

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	i
PRESENTATION DU PARTENAIRE	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT.....	iv
FAMINTINANA.....	v
SOMMAIRE	vi
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES EQUATIONS.....	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES ACRONYMES	ix
GLOSSAIRE.....	x
INTRODUCTION.....	1
PARTIE 1 : MATERIELS ET METHODES.....	3
1.1. PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES.....	3
1.1.1. Problématique.....	3
1.1.2. Hypothèses	4
1.2. ETAT DES CONNAISSANCES	5
1.2.1. Notion d' « espace ouvert » :.....	5
1.2.2. Notion de « territoire »	5
1.2.3. Notion d' « accessibilité ».....	5
1.3. MILIEU D'ETUDE.....	6
1.3.1. Localisation géographique	6
1.3.2. Description du bassin versant du Maningory	7
1.4. MATERIELS	7
1.4.1. Images satellitaires	7
1.4.2. Base de données sur le bassin versant	8
1.4.3. Délimitation de la zone d'étude.....	9
1.5. CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL.....	9
1.6. DELIMITATION DES TERRITOIRES	13
1.6.1. Création de la matrice de friction.....	13
1.6.2. Identification des chefs-lieux et création de la carte des qualités d'habitat	14
1.6.3. Approche de la délimitation	14
1.6.4. Validation	15
1.7. LIMITES METHODOLOGIQUES	17
1.8. CADRE OPERATOIRE	18

Partie 2 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS	19
2.1. DEFINITION DE LA MATRICE DE FRICTION	19
2.1.1. Occupation du sol.....	19
2.1.2. Cartographie des pentes	24
2.1.3. Matrice de friction.....	26
2.2. DELIMITATION DES TERRITOIRES	29
2.2.1. Identification des chefs-lieux territoriaux	29
2.2.2. Carte des qualités d’habitat	29
2.2.3. Application du modèle au niveau commune et validation	32
2.2.4. Application du modèle au niveau fokontany.....	36
Partie 3 : DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	38
3.1. DISCUSSIONS	38
3.1.1. Discussions sur la méthodologie	38
3.1.2. Discussions sur les résultats	39
3.1.3. Extrapolation du modèle à une échelle nationale	41
3.2. RECOMMANDATIONS	42
3.2.1. Intégration des méthodes classiques de cartographies	42
3.2.2. Opérationnalisation de la recherche	42
CONCLUSION	47
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	49
ANNEXES	I

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation de la zone d'étude	6
Figure 2 : Répartition surfacique des différentes occupations du sol.....	20
Figure 3 : Carte d'occupation du sol	23
Figure 4 : Carte des pentes	25
Figure 5 : Surface de friction.....	28
Figure 6 : Carte des qualités d'habitat et de l'emplacement des Chefs-lieux administratives	31
Figure 7 : Délimitation communale de 2008.....	33
Figure 8 : Délimitation communale issue du modèle (2016)	34
Figure 9 : Carte des différences observées entre les délimitations communales de 2008 et de 2016	35
Figure 10 : Délimitation des fokontany issue du modèle (2016)	37
Figure 11 : Différence de précision entre une représentation à l'échelle communale et à l'échelle des fokontany.....	41

LISTE DES EQUATIONS

Équation 1. Valeur de la radiance affective	9
Équation 2 : impédance de la zone d'étude (RICHER, 2015).....	14

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Caractéristiques des images satellitaires	8
Tableau 2 : Matrice de confusion pour la classification.....	12
Tableau 3: Matrice de confusion pour la validation de la délimitation.....	16
Tableau 4 : Cadre opératoire	18
Tableau 5 : Caractéristiques des occupations du sol	19
Tableau 6 : Matrice de confusion de la classification	21
Tableau 7 : Répartition surfacique des classes de pente	24
Tableau 8 : Description de la matrice de friction	26
Tableau 9 : Friction de la contrainte pente.....	27
Tableau 10 : Cadre logique	44

LISTE DES ACRONYMES

ATEC ITS: Association pour le développement des Techniques de transport, d'Environnement et de Circulation

BD: Base de Données

BV: Bassin Versant

CGIAR: *Consultative Group on International Agricultural Research Centers*

CIRAD: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

CREAM: Centre de Recherches, d'Etudes et d'Appui à l'Analyse Economique à Madagascar

CSI: *Consortium for Spatial Information*

ETM: *Enhanced Thematic Mapper*

FAO: Food and Agricultural Organizations

FTM: *Foiben-Taosarintanin'i Madagasikara* (Institut Géographique de Madagascar)

GPS: *Global Positioning System*

MBG: *Missouri Botanical Garden*

MNP: *Madagascar National Park*

MNT: Modèle Numérique de Terrain

OLI: *Operational Land Imager*

ONG: Organisation Non Gouvernemental

PCD: Plan Communal de Développement

PNAT: Plan National d'Aménagement du Territoire

PRD: Plan Régional de Développement

ROI: *Regions Of Interest*

SIG: Système d'Information Géographique

SRTM: *Shuttle Radar Topographic Mission*

TM: *Thematic Mapper*

UTM: *Universe Transverse Mercator*

WGS: *World Geodesic System*

GLOSSAIRE

Accessibilité : liberté de déplacement dans l'espace, possibilité d'accéder à quelque chose.

Bassin versant : En hydrologie, le terme « bassin *versant*» (ou bassin hydrographique) a désigné le territoire sur lequel toutes les eaux de surface s'écoulent vers un même point appelé exutoire du bassin versant. Ce territoire est délimité physiquement par la ligne suivant la crête des montagnes, des collines et des hauteurs du territoire, appelée ligne des crêtes ou ligne de partage des eaux.

Biens (Ressources): un bien est une chose utilisable pour combler un besoin fondamental ou un désir. Entendu le plus souvent comme étant une chose concrète et physiquement tangible, il se différencie du service qui par opposition est dit « intangible »

Espace : étendue, surface ou région.

Espace ouvert : paysage à champs ouverts, par opposition aux espaces boisés.

Géographie : ensemble des caractères qui constituent la réalité physique et humaine d'une telle ou telle région.

Développement durable : "un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre les capacités des générations futures à répondre à leurs propres besoins" (FAO, 2007).

Fokontany : Espace géographique, le Fokontany est une subdivision administrative de base au niveau de la Commune. Le Fokontany comprend soit un ou plusieurs secteurs, soit un ou plusieurs hameaux ou villages, et les habitants du Fokontany constituent le "Fokonolona".

Modélisation : La modélisation, en géographie, produit de modèles spatiaux. Les modèles, basés majoritairement sur des méthodes de statistiques spatiales, sont des représentations schématiques de réalités matérielles ou immatérielles. Les modèles des géographes sont largement utilisés pour faire ressortir les schémas généraux d'organisation de phénomènes divers dans l'espace et ainsi mieux les percevoir (VOIRON, 2005).

SIG : est un système d'information conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques.

Représentation (en géographie): Premièrement, une représentation spatiale peut représenter un espace, réel ou imaginaire, au moyen d'une carte, d'une peinture de paysage, d'une photographie, d'un discours descriptif ou encore d'une représentation sociale. Deuxièmement, la représentation par l'espace recourt à l'environnement pour y projeter les représentations d'acteurs aussi divers que les artistes de l'art environnemental (land art), les architectes, les urbanistes, les aménageurs et les paysagistes. Troisièmement, toute représentation peut être inscrite dans l'espace : le géographe peut la localiser, voire l'orienter, suivre sa trajectoire et évaluer ses relations de distance avec d'autres représentations (Anderson, 2010).

Services : une prestation qui consiste en « la mise à disposition d'une capacité technique ou intellectuelle » ou en « la fourniture d'un travail directement utile pour l'utilisateur, sans transformation de matière ».

Téledétection : ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci.

Territoire : espace relativement bien délimité auquel une autorité s'attribue et sur lequel elle veut garder son pouvoir.

Terroir : Ensemble de terres exploitées par les habitants d'un village.

INTRODUCTION

Au cours de la dernière décennie, des milliers de publications ont abordé des questions importantes sur les approches durables de l'aménagement des territoires et la gestion des terroirs. Ces dernières se sont surtout focalisées sur le rôle des personnes et des communautés dans la gestion des ressources de l'espace, les différentes analyses de potentialité, la révision de la législation et des textes relatifs aux forêts et à la conservation, l'affectation raisonnée de l'espace se traduisant par sa planification et sa gestion. Madagascar, dans ce courant d'aménagement durable des territoires, depuis l'ère coloniale, a produit de nombreux documents à cet effet. En fait, le pays a été doté d'un premier Schéma d'Aménagement du Territoire élaboré en 1952 : le *Plan Rotival* qui traduisait la politique et les moyens que comptait mettre en œuvre la puissance coloniale afin de répondre à sa stratégie pour la réalisation de l'économie de traite, et depuis cette date, cette préoccupation est inscrite dans les attributions de Ministères spécifiques (PNAT, 2006). Aussi, de nombreux projets viennent y prêter mains fortes.

Actuellement, l'Etat Malagasy se fixe comme défi la promotion du développement rapide et durable du pays à travers la mise en œuvre de nombreux programmes se basant sur la décentralisation, la bonne gouvernance, l'approche participative et démocratique, ainsi que la répartition équitable des revenus. L'ampleur du défi et la mise en œuvre de ces principes nécessitent l'implication et la participation ainsi que la responsabilisation de tous les acteurs directs et indirects du pays (PRD ALAOTRA MANGORO, 2005). Ce processus modifie le contexte du développement local et conduit à la recherche d'une articulation entre les projets de développement local et la décentralisation avec la mise en place de projets de développement communal.

La zone d'étude, s'étendant majoritairement sur les plaines rizicoles de l'Alaotra est l'heureuse bénéficiaire d'innombrables projets à cet effet. Ceci est surtout dû au grand lac de l'ordre de 20.000 ha qui assure l'approvisionnement en eau du grenier à riz de l'île et qui contribue également à une énorme production en poissons d'eau douce (CREAM, 2013). Viennent s'ajouter les ressources naturelles, minières et énergétiques (*Plantation de pins de Fanalamanga d'une superficie de 60.000 ha, zones humides site RAMSAR : Alaotra et Torotorofotsy, Réserves Spéciales : Gîte Fanihy d'Amboasary et Analamazaotra Moramanga, Pierres précieuses et or d'Andilamena,...*) qui ne cessent de susciter l'intérêt de nombreux acteurs du développement.

Suite à leurs implications, les résultats obtenus sont si riches et complets, mais ne constituent en fait qu'un fourmillier d'idées, d'informations et de critiques. Or, les décisions futures qui tendent à une meilleure gestion des ressources naturelles dépendent de la capacité à sélectionner les données, informations ou connaissances les plus appropriées pour améliorer la gestion des ressources. La quête du développement durable nécessite, à cette enseigne, de nouvelles manières de voir et de mettre en évidence les structures spatiales, de façon à mieux outiller les décideurs sur le territoire (PREVIL, 2000). D'où la nécessité de créer un outil permettant de percevoir, d'identifier, d'analyser, d'organiser,

de mémoriser et de partager les connaissances ainsi que les savoirs créés ou acquis de l'extérieur en vue d'atteindre un objectif fixé.

Cet outil se traduit par des séries de modèles traduisant les propriétés systémiques de l'espace géographique constituant ainsi un enjeu de modélisation, menant à des modèles de simulation capables de restituer les structures et les dynamiques complexes des sociétés des systèmes territoriaux (VOIRON, 2005) . En d'autres termes, cette étude vise donc à créer et à tester un modèle permettant de simuler les limites territoriales à l'échelle des plus petites subdivisions administratives : celle du *Fokontany*, échelle locale qui est devenue une échelle de prise de décision et de gestion prépondérante (TOILLIER, 2007). L'articulation entre développement local/rural et décentralisation pourra se traduire par : la mise en place de systèmes d'information et d'aide à la décision pérennes et spécifiques aux services des élus et des autres acteurs des territoires.

Via cela, la question se pose « *Comment les territoires sont-ils définis et représentés au sein des espaces ouverts du Bassin versant du Maningory? »*

Pour mener à bien cette étude, deux hypothèses ont été émises face à cette question. La première argue que l'appropriation anthropique d'une unité spatiale résulte de son accessibilité aux ressources et aux services que cette unité peut offrir; et la deuxième affirme que l'accessibilité géographique agit sur la délimitation des unités territoriales.

Pour mieux cerner cette question, trois grandes parties sont distinguées dans cet ouvrage: en premier lieu la méthodologie qui se focalise surtout sur des outils SIG, en deuxième lieu les résultats muni d'interprétations et en dernier lieu les discussions et les recommandations.

PARTIE 1 : MATERIELS ET METHODES

1.1. PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

1.1.1. Problématique

Toutes les approches territoriales devront permettre : la participation des populations à la conception d'un projet ou d'une vision partagée pour le développement durable de leur territoire ; l'affectation raisonnée de l'espace à des usages agricoles, environnementaux, urbains et industriels ; la sensibilisation de l'ensemble des acteurs à l'intégration de la dimension environnementale dans les dynamiques de développement ; la planification et la gestion des infrastructures et des équipements sociaux (éducation, santé,...) et la prise en compte des relations économiques (RAZAFINDRAKOTO, 2010).

D'autant plus, la territorialisation des acteurs est une démarche incontournable pour mettre en œuvre l'aménagement des territoires et pour maîtriser les jeux d'acteurs. La réalisation de ces approches devient difficile quand il y a des lacunes dans la limitation des unités administrative. Aussi, la gestion et l'aménagement des territoires sont plus efficaces quand les unités géographiques sont assez petites, tel que: village ou district (BIGMAN, 2000).

Un système d'administration et d'aménagement du territoire, qui fonctionne bien, apparaît crucial pour l'avenir économique et social de Madagascar (GUO, 2010). Malgré le fait que la zone d'étude est dotée de plans régionaux de développement, cela ne l'exclut pas des enjeux majeurs de l'aménagement des territoires à Madagascar.

En effet, la vision d'aménagement du territoire est dite « floue » du fait d'une insuffisance de traduction spatiale. Cela induit au non optimisation de l'interaction positive des sous-territoires et des secteurs transversaux (efficience territoriale), favorisant certains conflits d'usage (de l'espace) intersectoriel et augmentant les difficultés dans la gouvernance économique locale/régionale.

Jusqu'à présent, malgré l'accélération notable des levées cartographiques, la traduction spatiale des divisions administratives dans les différentes cartographies s'arrête souvent à l'échelle communale d'où la nécessité d'y apporter plus de détails. Les décisions sur le territoire concernent des entités spatiales dont les contours peuvent être difficiles à discerner (DIENG et al., 2000). La mise en place d'un développement durable implique alors la recherche de nouvelles façons de représenter les structures spatiales pour des fins décisionnelles. Plus la recherche avance et plus il est perçu à quel point la dimension géographique et territoriale est centrale dans la caractérisation des problèmes en jeu (THEYS, 2002). Cette étude vise donc à réaliser de manière automatique une esquisse cartographique de cette entité locale. A cet effet, une question problématique se pose : « *Comment les territoires sont-ils définis et représentés au sein des espaces ouverts du Bassin versant du Maningory?* »

1.1.2. Hypothèses

Face à cette problématique, deux hypothèses sont émises :

H1: *L'appropriation anthropique d'une unité spatiale résulte de son accessibilité aux ressources et aux services que cette unité peut offrir.*

Il existe, pour une date donnée, une série de critères, spatialisés, pouvant expliquer la variabilité de l'état de l'occupation du sol, autrement dit, son aptitude pour son usage ou encore la viabilité de l'unité spatiale. En effet, l'appropriation anthropique d'un espace n'est pas un simple fait du hasard mais elle est liée à une certaine ressource et/ou service qu'il convoite. D'où la nécessité d'identifier ces facteurs qui pourront expliquer l'installation humaine dans une unité spatiale donnée. Les problèmes décisionnels concernant le territoire abordent toujours une situation existante; ils n'opèrent pas dans un environnement nouveau. L'étude est donc amenée à tenir compte de l'existant (populations, infrastructure, équipement, etc.), qui est généralement hétérogène et complexe (LAARIBI, 2000), pour représenter cartographiquement la qualité d'habitat ou la viabilité de chaque unité de l'espace. Ainsi, en superposant sur cette carte de qualité d'habitat l'emplacement de tous les chefs-lieux administratifs ; un taux des chefs-lieux administratifs situés en zones plus favorables à la vie sur la carte qui dépasse 50 % constituerait un indicateur objectivement vérifiable pour confirmer cette hypothèse.

H2: *L'accessibilité géographique agit sur la délimitation des unités territoriales.*

Les modèles classiques de l'analyse spatiale expriment tous le rôle de la distance dans la constitution et la permanence de telle ou telle configuration. Cela suggère que l'accessibilité, via un réseau et des moyens de communication, est une mesure plus réaliste d'espacement géométrique, d'abord en ce qu'elle est contextuelle à un espace différencié et à une époque donnée (DUMOLARD, 1999). L'accessibilité par rapport aux centres des chefs-lieux administratifs ou encore l'ensemble des chemins minimaux de tous les lieux à ces centres pourraient donc donner une indice sur la délimitation territoriale. En outre, la taille ainsi que le regroupement des unités territoriales pourraient donc dépendre de l'accessibilité géographique de l'espace en question. En entamant une nouvelle délimitation territoriale basée sur l'accessibilité géographique par rapport aux centres des chefs-lieux administratifs, la carte obtenue serait amenée à être comparée à la carte de délimitation actuellement reconnue. La concordance entre les deux cartes, se traduisant par un indice kappa très proche de 1, permettrait de confirmer la véracité de cette hypothèse.

1.2. ETAT DES CONNAISSANCES

Cette étude est fondée sur des concepts qu'il faut, au préalable, bien définir:

1.2.1. Notion d' « espace ouvert » :

L'espace ouvert est un terme technique de l'aménagement, terme qui est emprunté des urbanistes et paysagistes.

La notion d' « *espace ouvert* » est traduite de l'expression anglaise « *open space* », elle-même traduite du terme suédois « *friyta* » qui se rapporte à un espace « *libre* » au sens de « *non construit* ». Il est défini comme étant « un terrain non urbanisé ou un espace aquatique, n'ayant pas de fonctions de transport ou de terminal » (FERRAND, 2010). L'ouverture fait alors avant tout référence à l'échappée visuelle paysagère par contraste avec l'horizon fermé qui caractérise l'espace bâti (MAYTE, 2009).

Dans cette étude, l'«*espace ouvert*» sera utilisé pour désigner tout paysage à champs ouverts, ceci en se référant à l'échappée visuelle paysagère. En d'autres termes, là où il n'y a que très peu de forêts ou de cultures forestières.

1.2.2. Notion de « territoire »

Le développement local fait souvent référence à la notion de « territoire ». Le terme « territoire » est entendu comme une entité socioéconomique et prend deux définitions distinctes. D'une part, le terme désigne un découpage administratif à l'échelle géographique en vue d'une meilleure coordination entre les acteurs locaux tels que la région, le district, la commune. D'autre part, il désigne le champ d'action dans lequel s'intègrent les systèmes productifs et les acteurs (HERRICK et al., 2009). Ainsi, le territoire comprend les ressources disponibles techniques, financières, naturelles et humaines. Il est donc considéré comme l'un des critères du développement local. En effet, le terme signifie un espace construit et géré par des acteurs multisectoriels qui sont issus de différents domaines.

En ce sens, sa concrétisation peut être considérée comme une approche qui vise à impliquer les acteurs à s'organiser, à planifier et à diriger des actions par rapport aux obligations inhérentes aux sociétés et à ses membres.

1.2.3. Notion d' « accessibilité »

Les modèles classiques de l'analyse spatiale expriment tous le rôle de la distance dans la constitution et la permanence de telle ou telle configuration. Mais l'accessibilité, via un réseau et des moyens de communication, est une mesure plus réaliste d'espacement géométrique, d'abord en ce qu'elle est contextuelle à un espace différencié et à une époque donnée (DUMOLARD, 1999).

En géographie, l'accessibilité d'un lieu est généralement définie comme la plus ou moins grande facilité avec laquelle ce lieu peut être atteint à partir d'un ou de plusieurs autres lieux, par un ou

L'étude a été conduite au niveau du bassin versant du Maningory situé au Nord-Est de l'île. Le bassin versant englobe une grande partie de la Région Alaotra Mangoro et une partie de la Région Analanjirifo. Il est délimité au Nord par la Région Analanjirifo, au Sud par le District de Moramanga, à l'Est par l'océan Indien et à l'Ouest par la Région Analamanga. Il est localisé entre les points dont les coordonnées géographiques sont les suivantes :

- 1- *Nord-Ouest* : $S 17^{\circ} 02.000' - E 48^{\circ} 14.000'$
- 2- *Nord-Est* : $S 17^{\circ} 05.000' - E 48^{\circ} 40.000'$
- 3- *Sud-Est* : $S 17^{\circ} 58.000' - E 48^{\circ} 33.000'$
- 4- *Sud-Ouest* : $S 18^{\circ} 10.000' - E 48^{\circ} 00.000'$

Mais plus précisément, l'étude a été conduite dans les espaces ouverts du bassin versant qui englobe en grande partie la moitié occidentale du district d'Ambatondrazaka, presque la totalité du district d'Amparafaravola et la contrée sud du district d'Andilamena. La découpe de la zone d'étude s'est basée sur la carte d'occupation du sol effectuée par RANDRIAMALALA en 2015 qui montre d'un point de vue global la disparité entre espace ouvert et espace boisé.

1.3.2. Description du bassin versant du Maningory

Le bassin versant tire son nom du fleuve Maningory qui est le plus grand fleuve de la zone et l'exutoire du lac Alaotra. Le bassin abrite des zones humides et des sous-bassins versants dont les principaux sont : Sahabe au Sud, Anony-Sahamaloto-lac au Nord-Ouest, Sandratsio au Nord, Maningory 01 au Centre, Maningory 02, Maningory 03 et Manambato au Nord-Est.

1.4. MATERIELS

1.4.1. Images satellitaires

Afin de concevoir une carte d'occupation du sol, cette étude se servira des images satellitaires. Il s'agit des images issues des capteurs TM (Thematic Mapper), ETM (Enhanced Thematic Mapper Plus) et OLI (Operational Land Imager) du satellite LANDSAT. Elles permettront, avec les données de validation sur terrain, de définir un fond de territoire aussi proche que possible de la réalité. Au total, trois images datant de 2014 seront sollicitées dans ce travail (Tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques des images satellitaires

Satellite	Type de Capteur	Path_Row	Date de prise de vue
Landsat 8	OLI	158_072	24 Août 2014
		158_073	24 Août 2014
		159_073	16 Septembre 2014

1.4.2. Base de données sur le bassin versant

Outre les images satellitaires suscrites, des données concernant le bassin versant seront utilisées. Ce sont des couches de vecteurs et de données associées à des tableaux d'informations.

Il s'agit en particulier :

- des bases de données géoréférencées issus de FTM, notamment les réseaux de transport terrestre et les réseaux hydriques.
- des modèles numériques de terrain qui sont la représentation numérique de la surface terrestre, de la topographie largement utilisé comme outil d'analyse numérique de terrain ou de géomorphométrie (EVANS et al., 2011). Actuellement les communautés scientifiques ont vu un grand nombre d'application de SRTM DEM (YANG et al., 2011). Ils sont nécessaires et parfois indispensables aux diverses applications thématiques, dont pour cet ouvrage, l'influence du relief au déplacement. Cette étude utilise les données SRTM version 4.1 téléchargées sur le site du CGIAR-CSI (Consortium of International Agricultural Research Centers – Consortium for Spatial Information). Les données d'origine proviennent de l'USGS/NASA.
- des données GPS sur l'emplacement des différents chefs-lieux administratifs, issues des travaux de MNP en 2012, et d'autres résultant des travaux de terrains pour vérification.
- des données spatiales sur les derniers essais de délimitation des limites administratives communales fournies dans la BD_Commune acquis en 2008 qui vont servir de référence par rapport aux nouvelles cartes produites.

Lors des travaux de terrains, le GPS (*Global Positioning System*) a été utilisé pour relever les coordonnées et/ou le temps de parcours sur différents points d'intérêts particuliers.

Pour les différents traitements, divers logiciels SIG ont été utilisés dont Envi Exelis 5.0 pour les prétraitements et la classification d'image satellite, ArcGIS 10.3 notamment pour les calculs et QGIS Vienna 2.12.2 pour les rendues cartographiques.

1.4.3. Délimitation de la zone d'étude

Grâce aux données précédentes, la zone d'étude est délimitée afin de réduire la taille des informations à analyser. La limite des espaces ouverts du bassin versant du Maningory est obtenue à partir des données *Shapefile* présentées plus haut.

1.5. CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL

L'occupation du sol désigne pour la FAO (1998) « la couverture (bio-)physique de la surface des terres émergées » et donc le type d'usage (ou de non-usage) fait des terres par l'Homme. La mosaïque paysagère est cartographiée en identifiant les types homogènes de milieux (ex : zones artificialisées, zones agricoles, forêts ou landes, zones humides, etc.).

Pour ce faire, de nombreux traitements ont été requis :

1.5.1. Prétraitements des images

Pour faciliter les opérations ultérieures, ces images subiront un certain nombre de traitements. En effet, l'image fournie par les capteurs des satellites n'est pas directement utilisable à cause des anomalies dues à la sensibilité des capteurs, la géométrie d'observation et la présence de l'atmosphère autour de la terre (BENHADJ, 2008). D'où le recours à des calibrations radiométriques et à des corrections atmosphériques.

1.5.1.1. Calibration radiométrique

Cette disposition rectifie les erreurs de dérayage découlant des capteurs en réaffectant à chaque pixel une valeur radiométrique la plus proche possible de celle mesurée sur terrain. Cet ajustement se fait sur base de métadonnées livrées avec les images grâce au logiciel ENVI 5.0 via l'utilisation des modules Landsat calibration. Ainsi, les biais des capteurs seront corrigés suivant les valeurs des coefficients de calibrage du capteur L_{max} et L_{min} qui indiquent respectivement les niveaux maximum et minimum de radiance mesurables par le capteur (RATOVOSON, 2011). La valeur de la radiance effective, en l'absence d'anomalies du capteur est basée sur l'emploi de ces deux optimums (Equation 1).

$$L = L_{min} + \left(\frac{L_{max} - L_{min}}{DN_{max}} \right) DN$$

Équation 1. Valeur de la radiance affective

1.5.1.2. Correction atmosphérique

L'énergie reçue par un capteur est altérée par l'atmosphère lors de son double trajet, incident (soleil-cible) et réfléchi (cible-capteur). En effet, il y a principalement deux effets atmosphériques. D'un côté, il y a absorption où plusieurs gaz absorbent ou piègent l'énergie dans certaines longueurs d'ondes appelées « bandes d'absorption ». En même temps, il y a diffusion où les particules de

l'atmosphère réfléchissent l'énergie. Pour corriger ces effets et obtenir une réflectance de surface, des modèles mathématiques sont utilisés (VERMOTE et al., 2002). Ces modèles décrivent les interactions principales du signal avec l'atmosphère (BENHADJ, 2008). Le principe des corrections atmosphériques consiste donc à convertir les valeurs numériques de l'image en radiance ou réflectance dépourvue des effets de l'atmosphère. Pour ce faire, le module Dark Subtract intégré dans le logiciel ENVI 5.0 permet de soustraire, pour chaque bande, la valeur minimum rencontrée dans telle bande de la valeur de chaque pixel (BENVENUTI, 1996 *in* RATOVOSON, 2011).

1.5.1.3. Mosaique des images

L'assemblage des trois images susmentionnées a fait intervenir la fonction *Mosaicking* du logiciel ENVI 5.0. Il en résulte alors une image qui couvre la totalité de la zone étudiée.

1.5.2. Classification supervisée

Cette tâche fait appel à une fonction d'ENVI 5.0 : la Classification Supervisée. Elle se pratique si les domaines des classes sont connus a priori. Des études menées par RANDRIAMALALA en 2015 ont donné des indications sur les nombres de classes. Aussi, des données GPS de travaux antérieurs ont permis de définir des ROI (Regions Of Interest) ou zone d'entraînement ; d'où l'intérêt portée sur cette méthode de classification.

Toutes les méthodes supervisées comprennent deux phases : la phase d'entraînement et la phase de classification.

Lors de la première phase, à l'aide d'échantillons de pixels dont la classe d'appartenance est connue, des zones d'entraînement pour chaque classe sont établis. Une zone d'entraînement, est une zone de l'image dont l'occupation du sol est connue de l'utilisateur.

Dans la seconde phase, les pixels de l'ensemble de l'image sont classés par comparaison de chaque pixel avec les domaines connus. La procédure assigne à chacun des pixels de l'image l'une des catégories d'occupation du sol. Pour effectuer la classification supervisée, plusieurs méthodes peuvent être utilisées mais la plus utilisée est la méthode par maximum de vraisemblance. La méthode de classification par maximum de vraisemblance est une méthode tout à fait satisfaisante mathématiquement car les pixels sont classés à partir d'une probabilité. Ce qui est tout à fait souhaitable en télédétection (GIRARD, 1999). Cette méthode présente un grand avantage, du fait que la classification peut alors être standardisée car elle est indépendante de la zone et de la méthode utilisée. Par contre, le principal inconvénient est que cette méthode est rigide, c'est à dire qu'il est impossible de rajouter une classe, et que dans certains cas il n'est pas facile d'attribuer à une parcelle le nom d'une classe prédéfinie.

A la carte d'occupation du sol obtenue seront intégrés les réseaux de transports routiers et ferroviaires puisqu'ils font partie des types d'usage des terres par l'Homme. Ils ont fait l'objet d'une conversion en format *raster* avec une zone tampon (buffer zone) de 15 m de part et des réseaux.

1.5.3. Evaluation de la classification

1.5.3.1. Séparabilité des classes

La séparabilité des zones a été vérifiée par le calcul de la distance de Jeffrey-Matusita pour chacune des paires de classes à l'aide de la fonction « ROI separability » dans ENVI. La valeur de cet indice est comprise entre 0 et 2. La distance de Jeffries-Matustita est égale à 0 lorsque les distributions sont identiques pour les deux classes spectrales. Une valeur de 2 indique qu'il n'y a aucun recoupement entre les deux distributions autrement dit les deux classes spectrales sont séparables à 100% (WANG et al., 2004).

1.5.3.2. Matrice de confusion

Afin d'évaluer la précision et la qualité de la classification, l'utilisation de la matrice de confusion est nécessaire. C'est une table de contingence permettant de croiser les différentes classes contre celles observées dans les données de référence (RAKOTO et al., 2011). Elle compare les données issues de la classification avec des données de référence qui doivent être différentes de celles ayant servi à la réalisation de la classification. De ce fait, des images à résolution plus élevée ont été utilisées comme base des zones de contrôle. Il s'agit, ici, d'images *Google Earth* sur lesquelles des points de vérification ont été placés.

La matrice de confusion permet d'évaluer et de déterminer le nombre de pixels classés dans les différentes classes à partir d'un résultat statistique. Ainsi, elle permet de calculer les erreurs de commission (*user's accuracy*) lorsque le classificateur a affecté des pixels dans une classe autre que celle à laquelle ils appartiennent et les erreurs d'omission (*producer's accuracy*) lorsque le classificateur n'a pas su affecter des pixels à une classe connue, ils vont les traiter comme « non classés ». Les erreurs d'omission sont plus acceptables que les erreurs de commission car il est mieux d'avoir des pixels non classés que de les affecter dans une autre classe qui ne leur correspond pas.

Les lignes du tableau de la matrice contiennent les informations sur les classes thématiques issues de la procédure de classification ; les colonnes quant à eux correspondent aux classes thématiques associées aux points de contrôle. Les cellules de la matrice contiennent un nombre de pixels ou d'unités géographiques élémentaires. La somme des éléments de la diagonale représente le nombre total de pixels correctement classés. Le rapport de ce nombre et du nombre total de pixels de la matrice donne la « précision globale » de la classification (BENHADJ, 2008).

Tableau 2 : Matrice de confusion pour la classification (Source : BENHADJ, 2008)

		Points de contrôle				Total	Précision	Erreur de commission
		Classe 1	Classe 2	...	Classe i			
Classification	Classe 1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1i}	$\sum x_{1+}$	$\frac{x_{11}}{\sum x_{1+}}$	$1 - \frac{x_{11}}{\sum x_{1+}}$
	Classe 2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2i}	$\sum x_{2+}$	$\frac{x_{22}}{\sum x_{2+}}$	$1 - \frac{x_{22}}{\sum x_{2+}}$

	Classe i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ii}	$\sum x_{i+}$	$\frac{x_{ii}}{\sum x_{i+}}$	$1 - \frac{x_{ii}}{\sum x_{i+}}$
Total		$\sum x_{+1}$	$\sum x_{+2}$	...	$\sum x_{+i}$	$\sum x_{ii}$		
Précision		$\frac{x_{11}}{\sum x_{+1}}$	$\frac{x_{22}}{\sum x_{+2}}$	...	$\frac{x_{ii}}{\sum x_{+i}}$			
Erreur d'omission		$1 - \frac{x_{11}}{\sum x_{+1}}$	$1 - \frac{x_{22}}{\sum x_{+2}}$	...	$1 - \frac{x_{ii}}{\sum x_{+i}}$			

1.5.3.3. Indice Kappa

L'indice Kappa permet de quantifier le niveau de concordance entre les résultats de la classification et la vérité sur le terrain. Il est perçu comme une statistique de reproductibilité et d'accord entre deux cas. Il exprime la réduction proportionnelle de l'erreur obtenue par une classification, comparée à l'erreur obtenue par une classification complètement au hasard (GIRARD, 1999). Il varie de 0 à 1 et il se divise en cinq catégories : accord très faible de 0 à 0.20, accord faible de 0.21 à 0.40, accord modéré de 0.41 à 0.60, accord substantiel de 0.61 à 0.80 et accord presque parfait de 0.81 à 1 (BLUM et al., 1995). L'indice Kappa (i) est exprimé en termes de précision globale observée (ii) et de précision prévue (iii) (HADJADJ, 2011).

$$\widehat{K} = \frac{a-b}{1-b} \text{ (i)}$$

$$a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{Nc} x_{ii} \text{ (ii)}$$

$$b = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^{Nc} x_{+i} \cdot x_{i+} \text{ (iii)}$$

Avec :

- N_c = Nombre de classes ;
- N = Nombre total d'observations ;
- x_{ii} = Nombre d'observations dans la colonne i / Ligne i (diagonale de la matrice) ;
- x_{+i} = Total des observations dans la colonne i (Total à droite dans la matrice) ;
- x_{i+} = Total des observations dans la ligne i (Total en bas de la matrice).

Équation 2 : Formule de l'indice Kappa pour la classification (Source : HADJADJ, 2011).

1.6. DELIMITATION DES TERRITOIRES

1.6.1. Création de la matrice de friction

Parmi les méthodes classiques de calcul d'accessibilité, peuvent être citées la méthode de recherche des plus courts chemins dans un graphe et la méthode des « frictions » ou d'« impédance » spatiales. Dans la présente étude, les calculs se basent sur l'utilisation d'une surface de friction ou *friction surface*. Alors que la première implique une représentation vectorielle du réseau et ne fournit de résultat que pour des lieux situés sur le réseau explicitement représenté, les calculs d'impédance impliquent une représentation « raster » et fournissent un résultat pour tout l'espace, sur et hors réseau. Ce type d'algorithme est implémenté dans la plupart des SIG en mode image. L'idée de base est de quantifier, pour chaque pixel, sa résistance au mouvement. Ainsi, l'existence de tronçons routiers à vitesses différentes, à pentes différentes, de barrières (plus ou moins imperméables) et de zones non accessibles peuvent être codées. La désignation d'un ou plusieurs points de départ de mobilité sur cet « espace de friction » permet de calculer des surfaces de coût de déplacement. Une fenêtre de $k \times k$ pixels est située sur un point de départ choisi, un calcul de coût cumulé de déplacement y est réalisé dans les huit directions, la fenêtre est ensuite itérativement déplacée de façon à réaliser le calcul pour toute l'image (DUMOLARD, 1999).

Une surface de friction se compose d'une grille ou image bidimensionnelle où chaque pixel de l'image représente soit le fond du territoire (occupation du sol) soit les couches de voie de transport telles que les routes, les fleuves ainsi que les rivières (CONESA, 2010). De ce fait, des coûts de déplacements uniques, mesurés en termes de temps de parcours unitaire pour chaque pixel de l'image, ont été affectés à la carte d'occupation du sol. Ces valeurs correspondent au temps mis pour traverser une unité élémentaire de l'image, qui est de 30 m x 30 m de chaque type d'occupation à la vitesse donnée. Les mensurations ont été effectuées sur place en utilisant le GPS Garmin.

Corrélativement, dans ce type de modélisation, les caractéristiques de la marche (vitesse de marche, durée et longueur de pas) dépendent des propriétés géométriques et inertielles du système et

de l'inclinaison de la pente (HAYOT, 2010). Une carte de pentes a été donc créée à partir des modèles numériques de terrain puisqu'ils influent de façon significative sur le mouvement. Cette carte servira alors de facteur de multiplication sur les grilles de la carte d'occupation du sol. Les valeurs ont été redéfinies en trois classes d'intervalle (en %) afin de simplifier les calculs : de 0 % à 10 %, de 10 % à 20 % et de plus de 20 %. Leurs valeurs multiplicatives ont été fixées après mensurations sur terrain.

La superposition de cette série de cartes fournira la surface de friction. Cette fonction fait appel à l'outil calculatrice raster (*raster calculator*) permettant de créer et d'exécuter une expression d'algèbre spatiale qui génère un seul raster en sortie. Plus précisément, c'est la fonction multiplication (X) qui est utilisée puisque la friction de surface est le produit des frictions des différents facteurs qui le caractérise. Il en résulte alors la « surface de friction ».

$$\text{Friction finale} = \text{Pente} \times \text{Précédence (Occupation du sol)}$$

Équation 2 : impédance de la zone d'étude (Source : RICHER, 2015)

1.6.2. Identification des chefs-lieux et création de la carte des qualités d'habitat

Les données de base sur l'emplacement des chefs-lieux ont été récupérées sur des bases de données de *Madagascar National Parks* en 2012. Cependant, des données GPS de vérification ont été prélevées sur terrain afin d'attester leurs exactitude.

Dans l'optique d'avoir une aperçue de la viabilité de l'unité spatiale ou encore la probabilité de celle-ci à être favorables aux installations humaines, une carte des qualités d'habitat sera produite. Elle sera basée sur l'établissement des cartes des variables qui sont des cartes d'accessibilités aux différentes ressources que peuvent offrir l'espace. Une variante du module DISTANCE appelée COST est alors utilisée. Alors que DISTANCE produit des images exprimées en kilomètres ou en mètres, COST calcule les distances en "mesure de coûts" ou en "grid cell equivalents" (gce). Le résultat est connu sous le nom de distance-coût. Le module COST nécessite une image définissant les objectifs (facteurs) en entrée à partir desquels les distances-coûts seront calculées sur une surface de friction. Ces facteurs ont été déterminés suite à des investigations sur terrain compte tenant des critères les plus influents dans les recherches antérieures et de la perception locale. Les cartes, en entrée ne subiront aucune pondération puisqu'il a été impossible d'évaluer leurs importances. Les cartes des variables obtenues seront multipliées, en utilisant l'outil *calculatrice raster*, pour produire une seule carte des qualités d'habitat.

1.6.3. Approche de la délimitation

Le but de cette étude est de définir les géométries des Communes et celles des Fokontany avec une approche autre que celles utilisées dans les cartographies antérieures. L'idée de base est de les définir via l'accessibilité de toute unité spatiale par rapport aux centres administratives ou chefs-lieux que ce soit Commune ou Fokontany. Chaque unité de l'espace appartiendra alors au centre qui lui est

le plus accessible. Les limites administratives nouvellement créées se situeront alors aux endroits où cette accessibilité vis-à-vis des chefs-lieux voisins est égale dans toutes les directions. Autrement, les limites des polygones se situeront aux lieux de rencontre de deux personnes, si elles se déplacent l'une vers l'autre en partant de deux chefs-lieux voisins en empruntant le plus court chemin, tout en considérant les facteurs affectant le déplacement.

L'établissement de ces polygones est possible en utilisant une fonction intégrée dans ArcGIS : l'outil *cost back link* ou antécédence de coûts. Ce module nécessite, en entrée, une image définissant les objets-cibles représentés, ici, par les chefs-lieux territoriaux ; à partir desquels les distances-coûts seront calculées sur toute la surface de friction. Le raster de distance de coût en sortie identifie le coût cumulé pour chaque cellule pour revenir à l'emplacement source le plus proche, mais il n'indique pas vers quelle cellule source revenir ni comment y arriver. L'outil « antécédence de coût » renvoie un raster de direction en sortie, et fournit donc ce qui est essentiellement une carte routière qui identifie l'itinéraire à emprunter à partir de n'importe quelle cellule, ainsi que le coût le moins onéreux, pour revenir à la source la plus proche.

1.6.4. Validation

La comparaison de la carte produite par une carte de référence est possible grâce à la détermination de la concordance entre les deux. La matrice d'erreur et l'indice Kappa permettent de quantifier le niveau de cette concordance. L'indice kappa est perçu comme une statistique de reproductibilité et d'accord entre deux cartes. La carte de référence utilisée dans le cadre de cette étude est celle de la base de données Communales générée en 2008. Généralement, la méthode s'appuie sur un échantillonnage aléatoire mais dans cette étude, la validation s'est faite par la création de grille de point de 1000 m x 1000 m portant les attributs de la carte de Commune nouvellement créée. La suite a été de comparer la dispersion de ces points avec la carte de référence de délimitation de Commune. La matrice d'erreur est formulée pour cataloguer des anomalies entre la carte de délimitation de territoire obtenue et la carte de référence (LUNETTA *et al.* 1991). La matrice d'erreur donne une évaluation de la précision globale de la cartographie et des résultats de classification pour chacune des communes. L'indice Kappa évalue dans la matrice de confusion l'accord entre les résultats obtenus et la vérité sur le terrain. Il s'étend de 0 à 1 et il se divise en cinq catégories : accord très faible de 0 à 0,20, accord faible de 0,21 à 0,40, accord modéré de 0,41 à 0,60, accord substantiel de 0,61 à 0,80 accord presque parfait de 0,81 à 1 (BLUM *et al.*, 1995).

L'indice Kappa (i) est exprimé ici en termes de précision globale observée (ii) et de précision prévue (iii) (HADJADJ, 2011).

$$\hat{K} = \frac{a-b}{1-b} \text{ (i)}$$

$$a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N_c} x_{ii} \text{ (ii)}$$

$$b = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^{N_c} x_{+i} \cdot x_{i+} \text{ (iii)}$$

Équation 3 : Formule de l'indice Kappa pour la validation de la délimitation (Source : HADJADJ, 2011)

Avec :

- N_c = Nombre de classes ;
- N = Nombre total d'observations ;
- x_{ii} = Nombre d'observations dans la colonne i / Ligne i (diagonale de la matrice) ;
- x_{+i} = Total des observations dans la colonne i (Total à droite dans la matrice)
- x_{i+} = Total des observations dans la ligne i (Total en bas de la matrice)

Tableau 3: Matrice de confusion pour la validation de la délimitation (Source : BENHADJ, 2008)

		Point de contrôle de la nouvelle carte				Total	Précision	Erreur de commission
		Commune ₁	Commune ₂	...	Commune _i			
Carte de référence	Commune ₁	x_{11}	x_{12}	...	x_{1i}	$\sum x_{1+}$	$\frac{x_{11}}{\sum x_{1+}}$	$1 - \frac{x_{11}}{\sum x_{1+}}$
	Commune ₂	x_{21}	x_{22}	...	x_{2i}	$\sum x_{2+}$	$\frac{x_{22}}{\sum x_{2+}}$	$1 - \frac{x_{22}}{\sum x_{2+}}$

	Commune _i	x_{i1}	x_{i2}	...	x_{ii}	$\sum x_{i+}$	$\frac{x_{ii}}{\sum x_{i+}}$	$1 - \frac{x_{ii}}{\sum x_{i+}}$
Total		$\sum x_{+1}$	$\sum x_{+2}$	...	$\sum x_{+i}$	$\sum x_{ii}$		
Précision		$\frac{x_{11}}{\sum x_{+1}}$	$\frac{x_{22}}{\sum x_{+2}}$	...	$\frac{x_{ii}}{\sum x_{+i}}$			
Erreur d'omission		$1 - \frac{x_{11}}{\sum x_{+1}}$	$1 - \frac{x_{22}}{\sum x_{+2}}$	...	$1 - \frac{x_{ii}}{\sum x_{+i}}$			

Une carte des différences observées sera établie pour avoir un aperçu des dissemblances entre les deux cartes en superposition absolue.

1.7. LIMITES METHODOLOGIQUES

Les failles méthodologiques de cette étude résident sur la conformité de bases de données utilisées avec la réalité actuelle. Effectivement, les bases de données disponibles sont, pour la plupart, relativement anciennes (BD500, BD100,...). D'où la remise en cause de leurs exactitudes. Aussi, de nombreuses données manquent de traduction spatiale, ce qui amène à se contenter du peu de données existantes notamment pour les comparaisons et les validations.

1.8. CADRE OPERATOIRE

Tableau 4 : Cadre opératoire

Cadre opératoire				
Problématique	Hypothèses	Indicateurs	Méthodes	Activités
« Comment les territoires sont-ils définis et représentés au sein des espaces ouverts du Bassin versant du Maningory? »	<i>H1 : L'appropriation anthropique d'une unité spatiale résulte de son accessibilité aux ressources et aux services que cette unité peut offrir.</i>	Taux de chefs-lieux se trouvant dans les zones favorables à la vie présents dans la carte de qualité d'habitat supérieure à 50 %	Cartographie de l'occupation du sol Etablissement de la matrice de friction Identification des différents facteurs Elaboration de la carte des facteurs et de la carte de qualité d'habitat Vérification des emplacements des Chefs-lieux	Opérer des prétraitements et traitements de données sur <i>ENVI, ArcGIS et QGIS</i> Collecter les données sur terrain (enquêtes, observations, mensurations) Comparer les données existantes avec des données de terrain Comparer les résultats obtenus avec des données existantes
	<i>H2 : L'accessibilité géographique agit sur la délimitation des unités territoriales.</i>	Précision globale du modèle conçu proche de 1 (<i>Indice Kappa</i>)	Application du modèle et délimitation du territoire Elaboration de la carte des différences observées entre l'ancienne et la nouvelle délimitation	

Partie 2 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

2.1. DEFINITION DE LA MATRICE DE FRICTION

2.1.1. Occupation du sol

2.1.1.1. Résultats de la classification

A l'issue de la classification des trois images satellitaires datant de 2014, six formes d'occupation du sol se dégagent : les forêts denses humides, les autres formations forestières, les savanes herbeuses, les zones marécageuses, les zones de culture et les plans d'eau. Les réseaux de transports routiers et ferroviaires ont été rajoutés subséquemment puisqu'ils font partie des formes d'usage faites des terres par l'Homme (Figure 3).

Tableau 5 : Caractéristiques des occupations du sol

<i>Types d'occupations</i>	<i>Caractéristiques</i>	<i>Superficie (km²)</i>
<i>Forêt Dense Humide (FDH)</i>	Elle est composée de quelques lambeaux de forêts à couverts fermés bien conservées surtout grâce à leurs isolements.	51
<i>Autres Formations Forestières (AFF)</i>	Cette classe est dominée par de vastes aires de reboisement d'Eucalyptus. Elle intègre aussi les cultures d'arbres fruitiers bordant les zones d'habitation ainsi que quelques traces de forêts naturelles dégradées qui forment un couloir de verdure accompagnant les cours d'eau permanents et temporaires.	515
<i>Savanes Herbeuses (SH)</i>	Ce type de végétation constitué d'espèces herbacées est prépondérant dans la zone d'étude. Il sillonne les vastes collines déboisées.	3875
<i>Zones Marécageuses (ZM)</i>	Cette formation végétale borde surtout le lac Alaotra ainsi que certains points d'eaux permanents. Elle est essentiellement peuplée de <i>Cyperus emyrnensis</i> ou "Zozoro".	608

<i>Types d'occupations</i>	<i>Caractéristiques</i>	<i>Superficie (km²)</i>
Zones de Culture (ZC)	Ce type d'utilisation du sol occupe aussi une assez importante superficie. Il s'étend sur les vastes plaines rizicoles de l'Alaotra qui constituent aussi des zones de cultures maraîchères en contre-saison. Viennent s'y ajouter les étendues alluvionnaires en périphérie des rizières et des flancs d'eau qui constituent des périmètres de cultures vivrières.	2118
Plans d'Eau (EAU)	Cette classe est formée d'étendues d'eaux permanentes et temporaires dont le lac Alaotra, avec ses 20000 Ha ainsi que d'autres flancs d'eaux (<i>Antsomangana,...</i>) et de nombreux affluents du Maningory (<i>Anony, Sahamaloto, Sahabe...</i>).	254

Cette étude s'étend sur 7421 km² dont l'utilisation du sol se répartit, en terme de pourcentage, comme suit :

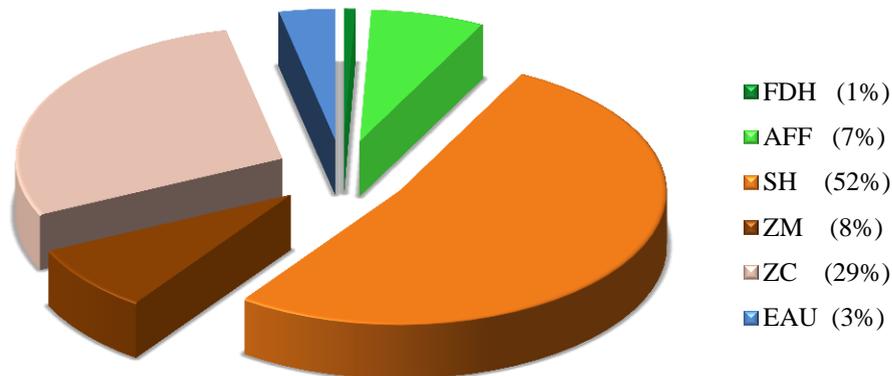


Figure 2 : Répartition surfacique des différentes occupations du sol

La prépondérance des savanes herbeuses (52 %), des zones de culture (29 %), des marais (8 %) et des plans d'eau (3 %) qui constituent en tout 92% du paysage dénote une ouverture du paysage, ce qui montre que la zone correspond bien au terme d' «espace ouvert ». Les zones sans ouvertures constituées par quelques îlots forestiers ne constituent que 8 % de l'ensemble. La zone d'étude répond

parfaitement aux critères définissant un paysage ouvert quoiqu'elle ait subi de nombreux remaniements par l'Homme au cours du temps.

2.1.1.2. Evaluations de la classification

- Séparabilité des classes

Le calcul de l'indice de séparabilité de Jeffries-Matusita a donné en général des valeurs très proches de la valeur de référence qui est de 1,9. Ce qui permet de dire que les classes obtenues sont bien différenciées et que les zones d'entraînement (ou ROI) sont fiables. Néanmoins, les classes AFF (autres formations forestières) et ZM (zones marécageuses) montrent un indice de séparabilité de 1,77, ce qui est assez faible comparé aux autres. Ceci s'explique par le fait que ces deux classes présentent des signatures spectrales assez proches.

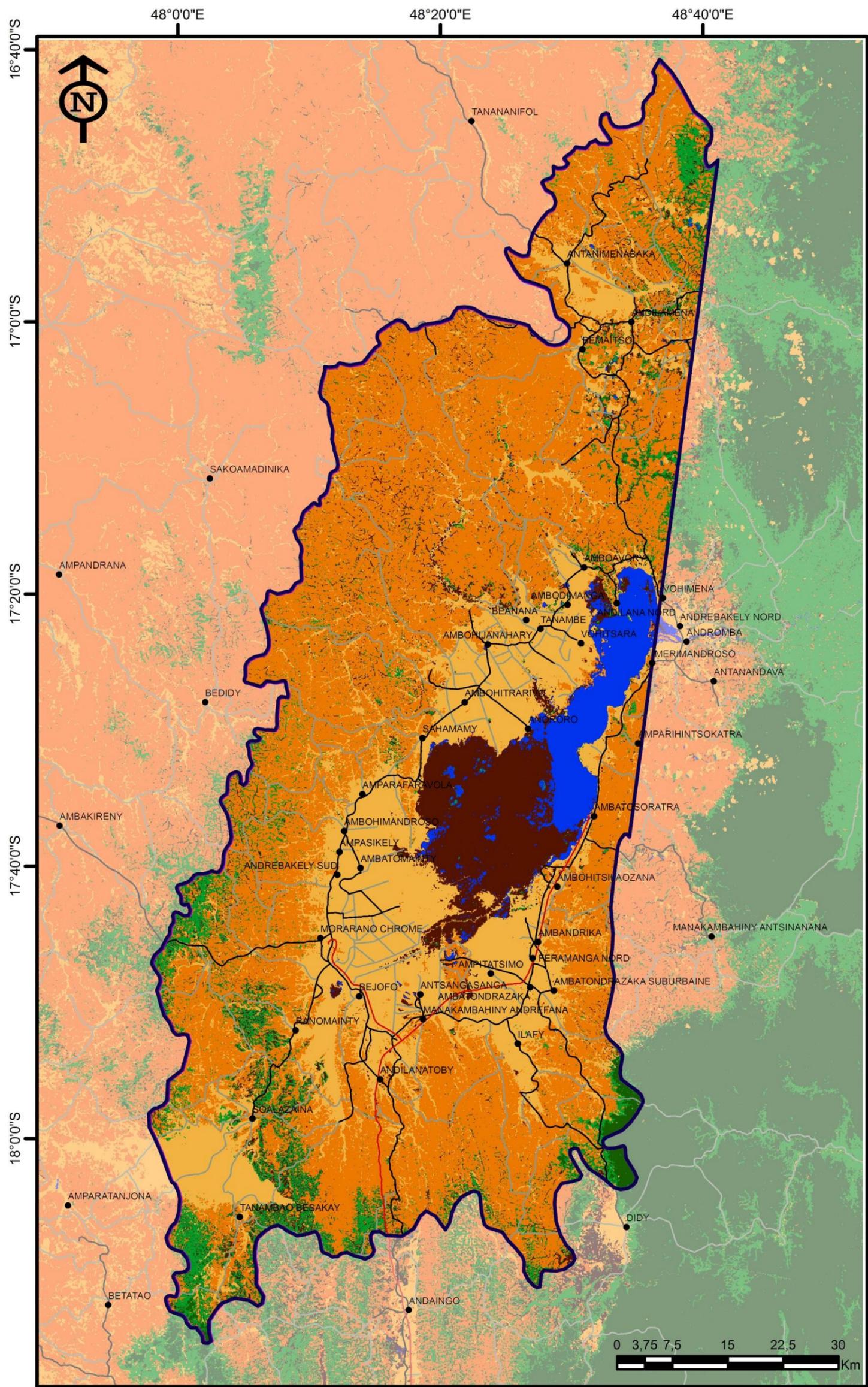
- Matrice de confusion et indice Kappa

Cette matrice montre la fiabilité de la classification en comparant les résultats de la classification à des données de référence.

Tableau 6 : Matrice de confusion de la classification

	<i>FDH</i>	<i>AFF</i>	<i>SH</i>	<i>ZM</i>	<i>ZC</i>	<i>EAU</i>	<i>Total</i>	<i>Erreur de commission (%)</i>	<i>Précision (%)</i>
<i>FDH</i>	37	4					41	9,84	90,16
<i>AFF</i>	2	35		1			38	6,45	93,55
<i>SH</i>		1	39		3		43	3,19	90,23
<i>ZM</i>	1	3		25			29	10,42	88,57
<i>ZC</i>				1	30	1	32	6,15	93,94
<i>EAU</i>					1	26	27	3,01	96,55
<i>Total</i>	40	43	39	26	34	27			
<i>Erreur d'omission (%)</i>	8,33	7,94	8,77	11,43	6,06	3,45			
<i>Précision globale de la classification :</i>								<i>92,16%</i>	

Le taux de concordance obtenu est de 92,16 %. Le coefficient Kappa est égal à 0,9. La précision des classes est généralement élevée. Avec des erreurs d'omission et commission qui sont respectivement de 11,43 % et de 10,42 %, la classe des zones marécageuses ZM est la plus mal classée. En effet, sa signature spectrale est assez proche de celles des classes de FDH, de ZC et surtout des AFF. Mais en général, la classification est bonne car la totalité des pixels ont été bien classifiées et la carte est utilisable.



Sources: BD 1/500000 FTM (1998), Limite bassin versant de Madagascar, Classification des images Landsat: LC8158_0722014278LGN00, LC8158_0732014278LGN00, LC8159_0732014169LGN00, Courtesy of the US Geological Survey
 Projection: WGS 1984 UTM Zone 38S
 Auteur: ANDRIANANDRASANA Herindraina, Labo SIG ESSA-Forêts, 2016

- LEGENDE:**
- Forêt dense humide
 - Autre formation forestière
 - Savane herbeuse
 - Zone marécageuse
 - Zone de culture
 - Chefs-lieux de Commune
 - Plan d'eau
 - Piste et chemin
 - Route
 - Chemin de fer
 - Contour de la zone d'étude

Figure 3 : Carte d'occupation du sol

2.1.2. Cartographie des pentes

La carte de pentes (Figure 4) résulte de la reclassification des modèles numériques de terrain. Les valeurs ont été redéfinies en trois classes d'intervalle dont voici la répartition surfacique :

Tableau 7 : Répartition surfacique des classes de pente

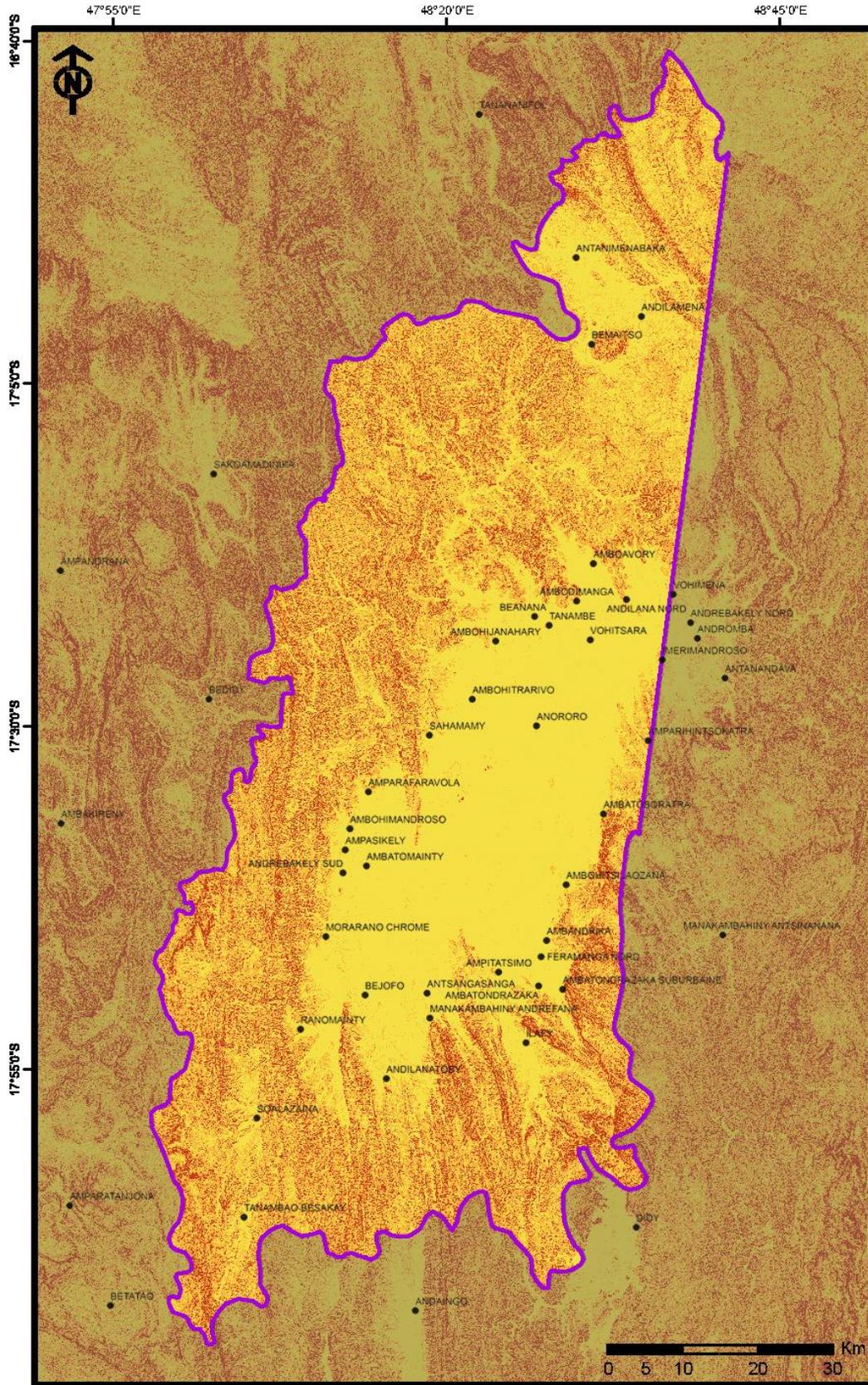
Classe de pentes	0-10 %	10-20 %	> 20 %
% en superficie	57	30	13

La première classe représente surtout les vastes plaines rizicoles, les zones humides ainsi que les zones d'habitations et les zones de cultures maraichères qui les bordent. La faible valeur des pentes rend la zone très accessible d'où son exploitation très poussée.

Dans la deuxième classe, les dénivelés commencent à constituer des contraintes aux déplacements, ce qui rend moins accessibles les zones appartenant à cette classe. D'où sa superposition avec les savanes non exploitées, les zones de plantations forestières ou occasionnellement avec d'autres formes de cultures sur tanety qui nécessitent moins d'entretiens.

La classe dont les pentes sont supérieures à 20% regroupe les zones difficiles d'accès. Dans cette classe, il n'y a presque pas d'exploitations par l'homme à l'exception de quelques ilots de plantations forestières. L'inaccessibilité des lieux a laissé place dans certains endroits à des surfaces d'érosion.

La zone étudiée est en grande partie située sur des pentes relativement faibles. Cela ne fait que favoriser l'ouverture du paysage.



Sources: Limite bassin versant de Madagascar, données SRTM version 4.1 téléchargées sur le site du CGIAR-CSI (Consortium of International Agricultural Research Centers – Consortium for Spatial Information).
Projection: WGS 1984 UTM Zone 38S
Auteur: ANDRIANANDRASANA Herinandraina, Labo SIG ESSA-Forêts, 2016

LEGENDE:

- Pente de 0 à 10%
- Pente de 10 à 20%
- Pente supérieur à 20%
- Contour de la zone d'étude
- Chefs-lieux de Commune

Figure 4 : Carte des pentes

2.1.3. Matrice de friction

Elle est déterminée par le temps qu'il faut pour traverser une unité élémentaire de l'image, soit 30 m. A chaque forme d'utilisation du sol correspond un coût de déplacement unique qui est affecté à chaque pixel. Chaque valeur se réfère à un coût de déplacement unitaire qui est de 1. Cette valeur de base vaut **40 s**, soit le temps qu'il faut pour se déplacer, à allure normale, sur une section de route plane de 30 m.

Tableau 8 : Description de la matrice de friction

Types d'occupations	Friction (Coût de base)	Explication
<i>Forêt Dense Humide</i>	6	La forêt produit un effet barrière, donc le coût de la traversée y est plus fort mais pas impossible.
<i>Autres Formations Forestières</i>	4	Il reste un effet barrière : le coût de la traversée est élevée, mais pas plus que dans une forêt dense. Ceci est justifié par la densité.
<i>Savanes Herbeuses</i>	2	Le déplacement y est assez facile quoiqu'il soit restreint par le haut tapis graminéen.
<i>Zones Marécageuses</i>	22	Coût très élevé. Elles constituent une barrière virtuelle. La traversée nécessite le déploiement de moyens particuliers, sinon il faut les contourner.
<i>Zones de Culture</i>	2	Coût assez élevé. En saison de culture, il faut se déplacer sur « <i>tahalaka</i> » ou diguettes pour aller d'un point à un autre. Mais en saison sèche, les zones de culture sont aussi praticables que les savanes.
<i>Plans d'Eau</i>	20	Coût très élevé. Ce sont des barrières

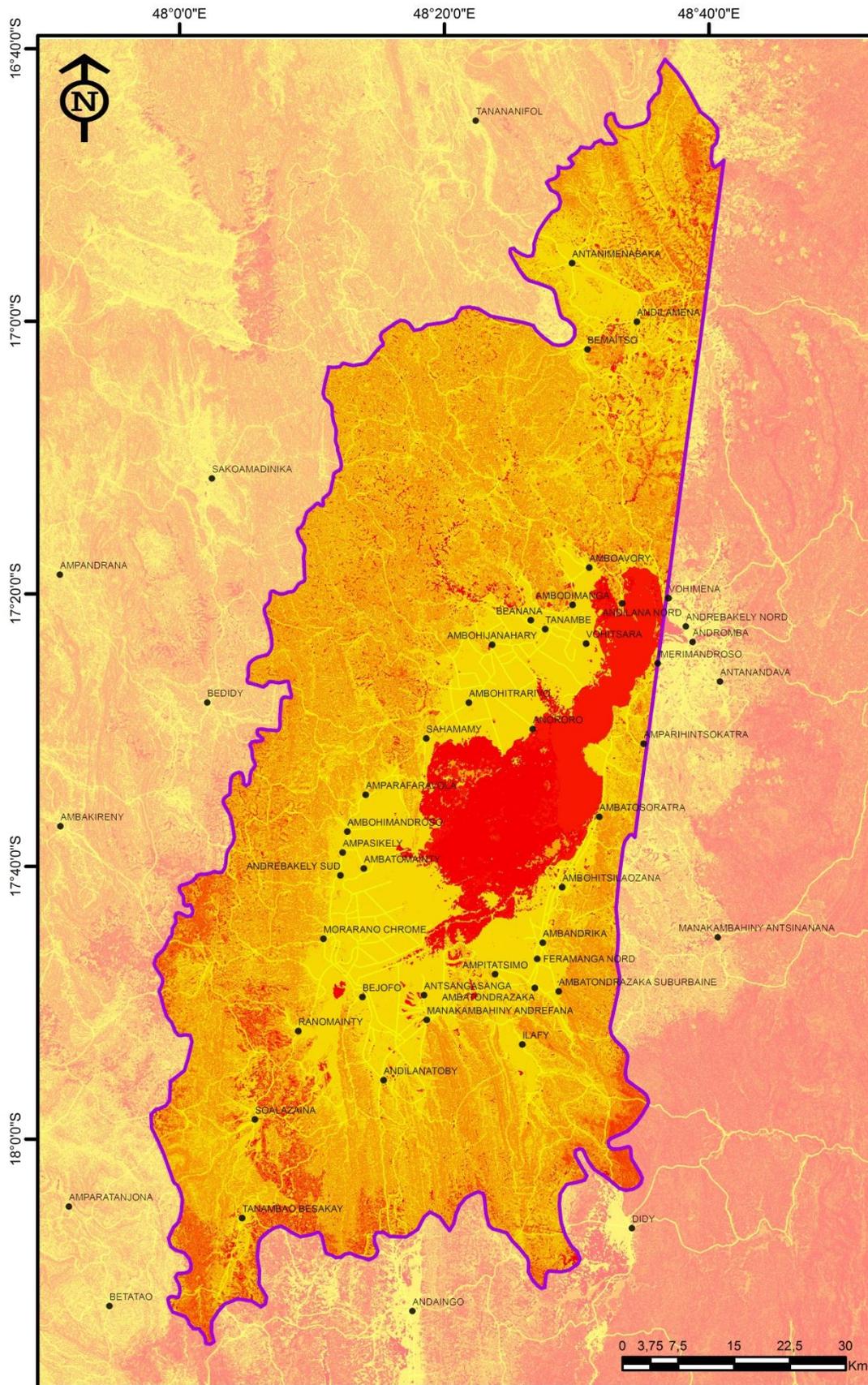
<i>Types d'occupations</i>	Friction (<i>Coût de base</i>)	Explication
		virtuelles. La traversée nécessite le déploiement de moyens particuliers ou il faut le contourner.
<i>Routes, Pistes et Chemins, Chemins de fer</i>	1	Coût de base : le déplacement y est plus commode. Compte tenu de l'état général de ces voies de transport dont la structure et la praticabilité sont variables selon la saison, un coût de déplacement unique a été retenu pour l'ensemble.

En ce qui concerne l'effet des pentes, leurs portées contraignantes sur le mouvement ont été évaluées comme suit :

Tableau 9 : Friction de la contrainte pente (Source : YOU, 2003)

<i>Classe de pentes</i>	<i>0-10 %</i>	<i>10-20 %</i>	<i>> 20 %</i>
<i>Contraintes au mouvement</i>	1	2	3
<i>Explications</i>	N'affecte pas la mobilité	Affecte légèrement le déplacement	Requiert le déploiement de plus d'efforts

A l'issue de ces valeurs, la surface de friction a été établie (Figure 5). Cette surface de friction est surtout déterminée par des zones plus ou moins faciles d'accès. Les zones dont l'accès est quasi-impossible sont constituées par les vastes étendues d'eau, les grands marécages ainsi que les flancs de montagnes à fortes déclivités. Le déplacement, dans ces derniers, nécessite le déploiement d'efforts et/ou de moyens particuliers.



Sources: BD 1/500000 FTM (1998), Limite bassin versant de Madagascar, Classification des images Landsat: LC8158_07220142781GN00, LC8158_07320142781GN00, LC8159_07320141691GN00, Courtesy of the US Geological Survey; données SRTM version 4.1 téléchargées sur le site du CGIAR-CSI (Consortium of International Agricultural Research Centers - Consortium for Spatial Information).
 Projection: WGS_1984_UTM_Zone_38S
 Auteurs: ANDRIANANDRASANA Hermandraima, Labo SIG ESSA-Forêts, 2016



Figure 5 : Surface de friction

2.2. DELIMITATION DES TERRITOIRES

2.2.1. Identification des chefs-lieux territoriaux

Les chefs-lieux de commune et de *Fokontany* ont été obtenus en recoupant les données provenant d'études antérieures réalisées par MNP en 2012 avec des informations issues des plans communales de développements et des résultats d'entretiens avec des dirigeants locaux. Pour vérifier leurs emplacements, 125 coordonnées GPS ont été relevées sur terrain. En comparant ces relevées avec les données citées plus haut, une concordance avec un écartement maximal de 700 m est notée. Ce qui est tout à fait justifiable par le fait qu'il est quasiment impossible de déterminer l'emplacement exacte d'un chef-lieu.

Ainsi, il est identifié 35 communes incluant 284 *fokontany* appartenant aux trois districts qui recouvrent la zone d'étude. Il s'agit des communes ci-après : *Ambandrika, Ambatomainty, Ambatondrazaka, Ambatondrazaka suburbaine, Ambatosoratra, Amboavory, Ambodimanga, Ambohijanahary, Ambohimandroso, Ambohitrarivo, Ambohitsilaozana, Amparafaravola, Amparihitsokatra, Ampasikely, Ampitatsimo, Andilamena, Andilana Nord, Andilananatoby, Andrebakely Sud, Anororo, Antanimenabaka, Antsangasanga, Beanana, Bejofo, Bemaitso, Feramanga Nord, Ilafy, Manakambahiny Andrefana, Morarano Chrome, Ranomainty, Sahamamy, Soalazaina, Tanambao Besakay, Tanambe et Vohitsara.*

2.2.2. Carte des qualités d'habitat

Choix des variables :

En effet, les variables utilisées se présentent sous forme d'une série de cartes d'accessibilité par rapport à des points ou à des régions d'intérêts particuliers. L'accessibilité d'un espace à ces lieux centraux constitue un indice à sa viabilité ou plus explicitement à sa capacité à accueillir une installation humaine. Ainsi, le choix s'est porté sur les diverses variables environnementales et socio-économiques suivantes qui résultent de l'appréhension des populations locales et qui ont été jugées comme influents dans le cadre de recherches similaires.

- Carte d'accessibilité aux points d'eau permanents :

L'eau, est depuis toujours un élément inséparable à la vie. En effet, elle entre dans la vie courante mais elle est aussi indispensable à l'agriculture et l'élevage, principales activités de la région d'étude. D'autant plus, la région de l'Alaotra Mangoro est la principale source de poisson d'eau douce à Madagascar, en fournissant 80 % des produits halieutiques de la grande île, notamment pour les *tilapias* et les *blackbass*. Donc, l'accès à cette ressource peut donner une indication sur l'occupation d'un espace donné.

- ***Carte d'accessibilité aux terrains cultivables :***

Ambatondrazaka, capitale d'Antsihanaka, est le premier "grenier à riz de Madagascar" grâce à la fertilité des plaines alluvionnaires du lac Alaotra. Ces terrains sont aussi favorables aux cultures maraîchères. Les zones de cultures s'étendant sur 29 % de la zone étudiée, les activités agricoles sont d'une importance décisive dans cette région. D'où l'intérêt porté sur l'accessibilité aux terrains cultivables dans la compréhension de la logique d'occupation des territoires.

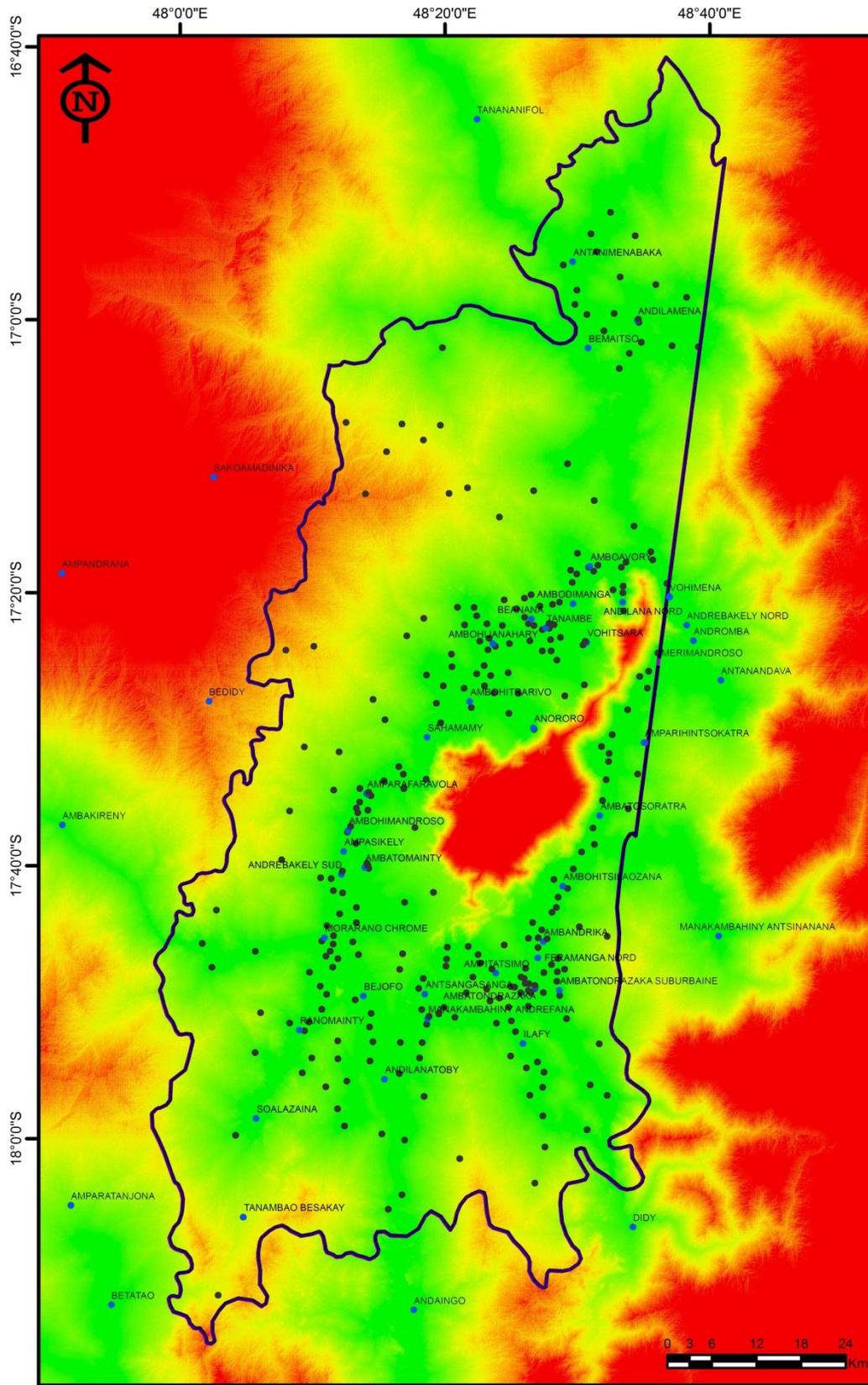
- ***Carte d'accessibilité aux réseaux routiers :***

L'accès aux réseaux routiers et ferroviaires donne une indication sur l'enclavement d'une unité spatiale. Les observations ont pu mettre en exergue que les zones étant proches de ces types d'occupation de sol sont plus susceptibles d'être un chef-lieu étant donné leur importance relative au secteur du commerce et du transport. En général, les localités se trouvant au bord de routes constituent ainsi des Communes ou des Fokontany. D'où il peut être pris en compte dans l'analyse de la logique et la dynamique d'occupation des terres.

- ***Carte d'accessibilités aux marchés :***

Les marchés constituent des points d'intérêts particuliers. En effet, ce sont des centres d'approvisionnement mais aussi des lieux d'écoulement des produits. Ce sont donc les points focaux du développement surtout à travers les échanges économiques. Dans presque tout l'Ile, l'emplacement des grands marchés se rattache aussi à l'accès aux différents services : centres administratives, centres de soins, écoles et autres infrastructures d'intérêt public puisque c'est un point de rassemblement. D'où son intérêt dans la compréhension de la logique d'occupation de l'espace.

La combinaison de ces séries de cartes a donné la carte de viabilité de l'espace (Figure 6), distinguant nettement les zones plus favorables à l'installation humaine et celles qui sont moins propices à cet effet. La superposition des emplacements des chefs-lieux territoriaux à cette carte de viabilité de l'espace montre une tendance de ces points à se situer dans 97,3 % des cas dans les zones plus aptes à la vie. Ce qui permet de confirmer la première hypothèse comme quoi l'appropriation anthropique d'une unité spatiale résulte de son accessibilité aux ressources et aux services que cette unité peut offrir. L'appropriation d'un espace n'est pas donc un simple fait du hasard mais elle est liée à une certaine ressource que l'Homme convoite.



Sources: BD 1/500000 FTM (1998), Limite bassin versant de Madagascar, Classification des images Landsat: LC8158_0722014278LGN00, LC8158_0732014278LGN00, LC8159_0732014169LGN00, Courtesy of the US Geological Survey; données SRTM version 4.1 téléchargées sur le site du CGIAR-CSI (Consortium of International Agricultural Research Centers - Consortium for Spatial Information); données MNP, 2012.
 Projection: WGS 1984 UTM Zone 38S
 Auteur: ANDRIANANDRASANA Herinandraina, Labo SIG ESSA-Forêts, 2016

LEGENDE :

- Chefs-lieux de Commune
 - Chefs-lieux de Fokontany
 - Limite de la zone d'étude
- Zones moins propices à l'installation humaine
 - Zones favorables à l'installation humaine

Figure 6 : Carte des qualités d'habitat et de l'emplacement des Chefs-lieux administratives

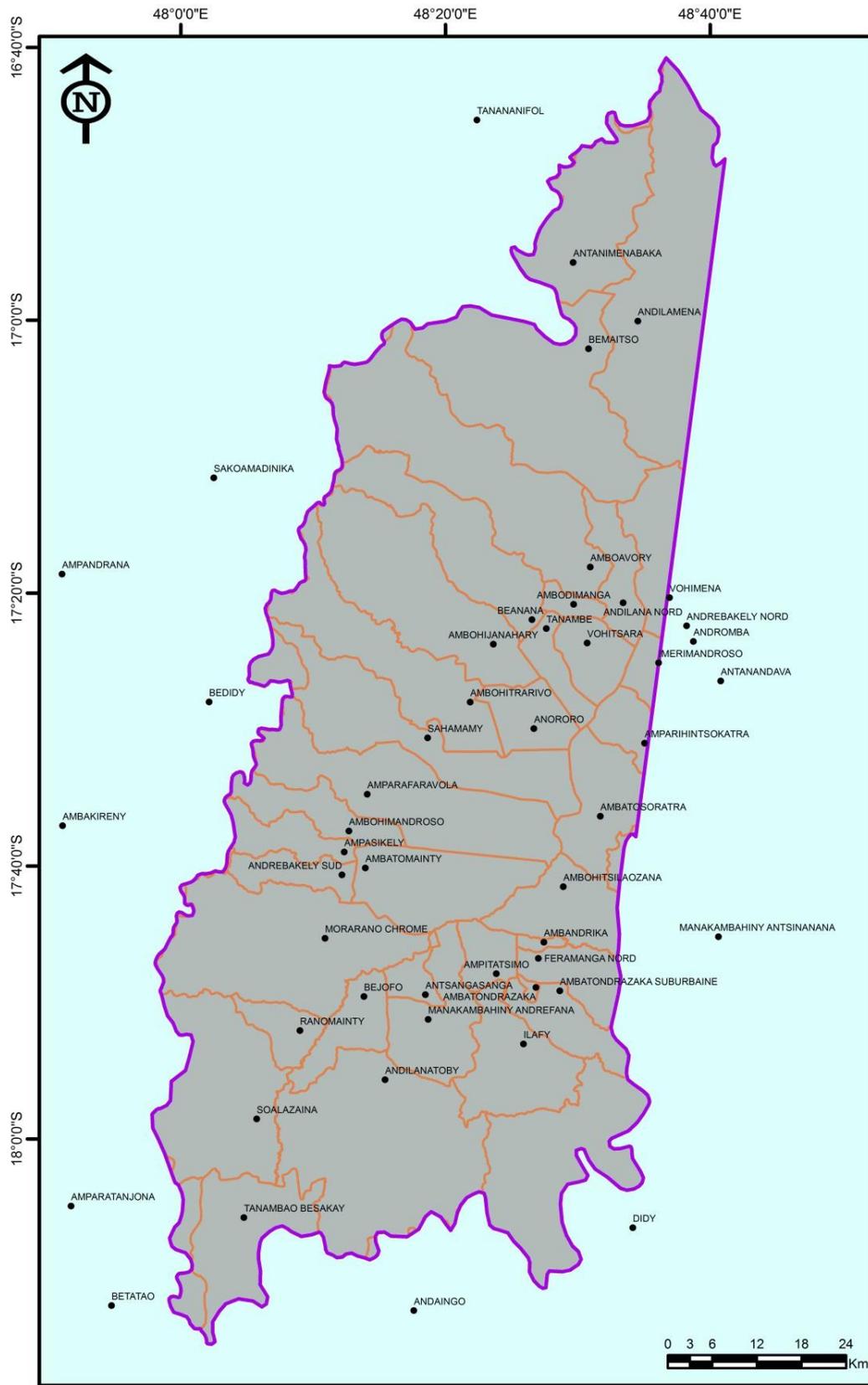
2.2.3. Application du modèle au niveau commune et validation

Suite aux résultats précédents, la nouvelle délimitation communale (Figure 8) résultant du modèle montre une certaine ressemblance vis-à-vis de celles existantes. En effet, l'établissement d'une carte des différences observées (Figure 9) par rapport à celle de 2008 (Figure 7) affirme une concordance de l'ordre de 86,3 % par superposition absolue. Cette méthode n'est pas très commode du fait qu'elle tient compte des nombreuses erreurs accumulées lors des tracés. Cependant, le résultat est relativement satisfaisant.

En utilisant la matrice de confusion (Annexe 4), la précision globale de la carte obtenue est évaluée à 94,58 % avec un indice Kappa de 0,94. Cette valeur, étant très proche de 1 permet d'attester qu'il y a un excellent accord entre les deux cartes. Cela permet de dire que le modèle est utilisable. Sur 6492 points, répartis uniformément dans un quadrillage de 1 km x 1 km de la zone d'étude, utilisés pour la validation, 6140 s'avèrent bien placés c'est-à-dire affectés à une seule et même Commune dans les deux cas de figure. Cette valeur est influencée par de nombreuses Communes qui sont quasi-identiques dans les deux cas de figures et affichant une précision globale de 100%. Il s'agit notamment des communes des trois communes du district d'Andilamena : Andilamena, Antanimenabaka et Bemaitso ainsi que les communes d'Amparafaravola, d'Ambohijanahary, d'Andilantoby et de Manakambahiny Andrefana.

Les erreurs d'omission et de commission qui sont de l'ordre de 5,42 % se concentrent surtout dans les zones difficiles d'accès, notamment les découpages passant au niveau du Lac Alaotra et de ses marécages et surtout dans les zones à fortes pentes. Ils indiquent le pourcentage de points qui sont affectés à d'autres Communes. La majorité de l'erreur d'omission est rencontrée au niveau des Communes d'Amboavory, d'Ambohimandroso, d'Ambohitrarivo, d'Ampasikely, d'Andilana Nord et de Sahamamy. Ceci s'explique sûrement par l'inaccessibilité des lieux mais surtout par l'existence d'autres facteurs qui devraient être pris en compte lors de la délimitation dont les facteurs d'ordre historiques.

Ces résultats permettent de confirmer la seconde hypothèse comme quoi l'accessibilité géographique agit sur la délimitation des unités territoriales.

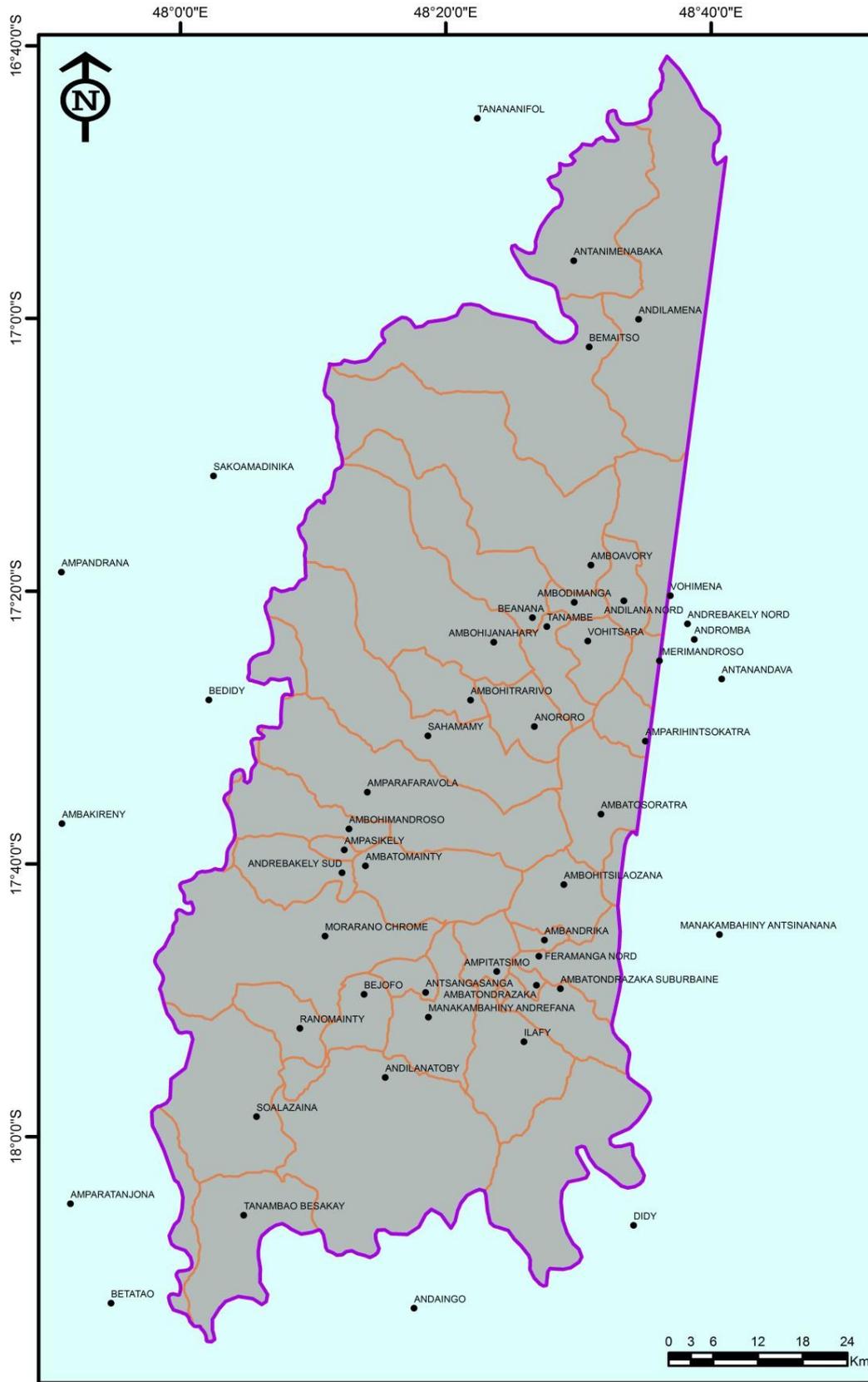


Sources: BD 1/500000 FTM (1998), Limite bassin versant de Madagascar, Classification des images Landsat: LC8158_0722014278LGN00, LC8158_0732014278LGN00, LC8159_0732014169LGN00, Courtesy of the US Geological Survey; données SRTM version 4.1 téléchargées sur le site du CGIAR-CSI (Consortium of International Agricultural Research Centers – Consortium for Spatial Information); données MNP, 2012.
 Projection: WGS 1984 UTM Zone 38S
 Auteur: ANDRIANANDRASANA Herinandraina, Labo SIG ESSA-Forêts, 2016

LEGENDE:

- Chefs-lieux de Commune
- Limite de la zone d'étude
- Limites communales

Figure 7 : Délimitation communale de 2008

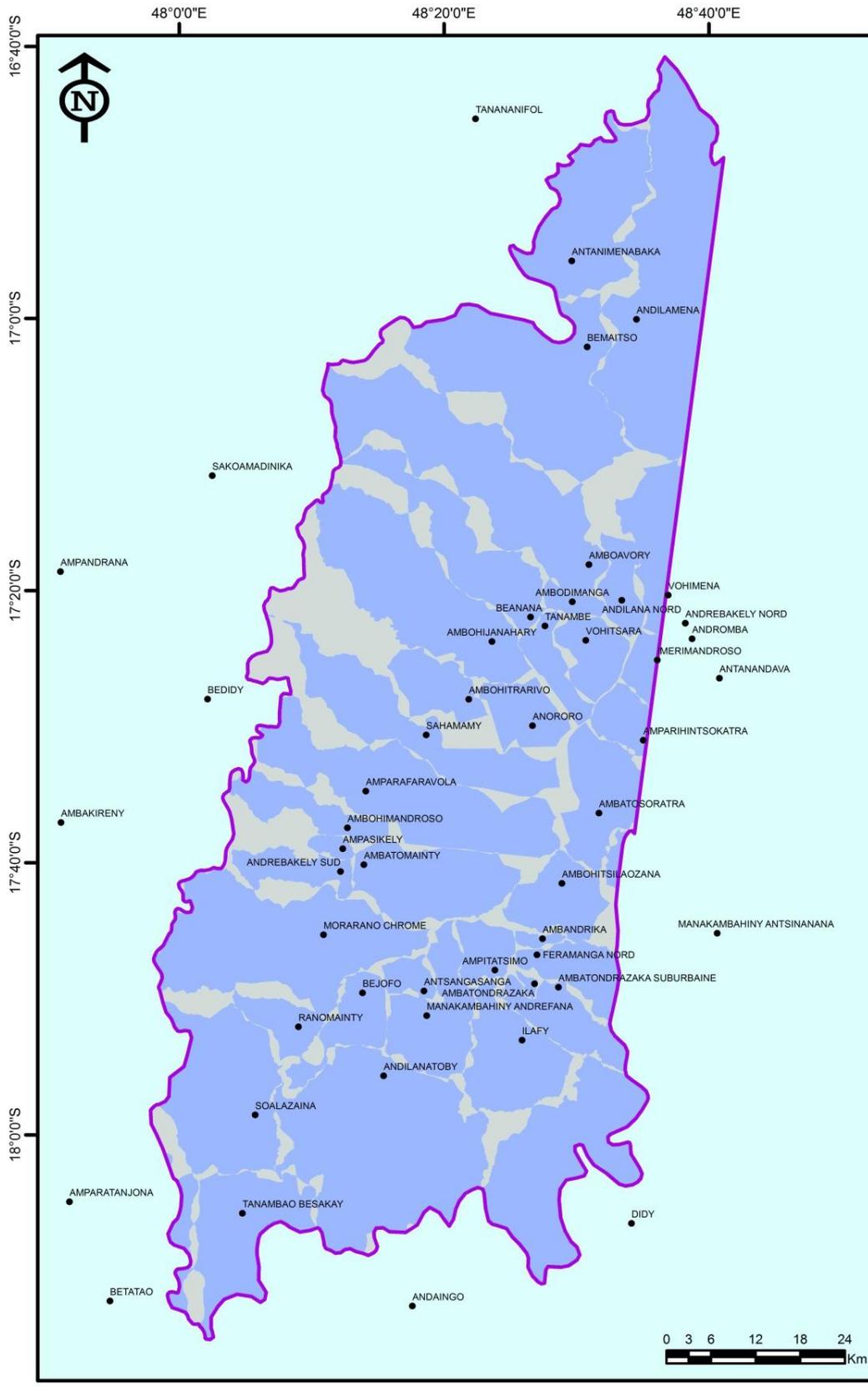


LEGENDE:

- Chefs-lieux de Commune
- Limite de la zone d'étude
- Limites communales

Sources: BD 1/500000 FTM (1998). Limite bassin versant de Madagascar. Classification des images Landsat: LC8158_0722014278LGN00, LC8158_0732014278LGN00, LC8159_0732014169LGN00, Courtesy of the US Geological Survey; données SRTM version 4.1 téléchargées sur le site du CGIAR-CSI (Consortium of International Agricultural Research Centers - Consortium for Spatial Information); données MNP, 2012.
 Projection: WGS_1984_UTM_Zone_38S
 Auteur: ANDRIANANDRASANA Herindraina, Labo SIG ESSA-Forêts, 2016

Figure 8 : Délimitation communale issue du modèle (2016)



Sources: BD 1/500000 FTM (1998), Limite bassin versant de Madagascar, Classification des images Landsat: LC8158_0722014278LGN00, LC8158_0732014278LGN00, LC8159_0732014169LGN00, Courtesy of the US Geological Survey; données SRTM version 4.1 téléchargées sur le site du CGIAR-CSI (Consortium of International Agricultural Research Centers - Consortium for Spatial Information), données MNP, 2012.
 Projection: WGS_1984_UTM_Zone_38S
 Auteur: ANDRIANANDRASANA Hermandraina, Labo SIG ESSA-Forêts, 2016

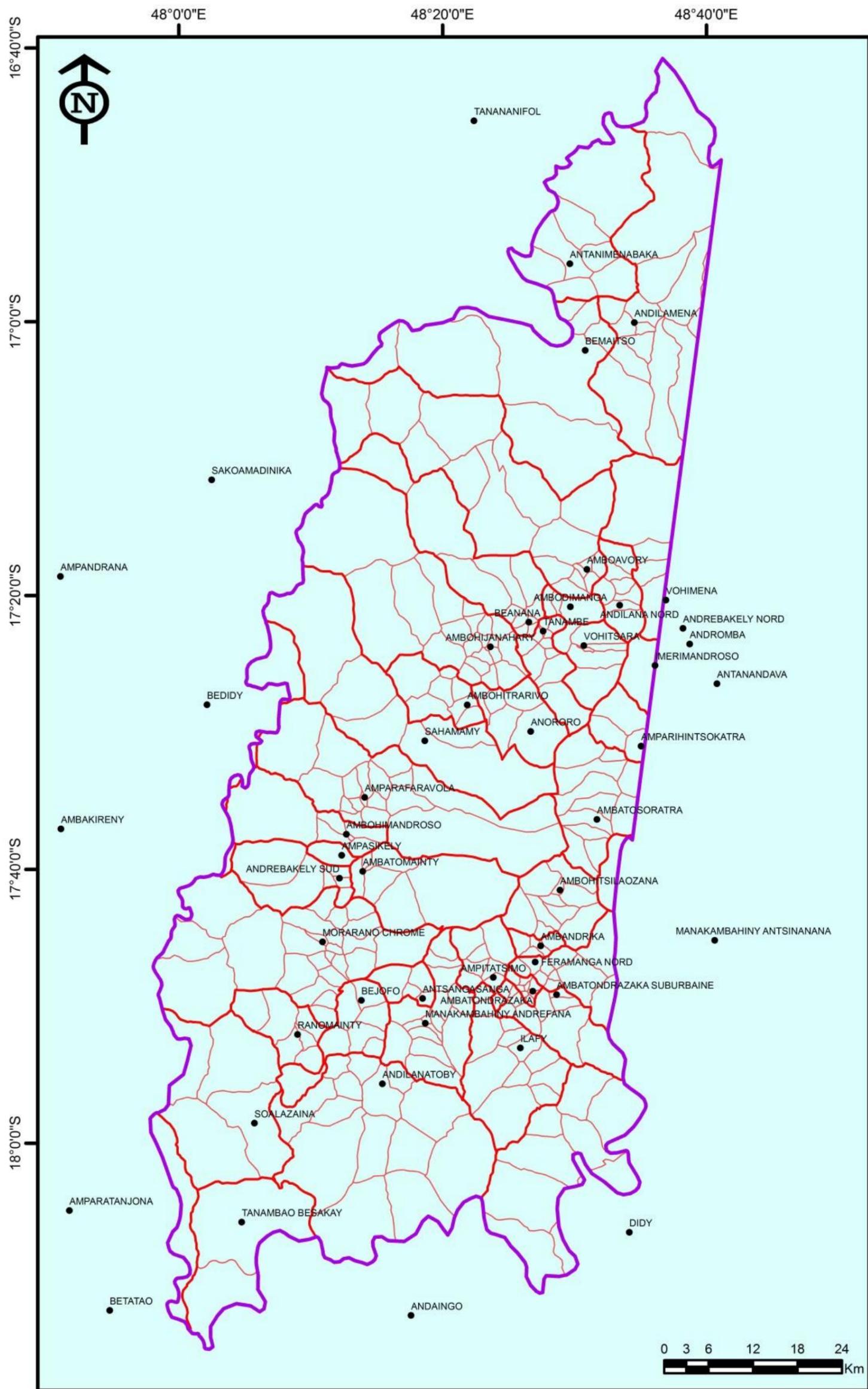
LEGENDE:

- Chefs-lieux de Commune
- Limite de la zone d'étude
- Similitudes entre les deux délimitations communales (86,3%)
- Ecart entre l'ancienne et la nouvelle délimitation (13,7%)

Figure 9 : Carte des différences observées entre les délimitations communales de 2008 et de 2016

2.2.4. Application du modèle au niveau fokontany

Suite au taux de précision du modèle qui est relativement proche de 1, celui-ci demande à être appliqué à plus petite échelle, celle du fokontany qui est l'échelle locale d'intervention. Ainsi, la carte de délimitation des 284 fokontany présents dans la zone étudiée est obtenue (figure 10). Cette carte montre qu'au niveau des localités traversées par les routes nationales et se situant à proximité des chefs-lieux de Commune et/ou de District, le découpage de Communes en fokontany se fait de plus en plus petit et abondant. Inversement, en s'éloignant de ces zones d'intérêts particuliers, le morcellement devient de moins en moins important. En d'autres termes, dans les zones favorables à l'installation humaine, représentées en vert dans la carte des qualités d'habitat (Figure 6), la majorité des Fokontany sont amassées en lots de petites tailles ; tandis que dans les zones enclavées, ils sont moins fréquents et immenses. La commune d'Amparafaravola, chef-lieux de District et centre d'intérêt économique et administrative compte 18 Fokontany. La commune de Sahamamy, présentant plus ou moins la même superficie qu'Amparafaravola mais étant plus éloignée, n'en compte que 5, tous étant très étendus. Cette agglomération s'explique alors par la tendance des Hommes à se regrouper là où les conditions qui facilitent leurs trains de vie sont réunies. Cela revient à la première hypothèse qui stipule que l'appropriation d'une unité spatiale par l'Homme résulte de son accessibilité aux ressources et aux services que cette unité peut lui offrir.



LEGENDE:

- Chefs-lieux de Commune
- Limite de la zone d'étude
- Limites communales
- Limites des Fokontany

Figure 10 : Délimitation des fokontany issue du modèle (2016)

Sources: BD 1/500000 FTM (1998), Limite bassin versant de Madagascar, Classification des images Landsat: LC8158_0722014278LGN00, LC8158_0732014278LGN00, LC8159_0732014169LGN00, Courtesy of the US Geological Survey; données SRTM version 4.1 téléchargées sur le site du CGIAR-CSI (Consortium of International Agricultural Research Centers - Consortium for Spatial Information); données MNP, 2012.
 Projection: WGS 1984 UTM Zone 38S
 Auteur: ANDRIANANDRASANA Herindrana, Labo SIG ESSA-Forêts, 2016

Partie 3 : DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

3.1. DISCUSSIONS

3.1.1. Discussions sur la méthodologie

3.1.1.1. Traitement de l'image

Les méthodes de classification des occupations du sol sont nombreuses dont leurs performances diffèrent les unes des autres selon les images à classer et les objets à classer (KHARKI et al., 2015). Ainsi, la classification supervisée, utilisée dans le cadre de cette étude présente beaucoup d'avantages. Cependant, elle n'est pas exempte de vices. En effet, avec la basse résolution de l'image utilisée, il est pratiquement impossible d'obtenir des « pixels purs », c'est-à-dire des pixels correspondant uniquement à la classe d'occupation du sol visée lors de l'établissement des *Regions Of Interest*. La présence des pixels couvrant plusieurs classes d'occupation du sol : « *mixel* » ou pixel mixte est inévitable. Mais la précision finale de la classification est quand même bonne avec un taux de concordance de 92,27 % et un coefficient Kappa de 0,9 malgré la confusion thématique entre les classes des zones marécageuses et des plans d'eau. Cette dernière n'affecte pas vraiment les calculs d'accessibilités du fait de leurs contraintes au mouvement quasi-égales. Toutefois, l'utilisation d'images à plus hautes résolutions apporterait plus de précision dans les travaux ultérieurs.

3.1.1.2. Calcul d'accessibilité

Dans le calcul d'accessibilité, la complexité du concept de mobilité dans la zone étudiée s'avère être une contrainte du modèle. Il devrait y avoir une particularisation parce qu'au lieu d'être une mesure éternellement vraie (la distance euclidienne entre a et b sera toujours la même), l'accessibilité résulte de la conjonction d'éléments modifiables dans le temps et l'espace. Elle implique en effet : un opérateur de déplacement (caractérisé par une vitesse et une dépense d'énergie); une infrastructure de déplacement (infrastructure sophistiquée ou simples sentiers) ; une connaissance de l'ailleurs à atteindre et du trajet pour ce faire (DUMOLARD, 1999). Chaque mode de déplacement a ses propriétés (un opérateur, un graphe, une vitesse, un coût). Son accessibilité peut donc être modifiée en changeant l'opérateur ou le réseau ou le moment du déplacement. Plusieurs de ces facteurs, en fonction desquels la mobilité varie, n'ont pas été pris en compte au vue de leur indisponibilité et de leur complexité. Dans le cadre de cette recherche, il n'a été question que de déplacement pédestre à allure normale au niveau des unités spatiales qui le permettent et d'estimations par rapport aux perceptions et aux préférences locales quant aux déplacements dans les plans d'eaux et les zones marécageuses. L'adoption d'algorithmes plus complexes et plus itératif, de façon à mieux approcher des stratégies réelles de déplacement seraient envisageable dans des études plus poussées. Mais aussi

simpliste qu'elle soit, la méthode utilisée dans cette recherche a donné une simulation assez proche du réel avec ses 86,3 % de concordance par rapport à l'ancienne délimitation.

3.1.2. Discussions sur les résultats

3.1.2.1. Vérification des hypothèses

D'après les résultats de l'étude, il a été vérifié que les chefs-lieux territoriaux ont tendance à se situer, dans 97,3 % des cas, dans les zones les plus aptes à la vie dans la carte des qualités d'habitat. Ce qui permet d'attester la première hypothèse comme quoi l'appropriation anthropique d'une unité spatiale résulte de son accessibilité aux ressources et aux services que celle-ci peut offrir. Cependant, les ressources se créent, se détruisent, se transportent d'un stock ou d'un patrimoine à un autre ; elles peuvent aussi avoir des dynamiques propres (se reproduire, se distribuer, s'accroître...). Ainsi, au cours du temps, les ressources convoitées changent de nature et leur distribution dans l'espace se modifie (MULLER et AUBERT, 2011). Encore que, l'Homme a une capacité d'adaptation qui lui permet de résilier avec la dynamique des ressources. Aussi, les résultats démontrent que l'accessibilité géographique agit sur la délimitation des unités territoriales. Malgré cela, l'accessibilité n'est pas un concept univoque. Si toutes les approches insistent sur l'enjeu du « potentiel de mobilité » pour l'espace et les sociétés, il convient de distinguer les multiples dimensions du système d'accessibilité territoriale (RICHER, 2015). Or, cette étude porte seulement sur une de ses facettes, celle de l'accessibilité structurelle du territoire : la pénibilité de déplacements sur chaque forme d'occupation du sol. L'enjeu des études futures est donc d'estimer plus finement les potentiels d'accessibilité.

3.1.2.2. Relativité des cartes obtenues

Les cartes issues de cette étude n'ont pas de prépondérances administratives tant qu'elles n'ont pas fait l'objet de documents juridiques les attestant comme telles (MESSERLI et al., 2005). Cependant, comme toutes cartographies, elles sont vraies compte tenu de la méthodologie appliquée. Les résultats obtenus restent alors des référentiels cartographiques fiables. Aussi, l'emplacement des différents chefs-lieux administratifs restent relatifs. En effet, il est jusqu'à maintenant impossible de déterminer l'emplacement exacte du centre d'un chef-lieu. Il est aussi à souligner que dans cette étude, la notion de « représentation » est cadrée dans un contexte essentiellement spatial.

3.2.1.3. Implications des résultats

Le développement local vise à améliorer le cadre de vie des personnes de la communauté pour qu'elles puissent profiter d'un environnement sain et agréable. Il vise également à améliorer leur milieu

de vie pour qu'elles puissent s'épanouir dans une communauté qui leur offre plusieurs occasions sociales et culturelles. Il cherche à augmenter le niveau de vie afin que chacun dans la communauté puisse travailler et donc gagner un revenu pour pouvoir profiter des avantages de la communauté (création d'emplois et répartition de la richesse).

Le succès d'une démarche de développement local dépend donc d'un certain nombre de préalables qui sont regroupés sous trois volets: l'existence d'une communauté locale, le partenariat et un climat propice à l'action. Il est nécessaire de déterminer les territoires d'intervention selon les actions désirées et les intérêts communs. Ces derniers ne cadrent pas toujours aux territoires définis par l'État mais ils correspondent toujours aux lieux où les citoyens se retrouvent, où le sentiment d'appartenance et d'identité des communautés concernées est important. Ainsi, l'échelle locale a toujours été perçue comme étant stratégique dans un sens où les actions de développement seront mieux cadrées et mieux gérées, ceci étant le principe même du développement local. D'autant plus que cela ne fait que faciliter l'intégration des dimensions dont la prise en compte serait difficile sur de plus grandes échelles territoriales : les dimensions sociale et communautaire.

En bref, les résultats de cette étude constituent des outils et des interfaces permettant d'intégrer de façon optimale ces différentes dimensions et de confronter les acteurs dans une meilleure optique de développement local et durable. Et cela compte tenu des caractères complexes et multicritères des problèmes spatiaux (CHAKHAR, 2006).

Cette étude peut alors conduire, avec les plans d'aménagement et de développement existants, à des stratégies d'intervention et à des moyens d'action plus précise selon la potentialité du territoire au moyen d'un zonage plus détaillé des actions de développement. A titre d'illustration, la carte ci-dessous montre la différence de précision entre la localisation des zones d'interventions d'un quelconque projet de développement dans quelques fokontany de trois communes du district d'Andilamena. Le projet se base sur la valorisation d'une quelconque ressource propre aux zones d'intervention. A droite, la représentation à une échelle communale enlève des informations essentielles sur la localisation des sites bénéficiaires du projet tandis qu'à gauche, une représentation à l'échelle des fokontany fournit plus de précisions à cet effet.

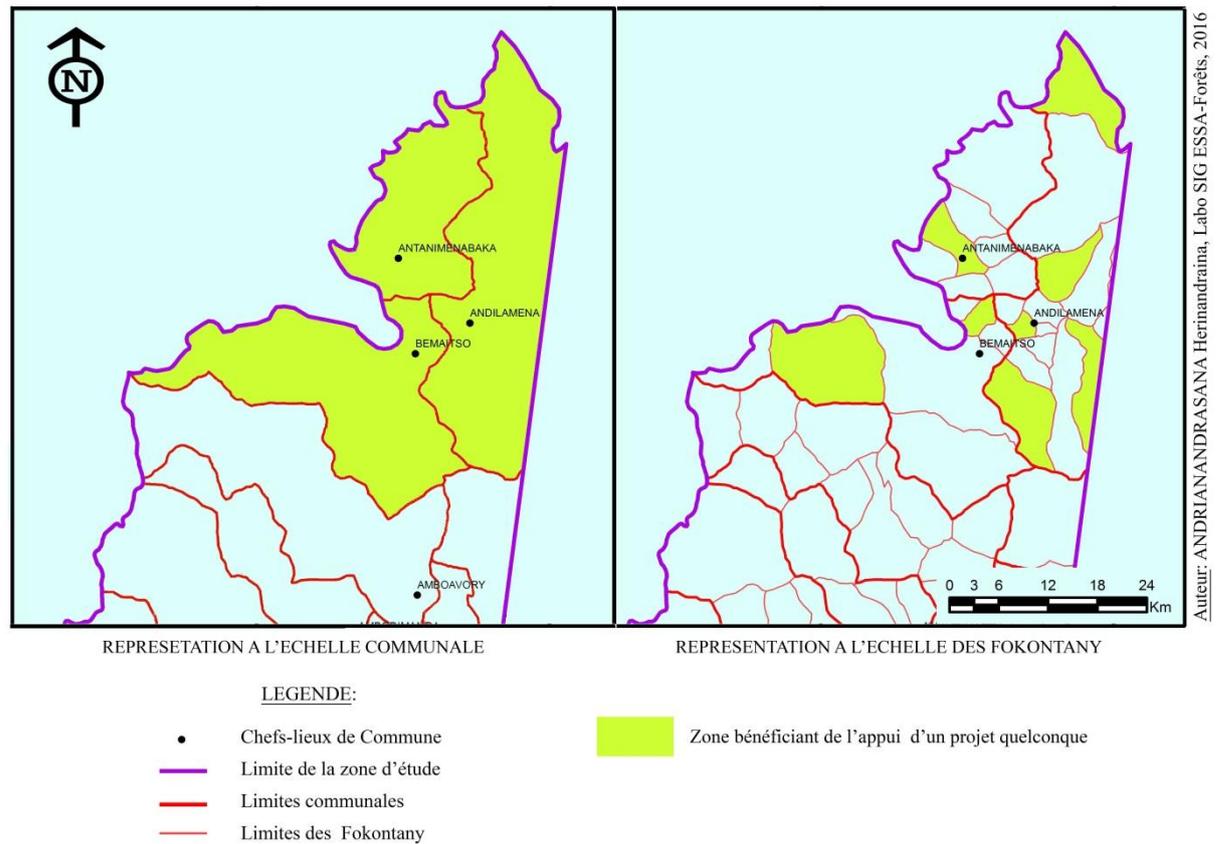


Figure 11 : Différence de précision entre une représentation à l'échelle communale et à l'échelle des fokontany

3.1.3. Extrapolation du modèle à une échelle nationale

Cette recherche a été menée et a été productive au niveau des espaces ouverts du bassin versant du Maningory. Or, les conséquences et les impacts d'une décision spatiale sur le territoire sont d'une portée rarement locale (CHEVALIER, 1994) mais plutôt dispersés aussi bien dans l'espace que dans le temps, Il serait alors envisageable d'appliquer le même modèle sur une échelle plus vaste. Cependant, le champ d'application du modèle se résigne aux espaces ouverts qui théoriquement se conforment à une même définition. En le combinant avec le modèle conçu pour les espaces forestières, qui a fait l'objet d'une étude antérieure, il en résulterait des référentiels cartographiques assez détaillés pour tout le pays. Et sa production reste moins onéreuse comparée aux autres méthodes de cartographies qui déploient de grands moyens.

3.2. RECOMMANDATIONS

3.2.1. Intégration des méthodes classiques de cartographies

Malgré ces nombreuses fonctionnalités analytiques, les SIG souffrent encore de plusieurs lacunes dans le domaine de l'aide à la décision à référence spatiale. Pour combler ces lacunes, la plupart des chercheurs supportent l'idée d'intégrer dans le SIG des outils informatiques (*computing tools*) et de recherche opérationnelle (CHAKHAR, 2006). Ainsi, faire appel à la participation active des acteurs locaux, notamment de la communauté locale à la production de sa cartographie permettrait en effet d'intégrer les facteurs sociaux, culturels et historiques qui affectent plus la délimitation d'un territoire donné que les facteurs écogéographiques. Cette dernière permettrait également d'affiner les polygones suivant les lignes de crête des montagnes, les lignes de cours d'eau, les réseaux routiers dont seuls ces acteurs en ont la parfaite connaissance. A cet effet, une approche beaucoup plus participative à l'égard de ces acteurs devrait servir de complément à cette recherche. La Méthode Accélérée de Recherche Participative ou MARP est l'une de plus utilisées dans ce sens. Leurs apports donneraient sûrement plus de précisions non seulement au niveau des limites territoriales mais surtout dans leurs appréhensions des différents enjeux et problèmes liés au territoire.

Sur le plan technique, les points sous-mentionnés apporteront plus de minutie aux travaux de recherche à venir :

- Utiliser des images à plus haute résolution pour des classifications plus minutieuses;
- Apporter plus de détail aux différents calculs d'accessibilité : différencier les différentes voies de transport lors de l'établissement des impédances et tenir compte des différents moyens de locomotion ainsi que du coût du transport ;
- Confronter la cartographie de délimitation de Fokontany obtenue aux réalités sur terrain en vue de sa validation et son amélioration.

3.2.2. Opérationnalisation de la recherche

La recherche perd en notoriété si elle n'est pas utilisée au profit de la communauté. Ainsi, ce travail débouche sur de nombreuses actions permettant aux localités d'en jouir. Tout un ensemble de raisons convergentes militent a priori pour donner progressivement aux territoires une place privilégiée dans les stratégies futures de développement durable (THEYS, 2002). L'affirmation peut paraître surprenante sachant que le concept a émergé dans un contexte extrêmement éloigné des préoccupations locales. Elle peut aussi sembler très décalée par rapport à la situation actuelle marquée par la "déterritorialisation" des économies, la mobilité généralisée des hommes, des informations et des capitaux, et l'effacement relatif des frontières. Et pourtant elle correspond à une réalité très concrète : aujourd'hui, c'est essentiellement à l'échelle des territoires que les problèmes de

développement durable sont perçus et c'est sans doute également là qu'ils peuvent trouver des solutions à la fois équitables et démocratiques. Munie d'une carte de délimitation territoriale à toutes les échelles, l'étendue des actions de développement sont innombrables. S'orientant beaucoup plus sur l'échelle locale, les objectifs suivants peuvent être énumérés:

Objectif 1 : Clarifier les situations territoriales

La situation territoriale se trouve toujours au cœur d'un conflit que ce soit sur le plan horizontal (entre unités administratives de même niveau : Commune \wedge Commune) que vertical (entre unités administratives de niveaux différents: Commune \wedge Fokontany). D'où l'intérêt d'apporter des précisions sur l'attribution et le champ d'action de chaque entité administrative.

Objectif 2 : Faciliter l'accès aux ressources et aux services

Malgré un potentiel prépondérant, la localité ne peut en jouir sans y avoir librement accès. Il est alors important de tout mettre en œuvre pour tisser un lien entre la communauté, les ressources à exploiter et les différents services en faveur de l'exploitation.

Objectif 3 : Développer et valoriser les potentialités économiques locales

Ce dernier objectif est l'essence même du développement local, un développement qui fait référence à la mise en place ou au renforcement, au sein des communautés et à l'échelle de la collectivité, des conditions qui permettent d'une part à une société de progresser socialement, culturellement et économiquement et, d'autre part, à tous les membres de cette société de participer au progrès et de profiter de ses fruits, le plus équitablement possible. Il s'agit alors de mettre en valeur les ressources locales d'un territoire donné dans le cadre d'une démarche partenariale où s'engagent les principales composantes de la communauté.

Tableau 10 : Cadre logique

<i>Résultats attendus</i>	<i>Activités</i>	<i>Echéances</i>	<i>Responsables</i>	<i>IOV</i>	<i>Moyens de vérification</i>
Objectif 1 : Clarifier les situations territoriales					
Chaque entité administrative se focalise sur ses attributions ainsi que ses champs d'action bien définis.	Restituer à chaque autorité compétente la carte de délimitation de Fokontany Former les responsables administratives en termes de bonne gouvernance et de gestion de conflits	Court terme	Autorités administratives, ONG, population locale	Nombre de plaintes contre l'administration Nombre d'autorités formés	Rapports administratives, Rapports de formation
L'image de l'administration se voit redorée.	Former et conscientiser les responsables administratives	Court terme			

<i>Résultats attendus</i>	<i>Activités</i>	<i>Echéances</i>	<i>Responsables</i>	<i>IOV</i>	<i>Moyens de vérification</i>
Les personnes ainsi que leurs biens sont en sécurité.	Délocaliser les postes de sécurités ainsi que les institutions de sécurisation foncière	Court/moyen terme		Nombre de postes de sécurité, Nombre de délits répertoriés, Documents fonciers	Rapports des centres de sécurité Registres fonciers
Objectif 2 : Faciliter l'accès aux ressources et aux services					
Les infrastructures sont améliorées.	Curer et mettre en norme les canaux d'irrigation Réhabiliter les routes et les pistes	Court/moyen terme	Autorités locales, Service techniques des Ministères spécifiques, Institutions privées de crédit, ONG, population locale	Nombre d'infrastructures renouvelées	Rapports d'activités
Les services rendus aux producteurs sont multipliés, délocalisés et faciles d'accès.	Délocaliser les services de crédit agricoles	Court/moyen terme		Nombre de bénéficiaires de crédits	Registre des institutions de microfinances
Les producteurs sont recyclés et bien formés.	Organiser des formations régulières des producteurs	Court/moyen terme		Taux de production	Base de données des ministères/institutions concernés

<i>Résultats attendus</i>	<i>Activités</i>	<i>Echéances</i>	<i>Responsables</i>	<i>IOV</i>	<i>Moyens de vérification</i>
Objectif 3 : Développer et valoriser les potentialités économiques locales					
Les périmètres agraires évoluent.	Aménager de nouveaux terrains cultivables	Moyen/long terme	Autorités locales, Service techniques des Ministères spécifiques, Institutions privées de crédit, ONG, population locale	Superficie des nouveaux périmètres agraires	Registre des Ministères spécifiques, Registre foncier
Les paysans utilisent des techniques de production modernes, appropriées et performants.	Vulgariser les techniques et les équipements de production modernisée	Court/moyen terme		Fiche technique des producteurs	Base de données des ministères/institutions concernés
Les ressources naturelles sont préservées et valorisées au profit de la population.	Augmenter les aires de conservations naturelles gérées par la communauté	Moyen/long terme		Superficie de nouvelles aires protégées	Base de données des ministères/institutions concernés
Les activités de développement se conforment à des planifications préconçues et prometteuses.	Etablir et mettre en œuvre des plans communaux et locaux de développement	Court/ moyen terme		Nombre de documents relatant une planification, Cahiers des charges	Archives communales

CONCLUSION

L'approche du développement rural a été profondément renouvelée en intervenant sur le développement local, processus participatif utilisant les initiatives locales comme moteur du développement économique et social. Les premières opérations se présentent sous forme de projets d'aménagement des territoires (projets de gestion de terroirs) puis de projets de développement local. Ces derniers se devant de faire face à trois principaux enjeux : répondre aux besoins des populations qui ont dorénavant une position active et responsable ; assurer un développement économique et social à l'échelle du territoire et inscrire la lutte contre la pauvreté et contre les inégalités dans des actions de proximité.

Cette recherche aboutit à la réalisation d'outils permettant une articulation entre les projets de développement local et la décentralisation. Il en découle, suite à une classification supervisée d'images satellitaires, la représentation graphique de l'occupation du sol dans la région d'étude dont le taux de concordance avec la réalité est de l'ordre de 92,16 %. Suite à une classification des pentes et à quelques données collectées sur terrain, la matrice de friction qui est déterminée par le temps qu'il faut pour traverser une unité élémentaire de l'image est obtenue. Cette matrice est à la base des différents calculs d'accessibilités. De cette dernière s'ensuit la carte des qualités d'habitats qui traduisent l'accessibilité aux différentes ressources qu'offre l'espace : points d'eaux permanents, terrains cultivables, réseaux routiers, marchés et autres services d'utilités publics. La superposition des emplacements des chefs-lieux territoriaux à cette carte de viabilité de l'espace montre une tendance de ces points à se situer dans 97,3 % des cas dans les zones plus aptes à la vie.

Aussi, grâce aux différents modules qu'offrent les logiciels de cartographie, une nouvelle représentation graphique de la délimitation communale a été obtenue en se basant sur le fait que la limite se situerait au niveau de tout lieux de rencontre entre deux personnes se déplaçant l'une vers l'autre à partir de deux chefs-lieux voisins. La délimitation nouvellement créée montre une concordance de l'ordre de 94,58 % vis-à-vis de celles existantes. Les 5,42 % d'écarts se rencontrent surtout en zones difficiles d'accès. Cette précision assez élevée conduit alors à l'application du modèle à une échelle plus locale : celle du fokontany.

En résumé, l'intégration de certaines perceptions locales aux méthodes informatisées de cartographie a permis de démontrer que non seulement *l'appropriation anthropique d'une unité spatiale résulte de son accessibilité aux ressources et aux services que cette unité peut offrir* ; mais aussi que *l'accessibilité géographique agit sur la délimitation des unités territoriales*.

Cette recherche dénote qu'il est tout à fait possible d'apporter plus de netteté dans la traduction spatiale des différentes subdivisions administratives, bases de la décentralisation et champs d'action de toutes formes d'interventions pour le développement. Elle demande alors à être appliquée

à l'échelle territoriale nationale. Pour plus d'efficacité, elle devrait faire appel à la participation active des différents acteurs locaux du développement aussi bien lors de l'élaboration que pendant sa mise en pratique. Certainement, ce travail ouvre le champ des possibles en termes d'opérationnalisations. Non seulement il permettrait d'apporter plus de clarté sur les situations territoriales, mais aussi il conduirait à un accès plus commode aux ressources et aux services via une localisation judicieuse, et surtout il faciliterait le développement et la valorisation des potentialités économiques locales.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1] BANQUE MONDIALE, (2007), « Stratégie d'Assistance à Madagascar », Washington DC.
- 2] BENHADJ, I. (2008), *Observation spatiale de l'irrigation d'agrosystème semi-arides et Gestion durable de la ressource en eau en plaine de Marrakech*, Université de Toulouse III - Paul Sabatier.
- 3] BERARD, L. (2011), « Du terroir au sens des lieux », Claire Delfosse, *La mode du terroir et les produits alimentaires*, **51** : 41-55.
- 4] BLANC-PAMARD, C. (1995), « Les savoirs du territoire en Imerina (Hautes terres centrales de Madagascar) », *Le territoire, lien ou frontière ?* **36** : 2-4.
- 5] BOZZANI, S. et L'HOSTIS, A. (2006), « Lille, une métropole sans aéroport international ? Analyse de la performance territoriale du nœud air-fer à grande vitesse de Roissy-Charles-de-Gaulle dans l'accessibilité lilloise », *RTS*. **92** : 44-59.
- 6] CHARDONNEL, Sonia (2001), « La Time-Geography: les individus dans le temps et dans l'espace, Paris : *HERMES Sciences*.
- 7] CHEVEREAU (2014), « Accessibilité des territoires et des services », *Rapport d'étude du Ministère Français de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire*.
- 8] CONESA, Alexis. (2010), *Modélisation des réseaux de transports collectifs métropolitains pour une structuration des territoires*, Thèse de doctorat en Aménagement de l'Espace-Urbanisme, INRETS Université de Lille 1.
- 9] CREAM, C. D. (2013), « Monographie Région Alaotra Mangoro ».
- 10] DECRET N° 63 -192 du 27 Mars 1963 fixant le code de l'urbanisme et de l'habitat (J.O. n° 291 du 31.05.63, p. 1265), modifié par décret n° 69-335 du 29 juillet 1969 (J.O. n° 658 du 09.08.69, p. 1744).
- 11] DE ROBERT P. et DUVAİL S. (2016), « Mettre en carte » le territoire, IRD : *Revue d'ethnoécologie*.
- 12] DE SEDE, M. (2011), « Développement d'observatoires territoriaux, entre complexité et pragmatisme », *L'Espace Géographique*, **45** : 177-198.
- 13] DIENG (2000), « Méthodes et outils de gestion des connaissances », Edition Dunod.
- 14] DIRECTION GENERAL DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'EQUIPEMENT (2015), « Appropriier le territoire et l'aménager pour promouvoir les CTD, le secteur privé. », Présentation du 15 Mai 2015 au Carlton.
- 15] DUMOLARD, P. (1999), « Accessibilité et diffusion spatiale ». In: *Espace géographique*, tome 28, n°3. pp. 205-214.

- 16] EASTMAN, R. J. (2012), « Idrisi Selva tutorial: Manual version 17 », Clark University, Clark lab.
- 17] EPPRECHT, M. and MINOT, N. (2005), « The Geography of Poverty and Inequality in the Lao PDR », Swiss National Centre of Competence in Research.
- 18] FAO (2007), « Analyse de documents en matière de développement rural décentralisé, Décentralisation et développement rural », Rome.
- 19] FERRAND, J.P. (2010), « Définir la notion d'espace ouvert - Un préalable au travail sur les sociotopes ».
- 20] FERRY, L., MIETTON, M., ROBISON, L., ERISMANN, J. (2009), « Le lac Alaotra à Madagascar : passé, présent et futur », *Zeitschrift Fur Geomorphologie*, **53** : 299-318.
- 21] GIRARD, C. (1999), « Traitement des données de télédétection », DUNOD Ed. Paris, p. 326 à 334.
- 22] GIRAUT, F. (2013), « Étude comparée des politiques d'aménagement du territoire et de développement régional dans les pays du sud », Direction Générale de La Coopération Internationale et du Développement.
- 23] GUO, L. (2010), « Reforming land management for equitable growth and social cohesion », *Journal of Land Use and Environment Planning*, **10** : 1-12.
- 24] HADJADJ (2011), *Apport des SIG et des images satellites pour la cartographie numérique de la forêt du Chettabah, Gestion durable des écosystèmes forestiers*, Mémoire pour l'obtention du diplôme Magister, Université El-Hadj Lakhdar Batna Institut Des Sciences Vétérinaires Et Des Sciences Agronomiques.
- 25] HAYOT, C. (2006), *Analyse biomécanique 3D de la marche humaine : Comparaison des modèles mécaniques*, Faculté des Sciences Fondamentales et Appliquées - Ecole doctorale Sciences et Ingénierie en Matériaux, Mécanique, Énergétique & Aéronautique, Secteur de Recherche : Biomécanique et Bio-ingénierie.
- 26] JOERIN, F., NEMBRINI, A., REY, M.C. et DESTHIEUX, G. (2001), « Information et participation pour l'aménagement du territoire ; Rôle des instruments d'aide à la décision », *Revue Internationale de Géomatique spécial SIG et développement du territoire*, Éditions Hermès, **11** : 309-332.
- 27] KAUFMANN, V. (2005), « Motility: Mobility as Capital », *International Journal of Urban and Regional Research*, **28**: 45 – 56.
- 28] KELLY, M., FLOWERDEW, R., FRANCIS, B. et HARMAN, J. (2002), « Measuring accessibility for remote rural populations », *Higgs*, **9**: 199-211.
- 29] KNAPP, E.B., NELSON, A. and LECLERC, G. (2000), « Methodologies for integrating data across geographic scales in a data rich environment: Examples from Honduras », Project report.

- 30] LRHCHA, I. (2011), « Cours pratique de télédétection : méthodes et techniques de traitement d'images satellitales à partir du logiciel ENVI », Université d'Artois, 30p.
- 31] LU, D. et WENG, Q. (2007), « A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance ». *International Journal of Remote Sensing*, **28**: 823-870.
- 32] MAYTE, B. (2009), « L'espace ouvert pour une nouvelle urbanité. Géographie ». Université Michel de Montaigne - Bordeaux III.
- 33] MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE LA DECENTRALISATION, AMBASSADE DE FRANCE A MADAGASCAR (2011), « Décentralisation - Coopération décentralisée française à Madagascar 2006-2010 ».
- 34] MOREAU, J. (1980), « Le Lac Alaotra à Madagascar : cinquante ans d'aménagement des pêches ». *O.R.S.T.O.M., Série Hydrobiologie*, **13 (3-4)** : 171-179.
- 35] MÜLLER, J.P. et AUBERT, S. (2011), « L'ontologie pour construire une représentation multi-niveau de et par les systèmes sociaux », In : 18èmes Journées de Rochebrune : Rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes naturels et artificiels, 19-23 janvier 2009, Rochebrune, France. *Echelles et modélisation multi-niveaux*. s.l. s.n., 12 p. 18, 2011-01-16/2011-01-22, Rochebrune, France.
- 36] PAGT. (1993), « La gestion des terroirs aujourd'hui: quels enjeux? quel sens? quels contenus? Niger ».
- 37] PNAT : Politique Nationale de l'Aménagement du Territoire (2006).
- 38] PREVIL, C., BENOIT, S.O. et WAAUB, J.P. (2004), « Aide au processus décisionnel pour la gestion par bassin versant au Québec : étude de cas et principaux enjeux », Groupe d'études interdisciplinaires en géographie et environnement régional (GEIGER), Département de géographie, Université du Québec à Montréal , *Cahiers de Géographie du Québec* Volume **48**, n° 134.
- 39] RICHER, C. (2015), « Mesurer l'accessibilité territoriale par les transports collectifs. Proposition méthodologique appliquée aux pôles d'excellence de Lille métropole ». *Cahiers de géographie du Québec*.
- 40] RADONARISON (2015), *Analyse de la dynamique spatio-temporelle du paysage forestier à l'échelle écorégionale de Madagascar*, Mémoire d'ingénieur en sciences agronomiques et environnemental au grade de Master en Foresterie et Environnement, ESSA-Forêts, Université d'Antananarivo.
- 41] RANDRIAMALALA (2015), *Analyse de la dynamique spatio-temporelle du Lac Alaotra et de l'occupation du sol dans le Bassin Versant du Maningory*, Mémoire d'ingénieur en sciences agronomiques et environnemental au grade de Master en Foresterie et Environnement, ESSA-Forêts, Université d'Antananarivo.

- 42] RAKOTO, R.H., RATOVOSON, A.A.N., RAVOKATRA, T.M. ET RAKOTO, P.Y. (2011), « Réduction des Emissions dues à la Déforestation et à la Dégradation (REDD), changement d'occupation de sol – Analyse spatiale de la situation dans la région d'Analanjirifo. Silo National des Graines Forestières ». *Atelier sur l'exploitation des acquis de la recherche pour une meilleure gestion des forêts*, 19-21 octobre 2011.
- 43] RAKOTONIAINA, S., RAKOTOMANDRINDRA, P., RANAIVOARIMANANA, S., et RAKOTONDRAOMPIANA, S. (2013), « La cartographie et la télédétection comme système de suivi-évaluation des TGRN. Exemple de site d'application : la commune de Didy, région d'Alaotra-Mangoro, Madagascar ». CIRAD Madagascar.
- 44] RAKOTOVAO, A.A.H. (2013), *Essai d'évaluation du stockage de carbone des mangroves de la station forestière d'Antrema (Katsepy : région Boeny-Madagascar)*, mémoire de fin d'étude DESS-SE, département de biologie animale, Université d'Antananarivo.
- 45] RATOVOSON, A.A.N. (2012), *Dynamique et modélisation spatiale des mangroves du littoral Sud de Maintirano dans le cadre de la Réduction des Emissions dues à la Déforestation et Dégradation des Forêts (REDD+)*, mémoire de DEA, Ecole supérieure des sciences agronomiques, Université d'Antananarivo.
- 46] RAZAFINDRAKOTO, Y., TEYSSIER, A., ANDRIANIRINA, R. et RAZAFINDRALAMBO, R. (2009), « Decentralizing Land Management in Madagascar : Process, Innovations and Initial Outcomes, (Décentralisation de l'aménagement du territoire à Madagascar: processus, innovations et résultats initiaux) », manuscrit.
- 47] RINDA, H. A., RAMAROHETRA, M., RAMAHENINA, N. H., Codyl (2009), « Les représentations Sociales du développement local à Madagascar », DIFP, Université d'Antananarivo.
- 48] ROCHARD, J. (2001), « Le terroir : du territoire à l'écosystème culturel », *Revue des œnologues*, **101** : 51-52.
- 49] ROUVELLAC, E., DELLIER, J., GUYOT, S. (2011), « Entre terroir et territoire », *L'espace géographique*, **40** : 337-351.
- 50] THEYS, Jacques. (2002), « L'approche territoriale du " développement durable ", condition d'une prise en compte de sa dimension sociale », *Développement durable et territoires*.
- 51] TOILLIER, A. et SERPANTIE, G. (2007), « Concilier conservation et développement : un nouvel enjeu pour l'aménagement du territoire ? Le corridor de Fianarantsoa, Madagascar », *Géocarrefour*, **82** : 209 – 218
- 52] TRAVAUX de la commission de géographie rurale du comité national de géographie (1995), *Terroirs et territoires*, Nantes, Institut de Géographie et d'Aménagement Régional de l'Université de Nantes (IGARUN)

- 53] VOIRON, C. et CHERY, J.P. (2005), « Espace géographique, spatialisation et modélisation en dynamique des systèmes », *Res-Systemica*, **5** :10 – 20.
- 54] WILLIAMSON, I. (2001), « International Experience on Land Administration Framework », (Expérience internationale sur le cadre de l'administration foncière), *Rapport préparé pour le Projet de l'administration foncière d'Indonésie*, financé par la Banque mondiale, Djakarta, Indonésie.
- 55] YOU, J. (2003), *Towards developing a travel time forecasting model for location-based services: a review*, Department of Urban and Regional Planning, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- 56] VAN DEN BRINK, R. (2006), « Madagascar : Land and Property Rights Review », *Madagascar : Revue des droits foncier et de propriété*, Banque mondiale, Washington, DC.

ANNEXES

Annexe 1. Caractéristiques de la zone d'étude

❖ CADRE BIOPHYSIQUE

○ Hydrologie

Le bassin versant du Maningory est doté d'important réseau hydrographique sous forme de système lacustre et de cours d'eau. Plusieurs lacs sont rencontrés dans la région dont les plus connus sont le lac Alaotra qui est le plus grand lac de Madagascar, et le lac Antsomangana d'Andilamena. La moitié du Lac Alaotra se trouve dans le district d'Amparafaravola entre les communes rurales de Tanambe, d'Ambohitrarivo et de Vohimena.

En ce qui concerne les cours d'eau, plusieurs d'entre eux déversent leurs eaux dans le lac Alaotra. Près de ces affluents sont aménagés les périmètres irrigués caractéristiques de la zone.

- la Sahabe qui se déverse et se prolonge dans le Lac Alaotra par un chenal de 3 km, constituant une voie d'eau pour les pirogues des pêcheurs ;
- la Sahamaloto irriguant un périmètre rizicole de plus de 6.000 ha ;
- l'Anony irriguant un périmètre rizicole de 4.476 ha ;
- l'Imamba/Ivavaka irriguant un périmètre rizicole de 2.671 ha ;
- la réserve d'eau du barrage Bevava (Vallée Marianina), irriguant un périmètre rizicole de 3.653 ha.

La Maningory qui est le seul exutoire du lac Alaotra passe sur la limite Nord du district d'Ambatondrazaka et se jette dans l'océan Indien.

Par ailleurs, de nombreuses rivières sillonnent aussi le district d'Andilamena pour arroser sa plaine. Elles alimentent également les lacs dont Antsomangana et quelques barrages de retenue. Par la suite, elles se déversent dans la Bemarivo qui les conduit dans la province de Mahajanga pour se jeter enfin dans le Canal de Mozambique.

○ Relief

La Région Alaotra Mangoro se présente comme une cuvette bordée de montagnes escarpées formées par la falaise de l'Angavo à l'Ouest et celle de Betsimisaraka à l'Est. De vastes plateaux constitués par une large dépression à fond plat caractérisent la partie Nord de la région avec les cuvettes de l'Alaotra, d'Andilamena et de Didy. L'altitude moyenne y est estimée à 700 m.

La zone la plus basse abrite les marais ou « *zetra* » et les eaux libres comme le lac Alaotra et le lac Antsomangana.

○ **Géomorphologie et pédologie**

La cuvette de l'Alaotra est constituée par cinq formations lithologiques : alluvions récentes et anciennes ; migmatites ; gneiss ; migmatites granitoïdes ; et granites migmatitiques.

A propos de la pédologie, la zone d'étude se caractérise par l'existence des sols ferrallitiques à couche superficielle latéritique d'épaisseurs variant de 10 à 50 cm. Ce type de sol est particulièrement favorable à l'érosion et à la formation de *lavaka*. Ces *lavaka* forment en effet un paysage caractéristique des reliefs de la Région Alaotra Mangoro et ne présentent aucun intérêt agricole. Au niveau des plaines fluvio-lacustres, les sols sont de deux types :

- hydromorphes moyennement organiques. Ce sont des sols à texture très argileuse fine, aptes à la riziculture;
- hydromorphes tourbeux ayant une aptitude bonne à moyenne pour la riziculture inondée, moyenne pour l'agriculture de contre-saison sans irrigation.

○ **Formation végétale**

Trois groupes de formations végétales caractérisent la cuvette Alaotra et d'Andilamena :

- la prairie qui constitue la plus grande partie des bassins versants de l'Alaotra et de la Zone d'Andilamena. Elle comprend 2 sous-groupes: la prairie à graminées (*bozaka*) ; la prairie à buissons et fougères sur sols siliceux.
- la végétation des sols alluviaux marécageux constituée essentiellement de « *Via* » (*Typhonodorum lindleyanum*) et de « *zozoro* » (*Cyperus madagascariensis*) (papyrus malgache), aux alentours des plans d'eau comme le lac Alaotra et le lac Antsomangana ;
- la forêt ombrophile à sous-bois herbacé, représentée surtout dans la partie Sud-Est du bassin. Sur les hauts plateaux, cette forêt a généralement été détruite par les feux de brousse et a laissé place à la prairie à *bozaka*.

○ **Faune**

La zone marécageuse du lac Alaotra est surtout réputée pour ses oiseaux, ses poissons et ses lémuriens. Cependant, nombreuses espèces de la faune de cette zone sont menacées ou en voie de disparition.

Oiseaux : Le fuligule de Madagascar (*onjy* : *Aythya innonata*) et la Grève de Delacours (*Tachybaptus rufulvatus*) sont en voie de disparition. D'autres espèces sont menacées dont: la Grèbe Malgache (*Tachybaptus pelzanii*) et le héron de Humblot (*Ardea humbloti*).

Poissons : Actuellement, il ne reste que 4 à 5 espèces de poissons dans les marécages du lac Alaotra. Toutes ces espèces sont exotiques, sauf quelques rares individus indigènes. Il est à signaler que certaines espèces de poisson sont dégénérées et en voie de disparition.

Lémuriens : Les espèces végétales des zones marécageuses du lac Alaotra constituent le seul habitat du petit lémurien *Hapalémur griseus alaotrensis* (*bandro*). Cet animal est actuellement en voie de disparition.

Toutefois, le lac Alaotra est inscrit dans la Convention RAMSAR vue cette richesse en biodiversité vouée à la protection. La convention a pour mission « la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides par des actions locales, régionales et nationales et par la coopération internationale, en tant que contribution à la réalisation du développement durable dans le monde entier ».

❖ MILIEU HUMAIN

La population totale de la Région Alaotra Mangoro avoisine 1 175 581 habitants en 2009 dont la plupart se trouve à Ambatondrazaka (28,9 %) et à Amparafaravola (26,1 %).

La zone d'étude est peuplée surtout par l'ethnie Sihanaka, suivie de très loin par les Merina. Les Betsimisaraka viennent en troisième position avant les Betsileo et les Antandroy. Le reste est composé de groupes minoritaires venant du reste de l'Ile.

Le mouvement de la population se fait entre les districts voire les communes d'un même district et se justifie par l'existence de pôles de travail. Parfois, l'accentuation de la période de soudure incite la population à se déplacer temporairement. Les autres ethnies migrent vers la région pour effectuer des travaux agricoles essentiellement dans les rizières tels que le labour à la charrue, le repiquage, le désherbage et la moisson du riz entre autres.

Annexe 2. Présentation de l'analyse de la distance de coût

Du point de vue de la cellule, l'objectif des outils de coût est de déterminer le chemin de moindre coût pour atteindre une source pour chaque emplacement de cellule dans la fenêtre d'analyse. Le chemin de moindre coût cumulé vers une source, la source vers laquelle se dirige le chemin de moindre coût, et le chemin de moindre coût lui-même doivent être déterminés pour chaque cellule.

Les outils de distance de coût sont similaires aux outils euclidiens, à la différence qu'au lieu de calculer la distance réelle séparant deux emplacements, ils déterminent la distance pondérée la plus courte (ou le coût de déplacement cumulé) séparant chacune des cellules de la cellule la plus proche. Ces outils appliquent la distance en unités de coût et non pas en unités géographiques.

Tous les outils de distance de coût nécessitent à la fois un jeu de données source et un raster de coût en entrée. La sortie de l'outil Distance de coût enregistre le coût cumulé de déplacement entre chaque cellule et la source la plus proche.

Prenons par exemple les emplacements source suivants, identifiés en tant que valeurs 1 et 2 dans le diagramme :

		1
2		

Emplacements source en entrée

L'itinéraire de moindre coût cumulé pour le trajet de la cellule source 1 (orange foncé) jusqu'à la destination (l'icône de l'école) est 10,5.

5.0	7.5	10.5
2.5	5.7	6.4
	1.5	3.5

Distance du coût pondéré calculé pour chaque cellule

Annexe 3. Principe du module cost back link ou antécédence de coûts

Le raster de distance de coût en sortie identifie le coût cumulé pour chaque cellule pour revenir à l'emplacement source le plus proche, mais il n'indique pas vers quelle cellule source revenir ni comment y arriver. L'outil Antécédence de coût renvoie un raster de direction en sortie, et fournit donc ce qui est essentiellement une carte routière qui identifie l'itinéraire à emprunter à partir de n'importe quelle cellule, ainsi que le coût le moins onéreux, pour revenir à la source la plus proche.

L'algorithme pour le calcul du raster d'antécédence affecte un code à chaque cellule. Le code se compose d'une séquence de nombres entiers allant de 0 à 8. La valeur 0 permet de représenter les emplacements source, puisqu'ils ont déjà atteint le but (la source). Les valeurs allant de 1 à 8 codent la direction dans le sens horaire en partant de la droite. Ci-dessous figure la symbologie par défaut appliqué à la sortie directionnelle, accompagnée d'un diagramme de flèches dans lequel les flèches directionnelles correspondent à la symbologie de couleur :



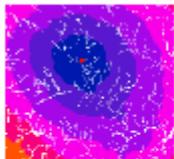
Par exemple, si une cellule en sortie se voit attribuer la valeur 5 pour le chemin de moindre coût menant à une source, ce chemin doit passer à la cellule voisine de gauche. Si cette cellule reçoit la valeur 7, le chemin doit être au nord, etc.

D'après l'exemple présenté à la section précédente, le chemin le moins onéreux pour aller de la cellule de valeur 10,5 à la source (l'école) est un trajet en diagonale, à travers la cellule ayant la valeur 5,7. Le raster d'antécédence indique la direction du déplacement entre chaque cellule et la source la plus proche.

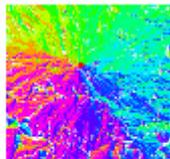


L'algorithme de direction attribue la valeur 4 à la cellule de valeur 10,5 et 4 à la cellule de valeur 5,7. En effet, (d'après le codage de direction décrit ci-dessus) il s'agit de la direction du chemin de moindre coût ramenant à la source de chacune de ces cellules.

Cette procédure est appliquée pour toutes les cellules du raster d'antécédence en sortie, et permet de générer une sortie qui indique la direction vers laquelle se déplacer à partir de chaque cellule du raster de distance de coût pour revenir à la source.



Exemple de distance du coût
pondéré



Exemple de direction du coût
pondéré

La délimitation finale de la zone d'étude constitue les limites de la sortie de direction des coûts pondérés.

Annexe 4. Matrice de confusion pour la validation de la délimitation

		Points de contrôle (Carte commune 2016)																												Total	Erreur de commission (%)	Précision (%)									
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈				C ₂₉	C ₃₀	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₃₅		
Carte commune 2008	C ₁	152	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	164	7,32	92,68
	C ₂	-	86	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87	1,15	98,85	
	C ₃	1	-	92	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96	4,70	95,83	
	C ₄	-	-	-	78	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	2,50	97,50	
	C ₅	-	-	1	-	108	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	109	0,92	99,08	
	C ₆	9	-	-	-	-	122	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132	7,58	92,42	
	C ₇	-	5	-	-	-	-	135	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140	3,58	96,42	
	C ₈	-	-	-	2	-	1	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83	3,62	96,38	
	C ₉	-	-	-	-	-	-	-	-	151	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	155	2,58	97,42
	C ₁₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64	1,56	98,44
	C ₁₁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	286	-	11	-	-	-	-	3	-	-	-	-	89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	439	34,85	65,15
	C ₁₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	135	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	213	36,62	63,38
	C ₁₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	199	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	199	0,00	100,00
	C ₁₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	187	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	187	0,00	100,00
	C ₁₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	141	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	144	2,09	97,91
	C ₁₆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	310	1	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	314	1,28	98,72

	Points de contrôle (Carte commune 2016)																												Total	Erreur de commission (%)	Précision (%)								
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈				C ₂₉	C ₃₀	C ₃₁	C ₃₂	C ₃₃	C ₃₄	C ₃₅	
C ₁₇	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	49 4	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500	1.20	98.80
C ₁₈	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	26,00	74,00
C ₁₉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	66	-	-	-	-	-	7	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76	13.16	86.84
C ₂₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13 4	-	10 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	237	56.54	43.46
C ₂₁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	237	0.00	100.00
C ₂₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	240	0.00	100.00
C ₂₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	10 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195	48.72	51.28
C ₂₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	71 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	724	1.66	98.34
C ₂₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	29	-	-	-	15 5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	188	17.55	82.45
C ₂₆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	6	-	-	-	12 0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	127	5.51	94.49
C ₂₇	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	382	0.00	100.00
C ₂₈	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15 6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	156	0.00	100,00
C ₂₉	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15 2	-	1	-	-	-	-	1	-	154	1,30	98,70
C ₃₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12 1	-	-	2	-	-	-	123	1,63	98,37	
C ₃₁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	11 8	-	-	-	-	-	119	0,85	99,15	
C ₃₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	13 5	-	-	-	5	-	141	4,26	95,74	
C ₃₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	99	1	-	-	-	105	5,72	94,28	
C ₃₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	-	-	45	-	-	49	8,70	91,83		
C ₃₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83	83	0,00	100,00	
Total	162	91	93	81	111	135	137	81	164	113	379	139	217	187	147	310	495	176	68	103	266	258	268	726	155	124	382	156	158	158	123	123	135	101	4689	6492	5,42		
Erreur d'omission (%)	6,20	5,50	1,10	3,71	2,96	9,63	1,46	1,24	7,93	44,25	24,54	2,88	5,69	0,00	4,09	0,00	0,20	78,98	2,94	0,00	10,90	6,98	62,69	1,93	0,00	3,23	0,00	0,00	3,80	1,63	3,28	0,00	1,99	2,18	6,75	5,42	5484		

Carte commune 2008

Points de contrôle (Carte commune 2016)																												Total	Erreur de commission (%)	Précision (%)				
C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₂ ₂	C ₃ ₃	C ₄ ₄	C ₅ ₅	C ₆ ₆	C ₇ ₇	C ₁₈	C ₉ ₉	C ₀ ₀	C ₂₁	C ₂ ₂	C ₂₃	C ₂ ₄	C ₂ ₅	C ₂ ₆	C ₂ ₇	C ₂ ₈				C ₂ ₉	C ₃ ₀	C ₃ ₁	C ₃ ₂	C_{3}_{3}	C_{3}_{4}	C_{3}_{5}
Précision globale de la classification											94,58																							

C1 à C35 sont successivement : Ambandrika, Ambatondrazaka Suburbaine, Ambatosoratra, Ambodimanga, Amparihitsokatra, Ampitatsimo, Andrebakely Sud, Antsangasanga, Beanana, Bejofo, Ambohitrarivo, Ampasikely, Antanimenabaka, Andilamena, Feramanga Nord, Ilafy, Ranomainty, Andilana Nord, Ambohimandroso, Ambatondrazaka, Bemaitso, Amparafaravola, Sahamamy, Soalazaina, Amboavory, Tanambao Besakay, Andilاناتoby, Ambohijanahary, Anororo, Morarano Chrome, Ambatomainty, Ambohitsilaozana, Vohitsara, Tanambe, Manakambahiny Andrefana.