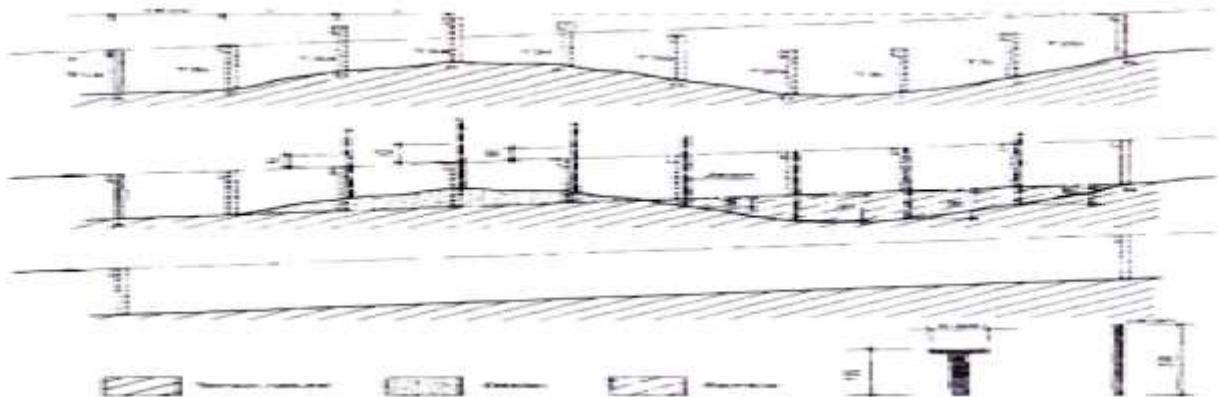


Figure 12 : Piquetage de profil en long

L'extrait de données de Profil en long est représenté dans l'annexe

VII.3.2. Exemples d'application de l'implantation sur le chantier

Sur le chantier, on a procédé comme suit : tout d'abord, on a stationné sur le point de la polygonale3, connu en coordonnées (X,Y,Z). Puis on a visé le point de référence 2, connu

en coordonnées (X,Y,Z). Après cette étape, en gardant toujours la même hauteur du prisme, on a visé le point 1 (qui est déjà implanté en X,Y,Z).

Ensuite, on a lu dans la station totale la dénivellation entre point 1 et celle de la station. Il est important de bien visé le prisme pour avoir la côte du point.

VII.4. Piquetage de profil en travers

Le profil en travers est en généralement piqueté perpendiculairement aux points du profil en long.

Ce profil en travers montre :

- où se situent les différentes parties de la route (fossés, talus, accotements, chaussée) ;
- La quantité et la nature du travail à faire (remblai, déblai) pour construire la route dans un endroit donné.

Lorsqu'on fait le piquetage d'un profil en travers, on prendra ces profils suivant la bissectrice de l'angle du profil en long. Sur chacune des lignes piquetés perpendiculairement à l'axe, on mesure à partir du piquet de l'axe dans les deux sens, soit en distance, soit en altitude. Les piquets de relevé et les piquets à usage multiple indiquent :

- L'axe de la route (terrain plat, figure 9)
- Le niveau de la route (terrain plat, accidenté ; montagneux, déblai-remblai) ;
- L'emplacement des fossés (terrain plat, figure 9)
- Les limites des déblais ;
- Le pied du talus (remblai)

Tous les profils en travers doivent être établis à angle droit par rapport à l'axe.

VII.4.1. Piquetage de profil en travers pour une route en terrain plat

En terrain plat, les piquets de relevés servent à marquer à la fois l'axe et le niveau de la route. Lorsqu'il faut déblayer ou remblayer pour arriver au niveau voulu, cette information est inscrite sur le piquet ;

Le niveau s'exprime par un nombre à trois chiffres, indiquant le déblai ou le remblai à faire en mètres (par exemple, +0,20 signifie qu'il faut un remblai de 20 cm). Les niveaux indiqués montrent le déblai ou le remblai à faire depuis le sommet du piquet.

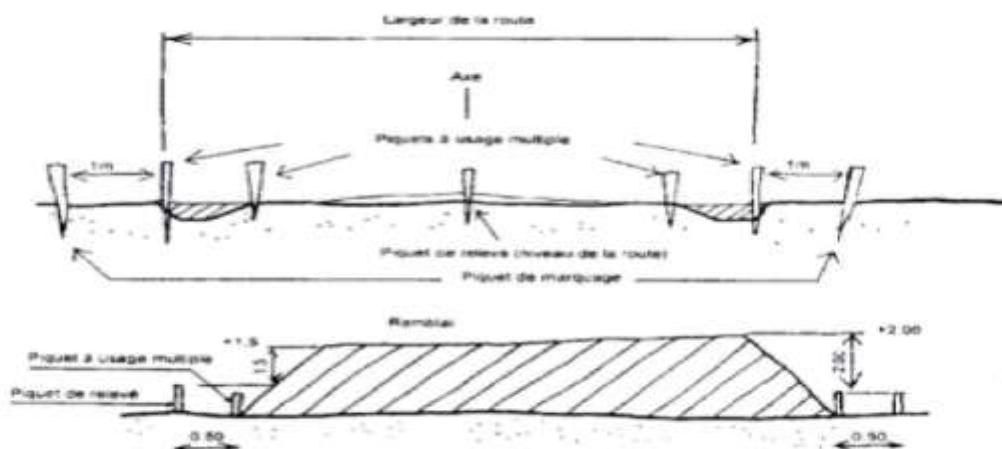


Figure 13 : Piquetage profil en travers pour une route en terrain plat et en remblai

VII.1.1. Piquetage de profil en travers pour une route en déblais

Ici, les piquets de relevé indiquent les niveaux de la route. Après les déblais, on place les piquets indiquant l'axe et les délimitations des fossés ;

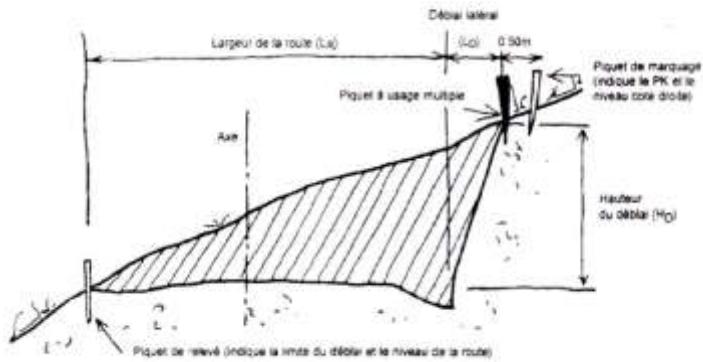


Figure 14 : Piquetage profil en travers pour une route en déblai

VII.1.1. Piquetage de profil en travers pour une route en remblais

Les piquets de marquage de part et d'autre de la route indiquent la hauteur du remblai

à effectuer. Cette hauteur est mesurée depuis le sommet du piquet et inscrite sur celui-ci.

Notez qu'avec une pente de 1/1 des deux côtés on calcule la largeur de l'emprise de la route en ajoutant de la première hauteur du remblai et la deuxième hauteur du remblai à la largeur de la route.

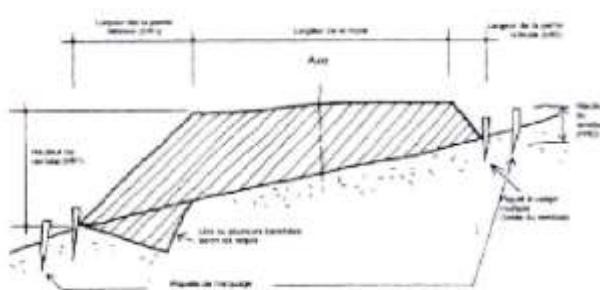


Figure 15: Piquetage profil en travers pour une route en remblais

VII.1.1. Piquetage de profil en travers mixte

Ici encore, les piquets indiquent le niveau futur de la route. La figure 13 montre que le volume à déblayer est à peu près le double du volume du remblai et qu'il faudra creuser une tranchée en V (redan) pour assurer la tenue du côté remblayé de la route.

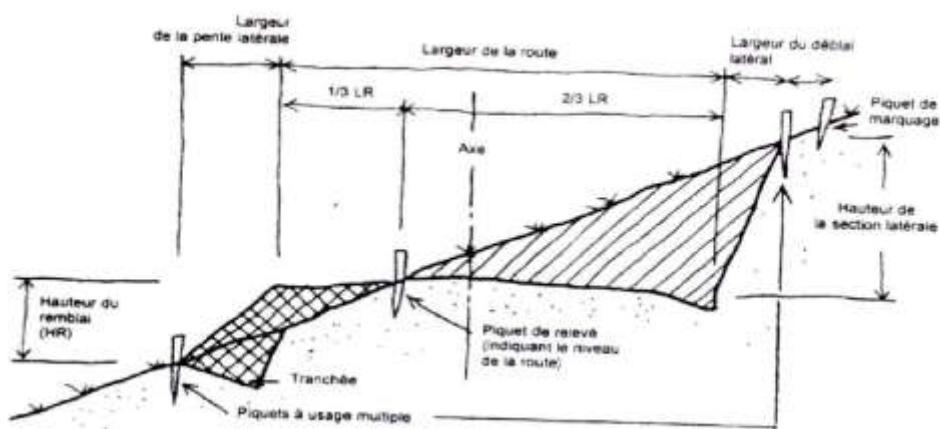


Figure 16 : Piquetage profil en travers mixte

VII.1. Implantation de plate-forme lors de travaux de terrassement

VII.1.1. Localisation

Après l'implantation des profils, et l'étude du dossier d'appel d'offre, les travaux de terrassements se sont présentés comme suit :

- PK 0+00 au PK 1+034 : Rehaussement de 50cm par des matériaux extraits de gite avant de couche de forme
- PK 1+034 au PK2+00 : Digue traversant par des rizières à rehausser de 80cm environ par des matériaux extraits de gites avant mise en œuvre de la couche de fondation
- PK 2+00 au PK 2+100 : Reprofilage + rehaussement de 30cm par des matériaux extraits de gites avant de couche de forme
- PK2+100 au PK 3+575 : Digue traversant par des rizières à rehausser de 80 cm environ par des matériaux extraits de gite avant mise en œuvre de la couche de fondation
- PK3+575 au PK 3+600 Rehaussement de 50cm par des matériaux extraits de gite avant couche de forme

- PK 3+600 au PK 4+200 : Reprofilage + rehaussement de 30cm par des matériaux extraits de gites avant de couche de forme.
- PK 4+200 au PK 6+800 : pont traversant par des rizières à rehausser de 80cm environ par des matériaux extraits de gite avant mise en œuvre de la couche de fondation
- PK 6+800 au PK 7+00 : Rehaussement de 50cm par des matériaux extraits de gite avant couche de forme
- PK 7+00 au PK 12 : Reprofilage + rehaussement de 30cm par des matériaux extraits de gites avant couche

VII.1.2. Exécution de terrassements

Les terrassements ont pour effet de modifier la topographie du terrain et de lui donner une forme et de caractéristiques déterminées, correspondant à la nature de la route à construire. Les travaux de terrassement pour la construction d'une chaussée neuve comprennent :

- les travaux préparatoires ;
- les terrassements.

VII.5.2.1. Les travaux préparatoires du terrain

Les travaux de préparatoire pour l'exécution des déblais et des remblais comprennent les opérations suivantes :

- Tracé de la route ;
- Dégagement de l'emprise de la route ;
- Décapage de la terre végétale.

a. Tracé de la route

Pour permettre la réalisation des travaux de terrassement dans de bonnes conditions, il convient d'effectuer des travaux de piquetage permettant d'une part de matérialiser le tracé de la route et d'autre part de déterminer sur le terrain la hauteur ainsi que la limite des zones de déblai et de remblai.

b. Dégagement de l'emprise de la route

Ces travaux comprennent l'abattage des arbres, le dessouchage, les démolitions diverses, les déplacements des réseaux, etc.

c. Décapage de la terre végétale

Ces travaux consistent à enlever la couche superficielle du terrain naturel sur une épaisseur bien déterminée de l'ordre de 15 à 20 cm, de façon que les débris d'arbres (racines, branches, feuilles) et la terre végétale, soient entièrement enlever.

Des pentes transversales de 2 à 4% seront prévues afin de permettre l'évacuation des eaux de pluies et de ruissellement. Ces travaux peuvent être réalisés à l'aide d'un bouteur ou encass défaut, à l'aide d'une pelle mécanique.

VII.5.2.2. Les terrassements

L'objet des terrassements est double :

- Modifier le terrain naturel pour l'amener au niveau prévu par le projet.
- Préparer une plateforme support de qualité nécessaire d'ordres géométrique et mécanique

Les travaux comprennent :

- L'exécution des déblais ;
- L'exécution des remblais ;
- L'exécution de la plateforme support de la chaussée.

a. Exécution des déblais

L'exécution des Travaux de déblai était comme suit :

- Délimitation de la limite de la zone d'extraction de déblai en reliant les piquets d'assises par une corde et tracer une bande blanche sur le sol ;
- Pour les dépôts, ils sont réalisés sur des emplacements adéquats, qui en aucun cas ceci ne devrait compromettre l'assainissement de la plateforme en perturbant l'écoulement des eaux pluviales u en facilitant l'obstruction des fossés ;
- Le régavage des fossés est fait à l'aide des engins ;
- Dans le cas de terrassement en déblai, les fonds des déblais avant mise en œuvre des couches de chaussées, sont compactés à au moins 95% OPM sur les 25 derniers

centimètres.

b. Exécution des remblais

L'objectif principal est obtenu un remblai stable qui supporte la chaussée sans tassements qui seraient préjudiciables à sa bonne tenue.

Pour atteindre cet objectif, il convient de respecter les règles ou dispositions particulières de mise en œuvre et qui se résument comme suit :

- Exécuter le remblai par couches successives au moyen de bouteurs ;
- Régalage avec une niveleuse d'une couche de 25 cm d'épaisseur de matériaux provenant de gite déjà identifié ;
- Densifier chaque couche par un compactage méthodique ;
- Apporter un soin particulier à l'exécution de sa partie supérieure qui recevra la chaussée.

La même opération se répète jusqu'à l'obtention de la cote finale du projet indiqué sur les piquets topographiques.

c. Réalisation de la plateforme support de la chaussée

En règle générale, on entend par plate-forme, la couche des 30cm supérieur des terrassements. En déblai comme en remblai, la couche supérieure des terrassements doit posséder des qualités suffisantes pour recevoir la chaussée. Les matériaux qui la composent doivent être de bonne qualité et leur compactage particulièrement soigné pour leur conférer une portance satisfaisant.

Par ailleurs, un bon réglage de la surface et des pentes transversales de 2 à 4% doit être obtenu afin de permettre l'évacuation des eaux de pluies et de ruissellement. Le réglage de la surface est réalisé par une niveleuse.

VII.1. Implantation des ouvrages

Lors de la réalisation de projet d'ouvrages, la topographie tient une place très primordiale. Cela s'explique par la présence permanente d'une équipe topographique, appelée brigade, sur le site d'implantation de l'ouvrage.

L'implantation a pour but de matérialiser sur le terrain la position exacte des divers éléments de l'ouvrage à construire. Elle comporte d'une part le piquetage général qui fixe définitivement la position de l'ouvrage en planimétrie et l'altimétrie

et d'autre part, le piquetage complémentaire qui matérialise les emplacements des divers éléments.

L'équipe topographique joue un rôle de suivre les travaux d'implantation des positions d'ouvrage en altimétrie et planimétrie, tels que les axes et les bordures.

VII.1.1. Méthode d'implantation

Tout d'abord, on densifie un réseau de point d'appui au plus près de l'ouvrage. Ensuite, on effectue le rayonnement à partir de ce point d'appui à l'aide d'une station totale pour planter les points supplémentaires sur l'axe de l'ouvrage.

Enfin, on matérialise l'axe de l'ouvrage par des piquets en fer en altimétrie et on implante des repères de nivelllements aux environs de l'ouvrage. Et à partir de ces nouveaux repères, on détermine les cotes des différents points des ouvrages.

VII.1.2. Implantation de dalots

On se stationne sur un point de canevas le plus proche possible pour qu'on puisse planter par rayonnement à partir de la Station Totale. Puis, on implante les points A,B,C et D définissant l'axe de dalots. Ces points sont matérialisés par des piquets et situés hors zone de terrassement.

Après avoir implanté le dalot, on détermine les cotes des fonds de fouilles. Il suffit de soustraire les côtes du terrain naturel à celles déterminées par le projet. On met des piquets pour indiquer le profondeur de fouille.

VII.1. Implantation de la chaussée

Avant d'effectuer l'implantation des différentes couches de la chaussée, l'équipe topographique doit suivre et réimplanter les piquets d'axe, bordure, accotement ainsi que la largeur et la pente de talus, déjà implantés sur la plate-forme.



Figure 17: Réimplantation de piquet d'axe

VII.1.1. Construction de la chaussée

Les travaux de mise en œuvre de la structure des chaussées sont effectués comme suite :

- Mise en œuvre de la couche de forme ;
- Mise en œuvre de la couche de fondation en matériaux sélectionnés de 25 cm d'épaisseur ;
- Mise en œuvre de la couche de base en graves concassées 0/31.5 de 15 à 20 cm et imprégnée sur toute la largeur de la chaussée et les accotements ;
- Mise en œuvre des couches de finitions (imprégnation en enduit superficiel monocouche) ;
- Réalisation d'un revêtement en béton bitumineux sur une largeur de 6 mètres.

VII.1.2. Mise en œuvre éventuelle d'une couche de forme

La couche de forme termine la phase des travaux de terrassements ; elle constitue un élément prépondérant pour la bonne exécution des couches de chaussée.

La finition des travaux de terrassements consiste à exécuter des déblais jusqu'au niveau de la ligne rouge « terrassement », inscrit dans la donnée théorique du profil en long.

Les Travaux de finition de terrassements comprendront des Travaux de réglage de nivellation et de compactage. Ils sont exécutés sur la forme définitive, soit la partie supérieure des remblais dans les zones de remblais.

Ainsi la couche de forme sera soumise à un compactage général, de façon à obtenir partout un poids volumique sec sur les 25 cm supérieurs au moins égal à 95%OPM.

En fin de travaux, il est nécessaire de contrôler la cote, la largeur, la position par rapport à l'axe et forme des terrassements aussi bien en remblais qu'en déblais.

VII.1.1. Mise en œuvre de la couche de fondation

La mise en œuvre de la couche de fondation suit les étapes suivantes :

- Arroser la plate-forme
- Amener les matériaux sélectionnés à l'aide du camion à benne, puis en basculant, le camion verse en quantité le volume de la couche le plus proche à aménager ;
- Répandre et régaler les matériaux pour la réalisation d'une couche d'épaisseur uniforme et conforme à l'épaisseur uniforme et conforme à l'épaisseur voulue qui est l'épaisseur foisonnée de 20 cm ; ainsi d'avoir une surface de couche.
- Aussi régulière que possible, ceci est fait à l'aide de la niveleuse ;
- Le conducteur règle sa lame à une hauteur correspondant à l'épaisseur à répandre avant compactage. Il lui donne un biais destiné à permettre un glissement régulier du matériau le long de la lame. L'angle d'attaque de celle-ci est également choisi vers l'avant de façon à favoriser l'écoulement et le serrage.
- Compacter les matériaux répandus à l'aide d'un compacteur à rouleau lisse vibrant, on effectue le nombre de passes adéquats issu de la planche d'essai pour avoir la compacité optimale, ainsi on a employé des petits compacteurs pour assurer.

Mise en œuvre de la couche de base

La mise en œuvre de la couche de base a été comme suit :

- Réimplantation des piquets d'axe, bordure, accotement ainsi que la largeur et la pente de talus, déjà implantés sur la couche de fondation ;
- Préparation du support ;
- Apport du grave concassé et étalage à sec sur toute la largeur de la chaussée

par les camions à benne ;

- Arrosage du camion- citerne, puis régalage et malaxage des graves sur la longueur de la chaussée à l'aide de la niveleuse ;
- Réglage et mise en forme de la niveleuse pour l'obtention de l'épaisseur voulue ;
- Compactage de la couche de base par le compacteur à rouleau vibrant.

Mise en œuvre de la couche d'imprégnation

Après avoir bien balayé la couche de base, on imprègne la couche de base avec une lance à raison de 1,2 Kg/m². Ainsi, toute circulation dans le chantier sera interdite sur une couche imprégnée non sablée.

On attend 6 heures pour faire le sablage ; cette durée de heures a pour but d'évaporer les solvants dans le liant. Après le sablage, la circulation devra être limitée à une vitesse de 40 Km/h.

Mise en œuvre de la couche de revêtement en enduit superficiel

C'est la couche qui recevra les roues des véhicules, elle dépend de l'intensité du trafic qui donnera la structure de la couche à confectionner ; elle est aussi la couche supérieure de chaussée qui subit directement les agressions de la circulation et des intempéries.

Avant l'exécution du premier répandage du liant, on avait fait un nettoyage et un balayage de la chaussée à revêtir. Le répandage ne sera entrepris que si la chaussée est entièrement en parfait état de propreté.

Pour la réalisation de cette bicouche classique, on avait fait un nettoyage et un balayage de la chaussée à revêtir. Le répandage ne sera entrepris que si la chaussée est entièrement en parfait état de propreté.

Pour la réalisation de cette bicouche classique, on avait défini comme suit :

- Répandage sur demi-chaussée de la première couche d'émulsion cationique à rupture rapide à teneur en bitume de 65% sur la couche imprégnée à raison de 1,2 Kg/m² ;
- Répandage des gravillons 10/14 à raison de 10litres/m² ;
- Répandage de la deuxième couche d'émulsion cationique à rupture rapide à

teneur en bitume de 65% sur la couche d'imprégnée à raison de 0,8Kg/m² ;

- Répandage des gravillons 6/10 à raison de 7 litres/m² ;

Implantation d'équipement de route

Après avoir implanté la chaussée, on procède à l'implantation d'équipement de la route.

Cette implantation a été effectuée comme suit, on implante :

- Panneaux signalisations ;
- Balises de virages ;
- Bornes kilométriques.

VII.1.3. Implantation des panneaux

On implante les panneaux en générale sur l'accotement à une distance suffisante du bord de la chaussée pour qu'ils ne présentent pas le risque pour la circulation. Hors

agglomération, les panneaux sont en principes placés à 1 m au-dessus du sol, hauteur

assurant la meilleure visibilité lorsqu'ils sont frappés par les feux de véhicules. En zones urbaines ; ils sont placés à 2.3 m au-dessus du sol pour ne pas gêner la circulation des piétons et pour tenir compte de véhicules qui peuvent les masquer.

VII.1.4. Implantation des balises de virages

Les balises de virage ont pour objet de matérialiser le tracé extérieur des virages les plus dangereux. Ces balises sont peintes en blanc. Leur tête peut être peinte en rouge sur une hauteur de 250mm.

On implante deux ou trois balises avant et après le début du virage. L'espacement des balises doit être suffisamment réduit pour que quatre balises au moins champ visuel.

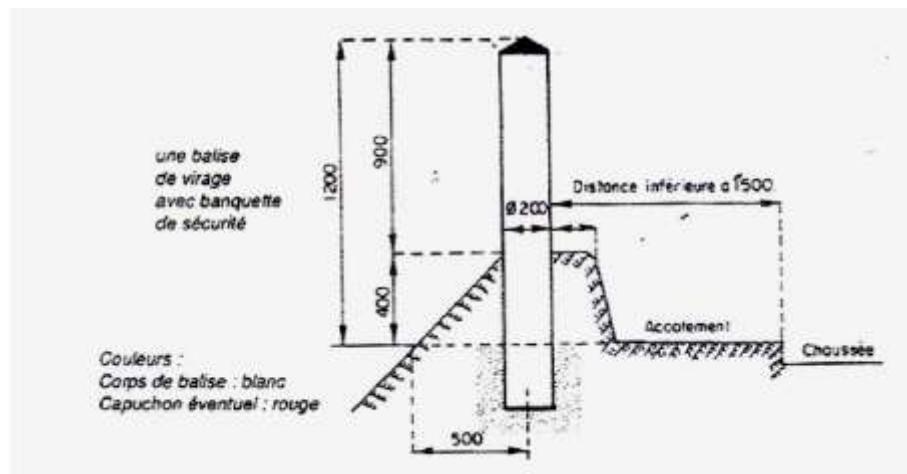


Figure 18 : Balise de virage

VII.1.1. Implantation des bornes kilométriques

Le long de la route, on implante des bornes kilométriques qui déterminent la position de chacun de leurs points. Ces bornes sont toujours du côté gauche de la route, et autant que possible sur la crête extérieure de l'accotement. Sur une route très étroite, elles sont mises en dehors du fossé ou sur les banquettes de sûreté.

Ce bornage offre une certaine utilité pour les voyageurs auxquels il fournit des renseignements sur les marchés et sur les distances qu'ils parcourront entre les villes traversées par les routes.

Nous remarquons qu'à chaque implantation d'équipement de la route, on stationne au point d'appui de la polygonale de base qui se situe au plus proche de terrain à planter en effectuant un levé par rayonnement. On contrôle en stationnant sur un autre point d'appui et on le vérifie par le mesurage de chaîne.

CHAPITRE VIII : Reconnaissance visuelle de la route existant et solution proposée

1. Généralité

Actuellement, la section centrale de la Route Nationale n°5 est en générale une route en terre. Elle évolue à travers un relief plat vallonné sur 80 km dans un terrain principalement sablonneux le long du littoral de la côte Est et à travers un relief difficile à travers les collines surplombant la mer sur 40 km dans un terrain principalement limoneux argileux.

2. Tronçon 1 du PK 0+000 Soanierana Ivongo au PK 75+835 Vahibe

Le Tronçon 1, long de 75,835 km, débute devant la Mairie au croisement vers l'ancienne embarcadère de Soanierana Ivongo (PK 0+000 = PK 163+000 de la RNS 5) et se termine au PK 75+440 (à la sortie du village de Vahibe). C'est une route en terre en assez mauvais état, rendant ainsi difficile la traficabilité de la route.

Dans les 30 premiers kilomètres du Tronçon 1 il a été prévu en phase d'APD trois déviations de la route actuelle qui traverse la plaine sableuse et inondable de la pointe Tanio sur environ 25 km et le val d'inondation du fleuve Fandrarazana.

- Première déviation : du PK 0+000 au PK 1+950 (devant la Mairie au croisement vers l'ancienne embarcadère de Soanierana Ivongo) au niveau du village de Maitsokeley.
- Deuxième déviation : du PK 4+150 (croisement vers Antanifotsy) au PK 24+180 au niveau du village d'Antanambao.
- Troisième déviation : du PK 25+880 au PK 30+600 pour enjamber le fleuve Fandrarazana (OF6) un peu en amont du bac actuel.
- La piste actuelle est relativement carrossable. La durée du trajet est allongée du fait de l'existence de 6 fleuves à traverser par bac.

2.1.Première déviation du PK 0+000 au PK 1+950

Figure 19 : - Première déviation



2.2.Tracé actuel du PK 1+950 au PK 4+150

Ensuite, la route rejoint le tracé actuel à la sortie du village de Maitsokely, en alignement droit avec un profil en remblai de faible largeur et épaisseur, totalement dégradé avec des ornières profondes avec stagnation d'eau.



Tracé actuel – Terrain sableux avec ornière profonde

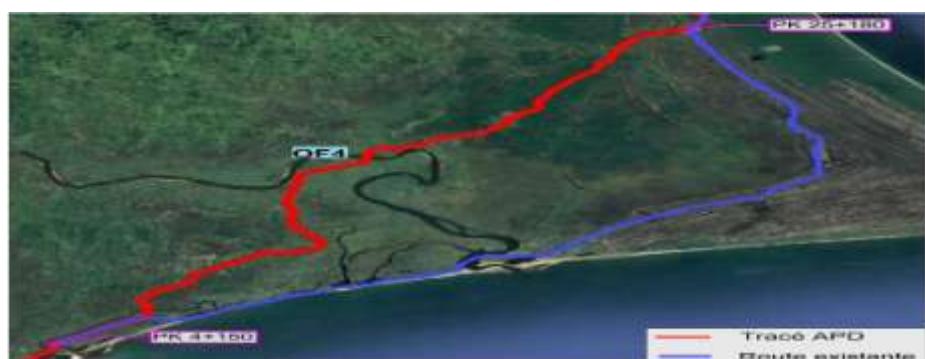


Tracé actuel – Terrain sableux avec ornière profonde et stagnation d'eau

| | |
|---|--|
|  |  |
| Tracé actuel – Ouvrage existant au PK 2+925 | Tracé actuel – Traversée du village de Nosibe avec stagnation d'eau |

2.3. Deuxième déviation du PK 4+150 au PK 25+180

Figure : - Deuxième déviation



Le tracé quitte la route actuelle au niveau du PK 4+150, traverse la rivière Antarosa (OF3) où un bac communal en bidons permet la traversée actuellement.

La nouvelle route serpente toujours la plaine avec une plateforme sableuse mais en s'éloignant de la mer jusqu'au PK 6+850, traverse le village d'Antanifotsy en profil mixte avec des pentes et rampes moyennes jusqu'à la sortie du village de Mahatsara situé au PK 13+075 avant de bifurquer ensuite dans la plaine rizicole avant de traverser la rivière Andrangazaha (OF4).

Du PK 15+500 au PK 16+525, la route continue dans la plaine rizicole avant de monter au village d'Anjahambe, traverse une succession de village (Manjato I, Manjato II et Andranomalany) du PK 16+525 au PK 19+400. A partir du 23+500, le tracé traverse le parc national en flanc de collines avant d'aboutir au village d'Antanambao (croisement avec l'axe actuel au PK 25+225) après l'OF5.

La plateforme est constituée de sable limoneux à sable fin brun au début du tronçon puis de Limon Argileux Sableux jaune en pied de collines (PK 13+200 au PK 19+800) pour redevenir enfin en Sable jaune à blanchâtre avec quelques passages de zones marécageuses, en sable Limoneux ou Limon Argileux.

Sur l'itinéraire, les principales dégradations observées sont les suivantes :

- Ravinements longitudinaux sur des sections de pentes élevées ;
- Ravinements transversaux notamment au droit des virages serrés, et donc trop déversés ;
- Grosses ornières notamment au niveau des sections plates sans assainissement ;
- Bourbiers au droit des passages où le mauvais sol est combiné avec un mauvais drainage.

| | |
|---|--|
|  |  |
| Début 2ème déviation - Croisement vers Andrangazaha au PK 4+188 | Site d'implantation de l'OF3 – Traversée avec un bac à bidon au PK 4+525 |
|  |  |
| Gîte G3 au PK 5+917 CG | Etat de la route vers le PK 10+200 du nouveau tracé |

2.4. Tracé actuel du PK 25+180 au PK 25+880

A partir du PK 25+180, la route reprend le tracé actuel sur moins d'un kilomètre. C'est une zone plate sableuse longeant le village d'Antanambao.

On note sur ce tronçon un ponceau en BA à reconstruire.

| | |
|--|--|
|  |  |
| Tracé actuel – Croisement avec la route actuelle au niveau du village d'Antanambao | Tracé actuel – Ponceau BA au PK 25+290 |

2.5. Troisième déviation du PK 25+880 au PK 30+600

Figure 20:- Troisième déviation



La 3^{ème} déviation quitte la route actuelle pour traverser la rivière Fandrarazana à environ 2 km plus en amont du site du bac actuel.

La plateforme existante est sableuse de portance moyenne jusqu'au PK 28+300 suivie d'une zone marécageuse à sable mou de très faible portance (CBR = 4 à 5) jusqu'au PK 30+600, avec de faibles végétations.

3.Solutions envisageables pour le pont de Mahavoy

La présente note a pour objet de clarifier et de fournir une analyse multicritère pour la rectification de tracé au niveau du pont de Mahavoy situé au PK 73+777.

L'objet de la présente proposition est à la fois de :

- Optimiser l'économie en maintenant l'ouvrage existant en service et de corriger le tracé existant en arrivant droite sur le pont existant. A cet égard, un avant-projet pour deux variantes de tracé a été présenté (voir les pièces graphiques).

Figure :- Solution APD pour l'OF10 = OA23 Pont de Mahavoy - Démolition totale de l'ouvrage existant et reconstruction d'un nouvel ouvrage en biais



Solution 1 :Conserver et entretenir l'ouvrage existant et rectifier le tracé en déplaçant le cimetière

Cette variante 1 est fondée sur l'hypothèse que le cimetière existant sera complètement déplacé. Elle s'étend sur un linéaire de 626 m jusqu'à la sortie de l'ouvrage. La totalité du tracé est quasiment en déblais et aucun ouvrage de confortement ne sera nécessaire (cf. figure ci-après).

Figure - Variante 1 pour l'OF10 = OA23 Pont de Mahavoy - Conserver et entretenir l'ouvrage existant et rectifier le tracé en déplaçant le cimetière



Au point de vue socio-environnemental, les Autorités locales et les Tangalamena nous ont informé lors de notre visite du site que les propriétaires des caveaux du cimetière sont déjà au courant et ont déjà donné leur accord pour le déplacement du cimetière pour améliorer le projet mais en respectant le rituel d'usage.

Solution 2 : Conserver et entretenir l'ouvrage existant et rectifier le tracé en contournant la butte avec le cimetière .

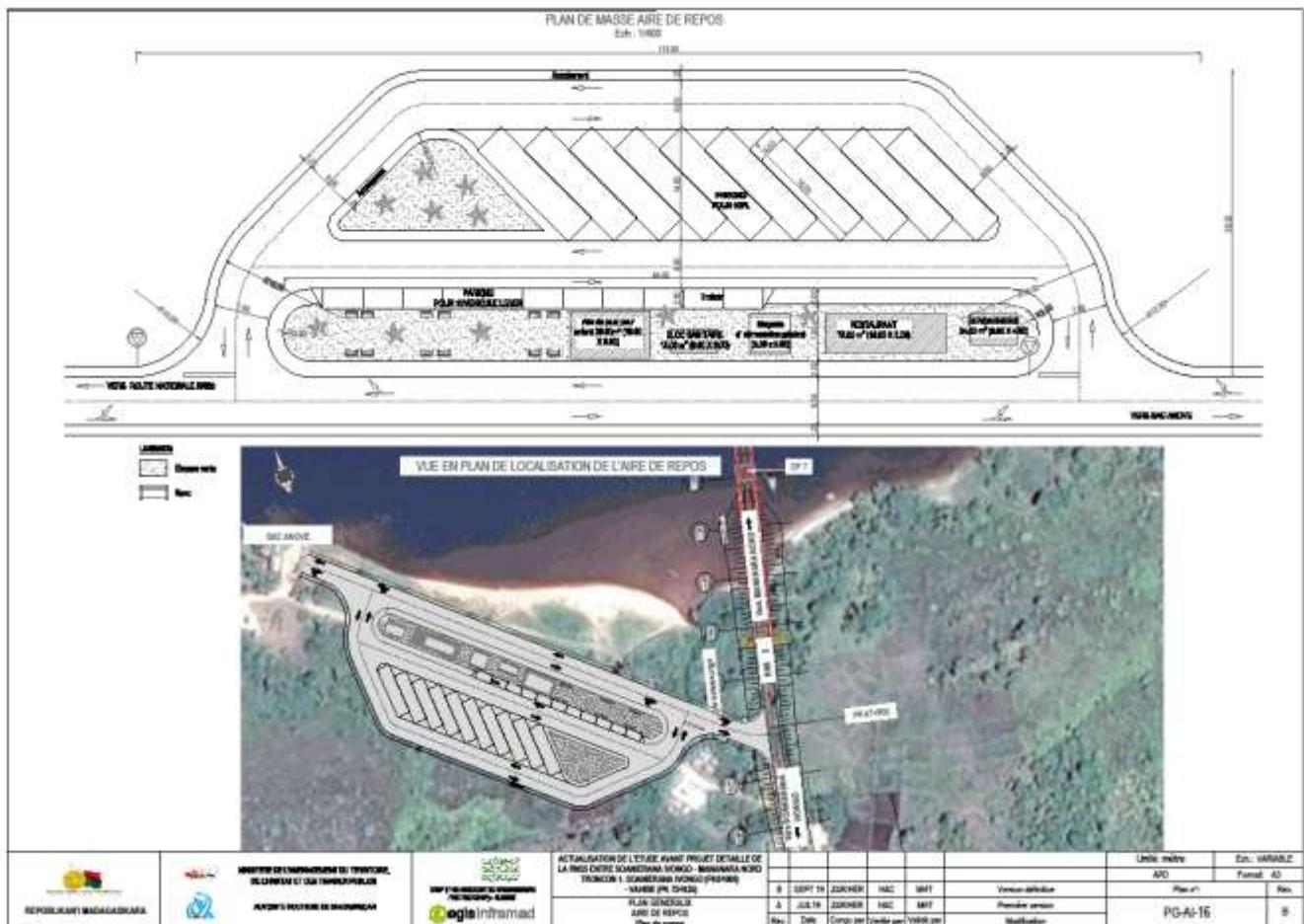
Cette variante 2 préserve une partie du cimetière en le contournant par la gauche à partir du PK 73+329 puis longeant le ruisseau affluent sortant à l'amont du pont. Le nouveau tracé fait 675 m jusqu'à la sortie de l'ouvrage.

La faisabilité technique sera confirmée en détails après la réception des levés topographiques notamment pour la partie longeant la rivière. En effet, cette section nécessitera un éventuel ouvrage de confortement.



3.5 Aire de repos

Conformément aux instructions du Maître d’Ouvrage une aire de repos doit être implantée tous les cinquante kilomètres de l’itinéraire. L’emplacement retenu conjointement avec le Maître d’Ouvrage est au PK 47+800 proche du bac de Anove. Elle est schématisée ci après:



PARTIE III : IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

CHAPITRE I : ANALYSE FINANCIERE

Avant d'entamer un projet de toute sorte estimation préalable du cout financier du projet doit être élaborée tant de la part du maître d'œuvre que de l'entreprise titulaire. Pour ainsi prévoir le montant approximatif à mobiliser lors de l'exécution des travaux.

1. *Evaluation du cout des opérations topographiques :*

1.1 *Travaux sur terrain :*

Tableau 34: sous détails de prix de travaux topographiques

| Désignation | Qualification | Nombre | Nombre de jour | Taux Journalière(Ar/j) | Total (Ariary) |
|--|----------------|--------|----------------|------------------------|----------------|
| Manager d'équipe | Ingénieur | 1 | 30 | 100 000 | 3 000 000 |
| Ingénieur qualité | Ingénieur | 1 | 30 | 100 000 | 3 000 000 |
| Vérificateur | Géomètre | 1 | 30 | 100 000 | 3 000 000 |
| Chef d'équipe | Aide-ingénieur | 1 | 30 | 75 000 | 2 250 000 |
| Technicien | Technicien | 2 | 30 | 50 000 | 1 500 000 |
| Manœuvre | - | 4 | 30 | 20 000 | 600 000 |
| Estimation total de la main d'œuvre (Ariary) | | | | | 13 350 000 |

Les travaux topographiques sont inclus dans les travaux préparatoire dans le sous détail des prix des projets (série 01 – Annexe 9)

1.2 *Matériel de production :*

Tableau 35:coût de location des matériels de production

| Désignation | modèle | qualité | Nombre de jour | Cout locative | Total (Ariary) |
|------------------|--------------|---------|----------------|---------------|----------------|
| GPS | S82, S86 | 4 | 30 | 300000 | 36000000 |
| Niveau numérique | SDL30 | 1 | 30 | 80000 | 2400000 |
| Station total | NTS36R | 1 | 30 | 50000 | 1500000 |
| GPS (portatif) | Coloris N300 | 2 | 30 | 10000 | 600000 |

| | | | | | |
|---------------------------|--------------|---|----|--------|----------|
| Ordinateur portable | - | 6 | 30 | | 0 |
| Walkie-talkie | TH307 | 8 | 30 | | 0 |
| HP Color laser jet | F307 | 1 | 1 | | 0 |
| HP Color laser jet | F700 | 1 | 1 | | 0 |
| Véhicule (tout terrain) | Jeep, Toyota | 2 | 30 | 200000 | 12000000 |
| Estimation total matériel | | | | | |

1. Evaluation du coût des travaux :

Les sous détail des prix et des prestations du titulaire des travaux est présenté en annexe, le tableau suivant présente les montants alloués à la construction du projet. Il est à remarque que la somme destine à l'expropriation des terrains ne fait pas partie des sommes présenté ci-dessous :

Tableau 36: Prix des travaux de construction

| Désignation | | Montant (Ar) |
|--------------|---------------------------------------|---------------------|
| SERIE 01 | INSTALLATION DE CHANTIER | 32 793 997 801,54 |
| SERIE 02 | TRAVAUX PREPARATOIRES ET TERRASSEMENT | 285 867 528 007,79 |
| SERIE 03 | ASSAINISSEMENT ET DRAINAGE | 11 671 643 952,63 |
| SERIE 04 | CHAUSSEE | 82 925 560 001,72 |
| MONTANT HTVA | | 413 258 730 763 ?68 |
| TVA 20% | | 82 651 746 152,736 |
| MONTANT TTC | | 495 910 476 916,416 |

CHAPITRE II: IMPACTS SOCIO- ECONOMIQUE

I. Impact Sociaux

Le projet d'infrastructure routier a un conséquent en milieu urbain. Ce projet a un impact sur le plan social surtout en terme l'expropriation foncière pour cause d'utilité publique des terrains qui sont requis pour la construction de cette route.

1. *Les mesures d'accompagnement aux impacts sociaux :*

Etant donné que le présent projet de construction se trouve à proximité de nombreuse agglomération tant urbain que rurale plusieurs impacts sociaux peuvent être induits par ce dernier. Donc pour contribuer à la résilience et atténuer l'impact direct sur la vie de la population environnante par rapport au projet on doit mettre en œuvre des mesures d'accompagnement dont voici quelques-unes :

- Procéder raisonnablement à la mise en place du passage et des ouvrage d'assainissement sans détruire le système d'irrigation agricole locale pour avoir un moindre impact sur la vie et l'activité des riverains le long du tracé.
- Minimiser la démolition et la surface d'expropriation du terrain, bien coordonner la démolition et la réinstallation pour les habitants et le bétail dans l'emprise du projet.
- Prêter l'attention à la sensibilisation du personnel en matière de sécurité du travail, de santé ; renforcer la gestion de la discipline ; réduire la propagation du sida.

2. *Expropriation foncière :*

2.1. Définition :

L'expropriation dit d'utilité publique est le fait de retirer par des moyens légaux la propriété d'un bien foncier. L'expropriation est faite par une compensation monétaire de la valeur du bien en question à partir d'une caisse dont les fonds y sont alloués. Généralement, il n'y a pas de barème légal pour l'expropriation d'un terrain mais il reste souvent à l'appréciation des deux parties.

2.2. Cadre légale :

Selon la loi N°60-004 du 15/02/1960 du domaine privé national ; l'Etat Malagasy est présumé propriétaire de tous les terrains non immatriculés ou non cadastrés ou non appropriés en vertus de titre réguliers de concession ou selon les règles du droit commun public ou privé. Les nationaux Malagasy continueront de jouir des droits d'usage traditionnels et de la possibilité de faire des cultures vivrières saisonnière nécessaires à la substance de la famille.

1.1. Procédure d'expropriation pour cause d'utilité publique :

Selon la loi relative, à l'expropriation pour cause d'utilité publique de l'ordonnance 62-023 du 19 septembre 1962. La législation Malagasy prévoit un processus d'expropriation qui respecte les grandes étapes généralement préconisé par les pratiques internationales.

Tableau 37: processus d'expropriation

| Etapes | PROCESUS D'EXPROPRIATION |
|--------|--|
| 1 | Indentification préliminaire des terrains touchés et de leur statut en réalisant si possible des états parcellaires préliminaires. |
| 2 | Consultation publique pour valider et compléter l'indentification grâce à l'enquête « commodo et incommodo » (enquête administrative à une déclaration d'utilité publique) |
| 3 | Etablissement de plans des états parcellaires |
| 4 | Décret Déclaratif d' utilité Publique (DUP) |
| 5 | Organisation d'une commission administrative qui détermine d'indemnité |
| 6 | Production de procès-verbal PV par la commission administrative |
| 7 | Révision du PV par le chef de service de la Directeur des domaines et par le ministère dont relève le sous projet |

| | |
|----|--|
| 7 | Révision du PV par le chef de service de la Directeur des domaines et par le ministère dont relève le sous projet |
| 8 | Approbation du PV par le ministère des finances publique |
| 9 | Budgétisation des indemnité et autres coût par le ministère des finances publique pour un sous projet d'utilités publiques |
| 10 | Notification des indemnités aux personnes intéressées |
| 11 | Acceptation ou non de l'offre d'indemnité |
| 12 | En cas d'acceptation de l'offre, préparation des actes de cession à l'amiable du terrain et paiement des indemnités |
| 13 | En cas de refus, le tribunal civil est saisi pour le dossier |

Le but primordial de cette politique est de faire en sorte que les populations qui ont dû céder leurs biens soient traitées équitablement. Il n'y a aucun article de la loi sur l'expropriation qui stipule expressément que seules les personnes détentrices d'un titre légal de propriété ou

d'un titre attributif sont indemnisées dans le cadre de l'expropriation pour cause d'utilité publique. Au contraire la législation Malagasy donne raison aux occupants sans titre en application de la disposition sur la mise en valeur effectué sur les terrains domaniaux ;

II. Impacts Economiques

Les impacts économiques d'un projet routier sont multiples, leurs avantages sont considérables et plus bénéfiques pour la population par rapport aux inconvénients qui sont négligeables. Les indicateurs de la situation économique des différentes zones traversées par le projet routier sont :

La prévalence de la pauvreté (niveau de vie de la population) :

- ❖ La santé ;
- ❖ L'éducation ;
- ❖ L'enclavement.

Les impacts sur la situation économique auront des répercussions sur ces différents indicateurs. Ces indicateurs constituent des indices sur la nécessité du projet dans le développement de la Région et du pays tout entier. L'évaluation de cette nécessité repose sur des analyses multicritères concernant la population et l'économie de la Région.

Vu que le développement économique de la Région et la condition de vie de la population locale sont étroitement liés, l'impact économique se résume surtout sur les activités économiques de la population.

1. Impacts sur l'agriculture et l'élevage

Vu le potentiel agricole de ces deux Régions, la réouverture de la route permet l'arrivée des machines agricoles à des prix abordables et des techniques plus modernes pour accroître le rendement. Le flux d'échange entre les agriculteurs le long de la route favorise le transfert des connaissances agricoles pour améliorer la productivité.

Grâce à l'ouverture de la circulation sur la RN 5, des techniciens agronomes vont pouvoir circuler facilement d'une commune à l'autre pour aider les paysans. De plus, la route facilite la surveillance des champs au moment des récoltes, empêchant ainsi les actes de vandalismes. Enfin la réhabilitation de cette route va améliorer la condition de vie des paysans grâce aux différentes infrastructures agricoles (canaux d'irrigation, petits barrages,...) construites à l'aide des retombées économiques des activités engendrées autour de la route.

De même pour le développement de l'élevage, l'aménagement de la route permet aux vétérinaires d'aller au contact des éleveurs pour prodiguer les différents vaccins animaliers. De plus, la réouverture de la route facilite l'accès des éleveurs aux marchés locaux. La route met les paysans à l'abri des spéculations des opérateurs grâce à l'arrivée de la concurrence. Comme l'agriculture et l'élevage sont les deux types d'activités complémentaires dans le monde rural, les impacts sur l'un auront toujours des répercussions sur l'autre, aussi bien positives que néfastes.

Cependant, durant la réalisation de la route, certains agriculteurs ont abandonné leurs activités pour aller travailler au chantier car l'embauche locale fournit la majorité des ouvriers. Ce travail constitue une autre source de revenu pour la population locale mais il peut aussi nuire à la production jusqu'à la fin du chantier.

L'expropriation des terrains agricoles dans l'emprise du projet peut provoquer des litiges parce que la plupart de ces propriétés ne sont pas enregistrées.

2. Impacts sur le commerce et le transport

La principale fonction d'une route est le désenclavement des localités. Le développement des transports permet aux agriculteurs d'acheminer eux-mêmes leurs produits vers les marchés. En plus le coût de transport qui dépend en partie de l'état de route, l'aménagement de celle-ci va réduire considérablement les frais de transport des marchandises. Le développement du commerce des produits régionaux (agricoles, élevages, artisanales, forestiers,...) va apparaître sur les bords de la route dès sa mise en service.

3. Impacts sur la santé et l'éducation

La réhabilitation de la route permet aussi pour les médecins de travailler sur plusieurs communes car le problème des communes rurales est le manque d'un corps médical qui

empêche les constructions des infrastructures sanitaires. En outre le mauvais état de la route décourage les personnes d'aller vers les centres sanitaires, sa réhabilitation va augmenter le taux d'accessibilité de la population aux différents centres sanitaires et pédagogiques.

L'accroissement du taux de fréquentation de la route favorise l'échange culturel d'une communauté à l'autre. La population peut s'instruire auprès des différentes ONG qui vont s'implanter dans la Région réduisant ainsi le taux d'alphabétisation.

Le principal aspect économique d'un aménagement routier est le trafic. Pour évaluer l'impact du projet routier sur le développement, il est primordial de connaître les flux de transport avant la mise en service du projet et de faire une projection du trafic à l'horizon d'étude.

CHAPITRE III : IMPACT ENVIRONNEMENTAUX

L'étude d'impact sur l'environnement (EIE) consiste sur l'analyse scientifique et préalable des risques d'incidences environnementales découlant d'un projet prévu. L'EIE établit les mesures qui peuvent être adoptées pour contrer les effets environnementaux négatif ou pour les réduire à des niveaux acceptables au préalable.

L'EIE est donc une approche proactive et préventive en matière de gestion et de protection environnementales de tout projet ayant une importance significative sur le milieu environnemental.

1. Cadre légale :

Madagascar dispose d'un certain nombre de texte juridique et de règlementation en matière de protection environnemental : la loi portant charte de l'environnement Malagasy puis les décrets et arrêt relatifs à son application, ainsi que les autres lois, décret et arrêt spécifiques aux diverses composantes de l'environnement, dont entre autres le MECIE. Selon les dispositions de ce décret 99-94 du 19 septembre 1999 modifié par le décret n° 2004-167 du 03 février 2004, elles prévoient les investissements susceptibles de porter atteinte à l'environnement soit soumis à une Etude d'Impact Environnement (EIE). Ce dernier est délivré par l'Office National de l'Environnement et mise en application par l'entreprise en charge du projet.

2. But de l'EIE :

Comme disposition juridique en termes de protection environnementale, une Etude d'Impact Environnemental consiste à :

- ❖ Analyser scientifiquement les impacts potentiels prévisibles du projet sur l'environnement ;
- ❖ Prendre des mesures d'atténuation permettant d'assurer l'intégrité de l'environnement suivant les meilleures technologies disponibles et à un coût économiquement acceptable ;
- ❖ Examiner le degré d'acceptabilité de ses effets sur l'environnement ;

3. Description du milieu récepteur :

Plusieurs milieux sont directs ou indirectement touchés par la mise en œuvre de ce projet d'infrastructure dont :

- ✓ Le milieu physique ;
- ✓ Le milieu biologique ;
- ✓ Le milieu humain

3.1. Le milieu physique :

Le milieu est défini par l'eau, le sol et l'air, qui signifie une analyse nécessitant des données relatives à la climatologie, la géologie, la géomorphologie, l'hydrologie, l'hydrogéologie et les risques naturels

3.2. Le milieu humain :

Le milieu biologique est défini comme étant la végétation et la faune l'appréciation des impacts sur le milieu biologique se porte sur les écosystèmes aquatiques, les écosystèmes terrestres. Les études de terrain permettent à caractériser la faune et la flore, et à partir de cet état initial, les évolutions prévisibles des différents écosystèmes pourront être déterminées

3.3. Le milieu humain :

Le milieu humain concerne les données de civilisation, les aspects socio-économique, l'habitat, la santé publique, et bien d'autres données encore puisqu'il s'agit du principal récepteur.

4. Mode d'évaluation :

4.1. Evaluation de l'importance de l'impact :

L'importance de l'impact peut être Majeure, Mineure, Moyenne.

- Majeure : si l'intégrité de la nature d'un élément et son utilisation sont modifiées de façon importante autrement dit si l'Impact met en danger la vie d'individu ou la survie d'une espèce animale ou végétale.
- Moyenne : l'intégrité de la nature d'un élément et son utilisation sont modifiées de façon partielle c'est à dire si l'impact ne met pas danger la vie d'individus ou la survie d'une espèce animale ou végétale
- Mineure : l'intégrité de la nature d'un élément et son utilisation sont modifiées légèrement

4.2. Classification des impacts :

Les différents impacts environnementaux peuvent être classifiés suivant différents critères, sur la base de : la valeur, de l'intensité, de la durée et de l'étendu de l'impact.

- ✓ La valeur c'est la note attribuée à un impact environnement suivant son importance
- ✓ L'intensité : c'est l'ampleur de la perturbation ou de la modification. Souvent, nous distinguons 03 degrés de perturbation :

- Faible : modifier les caractéristiques propres de l'élément, son utilisation ou sa qualité.
 - Moyenne : l'impact entraîne la perte ou la modification (ou bonification) de certaines caractéristiques propres à l'élément affecté et en réduit (ou en augmente) légèrement l'utilisation, le caractère spécifique ou la qualité.
 - Forte : l'impact altère de façon significative les caractéristiques propres de l'élément affecté, remettant en cause son intégrité ou diminuant considérablement son utilisation ou sa qualité ; une perturbation positive améliore grandement l'élément ou en augmente fortement la qualité ou l'utilisation.
- ✓ Etendu : elle correspond à la portée spatiale de l'impact considéré. Habituellement, nous distinguons les 3 niveaux d'étendue :
- Ponctuelle : la perturbation est bien circonscrite et touche une faible superficie ou encore utilisée ou perceptible par quelques individus seulement.
 - Zonale : la perturbation touche une zone plus vaste, par exemple une série de lots ou qui affecte plusieurs individus ou groupes d'individus dans la zone d'étude.
 - Régionale : la perturbation touche de vastes territoires ou des communautés d'importance.
- ✓ DUREE : correspond à la période de l'existence de l'impact :
- Courte : s'il touche un élément du milieu pendant une courte période.
 - Moyenne : s'il peut s'échelonner sur quelques jours, semaines ou mois, mais doit être associé à la notion de réversibilité
 - Longue : s'il a un caractère d'irréversibilité et ses effets sont ressentis de manière définitive ou une longue durée : [9]

: l'impact altère ou améliore de façon peu perceptible un élément, sans

4.3. Analyse et identification des impacts :

La méthode adoptée pour appréhender l'impact probable consistait à confronter les activités du projet aux composantes du milieu récepteur. Dans le cadre de ce projet routier, on subdivisera les différents impacts suivant l'avancement du chantier, soit :

- Au cours de l'installation du chantier,
- En phase de chantier
- Au terme des travaux de construction ;

a) Au cours de l'installation de chantier

Tableau 38: Impact environnementale (installation du chantier)

| N° | Source de l'impact | Impact environnementaux | Milieu récepteur | classification | | |
|----|--|-------------------------|-------------------|-------------------|--|------------|
| | | | | Positive/négative | classification | Importance |
| 1 | Aménagement de la base vie | Compactage du sol | Milieu physique | négative | Valeur : faible Intensité : moyenne Durée : temporaire Etendue : locale | Mineur |
| 2 | Transport et stockage des matériels et matériaux | Pollution de l'air | Milieu physique | négative | Valeur : faible Intensité : moyenne Durée : temporaire Etendue : zonale | Mineur |
| 3 | Exploitation des emprunts | Amorce d'érosion | Milieu biologique | négative | Valeur : faible Intensité : moyenne Durée : temporaire Etendue : zonale | Mineur |
| 4 | Utilisation de voix d'accès | Perturbation du milieu | Milieu physique | négative | Valeur : faible Intensité : moyenne Durée : temporaire Etendue : zonale | Mineur |

b) En phase de chantier :

Tableau 39: Impact environnementale (au cours des travaux)

| N° | Source de l'impact | Impact environnementaux | Milieu récepteur | classification | | |
|----|--|---|------------------|-------------------|---|------------|
| | | | | Positive/négative | classification | Importance |
| 1 | Démolition des habitation | Perte en partie ou en totalité des habitations | Milieu humain | négative | Valeur : moyenne Intensité : forte Durée : permanente Etendue : zonale | Majeur |
| 2 | Arrivé de main d'œuvre autochtone | Risque de prolifération de MST et du VIH SID | Milieu humain | négative | Valeur : moyenne Intensité : moyenne Durée : temporaire Etendue : zonale | Mineur |
| 3 | Circulation des engins et camion transporteur des matériel | Risque d'accident à proximités des agglomérations | Milieu humain | négative | Valeur : faible Intensité : faible Durée : ponctuelle Etendue : zonale | Mineur |
| 4 | Mouvement des camion transporteur des matériaux | Perturbation de la circulation des voiture | Milieu humain | négative | Valeur : faible Intensité : faible Durée : ponctuelle Etendue : zonale | Mineur |
| | Modification des eaux de drainage et des eaux d'irrigation | Perturbation d'exploitation des rizières | Milieu humain | négative | Valeur : moyenne Intensité : forte Durée : permanente Etendue : zonale | Majeur |

| | | | | | | |
|----|--|--|-----------------|----------|--|---------|
| 6 | Travaux sur la chaussé et l'emprise | Erosion pollution du sol pollution des eaux | Milieu physique | négative | Valeur : moyenne Intensité : forte Durée : permanente Etendue : zonale | Mineur |
| 7 | Emanation de bruit et de poussière par les camions | Nuisance sonore pollution de l'air | Milieu humain | négative | Valeur : faible Intensité : faible Durée : temporaire Etendue : locale | Mineur |
| 8 | Travaux de terrassement | Maladies respiratoire irréversibles dues à la forte émanation poussières | Milieu humain | négative | Valeur : moyenne Intensité : forte Durée : permanente Etendue : locale | Moyenne |
| 9 | Remblayage des terrains et des rizières | Perte d'une partie ou de la totalité des rizières | Milieu physique | négative | Valeur : moyenne Intensité : forte Durée : permanente Etendue : locale | Majeur |
| 10 | Présence de travailleur | Risque de conflit entre population locale et travailleurs migrants | Milieu humain | négative | Valeur : moyenne Intensité : faible Durée : temporaire Etendue : locale | Mineur |
| 11 | Activité du projet | Création d'emplois | Milieu humain | positive | Valeur : moyenne Intensité : moyenne Durée : temporaire Etendue : régionale | moyenne |

c) Au terme des travaux de construction :

Tableau 40: Impact environnementale (au cours des travaux)

| N° | Source de l'impact | Impact environnementaux | Milieu récepteur | classification | | |
|----|--------------------|--------------------------------------|------------------|-------------------|--|------------|
| | | | | Positive/négative | classification | Importance |
| 1 | Activité du projet | Rejoindre plus rapidement l'aéroport | Milieu humain | positive | Valeur : moyenne Intensité : forte Durée : permanente Etendue : régionale | Majeur |

CONCLUSION

Le district de Mananara Nord se trouve isolé ces dernières années à cause du mauvais état de la route nationale N 5. Or, il est en possession d'énormes richesses en matière de ressources locales, surtout dans le secteur agricole comme la production des girofles, des vanilles et des cafés et il est sous exploité en raison de l'infrastructure routière défaillante.

On a choisi comme thème : «**CONCEPTION ET TRAVAUX DE REHABILITATION DE LA ROUTE NATIONAL RN5 RELIANT SOANIERANA IVONGO-MANANARA NORD**», les principaux objectifs sont : de faire l'analyse et d'améliorer la route par le dimensionnement de la structure de la chaussée en assurant les conditions de confort et de sécurité, la rentabilité économique, l'intégration dans l'environnement et les objectifs socio-économiques visés.

En ce qui concerne le dimensionnement de la structure, on a utilisé la méthode L.N.T.P.B. On a pu calculer les différentes structures des différents tronçons. Le projet de réhabilitation de la RN 5 n'engendrera pas lui-même un risque environnemental majeur étant donné que tous les impacts identifiés, quelles que soient leurs importances, peuvent être accompagnés par des mesures correctives et d'atténuation.

On se consacre particulièrement l'axe reliant la commune d'Antanambe PK 00+ 000 jusqu'à la commune d'Antanabe PK 75 + 835.

Cet ouvrage m'a permis d'acquérir de solides connaissances dans le domaine des Travaux routiers qui constituent une base et une expérience.

Pour conclure, la route est un véhicule de développement à long terme et à l'échelle nationale. Seulement, pour que la route soit durable, il faut mettre en place une politique d'entretien rigoureux, paramètre encore négligé dans notre pays.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Titre : Tout sur la projection Laborde et l'utilisation du GPS à Madagascar
Auteur : ANDRIANARISON Misan'ny Farany Nirina Type : Mémoire de fin d'étude
Nombre de page : 147 Edition : Promotion 2007 Lieu : Bibliothèque E S P A
- [2] Titre : Projet d'étude topographique dans le cadre de la réhabilitation de la RN9, entre DABARA et BEVOAY
Auteur : FANOMEZANTSOA Herilala Axel Type : Mémoire de fin d'étude
Nombre de page : 106 Edition : Promotion 2007 Lieu : Bibliothèque E S P A
- [3] Titre : Topométrie moderne dans la réalisation de projets linéaires (Réhabilitation de la RN43 entre Soavinandriana- Faratsihy)
Auteur : RAKOTOZAFY Herinirina Norbert Type : Mémoire de fin d'étude
Nombre de page : 93 Edition : Promotion 2011 Lieu : Bibliothèque E S P A
- [4] Titre : Etudes topographiques dans le cadre d'un projet d'étude de réhabilitation d'une portion de route en terre située dans la commune fanandrana district toamasina II
Auteur : RAKOTONIRINA Hary Mamy Type : Mémoire de fin d'étude Nombre de page : 90
Edition : Promotion 2012 Lieu : Bibliothèque E S P A
- [5] Titre : Cours de Topométrie Général et Méthode de Levé - Altimétrie
Auteur : Gérard DURBEC Edition : Eyrolles 1991
- [6] Titre : Cours de Topométrie générale Auteur : LEAUTHAUD J
Edition : Marne la vallée, 2003
- [7] Titre : Cours de Route Auteur : Hervé BRUNEL Edition : 2005-2006
- [8] Titre : Cours de Topométrie générale Auteur : LEAUTHAUD J
Edition : Marne la vallée, 2003
- [9] Titre : Monographie de la région de Menabe

Auteur : MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ELEVAGE et DE LA PECHE

Edition : juin 2003

[10] : Titre : Projections et perspectives démographiques Auteur : INSTAT

Type : Rapport

[11] : Titre : Cours de Topométrie générale Auteur : LEAUTHAUD J

Type : Livre

Edition : Marne le Vallée 2003

[12] : Titre : Cours de Topométrie générale Auteur : ESGT

Type : Fascicule

Lieu : Département IGF

[13] : Titre : Routes Auteurs : ARQUIE, ROUDE Type : Livre Tome 2

Lieu : Cite Ambatonankanga

[14] : Titre : Plan National de Transport (2004-2020) Auteur : Ministère des Travaux Publics

Type : Rapport

Webographie

[21] www ign fr 10/06/19

[22] www esgt fr03/10/19

[23] www ensg ign fr20/08/19

[24] www certu fr03/07/19

ANNEXES

| N° Final | PK | | | COORDONNEES | | CARACTERISTIQUES EXISTANTES | | | | | ETAT ACTUEL | BV | Débit (m3/s) | | RECOMMANDATIONS APD | | RECOMMANDATIONS ACTUALISEES | | OBSERVATIONS |
|----------------------------------|----------|--------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|---------|----------|----------|-----------|-------------------------------------|--------|--------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | APD 2011 | APD SANS DEVIATION | APD AVEC DEVIATION MANOMPANA | LATITUDE | LONGITUDE | TYPE | NOMBR E | LARGEU R | HAUTEU R | LONGUEU R | | | Q25 | Q50/Q10 0 | CARACTERISTI-QUES | TRAVAUX A FAIRE | CARACTERISTI-QUES | TRAVAUX A FAIRE | |
| 1 | 0+125 | 0+140 D | 0+234 | 16° 55' 06.9697" S | 49° 35' 06.6348" E | | | | | | BV1 | 1,34 | 1,61 1,84 | Buse F 80 | A créer | DCF 1,00x1,00 | A créer | 1er Changement de tracé | |
| 2 | 0+158 | 0+140 G | 0+237 | 16° 55' 07.5313" S | 49° 35' 05.7525" E | | | | | | | | | Buse F 80 | A créer | DCF 1,00x1,00 | A créer | | |
| 2A | | | 0+303 | 16° 55'05.7300" S | 49° 35' 04.5005" E | | | | | | | | | | | DCF 3,00 x 3,00 | A créer | | |
| BAC 1 SOANIERANA IVONGO PK 0+300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 1+083 | 1+055 | 1+172 | 16° 54' 43.6318" S | 49° 34' 59.2997" E | | | | | | BV3 | 11,3 2 | 17,08 | DCF 4,00x2,50 | A créer | DCF 4,00x2,50 | A créer | Tracé Actuel | |
| 4 | 1+311 | 1+282 | 1+399 | 16° 54' 38.2959" S | 49° 35' 04.5679" E | | | | | | | | | DCF 4,00x2,50 | A créer | DCF 4,00x2,50 | A créer | | |
| 5 | 2+896 | 2+807 | 2+952 | 16° 54' 03.9043" S | 49° 35' 37.3517" E | DM 1,00x1,00 | 1 | 1,00 | 1,00 | 6,05 | BV7 | 10,5 3 | 14,51 | DCF 3,00x2,00 | A démolir et remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | | |
| 6 | 3+674 | 3+584 | 3+729 | 16° 53' 48.9579" S | 49° 35' 58.5405" E | DM 80x80 | 1 | 0,80 | 0,80 | 6,50 | | | | Bon Etat mais longueur insuffisante | A démolir et déplacer au PK 3+743 | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | | |
| | 3+743 | | | | | | | | | | | | | | DCF 3,00x2,00 | A créer | | Annulé | |
| | 4+503 | | | | | Appontement Bac Antarosa | | | | | | | | Inexistant | | | | | 2ème Changement de tracé |
| 7 | 4+805 | 4+673 | 4+819 | 16° 53' 23.3360" S | 49° 36' 16.2189" E | DM 80x80 | 1 | 0,80 | 0,80 | 5,70 | Bon Etat mais longueur insuffisante | BV9 | 4,98 | 6,01 | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------|---|------|------|------|-------------------------------------|-------|------|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 8 | 4+904 | 4+772 | 4+921 | 16° 53' 20.2467" S | 49° 36' 15.5943" E | DMF 80x80 | 1 | 0,80 | 0,80 | 5,65 | Bon Etat mais longueur insuffisante | | | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| | 5+004 | | | | | | | | | | | | | DCF 1,50x1,50 | A créer | | Non appliqué | |
| | 5+215 | | | | | | | | | | | | | DCF 1,50x1,50 | A créer | | Non appliqué | |
| 9 | 6+200 | 6+050 | 6+198 | 16° 52' 51.2414" S | 49° 36' 34.3435" E | Radier | | | | | Inexistant | BV1 0 | 2,86 | 3,45 | DCF 3,00x2,00 | A démolir et remplacer | DCF 1,50x1,50 | A créer |
| 10 | 9+237 | 9+080 | 9+227 | 16° 51' 58.0758" S | 49° 37' 51.0750" E | DM 80x80 | 1 | 0,80 | 0,80 | 5,60 | Bon Etat mais longueur insuffisante | BV1 1 | 4,64 | 5,61 | | A remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer |
| 11 | 9+773 | 9+505 | 9+765 | 16° 51' 52.6545" S | 49° 38' 08.1904" E | DM 80x80 | 1 | 0,80 | 0,80 | 5,60 | Bon Etat mais longueur insuffisante | BV1 2 | 3,40 | 4,10 | | A remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer |
| 12 | 9+849 | 9+694 | 9+841 | 16° 51' 50.5145" S | 49° 38' 09.4221" E | DM 80x80 | 1 | 0,80 | 0,80 | 4,70 | | | | | A remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| 13 | 10+177 | 10+022 | 10+170 | 16° 51' 40.3193" S | 49° 38' 09.9351" E | DM 80x80 | 1 | 0,80 | 0,80 | 7,40 | Bouché à 90% | BV1 3 | 6,95 | 8,40 | DCF 2x4,00x2,50 | A démolir et remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer |
| 14 | 10+500 | 10+383 | 10+491 | 16° 51' 32.0713" S | 49° 38' 03.9295" E | DM 0,70x0,70 | 1 | 0,70 | 0,70 | 5,00 | Bouché à 90% | | | | | DCF 1,50x1,50 | A remplacer | |

| N° Fin al | PK | | | COORDONNEES | | CARACTERISTIQUES EXISTANTES | | | | | ETAT ACTUEL | BV | Débit (m ³ /s) | | RECOMMANDATIONS APD | | RECOMMANDATIONS ACTUALISEES | OBSERVA- TIONS | |
|-----------------|-------------|------------------------------|--|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|------------|-------------|-------------|--------------|--|----------|---------------------------|------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--|--|
| | APD 2011 | APD SANS DEVIATI ON | APD AVEC DEVIATION MANOMPA NA | LATITUDE | LONGITUDE | TYPE | NOMB RE | LARGE UR | HAUTE UR | LONGUE UR | | | Q25 | Q50/Q1 00 | CARACTERIST I-QUES | TRAVA UX A FAIRE | CARACTERIST I-QUES | TRAVAUX A FAIRE | |
| 15 | 10+60 0 | 10+488 | 10+591 | 16° 51' 29.3402" S | 49° 38' 02.1425" E | DM 0,80x0,80 | 1 | 0,80 | 0,80 | 5,10 | Bouché à 100% | BV1 4 | 85,8 3 | 103,29 | | | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| 16 | 10+88 0 | 10+720 | 10+868 | 16° 51' 22.8053" S | 49° 37' 55.8424" E | DM 0,80x0,80 | 1 | 0,80 | 0,80 | 5,05 | Radier affouillé et longueur insuffisant e | | | | | | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| 17 | 10+92 0 | 10+770 | 10+917 | 16° 51' 21.7348" S | 49° 37' 54.6240" E | Canal d'irrigation | 1 | 0,60 | 0,06 | 4,70 | Longueur insuffisant e | | | | | | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| 18 | 10+95 0 | 10+790 | 10+936 | 16° 51' 21.2356" S | 49° 37' 54.1909" E | Canal d'irrigation | 1 | 0,80 | 0,80 | 5,05 | Longueur insuffisant e | | | | | | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| 19 | 11+05 0 | 10+896 | 11+042 | 16° 51' 18.0333" S | 49° 37' 52.9027" E | Non identifié | | | | | Présence erosion talus CD | | | | | | DCF 1,50x1,50 | A reconstruir e - Descente d'eau à prévoir CD | |
| 20 | 11+46 2 | 11+300 | 11+438 | 16° 51' 06.5288" S | 49° 37' 51.3200" E | Dalle en BA | 1 | 7,55 | 2,20 | 3,70 | Couvert de sable et chape enlevée | | | | DCF 2x4,00x2,50 | A démolir et remplacer | DCF 2x4,00x2,50 | A démolir et remplacer | |
| 21 | 11+95 0 | 11+791 | 11+930 | 16° 50' 50.7015" S | 49° 37' 51.8856" E | DM 0,70x0,70 | 1 | 0,70 | 0,70 | 5,05 | Bon état mais longueur insuffisant e | | | | | | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| 22 | 12+14 0 | 11+978 | 12+117 | 16° 50' 44.7979" S | 49° 37' 50.6359" E | Canal d'irrigation en Cunette | 1 | 0,35 | 0,30 | 4,40 | Joint des maçonneri es disparu et longueur insuffisant e | | | | | | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| 23 | 13+32 4 | 13+169 | 13+302 | 16° 50' 08.9476" S | 49° 37' 56.2776" E | | | | | | BV1 5 | 3,58 | 4,33 | DCF 4,00x2,50 | A créer | DCF 1,50x1,50 | A créer | | |
| 24 | 14+81 7 | 14+663 | 14+794 | 16° 49' 40.7274" S | 49° 38' 30.6429" E | | | | | | BV1 6 | 5,99 | 7,24 | DCF 4,00x2,50 | A créer | DCF 2,00x1,50 | A créer | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|------------|--------|--------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---|------|------|------|--------------------------------|-----------------|----------|-----------|------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
| 25 | 15+60 1 | 15+445 | 15+577 | 16° 49' 21.9576" S | 49° 38' 43.2083" E | | | | | | | | | | DCF 4,00x2,50 | A créer | DCF 4,00x2,50 | A créer | |
| 26 | 15+82 4 | 15+640 | 15+774 | 16° 49' 16.7991" S | 49° 38' 46.6998" E | | | | | | | | | BV1 8 | 570 | DCF 4,00x2,50 | A créer | DCF 4,00x2,50 | A créer |
| 27 | 15+93 0 | 15+745 | 15+880 | 16° 49' 14.7803" S | 49° 38' 49.5993" E | | | | | | | | | | | DCF 2x4,00x2,50 | A créer | DCF 2x4,00x2,50 | A créer |
| 28 | 16+32 8 | 16+136 | 16+268 | 16° 49' 16.1358" S | 49° 39' 01.9917" E | Tronc d'arbre | | | | | | Mauvais Etat | | | | DCF 4,00x2,50 | A créer | DCF 4,00x2,50 | A créer |
| 29 | 16+82 5 | 16+628 | 16+758 | 16° 49' 09.1450" S | 49° 39' 16.7289" E | Ponceau en bois | 1 | 2,00 | 2,50 | 5,20 | Bon état mais piétonnier | | BV1 9 | | | DCF 4,00x2,50 | A démolir et remplacer | DCF 4,00x2,50 | A démolir et remplacer |
| 30 | 17+00 1 | 16+839 | 16+944 | 16° 49' 05.3380" S | 49° 39' 21.6034" E | | | | | | Bourbier | | BV2 0 | 10,7 5 | 12,98 | DCF 2x4,00x2,50 | A créer | DCF 2,00x1,50 | A créer |
| 31 | 17+81 5 | 17+625 | 17+754 | 16° 48' 54.5001" S | 49° 39' 46.0246" E | Passerelle en bois | 1 | 2,00 | 1,00 | 5,00 | Bon état mais piétonnier | | | | | | | DCF 2,00x1,50 | A démolir et remplacer |
| 32 | 18+41 4 | 18+217 | 18+347 | 16° 48' 46.5518" S | 49° 40' 03.8373" E | Tronc d'arbre | 1 | 2,20 | 1,20 | 3,00 | Mauvais Etat | | BV2 1 | 11,7 7 | 14,21 | DCF 4,00x2,50 | A démolir et remplacer | DCF 3,00x2,00 | A démolir et remplacer |
| 33 | 18+97 0 | 18+775 | 18+905 | 16° 48' 33.6145" S | 49° 40' 16.3887" E | | | | | | | | | | | | DCF 1,50x1,50 | A créer | |
| 34 | 19+71 5 | 19+525 | 19+655 | 16° 48' 15.4523" S | 49° 40' 31.0476" E | | | | | | | | | | | | DCF 1,50x1,50 | A créer | |
| 35 | 22+31 5 | 22+142 | 22+273 | 16° 47' 06.94" S | 49° 41' 17.12" E | Traversée d'eau | | | | | | | BV2 2 | 5,64 | 6,81 | DCF 2x4,00x2,50 | A créer | DCF 3,00x2,00 | A créer |
| 36 | 22+76 9 | 22+597 | 22+722 | 16° 46' 55.4260" S | 49° 41' 25.2498" E | Traversée d'eau | | | | | | | BV2 3 | 51,1 7 | 61,79 | | | DCF 2x4,00x2,50 | A créer |
| 37 | 23+77 0 | 23+583 | 23+705 | 16° 46' 26.2482" S | 49° 41' 37.6932" E | | 1 | 1,20 | 1,00 | 4,10 | Sur piste existante | | | | | | | DCF 1,50x1,50 | A créer |
| | 24+30 1 | 24+114 | | | | | | | | | | | BV2 4 | 0,57 | 0,69 | DCF 4,00x2,50 | A créer | | Non Appliqué |
| | 24+93 2 | 24+742 | | | | | | | | | | | BV2 5 | 0,80 | 0,97 | Buse 2F120 | A créer | | Non Appliqué |
| | 25+02 0 | | | | | | | | | | | | | | | A démolir | | Non Appliqué | |

2ème
Changeme
nt de
tracé

| N° Final | PK | | | COORDONNEES | | CARACTERISTIQUES EXISTANTES | | | | | ETAT ACTUEL | BV | Débit (m3/s) | | RECOMMANDATIONS APD | | RECOMMANDATIONS ACTUALISEES | | OBSERVATIONS | |
|------------------------------|----------|--------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|--------|---------|---------|----------|--|------|--------------|----------------|---------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|
| | APD 2011 | APD SANS DEVIATION | APD AVEC DEVIATION MANOMPANA | LATITUDE | LONGITUDE | TYPE | NOMBRE | LARGEUR | HAUTEUR | LONGUEUR | | | Q25 | Q50/Q100 | CARACTERISTIQUES | TRAVAUX A FAIRE | CARACTERISTIQUES | TRAVAUX A FAIRE | | |
| 38 | 25+290 | 25+096 | 25+219 | 16° 46' 04.8166" S | 49° 42' 19.8114" E | Ponceau BA+Maç | 1 | 2,00 | 1,50 | 3,00 | Bon état mais longueur insuffisante | BV26 | 0,67 | 0,8 | DCF 4,00x2,50 | A démolir et remplacer | DCF 2,00x1,50 | A démolir et remplacer | Tracé Actuel | |
| 39 | 26+914 | 26+722 | 26+845 | 16° 45' 17.8106" S | 49° 42' 20.0131" E | | | | | | | BV27 | 3,12 | 3,77 | DCF 2,00x1,50 | A créer | DCF 2,00x1,50 | A créer | 3ème Changement de tracé | |
| 40 | 27+464 | 27+272 | 27+395 | 16° 45' 00.9386" S | 49° 42' 26.2379" E | | | | | | | BV28 | 2,80 | 3,38 | DCF 2,00x1,50 | A créer | DCF 2,00x1,50 | A créer | | |
| | 28+425 | | | | | | | | | | | BV29 | 1,61 | 1,95 | DCF 4,00x2,50 | A créer | | Annulé | | |
| BAC 3 FANDRARAZANA PK 28+744 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | 29+240 | 29+058 | 29+188 | 16° 44' 23.3978" S | 49° 43' 05.1551" E | | | | | | | BV31 | 5,63 | 6,79 | | | | DCF 2,00x1,50 | A créer | |
| 42 | 31+966 | 31+785 | 31+912 | 16° 43' 03.3638" S | 49° 43' 15.1432" E | DM 100 x 100 | 1 | 1,00 | 1,00 | 5,40 | Bouché à 90% | BV33 | 32,30 | 39,03 44,52 | DCF 3,00x2,00 | A créer | DCF 1,50x1,50 + OA3 | A démolir et remplacer | Tracé Actuel | |
| 43 | 33+001 | 32+821 | 32+949 | 16° 42' 30.6669" S | 49° 43' 18.4411" E | DM 80x80 | 1 | 0,80 | 0,80 | 6,05 | Bouché à 70% - Tête effondrée | BV34 | 4,04 | 4,88 5,56 | | | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer |
| 44 | 33+140 | 32+961 | 33+089 | 16° 42' 26.6737" S | 49° 43' 20.6249" E | DM 80x80 | 1 | 0,80 | 0,80 | 6,05 | Longueur insuffisante et tête cassée | | | | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | DCF 1,50x1,50 + OA4 | A démolir et remplacer | | |
| 45 | 34+259 | 34+077 | 34+198 | 16° 41' 58.5954" S | 49° 43' 36.5462" E | DM 100x70 | 1 | 1,00 | 0,70 | 6,50 | Présence de trou sur la dalle et longueur insuffisante | BV36 | 2,40 | 2,89 | | | DCF 3,00x2,00 | A démolir et remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer |
| 46 | 34+345 | 34+161 | 34+282 | 16° 41' 57.0339" S | 49° 43' 38.8403" E | DM 2,00x1,00 | 1 | 2,00 | 1,00 | 5,15 | Bon état mais longueur insuffisante | | | | DCF 3,00x2,00 | A démolir et remplacer | DCF 2,00x1,50 | A démolir et remplacer | | |
| 47 | 34+606 | 34+425 | 34+545 | 16° 41' 52.1425" S | 49° 43' 45.7093" E | DM 100x100 | 1 | 1,00 | 1,00 | 5,00 | Bouché à 50% et longueur insuffisante | BV37 | 2,62 | 3,17 | | | DCF 3,00x2,00 | A démolir et remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer |
| 48 | 34+679 | 34+496 | 34+616 | 16° 41' 51.5831" S | 49° 43' 48.0378" E | DM 100x100 | 1 | 1,00 | 1,00 | 4,90 | Bouché à 50% et longueur insuffisante | | | | | | A démolir et remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| 49 | 34+787 | 34+604 | 34+726 | 16° 41' 51.2764" S | 49° 43' 51.7128" E | DM 2x2,00x1,00 | 2 | 2,00 | 1,00 | 5,00 | Dalle cassée et pied droit fissuré | | | | DCF 3,00x2,00 | A démolir et remplacer | DCF 2,00x1,50 | A démolir et remplacer | | |
| 50 | 36+904 | 36+722 | 36+052 | 16° 41' 27.1661" S | 49° 44' 51.0594" E | DM 2,00x2,00 | 1 | 2,00 | 2,00 | 5,00 | Submergé et inaccessible | BV41 | 66,83 | 80,70 92,05 | DCF 2x3,00x2,00 | A démolir et remplacer | DCF 2x3,00x2,00 + OA8 | A démolir et remplacer | | |
| 50-1 | | | 36+706 | 16° 41' 22.33" S | 49° 44' 19.27" E | | | | | | | | | | | | | A créer | | |
| 50-2 | | | 37+177 | 16° 41' 13.08" S | 49° 44' 35.02" E | | | | | | | | | | | | | A créer | | |
| 50-3 | | | 37+275 | 16° 41' 10.62" S | 49° 44' 50.47" E | | | | | | | | | | | | | A créer | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------------------|--------------------|-----------------|---|--------|------|------|---|-------|-------|-------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 50-4 | | | 37+646 | 16° 41' 09.27" S | 49° 44' 53.46" E | | | | | | | | | | | | A créer | |
| 50-5 | | | 41+948 | 16° 41' 06.15" S | 49° 45' 05.23" E | | | | | | | | | | | | A créer | |
| 51 | 41+860 | 41+675 | 41+948 | 16° 39' 50.1460" S | 49° 46' 28.6645" E | DM 2,00x2,00 | 1 | 2,00 | 2,00 | 6,00 | Longueur insuffisante | BV4 3 | 23,99 | 28,97 33,05 | DCF 3,00x2,00 | A démolir et remplace r | DCF 3,00x2,00 + OA10 | A démolir et remplace r |
| OA1 2 | 44+820 | 44+635 | 44+911 | 16°38'38.70"S | 49°47'19.81"E | DCF 3x1,90x1,50 | 3 | 2,00 | 1,50 | 7,05 | Bon état | BV4 5 | 7,22 | 8,72 9,94 | | | Dalot 3x 2,00x1,50 | A conserver |
| 52 | 45+413 | 45+225 | 45+503 | 16° 38' 20.7969" S | 49° 47' 26.3993" E | BM F 800 | 1 | 800,00 | | 5,65 | Mur en aile fissuré, longueur insuffisante | BV4 6 | 6,02 | 7,27 | | A conserver | DCF 2,00x1,50 | A démolir et remplace r |
| 53 | 46+010 | 45+822 | 46+100 | 16° 38' 03.3022" S | 49° 47' 35.0108" E | DCF 100x100 | 1 | 1,00 | 1,00 | 6,00 | Mur en aile fissuré, longueur insuffisante | BV4 7 | 5,10 | 6,16 | | A conserver | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplace r |
| 54 | 46+492 | 46+309 | 46+586 | 16° 37' 49.2352" S | 49° 47' 38.2354" E | DM 100x100 | 1 | 1,00 | 1,00 | 5,70 | Dallette en mauvais état et longueur insuffisante | BV4 8 | 3,84 | 5,29 | | A conserver | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplace r |
| 55 | 46+620 | 46+436 | 46+713 | 16° 37' 45.2811" S | 49° 47' 39.4410" E | DM 100x100 | 1 | 1,00 | 1,00 | 6,10 | Bouché à 90% | | | | A conserver | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplace r | |

| N° Final | PK | | | COORDONNEES | | CARACTERISTIQUES EXISTANTES | | | | | ETAT ACTUEL | BV | Débit (m3/s) | | RECOMMANDATIONS APD | | RECOMMANDATIONS ACTUALISEES | | OBSERVA-TIONS |
|---------------------------|----------|--------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|---------|----------|----------|-----------|--|-------|--------------|---------------|------------------------|-----------------|-----------------------------|------------------------|---------------|
| | APD 2011 | APD SANS DEVIATION | APD AVEC DEVIATION MANOMPANA | LATITUDE | LONGITUDE | TYPE | NOMBR E | LARGEU R | HAUTEU R | LONGUEU R | | | Q25 | Q50/Q10 0 | CARACTERISTI-QUES | TRAVAUX A FAIRE | CARACTERISTI-QUES | TRAVAUX A FAIRE | |
| 56 | 47+00 5 | 46+821 | 47+099 | 16° 37' 33.6296"S | 49° 47' 44.2616"E | BM F 610 | 1 | 0,60 | | 5,70 | Enterré | | | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | | |
| BAC 4 ANOVE PK 48+092 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 57 | 50+62 5 | 50+187 | 50+469 | 16° 35' 53.9349"S | 49° 48' 23.2621"E | BM F 610 | 1 | 610,00 | | 4,95 | Longueur insuffisante | BV5 1 | 29,1 4 | 35,19 40,14 | | A conserver | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | Tracé Actuel |
| OA1 4 | 50+77 6 | 50+336 | 50+618 | 16°35'50.13"S | 49°48'26.30"E | Dalot 2x 3,80x2,00 | 2 | 3,80 | 2,00 | 7,10 | Bon état | | | | | DCF 2x4,00x2,00 | A conserver | | |
| 58 | 51+39 1 | 50+950 | 51+233 | 16° 35' 35.7834"S | 49° 48' 40.6373"E | DCF 2x2,00x1,50 | 2 | 2,00 | 1,50 | 7,50 | Bon état | | | | A conserver | DCF 2x2,00x1,50 | A conserver | | |
| 59 | 51+49 8 | 51+058 | 51+339 | 16° 35' 33.4861"S | 49° 48' 43.3152"E | DM 1,20x1,20 | 1 | 1,20 | 1,20 | 4,60 | Longueur insuffisante | | | | A conserver | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | | |
| 60 | 52+08 3 | 51+643 | 51+924 | 16° 35' 20.6247"S | 49° 48' 57.7735"E | DM 1,20x0,80 | 1 | 1,20 | 0,80 | 6,00 | Bouché à 50% et longueur insuffisante | | | | A conserver | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | | |
| 61 | 52+53 3 | 52+094 | 52+374 | 16° 35' 11.3749"S | 49° 49' 09.4113"E | DM 3,00x2,00 | 1 | 3,00 | 2,00 | 6,00 | BE, prévoir enrochemen t ou gabions à l'entrée | BV5 2 | 29,3 2 | 35,41 40,39 | | A conserver | Dalot 3,00x2,00 + OA15 | A conserver | |
| 62 | 55+44 4 | 55+004 | 55+285 | 16° 33' 59.7228"S | 49° 50' 08.4659"E | DM 1,20x1,00 | 1 | 1,20 | 1,00 | 4,60 | Bon état, mais longueur insuffisante | BV5 4 | 10,3 5 | 12,5 | | A conserver | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| 63 | 55+49 8 | 55+057 | 55+338 | 16° 33' 57.9951"S | 49° 50' 08.5383"E | DM 80x80 | 1 | 0,80 | 0,80 | 6,00 | Bouché à 80% et longueur insuffisante | | | | | | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| OA1 7 bis | 55+95 5 | 55+511 | 55+793 | 16°33'45.95"S | 49°50'16.84"E | DCF 3x 2,00x1,50 | 3 | 2,00 | 1,50 | 7,10 | Bon état | | | | | | Dalot 3x 2,00x1,50 | A conserver | |
| 64 | 56+00 9 | 55+567 | 55+848 | 16° 33' 44.2269"S | 49° 50' 17.3729"E | DM 1,20x1,20 | 1 | 1,20 | 1,20 | 4,65 | Bouché à 50% et longueur insuffisante | BV5 5 | 15,1 7 | 18,32 20,89 | | A conserver | DCF 2,00x1,50 | A démolir et remplacer | |
| 65 | 56+13 2 | 55+690 | 55+971 | 16° 33' 40.6902"S | 49° 50' 19.2622"E | DM 1,20x0,80 | 1 | 1,20 | 0,80 | 4,70 | Bouché à 50% et longueur insuffisante | | | | A conserver | DCF 2,00x1,50 | A démolir et remplacer | | |
| 66 | 56+53 1 | 56+086 | 56+368 | 16° 33' 28.5427"S | 49° 50' 19.9734"E | DM 1,20x1,40 | 1 | 1,20 | 1,40 | 4,70 | Bouché à 100% et longueur insuffisante | BV5 6 | 5,51 | 6,65 | | A conserver | DCF 2,00x1,50 | A démolir et remplacer | |
| OA1 8 | 57+08 2 | 56+635 | 56+915 | 16°33'10.88"S | 49°50'21.82"E | DCF 3x 2,00x2,00 | 3 | 2,00 | 2,00 | 7,10 | Bon état | BV5 7 | 10,6 1 | 12,82 14,62 | | | | Dalot 3x 2,00x2,00 | A conserver |
| BAC 5 MANAMBATO PK 58+718 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 67 | 59+54 5 | 59+100 | 59+387 | 16° 31' 54.9019"S | 49° 50' 19.9967"E | DM 1,20x1,20 | 1 | 1,20 | 1,20 | 4,65 | Bon état, mais longueur | BV6 0 | 9,19 | 11,09 | | A conserver | DCF 3,00x2,00 | A démolir et remplacer | Tracé Actuel |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---------|---------------|---------------|--------------------|--------------------|----------------|---|------|------|------|---|--------------|---------------|---------------|---------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 68 | 62+34 8 | 61+903 | 62+192 | 16° 30' 30.0076" S | 49° 50' 23.1685" E | DM 2x1,20x1,00 | 2 | 1,20 | 1,00 | 4,65 | insuffisante Bon état, mais longueur insuffisante | BV6 2 | 11,0 2 | 13,31 | | A conserver | DCF 3,00x2,00 | A démolir et remplacer |
| 69 | 62+74 5 | 62+300 | 62+588 | 16° 30' 17.3080" S | 49° 50' 25.2266" E | DM 1,00x1,20 | 1 | 1,00 | 1,20 | 4,65 | Bon état, mais longueur insuffisante | BV6 3 | 3,84 | 4,63 | | A conserver | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer |
| 70 | 63+14 5 | 62+700 | 62+987 | 16° 30' 04.4926" S | 49° 50' 27.4719" E | DM 1,00x0,80 | 1 | 1,00 | 0,80 | 4,65 | Bouché à 80% et longueur insuffisante | | | | A conserver | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| 71 | 63+47 9 | 63+034 | 63+322 | 16° 29' 54.5246" S | 49° 50' 31.9824" E | DM 2x1,00x0,80 | 2 | 1,00 | 0,80 | 4,65 | Bouché à 50% et longueur insuffisante | BV6 4 | 3,22 | 3,89 | | A conserver | DCF 2x2,00x1,00 | A démolir et remplacer |
| 72 | 68+35 0 | 67+891 | 68+179 | 16° 27' 29.0707" S | 49° 51' 23.3280" E | DM 1,00x1,00 | 1 | 1,00 | 1,00 | 6,00 | Bon état, mais longueur insuffisante | BV6 7 | 1,54 | 1,86 | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer |
| 73 | 68+64 2 | 68+183 | 68+471 | 16° 27' 20.1393" S | 49° 51' 26.6613" E | | | | | | | | | DCF 1,50x1,50 | A créer | DCF 1,50x1,50 | A créer | |
| 74 | 68+71 6 | 68+258 | 68+544 | 16° 27' 17.7968" S | 49° 51' 27.1228" E | DM 1,00x0,80 | 1 | 1,00 | 0,80 | 4,65 | Bouché à 50% et longueur insuffisante | BV6 8 | 0,92 | 1,12 | | A conserver | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer |

| N° Finale | PK | | | COORDONNEES | | CARACTERISTIQUES EXISTANTES | | | | | ETAT ACTUEL | BV | Débit (m/s) | | RECOMMANDATIONS APD | | RECOMMANDATIONS ACTUALISEES | | OBSERVA- TIONS |
|------------------------|-------------|-----------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------|------------|-------------|-------------|--------------|---------------------------------------|------|-------------|-------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------|
| | APD 2011 | APD SANS DEVIATION | APD AVEC DEVIATION MANOMPANA | LATITUDE | LONGITUDE | TYPE | NOMBR E | LARGEU R | HAUTEU R | LONGUEU R | | | Q25 | Q50/Q10 0 | CARACTERISTI- QUES | TRAVAUX A FAIRE | CARACTERISTI- QUES | TRAVAUX A FAIRE | |
| 75 | 70+931 | 70+471 | 70+758 | 16° 26' 12.5794" S | 49° 51' 09.6317" E | DM 1,00x0,80 | 1 | 1,00 | 0,80 | 4,65 | Bouché à 50% et longueur insuffisante | BV70 | 6,07 | 7,33 | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | Tracé Actuel |
| 76 | 71+052 | 70+592 | 70+879 | 16° 26' 09.6075" S | 49° 51' 06.9575" E | DCF 2x1,50x1,20 | 2 | 1,50 | 1,20 | 7,00 | Bon état | | | | DCF 4,00x2,50 | A démolir et remplacer | DCF 2x1,50x1,20 | A conserver | |
| 77 | 71+247 | 70+797 | 71+074 | 16° 26' 04.7668" S | 49° 51' 02.6797" E | DCF 2x1,50x1,20 | 2 | 1,50 | 1,20 | 7,00 | Bon état | | | | DCF 4,00x2,50 | A démolir et remplacer | DCF 2x1,50x1,20 | A conserver | |
| 78 | 71+391 | 70+931 | 71+217 | 16° 26' 00.7802" S | 49° 51' 00.2612" E | DM 1,20x0,80 | 1 | 1,20 | 0,80 | 4,65 | Bon état, mais longueur insuffisante | | | | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| 79 | 72+950 | 72+490 | 72+776 | 16° 25' 57.7735" S | 49° 50' 11.6285" E | DCF 2x4,00x2,50 | 2 | 4,00 | 2,50 | 7,00 | Bon état | BV71 | 6,64 | 8,01 | | A conserver | DCF 2x4,00x2,50 | A conserver | Tracé Actuel |
| 80 | 74+833 | 74+367 | 74+620 | 16° 25' 19.9849" S | 49° 49' 29.7943" E | DM 100x100 | 1 | 1,00 | 1,00 | 6,00 | Bon état, mais longueur insuffisante | BV74 | 8,20 | 9,91 | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| 81 | 74+980 | 74+515 | 74+770 | 16° 25' 15.5716" S | 49° 49' 27.8531" E | DM 1,00x1,00 | 1 | 1,00 | 1,00 | 6,00 | Bon état, mais longueur insuffisante | | | | | | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| 82 | 75+019 | 74+552 | 74+807 | 16° 25' 14.4239" S | 49° 49' 27.4510" E | DM 100x100 | 1 | 1,00 | 1,00 | 5,95 | Bouché à 50% et insuffisant | | | | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| 83 | 75+080 | 74+612 | 74+868 | 16° 25' 12.5762" S | 49° 49' 26.7743" E | DM 1,00x1,00 | 1 | 1,00 | 1,00 | 6,00 | Bon état, mais longueur insuffisante | | | | | A conserver | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | |
| 84 | 75+187 | 74+730 | 74+983 | 16° 25' 09.3432" S | 49° 49' 24.8758" E | DCF 2x2,00x1,50 | 2 | 2,00 | 1,50 | 7,05 | Bon état | BV75 | | 750,00 1125,00 | | | Dalot 2x2,00x1,50 | A conserver | |
| BAC 6 VAHIBE PK 75+375 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 85 | 75+679 | 75+211 | 75+477 | 16° 25' 07.58" S | 49° 49' 36.31" E | DM 1,00x0,80 | 1 | 1,00 | 0,80 | 5,95 | Bon état | BV76 | 8,53 | 10,86 | DCF 1,50x1,50 | A démolir et remplacer | DCF 3,00x2,00 | A démolir et remplacer | Tracé Actuel |

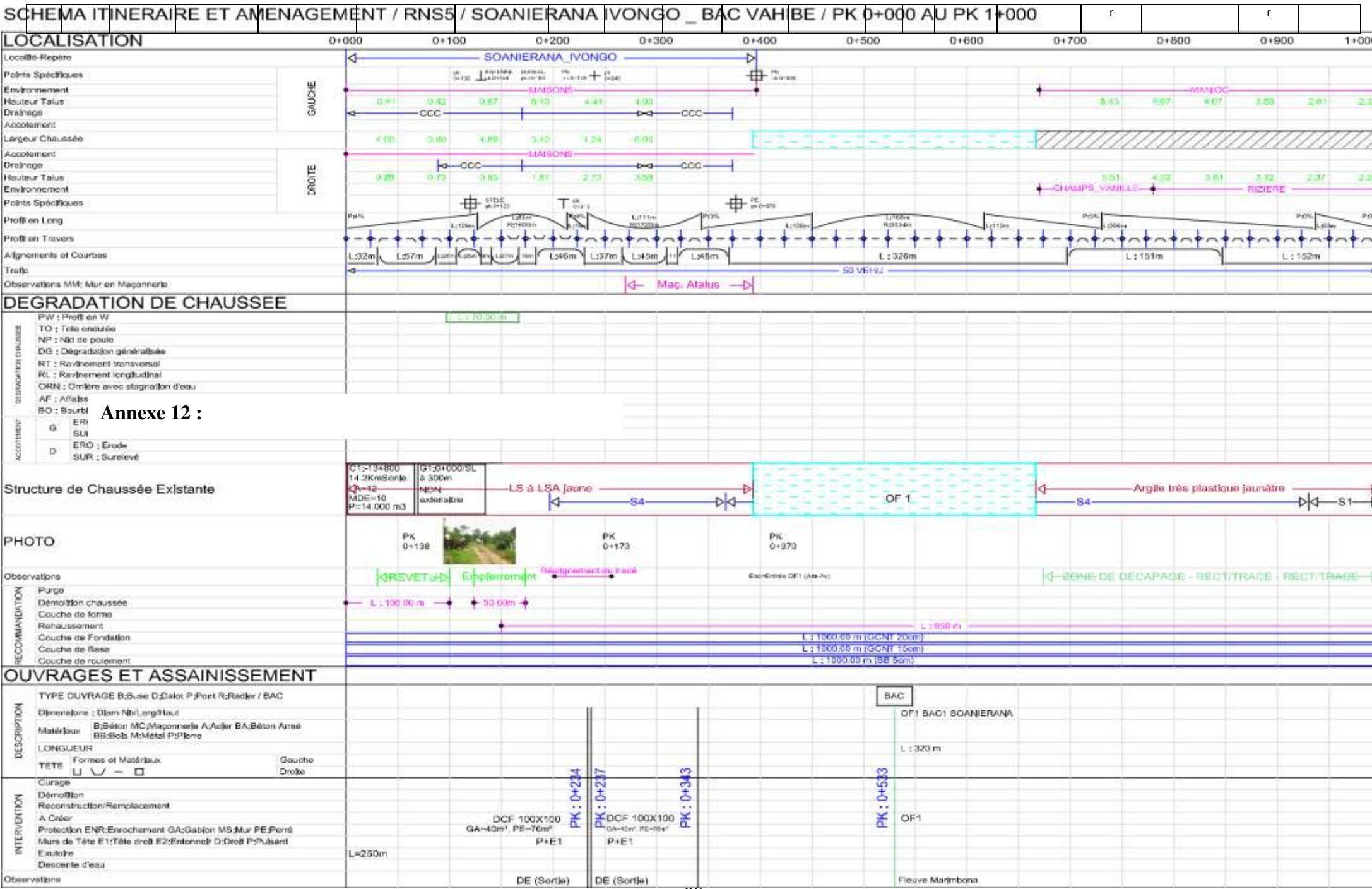


TABLE DES MATIERES

| | |
|---|------|
| REMERCIEMENT | i |
| LISTE DES ABREVIATIONS ET DES ACRONYMES | ii |
| LISTE DES SYMBOLES | iv |
| LISTE DES FIGURES | v |
| LISTE DES TABLEAUX | vi |
| LISTE DES CARTES | viii |
| LISTE DES PHOTOS | viii |
| INTRODUCTION..... | 1 |
| PARTIE I : GENERALITE SUR LE PROJET | |
| CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET | 3 |
| I.1 Présentation General du projet..... | 3 |
| I.1.1 Contexte | 3 |
| I.1.2 Problématique | 3 |
| I.1.3 Objectif globaux | 4 |
| I.1.4 Objectifs spécifiques..... | 4 |
| I.1.5 Résultat attendu | 4 |
| I.2 Caractère généraux de la zone d'étude | 5 |
| I.2.1 Situation administrative de la Région Analanjirofo | 5 |
| I.2.2 Situation de projet est schématiser sur cette figure ci apres ; | 6 |
| II. Situation géographique | 7 |
| 1. Localisation de projet | 7 |
| 2. Etat actuel de voies existants :..... | 10 |
| 3. Tracer en plan | 10 |
| 4. Profil long..... | 10 |
| 5. Profil en travers | 11 |
| 6. Plate-forme : Nature | 11 |
| CHAPITRE II : ETUDE DE SOCIO- ECONOMIQUE DE LA ZONE INFLUENCE | 12 |
| II.1 Présentation de la zone d'influence de projet..... | 12 |
| II.2 Présentation géographique de zone influence | 13 |
| II.2.1.Topométrie de la region..... | 13 |
| II.1.3 Démographie de la zone influence de projet | 13 |
| II.1.3 Sante | 14 |
| II.1.4 Education | 15 |

| | |
|--|-----------|
| II.1.5 Religion | 16 |
| II.1.6 La sécurité | 16 |
| II.1.7 Transport..... | 16 |
| II.1.8 Climat | 18 |
| II.1.9 Géographique | 19 |
| II.1.10. Hydrographie | 19 |
| II.1.11 Agriculture | 19 |
| 1. Culture vivrière | 21 |
| 2. Culture de rente..... | 22 |
| 3. Pêche et ressources halieutiques | 23 |
| 4.1 Pêche maritime..... | 23 |
| 4.2 Pêche fluviale | 23 |
| II.1.12 Tourisme | 24 |
| II.1.13 Environnement biodiversité..... | 24 |
| PARTIE II : ETUDE TECHNIQUE | |
| CHAPITRE III : TRAVAUX TOPOGRAPHIEQUE..... | 25 |
| Le troisième chapitre se consacre aux travaux topographiques du projet. Dans ce chapitre, va voir successivement les différentes étapes de réalisation du projet routier, la reconnaissance, | |
| | 25 |
| détermination de la bande d'étude et la méthodologie des travaux topographiques..... | 25 |
| III.1 Les différentes étapes de réalisation de projet routier | 25 |
| III.1.1 Les études préalables en infrastructure routière | 25 |
| III.1.2 L'Avant-Projet Sommaire | 25 |
| III.1.3 L'avant-projet Détaillée | 26 |
| III.1.4 La concertation avec le public..... | 26 |
| III.1.5 Les études de projet..... | 28 |
| III.1.6 Les appels d'offres | 28 |
| III.1.7 L'exécution des marchés | 29 |
| III.2 Reconnaissance | 30 |
| III.3. Détermination de la bande d'étude | 31 |
| III.4 Méthodologie des travaux topographique | 31 |
| III. 4.1 PHOTOGGRAMMETRIE | 31 |
| III.4.1.1 MATERIEL UTILISE..... | 31 |
| b. Matériels de la PVA | 32 |

| | |
|---|----|
| III.4.1.2 Méthode de travaux photogrammetrique | 33 |
| III.4.1.2.1 Définition | 34 |
| III.4.1.2.2 La photogrammétrie numérique | 34 |
| a- Définition | 34 |
| b . Types de photogrammétrie numérique..... | 35 |
| c. Principes généraux de la photogrammétrie..... | 35 |
| 1. Technique de la prise de vue..... | 39 |
| a . Plan de vol | 39 |
| III.5. BATHYMETRIE..... | 43 |
| III.5.1. Equipement nécessaires..... | 43 |
| III.5.2. Methode levee bathymetrie | 43 |
| III.5.2.1 Quelque définition..... | 44 |
| III.5.2.1.1 –La bathymétrie..... | 44 |
| III.5.2.1.2- Calibrage(=ajustage) | 44 |
| III.5.2.1.3- Lève hydrographique | 44 |
| III.5.2.2 Méthode d'une lève bathymétrique fluviale..... | 44 |
| III.5.2.2.1- Etat de l'art à Madagascar..... | 44 |
| III.5.2.2.2- Méthode adoptée | 45 |
| III.5.2.1.3 Caractérisation des lèves au sondeur mono faisceau | 45 |
| I.1.4. Lève hydrographique | 46 |
| III.5.2.1.4.1- Niveau moyen | 46 |
| III.5.2 .4.2- Zéro hydrographique | 46 |
| III.5.2.4.3 Repère de marée | 46 |
| III.5.2.4.4 Zone de marée..... | 47 |
| III.5.2.5 Mesures maregraphiques..... | 47 |
| III.5.2.6 Determination de la profondeur | 47 |
| III.5.2.6.1 Principe du RTK..... | 47 |
| III.5.2.6.3 Calibration de l'echosodeur : étalonnage à la barre | 48 |
| III.5.3 ACQUISITION DE DONNEES BATHYMETRIQUES | 48 |
| III.5.3.1 | 48 |
| III.5.3.1.1 Le bateau | 49 |
| III.5.3.1.2 Le GPS système 500 de Leica..... | 49 |
| III.5.31.3 Le logiciel Hypack 2008 | 49 |
| III.1.3.1.4 La norme NME..... | 50 |

| | |
|---|----|
| III.5.3.1.4 Description et principe de fonctionnement..... | 50 |
| III.5.3.2- Mise en œuvre d'un lever bathymétrique..... | 50 |
| III.5.3.2.1- Le canevas d'appui | 50 |
| III.5.3.2.1. Projection Laborde | 50 |
| III.5.3.2.1.2- Caracteristiques de la projection Laborde..... | 51 |
| III.5.3.2.1.3 Transformation de coordonne UTM vers Laborde | 52 |
| III.5.3.2.2. Préparation du lever | 54 |
| III.5.3.2.2.1- Mise en station de la référence GPS-RTK..... | 54 |
| III.5.3.2.2.2- Démarrage du mobile du GPS-RKT | 54 |
| III.5.3.2.2.3- Les paramètre de l'échosondeur | 54 |
| III.5.3.2.2.4- Fréquence d'émission, tirant d'eau et position de l'échosondeur..... | 54 |
| III.5.3.2.2.5- Les paramètre de sortie NMEA | 55 |
| III.5.3.2.3- Déroulement du lever bathymétrique..... | 55 |
| III.5.3.2.3.1- L'application « survey » de Hypack | 55 |
| III.5.3.2.3.2- Lever complémentaire et lever de contrôle..... | 55 |
| III.5.4. TRAITEMENTS DES DONNEES BATHYMETRIQUES | 55 |
| III.5.4.1. Généralités sur le traitement des données | 55 |
| III.5.4.1.1 Niveaux de traitement des données | 56 |
| III.5.4.1.1.1. Les données d'étape 1 | 56 |
| III.5.4.1.1.2. Les données d'étape 2 | 56 |
| IV.1. Conditions d'établissement des sommets de la polygonale de base | 59 |
| IV.2. Matérialisation des sommets de la polygonale de base..... | 59 |
| IV.3. Rattachement au Repère de Nivellement Général de Madagascar de la polygonale de base..... | 61 |
| Principe de double station | 61 |
| IV.3.1. Appareils utilisés..... | 62 |
| a. Erreurs commises | 62 |
| IV.3.2. Principe de réglage de niveau | 63 |
| IV.3.3. Tolérance altimétrique | 63 |
| IV.3.4. Fermeture altimétrique | 64 |
| IV.3.5. Compensation de nivellation | 65 |
| Fermeture altimétrique=61 mm Tolérance altimétrique= 140 mm | 68 |
| IV.3.6. Détermination planimétrique des sommets de la polygonale de base : | 69 |
| IV.3.6.1. Appareils utilisés et ses erreurs commises | 69 |

| | |
|--|-----------|
| IV.3.6.2. Processus de levés planimétriques de la polygonale de base | 70 |
| a. Calcul de gisement de B1-B2..... | 71 |
| a. Calcul de VO..... | 71 |
| IV.3.6.3 Détails à lever..... | 74 |
| IV.3.6.4. Précision de levé | 75 |
| IV.3.6.5. Contenu et zone d'étude..... | 75 |
| IV.3.6.6. Méthode de lever et équipement | 75 |
| IV.3.6.7. Organisation des brigades sur le terrain | 76 |
| IV.3.6.8. Mise en station | 76 |
| IV.3.6.9 Orientation | 76 |
| IV.3.6.10 Lever des profils..... | 77 |
| | 77 |
| CHAPITRE IV: ETUDE DE TRAFIC | 78 |
| I- Le trafic passé..... | 78 |
| I.1.Le trafic actuel | 78 |
| Les prévisions de trafic | 79 |
| I.3. Estimation du trafic dans les divers horizons de l'étude..... | 80 |
| I.3.2 Estimation du trafic induit par la construction de la route..... | 80 |
| I.4. Trafic global | 81 |
| I.4.1. Trafic dans la situation sans projet..... | 81 |
| I.4.2 Trafic dans la situation avec projet | 81 |
| CHAPITRE VI : CONCEPTION GEOMETRIQUE DE LA ROUTE..... | 82 |
| VI.1 Tracé en plan et profil en long..... | 82 |
| VI.1.1 Tracé en plan..... | 82 |
| a. Valeurs des rayons | 82 |
| b . Enchainement des éléments du tracé en plan | 82 |
| c . Alignement | 83 |
| d . Arc de cercle..... | 83 |
| VI.1.2 Profil en long | 84 |
| a. Raccordement vertical | 84 |
| b. Coordination du tracé en plan et du profil en long | 84 |
| VI.1.3 Profil en travers..... | 85 |
| a. Devers en alignement | 85 |
| b. Transition de devers | 85 |

| | |
|---|-----|
| VI.2 Tracé en plan et profil en travers | 85 |
| a. Sur-largeur : dans les virages | 85 |
| b. Le dégagement de visibilité à l'intérieur d'un virage | 86 |
| c. Le dérasement | 86 |
| VI.2.1 Eléments constatifs du profil en travers..... | 87 |
| a. Assiette | 87 |
| b. Emprise | 87 |
| c. Chaussée | 87 |
| d. Plateforme | 87 |
| e. Accotements | 87 |
| f. Banquette | 87 |
| g. Caniveau | 88 |
| VI.3 . Définition des schémas de conception routier du projet..... | 88 |
| VI.3.1. Les Principes d'aménagement..... | 88 |
| VI.3.2. Caractéristiques des aménagements | 89 |
| VI.3.2.1. Profil en travers | 89 |
| VI.3.2.2. Paramètres cinématiques | 90 |
| VI.3.2.3. Profil en travers du tablier des ponts | 90 |
| VI.3.3. Caractéristiques géométriques de la route projetée | 90 |
| VI.3.3.2. Profil en long | 91 |
| VI.3.3.3. Profil en travers | 91 |
| VI.3.4 Drainage | 93 |
| VI.3.4.1 Drainage longitudinal | 93 |
| VI.3.5 Ouvrages projetés | 93 |
| VI.3.5.1. Introduction | 93 |
| VI.3.5.2. Définition des besoins en Ouvrages | 94 |
| VI.3.5.3. Dalots..... | 97 |
| a. Protection contre les affouillements..... | 98 |
| VI.3.5.4. Cas particulier : travaux de protection des ponts existants | 98 |
| VI.3.4. Travaux de protection particuliers | 99 |
| VI.3.5. Signalisation et Equipements de Sécurité | 99 |
| VI.3.5.1. Signalisation verticale | 100 |
| VI.3.5.2. Glissières de sécurité..... | 100 |
| VI.3.5.3. Balises de sécurité | 101 |

| | |
|---|-----|
| VI.3.5.4. Ralentisseurs de vitesse | 101 |
| CHAPITRE VII : TRAVAUX D'IMPLANTATION..... | 102 |
| VII.1. Implantation de polygonale de base | 102 |
| VII.2. Implantation de l'axe de la route | 103 |
| VII.2.1. Procédure des travaux d'implantation..... | 103 |
| VII.2.2. Implantation de l'alignement droit..... | 103 |
| VII.2.3. Implantation des courbes de raccordements..... | 104 |
| VII.2.4. Quelques exemples d'application de l'implantation | 105 |
| VII.3. Piquetage et lever de profil en long | 106 |
| VII.3.1. Mode opératoire | 106 |
| VII.3.2. Exemples d'application de l'implantation sur le chantier | 107 |
| VII.4. Piquetage de profil en travers | 107 |
| VII.4.1. Piquetage de profil en travers pour une route en terrain plat..... | 108 |
| VII.1.1. Piquetage de profil en travers pour une route en déblais..... | 109 |
| VII.1.1. Piquetage de profil en travers pour une route en remblais | 109 |
| VII.1.1. Piquetage de profil en travers mixte | 110 |
| VII.1. Implantation de plate-forme lors de travaux de terrassement | 110 |
| VII.1.1. Localisation | 110 |
| VII.1.2. Exécution de terrassements..... | 111 |
| VII.5.2.1. Les travaux préparatoires du terrain..... | 111 |
| a. Tracé de la route | 111 |
| b. Dégagement de l'emprise de la route | 111 |
| c. Décapage de la terre végétale..... | 112 |
| VII.5.2.2. Les terrassements | 112 |
| a. Exécution des déblais | 112 |
| b. Exécution des remblais | 113 |
| c. Réalisation de la plateforme support de la chaussée | 113 |
| VII.1. Implantation des ouvrages | 113 |
| VII.1.1. Méthode d'implantation..... | 114 |
| VII.1.2. Implantation de dalots | 114 |
| VII.1. Implantation de la chaussée | 114 |
| VII.1.1. Construction de la chaussée | 115 |
| VII.1.2. Mise en œuvre éventuelle d'une couche de forme..... | 115 |
| VII.1.1. Mise en œuvre de la couche de fondation | 116 |

| | |
|---|-----|
| Mise en œuvre de la couche de base | 116 |
| Mise en œuvre de la couche d'imprégnation..... | 117 |
| Mise en œuvre de la couche de revêtement en enduit superficiel | 117 |
| VII.1.3. Implantation des panneaux..... | 118 |
| VII.1.4. Implantation des balises de virages..... | 118 |
| VII.1.1. Implantation des bornes kilométriques | 119 |
| CHAPITRE VIII : Reconnaissance visuelle de la route existant et solution proposée | 119 |
| 1. Généralité | 119 |
| 2. Tronçon 1 du PK 0+000 Soanierana Ivongo au PK 75+835 Vahibe | 120 |
| 2.1. Première déviation du PK 0+000 au PK 1+950 | 121 |
| 2.3. Deuxième déviation du PK 4+150 au PK 25+180..... | 122 |
| 2.4. Tracé actuel du PK 25+180 au PK 25+880 | 124 |
| 2.5. Troisième déviation du PK 25+880 au PK 30+600 | 125 |
| 3.Solutions envisageables pour le pont de Mahavoy | 125 |
| 3.5 Aire de repos | 128 |
| PARTIE III : IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX | |
| CHAPITRE I : ANALYSE FINANCIERE | 130 |
| 1. Evaluation du cout des opérations topographiques : | 130 |
| 1.1 Travaux sur terrain : | 130 |
| 1.2 Matériel de production : | 130 |
| 1. Evaluation du coût des travaux : | 131 |
| CHAPITRE II: IMPACTS SOCIO- ECONOMIQUE | 132 |
| I. Impact Sociaux | 132 |
| 1. Les mesures d'accompagnement aux impacts sociaux : | 132 |
| 2. Expropriation foncière :..... | 132 |
| 2.1. Définition : | 132 |
| 2.2. Cadre légale :..... | 132 |
| 1.1. Procédure d'expropriation pour cause d'utilité publique : | 133 |
| 1. Impacts sur l'agriculture et l'élevage | 134 |
| 2. Impacts sur le commerce et le transport..... | 135 |
| 3. Impacts sur la santé et l'éducation | 135 |
| CHAPITRE III : IMPACT ENVIRONNEMENTAUX..... | 137 |
| 1. Cadre légale : | 137 |
| 2. But de l'EIE :..... | 137 |

| | |
|---|-----|
| 3. Description du milieu récepteur : | 137 |
| 3.1. Le milieu physique : | 138 |
| 3.2. Le milieu humain :..... | 138 |
| 3.3. Le milieu humain :..... | 138 |
| 4. Mode d'évaluation :..... | 138 |
| 4.1. Evaluation de l'importance de l'impact : | 138 |
| 4.2. Classification des impacts : | 138 |
| 4.3. Analyse et identification des impacts : | 139 |
| a) Au cours de l'installation de chantier | 140 |
| b) En phase de chantier :..... | 141 |
| c) Au terme des travaux de construction : | 143 |
| CONCLUSION | 144 |
| BIBLIOGRAPHIE | I |
| ANNEXES | III |

Thème : « CONCEPTION ET TRAVAUX DE REHABILITATION DE LA ROUTE NATIONAL RN5 RELIANT SOANIERANA IVONGO-MANANARA NORD »
Auteur : ZEHITAMIHANTARISOA Lalao Claudia Rapporteur : Dr RABETSIAHINY,
Maître de conférences

Nombre des pages : 144
Nombre des figures : 20
Nombre des Photos : 01
Nombre des cartes : 02
Nombre des tableaux : 40



RESUME

La topométrie routière est l'étude qui fournit les données fondamentales dans la réalisation d'un projet linéaire. Par conséquent le topographe joue un rôle primordial dans la bonne exécution des travaux. Ce mémoire expose des méthodologies topographiques fiables par l'utilisation des appareils modernes (GPS, Station Totale, Niveau de précision, drone, bateau) qui réduisent les erreurs humaines et accroît le rendement des travaux. De plus l'automation des traitements des données permet d'atteindre de grande précision dans les travaux de réalisation.

Durant l'étude topographique de la conception réhabilitation de la RN5 nous avons eu l'occasion d'appliquer les méthodologies décrites dans cet ouvrage. De plus, les problèmes rencontrés durant cette étude nous a permis d'apporter certaines améliorations. Par conséquent la méthodologie rapportée dans ce mémoire a pour objectif d'être une étude de référence en matière de topométrie routière. Cependant vu le progrès de la technologie on peut s'attendre à une amélioration des techniques actuelles et une apparition des matériaux de plus en plus sophistiqués.

Mots clés : Lever topographique, route, station totale, niveau, Projection Laborde, Topométrie, Rattachement, Canevas, Implantation, Nivellement,

ABSTRACT

A Road surveys are the study which provides the fundamental data in the realization of a linear project. Consequently the land surveyors have a great responsibility in the good completion of the work. This Thesis exposes reliable topographic methodologies by the use of the modern apparatuses (GPS, Tacheometers, level of precision, drone) which reduce the human errors and increase the output of work. Moreover automation of the data processing allows reaching high degree of accuracy in the initial work.

During the topographic studies of the concept and rehabilitation of the RN5 we had the occasion to apply the methodologies described in this work. Moreover, the problems encountered during this study enabled us to make certain improvements. Consequently the methodology brought back in this Thesis to for objective to be a study of reference as regards road surveys.

However considering the progress of technology can about it expect an improvement of the current techniques and an appearance of the increasingly sophisticated materials.

Keys words: topographic survey, Road, Total Station, Levels, Laborde Projection, Survey, Fastening, Groundwork, Establishment, and Leveling

Encadreur: Dr RABETSIAHINY

Tel: 033 08 677 16