

DIAGNOSTIQUE ET ETUDE GEOTECHNIQUE DE LA DIGUE DE SISAONY DU PONT D'AMBATOFOTSY

Les brèches et les effondrements de talus sur les digues de Sisaony, causées par les crues de l'année 2014 surtout entre le mois de janvier et février pendant le passage du cyclone Chedza dans la partie d'Antananarivo ont causé beaucoup de dégâts que ce soit sur les infrastructures, les cultures, les surfaces cultivables et les habitations. Tous ses évènements nous ont permis de prendre conscience que si des études approfondies et décisions immédiates n'étaient pas prises, il se pourrait qu'un risque de rupture des autres ouvrages en remblais soit possible pour les années à venir.

Étant donné que les ouvrages en remblai ne sont généralement pas capables de supporter de forts débordements, de charge hydraulique importante et de plus les digues de Sisaony sont des digues anciennes, il est nécessaire de bien faire des diagnostics, des études géotechniques et de connaître les phénomènes dynamiques qui les affectent.

Le but de ces études est tout d'abord d'empêcher une nouvelle rupture des digues, de connaître quels sont les phénomènes qui ont causé les désordres et de proposer des solutions adéquates pour la protection des berges afin de minimiser les risques et de permettre aux autorités compétentes de préparer un plan de secours adéquat et de concevoir des systèmes de détection précoce en cas de défaillance.

Puisque prendre des mesures lors d'une inondation en temps réel sur le terrain est difficile, les expériences effectuées au laboratoire contribuent à améliorer la compréhension de rupture des digues.

I.2. Objectifs de la recherche

I.2.1. Objectifs général

L'objectif général poursuivi dans le cadre de cette étude comporte quatre volets principaux :

- faire des inspections visuelles sur les digues ;
- étudier le comportement des digues vis-à-vis des phénomènes externe ou interne ;
- faire des études environnementales vis-à-vis des travaux de réhabilitations ;
- proposer des solutions pour la réhabilitation, la protection et le maintien des digues.

I.2.2. Objectifs spécifiques

L'objectif spécifique poursuivi dans le cadre de cette étude a six volets principaux :

- répertorier les brèches, les désordres et les zones qui peuvent présenter des risques de rupture tout en remplissant les cahiers de charge et tout en rapportant les données reçues sur une carte. Cette descente sur terrain nous permettra de voir la réalité sur l'état des digues actuelles et de les comparer avec les données antérieures afin de comprendre les phénomènes qui ont causé la rupture des digues et les désordres qui s'y trouvent ;
- effectuer des prélèvements de sol au niveau des brèches. Cette décision a été prise, car il est difficile de faire des tranchées ou de carottage sur des digues intactes, de plus on y voit nettement le profil en travers de l'ouvrage et ses composantes. Les échantillons ont été pris tout en tenant compte des coordonnées des points de prélèvement, la nature provisoire des sols et l'épaisseur des couches. Ces prélèvements nous permettront à la fois de faire des profils géotechniques et d'avoir des échantillons qui seront étudiés ensuite en laboratoire ;
- effectuer une description géométrique des digues tout en considérant les parties qui les constituent avec les mesures exactes qui y seront associées. On effectuera des mesures le long de l'ouvrage et sur sa largeur. Cette description nous permettra d'avoir certains paramètres qui seront utilisés dans les calculs de stabilité ;
- effectuer dans les laboratoires des travaux expérimentaux basés sur l'étude des propriétés mécaniques et physiques des sols. Cette expérience aura pour but d'avoir des paramètres de base qui seront utilisés pour les calculs statique et dynamique de l'ouvrage ;
- faire une analyse d'impact potentiel et environnemental pour identifier tous les impacts probables ou possibles et à court terme ou à long terme ;
- proposer des solutions puis estimer les coûts pour la réhabilitation et le maintien des digues afin de comprendre quels sont les enjeux qui attendent les autorités compétentes.

I.3. Méthodologie de travail

Afin d'atteindre les objectifs spécifiques, la méthodologie établie pour réaliser ce travail est subdivisée en plusieurs phases. L'organigramme de la Figure 1 résume la méthodologie conçue.

I.3.1. Étude bibliographique

Une étape importante du travail consiste à effectuer une étude bibliographique pour situer le sujet traité par rapport aux recherches précédentes et faire ressortir les aspects mis à l'étude. Le travail s'est étendu sur la présentation de la zone d'étude et ses milieux physiques ainsi que les aspects physiques et techniques des digues avec ses milieux environnants.

I.3.2. Diagnostic et étude géotechnique des digues

Pour se faire, il est nécessaire de parler de l'histoire des digues pour une comparaison de son état d'avant et après les ruptures, puis nous allons présenter les digues de Sisaony pour mieux exécuter les inspections visuelles.

La descente sur terrain est l'une des étapes importantes de cette inspection, par laquelle nous allons décrire les désordres et les ouvrages qui se situent aux alentours des digues. Les données recueillies seront répertoriées sur une carte 1/500. une étude de la géométrie des digues et la morphologie de la rivière seront associées.

Nous ajouterons des études géotechniques à ces travaux sur terrain. Ces derniers consisteront à étudier au laboratoire les échantillons de sol qui ont été pris à des endroits différents et à des niveaux différents du profil en travers de la digue.

Afin de s'assurer que les digues résisteront à des sollicitations externes ou pas, certaines propriétés de ses échantillons comme la granulométrie, la limite d'Atterberg seront étudiées. Nous ajouterons une étude in situ qui consiste en un essai de perméabilité.

Nous nous limiterons à ces trois essais qui sont d'une importance capitale en étude géotechnique. De plus nos moyens sont aussi limités. On peut par exemple utiliser la méthode géophysique mais cette pratique est très couteuse.

I.3.3. Résultats et discussions

Pour ce faire, nous allons présenter les résultats des essais expérimentaux dans des tableaux et des graphes avec laquelle nous essayerons d'associer les interprétations possibles des valeurs obtenues.

Une étude d'impact environnemental est associée aux études de protections des berges et réhabilitations des digues.

Après une proposition de réhabilitation, de protection des digues, l'estimatif des travaux y seront associés.

La figure 1 suivante présente l'organigramme sur la méthodologie de travail

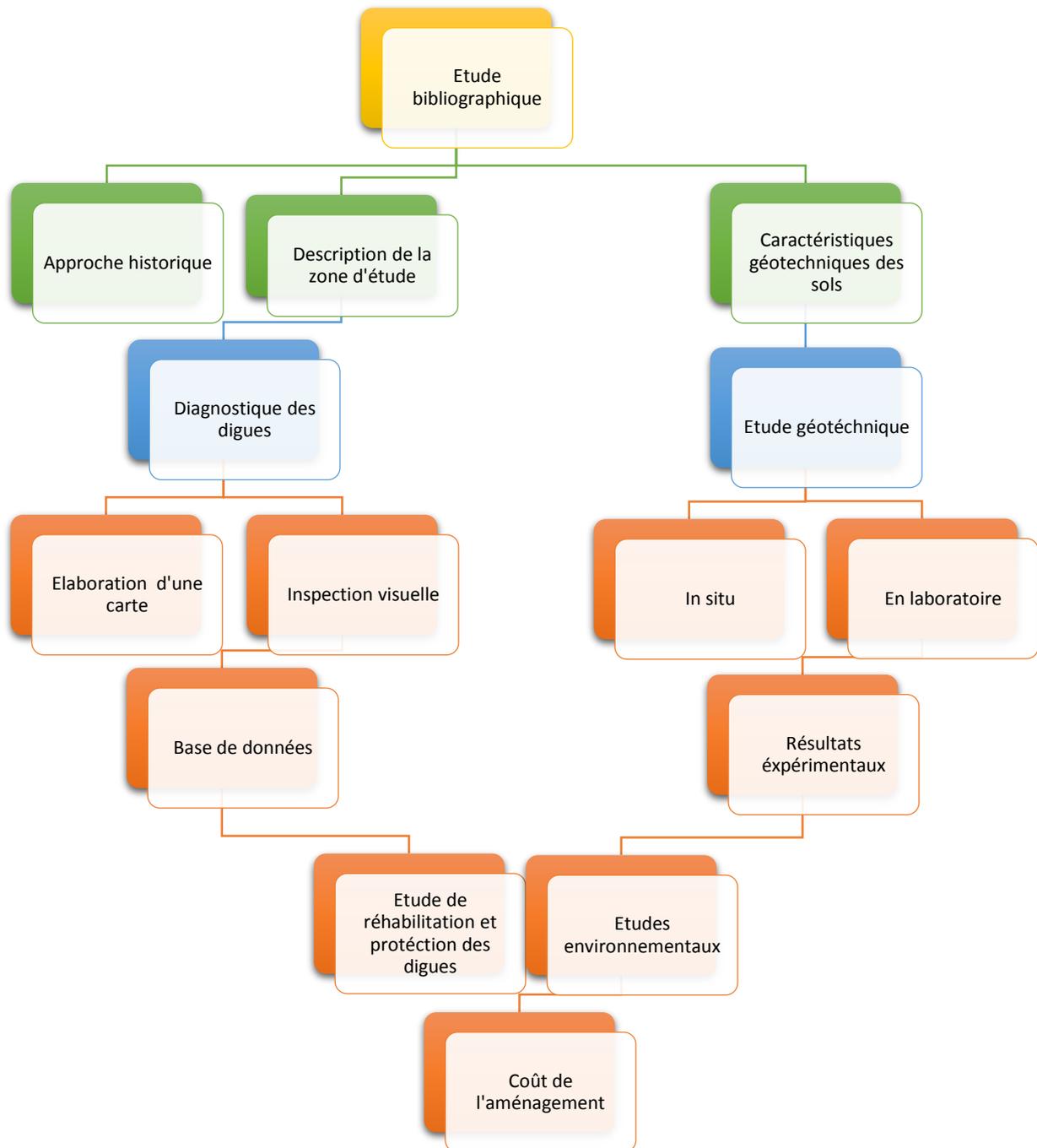


Figure 1: Organigramme sur la méthodologie de travail

CHAPITRE II ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

II.1. Présentation de la zone d'étude

Afin de bien mener cette étude, cette partie présente le contexte général de la zone d'étude en parlant successivement des situations géographique et administrative, du contexte géologique, du cadre morphologique, du contexte climatique, des contextes hydrologique et hydrogéologique et du contexte socio-économique de cette zone.

Situation géographique et administrative

La zone d'étude se trouve dans la capitale de Madagascar, elle se situe administrativement dans le District Antananarivo-Atsimondrano de la Région Analamanga. Elle est limitée au Nord et Nord-Est par Antananarivo-Avaradrano et Antananarivo-Renivohitra, au Nord-Ouest par Ambohidratrimo et au Sud - Est par Andramasina.

Les études ont été réalisées dans les neuf Communes rurales suivantes : Ampitatafika, Soavina, Ampanefy, Soalandy, Alatsinain-ambaza, Androhibe, Ampahitrosy, Antanetikely et Ambalavao.

Concernant les études géotechniques in situ et l'inspection visuelle, elles ont été effectuées dans les plaines du District d'Antananarivo-Atsimondrano, plus exactement dans la plaine alluviale de la Sisaony, elle suit généralement la rivière qui se trouve dans cette zone en partant du pont d'Ambatofotsy et se termine au pont d'Ampitatafika.

Les cartes ci-après dont la figure 1, 2,3, nous montrent respectivement les localisations de la zone d'étude par rapport à Madagascar puis par rapport à la région Analamanga et la dernière représente les communes concernées par l'étude.

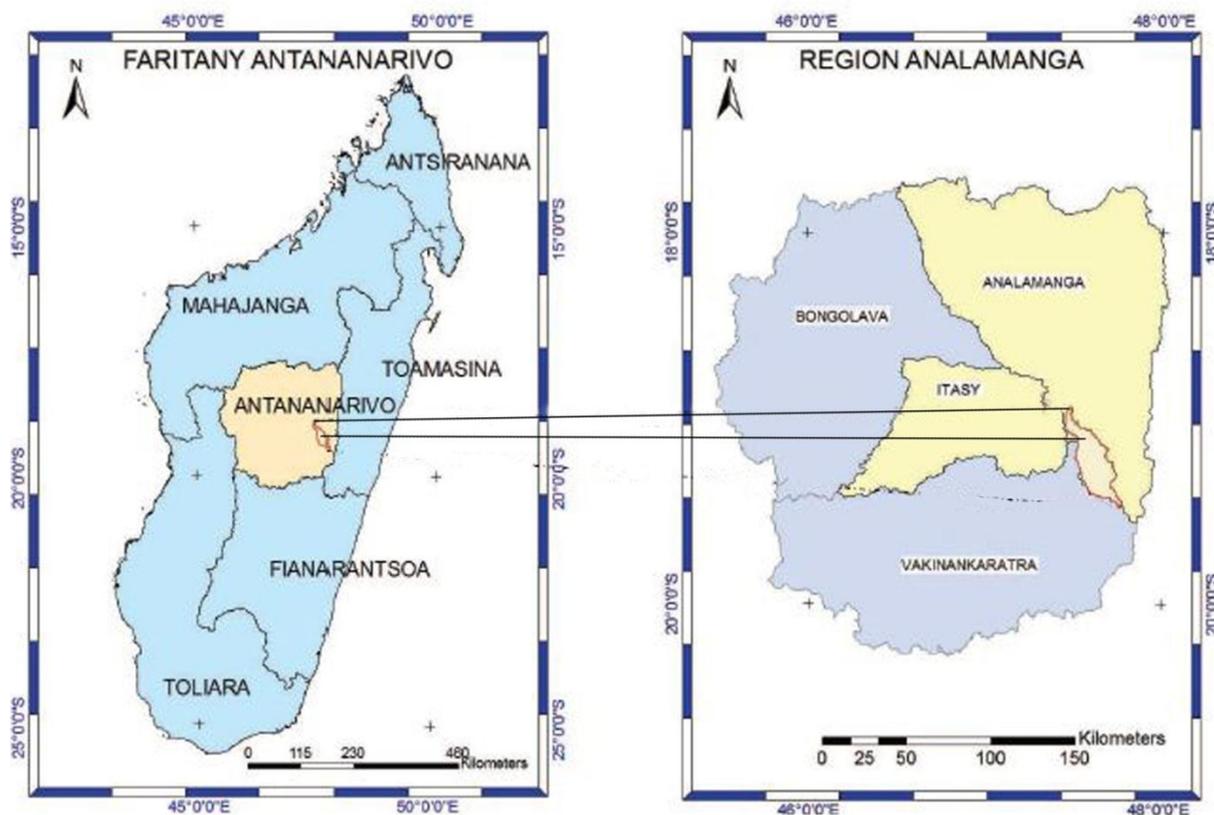


Figure 2: Situation géographique de la zone d'étude par rapport à Madagascar

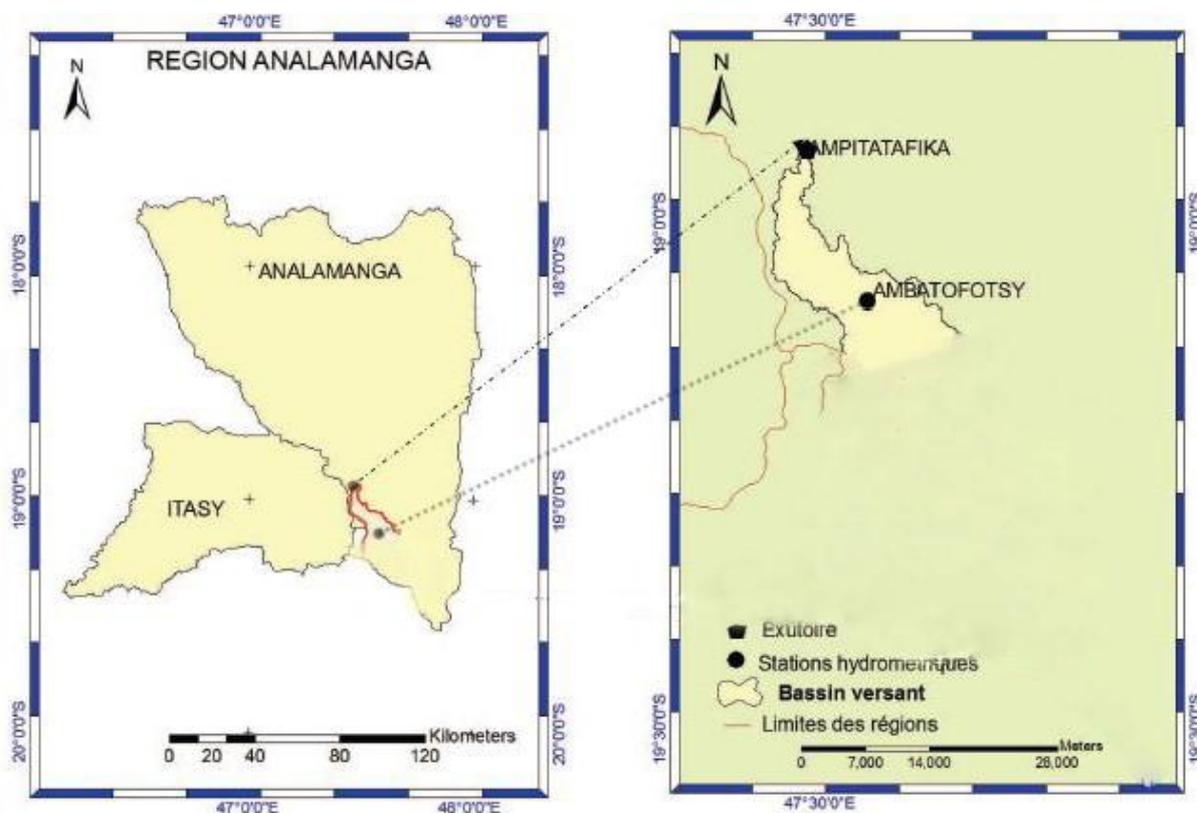


Figure 3: Situation géographique de la zone d'étude par rapport à la région d'Analamanga

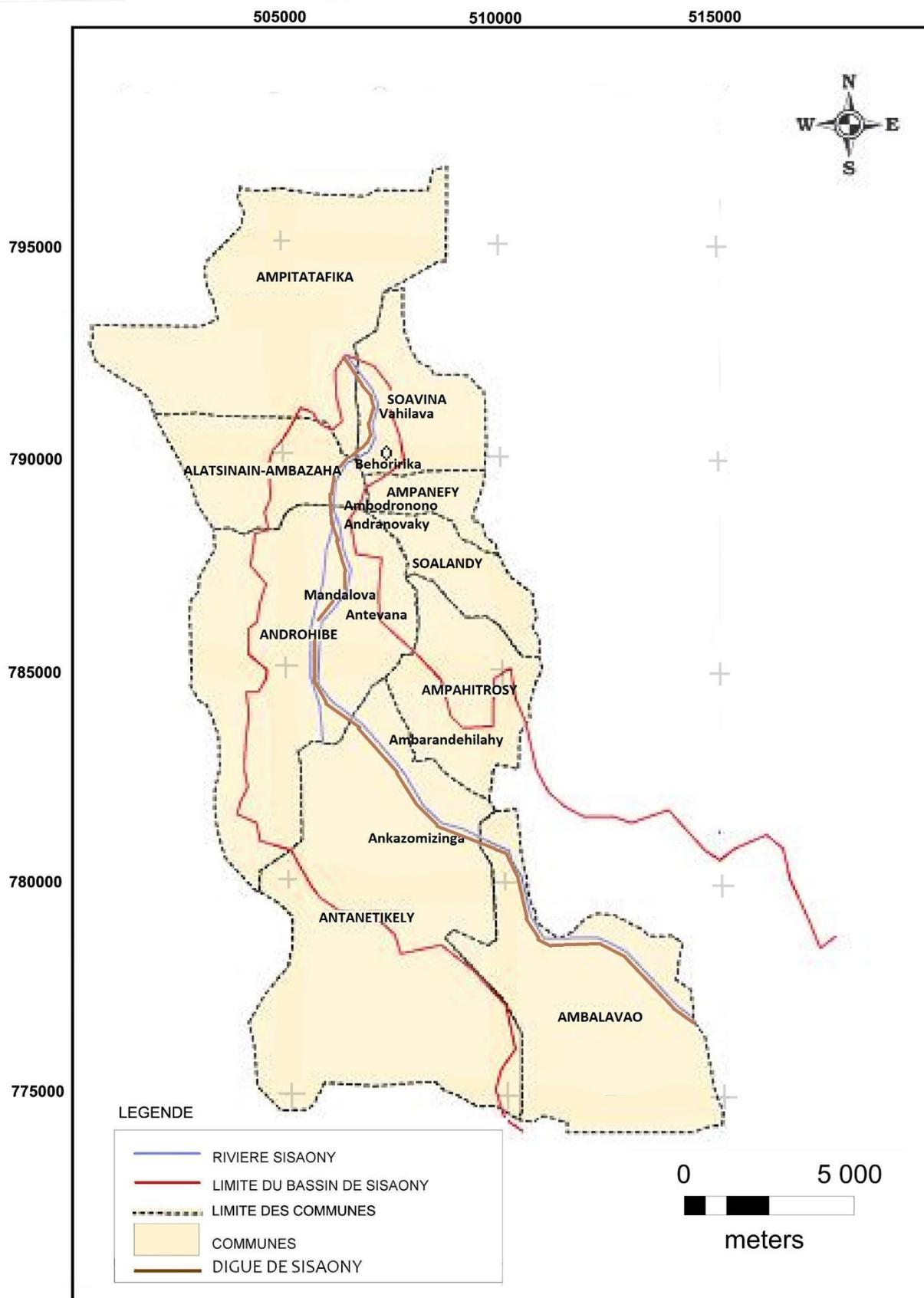


Figure 4: Les communes concernées par l'étude

II.1.2. Contexte géologique

La géologie vient du mot grec ancien « ' gê » qui veut dire la Terre ; et du mot « ' logos » qui signifie parole, raison. La géologie est donc la science qui étudie la Terre dans son ensemble. Elle traite sa composition, sa structure, l'histoire et l'évolution de ses couches externes, ainsi que les processus qui la façonnent. La géologie est une discipline importante en sciences de la Terre

II.1.2.1. Historique

L'histoire géologique de Madagascar a commencé dans le vieux Précambrien, à une époque antérieure à 2.600 millions d'années. Cette date marque la première orogénèse majeure c'est-à-dire l'ensemble de plissements qui firent surgir Madagascar des océans dans l'ancien continent Gondwana.

Madagascar est constitué pour les deux tiers de sa superficie par des roches magmatiques et métamorphiques précambriennes qui représentent le socle cristallin et, pour le tiers restant, par des terrains sédimentaires.

a. Le socle cristallin

Le socle cristallin de Madagascar (figure 5) comprend :

- Domaine de Bemarivo
- Domaine d'Antananarivo
- Complexe de Tsaratanana
- Sous-domaine d'Antongil
- Sous-domaine de Masora
- Sous-domaine d'Itremo
- Domaine d'Ikalavony
- Sous-domaine Anosien
- Sous-domaine Androyen
- Domaine du Vohibory

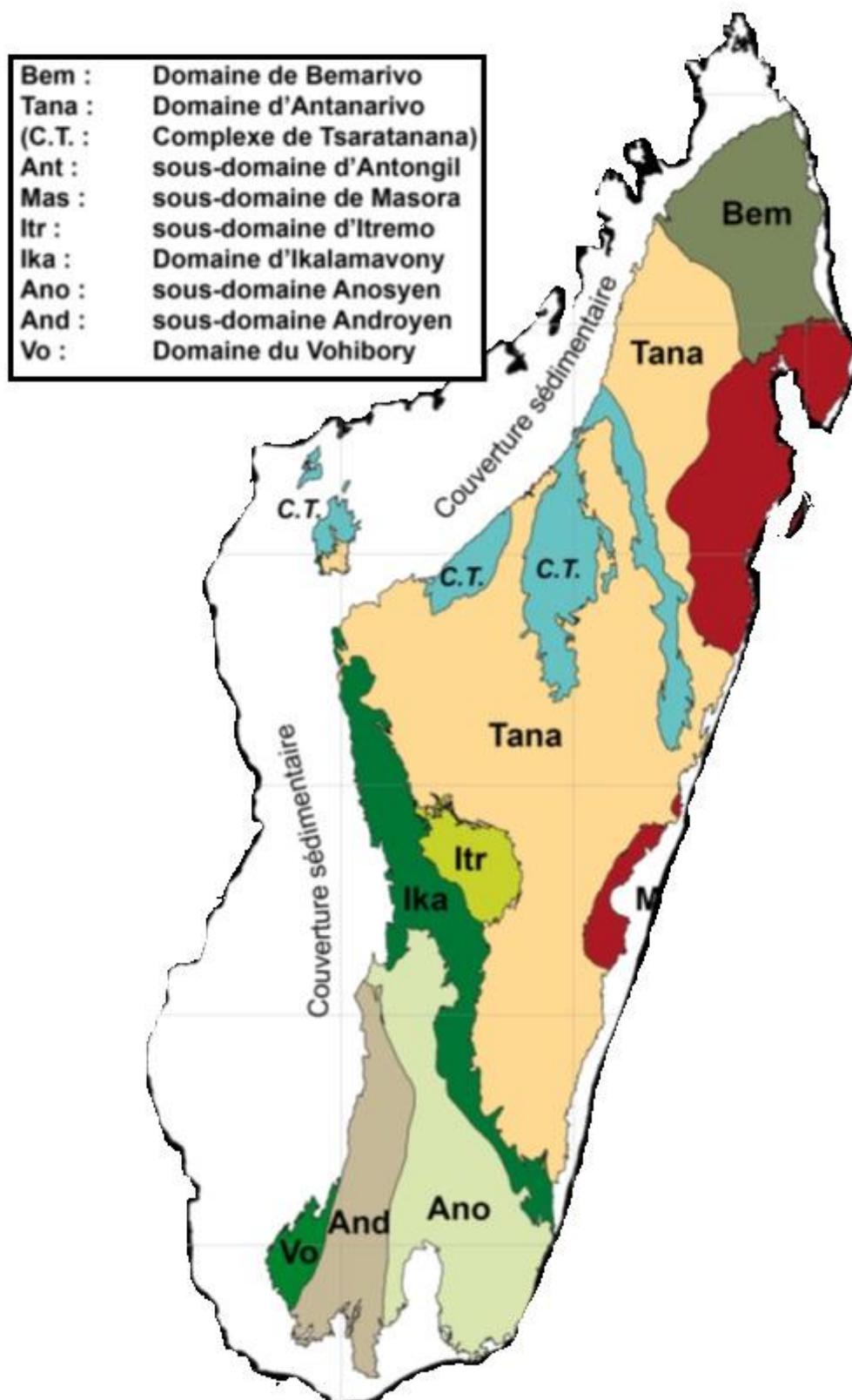


Figure 5: Le socle cristallin de madagascar (source : Rakotomanana D. 2013. Géologie cristalline de Madagascar)

b. Les Terrains sédimentaires

À la suite de l'orogénèse panafricaine, le domaine précambrien malgache est resté émergé jusqu'au Carbonifère, où se dépose des assemblages semblables aux séries du Karroo d'Afrique Australe. La mise en place de ces séries sédimentaires correspond à une phase de RIFTING INTRACONTINENTAL, le "RIFTING KARROO", phase initiale de la dislocation du Gondwana, dès le Carbonifère Supérieur et jusqu'au Jurassique Inférieur. Les séries de Karroo se déposent dans 3 bassins d'effondrement ou «graben» (Razafimbelo R. 2014):

- le Bassin d'Ambilobe à l'extrême Nord de l'île ;
- le Bassin de Mahajanga au Nord-Ouest : second plus grand bassin phanérozoïque de Madagascar, il s'étale sur quelques 400 km suivant un axe Nord-Est – Sud-Ouest, le long de la côte nord-ouest ;
- le Bassin de Morondava au Sud-Ouest : Il est le plus grand bassin sédimentaire de l'Île, s'étendant sur plus de 1 000 km le long de la côte Ouest du centre-Ouest jusqu'à l'extrême Sud de l'Île. C'est dans le S de ce bassin que sont préservés des dépôts glaciaires spectaculaires en discontinuité sur le socle précambrien.

Pratiquement, il ne subsiste plus que la moitié Est ou Sud Est selon le cas, leur symétrique occidental constitue la marge passive de la Tanzanie et du Kenya actuels. La marge orientale de ces bassins est contrôlée par d'importantes failles normales et décrochantes. Ces bassins occupent près d'un tiers de la superficie de la Grande Île.

II.1.2.2. Géologie de la zone d'étude

La région centrale de l'île est largement granitisée avec une abondance de migmatites granitoïdes et de granites migmatitiques étroitement associés (figure 7). Cette granitisation a épargné des ensembles importants de la série de paragneissique des vieux précambriens, rattachés au système du graphite, mais elle y traduit son influence par des zones migmatisées et des lames de granite stratoïde.

La ville d'Antananarivo s'étale sur une série gneissique, parfois légèrement migmatisée appartenant au Domaine d'Antananarivo et le Complexe de Tsaratanana . Une épaisse lame de granite d'Ambatomiranty s'intercale dans la série et correspond à la colline sur laquelle s'élève le palais de la Reine. La série bute à l'Est avec un contact mal connu contre le massif granitique de l'Ankatso qui se prolonge très largement à l'Est.

Certains des différents lieux qui sont cités dans les textes ci-dessous sont représentés sur la figure 6.

- Les gneiss à graphite sont présents dans la région d'Ambatofahavalo. L'exploitation se faisait aussi autour d'Ampanobe, au bord de l'Ikopa, ainsi qu'entre les villages d'Ambohitrinandriana et de Fieferana. On peut encore voir des « toby » sur le flanc Sud d'Ambohimirakitra, au Nord-Est d'Ambohimangakely, et au Nord de Fieferana autour

d'Ambohidrano. On extrait toujours de l'or à la mine d'Ankopakely, au Sud « Ankadivoribe.

- Les cipolins sont présents, sous forme de petites lentilles interstratifiées, dans la région de Masomboay et sur l'Ambohimirakitra. Ils affleuraient également sur les pentes de la colline de Fort — Duchesne Antananarivo, mais ils ne sont actuellement plus visibles. Une formation très caractéristique est représentée par les gneiss à pyroxène qui sont des roches verdâtres constituées de quartz, feldspath plagioclase et diopside vert avec parfois grenat et sphène. On les trouve au Sud de l'Ikopa autour d'Ambohimahatsinjo, à l'Ouest d'Ambohijanaka où de bons affleurements existent dans les tranchées du chemin de fer d'Antsirabe, et dans la région d'Alasora. Les plus connus sont ceux de la carrière de Fenomanana à Antananarivo. On peut également en voir au passage du col sur la route d'Andoharanofotsy à Ankadivoribe.
- Les quartzites sont nombreux. Ils se présentent en formation lenticulaire, généralement de faible épaisseur, se relayant en direction, mais s'épaississant parfois pour donner des couches puissantes formant le relief. Les plus importants sont ceux de la région d'Ambohimanambola de part et d'autre des marais d'Anosy, au Sud duquel, ils constituent l'important massif de la Tsiakarina. Ce sont également des quartzites qui forment l'ossature des collines de l'observatoire et de Fort-Duschene à Antananarivo, ainsi que l'arc montagneux qui souligne la bande gneissique de l'Est, entre Ambohimangakely et Fieferana.

Il existait autrefois plusieurs filons de quartzites dont les affleurements ont été entièrement exploités pour matériaux de construction et de pavage. Le filon de l'Observatoire s'allonge en direction NE-SW depuis l'Ankatso jusqu'à Tanjombato sur plus de 6 kilomètres. Le seul témoin bien conservé à Antananarivo se trouve à l'entrée du Grand séminaire d'Ambatoroka. Des zircons extraits du granite ont montré un âge apparent de 1050 millions d'années.

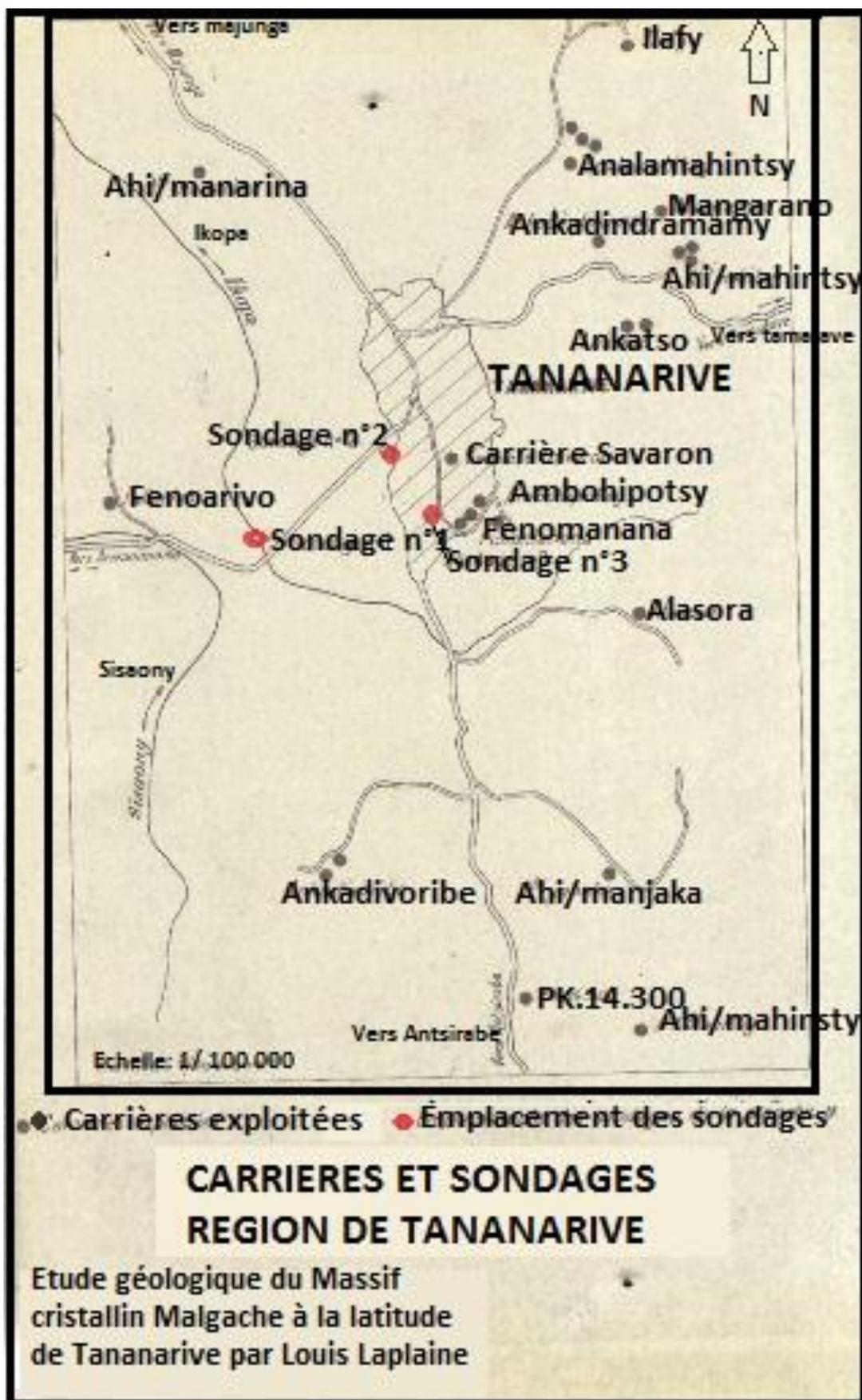


Figure 6: Carrière et sondage dans la région de Tananarive (source : Etude géologique cristallin Malgache à la latitude de Tananarive par Laplaine L. 1952)

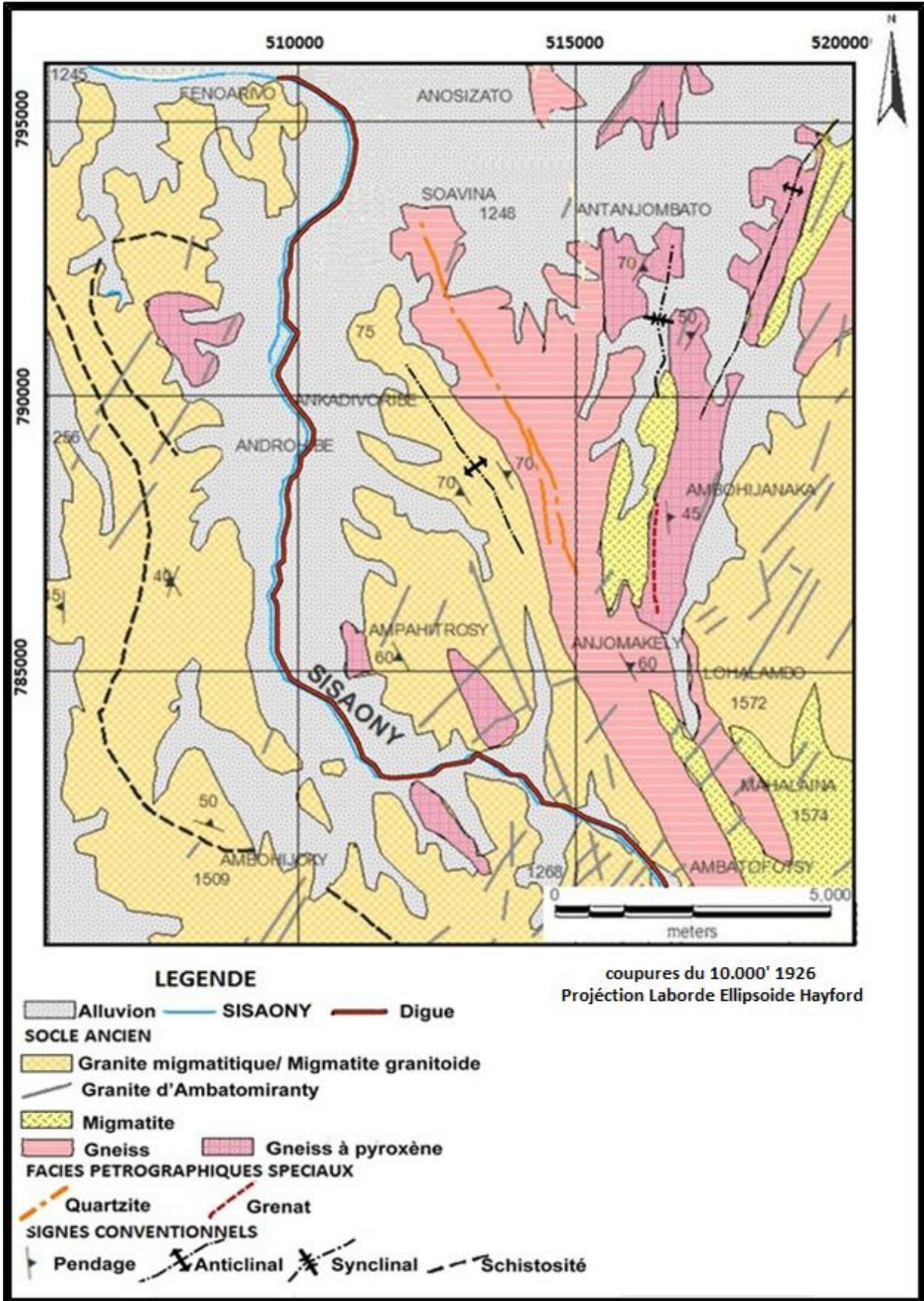


Figure 7: Carte géologique de la zone d'étude (Source : Carte géologique antérieure 1/200 000. Travaux consultés de Lacroix A, Laplaine L. 1952)