



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

D'ANTSIRABE VAKINANKARATRA

**Mémoire de fin d'études en vue d'obtention du diplôme de licence en
« Géotechnique » mention : génie minier**

AMENAGEMENT D'UNE DIGUE PISTE

ANOSY-AMPANOBE-MASINDRAY



Présenté par : RANDRIAMPARANY Lova Volaniaina

Promotion 2017



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

D'ANTSIRABE VAKINANKARATRA

**Mémoire de fin d'études en vue d'obtention du diplôme de licence en « Géotechnique »
mention : génie minier**

AMENAGEMENT D'UNE DIGUE PISTE ANOSY-AMPANOBE-MASINDRAY

Présenté par : RANDRIAMPARANY Lova Volaniaina

Présenté le 6 avril 2018

Devant les membres de Jury composés de :

Président : Dr. RAJAONARISON Eddie Franck,

Encadreur: Mr. RANOELINJANAHARY Barthe David

Examineur: Mr. RANOARISON Haingo Hardy

Mr. RAKOTOARISOA Jean Yves Erica

Promotion 2017

REMERCIEMENTS

A l'occasion de ce mémoire, on rend d'abord grâce à Dieu Tout Puissant d'avoir donné la foi, la force, la santé et l'intelligence de finir ce mémoire de fin d'étude avec succès, qu'Il nous guidera toujours dans notre vie future.

J'adresse mes vifs remerciements aux personnes qui ont collaboré et m'ont soutenu directement ou indirectement, je tiens énormément à remercier du fond du cœur :

- ❖ *Professeur RAMANOELINA Armand Panja ; Président de l'Université d'Antananarivo*
- ❖ *Docteur RAJAONARISON Eddie Frank, Directeur de l'Institut d'Enseignement Supérieur d'Antsirabe Vakinankaratra (I.E.S.A.V.), chef de parcours « géotechnique » ; pour autorisé à la soutenance de cette présente mémoire ;*
- ❖ *Monsieur RATOLOJANAHARY Zarapirenane, Chef de mention « génie minier » ; pour nos trois années d'études ;*
- ❖ *Monsieur, RANOELINJANAHARY Barthe David, Encadreur de ce mémoire ; pour m'avoir guidé et soutenu tout au long de mon travail ;*
- ❖ *Messieurs les membres du jury qui ont bien voulu examiner et présider ce mémoire :*
 - ✓ *Dr. RAJAONARISON Eddie Franck,*
 - ✓ *Mr. RANOARISON Haingo Hardy*
 - ✓ *Mr. RAKOTOARISOA Jean Yves Erica*
- ❖ *Tous les enseignants de l'Institut d'Enseignement Supérieur d'Antsirabe Vakinankaratra dans la mention Génie Minier, parcours « GEOTECHNIQUE » et de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo qui nous ont formés durant nos trois années d'étude*
- ❖ *Toutes ma famille, mes collègues, et à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce travail.*

LISTE DES FIGURES

Figure 1: CARTE DE LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	3
Figure 2: Carte géologique « TANANARIVE-MANJAKANDRIANA » (source : SGM Tananarive Page 47).....	6
Figure 3: carte pédologique par classe de la commune rurale Masindray (<i>source PLD de la commune</i>)	8
Figure 4: éléments constitutifs des sols.....	12
Figure 5: quelques matériels au laboratoire géotechnique	15
Figure 6: Tige d'une tarière manuelle avec échantillons	16
Figure 7: Appareil utilisé en « essai PRESSIOMETRIQUE » (source [f])	17
Figure 8: Appareil utilisé en « essai au PENETROMETRE » (source [f]).....	18
Figure 9: vue en face de la digue piste prise le 3 novembre 2017	23
Figure 10: Ouvrage de franchissement au Pk 1+115 (prise le 3 novembre 2017).....	28
Figure 11: ouvrage de franchissement en plein construction au Pk 0+450 (prise le 3 novembre 2017).....	29
Figure 12: caractéristiques des dalots.....	30
Figure 13: PROFIL EN TRAVERS DE TYPE C (PROFIL SUR DIGUE)	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Pluviométrie maximales journalières (24h) de différentes fréquences (2000- 2009) (Source: Météo Ampandrinomby)	4
Tableau 2: Tableau d'itinéraire des dégradations du chaussé	24
Tableau 3: Tableau représentatif du résultat des essais aux limites d'Atterberg	25
Tableau 4: Granulométrie des échantillons de gisement d'Ambohimanambola.....	26
Tableau 5: Classification HRB et LPC des échantillons de gisement d'Ambohimanambola..	26
Tableau 6: granulométrie des échantillons d'Ampanobe	28
Tableau 7: tableau comparatif des avantages et des inconvénients de la méthode « HIMO »	31
Tableau 8: Schéma d'itinéraire et proposition d'aménagement de la route	32

LISTE DES ABREVIATIONS :

APD : avant-projet-détaillé

BIT : bureau international de travail

CBR : California Bearing Ratio

CR : commune rurale

Ech. : Échantillon

ES : équivalent de sable

HIMO : haute intensité de main d'œuvre

HRB : Highway Research Board

ICBR : indice California Bearing Ratio

LNTPB : Laboratoire National des Travaux Publics et du
Bâtiment

LPC : Laboratoire des Ponts et Chaussées

NF : Norme Française

OIT : organisation international de travail

PDL : Pénétrromètre dynamique lourd

PGC : principes généraux de construction

PLD : plan local de développement

PSL : Pénétrromètre statique lourd

RIP : route d'intérêt provincial

RTA : route en terre aménagée

RTS : route en terre sommaire

SIRT : sols indurés et roches tendres

LISTE DES NOTATIONS

Pl : pression limite

γ_s : Poids spécifiques

E : module de déformation

Ip : indice de plasticité

m_s : masse des grains solides

m_t : masse totale

m_w : masse d'eau

\emptyset : Dimension des grains

V_a : volume d'air

V_s : volumes des grains

V_t : volume totale

V_v : volume des vides

V_w : volume d'eau

Wl : Limite de liquidité

Wopt : Teneur en eau optimum

Wp : Limite de plasticité

γ_{dmax} : poids volumique sec maximum

γ : poids volumiques

ω : teneur en eau

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Croquis de repérage des gisements d'Ambohimanambola

ANNEXE 2 : fiches des résultats des essais au labo)

ANNEXE 3 : Tableau de standard géométrique

ANNEXE 4 ; classification des sols

Table des matières

Partie I : APPERCU GENERAL DE LA ZONE D'ETUDE	2
A. SITUATION GEOGRAPHIQUE :	2
1. Localisation	2
2. Voie de communication :	4
3. Climat :	4
4. Pluviométrie :	4
B. SITUATION GEOLOGIQUE :	5
1. Géologie d'Antananarivo :	7
C. SITUATION TOPOGRAPHIQUE ET PEDOLOGIQUE :	7
D. SITUATION ECONOMIQUE :	9
1. Les activités :	9
Partie II : ETUDE GEOTECHNIQUE	10
A. GENERALITES :	10
1. Quelques définitions :	11
B. LES ETAPES D'UNE ETUDE GEOTECHNIQUE :	13
1. Étude géotechnique préliminaire de site (G11) - (G1 PGC) [e]	13
2. Étude géotechnique d'avant-projet (G12) - (G2 AVP) [e]	14
C. BUT DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE: [3] [4]	14
1. Les essais géotechniques au laboratoire :	14
2. Les essais géotechniques in situ :	16
D. IMPORTANCE DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE :	18
Parti III : CAS CONCRET « ANOSY-AMPANOBE-MASINDRAY »	21
A. GENERALITE :	21
1. Identification et sélection des routes à aménager :	21
2. Identification initiale :	21
3. Evaluation:	22
4. Fixation des priorités :	22
5. Approbation :	22
B. CARACTERISTIQUE GENERALE DE LA ROUTE ETUDIEE :	22
C. RECONNAISSANCE DES GISEMENT :	24
1. Gisement d'Ambohimambola [7]:	24
D. RESULTAT DES ESSAI SUR CHANTIER ET EN LABO DU SITE:	27
1. In situ :	27
2. En laboratoire :	27
E. RELEVÉ DES OUVRAGES EXISTANTS :	28

1.	Caractéristiques des deux dalots :.....	29
F.	METHODE ET SOLUTION SUGGERES :	30
1.	Les techniques à haute intensité de main-d'œuvre (HIMO) :.....	30

INTRODUCTION

La route est une voie de communication terrestre permettant de relier un point à un autre, un village à un autre. Elle est un facteur très important pour le développement économique et social entre les villes, les provinces, les pays et les civilisations. Seul le mode de transport sur le réseau routier qui assurera la diffusion des échanges dans les provinces et même dans les communes les plus reculées.

Le réseau routier à Madagascar est de faible densité. Bien qu'il soit étendu, il demeure dans un état précaire et très vulnérable aux catastrophes naturelles, particulièrement les cyclones et les inondations. Etant ramifié et non maillé, toute coupure du réseau national entraîne systématiquement l'enclavement de toute une partie du pays. Aujourd'hui, une branche du génie civil - « la géotechnique » - est indispensable à toute sorte de projet de construction, de réhabilitation ou d'aménagement. Elle se base à l'étude des comportements mécaniques et physiques des sols afin de les adapter aux fondations convenables.

La réhabilitation et l'aménagement des routes sont primordiaux pour chacune des régions et des communes. De ce fait, le cas de la piste de desserte pour le mont d'Anosy, dans la commune rurale de Masindray, Région d'Analamanga mérite d'être pris en considération. Notre intervention se base sur l'étude géotechnique de l'aménagement de cette piste de desserte pour que ce dernier assure d'une part, la communication des autres habitants et entre commune toute l'année avec confort et sécurité, et d'autre part l'évacuation des produits agricoles locales et l'approvisionnement des produits manufacturés. C'est ainsi que nous avons choisi comme thème du présent mémoire : «AMENAGEMENT DE LA DIGUE PISTE ANOSY - AMPANOBE - MASINDRAY».

L'étude comporte trois parties :

- La première partie sera un aperçu général de la zone d'étude où nous allons voir sa situation géographique, géologique, pédologique, topographique et économique;
- La seconde partie est réservée aux généralités des études géotechniques qu'on évoquera les étapes de l'étude géotechnique, son but et son importance ;
- La troisième partie concerne l'étude géotechnique du cas concret de l'aménagement de la digue piste se rapportant à la caractéristique actuel de la digue piste, à la reconnaissance de gisement, aux relevés des ouvrages existants et à la méthode et la solution suggérée.

Partie I : APPERCU GENERAL DE LA ZONE D'ETUDE

A. SITUATION GEOGRAPHIQUE :

1. Localisation

Ampanobe se trouvent à peu près à **3,5km** de la commune d'Ambohimambola. La Route communale de Masindray passe le Fokontany d'Ampanobe c'est-à-dire 3Km avant d'entrer de la commune, dans le district d'Avaradrano, commune rurale de Masindray.

La Commune rurale de Masindray est repérée par :

- Les coordonnées géographiques :
 - Longitude : 47°37'40,9" Est ;
 - Latitude : 18°58'13,2" Sud ;
 - Altitude : 1335 m.
- La coordonnée LABORDE :
 - X = 525395 m ;
 - Y= 791934 m.)

Les cartes dans la page suivante nous montrent la localisation de la zone d'étude.

CARTE DE LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

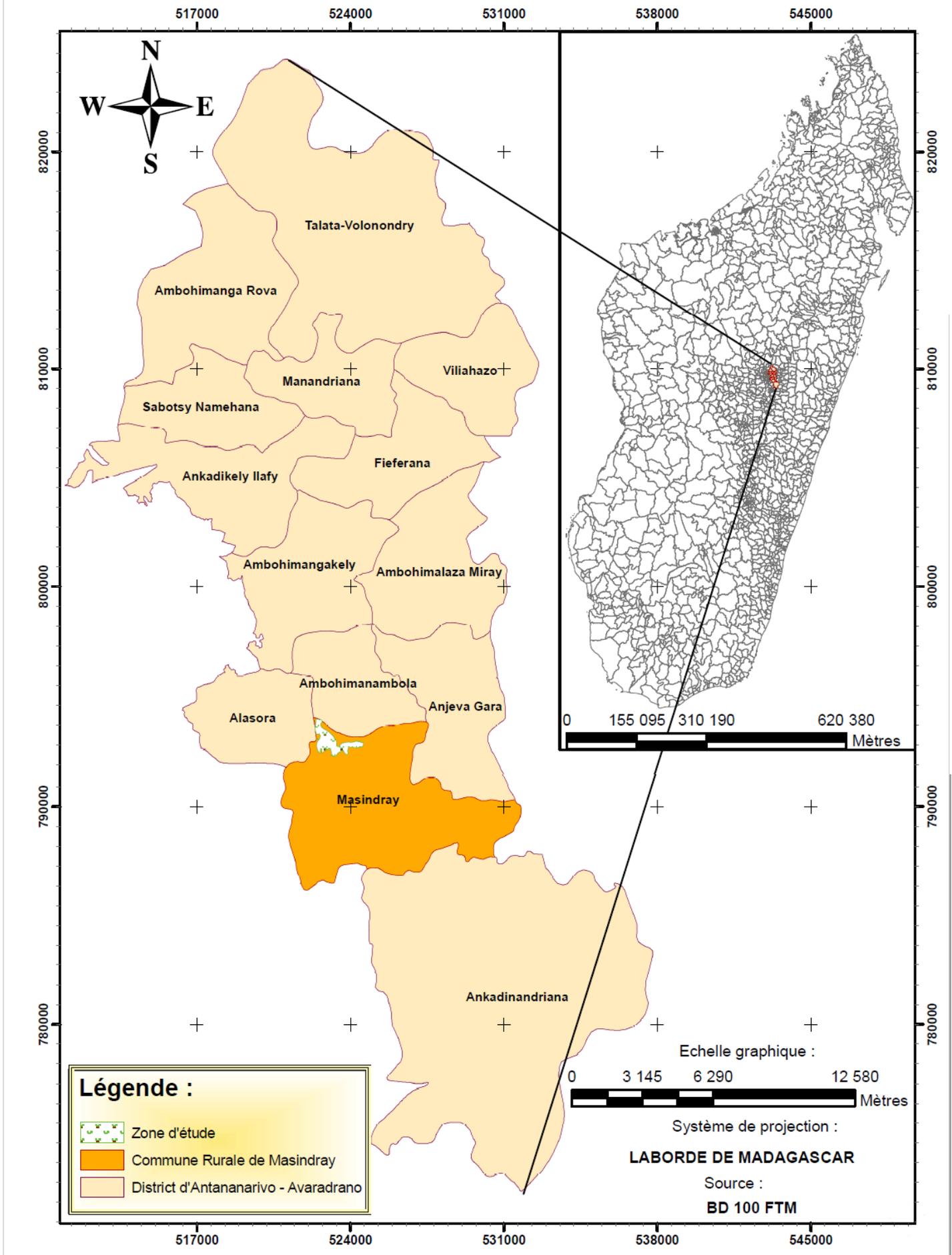


Figure 1: CARTE DE LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

2. Voie de communication :

Dès fois, la digue piste étudié n'est plus praticable à cause de l'inondation. A cet effet le mont Anosy ; constitué par 3 fokontany ; est souvent presque isolée de la commune et la capitale pendant quelques jours de passage de la période crue ou le cyclone.

3. Climat :

Le régime climatique de la région se définit comme tropical des hautes terres. La température moyenne varie entre 16 °C et 18°C. L'année comporte deux saisons bien distinctes: une saison chaude et pluvieuse de Novembre à Mars et une saison fraîche durant le reste de l'année.

4. Pluviométrie :

Les données pluviométriques nécessaires sont celles qui proviennent de la station Météorologique la plus proche du site. Pour la zone d'étude, la station pluviométrique utilisée est la station climatique d'Antananarivo ayant des coordonnées :

Latitude Sud : 18,54°C

Latitude Est : 47,32 °C.

Altitude : 1310 m

Les valeurs des pluviométries mensuelles durant 9 années d'observations et de la pluviométrie maximale journalières pendant ces 9 années d'observation sont représentées sous forme de tableau ci-dessous.

Tableau 1: Pluviométrie maximales journalières (24h) de différentes fréquences (2000- 2009)
(Source: Météo Ampandrinomby)

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Pmax 24 mm	128	76.5	67.5	93	78.2	57.7	54.8	81	87.2	57.1

B. SITUATION GEOLOGIQUE :

Du point de vu géologique, la digue piste « Anosy-Ampanobe-Masindray » appartient au **socle cristallin Précambrien** de Madagascar. Son localisation nous montre qu'il a le même contexte géologique d'Ambohimambola et de la haute terre centrale.

Géologie d'Ambohimambola :

Le site Ambohimambola est constituée par des granites migmatitiques et des migmatites granitoïdes (Type Tananarive) dans lesquels subsistent une série silico-alumineuse marquée par la présence de roches uniquement siliceuses « quartzites » et d'autres alumineuses représentées par des gneiss à sillimanite, grenat et graphite. La région appartient au système du graphite dans le groupe d'Ambatolampy qui a été défini comme un ensemble à faciès micaschisto-gneissique d'origine sédimentaire. Les roches alumineuses passant par des endroits à gneiss graphiteux ont donné lieu à des recherches et petites exploitations actuellement abandonnées, notamment à Ambohibato et **Ampanobe**.

La situation d'Ampanobe - Anosy par rapport à Tananarive, ainsi que les différentes formations géologiques d'Ambohimambola sont représentées par la carte géologique dans la page suivante, d'échelle 1/100.000. Celle-ci montre que les socles anciens des roches ignées de Vohibory dominants sont : granites migmatitiques, migmatites granitoïdes, Charnockites et Gneiss. Mais à Ampanobe, marqué par cette carrée en rouge, est plutôt constitué par des Gneiss recouverts par des alluvions déposées par le courant d'Ikopa.

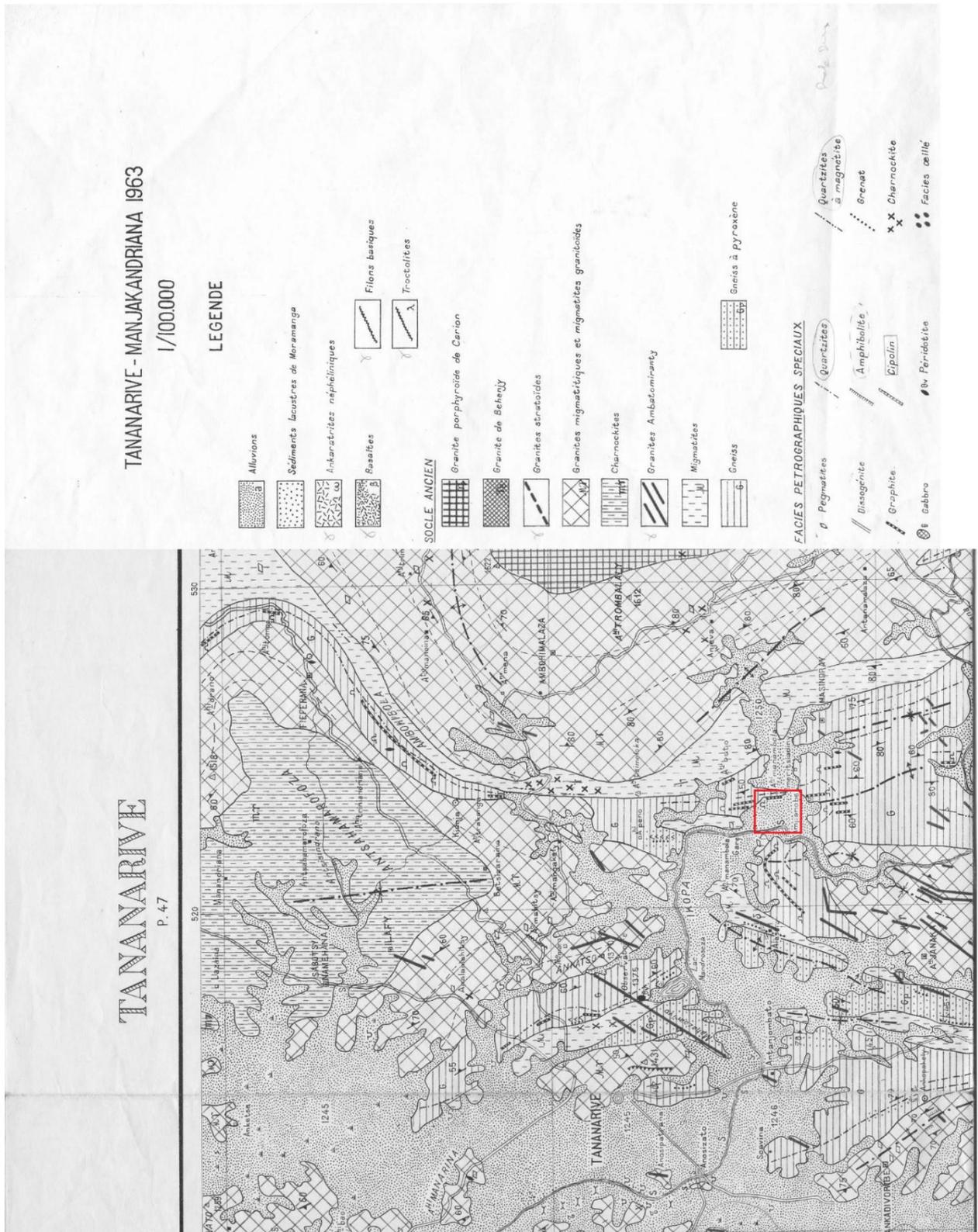


Figure 2: Carte géologique « TANANARIVE-MANJAKANDRIANA » (source : SGM Tananarive Page 47)

1. Géologie d'Antananarivo :

La géologie de cette région est composée de séries métamorphiques du socle cristallin Précambrien, des roches ignées post-précambriennes, des formations volcaniques et des couvertures sédimentaires.

a. Socle cristallin

- Systeme de graphite :

- Groupe de Manampotsy : Gneiss et migmatites dans l'Est de la région et au Sud du Lac Alaotra.
- Groupe d'Andriba : migmatites dans le Nord et Nord-Ouest de la région.
- Groupe d'Ambatolampy : Gneiss, micaschistes, et quartzites plus à l'Est jusqu'au Sud depuis Antananarivo.

- Systeme de Vohibory :

Représenté par la série amphibolitique appartenant au groupe de Beforona, située au Nord d'Antananarivo.

b. Roches ignées

Il s'agit d'une série de granites migmatitiques, migmatites granitoïdes, charnockites et granites intrusifs aux environs d'Antananarivo, au Nord et au Sud de la Capitale.

Des massifs gabbroïques, des filons basiques, des granites filoniens et stratoïdes sont également présents.

c. Roches volcaniques.

Ces roches forment les massifs de l'Ankaratra et de l'Itasy, et sont aussi présentes dans la région de Lac Alaotra. Il s'agit pour la plupart, des basaltes accompagnés de scories volcaniques.

C. SITUATION TOPOGRAPHIQUE ET PEDOLOGIQUE :

Vu la localisation de la zone d'étude, elle est portée à l'altitude comprise entre 1250 m et 1350 m. Comme le grand Antananarivo, la commune rurale de Masindray est implantée sur des hautes terres appelées : « hauts plateaux ». Cette zone étudiée s'intègre dans la zone marécageuse de la rivière d'Ikopa. Elle est aussi limitée par la rivière d'Ikopa et le mont Anosy.

Les sols sont donc constitués d'alluvions et de sable, arrachées aux bassins versants, et évoluent par suite à la forte pluviométrie.

Du point de vue pédologique, cette zone ; marquée par une carrée rouge dans la carte « pédologique par classe », appartenant au PLD (Plan Local de Développement) de la commune rurale de Masindray ; est constituée par des sols hydromorphes, sols fertiles, régulièrement saturés à dominante argileuse où la vie microbienne est noyée. Une zone hydromorphe se repère en fonction de la topographie (au bas ou au bord des rivières).

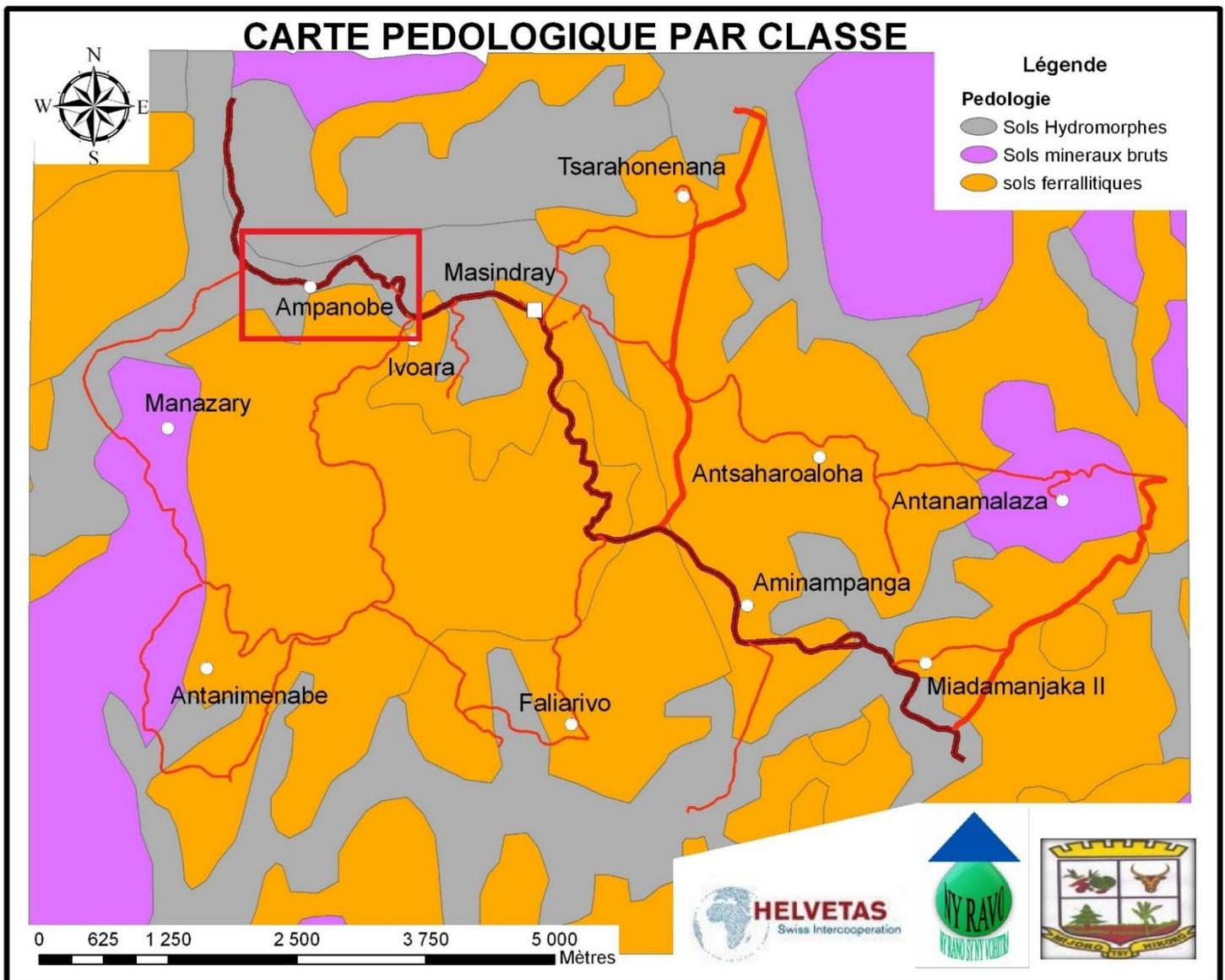


Figure 3: carte pédologique par classe de la commune rurale Masindray (source PLD de la commune)

D. SITUATION ECONOMIQUE :

Madagascar fait partie des pays en voie de développement où les crises socio-économiques sont encore très importantes, surtout après la crise politique de 2009. Le taux de pauvreté est passé de 69% en 2005 à 77% en 2010. Aujourd'hui, Elle est au trois dernier des pays le plus pauvres au monde.

D'après les enquêtes font, certaines personnes ne gagnent au maximum que 5.000 Ar/jours au village d'Ampanobe, ceux qui travaillent aux champs. Mais ceux qui travaillent dans les milieux administratifs ont leurs salaires mensuels.

1. Les activités :

L'activité de la population d'Anosy-Ampanobe est : la riziculture ; comme certain Malagasy. Or la production rizicole est annuelle et que la zone d'étude dispose de quelques formations géologiques : sable et argile, plusieurs familles vivent de l'exploitation et de mise en vente de ces dernières en tant que matériaux de construction.

a. Production des briques

Cette activité se pratique de plus en plus fréquemment dans la plaine, dans les rizières non cultivées en période sèche.

b. Extraction de sable

Comme la fabrication des briques, l'extraction de sable est portée par le marché de la construction à Antananarivo ; très dynamique et très demandeur en matériaux de construction. L'extraction du sable se pratique surtout en période d'étirage. Les plus efficaces extraient 2m³ de sable par jour, vendus à 25 000 Ar. le m³. Ces deux activités apportent une aide financière importante dans la commune de Masindray à partir des ristournes.

Partie II : ETUDE GEOTECHNIQUE

A. GENERALITES :

Du point de vue « mécanique des sols », l'étude géotechnique est une opération dont dépend en grande partie la qualité, la résistance et la durée de l'ouvrage. Elle a pour objet de procéder à une étude des sols pour la construction des ouvrages et notamment concernant le type des fondations, mais aussi dans le cadre de diagnostics des ouvrages. Elle est l'une des étapes indispensables dans l'Avant-Projet Détaillé (APD). Sa démarche consiste généralement à la **caractérisation des SOLS** existant au site étudié, afin

- de pouvoir proposer des solutions pratiques à la réalisation de l'ouvrage,
- de répondre correctement aux attentes du client, et
- pour obtenir les données techniques suffisantes et les plus précises possibles.

Elle traite également des phénomènes de mouvement des sols (glissement, affaissement, ...), de déformation (tassements sous charges) et de résistance mécanique. Il ne faut pas se fier uniquement à l'appréciation visuelle du sol pour définir ses caractéristiques. Deux sols ayant des caractéristiques visuelles ; - par exemple ayant la même couleur et les mêmes grosseurs de grains ; - peuvent avoir des résistances différentes, des teneurs en eau différentes, donc une compacité différente. Par voie de conséquence la nécessité d'études en laboratoire géotechnique s'impose.

▪ Avant la construction :

C'est la phase d'intervention du laboratoire dans un projet. En effet, c'est durant cette étape du projet que l'on va déterminer les caractéristiques du sol dont la connaissance est très importante car l'ouvrage que ce sol va recevoir repose entièrement sur la stabilité et la résistance du sol.

Durant cette étape, le laboratoire effectue généralement les différentes activités suivantes: [a], [b], [c], [d], [e]

- Réalisations des sondages et essais in-situ : il s'agit d'effectuer les prélèvements de sols à tester au laboratoire, faire des essais au pénétromètre dynamique, statique...

- Exécution des essais et analyses au laboratoire : effectuer les différents essais d’identifications, de caractérisation, les essais mécaniques, les essais de poinçonnement et de choc sur les échantillons prélevés durant les sondages et les essais in-situ ;
- Conception et rédaction du dossier géotechnique ;
- Etudes des divers procédés de fabrication des matériaux de construction ;
- Etude et agrément des matériaux : recherche, validation d’un gîte, d’une carrière, d’un emprunt servant d’approvisionnement de matériaux de construction de route par exemple.
- Durant la construction : [b], [c]
 - Agrément et réception des conformités ;
 - Auscultations des ouvrages ;
 - Contrôle géotechnique intérieur et contrôle extérieur ;
 - Résolutions des problèmes particuliers ;
 - Réception géotechnique des travaux.
- Après la construction : [b], [c]
 - Auscultation des chaussées et ses ouvrages d’art ;
 - Expertise et contre-expertise.

L’étude géotechnique vise à l’assistance technique et au conseil du maître d’ouvrage, maître d’œuvre et des entreprises de construction.

1. Quelques définitions :

a. Géotechnique : [3]

La géotechnique est l’ensemble des activités liées aux applications de la Mécanique des Sols. La Mécanique des Sols étudie plus particulièrement le comportement des sols sous leurs aspects résistance et déformabilité. La géotechnique se base à l’étude mécanique et physico-chimique des sols afin de les adapter aux fondations convenables. A partir des essais au laboratoire et in situ de plus en plus perfectionnés, la Mécanique des Sols fournit aux constructeurs les données nécessaires pour étudier les ouvrages de génie civil et de bâtiment et assurer leur stabilité en fonction des sols sur lesquels ils doivent être fondés ou avec lesquels ils seront construits (barrages en remblais) ; ceci tant durant le déroulement des travaux (grands terrassement) qu’après mise en service des ouvrages.

b. Sols : [2]

Les sols sont des agrégats de grains minéraux pouvant être séparés sous l'effet des actions mécaniques relativement faibles. Les sols sont aussi des matériaux meubles, poreux, hétérogènes et souvent anisotropes. Les matériaux, minéraux ou organiques sont généralement à l'état de grains ou de particule dont les formes et les dimensions sont essentiellement variables. C'est aussi une formation superficielle provenant de l'altération sur place des roches par les agents d'altérations : l'eau, l'air et les êtres vivants ; par des processus très lents de dégradation et par mécanismes très complexes de transport de particules. Il y a une infinité de sortes de sol avec une variation de caractéristiques illimitée.

Le sol présente deux originalités :

- C'est tout d'abord un milieu discontinu qu'il faudra donc étudier à la fois dans sa globalité et dans sa composition élémentaire.
- C'est un matériau triphasique formé des grains solides, d'eau, d'air. (Sols = phase solide + phase liquide + phase gazeuse)

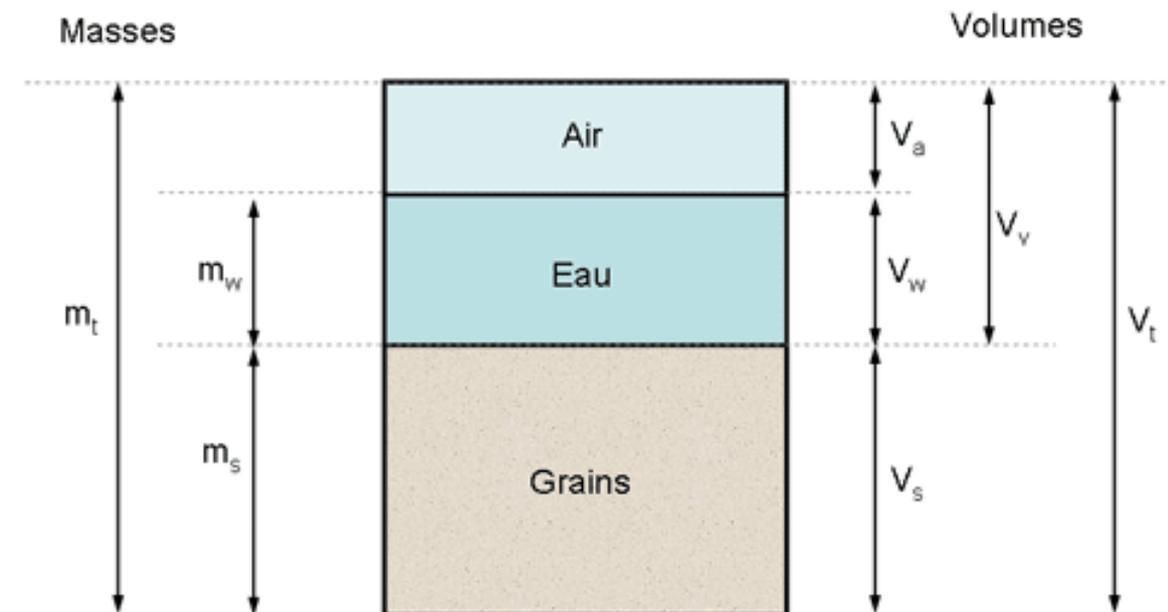


Figure 4: éléments constitutifs des sols

Avec

m_w : masse d'eau

m_s : masse des grains solides

m_t : masse totale = $m_w + m_s$

V_a : volume d'air

V_w : volume d'eau

V_s : volumes des grains

V_v : volume des vides = $V_w + V_a$

V_t : volume totale = $V_v + V_s$

B. LES ETAPES D'UNE ETUDE GEOTECHNIQUE :

D'après l'extrait de la norme Française NFP 94 500 en novembre 2013, l'étude géotechnique préalable est divisée en deux phases distinctes, selon l'avancement de l'étude du projet: G11 PGC et G12 AVP. L'une s'effectue au stade d'esquisse et la seconde au stade d'avant-projet. Dans les faits, bien souvent, seule une étude de type avant-projet G12 est réalisée.

1. Étude géotechnique préliminaire de site (G11) - (G1 PGC) [e]

Réaliser au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS ; Cela signifie entre autre, qu'aucune disposition constructive n'est encore retenue, l'enveloppe du projet n'est pas déterminée. Elle permet de réduire les conséquences des risques géotechniques identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées :

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser, en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechnique à ce stade de l'étude ainsi que certains principes généraux de construction envisageable.

Ce type de mission G1 PGC (principes généraux de construction) permet au maître d'ouvrage d'avoir un aperçu global du terrain et de disposer d'un premier ordre d'idée des dispositifs constructifs à envisager et des coûts de fondations à engager. Elle lui permet aussi d'adapter au mieux le projet au terrain, en s'appuyant sur les recommandations fournies par l'étude.

2. Étude géotechnique d'avant-projet (G12) - (G2 AVP) [e]

Cette mission est effectuée après une mission géotechnique de type G1 PGC au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie sur des données géotechniques adaptées. Le constructeur doit disposer d'une enveloppe précise de son projet, ainsi que du type de structure envisagée. Afin d'obtenir une qualité d'étude optimale, il est conseillé au maître d'ouvrage de pouvoir fournir un niveau de calage du projet, en particulier pour des configurations de sites en pente.

Afin de répondre correctement aux attentes du client et pour obtenir les données techniques suffisantes et les plus précises possibles, cette phase d'étude doit être envisagée avec un maillage des sondages d'investigation suffisamment serré et des moyens adaptés. Lors de la définition du programme d'investigation, il est indispensable de rechercher la meilleure qualité de mesure possible, tout en s'adaptant en fonction des accessibilités au terrain. Il est donc très fortement déconseillé de limiter les investigations à des sondages au pénétromètre dynamique léger lors d'une mission géotechnique de type G12 (G2 AVP). Dans ces conditions, des essais de pénétration statique lourde sont plus adaptés et permettent une mesure plus fine des caractéristiques de sols lorsque celles-ci sont plus faibles.

C. BUT DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE: [3] [4]

Le but pratique de l'étude géotechnique est de permettre l'adaptation spécifique de l'ouvrage au site, afin de limiter les risques « naturels », il consiste à informer le maître d'ouvrage et les constructeurs de la nature et des comportements du site afin qu'ils puissent définir et justifier les solutions techniques qu'ils devront concevoir, adopter et mettre en œuvre pour réaliser leur aménagement et/ou leur ouvrage en toute sécurité et à moindre coût. L'étude géotechnique a deux grands buts:

- Fournir aux différents intervenants d'un projet des renseignements sur la nature et les propriétés des sols
- Formuler des recommandations d'ordre géotechnique qui doivent permettre de concevoir et de réaliser l'ouvrage projeté.

1. Les essais géotechniques au laboratoire :

Pour La détermination des caractéristiques physiques et mécaniques des sols, les essais réalisés aux échantillons sont les suivants : [f]

- Les essais de caractérisation physique du sol : La mesure de la teneur en eau ω (selon la norme NF P 11-300) et les poids volumiques γ ;
- Les essais d'identification des sols : Analyse granulométrique par tamisage (Norme NFP-94.056 Edition Mars 1996) et par sédimentométrie (selon la norme NFP-94. O57 Version Mai 1992) : La mesure des limites d'Atterberg (selon la norme NFP-94.051 Mars 1993) ; l'équivalent de sable ES et l'essai au bleu de méthylène.
- Les essais de compactage : L'essai CBR, l'essai Proctor normal et modifié (selon la norme NFP-94. O57 Version Mai 1999)
- Les essais mécaniques : L'essai de compressibilité à l'œdomètre, essai de compression simple, essai Brésilien, essai de cisaillement rectiligne à la boîte de Casagrande et de cisaillement Triaxial

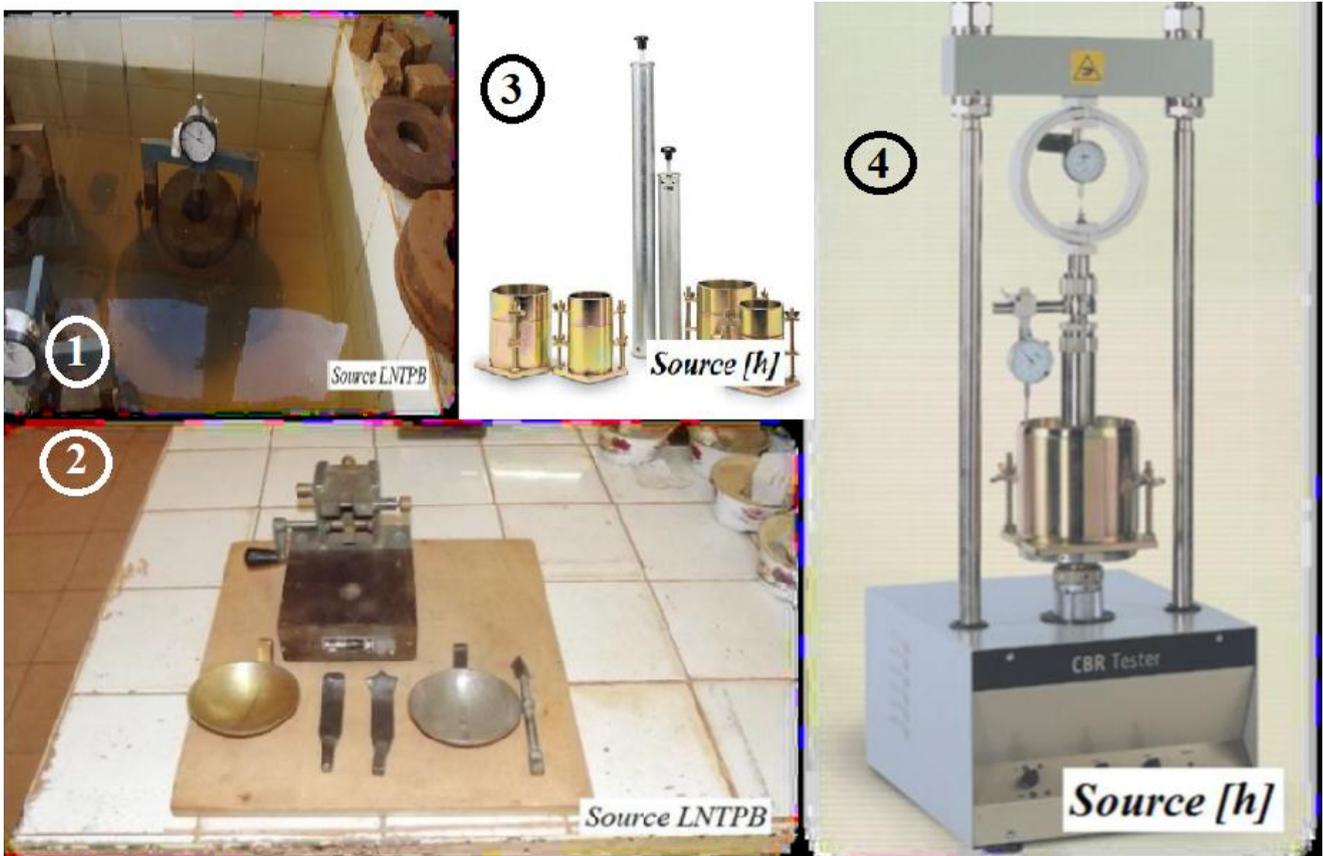


Figure 5: quelques matériels au laboratoire géotechnique

- 1) Moule CBR avec appareil de mesure de gonflement plongé dans bac d'immersion
- 2) Appareil de Casagrande pour la mesure des limites d'Atterberg
- 3) Equipement de compactage de Proctor et CBR
- 4) Presse CBR

2. Les essais géotechniques in situ :

a. Sondage à la TARIERE:

Le sondage à la tarière consiste à faire descendre par rotation dans le sol, un train de tige pour exécuter le forage pour avant trou avant de réaliser l'essai pressiométrique, puis pour connaître la coupe géologique du terrain par identification visuelle et enfin de repérer la présence ou l'absence de nappe d'eau.



Figure 6: Tige d'une tarière manuelle avec échantillons

b. Essai PRESSIOMETRIQUE :

L'essai pressiométrique consiste à mettre en place une sonde cylindrique dilatable radialement tous les mètres de profondeur et on lui applique des paliers de pression croissants. La réalisation préalable d'un forage à l'aide de la tarière manuelle ou mécanique permet de déterminer les coupes du sol en place et servant comme avant-trou à des mesures pressiométriques. Elle est représentée par la photo suivante.



Figure 7: Appareil utilisé en « essai PRESSIOMETRIQUE » (source [f])

Il permet d'obtenir une relation contrainte-déformation du sol en place dans l'hypothèse d'une déformation plane et de déterminer les deux paramètres intrinsèques du sol tels que le module de déformation « E » et la pression limite « Pl ». Ces paramètres sont nécessaires au prédimensionnement de la fondation à envisager pour le projet. Cet essai ne fournit qu'une reconnaissance ponctuelle (tous les mètres au mieux) au droit du forage préalable. De plus, c'est essentiellement l'expérience de l'opérateur qui garantit la qualité de ce type d'essai

c. Essai au PENETROMETRE:

Il y a deux grands types d'essai au pénétromètre :

- Pénétromètre dynamique lourd (P.D.L)
- Pénétromètre statique lourd (P.S.L) ;

L'essai de pénétration dynamique est sans doute le plus ancien des essais géotechniques in situ. Il permet de simuler le battage d'un pieu et de déterminer la résistance dynamique que le terrain oppose à l'enfoncement de celui-ci. Il consiste à faire pénétrer dans le sol par battage un train de tiges lisses, muni à son extrémité d'une pointe de section connue. Le battage est assuré par une masse, appelée mouton, tombant d'une hauteur bien déterminée. Pour une énergie de battage constante, fonction des caractéristiques de l'appareillage utilisé, on compte le nombre N de coups de mouton correspondant à un enfoncement donné du train de tiges dans le terrain. Ce nombre purement empirique peut par la suite être transformé en une résistance dynamique en fonction du type du pénétromètre utilisé.

Ainsi, l'essai de pénétration permet d'obtenir des renseignements relatifs :

- à la succession des différentes couches de terrain,

- à l'homogénéité globale d'une couche donnée (présence d'anomalies locales),
- au repérage d'une couche résistante dont l'existence est déjà connue.

L'essai de pénétration est un outil économique, facile à mettre en œuvre, ce qui permet la reconnaissance des sols sur un assez grand nombre de points, et ce en un minimum de temps.



Figure 8: Appareil utilisé en « essai au PENETROMETRE» (source [f])

Les résultats des essais de pénétration dynamique sont représentés par le diagramme ci-dessus présentant un profil de la résistance du terrain jusqu'à la profondeur de fin de l'essai.

D. IMPORTANCE DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE :

Lors d'un projet de construction, les constructeurs doivent prendre en compte la nature des formations constituant le sous-sol du site où il est prévu de réaliser cette construction.

Cette prise en compte permet de/d' [e] :

- ✓ Adapter le projet au site envisagé : consistant à la détermination de la nature des sols où l'ouvrage est envisagé d'implanter afin d'ajuster les charges au sol portant.
- ✓ Définir le système de fondation de l'ouvrage avec le meilleur rapport sécurité/coût : c'est d'établir la fondation convenable la nature des sols et vis-à-vis de la charge potée, avec une haute sécurité et de coût moyen.

- ✓ Se garantir contre les effets de la réalisation des travaux sur les constructions voisines. Il faut donc que la construction n'affecte pas les autres ouvrages existants sur la zone étudiée.

Une étude géotechnique peut aussi mettre en évidence des anomalies dans les terrains avant que le projet ne démarre et ainsi éviter les importants surcouts apportés par les arrêts de chantier et les adaptations du projet au terrain (nécessité de réaliser des fondations profondes par exemple).

La responsabilité des problèmes liés aux formations composant le sous-sol est transféré à un spécialiste, *le géotechnicien*, dont la mission porte généralement sur les points suivants [5]:

- Étudié et prise en compte des avoisinants du projet ;
- Définition des risques existants vis-à-vis des risques naturels : détection des cavités, stabilité général d'un site (par rapport au glissement de terrain par exemple), séismicité.
- Définitions des terrassements : faisabilité, réemploi des matériaux, tenus des ...
- Définition de l'influence de circulations d'eaux souterraines, agressivité de l'eau vis-à-vis des bétons ;
- Définition de l'influence de la nature et de la répartition des formations géologiques sur la réalisation des travaux et sur la conception de l'ouvrage : détermination des sollicitations que sont capables de reprendre ces formations en fonction des projets,
- Définition des types de fondations à envisager et évaluation des tassements sous ouvrages ;
- Définition de l'incidence sur l'environnement avoisinant le projet : stabilité des pentes et des constructions voisines, nuisances liés aux futurs travaux ;

La mission d'un géotechnicien se résume souvent sous forme d'un rapport d'étude géotechnique qui correspond à une mission bien définie. Ce rapport a pour objectif de présenter aux constructeurs le cadre dans lequel ils vont réaliser leurs aménagements ainsi que les solutions techniques pratiques et économiques de réalisation en toute sécurité et à moindre coût l'aménagement projeté. Son responsabilité selon le niveau d'avancement d'un projet et l'ampleur du projet n'est pas la même. En France, la norme **NF P 94-500** est le document de référence définissant le cadre réglementaire de travail du géotechnicien. Elle définit plusieurs

types de missions géotechniques permettant au géotechnicien d'adapter son intervention en fonction du niveau d'avancement du projet et en fonction de la finalité recherchée par son étude. Ces missions sont [g]:

- G1 : Etude géotechnique préalable ;
- G2 : Etude géotechnique de conception ;
- G3 : Etude géotechnique de réalisation (étude et suivi géotechniques d'exécution) ;
- G4 : Etude géotechnique de réalisation (supervision géotechnique d'exécution) ;
- G5 : Diagnostic géotechnique

Parti III : CAS CONCRET « ANOSY-AMPANOBE-MASINDRAY »

A. GENERALITE :

Une route constitue un trait d'union entre les territoires et entre les gens qui les vivent. Elle est importante sur plusieurs plans. Tout d'abord sur le plan social, elle facilite la communication et la fréquentation entre les hommes, l'implantation et l'accessible des infrastructures communautaire (école, dispensaire, marcher, football etc...). Ensuite sur le plan économique ; elle permet d'évacuer les produits agricoles vers les centres villes et d'approvisionner les produits manufacturés. Et enfin sur le plan politico-administratif, elle facilite la communication communale ou régionale ou provinciale. Son aménagement est une action qui consiste à transformer et/ou modifier la structure initiale de la route en plus agréable. C'est de rénover l'ancienne route déjà dégradée avec changement de structure.

A Madagascar, la route est subdivisée en deux grandes catégories : La route bitumeuse et la route en terre. Cette route en terre est divisée en route en terre aménagée RTA et en route en terre sommaire RTS avec 5.050 Km des routes bitumeuses, 6.950 Km des RTA et 32.000 Km des RTS en 1990.

Pour les projets d'infrastructure rurale, il faut passer par les étapes suivantes :

1. Identification et sélection des routes à aménager :

Choix basé sur des critères d'éligible et sur des bases socio-économique et politique. Il est fait par le maître d'ouvrage, les ministères concernés et les bailleurs de fond.

2. Identification initiale :

Ces critères d'identification sont :

- La route doit être classée comme route d'intérêt local
- La route doit être liée à une route classée bien entretenu et carrossable toute l'année
- La route doit desservir de la zone à fort potentiel agricole au bénéfice du plus grand des paysans
- Disponibilité de la main d'œuvre local pour l'entretien futur de la route doivent être assurée

3. Evaluation:

C'est une évaluation plus approfondie de la justification de la route. Cela demande des données socio-économiques, une enquête des trafics et l'estimation des avantages et des coûts. Il faut voir aussi dans cette évaluation les critères spécifiques suivants :

- Les qualités des services et types des bénéficiaires
- Les caractéristiques des infrastructures existantes (description de l'état de la route et des ouvrages existants)
- La disponibilité des matériaux de construction
- La quantité de ces matériaux si c'est suffisant ou non

Si la plus valus de transport est très élève et occupe un certain pourcentage au coût de la construction de la route, le projet ne peut être éligible.

4. Fixation des priorités :

Il est probable que les propositions aux critères sont nombreuses par rapport au budget disponible. Dans ce cas, il faut faire alors un classement par ordre des priorités d'après les critères suivants :

- Plus grand nombre de personne bénéficiaire
- Meilleur rapport coût/avantage
- Considération par la population locale u projet comme première nécessité

5. Approbation :

Finalement, la liste des projets sélectionnés d'après les différents critères est renvoyée au ministère concerné

B. CARACTERISTIQUE GENERALE DE LA ROUTE ETUDIEE :

La décision d'un aménagement dépend de l'état actuel du site ainsi que son utilisation. D'après la méthode d'investigation, nous pouvons récoltés les données suivants :

Rôle : route communale à desservir et à désenclaver le fokontany Ampanobe aux autres fokontany de la commune rurale de Masindray et assure aussi le transport des sables et des briques.

Longueur de la digue : 1200m

Structure de la route : RTA (route en terre)

Largeur de chaussé : invariable ; entre 0.50 à 1.50 mètre

Hauteur de la chaussé par rapport à la rizière : 1.50m



Figure 9: vue en face de la digue piste prise le 3 novembre 2017

Tableau 2: Tableau d'itinéraire des dégradations du chaussé

Pk	Dégradations	Causes
0+050	Bourbier Flaque d'eau	Forte pluie
0+339	Eboulement de talus	Irrégularité et mauvais compactage du matériau de surface
0+550	Rétrécissement de la largeur du Chaussé à 1m	Erosion des talus
0+785	Rétrécissement de la largeur du Chaussé à 0.80m	Erosion des talus
1+020	Rétrécissement de la largeur du Chaussé à 0.50m	Erosion des talus

C. RECONNAISSANCE DES GISEMENT :

Le gisement est un lieu où une formation géologique donné s'est accumulé et que l'on peut exploiter en totalité ou en partie dans les constructions routières. A Ampanobe, on y trouve le gîte d'Ambohimanambola caractérisé par une grande importante quantité de quartzite.

1. Gisement d'Ambohimanambola [7]:

En matière de construction, l'extraction du quartzite nécessite l'emploi des moyens courants (pelle, pioche, angady, engins) sans l'utilisation d'explosif. Ainsi, on le définit comme matériau meuble. Le quartzite est une roche siliceuse, compacte, à cassure conchoïdale lisse ou finement esquilleuse, en général claire et d'aspect gras. Il est constitué

des cristaux de quartz intimement soudés, souvent dentelés et engrenés ; le plan de cassure de la roche traverse les cristaux, et ne contourne pas les grains.

Les quartzites sont très répandus à Madagascar ; ils peuvent constituer les couches de formes et de fondation. Ils sont déconseillés en couche de base. Ils n'adhèrent pas aux liants. Son utilisation en construction routière nécessite une reconnaissance sur les propriétés géotechniques. Cette reconnaissance consiste à réaliser des essais d'identification et de compactage au laboratoire. Ce sont les échantillons prélevés dans les puits qui seront analysés. On peut trouver dans l'annexe un croquis de repérage de la gite d'Ambohimambola (annexe 1)

a. Essais d'identification des sols :

– Nature visuelle : Quartzite limoneux rosâtre.

– Limites d'Atterberg : représenté par le tableau ci-après

Tableau 3: Tableau représentatif du résultat des essais aux limites d'Atterberg

Ech.	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Ech. 4
Limite				
Wl %	41	39	36	31
Wp %	28	26	23	22
Ip %	13	13	13	9

Avec

Wl : Limite de liquidité

Wp : Limite de plasticité

Ip : indice de plasticité

b. Granulométrie :

Tableau 4: Granulométrie des échantillons de gisement d'Ambohimambola

Ech.	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Ech. 4
Ø grains				
Ø max (mm)	31.5	20	20	80
< 2 mm	56	58	30	47
< 0.40 mm	24	39	15	17
< 80 µ	16	33	12	11

Avec

Ø : Dimension

$\gamma_s = 2,3 \text{ KN/m}^3$ (Poids spécifiques)

c. Classifications:

Tableau 5: Classification HRB et LPC des échantillons de gisement d'Ambohimambola

Ech.	Ech. 1	Ech. 2	Ech. 3	Ech. 4
Classification				
HRB	A2-7	A2-6	A2-6	A2-4
LPC	SL	SL	GA	Gm-Gb/GA

Classification H.R.B. : Les échantillons 1, 2, 3 et 4 sont des mélanges de graviers limoneux

Classification LPC : Les échantillons 1 et 2 sont des sables limoneux, l'échantillon 3 : grave argileux et l'échantillon 4 : grave propre argileuse

d. Essais de compactage et de portance :

Proctor :

➤ $\gamma_{dmax} = 20,4 \text{ KN/m}^3$

➤ $W_{opt} = 8,0 \%$

CBR :

- Sans immersion (à 0 jours): ICBR (Indice CBR) avec une énergie de 25 coups = 68
- Après immersion (après 4 jours) : ICBR (Indice CBR) = 40
- Gonflement (%) = 0,00

Ces essais ont été réalisés au LNTPB Laboratoire National des Travaux Publics et du Bâtiment

D. RESULTAT DES ESSAI SUR CHANTIER ET EN LABO DU SITE:

Après avoir fait des essais auprès du LNTPB, on a pu obtenir les résultats suivants :

1. In situ :

a. Sondage à la tarière manuelle : Permettant de voir la coupe synthétique des sols en place. Les couches en profondeur sont constituées par :

- 0,00 à 1,00 m : Argile limoneuse rouge brunâtre ;
- 1,00 à 1,40 m : argile tourbeuse noirâtre ;
- 1,40 à 2,60 m : argile sableuse grise;
- 2,60 à 5,00 m : argile sableuse grise très plastique ;
- 5,00 à 6,40 m : sable argileux gris verdâtre ;
- 6,40 à 7,20 m : argile grise verdâtre compacte ;
- 7,20 à 10,00 m : argile sableuse micacée gris brunâtre ;
- Au-delà de 10,00 m : argile verdâtre très compacte.

La nappe phréatique a été localisée vers 0,50 m de profondeur au moment de l'investigation.

b. Essai pressiométrique :

Les paramètres intrinsèques du sol sont récapitulés dans le tableau en annexe 2.

2. En laboratoire :

a. Essais d'identification :

Nature visuelle : argile sableux grisâtre

Limite d'Atterberg : $W_l = 65,7$; $W_p = 36,27$ et $I_p = 27,43$

b. Granulométrie :

Tableau 6: granulométrie des échantillons d'Ampanobe

Ø grains	Ø max (mm)	< 2mm	< 0,40mm	< 80 µ
Ech.	12,5	71,0	154,0	199,0

Avec pourcentage des fines : 72%

Teneur en eau moyenne : 44,9%

Poids volumiques des grains solides : 24,49 KN/m³

E. RELEVÉ DES OUVRAGES EXISTANTS :

Il faut toujours prendre compte l'effet de toutes sortes de constructions aux autres ouvrages avoisinant. Ici il y a deux ouvrages de franchissements : deux dalots ayant les mêmes caractéristiques mais de différentes qualités; l'un en pleine construction et l'autre en état vétuste.



Figure 10: Ouvrage de franchissement au Pk 1+115 (prise le 3 novembre 2017)



Figure 11: ouvrage de franchissement en plein construction au Pk 0+450 (prise le 3 novembre 2017)

Il n'y aura pas donc des effets néfastes entre ces deux ouvrages existants

1. Caractéristiques des deux dalots :

Ces deux dalots jouant le rôle de franchissement dans notre axe font aussi objet d'aménagement. La figure dans la page suivante indique les caractéristiques de ses ouvrages envisagés

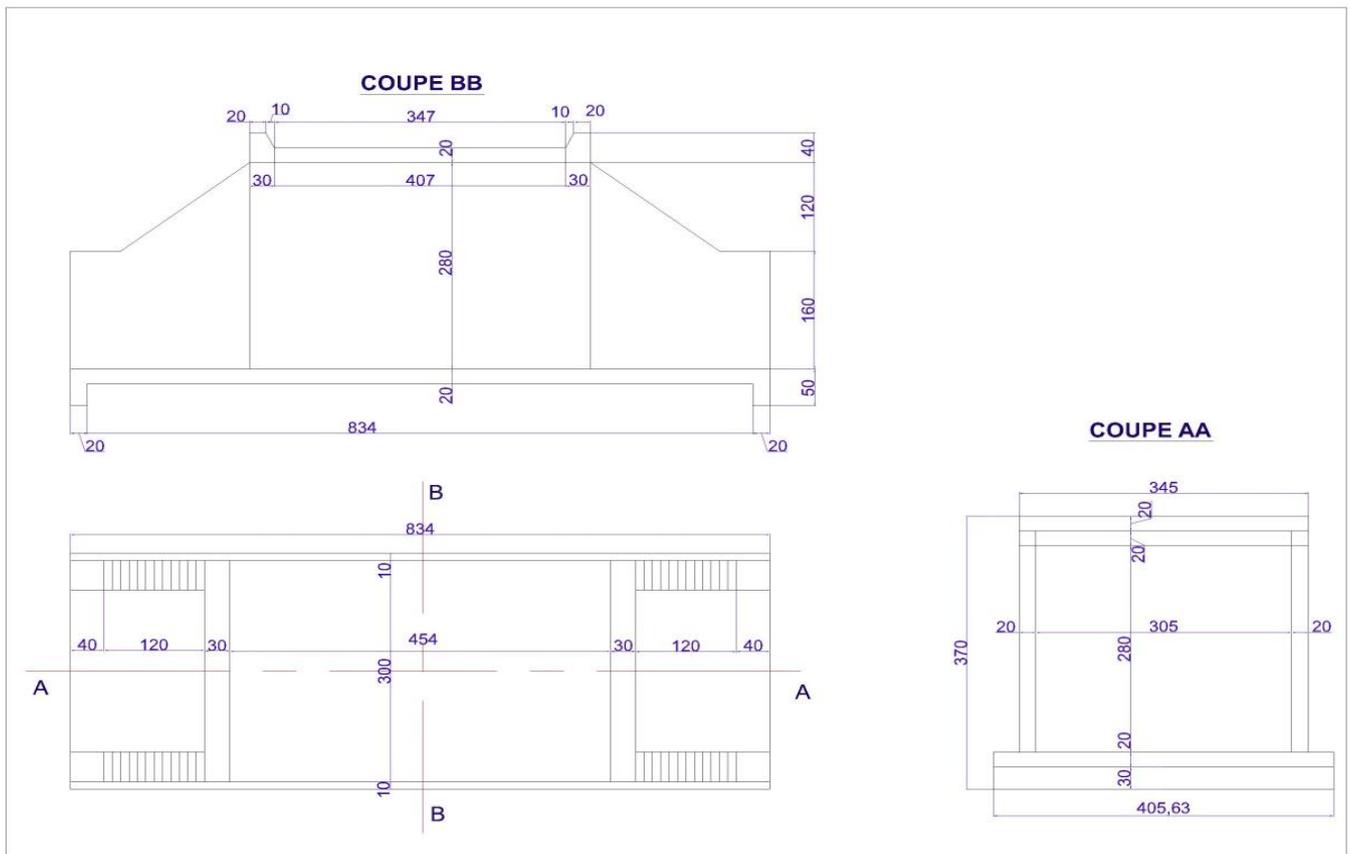


Figure 12:caractéristiques des dalots

F. METHODE ET SOLUTION SUGGERES :

1. Les techniques à haute intensité de main-d'œuvre (HIMO) :

a. Définition [6]:

«Les travaux HIMO» sont ceux qui font appel à des méthodes manuelles (avec des mains d'œuvres) pour exécuter les opérations de construction ou de réhabilitation d'une route en terre, avec un nombre suffisamment important de mains d'œuvres.

Si, des travaux forcés étaient réalisés avec un grand nombre de travailleurs avant l'indépendance, actuellement les travaux HIMO sont dirigés par des cadres techniques ainsi formés et fournissent un intérêt commun à la population bénéficiaire. L'exécution et l'application strictes des techniques et d'organisation HIMO utilisent également des matériels et des outillages simples et de bonne qualité.

b. But de la méthode HIMO [6]:

Le but de la méthode HIMO consiste à faire appliquer la politique de création d'emploi dans le secteur du BTP (Bâtiments et de Travaux Publics) ; de manière à trouver un impact positif, surtout concernant la réduction de la pauvreté.

c. Historique de la méthode HIMO [6]:

Les programmes d'investissement à haute intensité de main d'œuvre ont été mis en place à partir des années 1970. Etant donné qu'un élément partiel, mais essentiel de la réponse du BIT (Bureau International de Travail) à la détérioration de la situation de l'emploi dans le pays en voie de développement. Comme ces pays pauvres allouent un pourcentage élevé (50 à 70%) de leur budget d'investissement à la création d'infrastructure et à leur entretien.

En 1970, la Banque Mondiale, par l'intermédiaire de l'Organisation Internationale du Travail (OIT), avait proposé cette méthode de réhabilitation des routes en utilisant la main d'œuvre intensive.

d. Avantages et inconvénients de la méthode « HIMO » [6]:

Tableau 7: tableau comparatif des avantages et des inconvénients de la méthode « HIMO »

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none">➤ Création d'emploi et augmentation directe de revenu local;➤ Polyvalence des mains d'œuvres à effectuer divers travaux ;➤ Possibilité de création de capacités locales et d'organisation de l'entretien.	<ul style="list-style-type: none">➤ Coût de production à l'unité assez bon ;➤ Qualité de travail limitée pour certaines opérations standards ;➤ La vitesse de production est limitée à la disponibilité et à l'organisation des mains d'œuvre ;

e. Solutions suggérées vis-à-vis de l'état des dégradations :

D'après le schéma d'itinéraire, indiquant l'état général de la route, on a constaté des diverses dégradations sur lesquelles des solutions d'aménagement suivantes sont suggérées :

Tableau 8: Schéma d'itinéraire et proposition d'aménagement de la route

PK	Dégradations	Causes	Solutions
0+050	Bourbier Flaque d'eau		Purge suivi de reprofilage
0+204	Ravinement transversale	Absence de drainage latéral	Reprofilage
0+339	Eboulement des talus Nids de poule	Erosion et instabilité Irrégularité et défaut de compactage	Protection par mur de soutènement Reprofilage
0+550	Rétrécissement de la largeur de la chaussée à 1m	Erosion des talus	Augmentation de la largeur de la chaussée
0+785	Rétrécissement de la largeur de la chaussée à 0,80 m	Erosion des talus	Augmentation de la largeur de la chaussée
1+020	Rétrécissement de la largeur de la chaussée à 0,50 m	Erosion des talus	Augmentation de la largeur de la chaussée

Sans modification de tracé, la première solution suggérée est le rehaussement du niveau de la chaussée, avec élargissement. Les travaux consistent à faire des terrassements de la digue par remblai en provenance d'emprunt suivi de mise en profil correcte de la chaussée. Un rehaussement allant jusqu'à trois (3) mètres de hauteur s'avère nécessaire aux environs des deux ouvrages de franchissements.

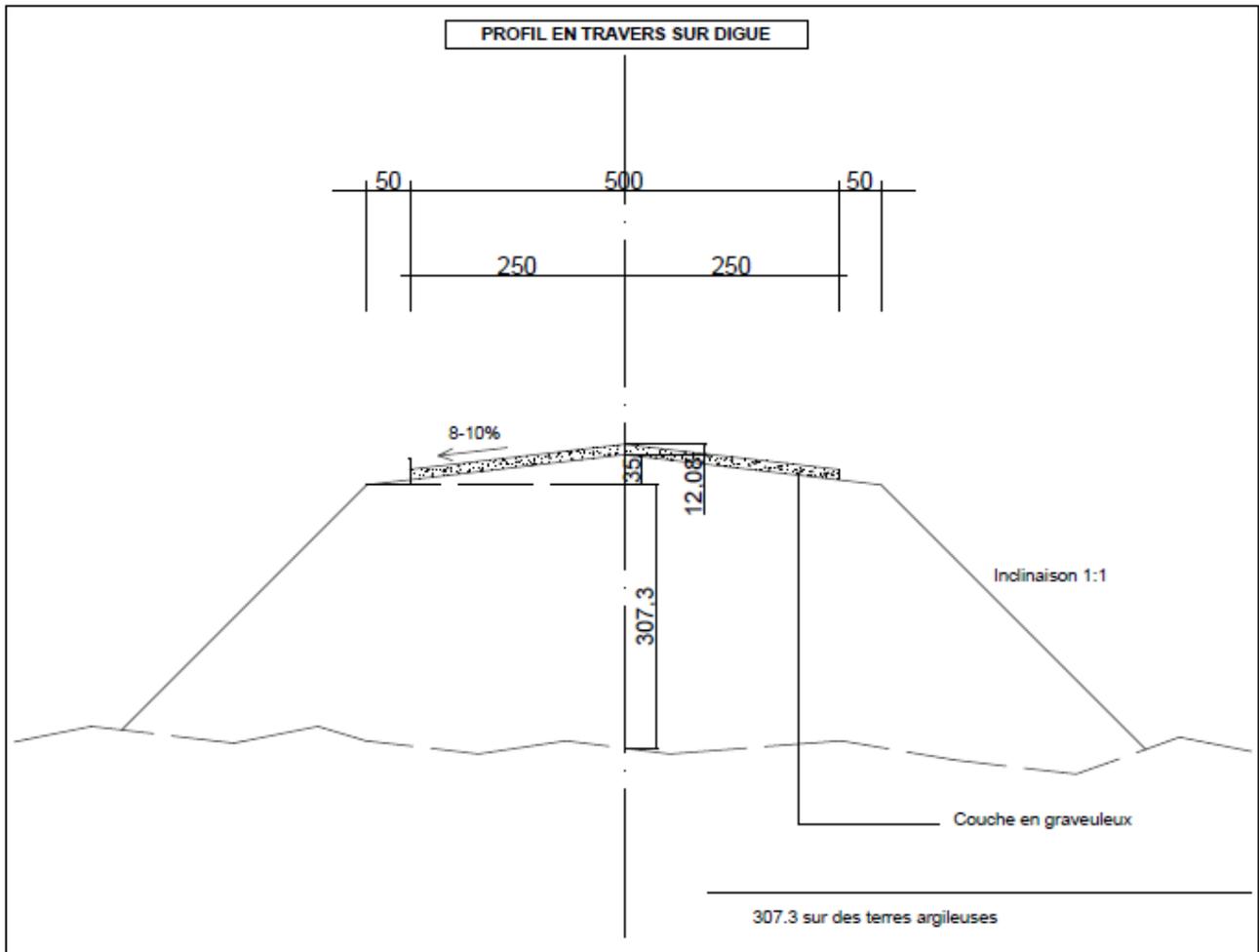


Figure 13: PROFIL EN TRAVERS DE TYPE C (PROFIL SUR DIGUE)

En se référant aux dimensions standards en annexe 4, les caractéristiques géométriques de la route sont :

- Largeur du chaussé: 5m sans accotement
- Versant du remblai : 1/1
- Pente longitudinale : 8-10%
- Epaisseur minimale de la chaussé : 0.12m (après compactage)

Pour les routes d'intérêt local, dit de desserte agricole, les éléments de références qui déterminent les caractéristiques sont les suivant :

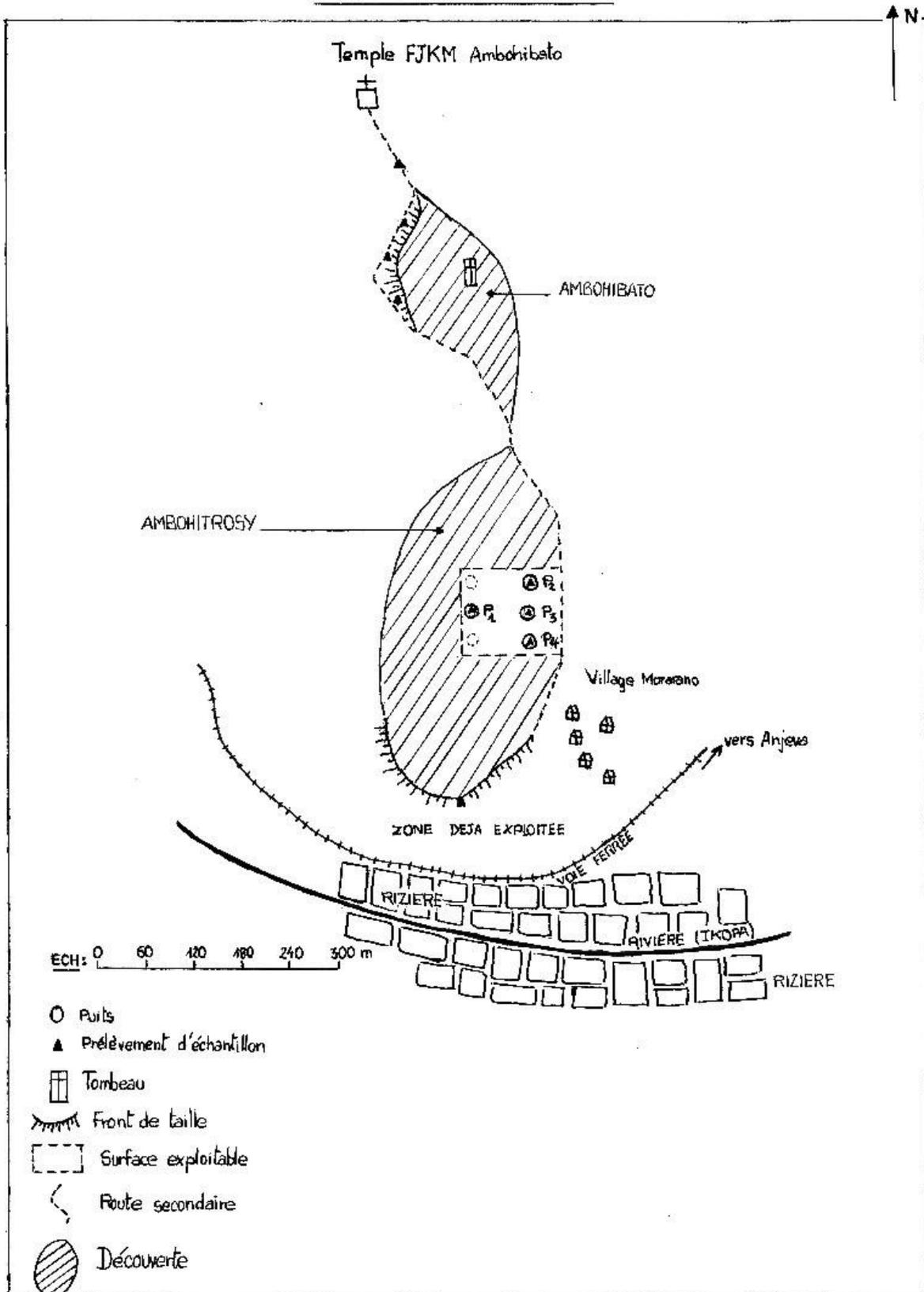
- La vitesse de base est de 40 Km/h ;
- Le trafic en toute saison qui ne dépasse pas 30 véhicules par jours ;
- Utilisation intensive de ressources locales ;
- Un coût de réhabilitations économiques

CONCLUSION

Au terme de cette étude, on peut conclure que : ce projet d'aménagement de la digue piste Anosy-Ampanobe est important pour la commune rurale de Masindray, district d'Antananarivo Avaradrano. Les activités pratiquées par la majorité de la population ; extractions des sables et fabrication des briques ; est une source de revenu importante pour la commune. La digue piste assure le transport de ces matériaux de constructions, desservis et désenclave le fokontany d'Ampanobe aux autres fokontany. Pour son aménagement, on envisage l'application de la méthode « HIMO »

Par contre, cet aménagement besoin une ressource financière importantes et il ne convient pas au paysans par rapport à la riziculture. La zone étudiée n'est pas une zone à forte potentialité agricole pour la grande ville. Il est encore assez difficile de sensibiliser les populations à pratiquer la méthode HIMO. Or, la commune rurale de Masindray a plusieurs projets envisagés comme la construction d'un lycée, le réaménagement de la RIP vers Akadinandriana au PK 2+400 et le projet de système de protection antiérosive au bord de la rivière d'Ikopa, etc. ... les capitaux destinés au financement d'autre projet ne peuvent pas être dépensés dans l'aménagement de la digue piste. Ce projet n'est ni urgent, ni prioritaire.

CROQUIS DE REPERAGE



ANNEXE 1 : Croquis de repérage des gisements d'Ambohimambola

ANNEXE 2 : Fiche des résultats des essais au labo

	MESURE DE TENEUR EN EAU	Réf de l'éch : 1556/02
Chantier : Ampanobe-Masindray		Date : 05/02/18
Echantillon :	Remanié	
N° DE LA TARE	C1	
POIDS DE LA TARE (1)	33,0	
POIDS DU MATERIAU HUMIDE+TARE (2)	317,0	
POIDS DU MATERIAU SEC+TARE (3)	225,0	
POIDS D'EAU (4)=(2)-(3)	88,0	
POIDS DU MATERIAU SEC (5)=(3)-(1)	190,0	
TENEUR EN EAU (%) (5)=(4)/(5)×100	44,9%	

	POIDS VOLUMIQUE DES PARTICULES SOLIDES D'UN MATERIAU	Réf de l'éch : 1556/02
Chantier : Ampanobe-Masindray	Ech : remanié	Date : 12/02/18
MESURE DU POIDS VOLUMIQUE DE GRAINS INFERIEURS A 4mm		
	Ech N° : 45	
Masse picnô vide (1)	119,74	
Masse picnô rempli d'eau (2)	367,48	
Température ambiante (3)		
Volume picnô / (2) - (1) / $\times (K)$ = (4)	247,76	
Masse picnô + eau + éch (5)	415,27	
Masse picnô + éch sec (6)	20,50	
Température d'essai (7)		
Poids volumique γ_s (KN/m ³)	24,49	
Ampanobe-Masindray : Argile Limoneuse grisâtre		

	ANALYSE GRANULOMETRIQUE PAR TAMISAGE		Réf de l'éch : 1556/02	
Chantier : Ampanobe-Masindray			Date : 05/02/08	
MODULE AFNOR [(M)]	OUVERTURE TAMIS EN MM	MS= 699,1 MS1= 199,0		
		REFUS CUMULE (g)	% REFUS CUMULE	% TAMIS CUMULE
50	80,0			
49	68,0			
48	50,0			
47	40,0			
46	31,5			
44	20,0	00	00	100
42	12,5	5,0	0,7	99
40	8,00	13,0	1,9	98,1
38	5,00	19,0	2,7	97,3
37	4,00			
34	2,00	35,0	5,6	94,4
31	1,00	71,0	10,1	89,9
26	0,315	154,0	22,0	78
24	0,200	176,0	25,1	74,9
20	0,08	199,0	28,5	71,5
Rn + Tn		199,0		
Rn + Tn MS1		199,0		



LIMITES D'ATTERBERG S.04

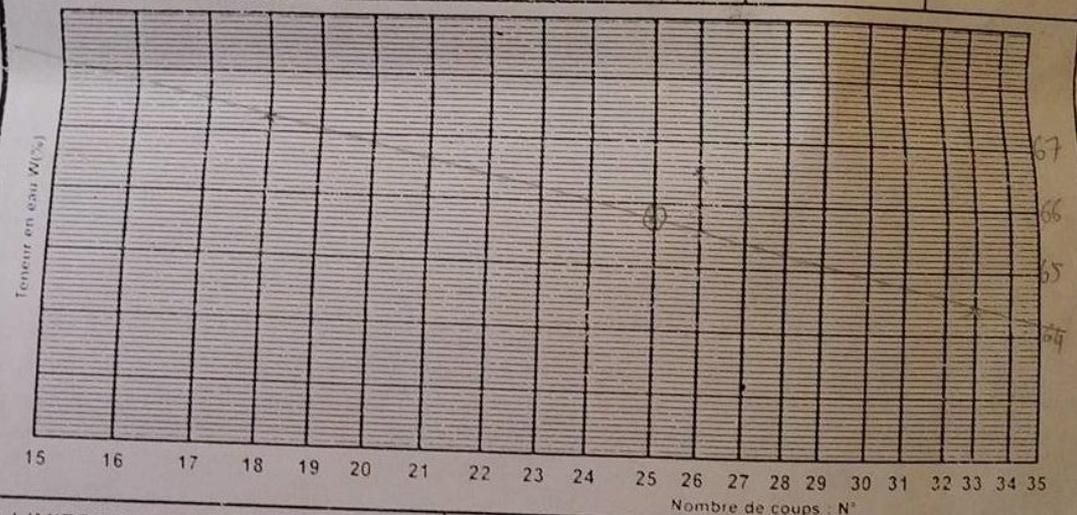
$W_L - W_p = I_p$

DOSSIER
RECEPTION 1596/0
GRAPHIQUE
ANNEXE

CHANTIER : _____ Sondage : _____ Profondeur : _____
Date : 09.02.16 Opérateur : Sefeno

1) LIMITE DE LIQUIDE WL

Nombre de coups N	18		26		33				
	14	36	33	91	86	3			
Tare N°	14,72	14,98	12,94	16,02	13,93	13,77			
Poids total humide (2)	23,28	25,15	22,09	27,20	21,77	22,41			
Poids total sec (3)	19,85	21,05	18,40	23,98	18,62	19,03			
Poids d'eau (4) = 2 - 3	3,43	4,1	3,69	4,42	3,15	3,38			
Poids matériaux sec (5) = (3) - (1)	5,13	6,07	5,46	6,76	4,89	5,26			
Teneur en eau W% (4) / (5)	66,86	67,55	67,98	65,38	64,4	64,3			
Teneur en eau moyenne W%	67,21		66,5		64,4				



2) LIMITE DE PLASTICITE Wp		3) RESULTATS	
Tare N°	136	118	LIMITE DE LIQUIDITE (WL) : 65,7
Poids tare (1)	15,52	14,75	
Poids total humide (2)	19,65	17,75	LIMITE DE PLASTICITE (Wp) : 36,27
Poids total sec (3)	18,55	18,42	
Poids d'eau (4) = 2 - 3	1,10	1,33	INDICE DE PLASTICITE (Ip) : 29,43 (Ip = WL - Wp)
Poids matériaux sec (5) = (3) - (1)	3,03	3,67	
Teneur en eau W% (4) / (5)	36,30	36,24	
Teneur en eau moyenne W%	36,27		



S-10

ESSAI PROCTOR

MODÈLE :

UNITÉS DE MESURE
MÈTRES

Gramme (g)
Centimètre cube (cm³)
Kilohexaion par mètre cube (kN/m³)

Dossier n° :

Reception n° : 1556/02

Date 08-02-18

Charrier Digue de Cas Te Sondage

MOULE C.B.R. Nature du matériau : Argile grise
Teneur en eau naturelle (W) :

Profondeur

Opérateur : [Redacted]
Poids total
Poids retenu à 20 mm moulin AFNOR N° 44 :
% retenu

POINT N°	TENEURS EN EAU			POIDS VOLUMIQUES		
	1	2	3	1	2	3
Tare n°	JH	A8	S45			
Poids de la tare (1)	34,5	32,5	32,0			
Poids matériau humide + tare (2)	221,0	224,5	226,5			
Poids matériau sec + tare (3)	181,5	188,0	205,5			
Poids d'eau (4) = (2) - (3)	39,5	42	61,0			
Poids matériau sec (5) = (3) - (1)	149,0	150,0	203,5			
Teneur en eau (W) = (4) / (5)	26,5	28,0	30,0			
Teneur en eau moyen W (6)						
Poids d'eau ajoutée	400 cc	500 cc	600 cc			
N° Meule	P ₂	P ₂	P ₂			
Poids du moule (7)	3509	3509	3509			
Poids matériau humide + moule (8)	7461	7783	7287			
Poids matériau humide (9) = (8) - (7)	3952	4074	3778			
Volume du moule (10)	8248,9					
Poids volumique humide (11) = (9) / (10)	14,57	18,12	16,80			
Poids volumique sec						
(12) = $\frac{100 \times (11)}{100 + (6)}$	13,89	14,01	12,92			



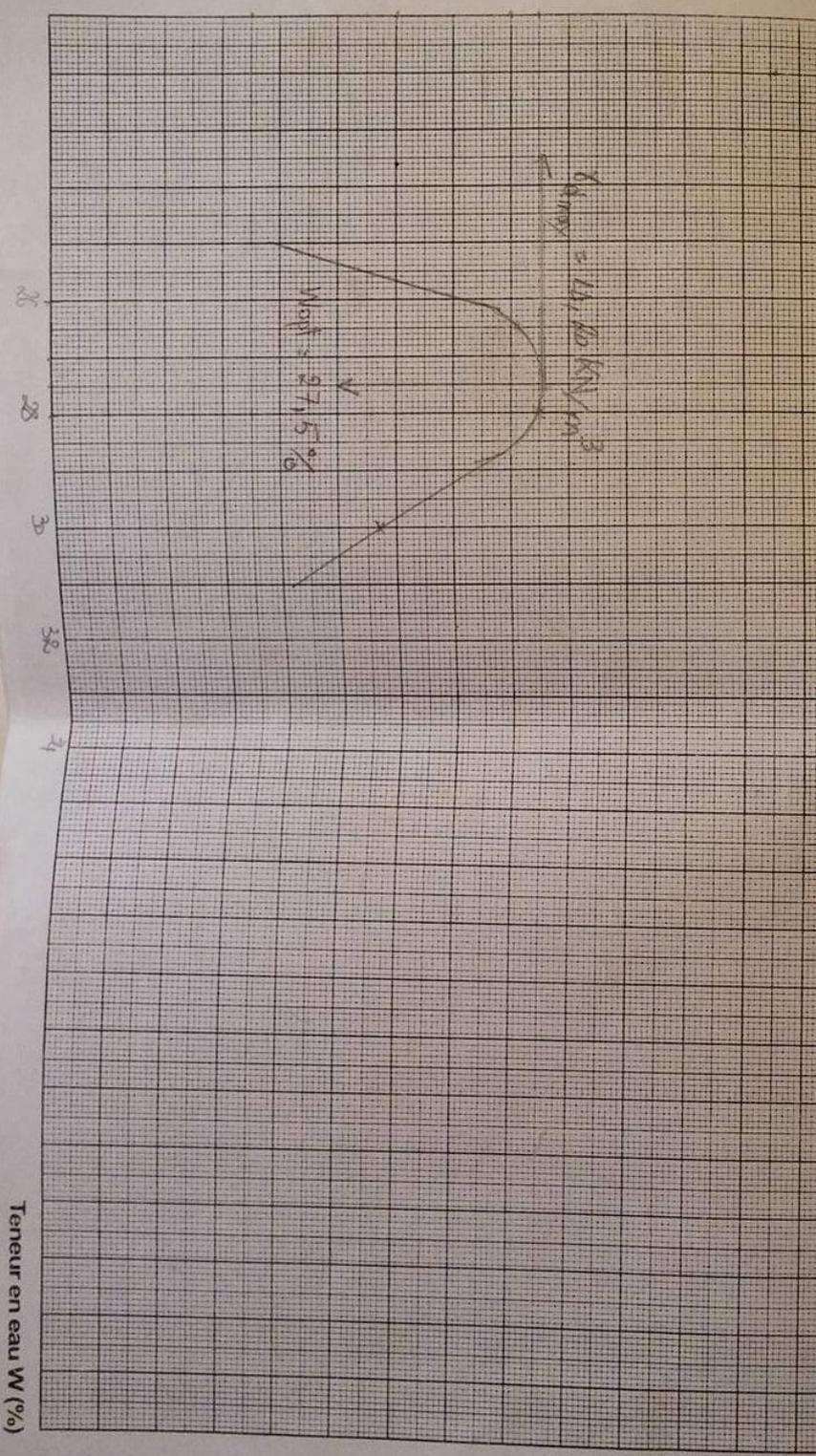
ESSAI PROCTOR
S - 10
NORMA MODIFIE
MOULE C B R

CHANTIER Digue de Cas d'Ikopa
SONDAGE G3T6
PROFONDEUR _____
NATURE Argile grise

Refus à 20 mm = _____ %
 δd opt corrigé KN/m^3 _____
W opt corrigé % _____

DOSSIER N° _____
RECEPTION N° 1556/02
GRAPHIQUE N° _____
ANNEXE N° _____

Point	1	2	3	4	5	6
δd	13,89	14,01	12,92			
W %	26,5	28,0	30,0			
δd opt : 14,20						
W opt : 23,5						



Teneur en eau W (%)

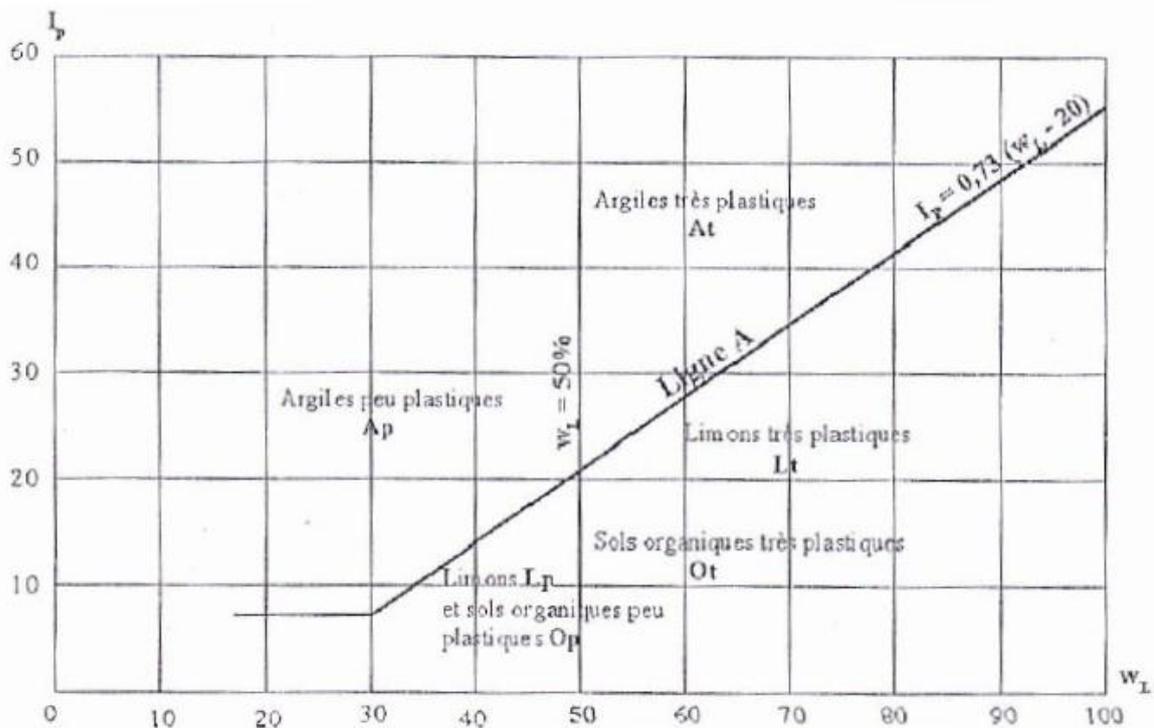
ANNAXE 3 : Tableau de standard géométrique

Profil en travers	Type A	Type B	Type C	Type D
Largeur du chaussé (m)	5.40	5.40	5.40	5.40
Fossé	h=0.35 b=0.60	h=0.35 B=100	h=0.30 B=0.40	1/1 (versant du remblai)
Versant intérieur du fossé	1.20	1.50	1.00	0.80
Remarque	Convient pour la majorité des routes (route rurale surtout)	Adopter dans les terrains plat ; difficiles à drainés (dans les sols argileux gonflant)	Adopter pour des tronçons courts ; sur des terrains difficiles	Adopter pour des tronçons courts qui doit être rehaussé ou dans les zones marécageuses

ANNEXE 4 ; classification des sols

**Classification LCPC des sols grenus
(plus de 50% des éléments > 80µm)**

Définitions			Symboles L.P.C.	Conditions	Appellations
Graves	Plus de 50% des éléments > 80µm ont un diamètre > 2mm	Moins de 5% d'éléments < 80µm	Gb	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} < 4$ et $1 < C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} < 3$	Grave propre bien graduée
			Gm	Une des conditions de Gb non satisfaite	Grave propre mal graduée
		Plus de 12% d'éléments < 80µm	GL	Limites d'Atterberg au-dessous de A	Grave limoneuse
			GA	Limites d'Atterberg au-dessus de A	Grave argileuse
Sables	Plus de 50% des éléments > 80µm ont un diamètre < 2mm	Moins de 5% d'éléments < 80µm	Sb	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ Et $1 < C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} < 3$	Sable propre bien gradué
			Sm	Une des conditions de Sb non satisfaite	Sable propre mal gradué
		Plus de 12% d'éléments < 80µm	SL	Limites d'Atterberg au-dessous de A	Sable limoneux
Si 5% d'éléments < 80µm < 12%, on utilise un double symbole					



**Classification LCPC des sols fins
Diagramme de plasticité ou de Casagrande**

Classification des sols (H. R. B.)

Classification générale	Au plus 35 % de grains plus petits que 80 μ						Plus de 35 % de grains plus petits que 80 μ					
	A ₁		A ₃	A ₂				A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	
	A _{1a}	A _{1b}		A ₂₋₄	A ₂₋₅	A ₂₋₆	A ₂₋₇				A ₇₋₅	A ₇₋₆
Pourcentage passant :												
au tamis de 2 mm	≤ 50											
au tamis de 0,40 mm ...	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
au tamis de 80 μ	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
Caractéristiques de la fraction passant au tamis de 2 mm :												
— Indice de plasticité	< 6	impossible à mesurer		≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
											$I_p < w_L - 30$	$I_p > w_L - 30$
— Limite de liquidité	impossible à déterminer	—		≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≥ 41
— Indice de groupe	0	0		0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20	≤ 20
— Appellation générale	Cailloux Graviers Sables	Sable fin		Mélange de graviers limoneux ou argileux avec des sables limoneux ou argileux				Sols limoneux		Sols argileux		

Remarque : Les tamis de 2 mm, 0,40 mm et 80 μ appartiennent à la série normalisée définie par la norme NFX 11-501. La classification originale du H. R. B. utilise les tamis de 2 mm, 0,42 mm et 74 μ qui font partie des tamis normaux américains (n^{os} 10, 40 et 200 A. S. T. M.).

BIBLIOGRAPHIE :

[4]	Nom et prénom	Bonnard D.
	Titre d'ouvrage	« Les études géotechniques : leur but et leurs méthodes »
	Edition	1936
	Nombre de page	6
[2]	Nom et prénom	Jacques Lérau maître de conférences
	Titre d'ouvrage	« Géotechnique cours 1 »
	Edition	2005-2006
	Nombre de page	107
[3]	Nom et prénom	Pierre Martin
	Titre d'ouvrage	« Géotechnique appliqué au BTP »
	Edition	2 ^{ème} édition 2005
	Nombre de page	397
[7]	Nom et prénoms	RAKOTOHERIROA Frédéric Faly Tiana
	Titre mémoire	METHODOLOGIE DE RECONNAISSANCE DES GISEMENTS EN CONSTRUCTION ROUTIERE / Cas concret : GITE DE QUARTZITE D'AMBOHIMANAMBOLA
	Type de mémoire	Ingénieur en géologie
	Période de soutenance	23 mai 2003
	Nombre de pages	113
[5]	Auteurs	Reiffsteck, Lossy, Benoît
	Titre d'ouvrage	« Forages, sondages et essais in situ géotechniques »
	Edition	Edition 2012 – Presses des Ponts
[6]	Titre	« Manuel de formation d'organisation de chantier Himo »
	Edition	1997. P.11

[1]	Nom et prénoms	Tody RARIVOSON et Ernest V.RAKOTOARIVONY
	Titre mémoire	Etude de projet d'adduction d'eau potable du Fokontany Antanimenabe, Commune Rurale Masindray, District Antananarivo Avaradrano, Région Analamanga
	Type de mémoire	Licence d'Ingénierie en Sciences et Techniques de l'Eau Département Chimie minérale et chimie physique
	Période de soutenance	09 Août 2013
	Nombre de pages	27

WEBOGRAPHIE

[a] : Laboratoire travaux publics – enjeux de l'activité du laboratoire, rôle du laboratoire.

[Http://labotp.blogspot.com/2013_04_01_archive.html/](http://labotp.blogspot.com/2013_04_01_archive.html/), consulté le 22 mars 2018.

[b] : Laboratoire National des Travaux Publics et du Bâtiment – Madagascar.

[Http://www.lntpb-madagascar.com/](http://www.lntpb-madagascar.com/), consulté le 22 mars 2018.

[c] : Laboratoire de l'Habitat et de la Construction. [Http://www.lhcc.dz/au-laboratoire.html/](http://www.lhcc.dz/au-laboratoire.html/),

consulté le 22 mars 2018.

[d] : Laboratoire UNISOL. [Http://www.unisol.fr/](http://www.unisol.fr/), consulté le 22 mars 2018.

[e] : Carnet de géotechnique <http://www.carnet-de-geotechnique.fr/etude-geotechnique.html/>

consulté le 12 février 2018

[f] : Le laboratoire routier (vous aide dans vos projets) – Toute l'actualité de la Touraine http://www.departement-touraine.fr/fileadmin/.../laboratoire_routier.pdf/,

consulté le 12 février 2018

[g] : *Extrait de la norme Française sur les missions d'ingénierie géotechnique (NF P 94 500 de novembre 2013)* [http://www.norme Française.fr/missions d'ingénierie géotechnique.html/](http://www.norme-francaise.fr/missions-d-ingenierie-geotechnique.html/),

consulté le 12 février 2018

[h]: Compactage de matériaux – contrôles. [http://www.controls-](http://www.controls-group.com/...php/url...33.../nomefile=33_38_fr.pdf/)

[group.com/...php/url...33.../nomefile=33_38_fr.pdf/](http://www.controls-group.com/...php/url...33.../nomefile=33_38_fr.pdf/), consulté le 12 février 2018

Auteur : RANDRIAMPARANY Lova Volaniaina

Nombre des pages : 34

Nombre des tableaux : 8

Nombre des figures : 13

**Titre : « AMENAGEMENT D'UNE DIGUE PISTE
ANOSY-AMPANOBE-MASINDRAY »**



Etude d'un aménagement d'une digue piste situé dans la région Analamanga ; commune rurale de Masindrav ; fokontany Ampanobe. D'après son topographie, cette piste de desserte est inondée en période de crue où le mont Anosy est presque isolée.

Une étude géotechnique pendant et après l'AVP se concentre sur la détermination des caractéristiques physico-chimiques des sols pour obtenir une bonne qualité d'ouvrage en respectant la relation coût/qualité.

Aperçu de l'état actuel de la route étudiée, suivi de la suggestion de méthode : « HIMO »

Auteur : Tel : 0334 91 554 68

Email: lovavolaniaina@gmail.com

Adresse: lot 405 C 447 Miaramasoandro ANTSIRABE