

## Liste des sigles, abréviations et notations

|        |   |
|--------|---|
| 3D     | <i>Trois dimensions</i>   |
| BNGRC  | <i>Bureau National de Gestion des Risques et Des Catastrophes</i>                 |
| BL     | <i>Bâtiments lourds</i>   |
| CT     | <i>Court terme</i>  |
| CUA    | <i>Commune Urbaine d'Antananarivo</i>   |
| DCD    | <i>Dispositif de confortement détérioré</i>                                       |
| FKT    | <i>Fokontany</i>  |
| GPS    | <i>Global Positioning System</i>  |
| GRC    | <i>Gestion des Risques de Catastrophes</i>  |
| GRIMA  | <i>Gestion des Risques d'Inondation et de Mouvement de terrain à Antananarivo</i> |
| HIMO   | <i>Haute Intensité de Main d'Œuvre</i>  |
| IOGA   | <i>Institut d'Observatoire en Géophysique d'Antananarivo</i>                      |
| LNTPB  | <i>Laboratoire National des Travaux Publics et du Bâtiment</i>                    |
| LT     | <i>Long terme</i>   |
| PF     | <i>Points fissures</i>  |
| RN     | <i>Route Nationale</i>  |
| RRC    | <i>Réduction des Risques de Catastrophes</i>                                      |
| SF     | <i>Sol fragile</i>  |
| SIG    | <i>Système d'Information Géographique</i>   |
| VCT    | <i>Voies de circulation terrestre</i>   |
| ZPPAUP | <i>Zone de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager</i>         |

# **Sommaire**

**REMERCIEMENTS**

**LISTE DES SIGLES, DES ABRÉVIATIONS ET DES NOTATIONS**

**SOMMAIRE**

**LISTE DES CARTES**

**LISTE DES TABLEAUX**

**LISTE DES FIGURES**

**LISTE DES PHOTOS**

**INTRODUCTION**

**I. GÉNÉRALITÉS : GLISSEMENT DE TERRAIN, MÉTHODE D'ANALYSE DE LA VULNERABILITÉ ET ZONE D'ETUDE**

**A. CARACTÉRISTIQUES DES GLISSEMENTS DE TERRAIN ÉTUDIÉS**

**B. DÉFINITION DE LA VULNÉRABILITÉ ET SES CARACTÉRISATIONS**

**C. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE**

**II. MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE ET CARTOGRAPHIE DE LA VULNÉRABILITÉ FACE AU GLISSEMENT DE TERRAIN**

**A. CARTE DE VULNÉRABILITÉ DU FKT MANJAKAMIADANA**

**B. LOCALISATION ET INTERPRÉTATION DE FACTEURS DE SUSCEPTIBILITÉ PRÉPONDERANTS : PF, DCD, SF et BL**

**III. RÉSULTATS ET DISCUSSION**

**A. CARTE DE VULNÉRABILITÉ**

**B. CARTE DE RISQUE ET DISCUSSION**

**CONCLUSION**

**BIBLIOGRAPHIE**

**WEBOGRAPHIE**

**GLOSSAIRE**

**TABLE DES MATIÈRES**

**ANNEXES**

## **Liste des cartes**

|   |    |
|---|----|
| Carte n°1 : Localisation de la zone d'étude .....   | 10 |
| Carte n°2 : Image Google de la zone d'étude.....  | 11 |
| Carte n°3 : Carte sectorielle du FKT Manjakamiadana .....   | 11 |
| Carte n°4 : Géomorphologie en 3D de la zone d'étude, lithologie structurale prélevée au niveau d'un chantier d'étude du LNTPB dans le secteur Avaradrova..... | 12 |
| Carte n°5 : Représentation des éléments à risque .....  | 15 |
| Carte n°6 : Représentation des points d'estimation du nombre d'automobilistes et de piétons quotidiens .....  | 18 |
| Carte n°7 : Préjudices corporels .....  | 28 |
| Carte n°8 : Dommages structurels.....   | 28 |
| Carte n°9 : Pertes fonctionnelles .....   | 28 |
| Carte n°10 : Méconnaissance de l'aléa .....   | 28 |
| Carte n°11 : Vulnérabilité totale.....  | 30 |
| Carte n°12 : Carte synthèse de la vulnérabilité totale .....  | 31 |
| Carte n°13 : Carte synthèse IOGA/GRIMA.....   | 32 |

## Liste des tableaux

|   |    |
|---|----|
| Tableau 1 : Caractéristiques des glissements de la zone d'étude .....   | 4  |
| Tableau 2 : Légende de couleurs utilisées dans la figure 4 pour indiquer les thèmes utilisés pour chaque carte et la provenance des données instruisant les attributs de ces thèmes | 15 |
| Tableau 3 : Quantification de la vulnérabilité corporelle selon l'âge des habitants.....  | 16 |
| Tableau 4 : Quantification de la vulnérabilité corporelle selon les matériaux de construction des bâtiments .....   | 17 |
| Tableau 5 : Quantification de la vulnérabilité corporelle selon l'âge de construction des bâtiments .....   | 17 |
| Tableau 6 : Quantification de la vulnérabilité corporelle selon le nombre d'utilisateurs des VCT .....  | 17 |
| Tableau 7 : Quantification de la vulnérabilité structurelle selon les matériaux de construction des bâtiments .....   | 19 |
| Tableau 8 : Quantification de la vulnérabilité structurelle selon le type de VCT .....  | 19 |
| Tableau 9 : Quantification de la vulnérabilité fonctionnelle selon le nombre de famille à reloger suite à une destruction partielle ou totale de leur habitat .....                 | 20 |
| Tableau 10 : Quantification de la vulnérabilité fonctionnelle selon les différents types de VCT .....   | 21 |
| Tableau 11 : Quantification des classes de vulnérabilité .....  | 30 |

## **Liste des figures**

|  |    |
|--|----|
| Figure 1 : Synthèse de l'interaction Aléa, Risque et Vulnérabilité .....         | 6  |
| Figure 2 : Synthèse de contraste entre deux types de GRC .....                   | 7  |
| Figure 3 : Construction d'une carte de vulnérabilité grâce au logiciel SIG ..... | 9  |
| Figure 4 : Élaboration de la carte de vulnérabilité .....                        | 14 |

## **Liste des photos**

|  |                  |
|--|------------------|
| Photo n°1 : Microfissures .....  | 24               |
| Photo n°2 : Lézardes .....   | 24               |
| Photo n°3 : Dispositif de drainage d'eau de surface détérioré .....      | 25               |
| Photo n°4 : Dispositif de collecte d'eau de surface détérioré .....      | 25               |
| Photo n°5 : Sol typique du FKT Manjakamiadana .....                      | 26               |
| Photo n°6 : Sol typique du FKT Manjakamiadana .....                      | 26               |
| Photo n°7 : Bâtiment lourd à 2 étages dans le secteur Ankaditapaka ..... | 26               |
| Photo n°8 : Bâtiment lourd à 3 étages dans le secteur Ankaditapaka ..... | 26               |
| Photo n°9 : Habitation détruite.....                                     | Annexes   page 1 |
| Photo n°10 : Habitation partiellement détruite.....                      | Annexes   page 1 |
| Photo n°11 : Habitation partiellement détruite.....                      | Annexes   page 1 |

Photo n°12 : Chemin coupé et non accessible..... Annexes | page 1

Photo n°13 : Glissement plan superficiel ..... Annexes | page 5

Photo n°14 : Glissement plan superficiel ..... Annexes | page 5

Photo n°15 : Glissement plan superficiel ..... Annexes | page 5

## Introduction

Depuis tous temps, les catastrophes naturelles font partie de l'histoire humaine, notamment les glissements terrains. Le climat de la capitale de Madagascar, étant très irrégulier en ce qui concerne la pluviosité et son relief vallonné, les glissements de terrain y sont favorisés. Si durant l'été, des pluies intenses gorgent d'eau ces terrains, ces derniers peuvent se mettre à glisser sous l'effet de la gravité s'ils sont inclinés. Lorsque ce phénomène se produit dans des endroits aménagés par l'homme, il entraîne des catastrophes d'ampleur proportionnelle à son intensité, allant du recouvrement des voies de circulation et la fissuration des murs des bâtiments à leur destruction partielle ou totale, pouvant alors causer la mort des personnes se trouvant aux alentours. Il sera possible de trouver des photographies de dommages engendrés par des glissements en fin de cet écrit (cf. Annexe 1).

Par ailleurs, la zone d'étude ici, le fokontany (FKT) Manjakamiadana, connaît une augmentation démographique durant les cinq dernières années, soit un nombre allant de 4374 habitants recensés en 2012 à un nombre de 5388 habitants recensés le 6 Avril 2016 (CUA, 2016). La méconnaissance de l'aléa « glissement de terrain » et des zones instables ont engendré la construction continue d'infrastructures sur celles-ci. Néanmoins, une étude approfondie, une identification systématique et un aménagement en fonction réduirait le risque. Ce n'est malheureusement pas la tendance actuelle.

Certes, des initiatives de développer la RRC<sup>1</sup> par le gouvernement ont été menées au niveau local ; soit l'action du BNGRC<sup>2</sup> en partenariat avec le bureau de District d'Antananarivo II ayant aboutis à la mise en place d'un système de drainage sur les lieux par opération à HIMO<sup>3</sup> (Mobilisation de 25 personnes issues de familles défavorisées pour creuser des canaux d'évacuation).

---

<sup>1</sup> Réduction des Risques et des Catastrophes, cf. glossaire

<sup>2</sup> Bureau National de Gestion des Risques de Catastrophes

<sup>3</sup> Haute Intensité de Main d'Œuvre

Nous pouvons également apprécier des avantages ressortis du partenariat du gouvernement Malgache et celui de La Réunion, notamment le projet GRIMA<sup>4</sup> (UNION EUROPÉENNE, 2015) qui a consisté à la cartographie de risques d'inondation et de mouvement de terrain à Antananarivo ; capitale de la Grande Île dans laquelle se trouve notre zone d'étude. Néanmoins, nous ne pouvons pas encore dire que l'aléa est maîtrisé et la vulnérabilité de la zone d'étude ne cesse d'augmenter ; en effet, la construction sur les terrains instables dans le FKT Manjakamiadana a augmenté de 24%, soit un nombre allant de 1129 toits recensés en 2014 à 1482 toits recensés en 2015 (CUA,2015) et les habitations ou même les dispositifs de confortement se détériorent. Il est donc important que les décideurs concernés par les travaux publics et l'aménagement du territoire se penchent de plus près à la mise en place des mesures qui minimiseraient le danger.

C'est dans ce contexte de prise en considération du risque de glissements qui persistent dans le FKT Manjakamiadana qu'est née cette étude. L'objectif sera de déterminer les facteurs spécifiques qui cheminent le FKT vers une vulnérabilité graduelle et l'apport aux décideurs des éléments d'aide à la décision pour réduire le risque. Des logiciels de SIG<sup>5</sup> permettent de créer, d'enregistrer, de classer, d'interpréter et de représenter les données nécessaires à la réalisation de cette étude.

La première partie de ce mémoire a pour but de présenter le type de mouvements de terrain étudié, les méthodes employées pour répondre à l'objectif fixé ci-dessus et la zone d'étude. Puis la méthodologie concernant l'analyse et la cartographie de la vulnérabilité est détaillée dans la deuxième partie. Enfin, la troisième partie se compose de la présentation des résultats obtenus et d'une discussion concernant l'exploitation de ces résultats.

---

<sup>5</sup> Système d'Information Géographique, cf. glossaire

<sup>4</sup> Gestion des Risques d'Inondation et de mouvement de terrain à Antananarivo

## I. Généralités

Le but de cette étude est d'analyser et de cartographier la vulnérabilité du FKT Manjakamiadana face aux glissements de terrain. Les caractéristiques des glissements de terrain étudiés sont exposées dans la section A. de cette partie I., puis la méthode d'analyse de la vulnérabilité est détaillée dans la section B., et enfin, la zone étudiée est exposée dans la section C.

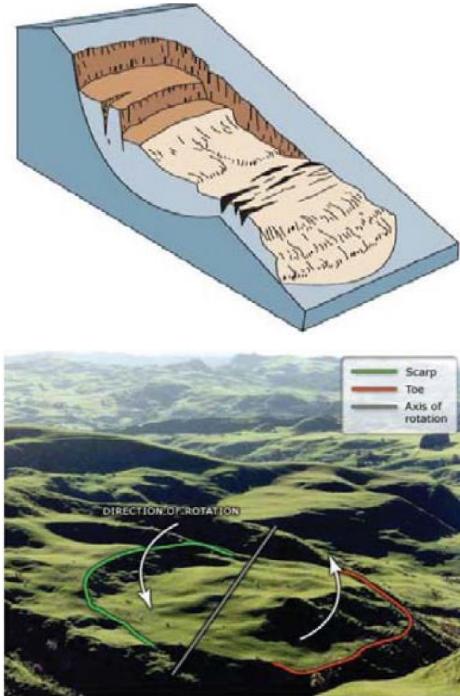
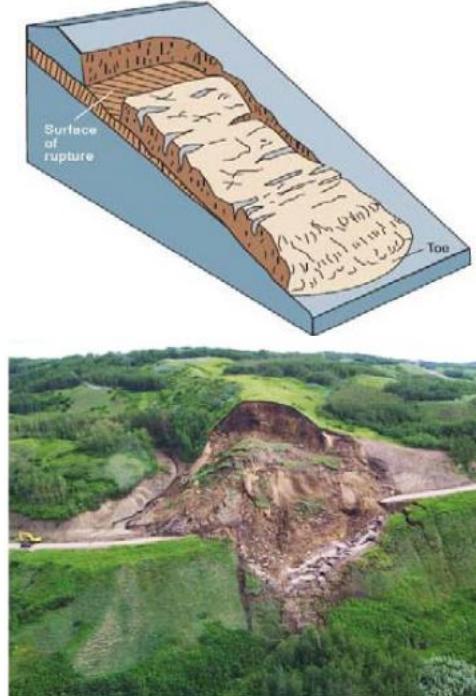
### A. Caractéristiques des glissements de terrain

Il existe différents types de mouvements de terrain (chute de blocs, effondrements, coulées de boue, glissements, etc.). Ceux qui menacent le FKT sont l'érosion, les coulées de boue et les chutes de blocs et les glissements au sens strict. Nous tiendrons compte de ce dernier dans notre étude. Pour mieux comprendre de tels phénomènes, une définition et quelques caractéristiques tirées de l'ouvrage de HIGHLAND, LM. et BOBROWSKY (2008) sont présentées dans ce qui suit.

Un glissement de terrain est le déplacement cohérent vers le bas de la pente d'une masse de sol ou de roche le long d'une surface de rupture. Il peut être plan ou rotationnel, voire complexe lorsqu'il possède à la fois une composante plane et une rotationnelle. Les principales différences entre ces deux types de glissements sont inscrites dans le tableau 1.

## DÉFINITION & PRÉSENTATION

Tableau 1 : Caractéristiques des glissements de la zone d'étude (HIGHLAND, LM. et BOBROWSKY 2008)

|               | Rotationnel   | Plan  |
|---------------|---|---|
| Description   | <p>La surface de rupture est concave, et le mouvement est plus ou moins rotationnel autour d'un axe parallèle aux lignes de niveau de la pente. La masse se déplace en général de manière cohérente le long de la surface de rupture avec une légère déformation interne. Le haut de la matière déplacée se meut presque verticalement et le bas du matériel déplacé peut remonter (cf. schéma ci-dessous).</p> | <p>La masse se déplace selon une surface relativement plane. Ce type de mouvement peut avoir lieu sur des distances considérables si la surface de rupture est suffisamment inclinée, contrairement aux glissements rotationnels qui ont tendance à rétablir l'équilibre du glissement. Le matériel qui glisse peut provenir de sols meubles, non consolidés et/ou de blocs de pierres. Ils ont souvent lieu le long de discontinuités géologiques comme des failles, diaclase, strates, ou entre la roche et le sol.</p> |
| Schéma, photo |    |   |

|                    |  |  |
|--------------------|--|--|
| Taille relative    | Dans les sols, la surface de rupture a généralement un rapport profondeur/longueur d'environ 0.1 à 0.3.  | Ils sont généralement moins profonds que les glissements rotationnels : leur surface de rupture a généralement un rapport profondeur/longueur inférieur à 0.1. Leur longueur s'étend de l'ordre du mètre à celui du kilomètre. |
| Vitesse            | D'extrêmement lent (moins de 0.3 m tous les cinq ans) à lent (1.5 m par mois).   | Le mouvement initial peut être lent (1.5 m par mois) mais beaucoup d'entre eux ont ensuite une vitesse relativement rapide (1.5 m par jour), voire très rapide.  |
| Dommages engendrés | Il peut endommager fortement les infrastructures et les routes, mais est rarement une menace pour les vies humaines à cause de sa lenteur. Il peut également créer des inondations s'il coupe une rivière. | S'il est lent, il n'endommage que les infrastructures et les routes, mais s'il est rapide, il peut être dangereux pour les vies humaines. Il peut aussi causer des inondations s'il occupe une rivière.                        |

Les facteurs de déclenchement des glissements sont principalement des précipitations intenses et soutenues qui saturent les versants en eau et augmentent le niveau des nappes phréatiques. Les glissements peuvent aussi survenir après toute présence d'eau en quantité importante (irrigation, fuite, etc.).

Des activités humaines spécifiques notamment le terrassement, l'ouverture de voies de communication, la réalisation de retenue hydraulique, etc., combinées aux activités sismiques, même à moindre magnitude, peuvent stimuler le déclenchement des glissements. (RAZAFIANJAVOLA, 2015). Ainsi pour qu'un glissement de terrain apparaisse en un lieu donné, il faut que soient réunies un certain nombre d'instabilités qui peuvent être :

- **Des facteurs permanents** ou très lentement variables, caractérisant la prédisposition, la susceptibilité du site aux instabilités (reliefs, nature géologique, hydrogéologie, etc.)
- **Des facteurs variables** dans le temps (séisme, activités humaines, intempéries, etc.) qui peuvent jouer le rôle de déclencheur des mouvements.

Au sein des glissement plans, on peut distinguer les glissements superficiels des glissements profonds. Pour les premiers, la surface de rupture est située entre les dépôts superficiels et le substrat rocheux. Les glissements profonds, quant à eux, emportent non seulement les dépôts superficiels mais aussi le substrat rocheux. Ils sont souvent dus à une alternance des couches lithologiques.

Dans le FKT Manjakamiadana, on n'a recensé jusqu'à présent que des glissements plans superficiels ; leur profondeur variant en général de l'ordre d'un à trois mètres. Les dommages qu'ils causent sont alors d'une ampleur minime par rapport au glissement profond mais constituent déjà un risque considérable tant sur le plan humain que sur le plan économique.

## B. Définition de la vulnérabilité et ses caractérisations

### 1. Définition de la vulnérabilité

Afin d'aider les décideurs à procéder à l'aménagement du territoire en prenant compte la vulnérabilité, il convient d'analyser un tel concept et de le cartographier. La vulnérabilité est généralement définie comme étant les caractéristiques et les circonstances d'une communauté ou d'un système qui le rendent susceptible de subir les effets d'un danger. (UNISDR, 2009) (Figure 1)

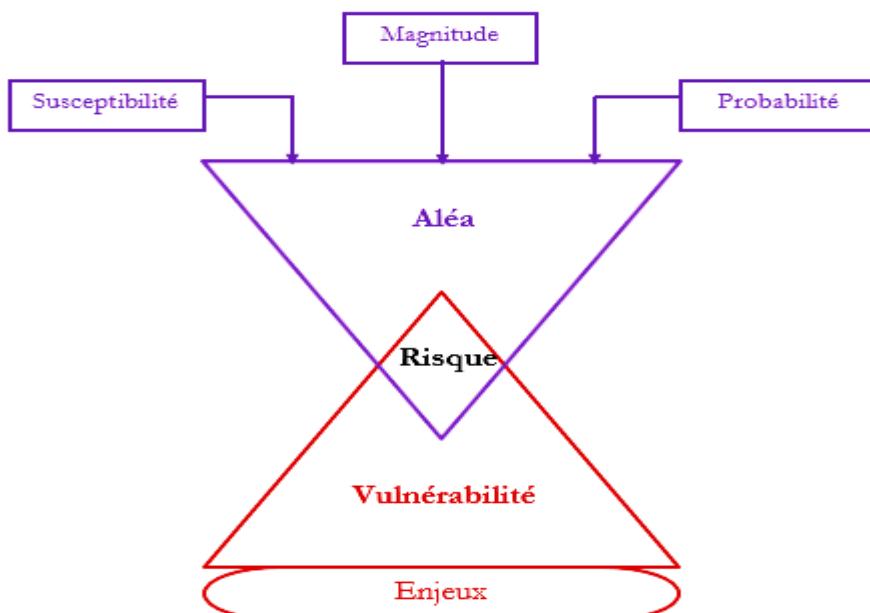


Figure 1 : Synthèse de l'interaction Aléa, Risque et Vulnérabilité

## DÉFINITION & PRÉSENTATION

L'aléa est un phénomène dangereux, une substance, activité humaine ou condition pouvant causer des pertes de vies humaines, des blessures ou d'autres effets sur la santé, des dommages aux biens, des pertes de moyens de subsistance et des services, des perturbations socio-économiques, ou des dommages à l'environnement. (UNISDR, 2009)

La vulnérabilité, à la base, dépend des caractéristiques des enjeux (personnes, biens, systèmes, ...) mais il est à souligner qu'elle peut être circonscrite par le système de GRC<sup>6</sup> adopté. En effet, un système de GRC à court terme ne prend en compte qu'un certain nombre de facteurs susceptibles d'enclencher la catastrophe suivant l'urgence des évènements et interventions ; ce qui induit une vulnérabilité réduite mais juste pendant un intervalle de temps. Au contraire, le système de GRC à long terme tend à éradiquer ou du moins à réduire le plus possible la sensibilité de l'enjeux face à l'aléa en prenant compte de tous les facteurs de susceptibilité possibles. (Figure 2)

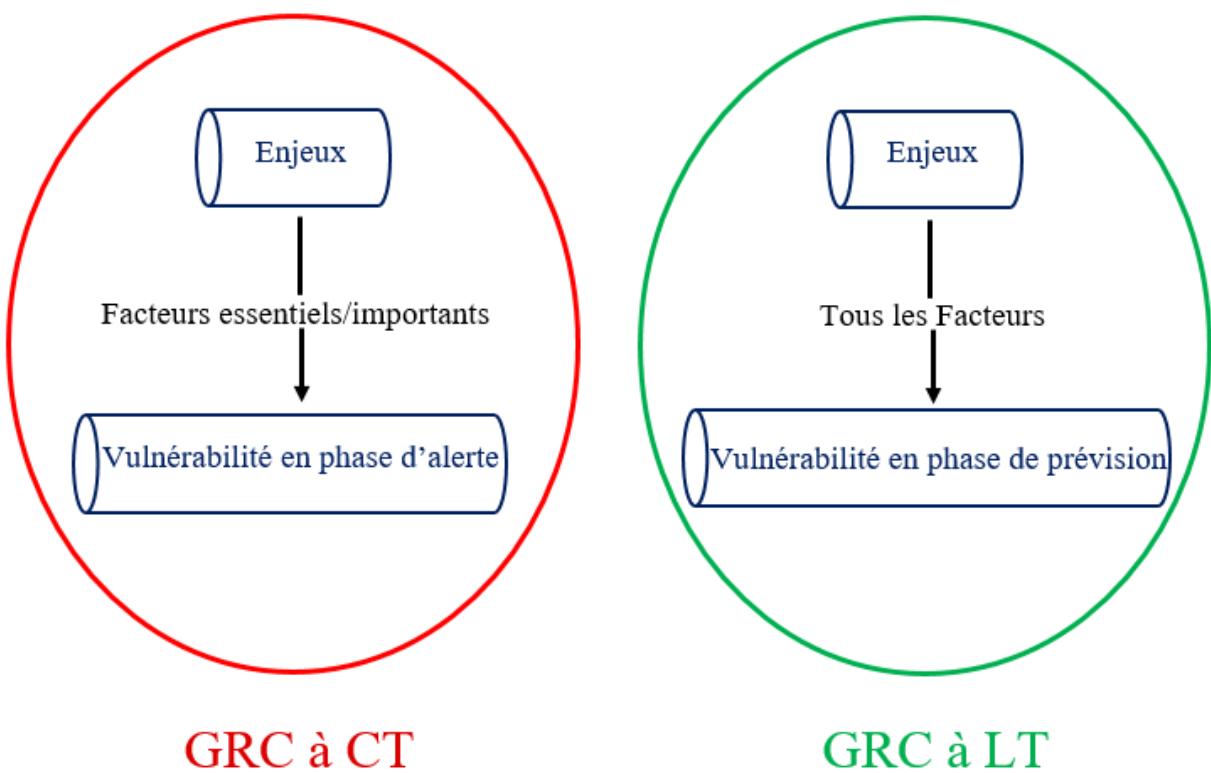


Figure 2 : Synthèse de contraste entre deux types de GRC

<sup>6</sup> Gestion des Risques de Catastrophe, cf. glossaire

### *2. Les critères d'analyse de la vulnérabilité*

La prise en considération de la vulnérabilité dans l'analyse du risque glissement de terrain n'est abordée que d'un point de vue financier la plupart du temps. LEONE (1996) la considère de manière plus globale. En effet, il explique que les enjeux (ou éléments exposés) peuvent être des personnes, des biens physiques ou des activités ou fonctions diverses, et que la vulnérabilité s'évalue en quantifiant leur niveau d'endommagement, soient les préjudices corporels, les dommages structurels et les perturbations fonctionnelles engendrés par une catastrophe naturelle (LEONE, 1996). Il l'évalue en croisant l'intensité des dommages (fonction de l'impact qu'a l'aléa sur l'enjeu) avec les éléments exposés, créant ainsi des matrices d'endommagements corporels, structurels et fonctionnels. Ainsi pour chaque enjeu, un chiffre entre 0 et 1 attribue un taux d'endommagement, qui, couplé avec la valeur des éléments exposés, permet l'évaluation de la vulnérabilité par un indice de pertes.

Cette approche a été reprise pour notre étude. En revanche, un quatrième critère qu'est la méconnaissance du risque par la population a été considéré dans l'analyse de la vulnérabilité. En effet, comme le définit l'Action d'Urgence Internationale (AUI, citée par LEONE, 2007) : « La vulnérabilité, c'est l'ignorance des risques, c'est le manque de préparation, de prévention. » Il est donc important de pouvoir évaluer la connaissance qu'ont les populations menacées par un phénomène naturel et d'inclure un indice quantifiant leur niveau de connaissance dans l'évaluation de la vulnérabilité, car plus elles sont ignorantes, plus elles sont vulnérables. Cette évaluation a été faite à travers l'interprétation des réponses qu'ont données une cinquantaine de personnes de la zone étudiée à un questionnaire préalablement établi figurant dans l'annexe 3.

Notre étude évaluera particulièrement la vulnérabilité de la population et des infrastructures face aux glissements au sens strict.

### 3. Le rôle des logiciels de Système d'Information Géographique

Une grande partie de cette étude a été faite par le biais de logiciels de Système d'Information Géographique ou SIG, permettant de produire de l'information, de l'organiser, de la représenter et de l'interpréter. D'abord utilisés pour exploiter les données existantes, ils permettent, entre autres, la création d'un inventaire des éléments à risque à partir de l'observation des orthophotos. De plus, ils rendent possible la production d'informations à partir de données, comme par exemple le calcul de la superficie de la zone touchée par l'aléa à travers le calcul de l'épaisseur de pixels mise en évidence. Puis, une fois toutes les variables créées, organisées et géoréférencées, elles peuvent être représentées. Enfin, la superposition de ces informations peut être exploitée.

Les principaux logiciels de SIG utilisés dans ce mémoire sont : Google Earth Pro et Quantum GIS. Les données y ont été traitées, les informations calculées et les cartes créées en mode raster (cf. Glossaire). La simplicité et l'unicité de ce format permettent une continuité dans les traitements susceptibles d'être automatisés. Ainsi, le principe de la carte de vulnérabilité est que chaque cellule de chacune des couches de variables contient la valeur informative de la variable en un point de l'espace ; puis la somme des valeurs informatives de chaque variable est calculée pour chaque cellule. (Figure 3)

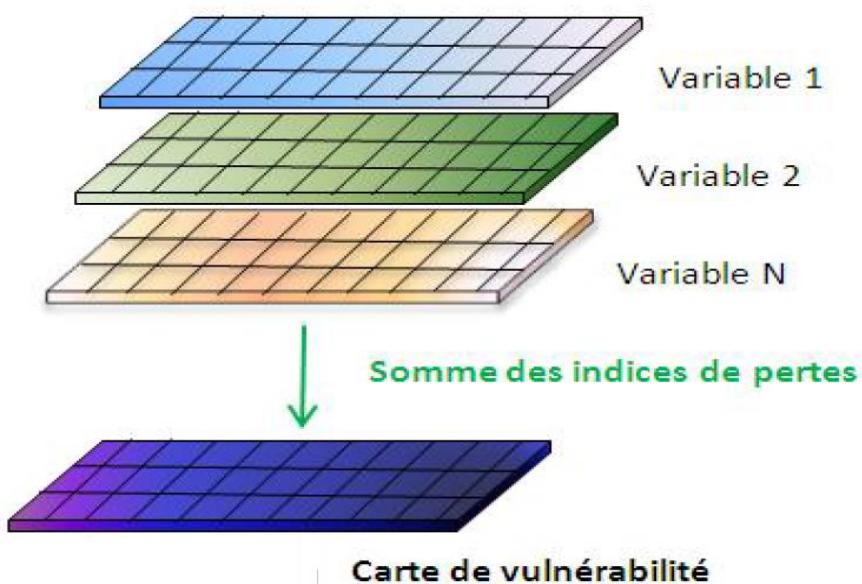


Figure 3 : Construction d'une carte de vulnérabilité grâce au logiciel SIG

Il faut malgré tout être attentif aux choix que le logiciel fait par défaut. Par exemple, lors de la création d'un raster, il attribue une taille de pixel qui peut ne pas être appropriée ; il faut alors choisir en fonction de la précision souhaitée.

### ***C. Présentation de la zone d'étude***

Le FKT Manjakamiadana appartient administrativement au deuxième arrondissement au sein de la Commune Urbaine d'Antananarivo (Carte n°1). Il est délimité au Nord par le FKT Andafiavaratra, au Sud par le FKT Ambohipotsy, à l'Est par le FKT Miandrarivo et à l'Ouest par le FKT Ampamarinana.



Carte n°1 : Localisation de la zone d'étude

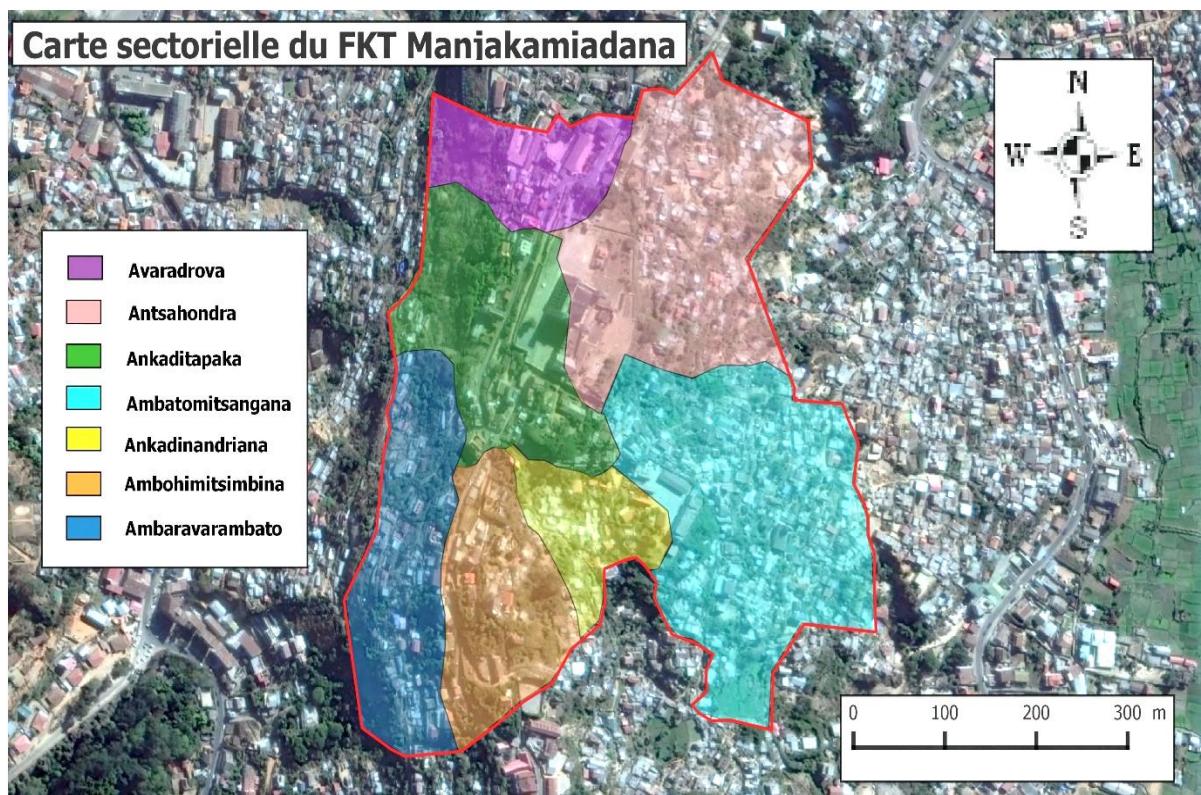
Du point de vue superficie, il s'étend jusqu'à 26,006 ha. Il est habité par 5388 habitants selon le résultat d'un recensement effectué au niveau du Chef-lieu FKT le 6 Avril 2016. Il se situe entre 47°31'54" et 47°31'56" longitude Est et 18°55'31" et 18°55'35" latitude Sud (Carte n°2).

## DÉFINITION & PRÉSENTATION



Carte n°2 : Image Google de la zone d'étude

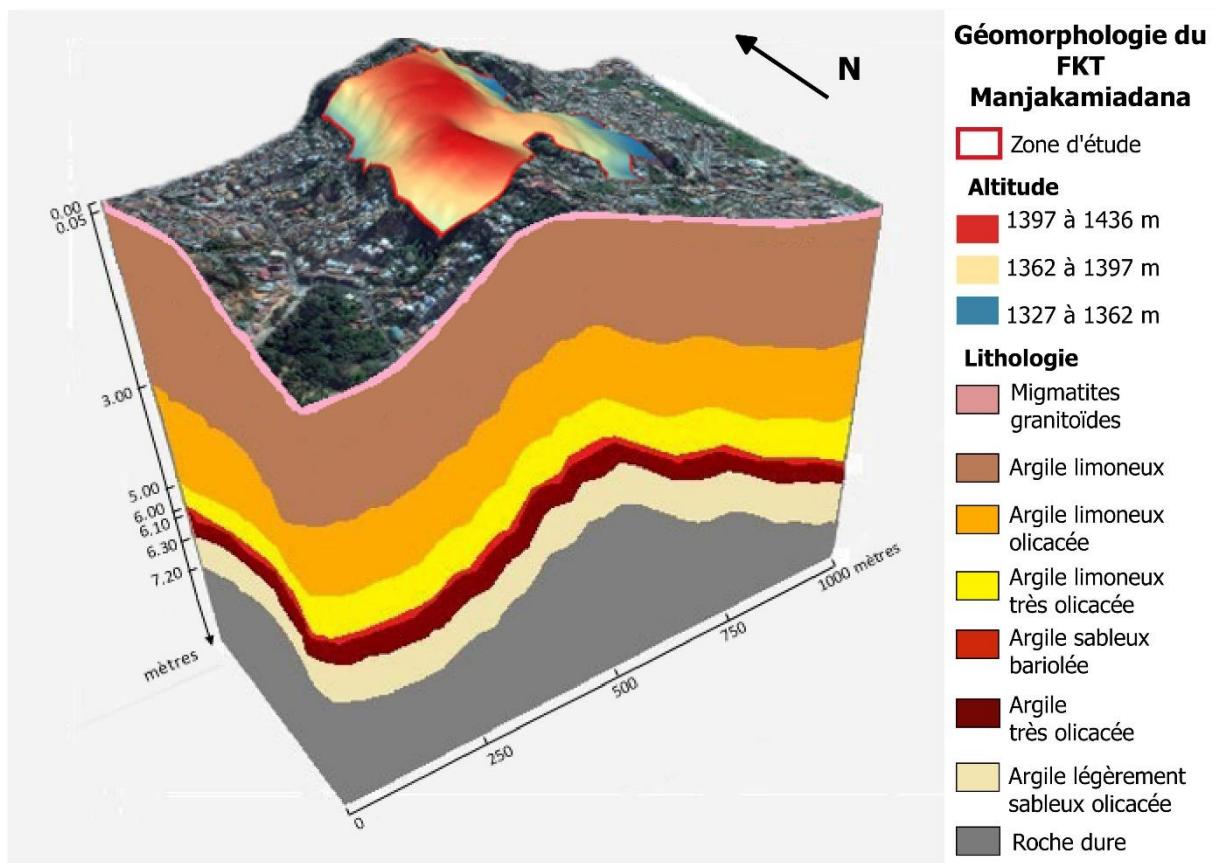
Il est divisé en 5 principaux secteurs : Antsahondra, Ambatomitsangana, Ankadinandriana, Ambaravarambato et Avaradrova. Le secteur Ankadinandriana est spécialement divisé en deux sous-secteurs : Ambohimitsimbina et Ankaditapaka. (Carte n°3)



Carte n°3 : Carte sectorielle du FKT Manjakamiadana

## DÉFINITION & PRÉSENTATION

Le FKT se trouve sur la plus haute colline d'Antananarivo présentant des altitudes qui varient de 1327 à 1436 m. Ses versants quant à eux présentent des pentes très variées : 30 à 80° par rapport à l'horizontal. Du point de vue de sa lithologie structurale, il se caractérise catégoriquement par une couche argileuse qui repose sur la roche mère et qui est couvert en surface par des roches d'origine migmatites granitoïdes ou granites migmatitiques (Carte n°4). Le substrat argileux qui se spécifie par sa perméabilité en eau, l'infiltration peut arriver jusqu'au niveau de la roche mère altérant cette dernière et pouvant entraîner un glissement de terrain de type profond.



Carte n°4 : Géomorphologie en 3D de la zone d'étude, lithologie structurale prélevée au niveau d'un chantier d'étude du LNTPB dans le secteur Avaradrova

Les raisons suivantes justifient notre choix pour cette étude :

- Faisant partie des FKT de la Haute Ville d'Antananarivo, le FKT Manjakamiadana a été sujet au projet de cartographie de risque du projet GRIMA.
- Le FKT voit son nombre d'habitants croître d'années en années. Le nombre d'enjeux étant augmenté, la vulnérabilité l'est aussi par conséquent.
- La construction sur les zones instables dans ce FKT a augmenté de 24%, soit un nombre allant de 1129 toits recensés en 2014 à 1482 toits recensés en 2015.
- Il fait partie de la ZPPAUP<sup>7</sup>.

## II. Méthodologie d'analyse et cartographie de la vulnérabilité face au glissement de terrain

### A. Carte de vulnérabilité du FKT Manjakamiadana

Comme expliqué dans la partie I., les études concernant la vulnérabilité aux glissements de terrain au niveau international sont assez peu avancées. C'est pourquoi la méthode d'analyse proposée ici est assez prospective et pourrait être approfondie. Cependant, elle permet d'avoir une idée d'analyse globale de la vulnérabilité de la zone d'étude et son impact sur la représentation du risque.

La vulnérabilité de la zone d'étude a été analysée grâce à un indice de perte la quantifiant selon les quatre critères suivants : les préjudices corporels, les dommages structurels, les pertes fonctionnelles et la méconnaissance de l'aléa par la population. L'analyse de la vulnérabilité selon ces critères et leur représentation ont permis la création de quatre cartes en raster. La vulnérabilité totale obtenue par l'addition des valeurs des quatre cartes pour chaque pixel.

---

<sup>7</sup>Zone de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager, cf. glossaire

Les cartes ont été principalement construites grâce la combinaison de trois thèmes SIG géoréférencés et créés en mode vecteur : les VCT<sup>8</sup> regroupant l'autoroute et les voies de circulation piétonnière, les bâtiments et les habitants.

Les données utilisées comme attributs au sein de ces thème proviennent principalement du registre d'habitation du Chef-lieu FKT, du résultat de prélèvements effectués lors de la descente sur terrain et des informations données par des habitants de la zone étudiée à travers un questionnaire préétabli figurant à l'annexe 2. La figure 4, le tableau 2 et la carte n°5 renseignent sur les données ayant instruit les attributs de chacun des trois thèmes.

Les cartes de vulnérabilité sont exposées dans la partie III.

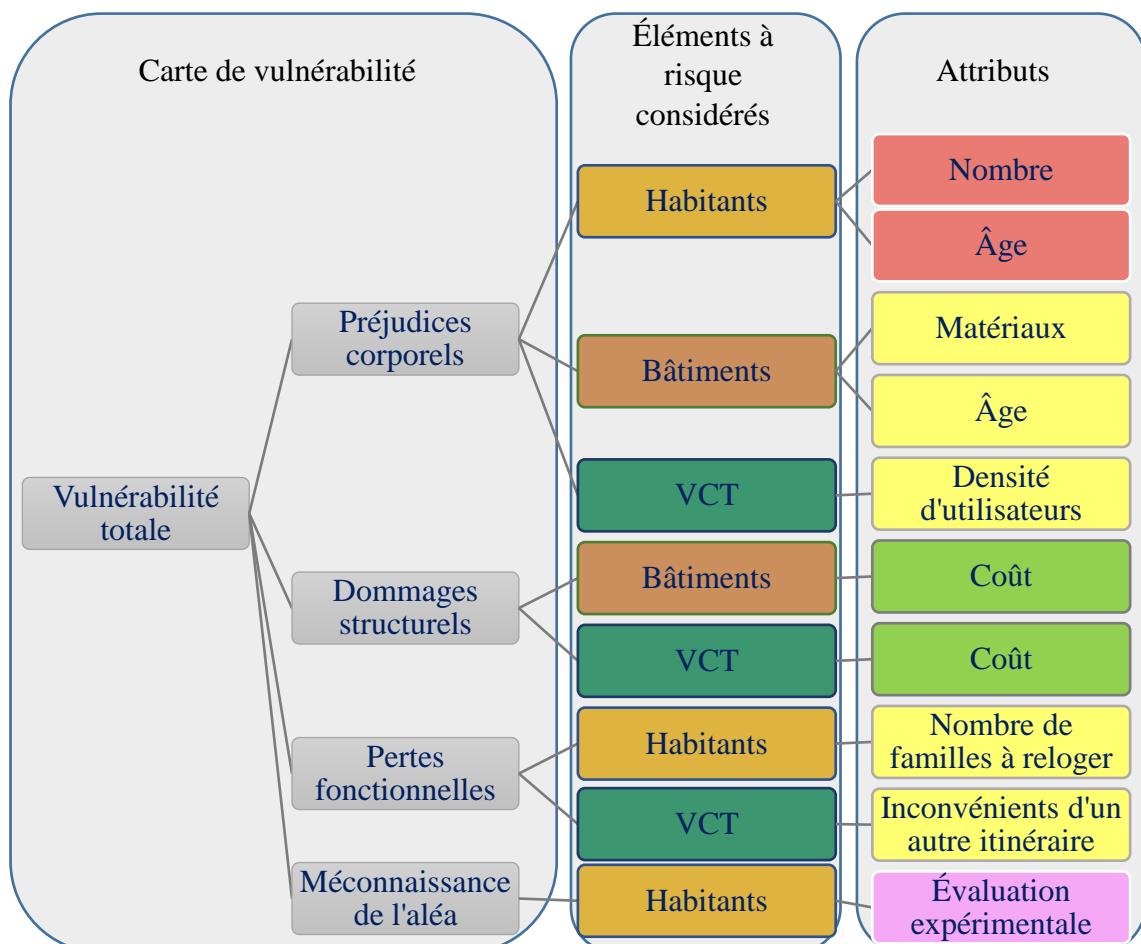


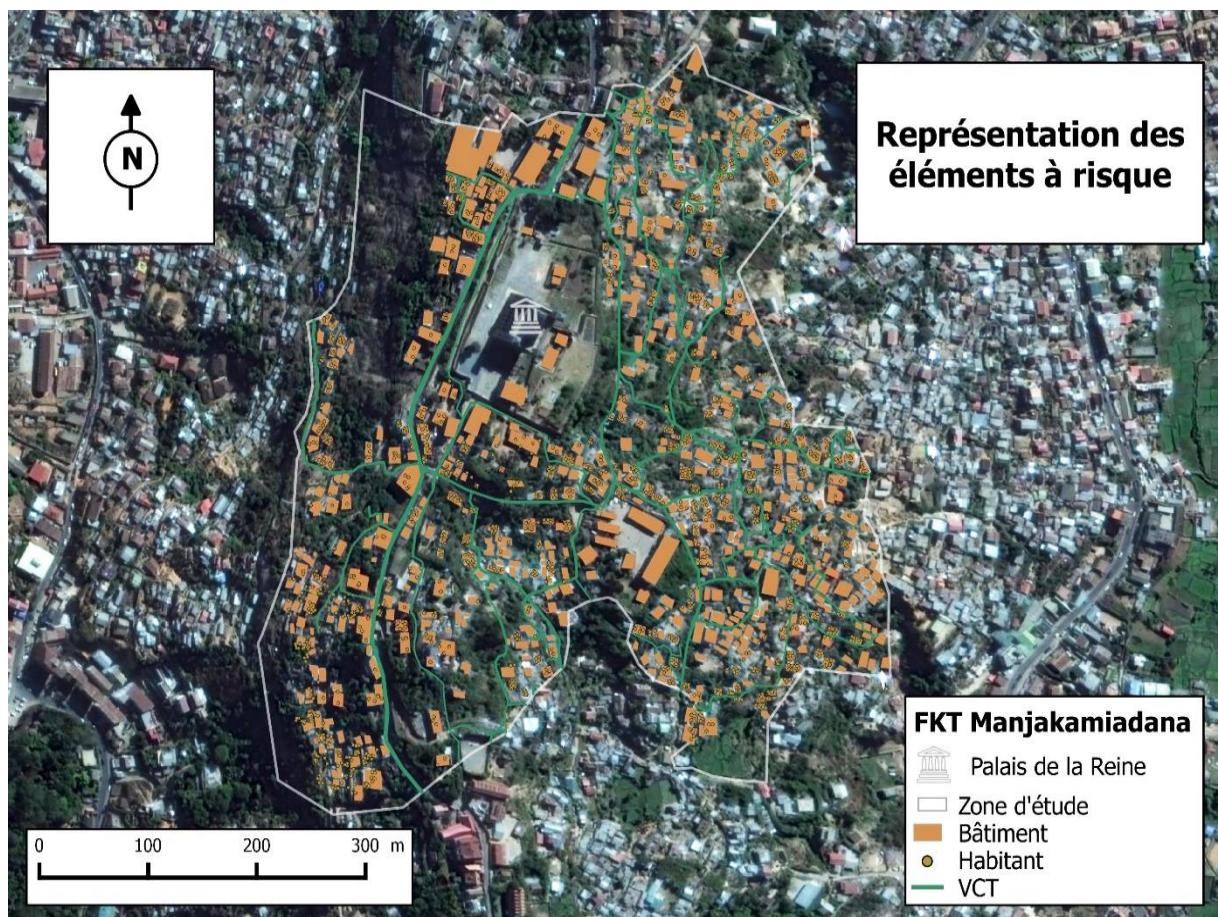
Figure 4 : Élaboration de la carte de vulnérabilité

<sup>8</sup> VCT, Voies de circulation terrestre

Tableau 2 : Légende de couleurs utilisées dans la figure 4 pour indiquer les thèmes utilisés pour chaque carte et la provenance des données instruisant les attributs de ces thèmes

| Thèmes sur lesquels se trouvent les éléments à risque  | Données instruisant les attributs  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Orange : Habitant</li> <li>- Marron : Bâtiment</li> <li>- Vert foncé : VCT</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rouge : Registre du Chef-lieu FKT</li> <li>- Vert clair : Calcul</li> <li>- Jaune : Prélèvement par descente sur terrain</li> <li>- Violet : Questionnaire</li> </ul> |

La vulnérabilité est quantifiée par une démarche empirique. A chaque pixel de chaque thème est attribuée une valeur comprise entre 0 et 1, 1 étant la valeur maximale d'indice de perte. En général, la valeur 1 a été attribuée à la classe considérée comme étant la plus vulnérable ; puis, les autres valeurs sont attribuées en fonction d'elle.



Carte n°5 : Représentation des éléments à risque, dimensions en pixel : 3507 x 2480

## 1. Analyse des préjudices corporels

### a) Thématique des habitants :

Le nombre d'habitants est le premier critère de vulnérabilité. Plus ce critère est élevé, plus la zone concernée est vulnérable. Puis, au sein de ces habitants, certains sont plus vulnérables que d'autres. Le classement du registre d'habitation du Chef-lieu FKT, effectué par tranches d'âges, a permis d'attribuer les valeurs de vulnérabilité selon les critères du tableau 3.

Tableau 3 : Quantification de la vulnérabilité corporelle selon l'âge des habitants

| Tranche d'âge (en années) | Mobilité (facteur de pondération : 1) | Connaissance de l'aléa (facteur de pondération : 2) | Indice de perte |
|---------------------------|---------------------------------------|---|-----------------|
| <b>0-4</b>                | 1                                     | 1   | <b>1</b>        |
| <b>5-9</b>                | 0.90                                  | 1   | <b>0.97</b>     |
| <b>10-13</b>              | 0.80                                  | 0.90  | <b>0.87</b>     |
| <b>14-19</b>              | 0.50                                  | 0.80  | <b>0.70</b>     |
| <b>20-60</b>              | 0.50                                  | 0.70  | <b>0.63</b>     |
| <b>Plus de 60</b>         | 1                                     | 0.50  | <b>0.67</b>     |

La mobilité a été analysée en prenant comme maximum les tranches de 0-4 et de plus de 65, 0.50 en minimum pour la tranche de 20 à 64, et en mettant des valeurs intermédiaires entre les deux. Cette analyse mériterait une étude plus poussée, qui n'a pas pu être menée étant donné le temps imparti pour l'étude. La connaissance de l'aléa a été analysée suite aux réponses obtenues grâce au questionnaire (cf. partie quatre de cette section).

Les glissements de terrain qui menacent le FKT étant des phénomènes relativement lents, la mobilité des habitants a été prise en compte de façon moins importante dans l'analyse de la vulnérabilité que celle de la connaissance de l'aléa par l'attribution d'un facteur de pondération de 1 contre 2.

### b) Thématique des bâtiments :

La vulnérabilité des bâtiments repose en grande partie sur leur construction. En effet, ceux dont les éléments principaux sont le bois ou le métal sont les plus vulnérables aux glissements, d'où l'attribution de la valeur 1 (Tableau 4).

Tableau 4 : Quantification de la vulnérabilité corporelle selon les matériaux de construction des bâtiments

| Principaux matériaux de construction | Indice de perte |
|--------------------------------------|-----------------|
| Béton                                | <b>0.40</b>     |
| Adobe/Mortier                        | <b>0.80</b>     |
| Bois/Métal                           | <b>1</b>        |

Tableau 5 : Quantification de la vulnérabilité corporelle selon l'âge de construction des bâtiments

| Âge de construction | Indice de perte |
|---------------------|-----------------|
| Vieux               | <b>1</b>        |
| Modéré              | <b>0.60</b>     |
| Récent              | <b>0.20</b>     |

L'âge de construction est également un indicateur de la vulnérabilité ; pour un même type de bâtiment, plus le bâtiment est vieux, plus il a subi l'action de phénomènes extérieurs et plus il est vulnérable. Un expert en mouvement de terrain a confirmé le choix de ces valeurs.

c) Thématique des VCT :

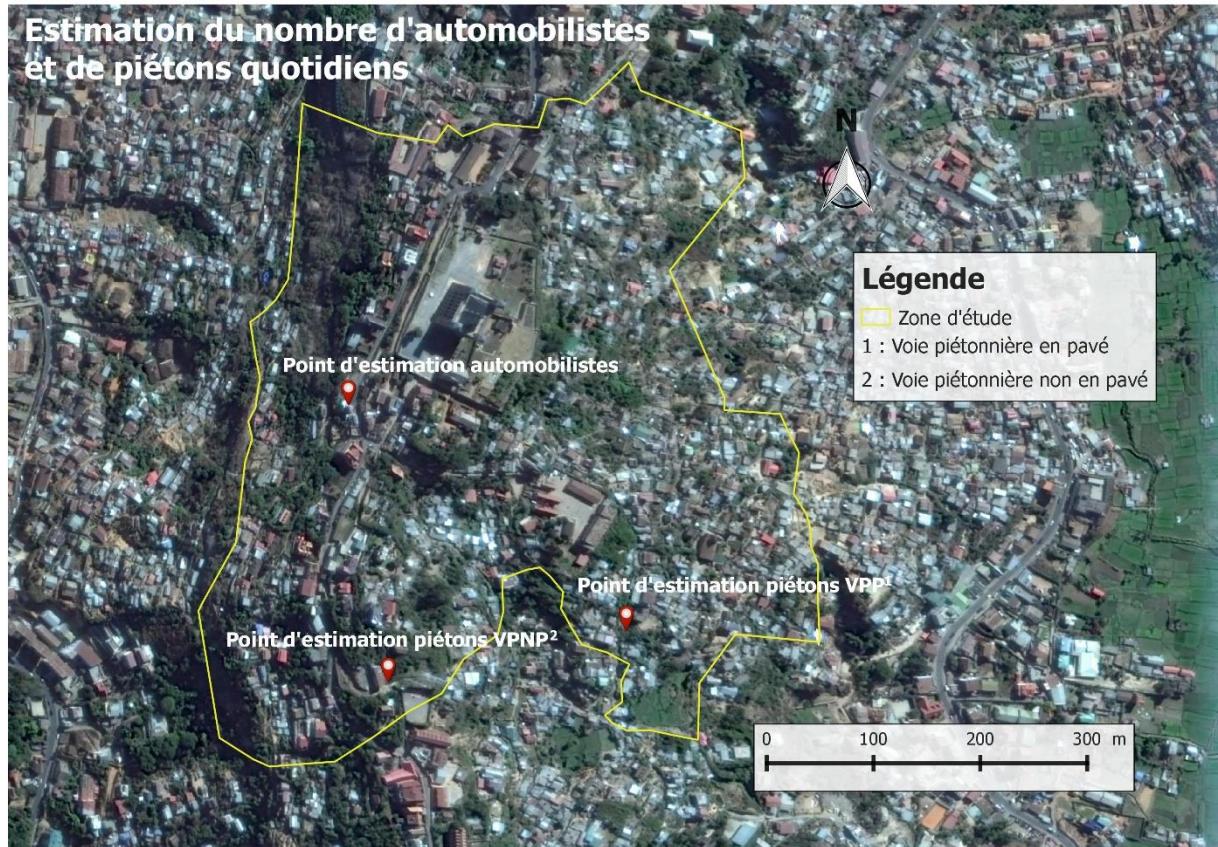
La densité d'automobilistes et des piétons présents dans la rue est un indicateur de vulnérabilité corporelle, car si un glissement coupe ou déforme une route ou bien une voie piétonnière, la gravité de l'accident augmentera avec elle. Le nombre d'automobilistes et de piétons utilisant l'autoroute et les différents types de voies piétonnières a donc été analysé puis divisé par une estimation du nombre d'autoroutes et de voies piétonnières. (Tableau 6)

Tableau 6 : Quantification de la vulnérabilité corporelle selon le nombre d'utilisateurs de VCT

| Type de VCT                         | Estimation du nombre d'automobilistes ou piétons utilisant la VCT quotidiennement | Indice de perte |
|-------------------------------------|---|-----------------|
| <b>Voie piétonnière en pavé</b>     | 2266  | <b>1</b>        |
| <b>Route municipale</b>             | 227   | <b>0.1001</b>   |
| <b>Voie piétonnière non en pavé</b> | 34  | <b>0.0150</b>   |

Les valeurs du nombre de personnes ont été relevées pendant trois jours respectifs à chaque type de VCT au niveau local. Un échantillon de chaque type de VCT a été géolocalisé et le recensement a été effectué de 7h de la matinée jusqu'à 17h du soir pendant les trois jours (Carte n°6). Les points de prélèvement se trouvent :

- À 47°31'55" longitude Est et 18°55'16" latitude Sud, pour le cas de la route municipale
- À 47°31'58" longitude Est et 18°55'24" latitude Sud, pour le cas des voies piétonnières en pavé
- À 47°31'53" longitude Est et 18°55'35" latitude Sud, pour le cas des voies piétonnières non en pavé.



Carte n°6 : Représentation des points d'estimation du nombre d'automobilistes et de piétons quotidiens

Cette estimation a été faite de manière à avoir une estimation l'indice de perte, en majorant le nombre de personnes utilisant ces VCT et en minorant le nombre de VCT.

## 2. Analyse des dommages structurels

### a) Thématique des bâtiments :

La valeur de l'indice de perte a été attribuée selon le coût de la reconstruction du bâtiment au mètre carré. L'estimation du coût de reconstruction a été effectué en référence au

coût moyenne de construction de grands ouvrages selon une publication de l’hebdomadaire Madagascar-Tribune. L’indice de perte maximal a été attribué au type de bâtiment le plus coûteux, les autres ont été calculés par proportion.

Tableau 7 : Quantification de la vulnérabilité structurelle selon les matériaux de construction des bâtiments

| Type de bâtiment       | Coût de reconstruction (Ar/m <sup>2</sup> ) | Indice de perte |
|------------------------|---|-----------------|
| En béton               | 1 000 000                                   | 1               |
| En adobe ou en mortier | 501 253                                     | 0.50            |
| En bois ou en métal    | 501 253                                     | 0.50            |

b) Thématique des VCT :

L’indice de perte a été attribué selon le coût de la reconstruction de la route au mètre. En partant d’une fiche technique de travaux de réhabilitation de la RN 35 (Madagascar-Tribune, 2012), notifiant le montant total de 12 015 357 151 d’ariary pour 35 km, nous avons établi un devis du coût reconstruction s’il s’agit plus spécifiquement d’une route municipale et de voies piétonnière. L’indice de perte maximal a été attribué au type de VCT le plus coûteux, les autres ont été calculés en proportion (Tableau 8)

Tableau 8 : Quantification de la vulnérabilité structurelle selon les différents types de VCT

| Type de VCT                  | Coût de reconstruction (Ar/m) | Indice de perte |
|------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| Route municipale             | 171 647                       | 1               |
| Voie piétonnière en pavé     | 53 210                        | 0.31            |
| Voie piétonnière non en pavé | 15 448                        | 0.09            |

*3. Analyse des pertes fonctionnels*

a) Thématique des bâtiments :

Le nombre de famille à reloger en cas de destruction partielle ou totale de leur habitat, a été analysé, et la valeur d’indice perte 1 a été attribué au ménage qui possède le plus haut effectif d’habitants. Les autres indices de perte ont été évalués proportionnellement. (Tableau 9)

Tableau 9 : Quantification de la vulnérabilité fonctionnelle selon le nombre de famille à reloger suite à une destruction partielle ou totale de leur habitat

| <b>Principaux effectifs d'habitants à reloger par ménage</b> | <b>Indice de perte</b> |
|--|------------------------|
| 15   | <b>1</b>               |
| 13   | <b>0.86</b>            |
| 11   | <b>0.73</b>            |
| 9  | <b>0.60</b>            |
| 8  | <b>0.53</b>            |
| 7  | <b>0.46</b>            |
| 6  | <b>0.40</b>            |
| 5  | <b>0.33</b>            |
| 4  | <b>0.26</b>            |
| 3  | <b>0.20</b>            |
| 2  | <b>0.13</b>            |
| 1  | <b>0.07</b>            |

b) Thématique des VCT :

Le nombre d'automobilistes et de piétons empruntant les VCT quotidiennement est le premier critère. Les données sont les même que celles utilisées pour l'évaluation des préjudices corporels.

Le second critère est celui de l'indispensabilité de la route. En effet, si un glissement rend une route impraticable, les automobilistes et les piétons l'utilisant habituellement devront emprunter un autre trajet. La valeur de l'indice de perte associée quantifie les difficultés engendrées par ce changement d'itinéraire. (Tableau 10)

Tableau 10 : Quantification de la vulnérabilité fonctionnelle selon les différents types de VCT

| Type de VCT     | Estimation du nombre d'automobilistes ou piétons utilisant la VCT quotidiennement | Indice de perte | Inconvénient venant d'un changement d'itinéraire |                                 | Indice de perte associé aux inconvénients venant d'un changement d'itinéraire | Indice de perte total |
|-----------------|---|-----------------|--|---------------------------------|---|-----------------------|
|                 |   |                 | Nombre de km en plus                             | Nombre de VCT sans alternatives |   |                       |
| <b>V.P.P.</b>   | 2266  | <b>1</b>        | 0.31   | 0                               | <b>0.06</b>   | <b>0.53</b>           |
| <b>R.M.</b>     | 227   | <b>0.1001</b>   | <b>2.34</b>                                      | 1                               | <b>1</b>  | <b>0.55</b>           |
| <b>V.P.N.P.</b> | 34  | <b>0.0150</b>   | 0.1  | 0                               | <b>0.02</b>   | <b>0.01</b>           |

*Légende : V.P.P. : Voie Piétonnière en Pavé, R.M. : Route Municipale, V.P.N.P. : Voie Piétonnière Non en Pavé*

Le nombre de kilomètres en plus parcourus par un automobiliste ou un piéton lors d'un changement d'itinéraire a été évaluée depuis les données SIG concernant le réseau routier. La distance pour aller d'un point à un autre a été calculée pour un certain trajet, puis par un autre trajet simulant ainsi l'obligation d'emprunter un autre itinéraire, et ce cinq fois pour chaque type de route. Une valeur moyenne de ces cinq valeurs figure dans le tableau 9. La valeur de l'indice de perte a été attribuée à la VCT pour laquelle le nombre de kilomètres rajoutés estimé est le plus grand. Les autres valeurs d'indice de perte ont été calculées en proportion.

Un autre critère a également été pris en compte, qui est celui du nombre de VCT qui n'offrent pas d'autres alternatives. En effet, leur impraticabilité serait très gênante car cela signifierait que des habitations se trouveraient isolées. La vulnérabilité en est donc augmentée, et cela a été pris en compte dans attribuant la valeur 1 pour l'indice de perte de l'unique VCT qui ne possède pas d'autres alternatives d'acheminement et de la valeur 0 pour les autres VCT qui en ont. Ainsi, on obtient un indice de perte associé aux inconvénients venant d'un changement d'itinéraire en faisant la moyenne entre les indices de perte calculé par proportion du nombre de kilomètres en plus à parcourir pour contourner avec le nombre de VCT sans alternatives d'autres acheminements.

***Puisque la rue Ramboatiana est la seule route municipale qui traverse notre zone d'étude et puisqu'elle ne possède pas d'autres alternatives d'acheminement au cas où elle serait***

*coupée, nous avons fixé le nombre 2.34 km correspondant à la longueur de la route primaire la plus longue qui se trouve dans l'arrondissement de notre zone d'étude, soit la rue Ramilijaona du deuxième arrondissement (CUA, 2006), comme nombre de km à parcourir pour contourner afin de majorer l'indice de perte lié à la difficulté de changement d'itinéraire s'il n'y a pas d'autres alternatives d'acheminement.*

Ce modèle est une estimation sans doute assez éloignée de la réalité car la distance rajoutée a été estimée pour chaque type de VCT. Pour être précis, il aurait fallu déterminer la distance rajoutée pour chacune des routes, mais cela n'a pas été possible faute de temps.

#### *4. Analyse de la connaissance de l'aléa par la population*

Les connaissances des habitants de la zone d'étude en ce qui concerne l'aléa glissement de terrain ont été évaluées grâce à un questionnaire rempli par cinquante individus. Des habitants des sept principaux secteurs de la zone que sont Avaradrova, Antsahondra, Ambatomitsangana, Ankadinandriana, Ankaditapaka, Ambohimitsimbina et Ambaravarambato ont été interrogés sur place. Le questionnaire auxquels ils ont répondu se trouve en annexe (cf. Annexe 2). Leurs réponses ont ensuite été interprétées et cartographiées, représentant ainsi la vulnérabilité selon la méconnaissance de l'aléa. Chaque réponse positive aux questions suivantes montre que les habitants ont certaines notions en ce qui concerne le risque de glissement de terrain, ou se sentent quelque peu concernés par ce risque. Il a donc été attribué un point pour chaque réponse positive. Le total des points a été fait pour chaque secteur, et les résultats sont présentés dans le chapitre suivant.

- Savez-vous ce qu'est un glissement de terrain ?
- Êtes-vous préoccupé par les effets des glissements de terrain ?
- Avez-vous connaissance de l'existence de glissements de terrain dans le FKT Manjakamiadana ?
- Avez-vous connaissance de l'existence de glissements de terrain à proximité de votre habitation ou dans votre secteur d'habitation ?
- Si vous avez connaissance de l'existence de glissements de terrain près de votre habitation, pensez-vous prendre des mesures de prévention ou de protection ?

- Si vous (ou quelqu'un de votre secteur d'habitation que vous connaissez) avez été affecté par un glissement, avez-vous réagi de manière positive face au phénomène (en prenant les mesures nécessaires pour que cela ne se reproduise pas, en informant le voisinage, en faisant une réclamation à la mairie, etc.) ?

Lors de l'enquête sur le terrain nécessaire au remplissage du questionnaire, il fût parfois difficile de se faire comprendre et de savoir si l'interlocuteur avait bien compris la question posée. L'une des méthodes utilisées pour savoir si la question a été bien assimilée est, lorsque la personne interrogée répond qu'elle a connaissance de la présence de glissements dans le FKT ou le secteur d'habitation, de lui demander de les situer sur une carte imprimée du FKT. Si elle les place au bon endroit, c'est que l'information est bien passée.

## **B. Localisation et interprétation de facteurs de susceptibilité prépondérants**

Comme expliqué dans la partie I., pour avoir un système de GRC à long terme, il faut prendre en compte tous les facteurs de susceptibilité du glissement de terrain. Des projets et des études ont déjà traité les principaux facteurs de susceptibilité du glissement de terrain dans notre zone d'étude. Cependant, le phénomène glissement reste non maîtrisé et la vulnérabilité locale augmente d'année en année. C'est pourquoi nous avons recensé d'autres facteurs qui peuvent s'avérer être des facteurs spécifiques à la prépondérance des risques au niveau local.

### *1. Localisation et interprétation des points fissures*

Les fissures sont catégorisées ont deux principaux groupes (LAMY S.A. EXPERTISE, 20010) :

- **Les microfissures** (Photo n°1) qui sont une forme de fissures étroites, faiblement visibles à l'œil nu et dont la largeur est inférieure à 2/10èmes de millimètres. Elle se traduit en grande partie par de fines craquelures à la surface de la peinture ou de l'enduit pouvant être interprétées comme un défaut de construction d'une infrastructure donné.

- **Les lézardes** (Photo n°2) qui sont plus épaisses que les fissures classiques, elles ont une largeur supérieure à 2 millimètres et sont généralement provoquées par des mouvements de sol ou des sollicitations inhabituelles auxquelles ne résiste pas la structure du bâtiment.

Ce qui nous intéresse ce sont les fissures de type lézardes qui constitue un facteur de susceptibilité d'un glissement de terrain. Elles ont été localisées et répertoriée suivant leur degré de risque ; soit elle est considérée une menace si le risque est faible, soit elle est un danger si le risque est élevé.

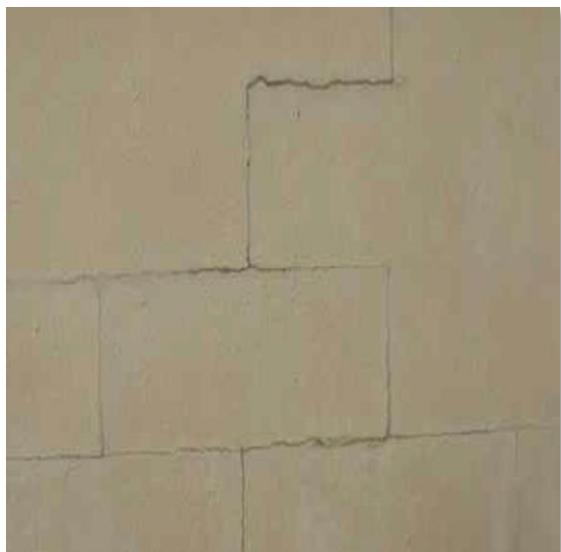


Photo n°1 : Microfissures ; source :  
LAMY S.A. EXPERTISE, 2010

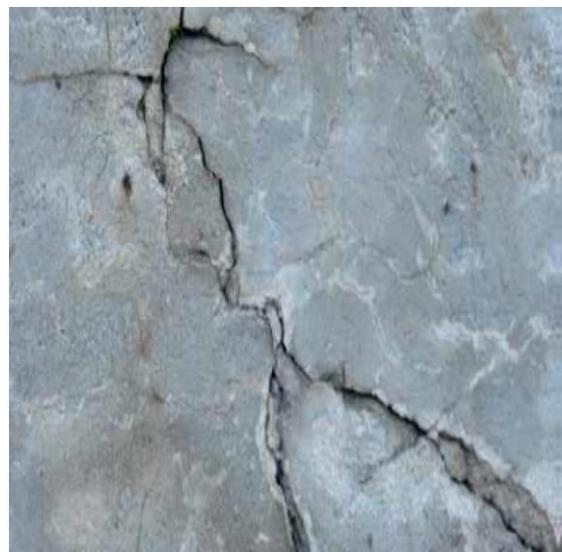


Photo n°2 : Lézardes ; source : LAMY  
S.A. EXPERTISE, 2010

## 2. *Localisation et interprétation de dispositifs de confortement détériorés*

Il s'agit des canaux d'évacuation qui ont été installés dans plusieurs points stratégiques du Fokontany de Manjakamiadana selon une mesure de prévention initiée par l'État via le Bureau National de Gestion des Risques et des Catastrophes (BNGRC) en partenariat avec le bureau de District d'Antananarivo II. Leur mise en place a été favorisée par la mobilisation de 25 personnes issues de familles défavorisés du quartier dans une opération de Haute Intensité de Main-d'œuvre (HIMO).

Ces derniers se retrouvent détériorés suite aux conditions climatiques de leur post installation mais aussi à cause de mouvement du sol sur lequel ils se trouvent. Ainsi, ce dispositif ne draine pas à bien les coulées d'eau faisant échapper cette dernière qui va s'infiltrer dans le sol favorisant le risque de glissement de terrain. Ils ont été géolocalisés et classifier selon son degré de risque également comme les PF.



Photo n°3. Dispositif de drainage d'eau de surface détérioré ; année de photographie : 2016



Photo n°4. Dispositif de collecte d'eau de surface détérioré ; année de photographie : 2016

### *3. Localisation et interprétation des sols fragiles*

Il s'agit ici de localiser les points où nous avons pu distinguer la sensibilité typique du sol argileuse de notre zone d'étude. Ces différents points montrent surtout la susceptibilité d'érosions et des points glissements qui peut y avoir. Nous préciserons également leur degré de risque comme les PF suivant leur situation par rapport aux enjeux.



Photo n°5. Sol typique du FKT  
Manjakamiadana ; année de photographie :  
2015, source : BNGRC



Photo n°6. Sol typique du FKT  
Manjakamiadana ; année de photographie :  
2015, source : BNGRC

#### *4. Localisation et interprétation de dispositifs des bâtiments lourds*

La construction de bâtiments à haut étage augmente également la sensibilité du terrain dans le FKT de Manjakamiadana à glisser. En effet, vu que le sol spécifique au FKT est typiquement fragile, la pression sur celui-ci augmente lorsque les bâtiments qui s'y trouvent sont lourds. Ainsi, nous avons géolocalisés les bâtiments de plus 2 étages mais aussi ceux qui sont à 2 étages qui se trouvent sur une pente forte et, tout comme les autres facteurs de susceptibilité ci-dessus, nous allons préciser leur degré de risque.



Photo n°7. Bâtiment lourd à 2 étages dans  
le secteur Ankaditapaka ; année de  
photographie : 2016



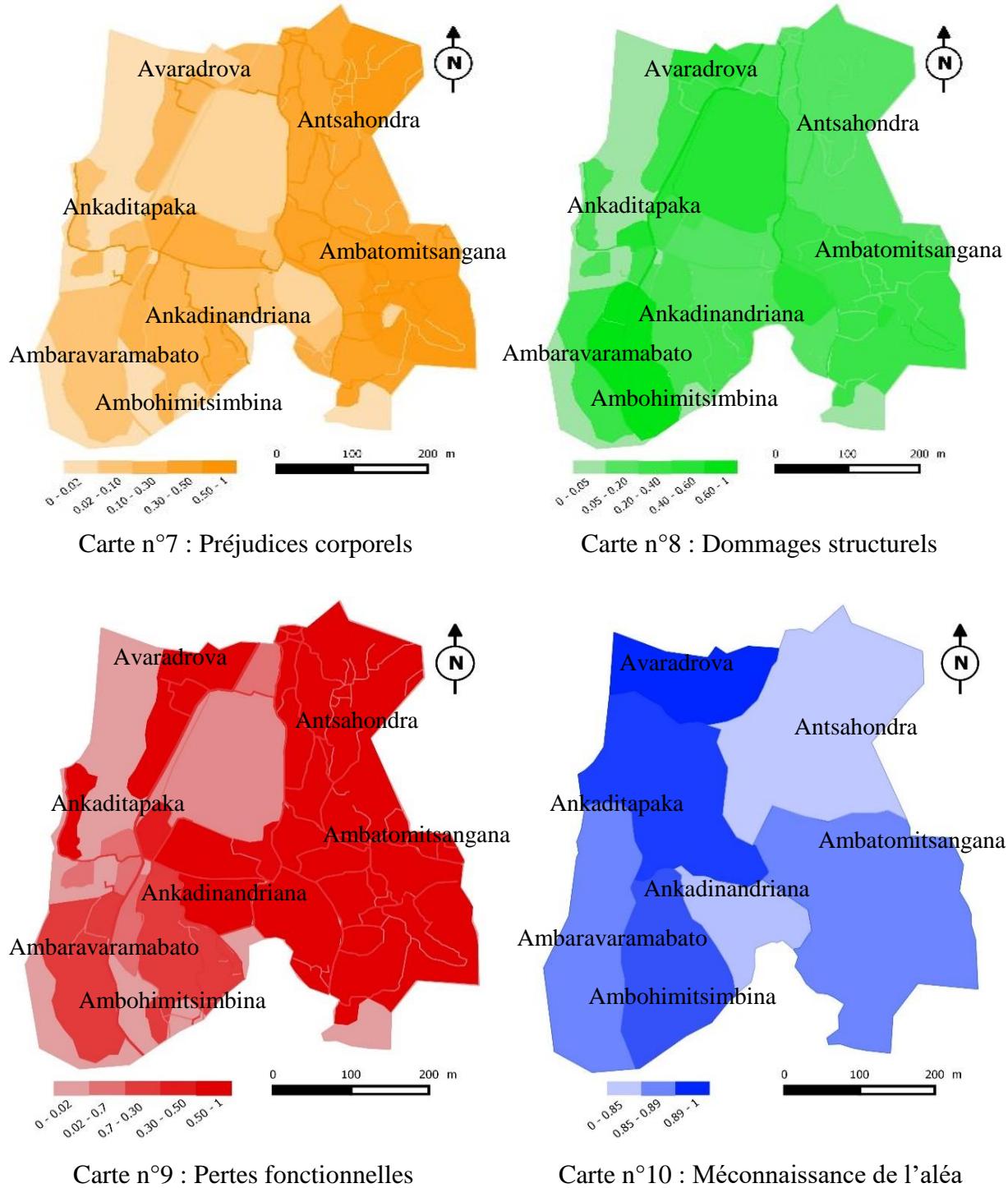
Photo n°8. Bâtiment lourd à 3 étages dans le  
secteur Ankaditapaka ; année de  
photographie : 2016

Ces 4 recensements peuvent être encore plus poussés dans une étude future puisqu'ils peuvent être effectués par d'autre moyens à savoir l'usage de drone par exemple et dans notre étude, nous avons pu apprécier que ce qu'on a pu relever depuis l'enquête sur terrain.

### **III. Résultat et discussion**

#### **A. Carte de vulnérabilité**

Comme expliqué dans la partie II., la carte de vulnérabilité totale a été élaborée à partir des quatre cartes estimant les préjudices corporels, les dommages structurels, les pertes fonctionnelles et la méconnaissance de l'aléa par les populations. Ces cartes sont construites à partir des valeurs des indices de pertes attribuées aux différents éléments à risque, comme détaillé dans la partie II. Pour chaque pixel, la somme des indices de pertes des différents thèmes a été établie et les résultats ont été harmonisés sur une échelle de 0 à 1 indiquant la vulnérabilité. Ces valeurs sont représentées sur les carte n° 7, 8, 9 et 10 dans des classes divisées en quantiles.



Les cartes représentant les vulnérabilités corporelle, structurelle et fonctionnelle sont assez similaires. Cela vient principalement du fait que les éléments à risques considérés pour élaborer ces cartes sont les mêmes (habitants, bâtiments, routes). Ainsi, les zones où il y a peu

## RÉSULTAT ET DISCUSSION

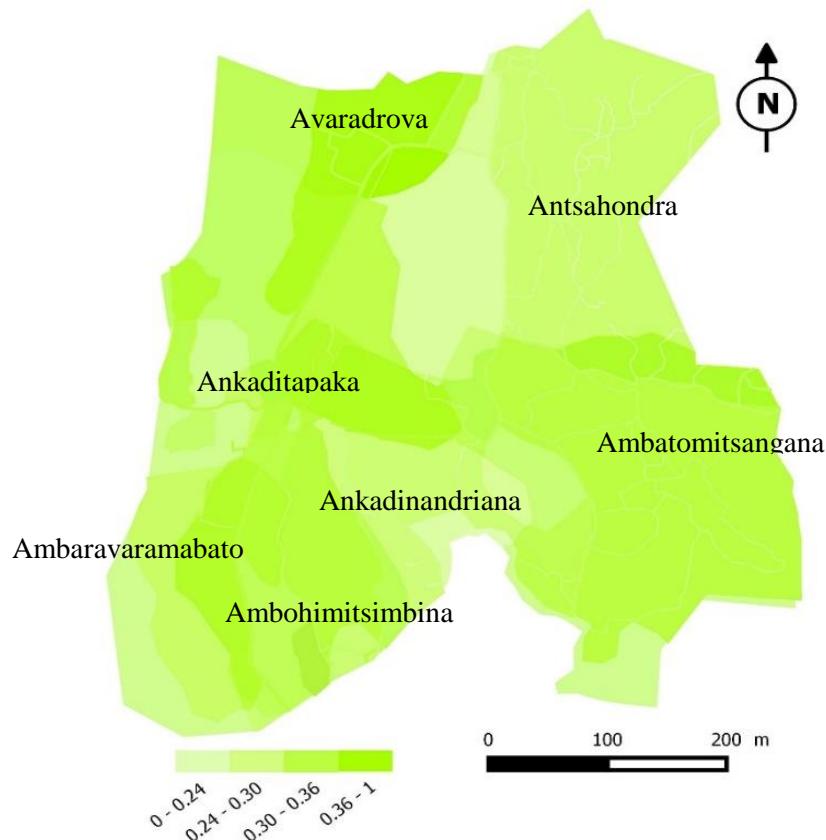
---

d'éléments à risque ont une vulnérabilité plus faible que celles où leur présence est importante. La deuxième raison est la corrélation qui existe entre ces formes de vulnérabilité pour certains éléments à risque, notamment pour l'autoroute dont les vulnérabilités corporelle, structurelle et fonctionnelle sont élevées.

La carte représentant la méconnaissance de l'aléa montre que les habitants des secteurs Antsahondra et Ankadinandriana sont ceux qui connaissent le mieux le phénomène de glissement de terrain, ceux d'Ambaravarambato et Ambatomitsangana moyennement et ceux d'Avaradrova et d'Ambohimitsimbina le connaissent mal. De plus, les résultats du questionnaire montrent qu'en général, les personnes ayant suivi des études au lycée ou à l'université connaissent spécifiquement ce qu'est un glissement de terrain, mais ce sont les personnes les plus âgées (plus de 50 ans) ainsi que celles qui habitent la région depuis longtemps (plus de 20 ans) qui savent que leur région est propice aux glissements, dû à leur expérience personnelle. Les résultats du questionnaire ont été représentés à l'échelle des secteurs du FKT car le temps imparti à cette étude n'a pas permis d'interroger des habitants de tout le FKT en entier. La deuxième partie de ce questionnaire avait été élaborée dans l'idée de consulter des citoyens qui avaient été victimes des conséquences des aléas (cf. Annexe 2). Grâce à l'aide du Chef-lieu FKT, nous avons été amenés jusqu'à ces derniers. Suite aux catastrophes, ils connaissent mieux les risques du glissement de terrain mais restent vulnérables car les moyens de confortement adéquats ne sont pas à leur portée.

Si une étude similaire devait être menée, les questions mériteraient d'être retravaillées afin de mieux correspondre aux populations interrogées. Si l'on souhaite questionner les habitants, elles pourraient s'orienter davantage vers la compréhension théorique du phénomène que vers leur expérience personnelle ; par exemple, il pourrait leur être demandé s'ils connaissaient les facteurs qui déclenchent les glissements de terrain.

Ces quatre cartes ont permis de créer la carte de vulnérabilité totale (Carte n°11).



Carte n°11 : Vulnérabilité totale

Les valeurs de la vulnérabilité peuvent être classées en quatre classes, séparées en quantiles. Les résultats, inscrits dans le tableau, servent à refléter d'ores et déjà des niveaux de risque. Soit plus la vulnérabilité est forte, plus le niveau de risque augmente.

Tableau 11 : Quantification des classes de vulnérabilité

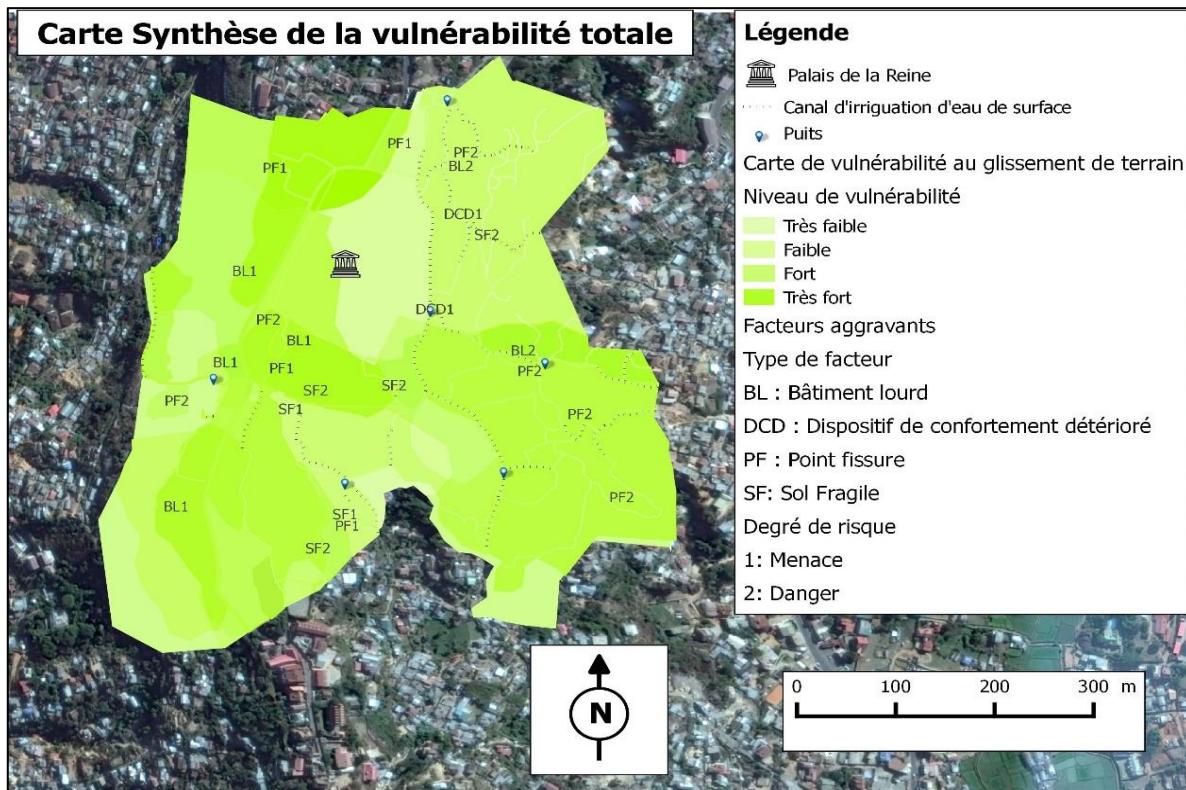
| Classe | Valeur de l'indice de perte | Vulnérabilité |
|--------|-----------------------------|---------------|
| 1      | De 0 à 0.24                 | Très faible   |
| 2      | De 0.25 à 0.30              | Faible        |
| 3      | De 0.31 à 0.36              | Forte         |
| 4      | De 0.37 à 1                 | Très forte    |

Nous remarquons que les sections qui ont une très forte vulnérabilité sont situées dans le versant sud-est et dans le versant ouest de la zone d'étude. Cela est surtout dû à la méconnaissance de l'aléa par les habitants s'y trouvant.

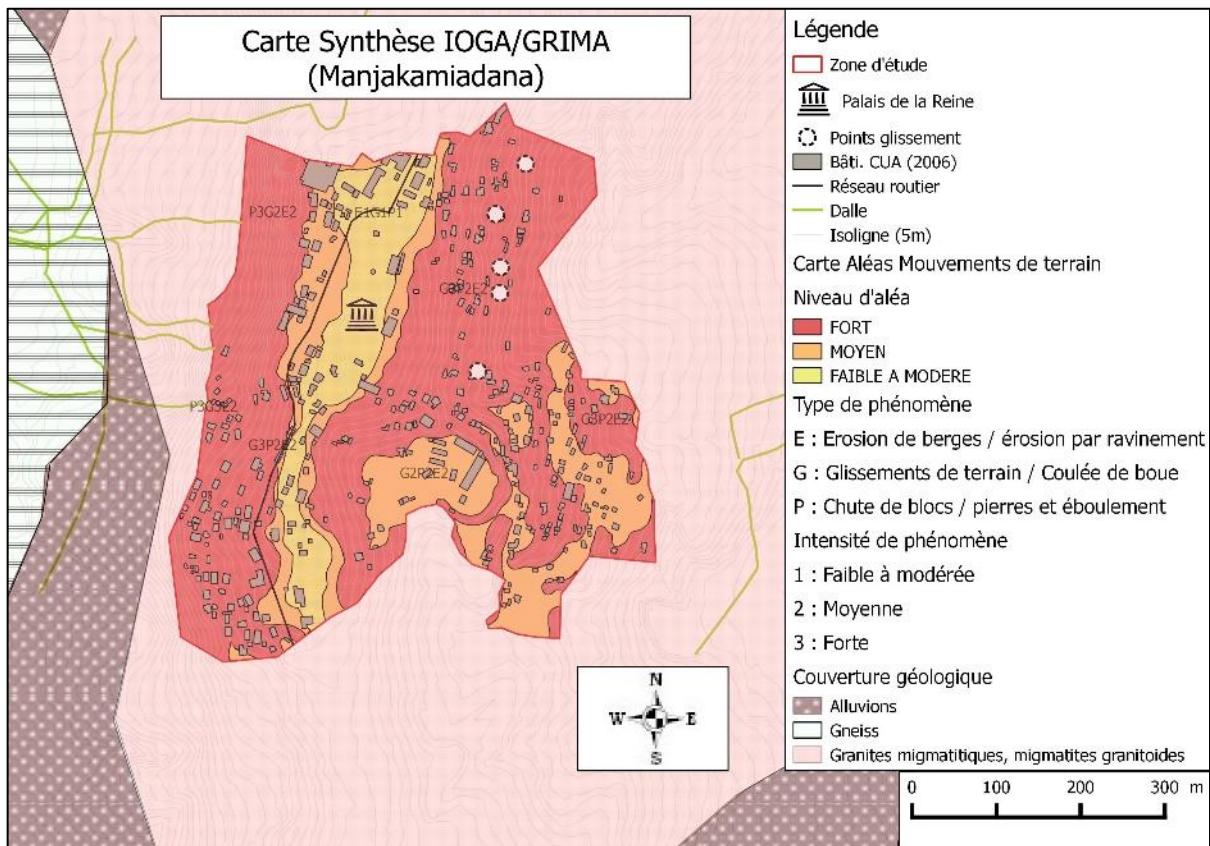
## B. Carte de risque et discussion

Dans cette partie, nous allons comparer la carte synthèse de vulnérabilité totale de notre étude ; carte représentant la vulnérabilité du FKT Manjakamiadana face aux glissements de terrain additionnée des facteurs aggravants (Carte n°12), avec la carte synthèse d'une récente étude de l'IOGA et de celle du projet GRIMA ; carte représentant les zones à risque face au mouvement de terrain additionnées des points de glissement situant les principaux glissements de terrain survenus l'année dernière. (Carte n° 13)

## RÉSULTAT ET DISCUSSION



Carte n°12 : Carte synthèse de la vulnérabilité totale



Carte n°13 : Carte synthèse IOGA/GRIMA

## RÉSULTAT ET DISCUSSION

---

En faisant le rapprochement de la vulnérabilité suivant la méconnaissance de l'aléa avec la situation des points glissements dans la carte synthèse IOGA/GRIMA, nous remarquons que les habitants les plus informés sont ceux qui sont les plus touchés par les glissements, soit le secteur Antsahondra. Les habitants qui s'y trouvent ont alors conscience du risque. Cependant, nous remarquons aussi que c'est encore dans cette zone qu'il y a le plus de types de facteurs aggravants qui sont représentés en tant que danger. Cela peut s'expliquer par l'entêtement des fortunés à construire des bâtiments lourds dans la zone à risque mais aussi à la non productivité des autres individus dans l'élaboration de plan de prévention. Les systèmes de confortements des plus démunis restent précaires et la plupart des nouvelles habitations ne possèdent pas de systèmes d'évacuation d'eau propre à l'habitation. Nous pouvons en ressortir qu'une sensibilisation de la population locale est nécessaire ; étant en conscience du danger qui la menace, elle est réceptive à une initiative de gestion de la menace mais pour être efficace, les interventions doivent être les plus adaptées à la condition de vie de la population tout en restant évolutives.

En comparant les deux cartes de synthèse, nous remarquons également que c'est dans les zones où le niveau de l'aléa est le moindre que nous retrouvons les enjeux les plus vulnérables. Cela est surtout dû à la méconnaissance de l'aléa. En effet, lors de l'enquête, la plupart des habitants se trouvant dans ces zones n'avaient pas conscience de l'ampleur des glissements de terrain dans les autres secteurs les plus démunis de leur FKT. Certains étaient même retissant à répondre en prétendant être en lieu sûr or, en étant un habitant du FKT, ils circulent certainement dans les secteurs et le niveau de risque « FORT » recouvre presque tout le FKT en entier.

En termes d'aménagement du territoire, les zones à fortes risques ont été déjà décrétées par le gouvernement comme zone d'interdiction de nouvelles constructions ni d'extension d'habitations depuis la mise à terme du projet GRIMA l'année dernière. Malheureusement, lors de la descente sur terrain pendant cette étude, nous avons remarqué que les habitants continuent à planter de nouvelles infrastructures. Or, la zone d'étude est déjà très saturée en infrastructure voire 80% du territoire. La réhabilitation des habitants dans les zones à risque reste l'idéale mais il ne faut pas oublier que les habitants même constituent également un patrimoine culturel. En effet, ils font partie de l'histoire ; la majorité étant de la

## RÉSULTAT ET DISCUSSION

lignée des autorités et domestiques pendant le règne de la royauté, ils connaissent très bien les valeurs culturelles à préserver.

D'un point de vue priorité, nous pouvons bénéficier du niveau de risque des facteurs aggravants, c'est-à-dire ceux considérés comme danger ici pour une réponse rapide à chaque constat. Dans notre zone d'étude, il s'agit des lésardes observées sur les habitations susceptibles de s'effondrer, les terrains susceptibles de glisser dits sols fragiles ici ; surtout ceux du secteur Antsahondra qui sont occupés par les canaux d'irrigation d'eau de surface qui risquent de s'effondrer sur les habitations en aval et il y a les bâtiments lourds qui ont été construits sur un terrain déjà très en pente mais aussi avec des habitations à risque qui sont à juxtaposition. Les dispositifs de confortements détériorés ici ne sont considérés que menaces puisque leur réparation n'exige qu'un coût minime et peut se faire à l'échelle du FKT même.

Les principales recommandations que nous pouvons ressortir de cette étude sont surtout la sensibilisation plus poussée de la population vers la prévention des risques de glissements de terrain, la meilleure gouvernance des autorités en termes de préparation et de gestion de la communauté pour une meilleure identification et attribution des terres, le zonage et allocation des terres particulièrement dans les projets de relocalisation et développement domiciliaire et la mise en place de moyens d'existence durables ou élargissement des options de moyens de subsistance pour les populations les plus démunies. En effet, une sensibilisation plus poussée est en amont dans nos recommandations puisque le principal problème que cause la population locale est que non seulement elle s'entête à construire de nouvelles habitations mais elle ne l'accompagne pas de système d'irrigation d'eau propre à l'habitation elle-même. La population a aussi besoin de connaître les risques associés à un emplacement où leurs maisons ou communautés de vie sont installées. Développer une compréhension des risques et des actions nécessaires à différents paliers avant, pendant et après les événements catastrophiques permet une meilleure gouvernance et une utilisation stratégique du peu de ressources disponibles. Une connaissance traditionnelle d'un secteur ou une mémoire collective historique est trop souvent limitée et les communautés qui sont aux premières lignes lors des désastres ne sont pas en général préparées ou orientées vers une stratégie d'actions. Cela amène une plus grande marginalisation, particulièrement des pauvres qui sont souvent le plus exposés, les plus touchés.

## RÉSULTAT ET DISCUSSION

Quant à la justesse de la carte de vulnérabilité, elle est assez approximative car elle a été créée depuis une méthodologie d’élaboration qui mérite d’être étudiée profondément. En effet, seuls les éléments à risque dont les données étaient disponibles ont été pris en compte. Si le temps impari le permettait, il aurait fallu, en premier lieu, analyser chacun des éléments à risque sur terrain pour éviter l’échantillonnage et l’exploitation d’orthophotos géoréférencées de résolution élevée aurait été de préférence pour plus de précision. Mais elle est déjà aussi assez représentative de la réalité locale et peut constituer un matériel d’aide à la décision dans un système de GRC à long terme au niveau du FKT.

## Conclusion

La prise en compte des catastrophes naturelles dans l'aménagement du territoire est en pleine expansion à Madagascar depuis l'instauration du Système National de Gestion des Risques et des Catastrophes (SNGRC) en Février 2003. En termes de risque de glissement de terrain, le gouvernement a décrété des territoires à interdiction de nouvelles constructions ni d'extension d'habitation dans des zones cibles d'Antananarivo suite aux résultats d'étude du projet GRIMA l'an dernier. En effet, le centre-ville étant très vallonné, la décentralisation est en amont dans la priorité du Ministère auprès de la présidence En charge des Projets présidentiels, de l'Aménagement du territoire et de l'Équipement (MEPATE) vu que la démographie de la population dans la Haute Ville ne cesse d'augmenter par rapport à celle de la population côtière et les habitations se juxtaposent de plus en plus. Ainsi, les habitants implantent de plus en plus des habitations dans les zones à risque. La réhabilitation de ces derniers reste difficile faute de moyens mais surtout vis-à-vis de la coopération avec la population elle-même qui refuse de partir de leurs terres. Outre l'établissement des canaux d'irrigation d'eaux de surface par HIMO, une autre riposte a déjà été entrepris par le gouvernement à travers le BNGRC en instaurant des capteurs d'humidité qui procèdent ingénierusement pour prévenir les mouvements de terrain au préalable. En effet, ils s'agissent de capteurs incorporés de puces téléphoniques des opérateurs téléphoniques Orange et Telma qui procède suivant un système sms et sirène pour alerter le BNGRC et la localité. Celle de l'opérateur Orange alerte automatiquement le BNGRC en cas de dépassement d'un certain seuil acceptable d'humidité et active automatique une sirène qui peut être entendues jusqu'à 5 km aux alentours du capteur. Par contre, celle de l'opérateur Telma fonctionne manuellement en informant par sms le taux d'humidité du sol à chaque requête par sms et la sirène est ainsi activée manuellement par un responsable au sein du BNGRC en cas de problème de réseau de l'autre opérateur. Une autre riposte du gouvernement à travers la CUA a été effectuée pour des interventions locales efficaces en renforçant le CLS (Comité locale de Secours) représentative du gouvernement local qui a suivi une formation pour une aptitude de passage vers une stratégie de réactions après la catastrophe à celle de stratégie prévention dans les zones identifiées comme vulnérables, de réaction face aux désastres et de gestion de la réhabilitation et

## CONCLUSION

reconstruction. La présente étude répond à une autre alternative toujours dans le cadre des objectifs visés par le SNGRC. Ayant pour but de développer des méthodes d'analyse de vulnérabilité et du risque associés aux mouvements de terrain basées sur un modèle conceptuel commun, cette étude reflète un outil de base pour une décision précoce dans les situations d'urgence. En effet cette analyse permet la production d'une carte de vulnérabilité du FKT de Manjakamiadana mais aussi la représentation en temps réel des facteurs de susceptibilité prépondérants du risque de glissements de terrain ou facteurs aggravants. Cette analyse et la cartographie de la vulnérabilité produite donnent des résultats dont la justesse pourrait être améliorée et il faudrait pour cela faire une étude plus approfondie mais elle reflète déjà la réalité au niveau du FKT.

La cartographie des éléments à éléments à risque découlant de ce projet de thèse peut même devenir un système de gestion de base de données locales à la disposition du FKT même pour une intervention prépondérante en la mettant à jour mensuellement, par semaine ou même quotidiennement. Ainsi, nous pourrons apprécier un système de GRC à long terme au niveau du FKT sans plus attendre à être toujours au fil du rasoir dans les situations d'urgences pour une prise de décision.

## Bibliographie

**CUA, 2015.** Monographie du fokontany Manjakamiadana. Données d'archives 2012, 2013, 2014 et 2015. 10 pages.

**HIGHLAND, LM. et BOBROWSKY, 2008.** The landslidehandbook. A guide to understanding landslides. U.S. Geological Survey Circular 1325 Reston, Virginia: s.n., 2008. Pp. 10-3.

**LAMY S.A. Expertise, 2010,** Livre blanc des fissures. Mieux comprendre les fissures : maison, immeuble, appartement, microfissures effondrement, affaissement, mouvement de terrain, marnières, sol argileux, cavités souterraines, carrière de gypse, risque, catastrophe et évacuation. 20 pages.

**LEONE, 1996.** Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain. Orléan : BRGM, 1996. Thèse de doctorat.

**LEONE, 2007.** Caractérisation des vulnérabilités aux « catastrophes naturelles » : contribution à une évaluation géographique multirisque.

**RAZAFIANJAVOLA Maeva Lalantenantsoa, 2015.** Analyse et modélisation des risques de glissements de terrain dans les Zones Hautes d'Antananarivo-Ville. Thèse de master en géoscience minière et environnement, ESPA, Université d'Antananarivo, Septembre 2015, 141 pages.

**UNION EUROPÉENNE, Région de la Réunion. 2015.** GRIMA. Projet Gestion des Risques d'Inondation et de Mouvement de terrain à Antananarivo. Rapport d'étude, Réf. RE14-073/Phase I : Évaluation de l'aléa Mouvement de Terrain/Version 1.0, Avril 2015, 24 pages

**UNISDR. 2009.** Terminologie pour la prévention des risques de catastrophe. Nations Unies, ISDR\_Stratégie Internationale de Prévention des Catastrophes, 39 pages.

## Webographie

**CUA, Commune Urbaine d'Antananarivo, 2016.** Présentation de la ville. Date et heure de consultation du site web : samedi 16 avril 2016 à 21:07:02

<http://www.marie-antananarivo.mg/>

**MaTV, 2015.** Prévention des glissements de terrain à Manjakamiadana : Mise en place d'un système de drainage par canaux d'évacuation. Date et heure de consultation du site web : lundi 7 mars 2016 à 11:09:33

<http://www.matv.mg/prevention-des-glissements-de-terrain-a-manjakamiadana-mise-en-place-dun-systeme-de-drainage-par-canaux-devacuation/>

**MADAGASCAR-TRIBUNE, 2007.** Divers \_Construction de bâtiment\_1 millions d'ariary pour un mètre carré. Date et heure de consultation du site web : Mardi 3 Mai 2016 à 21:33:57

<http://www.madagascar-tribune.com/1-million-d-ariary-pour-un-metre,2316.html>

**MADAGASCAR-TRIBUNE, 2012.** Fiche technique des travaux de réhabilitation de la RN 35 entre Mahabo et Morondava. Date et heure de consultation du site web : Mardi 3 Mai 2016 à 21:40:23

<http://www.madagascar-tribune.com/Inauguration-de-la-RN-35-dans-la, 17372.html>

## **Glossaire**

### ***GRC ou Gestion des Risques de Catastrophe***

Processus de recours systémique aux directives, compétences opérationnelles, capacités et organisation administratives pour mettre en œuvre les politiques, stratégies et capacités de réponse appropriées en vue d'atténuer l'impact des aléas naturels et risques de catastrophes environnementales et technologiques qui leur sont liées

### ***Mode Raster***

Aussi appelé mode matriciel ou maillé, c'est un mode de représentation des données au sein d'un SIG dans lequel la zone à étudier est découpée selon une grille régulière de cellule dont chacune contient une information. La résolution des cellules, fixe pour la durée de l'étude, peut être fixée pour des raisons externes à l'étude (par exemple pour se caler sur une image satellitaire) ou afin de faire en sorte que le compromis précision/volume de données soit acceptable. Il s'oppose au mode vecteur dont la représentation des données se fait au moyen d'objets pouvant être des polygones, des lignes ou des points.

### ***RRC ou Réduction des Risques de Catastrophe***

Application sélective des principes de gestion et des techniques appropriées qui permettent de réduire soit la probabilité d'une catastrophe, soit ses conséquences, soit les deux.

### ***SIG ou Système d'Information Géographique***

C'est un outil informatique permettant de capturer, de stocker, d'analyser, d'organiser et de présenter des données géographiques. Il inclut un logiciel de cartographie qui propose une représentation plus ou moins réaliste de l'environnement spatial en se basant sur des représentations graphiques de type vecteur (point, lignes ou polygones) ou raster maillages).

### ***ZPPAUP ou Zone de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager***

Projet gouvernemental qui s'est inscrit dans le cadre du « PLAN VERT » de la CUA. Démarche innovante à Madagascar, le projet a été conçu comme un outil de préservation du patrimoine architectural, urbain et paysager à l'échelle de l'ensemble du territoire de la commune urbaine.

## Table de matière

|  |            |
|--|------------|
| <b>Remerciements .....</b>   | <b>I</b>   |
| <b>Liste des sigles, des abréviations et des notations.....</b>  | <b>III</b> |
| <b>Sommaire .....</b>  | <b>IV</b>  |
| <b>Liste des cartes.....</b>   | <b>V</b>   |
| <b>Liste des tableaux .....</b>  | <b>VI</b>  |
| <b>Liste des figures .....</b>   | <b>VII</b> |
| <b>Liste des photos.....</b>   | <b>VII</b> |
| <b>Introduction .....</b>  | <b>1</b>   |
| <b>I. Définitions et présentations : Glissement de terrain, méthode d'analyse de la vulnérabilité et zone d'étude.....</b> | <b>3</b>   |
| <b>A. Caractéristiques des glissements de terrain étudiés .....</b>  | <b>3</b>   |
| <b>B. Définition de la vulnérabilité et ses caractérisations .....</b>   | <b>6</b>   |
| <b>1. Définition de la vulnérabilité .....</b>   | <b>6</b>   |
| <b>2. Les critères d'analyse de la vulnérabilité .....</b>   | <b>8</b>   |
| <b>3. Le rôle des logiciels de Système d'Information Géographique .....</b>  | <b>9</b>   |
| <b>C. Une étude au niveau du fokontany Manjakamiadana .....</b>  | <b>10</b>  |
| <b>II. Méthodologie d'analyse et cartographie de la vulnérabilité face au glissement de terrain.....</b>                   | <b>13</b>  |
| <b>A. Carte de vulnérabilité du FKT Manjakamiadana .....</b>   | <b>13</b>  |
| <b>1. Analyse des préjudices corporels .....</b>   | <b>16</b>  |
| <b>a. Thématique des habitants.....</b>  | <b>16</b>  |
| <b>b. Thématique des bâtiments.....</b>  | <b>16</b>  |
| <b>c. Thématique des VCT .....</b>   | <b>17</b>  |
| <b>2. Analyse des dommages structurels .....</b>   | <b>18</b>  |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| <b>a. Thématique des bâtiments.....</b>   | <b>18</b>               |
| <b>b. Thématique des VCT .....</b>  | <b>19</b>               |
| <b>3. Analyse des pertes fonctionnelles.....</b>  | <b>19</b>               |
| <b>a. Thématique des bâtiments.....</b>   | <b>19</b>               |
| <b>b. Thématique des VCT .....</b>  | <b>20</b>               |
| <b>4. Analyse de la connaissance de l'aléa par la population .....</b>  | <b>22</b>               |
| <b>B. Localisation et interprétation de facteurs de susceptibilité prépondérants : PF, DCD, SF et BL.....</b>   | <b>23</b>               |
| <b>1. Localisation et interprétation des points fissures .....</b>  | <b>23</b>               |
| <b>2. Localisation et interprétation de dispositifs de confortement déteriorés .....</b>                        | <b>25</b>               |
| <b>3. Localisation et interprétation de sol fragile .....</b>   | <b>26</b>               |
| <b>4. Localisation et interprétation des bâtiments lourds.....</b>  | <b>26</b>               |
| <b>III. Résultats et discussion.....</b>  | <b>27</b>               |
| <b>A. Carte de vulnérabilité .....</b>  | <b>27</b>               |
| <b>B. Carte de risque et discussion .....</b>   | <b>31</b>               |
| <b>Conclusion.....</b>  | <b>36</b>               |
| <b>Bibliographie.....</b>   | <b>38</b>               |
| <b>Webographie.....</b>   | <b>39</b>               |
| <b>Glossaire .....</b>  | <b>40</b>               |
| <b>Table de matière .....</b>   | <b>41</b>               |
| <b>Annexes .....</b>  | <b>Annexes   page 1</b> |
| <b>Annexe 1 : Photographies des dégâts engendrés par les glissements de terrain .....</b>                       | <b>Annexes   page 1</b> |
| <b>Annexe 2 : Questionnaire renseigné par un échantillon de la population du fokontany Manjakamiadana .....</b> | <b>Annexes   page 2</b> |
| <b>Annexe 3 : Photographies du type de glissement dans le fokontany Manjakamiadana .....</b>                    | <b>Annexes   page 5</b> |

## Annexes

### **Annexe 1 : Photographies des dégâts engendrés par les glissements de terrain**



Photo n°9 : Habitation détruite ; année de la photographie : 2016 ; année de glissement : 2015



Photo n°10. Habitation partiellement détruite ; année de photographie : 2015 ; année de glissement : 2015. Source : BNGRC



Photo n°11 : Habitation partiellement détruite ; année de la photographie : 2016 ; année de glissement : 2015



Photo n°12. Chemin coupé et non accessible ; année de photographie : 2016 ; année de glissement : 2015

**Annexe 2 : Questionnaire renseigné par un échantillon de la population du FKT**  
**Manjakamiadana**

**(Fanadihadiana natao teo anivon'ampaham-ponina teny amin'ny FKT**  
**Manjakamiadana)**

Date (Daty) :

Adresse (Fonenana) :

Homme (Lehilahy)       Femme ( Vehivavy)

**Enquête : Perception des mouvements de terrain par les populations**

**(Fanadihadiana : Ny fahitan'ireo mponina ny trangam-pihotsahan-tany eny an-toerany)**

I.      Glissements de terrain (Fihotsahan-tany)

I. 1). Savez-vous ce que sont les glissements de terrain ? (Fantatrao ve ny atao hoe fihotsahan-tany ?)

Oui (Eny)       Non (Tsia)

I. 2). Etes-vous préoccupés par les conséquences des glissements ? (Manandanja aminao ve ny fijerena akaiky ny loza izay mety ho hateraky ny fihotsahan-tany ?)

Oui (Eny)       Non (Tsia)

I. 3). a/ Avez-vous connaissance de l'existence de glissements s'étant produits :  
(Mahalala ireo trangan-javatra niseho nanoloana ny fihotsahan-tany izay nitranga farany : )

a1/ Dans le FKT ? (Tety amin'ny FKT ve ianao ?)

Oui (Eny)       Non (Tsia)

a2/ Ou à proximité de votre habitation ? (Na nanodidina ny toeram-ponenanao ve ianao ?)

Oui (Eny)       Non (Tsia)

b/ Si vous avez connaissance de l'existence de glissements s'étant produits dans le FKT, c'est : (Tamin'ny alalan'ny inona no nahalalanao ireo trangan-javatra niseho nandrindra ireo fihotsahantany fantatrao ireo ? )

(a) Grâce à votre expérience personnelle (niainanao mivantana ilay trangam-pihotsahantany)

- (b) Vous en avez été informé par votre famille ou proche (Fampafantarana nataon'ny fianakaviana na namana akaiky)
  - (c) Vous en avez été informé par vos voisins (Fapafantarana nataon'ny mpiaramonina)
  - (d) Vous avez été informé par la mairie (Fampafantarana nataon'ny kaominina na ny sefom-pokontany)
  - (e) Différemment (Tamin'ny fomba hafa) : comment ? (Nanao ahoana ?) \_\_\_\_\_
- c/ Pensez-vous faire quelque chose ?(Manana heritreritra handray fepetra manoloana izany ve ianao ?)
- Oui (Eny) :  (a) Mesures de prévention (Fepetra isorohana ny loza)
    - (b) Déménager (Fifindran-toeram-ponenana)
    - (c) Autre chose (Zavatra hafa) : quoi ? (Inona ?) \_\_\_\_\_
  - Non (Tsia) : pourquoi ? (Nahoana ?) \_\_\_\_\_

I. 4). a/ Vous, ou quelqu'un que vous connaissez de votre entourage, avez-vous déjà été affectée par un glissement ?(Efa nisy fiantraikany ratsy taminao na tamin'ny olona iray mpiaramonina aminao ve ny fihotsahan-tany ?)

- Oui (Eny) : quand cela s'est-il produit ? (Ovina izany no nitranga ?) \_\_\_\_\_
- Non (Tsia)

b/ Avez-vous subit des dommages directs et lesquels ? (Nisy fiantraikany ratsy tamin'ny tenanao na tamin'ny fananao manokana ve?)

- (a) Habitation (Trano fonenana)
- (b) Terrain (Tany)
- (c) Blessures (Takaitra)
- (d) Autres (Hafa) : lesquels ? (Inona avy izany ?) \_\_\_\_\_
- Non (Tsia)

c/ Avez-vous déjà subit des dommages indirects d'un glissement de terrain ? (Efa nisy fiantraikany ratsy tamin'ny asanao na ny fiainanao andavanandro ve ?)

- (a) Temps pour arriver au travail (Tsy fahatongavana aloha any ampiasana)
- (b) Essence de plus suite à un changement d'itinéraires (Nanampy solika noho ny fahasimban'ny lalana akaiky)
- (c) Autres (Hafa) : lesquels ? (Inona avy izany ?) \_\_\_\_\_

II. Réactions, mesures (uniquement si la personne a été affectée par un glissement)  
Ny fihetsika, ny fepetra noraisina nanoloana ny loza (Raha toa ka nisy fiantraikany ratsy tamin'ilay olona ahidihadiana ilay fihotsahan-tany)

a/ Réclamations (Fitarainana)

- Oui (Eny) : à qui ? (tamin'iza?) \_\_\_\_\_  Non (Tsia)

b/ Réparations (Fanamboarana)

- Oui (Eny)  Non (Tsia)

c/ Abandon du terrain ou de la maison (Fitsofana rano ny toeram-ponena noho ny loza nitatao)

Oui (Eny)  Non (Tsia)

d/ Informer les voisins (Nampandre ny mpiaramonina)

Oui (Eny)  Non (Tsia)

e/ Mesures de prévention (Fepetra noraisina hisorohana ny loza)

Oui (Eny) : lesquelles ? (Inona avy izany ?) \_\_\_\_\_  Non (Tsia)

Rien (Tsy misy)

Autres (Hafa) : lesquelles ? (Inona avy izany ?) \_\_\_\_\_

### III. Informations personnelles (Ny mahakasika ilay olona hadihadiana)

#### 1). Âge (Taona)

(a) < 10 ans (taona)  (b) 10 – 25  (c) 25 - 50 ans  (d) > 50 ans

#### 2). Quelle est votre profession ? (Inona no asanao ?)

\_\_\_\_\_  Sans emploi (Tsymanan-kasa)

#### 3). Quelle études avez-vous suivi ? (Inona no ambarantongam-pianarana noratovinao ?)

Collège (Ambarantonga fototra)

Lycée (Ambarantonga faharoa)

Université (Ambarantonga ambony)

Sans étude (Tsy nandrato fianarana an-tsekoly)

#### 4). Depuis combien de temps habitez-vous ici ? (Naharitra ahafiriana ny taona nonenanao teto ?)

(a) < 5 ans (taona)  (b) 5 - 10 ans  (c) 10 - 20 ans  (d) > 20 ans

#### Notes (Fanamarihana) :

**Annexe 3 : Photographies du type de glissement dans le FKT Manjakamiadana**



Photo N°13 : Glissement plan superficiel ;  
année de la photographie : 2015 ; année de  
glissement : 2015. Source : BNGRC



Photo N°14. Glissement plan superficiel ;  
année de photographie : 2016 ; année de  
glissement : 2015



Photo N°15. Glissement plan superficiel ;  
année de photographie : 2015 ; année de  
glissement : 2015 ; source : BNGRC

## Résumé

Ce mémoire découle de la dégradation annuelle du fokontany Manjakamiadana par les glissements de terrain. Certes, des initiatives du gouvernement à travers des projets d'évaluation des risques et de sensibilisation de la communauté ont été réalisés ; cependant, la population locale continue à accentuer les risques de glissement en construisant de nouvelles habitations qui ne suivent pas les normes de sécurité et la mal gouvernance en termes d'aménagement du territoire et de réhabilitation ne fait qu'aggraver la situation. Nous avons donc opté pour une analyse et cartographie de la vulnérabilité du fokontany Manjakamiadana en réponse à cette problématique. À l'issue de cette étude, nous avons abouti à 4 cartes thématiques qui mettent en évidence l'évolution de la vulnérabilité de la zone d'étude suivant la tendance des préjudices corporels, des dommages structurels, des pertes fonctionnelles et de la méconnaissance de l'aléa par la population. Les 4 cartes ont été ensuite superposées pour avoir une carte de vulnérabilité totale et des facteurs de susceptibilité prépondérants géolocalisés et classés suivant leur urgence y ont été rajouté. L'efficacité de la carte finale qui est ressortie de cette étude réside dans son adéquation à être opter pour système de GRC à long terme pour une intervention prépondérante en la mettant à jour mensuellement, par semaine ou même quotidiennement sans plus attendre à être toujours au fil du rasoir dans les situations d'urgences pour une prise de décision.

**Mots clés :** **Manjakamiadana, vulnérabilité, glissement de terrain, cartographie.**

## Abstract

This memoir arises from the annual degradation fokontany Manjakamiadana by landslides. Certainly, government initiatives through risk assessment projects and community awareness have been achieved; however, the local population continues to increase the risk of slipping by building new homes that do not follow safety standards and poor governance in terms of planning and rehabilitation only aggravates the situation. So we opted for an analysis and vulnerability mapping of Manjakamiadana fokontany in response to this problem. Following this study, we ended up with 4 thematic maps that show the evolution of the vulnerability of the study area following the trend of personal injuries, structural damage, loss of function and ignorance of hazard by the population. 4 cards were then superimposed to have a total vulnerability map and location-based susceptibility factors predominate and classified according to their urgency was added to it. The effectiveness of the final map that emerged from this study lies in its suitability to be opting for long-term CRM system to a dominating intervention updating it monthly, weekly or even daily not wait to be always razor's edge in emergency situations for decision making.

**Keywords :** **Manjakamiadana, vulnerability, landslides, mapping.**

## Impétrant

Nom : MICHEL

Prénoms : Christ Erick Matthieu

Contacts : 0340850021/thierrycem@gmail.com

Thème : Analyse et cartographie de la vulnérabilité du fokontany Manjakamidana face aux glissements de terrain.

Nombre de pages : trente-sept (37)

Nombre de cartes : treize (13)

Nombre de tableaux : onze (11)

Nombre de figures : quatre (04)

Nombre de photos : quinze (15)

## Rapporteur

Nom : RAKOTOMANDRINDRA

Prénoms : Pascal Fetra Nirina

Contacts : 0340432641/0320432641/  
prakotomandrindra@gmail.com/  
fetra7@yahoo.fr

Profession : Géomaticien

Organisation : Bureau National de Gestion des Risques et des Catastrophes

Direction : Centre d'Études, de Réflexion, de Veille et d'Orientation