

LISTE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Ménages enquêtés par quartiers	9
Tableau 2. Les responsables administratifs enquêtés.....	9
Tableau 3. Délimitation administrative de la zone de recherche.....	12
Tableau 4. Données climatiques d'Andasibe (1960-1990).....	14
Tableau 5. Les espèces endémiques de Torotorofotsy.....	21
Tableau 6. Migrations externes à Menalamba.....	23
Tableau 7. Zonage des zones humides de Torotorofotsy.....	29
Tableau 8. Classification et occupation du sol en 1990.....	48
Tableau 9. Classification et occupation du sol en 2000.....	48
Tableau 10. Classification et occupation du sol en 2016.....	49
Tableau 11. Cyclones passés dans la région entraînant des inondations à Andasibe.....	57
Tableau 12. Comparaison de la production rizicole d'Andasibe par rapport à Morarano Gara	61

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Schéma récapitulatif de la démarche de recherche.....	11
Figure 2. Localisation de la zone de recherche.....	13
Figure 3. Topographie de la zone de recherche.....	16
Figure 4. Hydrographie de la zone de recherche.....	18
Figure 5. Evolution du nombre de la population du 1999-2015.....	22
Figure 6. Répartition des activités économiques de population de Menalamba.....	23
Figure 7. Cartographie des fonctions des zones humides de Torotorofotsy.....	28
Figure 8. Tendances générales de la température extrême de Madagascar de 1961-2005.....	32
Figure 9. Diminution des précipitations de Madagascar pendant les périodes de 1961-2005.....	33
Figure 10. Allongement de la saison sèche à Madagascar.....	34

Figure 11. Evolution de la température de la zone de recherche du 1961-1990 et de 1996-2000.....	35
Figure 12. Variation de la quantité mensuelle des pluies de 1996-2000 en relation avec la normale observée.....	36
Figure 13. Evolution spatio-temporelle des zones humides de Torotorofotsy de 1990-2016.....	47
Figure 14. Evolution de la superficie des unités d'occupations du sol dans les zones humides de Torotorofotsy	50
Figure 15. L'état du marais de Torotorofotsy en 2017.....	51
Figure 16. Bilan de l'eau dans les marais de Torotorofotsy	54

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photo 1. Image obtenue à l'aide des compositions colorées des canaux 453.....	7
Photo 2. Forêt de Pandanaceae (Fandrana/vakoana) à Ankaimalambo.....	19
Photo 3. Femme tisseuse à Maromahatsinjo.....	23
Photo 4. Des matières organiques responsables de la rétention d'eau dans les marais.....	30
Photo 5. Site de ponte des oiseaux à Ankazomirahavavy.....	31
Photo 6. Habitat de <i>Sarothura watersi</i> à Ankaimalambo.....	31
Photo 7. Culture de haricots et un canal de drainage dans le noyau dur.....	31
Photo 8. Glissement de terrain observé le long du By-Pass vers Ampitambe.....	38
Photo 9. Feux de défrichement à Ambohitrapanga.....	40
Photo 10. Parcelle labourée à Sahavarina.....	40
Photo 11. Marais asséché à Ankarongana	41
Photo 12. Noyau dur desséché à Sahavarina.....	53
Photo 13. Sol hydromorphe à Sahavarina au 18°51'47, 7' S- 48° 21' 16'' E	55
Photo 14. Des canaux de drainage séchés à Maromahatsinjo.....	56
Photo 15. Inondations à Andasibe.....	58
Photo 16. Fragments de Cyperaceae à Sahavarina.....	59

ACRONYMES

- B.M : Banque Mondiale
- B.N.G.R.C : Bureau National de Gestion des Risques et des Catastrophes
- BRGM : Bureau de Recherche Géologique et Minière
- C.I.D.E : Centre d'Information et de Documentation sur l'Environnement
- C.I.D.S.T : Centre d'Information, de Documentation Scientifique et Technique
- C.I.R.E.E.F : Circonscription de l'Environnement des Eaux et Forêts
- CITE : Centre d'Information Technique et Economique
- CPM : Coefficient Pluviométrique Mensuel
- D.G.M : Direction Générale de la Météorologie
- E.I.E : Etude d'Impact Environnemental
- ESSA : Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
- F.T.M : Foiben-Taosaritanin'i Madagasikara
- FDR : Fiche Descriptive sur les zones humides Ramsar
- GPS : Global Position System
- INSTAT : Institut National de la Statistique
- IRD : Institut de Recherche pour le Développement
- MNT : Modèle Numérique de Terrain
- ONE : Organisation Nationale pour l'Environnement
- ONG : Organisme Non Gouvernemental
- ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
- PCD : Plan Communal de Développement
- PGES : Plan de Gestion Environnementale Spécifique
- PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

SIG : Système d'Information Géographique
TM : Thematic Mapper
UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
UTM : Universal Transverse Mercator

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

GLOSSAIRE

Biodiversité : La biodiversité est un terme qui désigne la diversité du monde vivant à tous les niveaux : diversité des milieux (écosystèmes), diversité des espèces, diversité génétique au sein d'une même espèce.

Crue : La montée générale du niveau d'un cours d'eau jusqu'à un maxima.

Ecosystème: Ensemble dynamique d'organismes vivants (plantes, animaux et microorganismes) qui interagissent entre eux et avec le milieu (sol, climat, eau, lumière) dans lequel ils vivent.

Ecotone : Zone de transition entre deux écosystèmes voisins telle que la lisière d'un marais

Equilibre écologique : Equilibre naturel entre les êtres vivants et leur milieu.

Fokontany : Groupe de villages ayant formé l'unité de base de la commune. Il comprend des hameaux, des villages, des quartiers.

Hydromorphe : se dit d'un sol engorgé par de l'eau de façon permanente ou périodique

Lentique : Ensemble des plans d'eaux douce stagnante

Lotique : Ensemble des eaux courantes constitué par des réseaux hydrographiques.

Marais : Terrain recouvert en permanence d'une nappe d'eau peu profonde où croissent en abondance des plantes aquatiques.

Marécage : Terrain spongieux saturé d'eau

Noyau dur : Zone réservée pour la protection exclusive d'un écosystème

Ramarasana : Champ faisant l'objet de culture sur une formation végétale défrichée.

Tourbières : Etendue humide caractérisée par une saturation quasi-permanente en eau dont la base est constituée par des matières organiques.

Zonage : Classification d'un site en différentes zones selon leur occupation et leur utilisation.

Zone tampon : Zone bordant le noyau dur

INTRODUCTION GENERALE

Aujourd'hui, les problèmes environnementaux préoccupent la quasi-totalité des pays du monde. Ils se manifestent principalement par la perturbation de l'équilibre de l'écosystème, la dégradation de la partie superficielle du sol et l'assèchement des milieux humides.

Les zones humides sont une surface de la terre où l'eau reste le principal facteur qui domine et contrôle le milieu naturel. Elles sont un ensemble des milieux où la nappe phréatique apparaît près de la surface du sol. En fait, le terme zone humide a son origine de l'Anglais « wetland » aux Etats Unis au début du XVIIe siècle¹. Elles constituent des zones à haute potentialité écosystémique qui recouvrent 6,4% de la surface terrestre soit une superficie de 1,5 milliards d'hectare. Le 02 février 1971, les Etats du globe se sont réunis à Ramsar, en Iran, pour l'adoption d'un traité intergouvernemental. Ce traité a pour but de conserver et d'utiliser rationnellement les zones humides afin de fournir un habitat aux oiseaux d'eau. Mais au fil des années, la convention a élargi son domaine en prenant en compte l'importance des zones humides comme des écosystèmes qui conservent la diversité biologique et même pour le bien être humain. D'après la convention de Ramsar, en 1975, la superficie des zones humides mondiales atteignait 570 millions de km² tandis qu'en 2013 elles n'ont couvert qu'une superficie de 197 millions d'hectares². Vu les diverses formes de dégradation des zones humides en 2013, plus de 2060 zones humides ont été classées sites d'importance internationale.

Considérés comme pays à mégadiversité très importante, d'endémisme élevé, les milieux aquatiques continentales malgaches sont constitués des milieux lotiques et des milieux lentiques³. Ayant ratifié la Convention de Ramsar par le décret 98-261, le 02 février 1998, Madagascar est devenu le 113ème des pays membres. Actuellement, le pays possède vingt (20) zones humides classées site Ramsar.

Classés comme une zone humide d'importance internationale, les marais de Torotorofotsy font partie des zones humides de la région Alaotra Mangoro plus exactement dans le district de Moramanga, commune Andasibe. Il occupe la quatrième place parmi les

¹Ramsar, 1971

²Ramsar, 2013

³ Elouard J.M et al, 2001

zones humides malgaches mais troisième par sa superficie et ses écosystèmes. Ces milieux offrent une grande variété de fonctions naturelles utiles à l'humanité et aux différents groupes d'êtres vivants⁴.

Aujourd'hui ces zones sont en forte régression un peu partout dans le monde. En raison de leur morphologie, ces milieux particulièrement vulnérables sont soumis aux différentes pressions. Ainsi, les zones humides de la partie orientale de Madagascar, comme Torotorofotsy, sont menacées, par les différentes interventions anthropiques. Alors, le présent mémoire intitulé « **Dégradation des zones humides de Torotorofotsy, Commune rurale d'Andasibe- District de Moramanga, Région Alaotra Mangoro** » vise à spatialiser les différentes formes de dégradation des zones humides et leurs facteurs respectifs. Pour mieux cerner la recherche, nous allons adopter trois grandes parties :

-La première partie identifie la problématique et la démarche suivie pour la conception de ce mémoire avec les caractères géographiques de la zone de recherche.

-La deuxième partie présente les divers facteurs qui ont accéléré la dégradation des marais de Torotorofotsy.

-Enfin, la troisième partie traite la dynamique de l'occupation du sol et ses impacts dans les marais et les milieux environnants.

⁴Songadina N°21, 2014

PREMIERE PARTIE.

PROBLEMATIQUE-DEMARCHE DE RECHERCHE ET CARACTERES GEOGRAPHIQUES DE LA ZONE DE RECHERCHE

En adéquation avec les objectifs du présent mémoire, il a fallu adopter la démarche déductive. Cette démarche consiste à explorer la recherche à partir de la documentation en vue d'émettre des hypothèses impliquant une vérification sur terrain, une étape indispensable à tout travail de recherche. Et la compilation des données recueillies permet de présenter les résultats escomptés pour cette recherche.

CHAPITRE I. PROBLEMATIQUE ET DEMARCHE DE RECHERCHE

Considéré comme un fil directeur de toute la recherche, on ne peut pas oublier de mettre des questions repères pour atteindre aux objectifs.

I. 1. Problématique et objectifs de la recherche

Actuellement, les milieux humides malgaches commencent à se détériorer. Cette situation est préoccupante dans le site de Torotorofotsy. Ainsi la problématique de la présente recherche s'organise autour de la question suivante : «**Dans quelle mesure les éléments du milieu naturel et les facteurs anthropiques interviennent-ils dans l'évolution des zones humides de Torotorofotsy?**» Cette question essentielle a soulevé deux autres questions secondaires mais pertinentes : pourquoi la dégradation des zones humides de Torotorofotsy constitue-t-elle une menace pour l'environnement ? Et quels sont les facteurs déterminants de cette dégradation ?

Les attentes concernant cette recherche sont multiples. Cela incite à fixer les objectifs suivants :

- ✓ Déterminer les causes de la dégradation des zones humides
- ✓ Mettre en évidence la dynamique de l'occupation du sol dans le site.
- ✓ Faire connaître la valeur écologique du site afin de le protéger

Ces objectifs permettent d'émettre les hypothèses suivantes :

- ✓ La dégradation des zones humides de Torotorofotsy est due en partie à des causes naturelles
- ✓ Les actions anthropiques constituent une des principales raisons de cette destruction.

Les zones humides de Torotorofotsy ont comme rôle d'entretenir l'équilibre hydrologique et écologique. Ce site est considéré internationalement site Ramsar par son endémicité, en écosystème floristique et faunistique. Ainsi, il est nécessaire de le protéger dans le but de maintenir l'équilibre de l'écosystème dans la zone de recherche. Grâce à l'ampleur des fonctions des zones humides sur l'environnement et le milieu physique ce sujet se révèle particulièrement intéressant. En définitive, le choix du sujet est justifié par la conscience des problèmes liés aux dégradations des zones humides de Torotorofotsy. En plus,

cette zone est gérée par l'Asity, la présence de cette Association permet d'accéder facilement aux informations nécessaires sur terrain grâce à l'aide de leurs agents.

Afin de répondre à la problématique et atteindre aux objectifs du présent mémoire, la partie suivante explique la démarche adoptée pour cette recherche.

I.2.Démarche de recherche

Une démarche déductive a été adoptée pour faire les recherches. Elle consiste à élaborer les recherches à partir de bibliographie et de documentation relative au thème et au sujet. La vérification des données et des connaissances pré-requises l'a suivi pendant les travaux de terrain. Sous cet angle la recherche a suivi trois étapes: primo la phase de documentation, secondo la phase de terrain et tertio la phase post-terrain.

I.2 .1. La phase de documentation

La documentation est divisée en deux grandes parties : l'exploration bibliographique, webographique et la recherche cartographique.

I.2. 1. 1. La recherche bibliographique et webographique

Elle a été effectuée auprès des différents centres de documentation et bibliothèques à Antananarivo : C.I.T.E Ambatonakanga, C.I.D.E Antaninarenina, Bibliothèque de la Géographie Ankatso, Bibliothèque Universitaire Ankatso, à l'E.S.S.A, au sein du C.I.D.S.T Tsimbazaza, I.R.D Ambatoroka,...

Des ouvrages généraux et spécialisés, des mémoires, des revues, des rapports d'études nationaux, régionaux se rapportant au sujet ont été consultés. Afin de compléter les données utiles pour l'élaboration de la recherche, on s'est documenté aussi auprès du bureau géologique et de la météorologie d'Ampanomby.

Par ailleurs, considéré comme appui à la recherche, on n'a pas oublié de consulter les sites scientifiques nécessaires : revue géo, www.ramsar.org, hal.archives-ouvertes.fr...

1.2.1.2. Recherche cartographique

Pour mieux connaître les aspects géographiques de la zone de recherche, quelques données cartographiques et photographiques ont été consultées.

I.2.1.2.1. Documentation cartographique

La carte 1/500000ème du F.T.M, feuille N°8 du 1990 a servi de document de base et a permis d'avoir une idée concrète sur le milieu. On a consulté aussi la carte géologique, feuille 1/200000- feuille N° 33 Brickaville- Moramanga. Toutefois, étant relativement ancienne, elle ne peut refléter les réalités actuelles. Cependant, elle constitue un document de référence dans l'évolution du milieu naturel. Par conséquent, on a utilisé des bases de données comme celles de BNGRC, du F.T.M.

I.2. 1.2.2. Documentation photographique

Les documents photographiques, permettant de connaître l'évolution dans le paysage, s'avèrent nécessaire comme toute recherche en géographie. Etant donné le coût élevé des photographies aériennes, des données satellitaires ont été utilisées pour bien identifier les différentes composantes du paysage. Dans le cadre de la présente recherche, on a travaillé sur des images Landsat acquis respectivement le 25 Octobre 1990, le 19 Avril 2000 et le 12 Décembre 2016.

En effet, le capteur Landsat permet de bénéficier d'une large gamme de données disponibles et permet d'avoir un suivi plus ou moins régulier sur les vingt-six (26) dernières années. C'est ainsi que des images issues de deux capteurs ont été utilisés : des images TM pour l'année 1990 et 2000, OLI-TIRS pour l'année 2016.

De ce fait, la recherche à partir des images est très intéressante dans la mesure où elle permet de fournir d'innombrables renseignements sur le domaine de la recherche. Le traitement de ces images se fait à l'aide de quelques outils et des techniques spécifiques semblables aux données.

I.2. 1.3. Traitements des données

Pour ce mémoire, on a utilisé la télédétection dans le but d'analyser des données satellitaires.

L'interprétation des images a été réalisée avec le logiciel ERDAS Imagine 14. Après avoir effectué les traitements préliminaires sur les images (correction géométrique, calage...) on a effectué des compositions colorées qui vise à associer les canaux 453 dans l'ordre colorimétrique (Rouge Vert Bleu). L'interprétation des images par une classification non supervisée a été réalisée seulement après les compositions colorées. Cette classification a permis de détecter les différents éléments du milieu naturel comme les plans d'eaux, les couvertures forestières. De plus, un contrôle de qualité et des itérations par la correction géométrique ont été fait à chaque étape jusqu' à l'obtention de résultats satisfaisants.

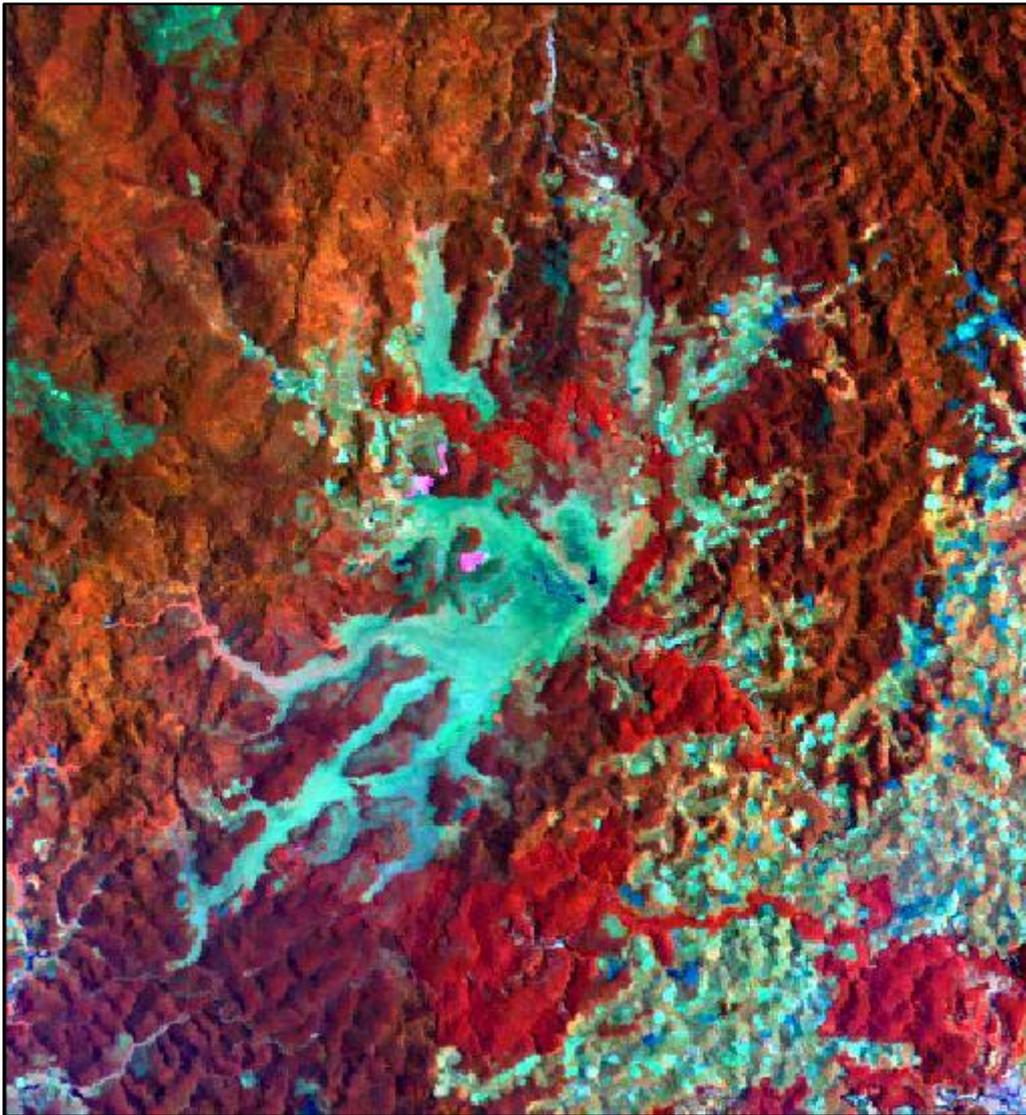


Photo 1. Image obtenue à l'aide des compositions colorées des bandes 4- bandes 5 bandes 3

Landsat 7 TM du Mai 2017, conception de l'auteur

Le SIG a été utilisé de manière significative avec l'ArcMap afin d'établir une esquisse de carte qui reste un document de base de terrain

Compte tenu de l'objet du présent mémoire qui vise à localiser dans l'espace les raisons et les impacts de la dégradation des zones humides de Torotorofotsy, il est indispensable de noter au fur à mesure des observations directes sur le terrain.

I.2 .2. La phase des travaux de terrain

Cette étape consiste à faire «la vérité terrain ». C'est la vérification des informations obtenues, par la visualisation des images, sur terrain qui a été effectuée en 20 jours avec la pratique des différentes techniques.

I. 2. 1.1 Des observations sur terrain

Il s'agit des observations directes de la limite des zones humides de Torotorofotsy en n'oubliant pas de prendre des photos reflétant la réalité du terrain. Durant cette mission, on a recouru aussi à la recherche de quelques coupes significatives de la dynamique des marais. Aux coordonnées 18°51'51,7''Sud, 48°22'23,9''Est, des canaux de drainage ont été analysés de près pour un essai d'interprétation de l'évolution des marais et du cours d'eau qui le draine.

Etant donné que les zones humides de Torotorofotsy se divisent en plusieurs secteurs, en fonction de l'aménagement, le noyau dur a été délimité à l'aide d'un G.P.S avec des quatre points essentiels prélevés dans le but de comparer sa superficie dans deux années différentes (l'année du dernier zonage et l'année de la présente recherche). De plus, le long des travaux de terrain, les phénomènes de l'érosion considérés comme une des causes de destruction des marais ont été spatialisés.

I.2 .1.2. Enquêtes sur terrain

Cette étape a été très importante dans la réalisation du présent mémoire car elle a permis de soutirer le plus de renseignements possibles sur les enjeux de la dégradation du site de recherche. Des enquêtes à l'aide des questionnaires guides ont été effectuées, le contenu dépend le type de personnes à enquêter. En effet, le principal but est de connaître les activités de la population qui ont de grands impacts sur le milieu. De plus, seules les populations locales connaissent les phénomènes climatiques et hydrologiques sur la zone de recherche.

Le Fokontany Menalamba comporte sept quartiers mais les enquêtes ont été faites uniquement dans les quartiers très proches des marais où les propriétaires des parcelles et des artisans dépendant des marais sont les plus nombreux. (Cf. Tableau 5)

Tableau 1. Ménages enquêtés par quartiers

Quartiers	Nombre ménages	Ménages enquêtés
Maromahatsinjo	37	10
Ambohitrapanga	25	07
Sahavarina-Ankarongana	44	15
Behontsa	30	10
TOTAL	136	42

Enquêtes de l'auteur 2017

Pour compléter des données concernant le site de recherche, des entretiens ont été réalisés auprès des différents responsables administratifs (cf. tableau 6) parce qu'ils sont les seuls à pouvoir fournir des renseignements sur les limites administratives du territoire et la dégradation des zones humides de Torotorofotsy.

Tableau 2. Les responsables administratifs enquêtés

Organismes/ Collectivités de base/Autres	Responsable Asity	Responsable Commune	Responsables Fokontany	Chefs Quartiers	Association Mitsinjo	Institu- teurs EPP
Nombre	03	01	01	03	01	03

Enquêtes, Auteur 2017

→ Ces résultats donnent un taux d'échantillonnage de 28,76%, ces chiffres sont assez importants car ils représentent l'ensemble des villages concernés.

I.2 .3. La phase post-terrain

Cette étape consiste à rassembler toutes les données recueillies sur terrain. Le dépouillement des données écologiques et sociales ont mis en évidence les principaux facteurs

qui expliquent l'évolution des zones humides de Torotorofotsy. Divers logiciels ont été exploités pour traiter ces informations selon les résultats obtenus : des logiciels de télédétection, du S.I.G mais aussi l'outil de bureautique (Office 2013).

De nombreux problèmes ont été rencontrés que ce soit durant la phase de documentation soit pendant les travaux de terrain.

Contraintes et limites de la recherche

Au cours de la documentation, des livres récents qui soulignent les aspects du milieu physique de la zone de recherche sont moins nombreux, en conséquence il a fallu composer avec d'anciens ouvrages.

Pour les travaux de terrain, diverses enquêtes ont été effectuées dans le Fokontany de Menalamba. Par crainte de pression, liée à leur occupation illicite dans les zones humides de Torotorofotsy, les collectivités locales répliquent aux questions en racontant leur méfiance vis-à-vis de l'Asity et la société Sherritt Ambatovy.

De plus, certaines personnes ont refusé de répondre aux questions sans être rémunérées. Il y a aussi la peur des personnes à enquêter face aux étrangers c'est pourquoi leurs réponses manquent parfois de cohérence. Certaines personnes n'ont pas répondu aux questions posées mais elles ont insisté sur leur nécessité d'utiliser cette espace. De multiples enquêtes ont été effectuées par divers organismes dans la zone mais la population ne trouve pas une amélioration de sa condition de vie avec ces diverses enquêtes c'est pourquoi certaines personnes ont renoncé à être enquêtées. Par conséquent, il s'est avéré assez difficile de constituer certaines données sur le milieu de vie des paysans.

Le schéma ci-contre résume toutes les étapes adoptées lors de la réalisation du présent mémoire.

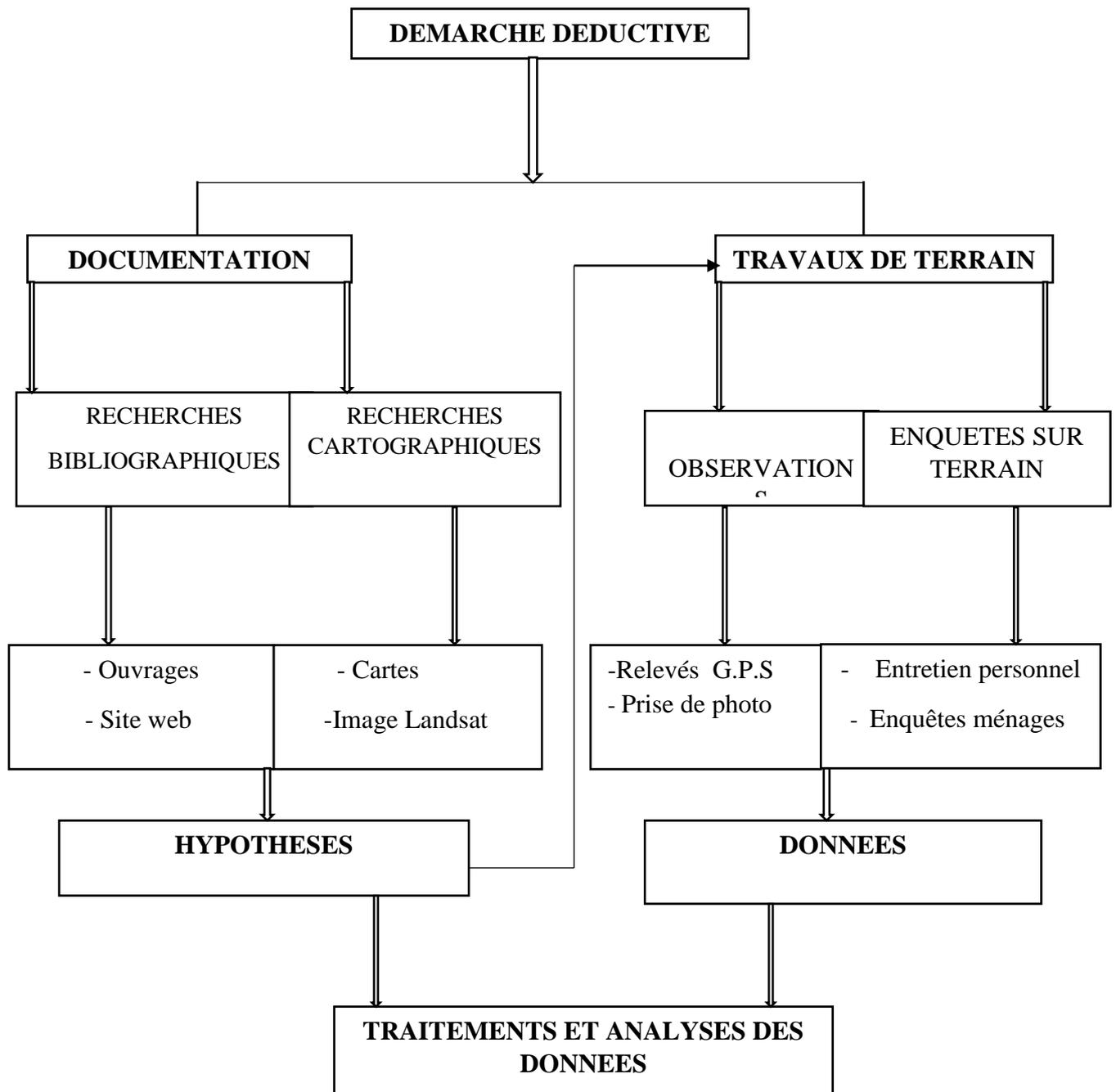


Figure 1. Schéma récapitulatif de la démarche de recherche

Conception de l'auteur, 2007

Pour mieux cerner le travail, il est nécessaire de présenter les caractères géographiques de la zone où l'on intervient.

CHAPITRE II. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE DE RECHERCHE

Se trouvant dans le district de Moramanga, à 20 km à l'Ouest d'Andasibe, les marais de Torotorofotsy font partie du Fokontany Menalamba.

Le site Ramsar de Torotorofotsy, avec environ 9776 Ha, est localisé dans la Commune rurale Andasibe, District de Moramanga, région Alaotra Mangoro à une altitude de 850 à 1200 m (cf. Figure 1).

Il se trouve entre :

- La latitude 18° 46'30'' - 18°52'0'' Sud
- Longitude 48°20'30'' - 48°31'30 Est

Administrativement, Torotorofotsy est limité par : la Commune Morarano Gara au Nord, par Lakato au Sud, à l'Est par Ambatovola ainsi par la Commune Ambohibary à l'Ouest.

Tableau 3. Délimitation administrative de la zone de recherche

LIMITE	COMMUNE RURALE
Nord	Morarano Gara
Sud	Lakato
Est	Ambatovola
Ouest	Ambohibary

Source : PCD de la Commune rurale d'Andasibe, 2014

Milieus naturels exceptionnels, les marais de Torotorofotsy constituent une unité naturelle à diverses fonctions.

LOCALISATION DES MARAIS DE TOROTOROFOTSY

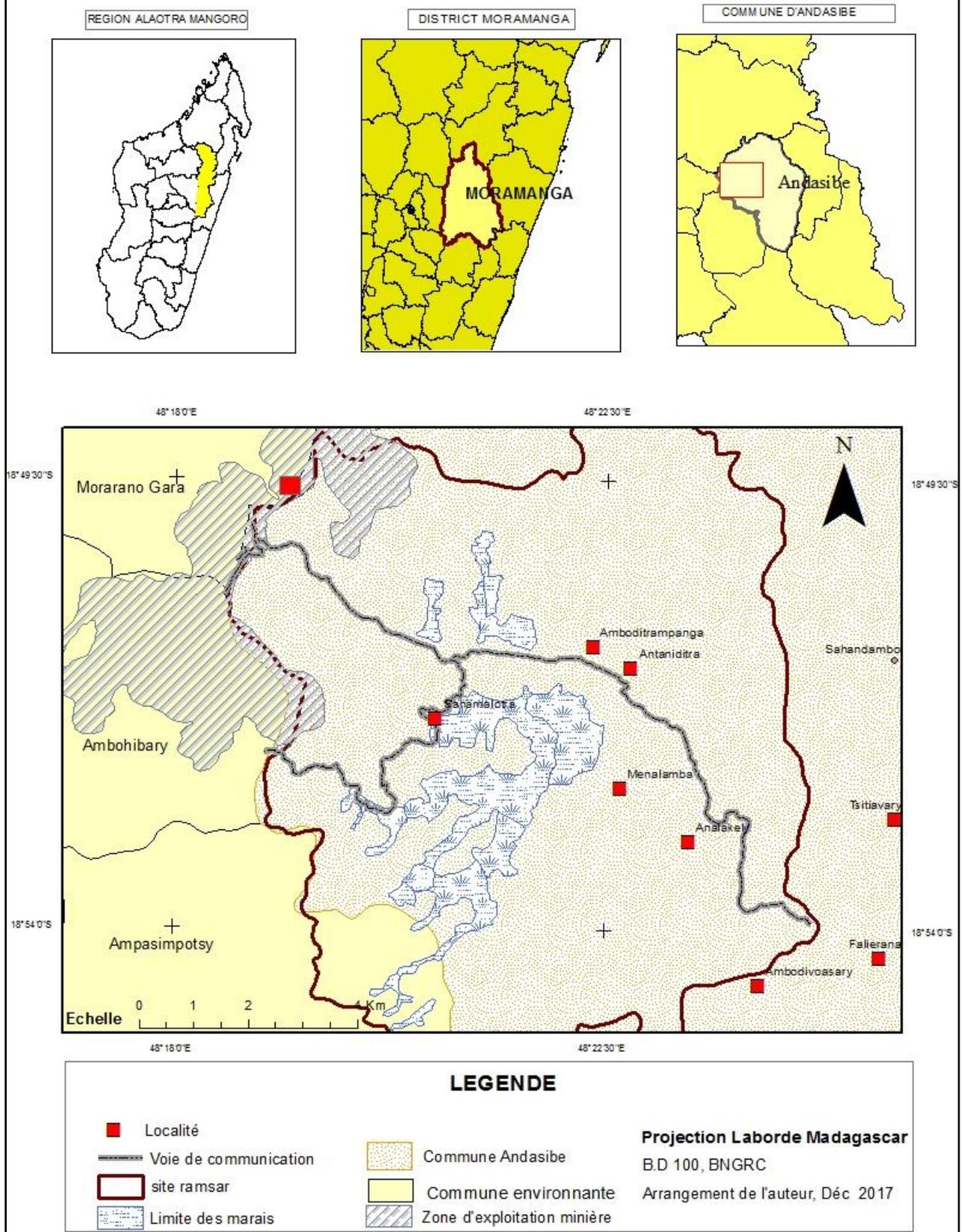


Figure 2. Localisation de la zone de recherche

II.1. Conditions favorables du milieu naturel

Situé au versant oriental Malgache, Torotorofotsy bénéficie d'une situation géographique favorable à des biotypes très variés.

II.1.1. Un climat typiquement humide

Le climat de Torotorofotsy ne se différencie pas du climat de la côte Est de Madagascar, avec des précipitations abondantes et une chaleur constante. Torotorofotsy appartient au domaine au vent de l'Alizé.

Selon Donque (1975), le domaine au vent de l'Alizé trouve son unité dans l'abondance des précipitations annuelles et l'absence d'une véritable saison sèche. En tout cas, il n'existe pas de saison sèche bien définie dans la région mais seulement une diminution des précipitations. L'essentiel des pluies est apporté par les courants d'Est, l'effet orographique y est fondamental. Par conséquent, le climat de Torotorofotsy est de type tropical humide.

L'utilisation des formules des coefficients pluviométriques mensuelles (C.P.M.) d'Angot⁵ permet de dégager les saisons dans le site de la recherche.

$$C. P. M = \frac{\text{hauteur des pluies mensuelles}}{\text{hauteur des pluies annuelles}} \times 365$$

Tableau 4. Données climatiques d'Andasibe (1961-1990)

Mois	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
Précipitations (mm)	58	50,2	28	60,9	143,6	255,3	253	227,2	173,4	68,2	44,4	38,4
Température (°C)	15,9	16,1	17,5	19,7	21,3	22,2	22,5	22,8	22	21	19	16,8
C.P.M	0,48	0,42	0,24	0,51	1,24	2,14	2,12	2,11	1,45	0,59	0,37	0,33

Direction de la météorologie d'Ampandrianomby avec arrangement de l'auteur

⁵Péguy, 1959

Dans la région, la saison très humide se situe entre les mois de Novembre et Mars avec des précipitations moyennes annuelles de 1400 mm dont le C.P.M est supérieur à 1. Par contre la saison fraîche s'étale entre le mois d'Avril jusqu'au mois de Septembre où le coefficient pluviométrique est inférieur à 1. La température maximale du site atteint 23°C toutefois la température du mois le plus froid est de 15°C. Il est à noter que la période de l'intersaison se situe au mois de Juillet et d'Août, où l'on a un coefficient de 0,4.

II.1.2. Une topographie assez variée

La zone de recherche est limitée à l'Est par l'escarpement Betsimisaraka et à l'Ouest par l'escarpement de l'Angavo. Elle une dépression allongée de direction Nord-est, Sud-ouest à 950 m d'altitude (cf. figure3). Cette dépression forme les marais de Torotorofotsy.

Les marais de Torotorofotsy comprennent quatre marais d'origine naturelle :

- ⇒ Marais de Mokaranana et de Vondrona dans la partie Nord,
- ⇒ Le marais d'Andasimbiavy dans la partie Sud
- ⇒ Le marais de Sahavarina et Torotorofotsy au centre avec le lac d'Ankaimalambo.

Ces marais sont entourés par des collines d'une altitude moyenne de 1040 m à 1080 m recouvertes par des forêts. Ainsi ils sont formés par des alluvions lacustres pliocènes⁶.

⁶Raunet, 1997

TOPOGRAPHIE DE LA ZONE DE RECHERCHE

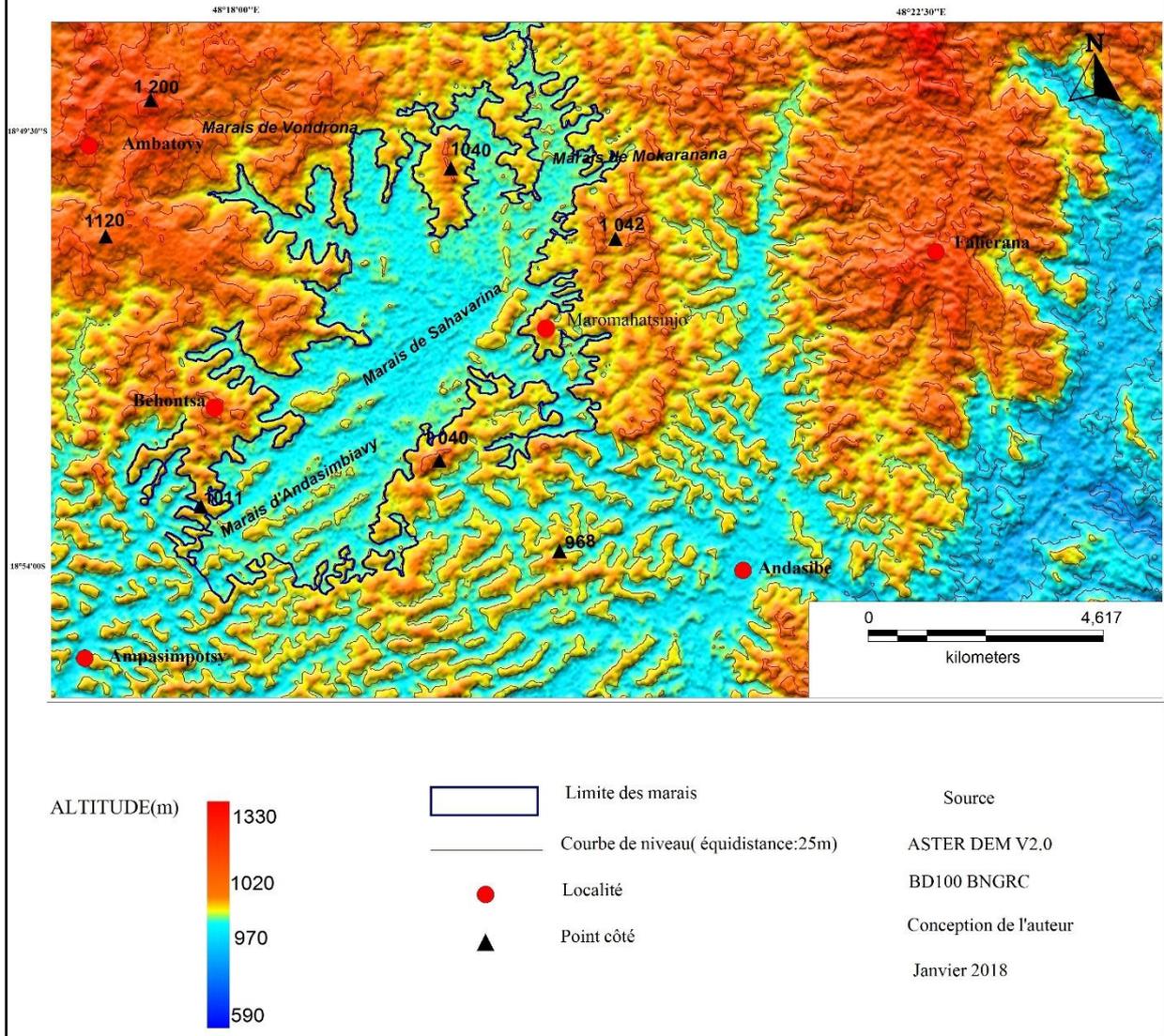


Figure 3. Topographie de la zone de recherche

II.1.3. Un substrat géologique assez homogène

Les zones humides de Totorofotsy se trouvent sur le socle cristallin malgache et appartiennent au système du graphite. Généralement, les zones humides de Totorofotsy sont toutes formées par des roches métamorphiques avec une prédominance des migmatites.

Au Nord-Ouest, se trouve le complexe d'Antampombato, un massif semi-éruptif de Crétacé supérieur, composé de syénite, de Gabbros et de Péridotites selon Rantoanina (1961). Ces intrusions, dues à la tectonique, fournissent, par altération, une partie du matériel de comblement des marais de Torotorofotsy⁷. L'altération du quartzite entraîne un sédiment sableux qui caractérise les marais. Par ailleurs, la pédologie dans le marais est constituée par des sols hydromorphes formés en présence d'un excès d'eau. Ils sont formés par des matériaux argilo-limoneux ou argilo-sableux.

II.1.4. Une hydrographie très dense

La zone de recherche est drainée par un réseau hydrographique très développé qui prend sa source dans la zone d'exploitation de la mine de la société Ambatovy à Analamay. Il est constitué par de nombreuses rivières qui se déversent dans le Firikana au point 223 160 Est et 791 1047 Sud. Il est tributaire de la rivière Sahatandra, qui traverse le village d'Andasibe avant de rejoindre l'Ivohitra.

Les marais de Torotorofotsy sont traversés par les rivières suivantes :

- Torotorofotsy au Nord-Ouest,
- Firikana, Antsahamenarano au Nord-Est
- Sorindra à l'Ouest
- Behontsa au Sud

⁷(Rantoanina, 1961)

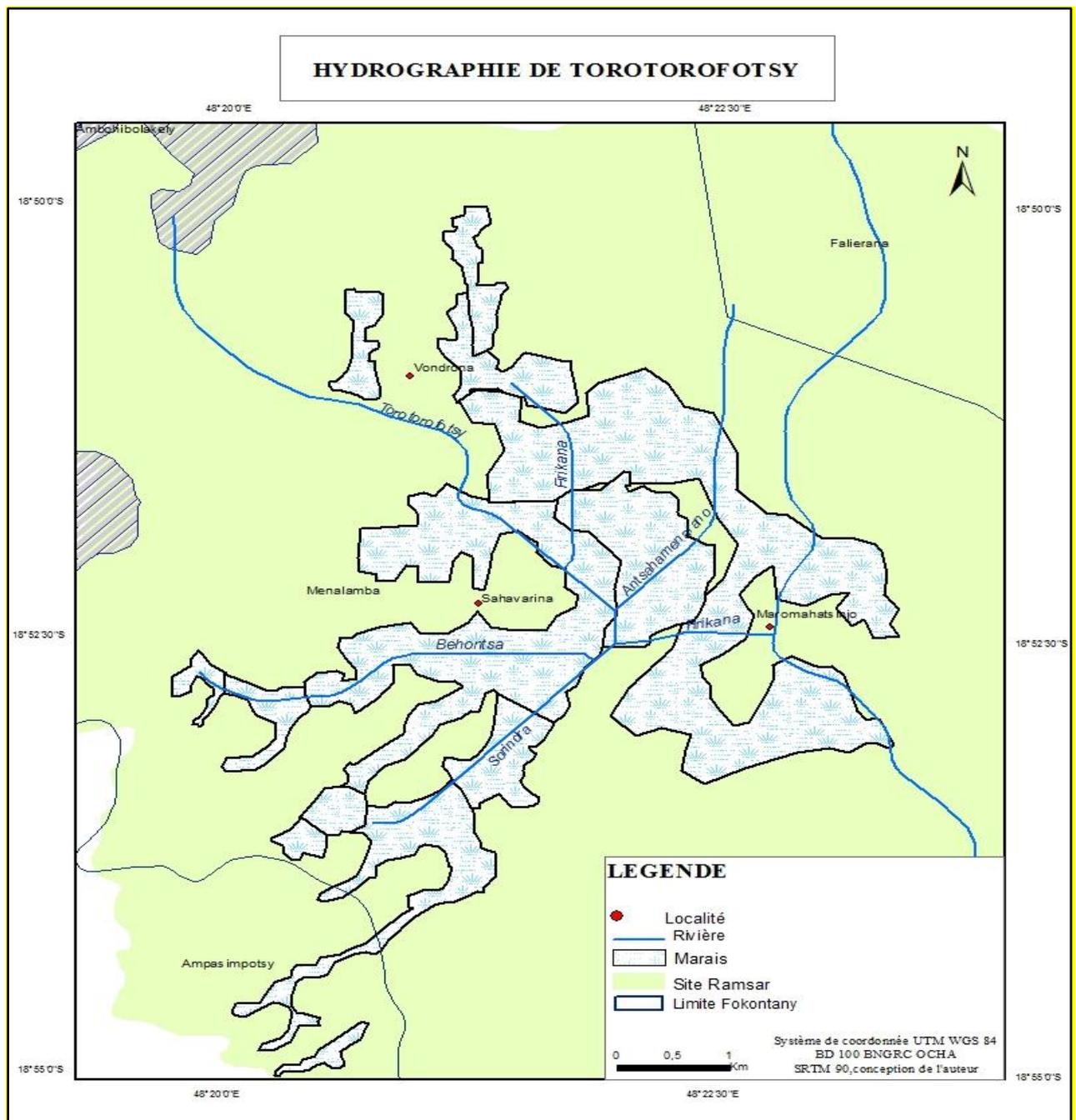


Figure 4. Hydrographie des zones humides de Torotorofotsy

Parmi les zones humides du versant oriental, les marais de Torotorofotsy sont dotés d'une situation géographique héritée de la région orientale de Madagascar.

II.2. Un milieu biotique sensible à l'activité humaine

Les zones humides de Torotorofotsy possèdent des caractéristiques écologiques de moyenne altitude qui sont très sensibles aux activités anthropiques.

II.2.1.Des formations végétales riches

La région se distingue par sa richesse en biodiversité floristique. Les formations végétales sont constituées par des végétations marécageuses herbacées et hydromorphes. Ces formations représentent environ 95 % des écosystèmes floristiques du marais. La formation végétale de Torotorofotsy présente une stratification qui comprend des espèces particulières.

- La première strate de 10 à 20m de hauteur est composée d'une espèce de Pandanaceae dominée par le *Pandanus pulcher* (Fandrana,Vakoana). Il s'agit d'une vaste étendue de formation végétale, sur un sol hydromorphe, qui se trouve à la lisière du marais. C'est une formation écotone se développant entre le marais et les forêts environnantes (cf. Photo 2)⁸.
- La seconde strate de 8 à 10m de hauteur est dominée par *Gymnosporia divaricata* (Célastraceae)
- La troisième strate de 1 à 4 m de haut, est formée par des Cypéraceae (cf. Photo 3) dont l'*Eleocharis plantaginea* (Harefo), *Lepironia* sp (Penjy), *Cyperus madagascariensis* (zozoro), *Cyperus latifolius*(Herana) sont les plus dominants. Ce sont des formations édaphiques caractérisées par une forte humidité du sol. Etant donné que la nappe phréatique est très proche du sol, toute la végétation est complètement inondée en saison des pluies. La fougère est une espèce typique de cette formation occupant une grande partie des marais.

⁸ (Rajaonarivony, 2008)



Photo 2. Forêt de Pandanaceae (Fandrana, Vakoana) à Ankaimalambo

Cliché de l'auteur, Oct. 2017

Ces formations végétales fournissent des habitats naturels aux espèces faunistiques de la zone de recherche. Sa topographie et son régime pluviométrique expliquent cette diversité faunistique avec 70 espèces d'animaux⁹.

II.2.2. Une faune endémique très menacée

Par ailleurs, l'existence du milieu aquatique constitue un facteur favorable pour la faune aviaire. Ainsi, le marais abrite des oiseaux d'eaux comme le *Sarothura watersi* (Vorombary). Dans les espaces de Cypéraceae, le *Rallus madagascariensis* (Tsikimenamaso), *l'Ardeola idae* (Fiandrivotatatra fotsy) sont fréquemment observés.

Les différentes prospections effectuées, par Ambatovy et Asity, révèlent une richesse de la faune batracienne dans le marais. Trente-neuf (39) espèces ont été identifiées dont la grenouille *Mantella aurantiaca* (Sahona mena) qui connaît un taux d'endémisme élevé par rapport aux autres espèces.

Trois grandes espèces de faune présentent un statut particulier dans le site (cf. Tableau 5)

⁹Asity Andasibe

Tableau 5. Les espèces endémiques de Torotorofotsy

Espèces	Nom	Statut
Grenouille	Mantella aurantiaca (Sahona mena)	Gravement menacé, rare, endémique
Poissons	Rhecles alaotrensis (Katrana)	Rare, endémique
Oiseaux	Sarothura watersi (Vorombary)	En danger d'extinction

Source. Asity Andasibe, 2017

En conséquence, ces espèces représentent une endémicité très importante de 94%¹⁰. Mais la destruction de leur habitat conduit à l'extinction des espèces comme la grenouille dorée *Mantella Aurantiaca* (Sahona mena) et les oiseaux d'eaux *Sarothura watersi* (Vorombary).

« *L'Homme apparaît donc comme le seul, l'unique responsable de la dégradation de la biosphère laquelle n'a pas encore atteint l'apogée de son évolution*¹¹. »

Les marais de Torotorofotsy abritent des écosystèmes faunistiques très variés. En dépit des activités de la population, dépendantes des ressources naturelles, le milieu bioécologique est menacé de dégradation.

II.2.3. Une population dépendante des ressources naturelles

Le Fokontany de Menalamba est l'un des espaces le plus peuplés de la commune. Il s'agit d'une zone portant des écosystèmes naturels variés qui attirent de nombreux immigrants en provenance des communes environnantes.

¹⁰Ramanandraibe, 2009

¹¹Ramade, 1995

II.2.3.1. Inégale répartition de la population

Le Fokontany de Menalamba s'étend sur 99,20 km² de superficie. La population est estimée à 1965 habitants (Enquêtes, Oct. 2017) soit 14, 53 % de la population de la commune. Cette population est essentiellement jeune ; en effet, 48% de la population ont moins de 20 ans¹².

La population de Menalamba est composée de Bezanozano, de Betsimisaraka et de Merina. Le fokontany comprend sept (07) quartiers. Il se subdivise en hameaux très dispersés sur un rayon allant jusqu' à 10 km comme ceux d'Ambohitrapanga et de Behontsa¹³

En effet, cet aspect est dû aux flux migratoires internes dans la région. Le plus élevé se situe entre 2000 et 2009 où la population a augmenté de 152% par rapport à l'effectif de la population initiale de 1998¹⁴. Les quartiers de Sahavarina, Menalamba et de Morarano reçoivent le plus de migrants dans le but d'exploiter les marais et de faire le bûcheronnage.

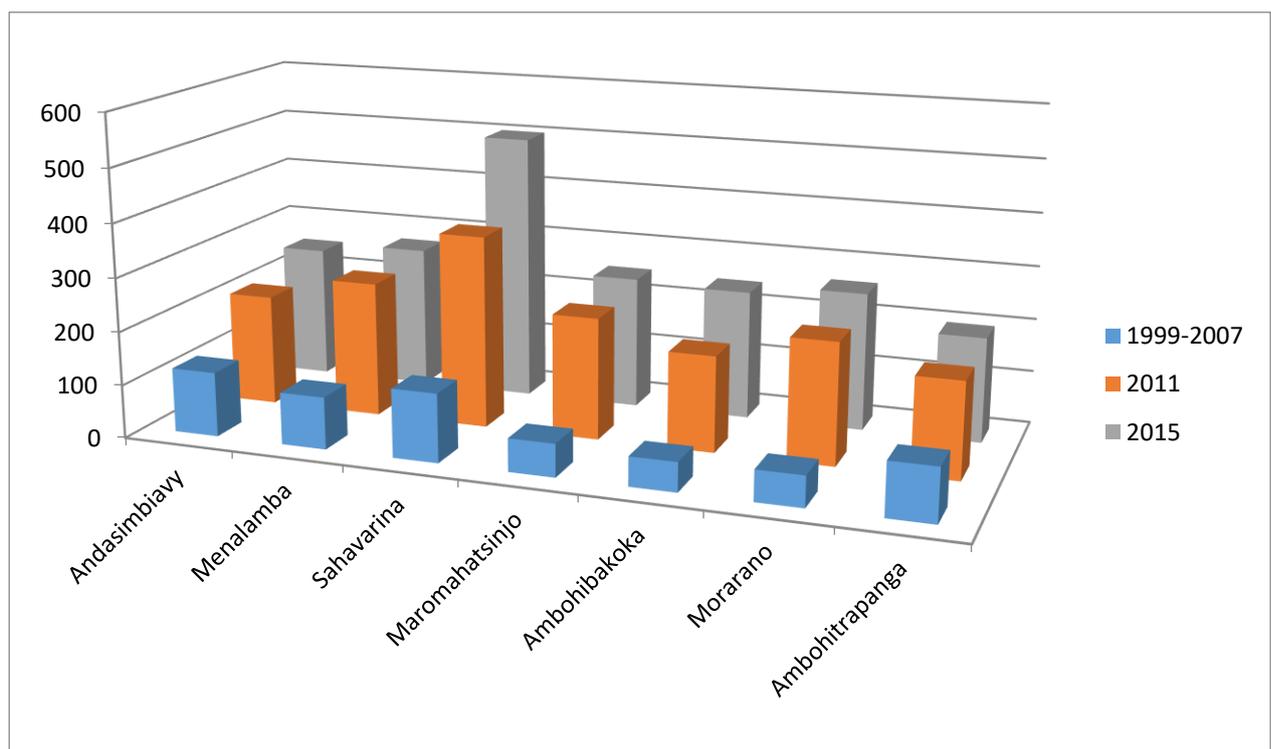


Figure 5. Evolution du nombre de population du 1999-2015

Rajaonarivony 2008, enquêtes 2017, arrangement de l'auteur

¹²PCD Andasibe, 2014

¹³Enquêtes, Oct. 2017

¹⁴Rajaonarivony, 2007

On constate une augmentation du nombre d'habitants pour chaque hameau. Cette augmentation est le résultat d'une migration externe des populations venant d'Anjzorobe, d'Ampitambe et d'Andasibe pour diverses raisons (cf. Tableau 6).

Tableau 6. Migrations externes à Menalamba

Provenance	Destination	Motif
Betatao Anjzorobe	Sahavarina- Ankarongana-Andasimbiavy	Exploitation du marais en rizière-rejoindre leur famille
Ampitambe Andasibe	Behontsa- Morarano- Maromahatsinjo	Bûcheronnage

Enquêtes de l'auteur en 2017

II.2.3.2. Une population majoritairement agricole

Dans le fokontany de Menalamba, 1% de la population travaille dans le domaine de la forge, 3% sont des fonctionnaires ; 16% des habitants sont bûcherons et la majorité de la population (76%) sont des agriculteurs. Cependant, les activités agricoles n'arrivent pas à assurer les besoins de la population locale à cause du système cultural encore traditionnel.

Les cultivateurs pratiquent principalement des cultures vivrières ; par exemple le riz, le manioc. De plus, on trouve aussi dans les marais des cultures maraîchères comme les haricots, les légumes feuilles. Les produits sont essentiellement destinés à l'autoconsommation.

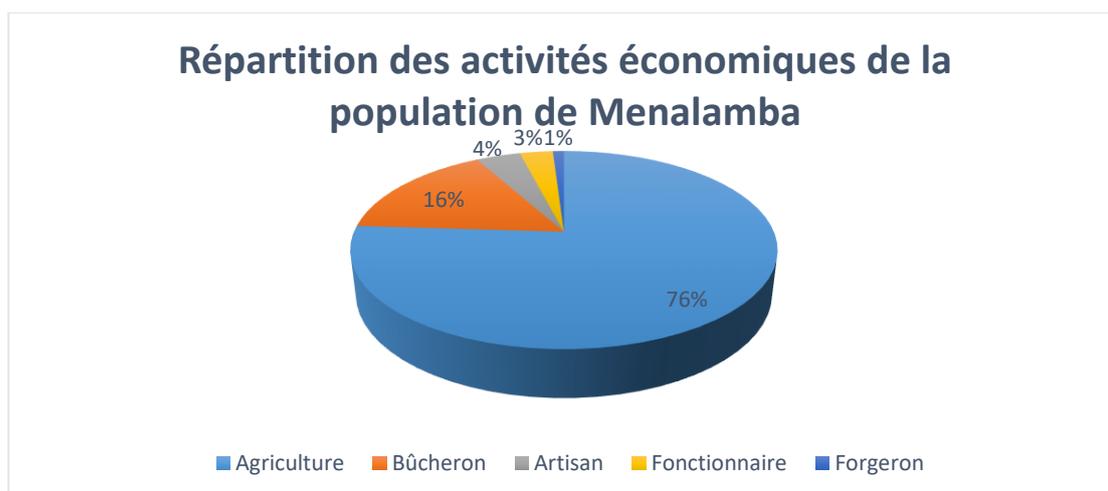


Figure 6. Répartition des activités économiques des populations de Menalamba

Enquêtes Oct. 2017, arrangement de l'auteur

Pour compléter le revenu familial, des activités d'appoint se pratiquent dans le Fokontany. Il s'agit de l'artisanat utilitaire assuré par les femmes et encadré par l'Association Mitsinjo¹⁵. Elles fabriquent des nattes, des paniers etc. à l'aide de Cypéraceae (*Cyperus latifolius*, herana) des matières premières provenant de Sahaparasy et d'Anketrina¹⁶.



Photo 3. Femmes tisseuses à Maromahatsinjo, Cliché de l'auteur, Oct. 2017

Ainsi, les activités de la population de Menalamba dépendent essentiellement de l'exploitation des ressources naturelles et leur zone d'activité se trouve dans les marais de Torotorofotsy. L'occupation du sol dans le Fokontany contribue à la transformation des marais en rizières et le changement de la «vocation naturelle» des marais.

¹⁵ Association qui regroupe des femmes artisans, recherche d'investisseurs et des marchés pour les produits finis des membres de l'association.

¹⁶Enquêtes, Auteur 2017

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

La zone de recherche est une zone humide constituée essentiellement par des marais avec des écosystèmes particuliers. Ces zones humides sont soumises à des conditions géographiques caractéristiques de la région orientale de Madagascar que ce soit sur les aspects du milieu physique soit sur la condition sociale et démographique. Se trouvant sur des zones entourées de couverture forestière dégradée, les marais de Torotorofotsy sont des milieux naturels particulièrement riches en ressources en eau. Ayant une situation géographique favorable pour l'installation humaine, le nombre de la population tend à augmenter dans le site Ramsar de Torotorofotsy.

Les résultats obtenus après les différentes étapes de la recherche permettent d'interpréter les différents facteurs de la dégradation des marais de Torotorofotsy.

DEUXIEME PARTIE

DEGRADATION DES ZONES HUMIDES : CONSEQUENCES DES PHENOMENES NATURELS ET DES ACTIVITES ANTHROPIQUES

Durant les dix dernières années, les marais de Torotorofotsy ont connu une grande modification du point de vue morphologique et paysagère. Plusieurs facteurs ont causé cette dégradation en particulier des facteurs du milieu naturel mais également des facteurs essentiellement anthropiques.

CHAPITRE III. ZONAGES DES MILIEUX HUMIDES DE TOROTOROFOTSY

Pour bien cadrer ce travail de recherche, il s'avère nécessaire de rappeler les statuts de milieux humides de Torotorofotsy, les surfaces qu'ils occupent et enfin leurs importances que ce soit sur l'environnement ou sur les atouts qu'ils apportent à la population.

III.1. Statuts des zones humides

En tant que zone humide d'importance internationale, Torotorofotsy a été déclaré site Ramsar le 02 Février 2005. Le premier plan d'aménagement a été établi en 2004 et mis à jour en 2009. Ce site est un des types de zones humides continentales dans la région Alaotra Mangoro. Il présente une inestimable opportunité pour conserver la diversité biologique telles les espèces ou les communautés écologiques avec comme spécificité l'existence de grenouille doré. Auparavant, le site a été géré par l'Association Mitsinjo mais ces deux dernières années la gestion est passée à l'Asity¹⁸ Madagascar. Vu l'ampleur de la dégradation de la zone, Torotorofotsy est mis en statut NAP¹⁹ en 2015 par l'arrêté interministériel 2015-718 du 21 Avril 2015.

III.2. Identification des fonctions des milieux humides

D'après le zonage effectué par la société Ambatovy et mis à jour par le CIREEF Moramanga en 2009 (cf. Tableau 5), le site Ramsar de Torotorofotsy se subdivise en plusieurs zones réparties en fonction de la valorisation du milieu naturel.

¹⁸ Ligue Malgache pour la protection des oiseaux d'eaux et ses habitats

¹⁹ Nouvelle Aire protégée de Madagascar

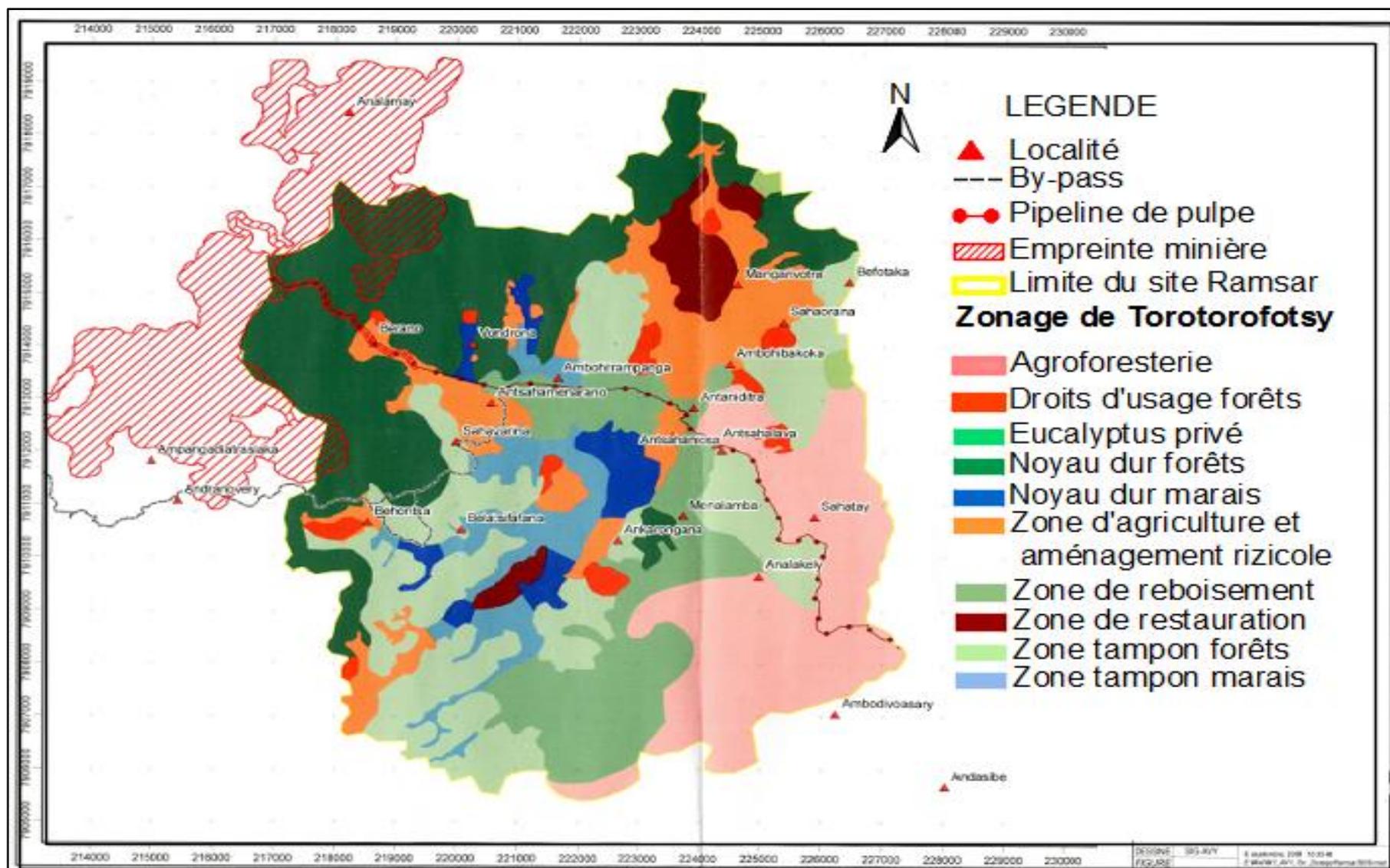


Figure 7. Cartographie des fonctions des zones humides de Torotorofotsy (Ambatovy, 2009)

En termes de superficie, le Fokontany de Menalamba couvre une surface totale de 9900 ha, après la mise en place de la convention Ramsar, les 9776 ha sont conservés pour la zone humide. Selon le CIREEF les marais proprement dits s'étendent sur une superficie de 1100 ha soit ils occupent 8% de la superficie totale de la zone humide.

Tableau 7. Zonage des zones humides de Torotorofotsy

Attributions	Superficie (ha)
Agroforesterie	1 597
Droits d'usage forêts	177
Eucalyptus privé	1 258
Noyau dur forêts	2 471
Noyau dur marais	275
Zone d'agriculture et aménagement rizicole	1 187
Zone de reboisement	48
Zone de restauration	293
Zone tampon forêts	1 953
Zone tampon marais	515

CIREEF MORAMANGA, 2009

En tant que zone humide, les marais de Torotorofotsy possèdent des propriétés particulières et rendent service aux populations locales. En effet, les marais interviennent dans la régulation des régimes hydrologiques. Du point de vue de l'écoulement, les marais tiennent le rôle de zones-tampons entre les zones en amont et en aval du site. En effet, ils atténuent les débits de pointe et augmente les débits d'étiage au moment de la période sèche¹⁹. En outre, lors des inondations, les eaux de crue couvrent toute l'étendue des marais et sont emmagasinées dans les nappes phréatiques grâce à la présence des matières organiques. Elles sont composées de tourbières (photo 4) ou des formations végétales typiques comme des Phragmites qui tiennent une fonction d'éponge.

¹⁹Roggeri H, 1995



Photo 4. Des matières organiques responsables de la rétention d'eau dans les marais

Cliché de l'auteur, Oct. 2017

Par ailleurs, les marais assurent la recharge en eau de la nappe phréatique dans certaines circonstances surtout en période de sécheresse. D'après l'entretien avec le responsable de la conservation de Biodiversité de l'Asity à Andasibe, les marais de Torotorofotsy assurent la recharge en eau de la station hydro-électrique d'Andekaleka. Ils servent aussi de refuge ou d'habitat pour des variétés animales grâce à la présence de végétaux particuliers dans le site. L'espace considérée « noyau dur » du marais constitue un site de ponte (Cf. photo5) pour les amphibiens comme la grenouille dorée *Mantella aurantiaca* (Sahona mena).



Photo 5. Site de ponte des oiseaux à Ankazomirahavavy (Cliché de l'auteur, Oct. 2017)

Les marais servent également de réserve de nourriture et de site de ponte pour les oiseaux d'eau tel le *Sarothura watersi* (Mpangalatrôvy). Actuellement, seul le lac d'Ankaimalambo (Cf. Photo 6) qui constitue les milieux humides de Torotorofotsy.



Photo 6. Habitat de *Sarothura watersi* (Mpangalatrôvy) à Ankaimalambo (Auteur, Oct. 2017)

Cependant, les marais de Torotorofotsy est un site propice à l'agriculture grâce à l'apport de substances nutritives par les inondations. Pour les zones humides de Torotorofotsy, la partie destinée à l'agriculture et à l'aménagement rizicole couvre une surface de 1187ha.

Toutefois, la présence de zones destinées à l'agriculture et à la riziculture, n'empêche pas les habitants d'exploiter les marais qui touchent le noyau dur comme le cas illustré par la photo 7. Par conséquent, ces activités conduisent à une forte détérioration du marais du point de vue morphologique et écologique. Malgré les fonctions et services rendus par les zones humides, leur dégradation se poursuit de jour en jour et ce phénomène peut conduire à leur disparition.



Photo 7. Culture de haricots et un canal de drainage dans le noyau dur (Cliché de l'auteur, 2017)

CHAPITRE IV. FACTEURS DE DEGRADATION DU MARAIS DE TOROTOROFOTSY

Plusieurs facteurs ont contribué à la destruction des marais de Torotorofotsy en allant des facteurs du milieu naturel aux facteurs anthropiques.

IV.1. Des phénomènes naturels contraignants

Les observations durant les travaux de terrain ont permis de constater que les phénomènes naturels participent à la dégradation des marais.

IV.1.1. Variation des conditions climatiques locales

Comme tous les pays dans le monde, Madagascar n'échappe pas au phénomène de variabilité climatique. La variabilité climatique est le changement du rythme des saisons à une échelle de temps très courte ou limitée. Elle se caractérise par un retard ou avancée des précipitations. L'allongement des saisons sèches ou la courte durée des saisons de pluies permettent d'identifier cette variabilité.

La tendance générale du climat à Madagascar est marquée par une irrégularité des précipitations avec un réchauffement significatif de la température

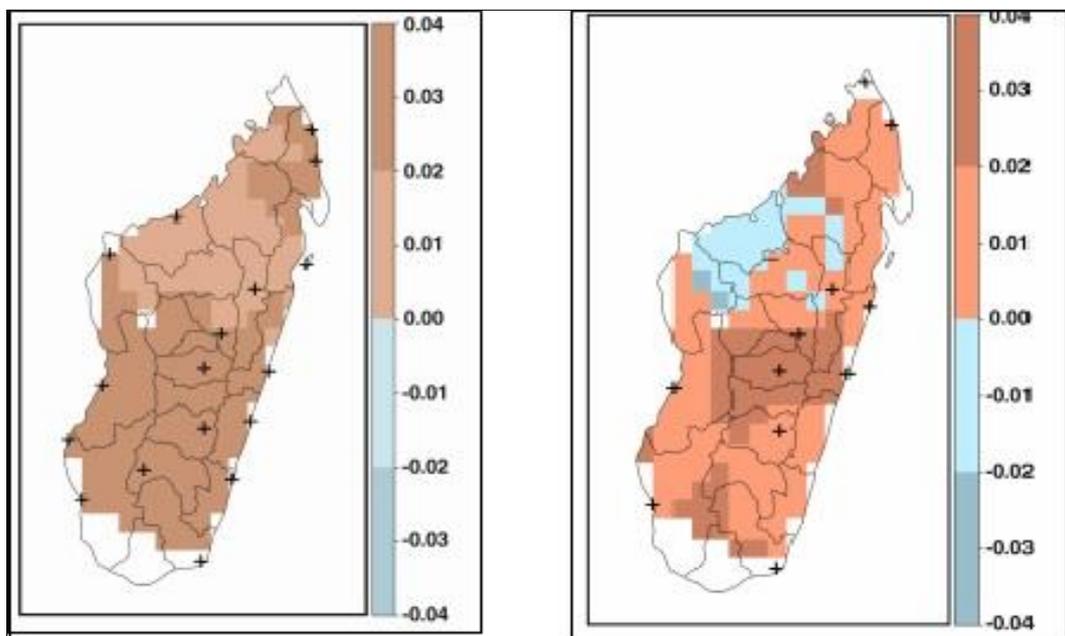


Figure 8. Tendances générales de la température extrême de Madagascar de 1961-2005
Direction Générale de la Météorologie, 2008

Les augmentations de la température minimale sont observées durant toutes les périodes de l'année. En effet, la figure 8 (gauche) présente des augmentations significatives de ces températures. La région Alaotra Mangoro connaît une augmentation de 0,01 à 0,02 °C de la température minimale dans ces périodes.

De plus, les températures maximales présentent aussi des tendances à la hausse significative du 63% du pays. Pour le cas de la région Alaotra Mangoro, les températures maximales augmentent de 0,01 à 0,02 °C pendant ces périodes (cf. fig. 8 à droite).

Du point de vue pluviométrique, durant les périodes de 1961-2005, les précipitations à Madagascar ont tendance à diminuer. Pour les trimestres de Juin à Août et de Septembre à Novembre, les précipitations ont tendance à baisser. La figure 9 montre les durées moyennes des séquences sèches allant de mois de Juin jusqu'au mois de Novembre (-0,05).

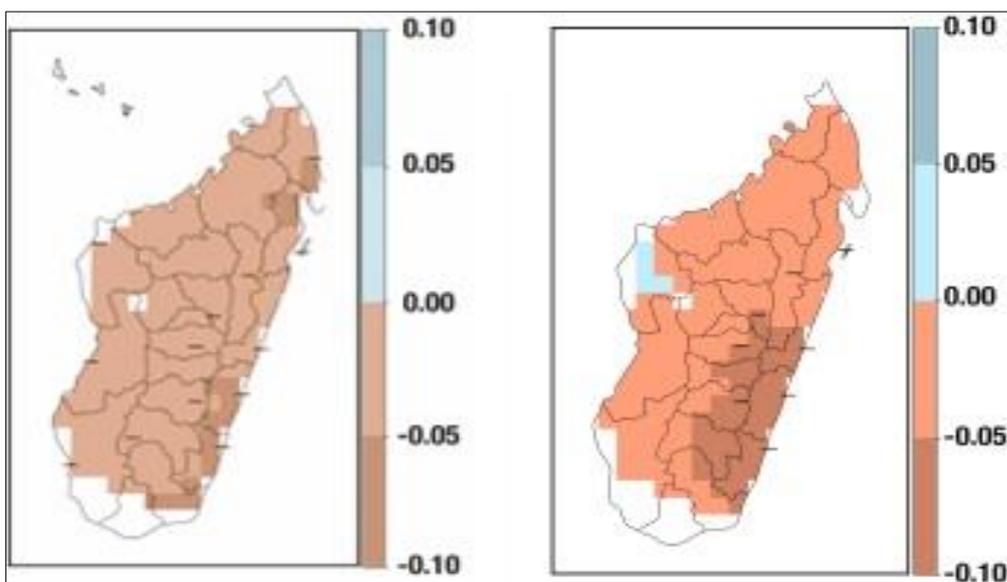


Figure 9. Diminution des précipitations de Madagascar pendant les périodes de 1961-2005

Direction Générale de la Météorologie, 2008

Pour le versant oriental malgache, les diminutions des quantités de pluies dans cette zone s'accompagnent d'une tendance à l'allongement des séquences sèches.

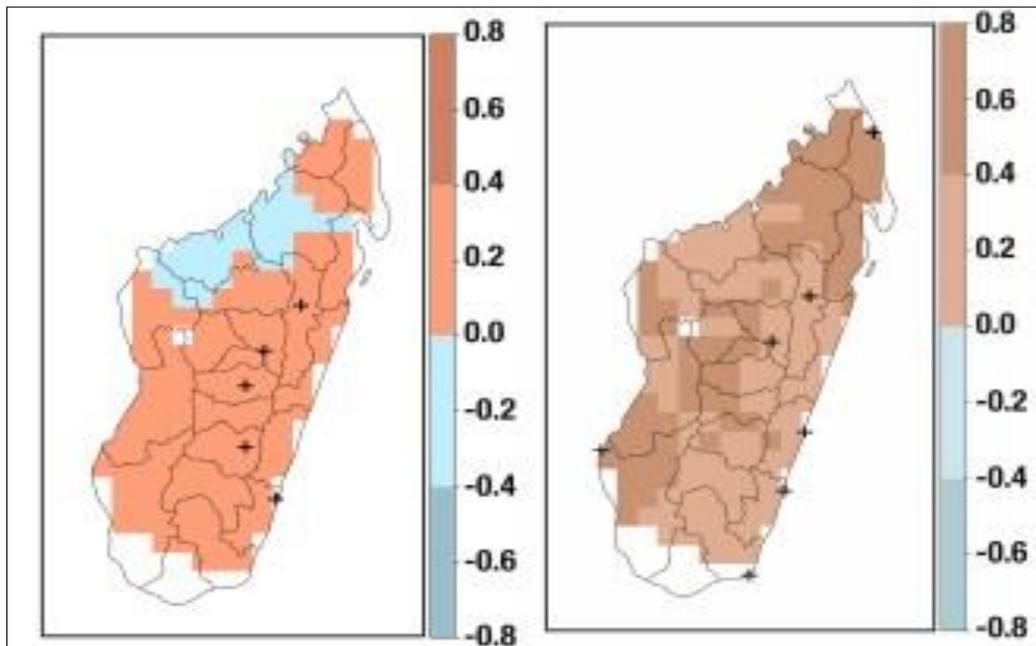


Figure 10. Allongement de la saison sèche à Madagascar

Direction Générale de la Météorologie, 2008

Etant donné que cette variabilité concerne le pays et même la région où se trouve la zone de recherche, les zones humides de Torotorofotsy connaissent aussi cette variabilité et s'exposent à des menaces liées à cette situation climatique.

Dans la zone de recherche, la population locale, surtout les agriculteurs dont les activités dépendent de la saison des pluies, remarque une modification des conditions climatiques. 75% des ménages enquêtés ont constaté une augmentation de la température mais surtout le retard fréquent de la saison pluvieuse. Auparavant, la saison des pluies commençait au mois d'Octobre actuellement les pluies ne tombent que vers mi-novembre.

Les analyses effectuées à partir des données climatiques, enregistrées à la Direction Générale de Météorologie d'Ampanomby, station Analamazaotra entre 1960-1990 et 1996-2000, permettent de voir le changement significatif au niveau du climat de la région à l'aide de la comparaison des moyennes enregistrées de l'année d'observation normale et celle des 5 dernières années.

IV.1.1.1. Variabilité significative des températures

Pour la température minimale, les valeurs enregistrées durant ces cinq années sont supérieures à la normale observée entre 1960-1990. La température du mois le plus froid pour les cinq (5) années d'observations atteint 15,9° C pourtant celle de ces 30 années se trouve autour de 15,8°C. Contrairement au minimale, les maximales relevées depuis 1996 montrent une augmentation de 0,01°C par rapport à la normale.

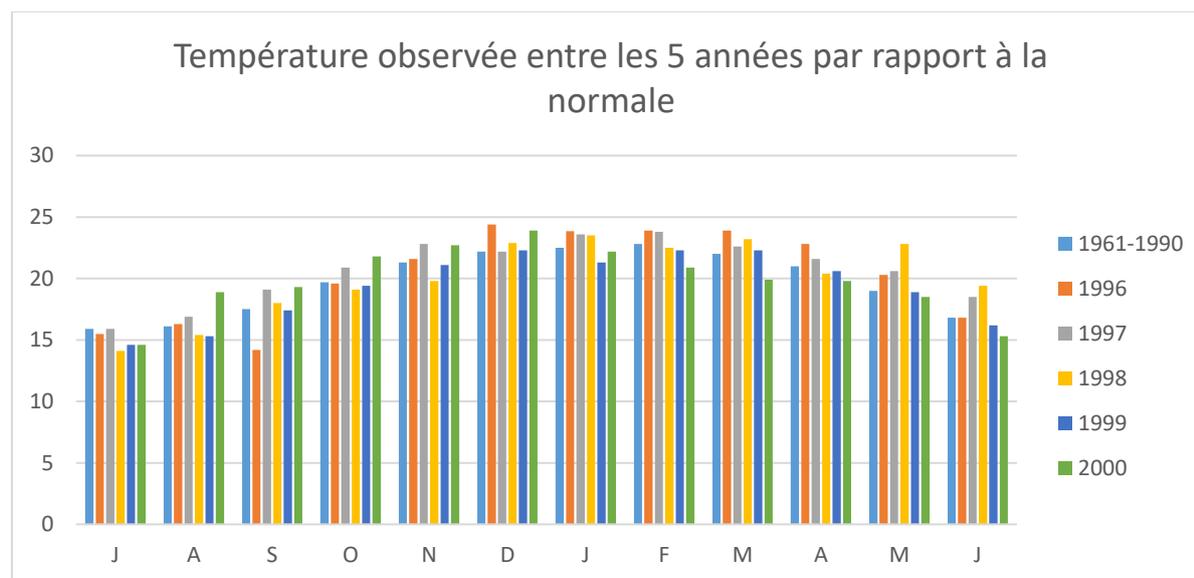


Fig. 11. Evolution de la température de la zone de recherche du 1961-1990 et de 1996-2000

Direction de la météorologie Ampandrianomby avec arrangement de l'auteur

V.1.1.2. Fluctuation de la quantité des précipitations

La tendance est tirée à partir d'une analyse des précipitations moyennes durant les années d'observation.

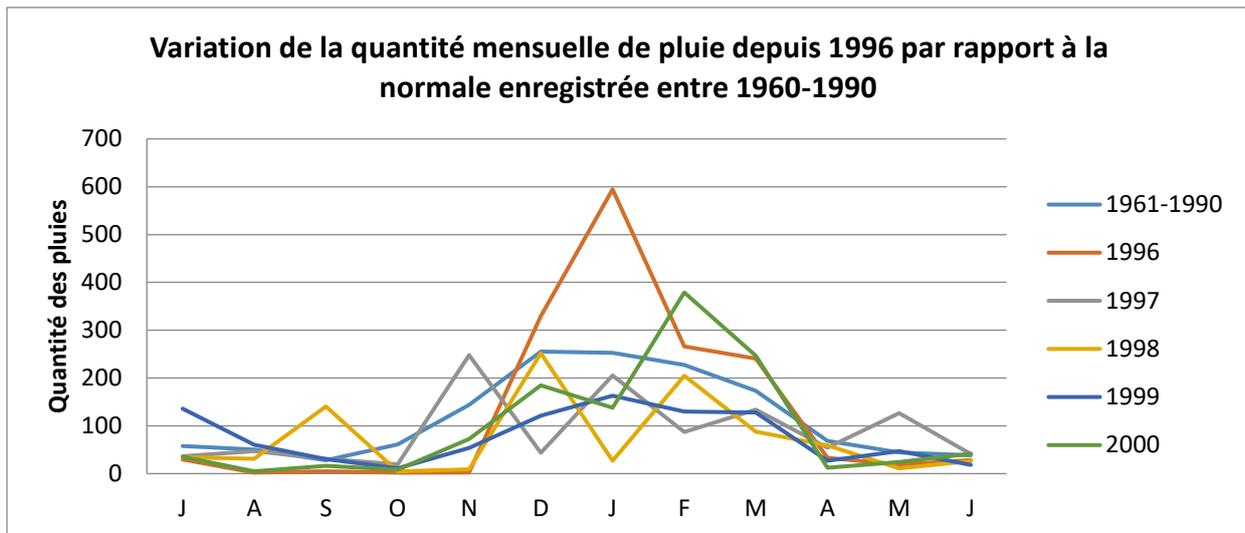


Figure 12. Variation de la quantité mensuelle des pluies de 1996-2000 en relation avec la normale observée

Direction de la météorologie Ampandrianomby avec arrangement de l’auteur

La quantité de pluies relevée durant ces cinq dernières années (1996-2000) est inférieure à la normale observée entre 1960-1990. La moyenne annuelle de ces années est 873,28mm contrairement à la normale observée qui atteint jusqu’au 1400 mm. Au total, la période des pluies dure cinq (5) mois alors que celle des années d’observation arrive jusqu’à 7 mois.

Ainsi, la variabilité du climat dans le site de Torotorofotsy se justifie par une hausse des températures et le retard des mois pluvieux dont la durée diminue d’une année à l’autre. La diminution des précipitations abaisse le niveau d’écoulement en surface et réduit le niveau de la nappe phréatique en induisant à l’assèchement des marais. Par conséquent, la variation des conditions climatiques locales conjuguées à la diminution des précipitations modifie la disponibilité de l’eau dans la zone de recherche et influence fortement les fonctions des marais et ses qualités.

La variabilité climatique n’est pas le seul facteur de dégradation des marais mais elle a une tendance à accélérer le processus d’assèchement des milieux humides.

Liée au défrichement important dans la zone de recherche, l’érosion hydrique a marqué le paysage et a accentué la dégradation des marais de Torotorofotsy.

IV.1.2. Une érosion hydrique intense

L'érosion est un processus naturel par lequel des particules du sol sont détachés et déplacées de leur point d'origine²⁰. Pour le site de recherche, l'érosion hydrique est un facteur déterminant qui contribue à la dégradation des marais de Torotorofotsy. L'érosion hydrique est un processus impliquant le détachement de particules de sol puis leur transport sous l'action de l'eau. En effet, l'érosion hydrique est due à la combinaison de plusieurs facteurs tels que les précipitations, le sol, la pente, le couvert végétal et des facteurs liés aux activités anthropiques. Ainsi, dans la zone de recherche, les conditions climatiques agressives et le déboisement des versants accélèrent ce phénomène.

IV.1.2.1. Des conditions du milieu naturel favorables à l'érosion

En fait, c'est l'énergie des pluies qui déclenche le processus de dégradation du sol par le phénomène du «splash» c'est-à-dire le fractionnement des particules sous l'effet des gouttes de pluies. Ainsi, pour le site de Torotorofotsy, ce sont les pluies cycloniques qui favorise ce phénomène avec une intensité qui arrive parfois jusqu' au 300 à 400 mm en 24h pour comme le cas du versant oriental de Madagascar. En effet, le ruissellement affecte les versants caractérisés par une pente assez faible de 17 à 19%, d'autant plus que les caractères pédologiques du site sont favorables à l'accentuation du phénomène. La pédologie du site est caractérisée par des sols ferrallitiques qui se développent normalement sous la forêt en climat chaud et humide. Effectivement, la surexploitation et l'utilisation irrationnelle des couvertures forestières rendent les versants vulnérables face à ces phénomènes. En effet, les actions d'origine humaine sont les facteurs le plus importants dans l'aggravation de l'érosion dans le site.

IV.1.2.1. Des interventions humaines accentuées et irréfléchies

Dans ce contexte, une grande partie de la zone forestière a été déboisée par la pratique du ramarasana²¹, du charbonnage et l'aménagement du By-pass vers Ampitambe. Alors, l'érosion qualifiée de phénomène naturel est accélérée à cause des activités humaines destructives.

²⁰Roose, 1994

²¹Activité de culture sur Savoka, pratiquée par 10% de la population locale

Par conséquent, l'absence des formations végétales et des matières organiques, qui a pour rôle de maintenir la fertilité d'un sol et de conserver l'eau, augmente le ruissellement au détriment de l'infiltration sur une pente faible. Puis, l'humidification excessive des sols lors du passage du cyclone Enawo en 2017 a affecté le versant instable au Nord-Ouest du site et a engendré des glissements de terrain. Etant donné que les pluies ne peuvent plus s'infiltrer dans le sol, elles se déversent sur toutes les parcelles des marais en aval en emportant des sédiments qui vont combler peu à peu les zones humides.



Photo 8. Glissement de terrain observé le long du By-Pass vers Ampitambe (Cliché de l'auteur, Oct. 2017)

La population est aussi le principal facteur de la dynamique régressive des écosystèmes naturels par ses activités dégradantes.

IV.2. Des activités anthropiques dévastatrices

Les marais de Torotorofotsy s'étendent sur une grande superficie de 1100 ha. De plus, les sols sont favorables à l'aménagement rizicole, un facteur qui attire de nombreux immigrants. Ainsi, les activités de la population locale dépendent de l'exploitation des écosystèmes aquatiques de la zone de recherche.

IV.2.1. L'aménagement des rizières

Sur les quarante-deux (42) ménages enquêtés, trente et un (31) possèdent des terrains rizicoles dans les marais de Torotorofotsy. Leurs exploitations se situent à Maromahatsinjo, Ambohitrapanga, Sahavarina et à Behontsa.

En effet, en dix ans (2007-2017), 85% des surfaces marécageuses ont été aménagées en rizières²². Dans l'ensemble, les marais de Torotorofotsy (Mokaranana, Andasimbiavy, Ankahelava, Vondrona et Sahavarina) sont considérés comme des zones de riziculture. La taille de parcelle occupée pour chaque famille varie de 2 à 7 ha. L'aménagement rizicole s'observe partout dans les marais non seulement dans les zones destinées à la culture mais jusqu'à la surface classée « noyau dur » de Torotorofotsy. Ce qui limite excessivement la conservation des marais.

Les équipements restent encore rudimentaires à Torotorofotsy. Les paysans utilisent la pioche pour le labour toutefois certains migrants emploient des motoculteurs (kibôta) pour labourer les parcelles.

La raison du développement de cette activité est l'accroissement des migrants venant d'Anjozorobe et de Betatao. Entre 2007-2010, l'effectif des migrants est estimé à 750 environ²³. A la suite des enquêtes réalisées auprès des collectivités locales, l'ignorance et le non reconnaissance des valeurs des zones humides et du site Ramsar incitent les paysans à exploiter les marais de Torotorofotsy. D'ailleurs ils ne trouvent aucun avantage à la conservation ou à la protection des marais. Par conséquent, les surfaces des marais disponibles sont converties en champ de culture mais surtout en rizière. Pour transformer les marais en rizières, les paysans pratiquent deux activités importantes qui entraînent des effets néfastes sur les marais à savoir les défrichements des galeries forestières et la construction des canaux de drainage.

IV.2.1.1. Défrichement des galeries forestières

Avant la mise en culture des rizières, les paysans débroussaillent les marais en enlevant toutes les formations végétales comme les tourbières (*Hentrina*). Comme la photo 9 l'a montré les paysans mettent le feu sur ces végétations. Après, ils recourent au labour (cf.

²²Enquêtes, 2017

²³Rajaonarivony, 2008

Photo 9) et les paysans occupent les parcelles par des cultures maraîchères. Elles sont généralement destinées à la subsistance de la famille (haricot, pomme de terre etc...).



Photo 9. Feux de défrichage à Ambohitrapanga (Cliché de l'auteur, Oct. 2017)



Photo10. Parcelle labourée à Sahavarina (Cliché de l'auteur, Oct. 2017)

Après deux ou trois mois d'exploitation les paysans commencent à préparer les terrains pour la riziculture. Ainsi le second stade qui amplifie la destruction des milieux humides de Totorofotsy est l'évacuation des eaux vers les ruisseaux et ces derniers s'écoulent vers l'exutoire.

IV.2.1.2. Construction des canaux de drainage

Cette pratique se fait au début de la saison sèche et comporte deux phases importantes. Le premier stade est le traçage et le dragage des canaux de 50 cm de largeur sur 50 cm de profondeur. Le second stade est l'évacuation des eaux du noyau dur vers les terrains agricoles.



Photo 11. Canaux de drainage dans le marais de Torotorofotsy

Cliché de l'auteur, Oct.2017

De ce fait, la construction des canaux de drainage modifie les ressources en eaux dans les marais parce qu'ils sont construits pour éliminer l'excès d'eau contenu dans le sol dans un but de mettre en valeur les parcelles en riziculture.

En fin de compte, la modification du système aquatique de Torotorofotsy est due au drainage effectué par la population, à la destruction des couvertures végétales assurant la fonction « éponge » dans le site (hentrina) qui tiennent un rôle important à l'approvisionnement et à la recharge en eau des marais.

A part l'adduction d'eau pour les rizières, la population locale utilise les écosystèmes aquatiques à des fins artisanales, ce qui aggrave également la situation.

IV.2.2. Collecte des matières premières pour l'artisanat

En effet, 4% des femmes du site sont membres de l'association Mitsinjo qui assure leur encadrement en vue de la confection des paniers et des nattes destinés au tourisme local en partenariat avec un ONG thaïlandais²⁴.

Les matières premières, en provenance du marais sont constituées essentiellement par les Cypéracées. Dans l'association, trente-cinq (35) femmes environ assurent les besoins en Cypéracées de l'association, ce qui nécessite 3 ha de jonc par an. Par conséquent, ceci entraîne une surexploitation des formations végétales favorisant la destruction des marais. Il est évident que la surexploitation de *Cyperus latifolius* (Herana) perturbe l'écosystème de la zone mais fragmente et diminue également l'habitat naturel des oiseaux.

Bref, la fragmentation de formation végétale dans les marais détruit les habitats de faune, une des fonctions des zones humides.

L'aménagement lié à l'exploitation minière à Ambatovy devient aussi un des problèmes qui diminue la qualité des marais de Torotorofotsy en tant que zone humide d'importance internationale.

IV.2.3. Mise en œuvre de l'exploitation minière d'Ambatovy

Le district de Moramanga est une zone naturellement riche en matière du sous-sol. Il renferme également d'importants gisements de graphite, de Nickel et du cobalt. C'est d'ailleurs cette dernière qui a attiré la Compagnie canadienne Sherritt International Corporation l'une des principaux producteurs mondiaux de Nickel et du Cobalt. Vers 2006, l'ONE a publié le permis environnemental pour l'exploitation de ces mines. La superficie allouée à ce projet minier est de 1600 hectares dont leur infrastructure d'acheminement de pulpe traverse des milieux naturel (forêts, rivières...) et parfois touche les zones humides de Torotorofotsy.

En vue de l'exploitation de Nickel et du Cobalt, la société Sherritt Ambatovy a aménagé deux infrastructures qui participent à la dégradation des marais de Torotorofotsy : la construction du pipeline d'une part, l'aménagement de route de contournement vers Ampitambe d'autre part.

²⁴Enquêtes, Oct. 2017

IV.2.3.1. L'aménagement du By-Pass vers Ampitambe

Dans le cadre de sa mise en œuvre, la société Sherritt a construit une route de contournement de son site minier pour empêcher les habitants locaux de le traverser pour des raisons de sécurité. Cette route relie le village de Berano et Ampitambe sur une longueur de 16km. En général, d'Ouest en Est, ce tracé a traversé le site Ramsar de Torotorofotsy parfois sur un terrain de 17 à 19% de pente.

Durant la construction, la société a effectué un défrichement le long de la zone d'intervention. Elle se trouve dans l'axe qui relie Berano à Ampitambe en passant sur la bordure des marais.

En effet, l'aménagement de cette route de contournement intensifie le phénomène d'érosion qui affecte une partie du marais lors de période pluvieuse.

IV.2.3.1. Mise en place du pipeline²⁵

Pour acheminer les minerais du site d'exploitation vers l'usine de transformation à Tamatave, la société Sherritt Ambatovy a construit le pipeline mesurant 220km de longueur. Il a 55 cm de diamètre avec une épaisseur de 95 cm. Pour mettre en place ce tuyau d'acier, il a été enterré avec une profondeur moyenne de 1,5 m (EIE, 2006) en utilisant la technique du «creuser et recouvrir ». Alors, la mise en place de cette infrastructure a impliqué le débroussaillage, le défrichement des points d'enfouissement. Souvent, ils se trouvent sur un terrain assez élevé par rapport à ceux des marais.

Ce pipeline de pulpe a longé la partie Sud du marais de Mokaranana avec une superficie de 5 ha. Ainsi cet aménagement a accru le risque de comblement du marais du fait de l'excavation du sol le long du passage, à côté du marais de Mokaranana.

Pendant la construction, la perturbation liée au franchissement des rivières a également entraîné une accumulation de composantes solides en suspension dans les tronçons en aval.²⁶ En somme, la mise en place du pipeline d'Ambatovy a perturbé quelques éléments topographiques et géomorphologiques des zones humides de Torotorofotsy. Mais au cours de l'étude d'impact environnemental, pour la mise en place de cette infrastructure, des mesures

²⁵Infrastructure conçu à transporter des mines

²⁶ (E.I.E. vol C, 2006).

de lutte contre l'érosion furent établies pour minimiser les dégâts causés par cet aménagement. Cependant, la société n'a effectué aucune mesure de prévention. Le défrichage, l'excavation du sol et surtout le remblaiement ont ainsi amplifié l'érosion et entraîné un comblement des marais, particulièrement au niveau de Mokaranana.

CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE

Le zonage effectué dans le site Ramsar de Torotorofotsy, n'empêche pas les habitants locaux à exploiter toutes les surfaces disponibles. En conséquence, les principales raisons de la dégradation des zones humides sont :

- ⇒ L'accroissement de la population qui augmente la demande en ressource venant du milieu naturel et la conversion des marais en rizière.
- ⇒ La déforestation et le défrichage par de divers aménagements contribuent à la diminution de la couverture végétale et intensifie l'action de l'érosion activée par des précipitations abondantes sur un sol fragile.
- ⇒ La fluctuation des conditions climatiques locales perturbe les systèmes aquatiques du milieu.

En raison de ces actions, la dégradation des marais de Torotorofotsy se trouve, dans une situation alarmante, une tendance à la destruction des composantes et aux qualités de ces milieux. En effet, ce site Ramsar n'arrive plus à trouver ses caractéristiques en tant que milieu humide et fait face aux différentes formes de dégradation ; conséquence de l'interaction entre les écosystèmes.

TROISIEME PARTIE.

DYNAMIQUE REGRESSIVE DES ZONES HUMIDES DE TOROTOROFOTSY

L'occupation du sol est incontournable dans le suivi des phénomènes géographiques qui se présentent comme une variable fondamentale pour la compréhension de la dynamique des milieux naturels. La technique de télédétection a été utilisée pour obtenir des informations sur tous les phénomènes liés à l'utilisation de l'espace.

CHAPITRE V. EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DES ZONES HUMIDES DE TOROTOROFOTSY

L'analyse d'images satellitaires a permis d'identifier cinq types d'occupation du sol. Il s'agit des forêts, des savanes, des marais, des sols nus ou des zones sèches et des zones de culture. Ainsi la nomenclature utilisée pour les unités d'occupation du sol se présente comme suit : FO pour les forêts, SV pour les savanes, ZSN pour les zones sèches ou des sols nus, MR pour les marais et ZC pour les zones de culture. Ainsi les cartes d'occupation du sol de Torotorofotsy de 1990 à 2016 obtenues par la classification des images Landsat TM sont présentées par la figure 13.

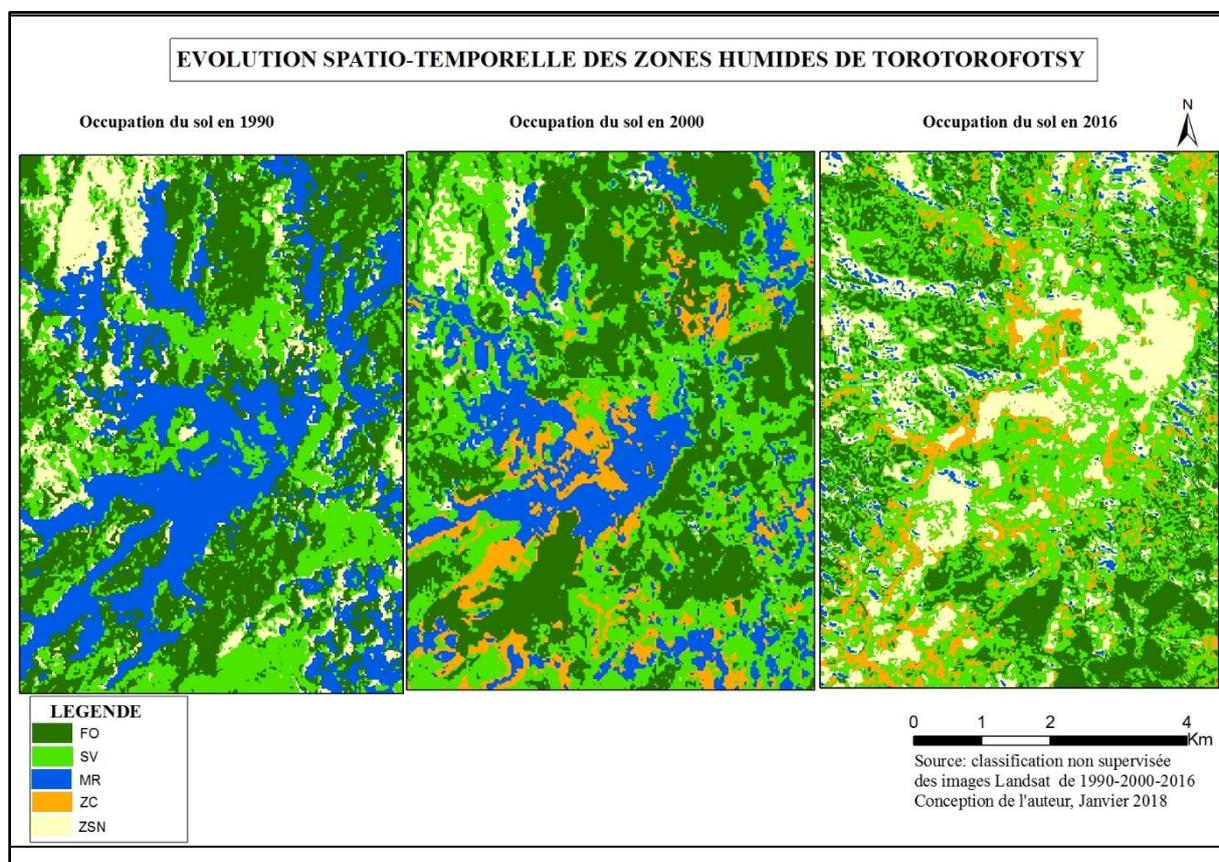


Figure 13. Evolution spatio-temporelle des zones humides de Torotorofotsy

En fait, la comparaison de ces images met en évidence les variations des surfaces connues par les marais de Torotorofotsy depuis 1990 jusqu'en 2016. En 2000, le 10% des marais sont remplacés par des zones agricoles. De 2000 à 2016, la majeure partie des milieux humides de Torotorofotsy est substituée en milieux secs.

V. 1. Dynamique de l'occupation du sol dans les zones humides de Torotorofotsy 1990-2016

Les résultats des traitements numériques appliqués aux images satellite TM de 1990 à 2016 indiquent les différentes occupations du sol dans le site au cours de ces années.

V.1.1. Etat d'occupation du sol dans les zones humides de Torotorofotsy en 1990

En 1990, l'occupation du sol est marquée par des zones de forêts entrecoupées par des savanes. Les zones de culture qui se situent dans le paysage sont localisées à la partie occidentale de la zone. Pourtant il n'y aucune présence de sol nu ni d'une zone sèche. Elle est alternée par des plans d'eaux.

Tableau 8. Classification des occupations du sol en 1990 avec identification des marais

classes	Superficie (ha)	Taux (%)
Forêt	5619,2	56,76
Savane	2609,79	26,36
Zone de culture	570,29	05,76
Marais	1100	11,12
TOTAL	9900	100,00

Source : classification image Landsat TM 1990, arrangement de l'auteur

Les statistiques descriptives sur les différentes classes (cf. tableau 8) obtenues à partir du traitement d'image de 1990 présente la répartition des unités d'occupation sur l'étendue de la zone de recherche comme suit :

- ✓ Les formations forestières couvrent une superficie de 5619,2 ha soit 56,76% du total,
- ✓ Les savanes occupent 2609,79 ha soit environ 26,36% de l'espace,
- ✓ Les zones de culture s'étendent sur une surface de 570,29 ha soit 05,76%,
- ✓ Les zones humides couvrent une superficie de 1100 ha soit 11,12%

V.1.2. Etat d'occupation du sol dans les zones humides de Torotorofotsy en 2000

En ce qui concerne l'état de l'occupation du sol dans les zones humides de Torotorofotsy en 2000, il ne diffère pas de celui de 1990. Le paysage est toujours prédominé par les couvertures forestières tandis qu'au même moment les savanes se sont densifiés. La zone sèche et la zone rizicole entourent les marais.

Tableau 9. Classification des occupations du sol en 2000 avec identification des marais

classes	Superficie (ha)	Taux (%)
Forêt	3249,63	33,27
Formation à savane	4505	45,50
Zone de culture	1000,32	10,10
Zone sèche	244,63	02,47
Marais	855,37	08,63
TOTAL	9900	100,00

Source : classification image Landsat TM 2000, arrangement de l'auteur

D'après les statistiques issues de l'interprétation de l'image satellite de 2000, les unités d'occupation du sol se répartissent de la manière suivante (cf. tableau 9) :

- ✓ Les forêts couvrent une superficie de 3249,63 ha soit 33,27% de la superficie totale ;
- ✓ Les savanes occupent 4505 ha estimées à 45,50%,
- ✓ Les zones de culture s'étendent sur 1000,32 ha soit 10,10,
- ✓ Les zones sèches ou sols nus s'étalent sur une étendue de 244,63 ha soit 02,47% du secteur,
- ✓ Les marais couvrent une superficie égale à 855,37 ha soit 08,63%.

V.1.3. Etat d'occupation du sol dans les zones humides de Torotorofotsy en 2016

En 2016, le site de Torotorofotsy est dominé par une vaste superficie de savane par rapport aux forêts dont l'étendue a diminué. Par contre, les zones sèches ou les sols nus se sont densifiées. Les zones rizicoles se retrouvent presque sur l'ensemble de l'aire d'investigation. Les marais s'étalent sur une étroite surface.

D'après les traitements effectués à partir de l'image Landsat de 2016, la répartition des unités d'occupation (cf. Tableau 10) de la zone de recherche se présente comme suit :

- ✓ Les forêts s'étendent sur une superficie de 3110,02 ha soit 31,41% ;
- ✓ Les savanes occupent 5689,98 ha soit 57,47% de la superficie totale,
- ✓ Les zones sèches ou les sols nus s'élargissent sur une étendue de 366,6 ha soit 03,70%,
- ✓ Les champs rizicoles ou de cultures 643,4 ha soit 06,49%,
- ✓ Les marais couvrent 90 ha soit 01% de l'étendue totale

Tableau 10. Classification des occupations du sol en 2016 avec identification des marais

classes	Superficie (ha)	Taux (%)
Forêt dense	3110,02	31,41
Formation à savane	5689,98	57,47
Zone sèche	366,6	03,70
Zone rizicole	643,4	06,49
Marais	90	1
TOTAL	9900	100,00

Source : Classification image Landsat TM 2016, arrangement de l'auteur

En somme, les surfaces occupées par les marais ont diminué d'une année à l'autre pendant ces 26 ans.

V. 2. Diminution spatiale des milieux humides et la tendance à l'assèchement des marais

L'analyse de l'évolution de l'occupation du sol dans les zones humides de Torotorofotsy permet de mettre en évidence les changements qui sont intervenus entre les trois périodes (1990-2000 et 2016). Durant ces périodes, on constate une diminution des superficies des forêts et des marais qui passent respectivement de 56,76% à 33,27% et 31,41%, puis de 11,12% à 08,63% diminuant jusqu'à 1% en 2016.

Au même moment les surfaces savaniques voient leur superficie augmenter respectivement de 26,36% à 45,50% pour arriver à 57,47%. Par contre, la superficie des cultures passe de 05,76%, 10,10% à 06,49%. De plus, les zones sèches connaissent une augmentation progressive de 02,47% à 03,70%. Ainsi, le figure 14 montre l'évolution des surfaces des différents types d'occupation du sol entre les années 1990-2000-2016.

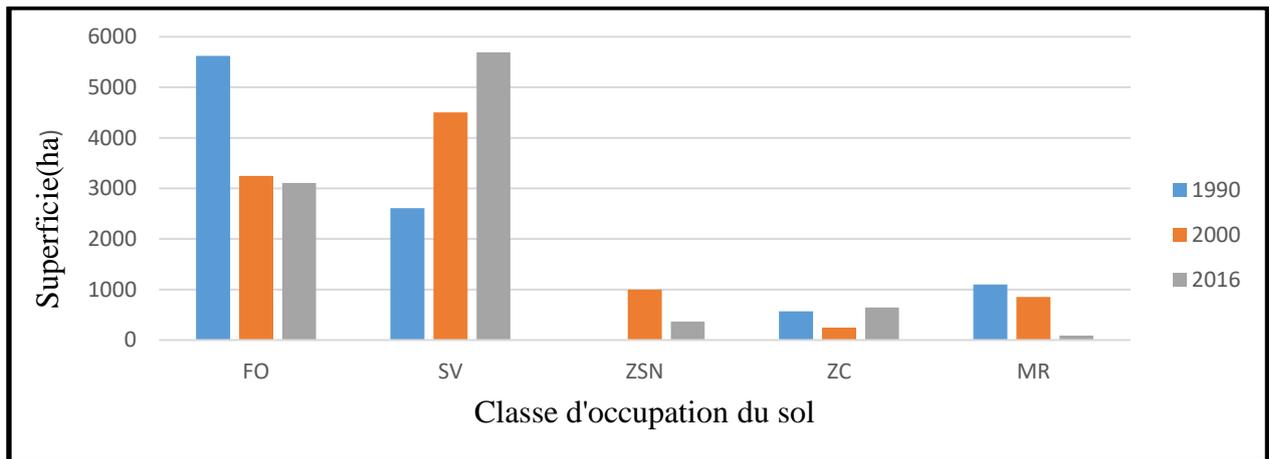


Figure 14. Evolution de la superficie des unités d'occupations du sol dans les zones humides de Torotorofotsy.

Arrangement de l'auteur, 2018

En effet, de 1100 ha à 90 ha, les marais ont laissé place à l'ensemble des rizières, des zones sèches lesquelles ont presque doublé en l'espace de 26 ans. Il est important de souligner que les marais de Torotorofotsy se sont dégradés parce que 70% des marais ont été convertis en terrains rizicoles et 25% sont devenus secs, 5% seulement de la superficie initiale sont encore saturés d'eau.

La délimitation du noyau dur, du site Ramsar de Torotorofotsy, le long des travaux sur terrain a permis de cartographier l'étendue de cette zone (cf. fig. 15). Cette zone est le seul milieu humide où l'eau arrive encore auprès de la surface du sol mais le reste ne reflète que des milieux secs ou des zones de cultures.

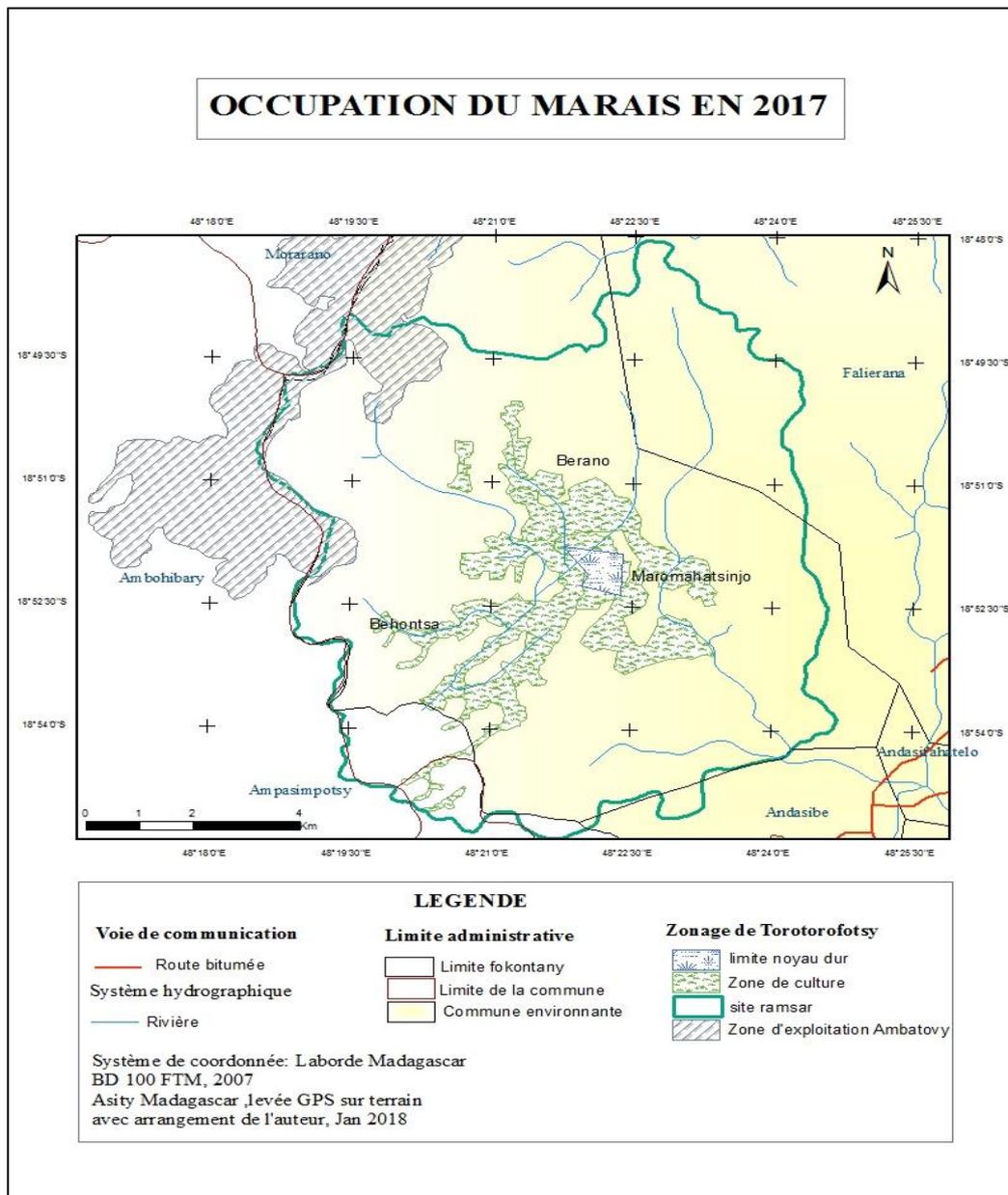


Figure 15. L'état du marais de Torotorofotsy en 2017

En résumé, les marais de Torotorofotsy ne présentent plus ses caractéristiques comme auparavant. Leur état actuel émet une destruction d'origine de l'anthropisation des milieux naturels, étant donné que la zone est caractérisée par une augmentation incessante des nombres de population et surtout marquée par une exploitation des ressources naturelles.

CHAPITRE VI. IMPACTS DE LA SUREXPLOITATION DES MARAIS DE TOROTOROFOTSY

Suite à une forte pression démographique, les marais sont surexploités par les habitants de la région, transformés en champ de culture, en rizières pour assurer les besoins en riz, leur alimentation de base. Il leur fournit aussi des matières premières, en l'occurrence des cypéraceae, pour les activités artisanales, activité d'appoint de certaine femme. Pourtant cette surexploitation du marais le dégrade au paroxysme conduisant à la rupture de l'équilibre écologique et engendre la perte des fonctions hydrologiques des marais.

VI.1. Perte des fonctions hydrologiques des marais

Il est communément admis que ce sont les conditions hydrologiques qui contrôlent naturellement l'existence et le maintien des marais. Alors, la rupture de ces conditions entraîne la perte de ses fonctions. Pour la zone de recherche l'assèchement des marais et la fréquence de l'inondation sont le résultat de la dégradation de la zone de recherche.

VI.1.1. Assèchement des marais

La grande partie des marais est transformée en rizières et chaque année une nouvelle parcelle s'y ajoute, précédée de défrichage et de creusement de canaux de drainage. En général, les marais de Torotorofotsy reçoivent des eaux de pluies et de rivières qui leur permettent d'assurer leurs fonctions hydrologiques (recharge en eau de la nappe phréatique, rétention d'eau...) pourtant le drainage effectué par la population les prive de plus en plus d'eau et aboutit au tarissement de ces nappes.

De plus, les paysans tirent des canaux à partir du lac d'Ankaimalambo, le seul noyau dur du site qui subsiste, il s'ensuit alors une diminution du bilan hydrique de la zone, étant donné qu'il n'y a pas de compensation pour l'alimentation de la nappe phréatique, dû au retard fréquent de la saison des pluies. On constate un assèchement partout dans les marais.



Photo 11. Marais asséché à Ankarongana, Cliché de l’auteur, Octobre 2017

En somme, l’assèchement des marais est la première conséquence de l’intervention anthropique dans la zone de recherche qui est amplifié par des phénomènes naturels. Ainsi la photo 11 témoigne du dessèchement du noyau dur du site Ramsar de Torotorofotsy signifie et montre alors une diminution du bilan de l’eau dans la zone de recherche.



Photo 12. Noyau dur desséché à Sahavarina

Cliché de l’auteur, Octobre 2017

VI.1.1.1. Bilan de l'eau déficitaire

Pour évaluer la perte hydrologique dans le site, on a appliqué la formule du bilan de l'eau d'un climatologue américain Thorntwaite. Cette méthode compare l'évaporation potentielle déterminée pour chaque mois avec les précipitations effectivement parvenues au sol.

Par ailleurs, l'analyse des précipitations utiles locales permet d'identifier l'ensemble des eaux réellement absorbées ou utilisées pour l'agriculture et la riziculture en place, qui arrivent à épuiser les stocks d'eau.

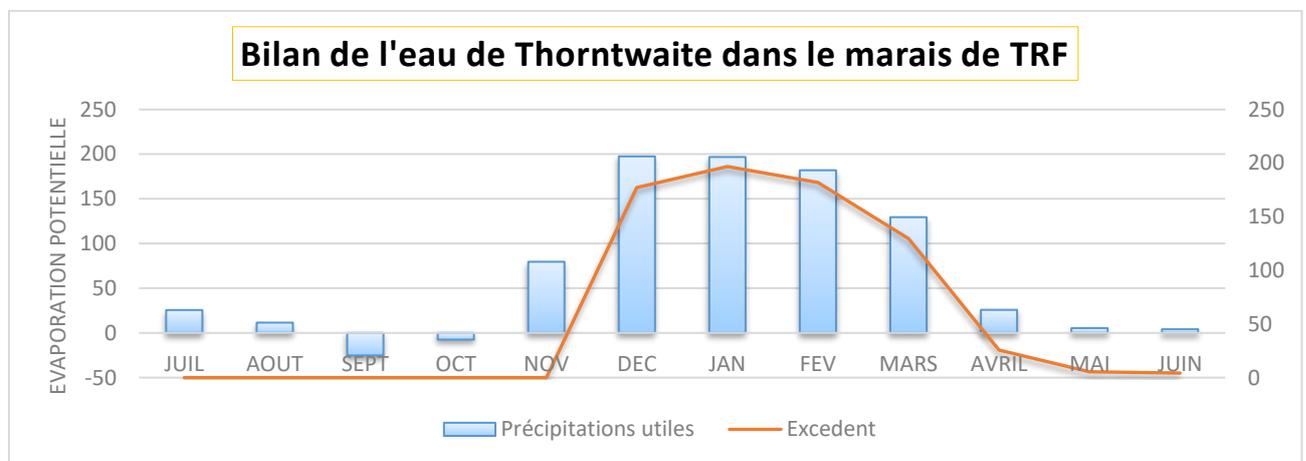


Figure 16. Bilan de l'eau dans les marais de Torotorofotsy en 2014

Arrangement de l'auteur

Les valeurs des précipitations utiles dans le site de la recherche ont augmenté entre le mois de Novembre et Avril. Cette période appartient également à la période pendant laquelle les riziculteurs travaillent dans leur champ de rizières. Pendant les 6 mois de l'année (Mai–Octobre), le bilan de l'eau dans le site est presque négatif car il n'y a même pas d'une recharge de la nappe d'eau. Cette situation arrive à épuiser les réserves d'eau dans la nappe et la diminution de la pluviométrie engendre une baisse de la quantité d'eau en surface. La hausse de la température et l'allongement de la saison sèche accentuent l'assèchement de la zone. Ce dernier favorise le changement de la structure du sol.

VI.1.1.2. Changement de texture du sol

L'évaluation des coupes du sol dans deux sites différents permet de déduire l'évolution de la pédologie des marais.

Pendant les travaux de terrain, un sondage a effectué dans la zone située près du noyau dur où l'eau circule dans les marais (site A – Sahavarina). Le sol du site A présente des traces d'hydromorphie composées essentiellement de sol tourbeux. On constate aussi la présence de l'argile qui assure la rétention d'eau. La partie supérieure de la coupe accumule des matières organiques qui tendent à devenir une sorte de tourbières grâce à la présence de l'eau qui arrive parfois à 30cm de profondeur. Ainsi, cette coupe représente la véritable morphologie des zones humides de Torotorofotsy.



Photo 13. Sol hydromorphe à Sahavarina au 18°51'47, 7'S- 48°21'16''E

Cliché de l'auteur, Octobre 2017

En revanche, la pédologie du site à Maromahatsinjo (cf. Photo 14) est caractérisée par des horizons à structure sableuse. A travers ce profil, on peut affirmer le changement de la structure du sol car il ne présente plus l'hydromorphie mais il devient un sol carrément sableux. En somme, cette zone ne présente plus l'engorgement du sol car l'imperméabilité y est importante.



Photo 14. Des canaux de drainage séchés à Maromahatsinjo

Cliché de l'auteur en 2017

Le drainage systématique lié à la pratique de la riziculture, le labour répété pour la culture de contre saison entraînent l'assèchement des marais. De plus, le retard fréquent de la saison des pluies, le prolongement de la saison sèche avec une forte évaporation (variation du climat local) contribuent à la baisse des écoulements en surface. Par conséquent, la dégradation des marais se traduit par un abaissement de la nappe phréatique et l'assèchement des marais.

Vu que les marais ne jouent plus le rôle en tant que zone tampon, ils n'ont plus la capacité d'absorber les eaux de crue et accélèrent les dommages liés à l'inondation.

VI.1.2. Fréquence et abondance du phénomène de crues

Etant donné que les marais jouent le rôle «d'éponge naturelle» grâce à leurs structures composées de tourbières (*hentrina*) qui ont une forte capacité d'absorption d'eau ; ils favorisent l'infiltration des eaux dans les nappes phréatiques. En revanche, ces formations sont exploitées au maximum par les habitants au profit de la riziculture et l'envasement des marais dû à l'érosion diminue cette capacité d'absorption et imperméabilise progressivement les marais.

En conséquence, lors des périodes de cyclone, les marais se trouvent en crue et ils ne possèdent plus la capacité de régulateur des crues vis -à- vis des villages environnants (cf. Photo 15) dans ce cas le phénomène d'inondation succède toujours au passage d'un cyclone dans la zone de recherche. Pendant le passage de l'Enawo en 2017²⁷, par exemple, le niveau d'eau est arrivé jusqu'à 2-3m d'hauteur. En outre, le déboisement au niveau des collines environnantes augmente le ruissellement dans le secteur de recherche et intensifie le débit de la Firikana, seul déversoir, vers la Sahatandra car il n'y a pas assez d'infiltration.

Par conséquent, le débordement des marais produit une inondation dans le village d'Andasibe surtout en ces deux années successives 2017²⁸ et au Janvier 2018.

Tableau 11. Les cyclones passés dans la région entraînant des inondations à Andasibe

Cyclone	Date
Géralda	1994
Enawo	2017
Ava	Jan 2018

Enquêtes, FDR 2005

D'après ce tableau, les deux cyclones qui sont passés dans la Commune d'Andasibe durant deux années successives ont apporté de vents violents et de fortes pluies de plusieurs heures provoquant ainsi des dégâts considérables : inondation des marais et le centre de la Commune à Andasibe. Il est à signaler que le premier phénomène d'inondation dans le site a eu lieu en 1994 au temps de Géralda²⁹.

²⁷Enquête, auteur 2017

²⁸Idem

²⁹FDR, 2005



Photo 15. Inondation à Andasibe en 2017(Google, 2017)

Bref, l'assèchement des marais traduit une dégradation de la morphologie de la zone de recherche. La surexploitation des formations végétales utilisées à des fins artisanales et la conversion des marais en rizière engendre une extinction massive des espèces floristiques et faunistiques endémiques du site.

VI.2. Perte des fonctions écologiques

La perte de la fonction écologique du site est interprétée par la destruction de la couverture végétale ainsi que l'extinction des espèces faunistiques qui ont occupé les marais.

VI.2.1. Destruction de la couverture végétale

La conversion des marais en rizière met en danger les espèces de cypéraceae tel le *Cyperus latifolius* (herana). Celle-ci est en stade de réduction, actuellement car il n'occupe qu'une infime partie du marais. Le *Cyperus madagascariensis* (harefo), matières premières pour les activités artisanales, est aussi menacé de disparition dans le site comme partout dans quelques bas-fonds et marais à Madagascar. Le besoin en cypéraceae des artisans du Fokontany de Menalamba varie de 2 à 5 ha par an³⁰. Dans ce cas, le recul de la couverture du marais atteint jusqu'à 50 ha dans les dix dernières années (2007-2017). Actuellement, l'étendue de Cypéraceae ne dépasse pas 3 ha.

³⁰Rajaonarivony, 2007

On a constaté aussi une diminution de surface occupée par le *Pandanus pulcher* (Fandrana ou Vakoana) à cause d'une coupe illicite pour la construction.



Photo 16. Fragments de Cypéraceae à Sahavarina

Cliché de l'auteur 2017

En somme, la diminution de la couverture végétale dans les marais accentue la perte de leur rôle écologique. Les formations marécageuses de Torotorofotsy où l'on rencontre les Cypéraceae et les Pandanaceae (site des pontes des amphibiens) se trouvent donc menacées ; cela implique un effet néfaste sur les espèces faunistiques dans le site.

VI.2.2. Extinction des espèces faunistiques

Les marais de Torotorofotsy sont parmi les zones humides d'importance internationale de Madagascar en raison de la présence des faunes endémiques à savoir les grenouilles dorées, *Mantella aurantiaca*, et les oiseaux d'eau comme le *Sarothura watersi*. Or sur terrain, tout au long des parcours, on n'a rencontré aucune espèce de grenouille dorée ni un seul type d'oiseau d'eau.

A partir de 2012, le taux de diminution du *Mantella aurantiaca* s'estimait de 25 à 29% par an³¹. La chasse, la collecte des bois et la modification du système naturel de grenouille

³¹Randrianavelona et al, 2010.

dorée(sahona mena) à Madagascar accélèrent la disparition de cette espèce³². De plus, la fragmentation et la perte de l'habitat de *Sarothura watersi* (Mpangalatrôvy) engendre donc une extinction probable de cette espèce d'oiseau d'eau.

Bref, la dégradation des zones humides de Torotorofotsy contribue majoritairement à l'extinction fortiori de ces espèces faunistiques dont les marais constituent l'un de refuge de ces espèces à Madagascar.

En tout cas, ce n'est pas seulement l'extinction de ces espèces endémiques qu'on a observée dans le site, mais également la situation alarmante des habitants qui utilisent les marais comme un terrain nourricier. Mais est-ce que les marais tiennent-ils encore leur rôle économique ?

VI.3. Baisse du niveau de vie de la population liée à la dégradation des marais

Les habitants du Fokontany Menalamba sont majoritairement agriculteurs alors la détérioration des marais de Torotorofotsy touchent leur survie.

VI.3.1. Diminution des parcelles de culture

Comme tout l'Est malgache, presque tous les ans, le site de Torotorofotsy est victime de cyclone dont l'effet s'avère néfaste aux activités économiques de la plupart des habitants.

Après les enquêtes effectuées auprès de quelques ménages à Sahavarina, Maromahatsinjo et Behontsa, le passage du cyclone Enawo en 2017 a eu pour effet une perte de 50 à 75% des parcelles rizicoles des paysans à cause de l'envasement de ces rizières par des eaux de crues en provenance des collines environnantes. Parmi les 42 ménages enquêtés, 20 d'entre eux signalent la destruction de leur parcelle rizicole pendant le passage du cyclone en 2017. Ces crues apportent des sédiments fins qui résultent d'une inexistance des couvertures végétales des collines.

En tout cas, ce phénomène engendre une diminution régressive du terrain rizicole des habitants.

³²Idem

VI.3.2. Baisse de la production et appauvrissement de la population

Une grande conséquence de l'ensablement des champs de culture à Torotorofotsy c'est la réduction des surfaces cultivées qui amène aussi à la baisse de la production pour chaque période de récolte. De l'autre côté, en zone de colline, la pratique agricole basée sur les brûlis appauvrit les sols et affaiblit le rendement à chaque période culturale. En 2004, le rendement moyen obtenu pour chaque parcelle arrive jusqu'à 3 tonnes à l'hectare tandis qu'il n'atteint que 1,44 tonnes à partir de 2014³³. Cette baisse de production a des répercussions sur le niveau de vie de la population car elle n'arrive pas à satisfaire les besoins de chaque famille. La production rizicole dans la commune d'Andasibe a diminué de presque 1 tonne à l'hectare en deux ans par rapport à celle de Morarano Gara (cf. tableau 12). Par suite la destruction de ces parcelles incite toujours les riziculteurs à réaménager de nouvelles parcelles qui réduisent la surface des milieux humides.

Tableau 12. Comparaison de la production rizicole d'Andasibe par rapport à Morarano Gara

Commune	MORARANO GARA	ANDASIBE
Date		
2012	2,5t	2t
2014	2t	1,44t

PCD Andasibe 2014- Archive Morarano Gara 2014

³³PCD, 2014

CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE

L'évolution des zones humides de Torotorofotsy dans le temps et dans l'espace se manifeste par une dégradation du milieu. La perte de leurs fonctions écologiques et des processus hydrologiques ont provoqué un assèchement des marais et ont ainsi accru la fréquence des inondations. En outre, la conversion des marais en rizière et le drainage ont été des facteurs contributifs majeurs au déclin des ressources en eau dans la zone et à l'accroissement de la pauvreté de la population locale.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail, les recherches effectuées sur le site mettent en évidence que les zones humides de Torotorofotsy ne se trouvent plus dans leur état naturel ; de considérables dégradations sont visibles presque partout. Ainsi avec les caractéristiques qu'ils présentent actuellement, les marais sont en stade de mutation.

Comme toutes les zones humides de la Région Alaotra Mangoro, la dégradation des marais de Torotorofotsy découle de plusieurs facteurs à la fois naturels et anthropiques. D'un côté, les facteurs naturels comme la variation du climat local suivie d'une érosion active accélèrent le comblement des marais. De l'autre côté les facteurs anthropiques tels que les aménagements effectués par la société Sherritt d'Ambatovy mettent en danger la qualité des eaux en surface des marais, la conversion des marais en rizières demeure la cause principale de l'assèchement de ces zones et les coupes abusives des végétations aquatiques détruisent les habitats naturels de la faune qui est menacé d'extinction.

Par conséquent, les zones humides de Torotorofotsy ne peuvent plus remplir leur fonction écologique, hydrologique et deviennent vulnérables aux catastrophes naturelles. Il en résulte des crues cycloniques dont le site est victime presque tous les ans. De plus, liées aux différentes actions la morphologie du site a été modifiée d'où l'assèchement des marais a été constaté partout dans la zone de recherche. Ces tendances ont des impacts importants sur les écosystèmes aquatiques et sur le bien-être de la population.

Pour remédier à la dégradation incessante des zones humides de Torotorofotsy, il faudra assurer l'encadrement des communautés villageoises avec leur implication dans le site. Il faut repenser à une exploitation raisonnable des ressources en eaux car elles procurent des bénéfices pour les générations présentes et futures. Puisque l'agriculture est la principale utilisation de l'espace dans la zone de recherche, la première raison de dégradation des marais, ce n'est qu'à l'aide de cette activité même qu'on peut sauver les restes des marais. L'enjeu est par conséquent de préserver une agriculture suffisamment intensive et donc peu consommatrice d'espace pour garantir une gestion durable de ces territoires marqués par des contraintes naturelles fortes Il faudra alors l'initier et l'orienter vers une agriculture respectueuse de l'environnement en exemple d'un « Système sur couverture végétale (S.C.V) ».

Le S.C.V est une technique qui se caractérise par une augmentation de la couverture végétale. Cette couverture assure et conserve l'humidité du sol et aide à préserver la nappe phréatique. Comme le rôle de tourbières, ce système de culture participe à l'absorption du carbone et empêche la population locale à ne plus pratiquer la culture sur brûlis et le défrichage au profit de l'agriculture.

Vis-à-vis de la tendance actuelle dans les zones humaines de Totorofotsy, la non-maîtrise de l'exploitation des marais par les gestionnaires du site (Asity- CIREEF....) risqueront de faire perdre les critères avec lesquels Totorofotsy est classé parmi les zones humides d'importances internationales de Madagascar. Ces derniers pourraient conduire au déclassement de la zone en tant que site Ramsar.

BIBLIOGRAPHIE

- 1-ASTINI H. 2011, *Restauration écologique des zones humides à Madagascar et Comores*, mémoire de M1 en environnement et biohydrosystèmes, Université de Mahajanga, 56p.
- 2-A.U.F. 1998, *Revue des sciences de l'eau*, volume 11, Paris, 310p.
- 3- BARNAUDG. 1997, *Rôle et fonction des zones humides*. « L'Eau, l'homme et la nature », 24èmes Journées de l'Hydraulique de la Société hydrotechnique de France 18-20 septembre 1996, Paris, La Houille Blanche, 1/2 : 90-91.
- 4- BONN F. 1992, *Précis de télédétection*, volume1, Principes et méthodes, Presses de l'Université du Québec/ AUPELF, Sainte-Foy, 485p.
- 5- BOURGEAT F. 1972, *Sols sur le socle ancien à Madagascar*, ORSTOM, Paris, 335p.
- 6- BRGM. 1994, *Marais de Saint-Gond (Marne), Etats des connaissances sur l'exploitation des tourbières et leur impact sur le milieu naturel*, Rapport R38 279,44p.
- 7- CHABALIER. P. *Les problèmes des conservations des sols et d'érosion à Madagascar*, 13p.
- 8- CHAPERON P. – DANLOUX J –FERRY L. 1993, *Fleuves et rivières de Madagascar*, ORSTOM, Paris, 873p
- 9- COMMUNE RURALE ANDASIBE, 2014, *Plan Communal de Développement*.58p
- 10- CONSERVATION INTERNATIONALE MADAGASCAR. 2014, Songadina, N°21, Avril-Juin, 1-8p.
- 11- CUBIZOLLE H. et al. 2007, *Origine, fonctionnement et conservation des tourbières*, Actes du colloque du Château de Goutelas en Octobre 2005, CRENAM Université de Saint-Etienne, 381p.
- 12- D.G.M, 2008. Le changement climatique à Madagascar, 32 p.
- 13- DONQUE G. 1975, *Contribution géographique à l'étude du climat de Madagascar*, Nouvelle imprimerie des arts graphiques, Antananarivo, 475p.
- 14- DUGAN P.1992, *Les conservations des zones humides, problèmes actuels et mesure à prendre*, UICN. 100p

- 15- DYNATEC CORPORATION. 2006, *Etude d'Impact Environnemental du projet Ambatovy*, Vol C, 242p
- 16-ESSA. 2016, *Conférence AlaRela zones humides de Madagascar*, Université de Madagascar, 3-23p.
- 17- ELOUARD J-M. - GIBON F-M. 2001, *Biodiversité et biotypologie des eaux continentales de Madagascar*, IRD, 447p.
- 18- GAUJOUS D. 1993, *La pollution des milieux aquatiques*, Lavoisier, 210p.
- 19- GOUJON P. 1968, *Conservation des sols en Afrique et à Madagascar*, 1^{ère} partie, Revue bois et forêts des tropiques N°118.
- 20- LACOSTE A. –SALANON R. 1995, *Eléments de biogéographie et d'écologie*, Paris, Nathan, 188p.
- 21- LEVEQUE C. 1994, *Environnement et diversité du vivant*, ORSTOM, 127p.
- 22- LOUP J. 1974, *Les eaux terrestres, hydrologie continentale*, Paris VI, Masson, 172p.
- 23- MORETTE A. 1964, *Précis d'hydrologie*, Paris VI, Masson, 532p.
- 24-- MINISTERE DE L'AGRICULTURE, 2001. *Monographie de la Région du Moyen-Est*, 249p.
- 25-MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES FORETS, 2014, *Cinquième Rapport National de la Convention sur la Biodiversité Biologique de Madagascar*, 204p.
- 26-MINISTERE DE L'EAU, DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'URBANISME, République de Burundi. 2009, *Plan de gestion et d'aménagement de la Réserve Naturelle de MALAGARAZI*, Bujumbura, 71p.
- 27-NARBERU D. 2014, *Les zones humides. Ouvrir pour préserver ?* Sciences Agricoles, Angers, 73p.
- 28- NEUVY G. 1991, *L'homme et l'eau dans le domaine tropical*, Paris, Masson, 230p.
- 29- NICOLL M.E- LANGRAND O.1989, *Revue de la conservation des aires protégées*, WWF-Fonds Mondial de la nature, Gland, XVII, 374p.
- 30- ONE, 1996, *Définition et délimitation des zones sensibles et lignes directrices pour la préparation des études d'impact environnemental*, 90p.

- 31- ONE, INSTAT. 1994, *Rapport de l'état de l'environnement à Madagascar* .PNUD/BM, 155p.
- 32- ONE, 2007, *Kit pédagogique de la région Alaotra Mangoro*, 138p.
- 33- ONE, 2006, *Plan de Gestion Environnementale Spécifique du Pipeline, phase de construction, Ambatovy*, 201p.
- 34- ONE, 2008. *Evaluation environnementale des zones humides, guide spécifique*, 58p.
- 35- PARDE M. 1968, *Fleuves et rivières*, Armand Colin, Paris, 241p.
- 36- PEGUY C. 1961, *Précis de Climatologie*, 2^{ème} édition, Ed. Masson, Paris, 468p.
- 37- PNUE, *Monographie nationale sur la biodiversité*, Antananarivo, 322p.
- 38- PRIMACK R.-RATSIRARSON J. 2005, *Principe de base de la conservation de la biodiversité*, Antananarivo, CITE, 285p.
- 39- RABEZANAHARY R. 2014, *La valorisation d'une zone humide : le parc national de Tsimanampetsotse dans le sud de Madagascar*, mémoire de Maîtrise en Géographie, 127p.
- 40- RAJAONARIVONY M. 2007, *Analyse et évaluation des enjeux anthropiques et écologiques liés à la dégradation des écosystèmes aquatiques : habitat des espèces menacées, Cas du site Ramsar de Torotorofotsy*, 2008, mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome, 112p.
- 41- RAMSAR, 1971. *Le manuel de la convention de Ramsar*, Gland- Suisse ,3^{ème} édition.
- 42- RAMSAR, 2013. *Le Manuel de la Convention Ramsar : Guide de la Conservation sur les zones humides (Ramsar,Iran)*, 6^{ème} édition, Gland-Suisse, 110 p.
- 43- RAMANANDRAIBE A. 2009, *Etude socio- économique de la gestion des ressources naturelles de torotorofotsy (marais, bassins versants) site de Mantella aurantiaca*, mémoire pour l'obtention de diplôme d'étude supérieure spécialisée en sciences de l'environnement Université d'Antananarivo, 102p.
- 44- RAMADE F. 1995, *Eléments d'écologie, écologie appliquée*, Ediscience internationale, Paris, 5^{ème} édition, 631p

- 45- RANDRIAMANANA L. 2013, *Caractérisation des sites de reproduction de Mantella aurantiaca dans la région de Moramanga*, mémoire de DEA, biologie végétale, université d'Antananarivo, 73p
- 46- RANDRIANAVELONA R. et al, 2010. *Stratégie de conservation de l'espèce Mantella aurantiaca (grenouille doré)*, 2011-2015, 45p.
- 47- RANTOANINA M. 1961, *Rapport de fin de mission sur la prospection et levés géologique au 1/100000 des feuilles Moramanga-Lakato*, Service géologique, 23p.
- 48- RASOLOFOHARINORO. 1988, *Quelques faciès de la couverture forestière en relation avec l'environnement dans la région d'Andasibe (Périnet)*, thèse de doctorat en géographie, Antananarivo, 364p.
- 49- RAZAKANIRINA D. 1986. *Contribution à l'étude de la végétation d'Andasibe Périnet*. Université d'Antananarivo. Etablissement d'Enseignement Supérieur des Sciences. Thèse de Doctorat de troisième cycle. 191 p.
- 50- RAUNET M. 1997, *Les ensembles morphopédologiques de Madagascar*, CIRAD, 107p.
- 51- ROGGERI H. 1995, *Zone tropicale d'eau douce*, Pays-Bas, Université de Leiden, 385p.
- 52- ROOSE E. 1994, *Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)*. Bulletin pédologique de la FAO - N° 70 - 418 p.
- 53- WCS. 2005, *Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar. Marais de Torotorofotsy avec leurs bassins versants* ,18 p.
- 54- ZEDAM A .2015, *Etude de la flore endémique dans les zones humides de Chott El Hodna*, Thèse de doctorat en Sciences, Université Ferhat Abbas Sétif I, Algérie, 197 p.
- 55- ZICOMA. 1999, *Les zones d'importance pour la conservation des oiseaux à Madagascar*, Projet ZICOMA, Antananarivo, Madagascar. 109 p.

WEBOGRAPHIE

-<http://agritop-prod.cirad.fr/> du 22 Août 2016 à 17h

-<http://www.zones-humides.eaufrance.fr> du 22 Août 2016 à 17h

-<http://www.osf.mg> du 29/09/16 à 13h

- <http://www.asity-madagascar.org/nos-sites> /29/09/16 à 13h

-<http://www.wwf.com> vendredi 16/09 /16 à 13h30

-[http://www.eau-](http://www.eau-loirebretagne.fr/espace_documentaire/documents_en_ligne/guides_milieux_aquatiques/)

[loirebretagne.fr/espace_documentaire/documents_en_ligne/guides_milieux_aquatiques/](http://www.eau-loirebretagne.fr/espace_documentaire/documents_en_ligne/guides_milieux_aquatiques/) du 12/10/16 à 12h15

-<http://www.researchgate.net/publication/29489416> du 18/12/17 à 10h

-<http://Halarchives-ouvertes.fr>

-<http://www.earth.explorer.gov>

ANNEXES

Annexe 1 : Fiche d'enquêtes ménages

1- Adresse		Fiche N°	
Taille de ménage			
		H	F
2-Activités économiques		oui	non
	Agriculteur		
	bûcheron		
	Artisan		
	Autres		
3-Origine			
	Originaire		
	Immigrant		
	Raisons		
4 -Aménagement des rizières			
	Propriétaires	oui	non
	source d'irrigation		
	Année d'exploitation		
	Production/année		
5-Inondation au niveau du marais			
	Niveau d'eau		
	Apport des crues		
	volume des sables		
	Autres		
6-Tavy	Pratique du Tavy	oui	non
	Raisons		
	Zone d'exploitation		
7-Utilisation des écosystèmes			
	Lieu de pêche		
	Approvisionnement en eau		
	Lieu d'approvisionnement en matières premières		
	Autres		
8-Connaissance du site Ramsar			
	Savez- vous que Torotorofotsy est un site Ramsar	oui	non
	Connaissez-vous l'importance des zones humides ?		
	Vos avantages à l'intégration du Torotorofotsy dans le site Ramsar		

QUESTIONNAIRES POUR LES RESPONSABLES ADMINISTRATIFS

- **Pour les responsables de la commune**

- Surface totale de la commune :
- Nombre de la population de la commune :
- Pourcentage de la population autochtone :
- Activité de la majorité de la population :
- Lieu d'activité :
- Connaissez-vous le site Ramsar de Torotorofotsy ?
- Quels sont les rôles principaux de la commune dans la gestion du site de Torotorofotsy ?
- D'après vous, est-ce-que l'intégration des zones humides de Torotorofotsy dans le site Ramsar permet-elle leur conservation ? Pourquoi ?

- **Pour les responsables du Fokontany**

- Surface totale du Fokontany
- Nombre de la population du Fokontany
- Activité de la population :
- Lieu d'activité :
- Limite des zones humides de Torotorofotsy
- Les actions de gestion ou protection du site de Torotorofotsy
- Les effets directs de l'introduction des zones humides de Torotorofotsy dans le Fokontany.
- D'après vous quelles sont les actions qui dégradent ces zones ?

- **Pour les responsables de l'Association/organisme**

- Adresse/organisme :
- Emploi :
- Limite du site Ramsar de Torotorofotsy
- Limite du marais
- Quels sont les rôles de cet organisme dans le site Ramsar de Torotorofotsy ?
- Actions de protection de ces zones humides

ANNEXE 2 : LES ZONES HUMIDES D'IMPORTANCE INTERNATIONALE DE MADAGASCAR

Localité	Caractéristiques	Fonctions/spécificités	Superficie (ha)
Nosy Ve Androka	Récif corallien	Habitat des 140 espèces de coraux, 240 espèces de poisson	92080
Antrema	Zone lacustre drainée par des rivières	Mangroves habitat des lémurien, des oiseaux d'eaux, des reptiles	20620
Complexe de Bemanevika	Ecosystème lacustre et marécageux	Fragments des forêts abritant des espèces d'oiseaux d'eaux, des lémurien	37041
Sahamalaza	Sites côtiers et marins	Récifs coralliens parsemés de mangroves	22800
Ankarafantsika	Zone lacustre et palustre à Raphia	Habitat des podocnémide de Madagascar	33200
Kinkony	Zone lacustre	Lieu de refuge et de nidification des oiseaux d'eaux	13800
Mandrozo	Zone lacustre entourée de marais	Source alimentaire pour des poissons	15145
Nosivolo	Rivière formant des îlots	Abri des espèces des poissons endémiques et des lémurien	358511
Alaotra	Zone lacustre entourée d'un vaste marais	Habitat des 3 espèces endémiques de lémurien, des poissons, des oiseaux d'eaux	722500
Tsarasaotra	Parc privé sous forme d'un lac entouré d'Eucalyptus	Refuge des hérons et des canards des Hautes Terres Centrales	5
Tsimanapetsotsa	Zone située dans une	Abri des poissons	

	formation karstique composée d'un lac salé et saumâtre	aveugles « <i>Typhleorthis madagascariensis</i> »	45604
Complexe de Manambolomaty	Zone lacustre entourée d'un marais et composée des mangroves	Abri des tortues d'eaux douces de Madagascar (10%)	7491
Sofia	Zone lacustre entourée d'un marais à Cypéraceae	Abri de 36 espèces d'oiseau d'eau (<i>Anas Melleri</i>)	5320
Archipel de Barren	Ilots parsemés des coraux	Habitat des 150 espèces de poisson endémique	6500
Ambondrombe	Zone lacustre avec des plaines d'inondation	Zone de conservation de l'Ibis et des tortues d'eaux douces	7049
Mangrove de Tsiribihina	Mangrove se formant dans une lagune et dans une plage de sel	Abri des oiseaux d'eaux et des tortues	20000
Vallée de l'Onilahy	Zone palustre	Habitat des 56 espèces de reptile, 79 espèces d'oiseaux d'eaux	7500
Marais de Torotorofotsy	Zone palustre entourée par des forêts et composée de bassins versants	Zone de conservation de grenouille dorée, des oiseaux d'eaux.	5400
Bedo	Zone lacustre entourée par un marais	Habitat des oiseaux d'eaux et des oiseaux migrants	1962
Ambondro -Sirave	Zone intertidale composée de mangroves, de marais.	Habitat des lémurien endémiques de Madagascar « Sifaka »	14481,5

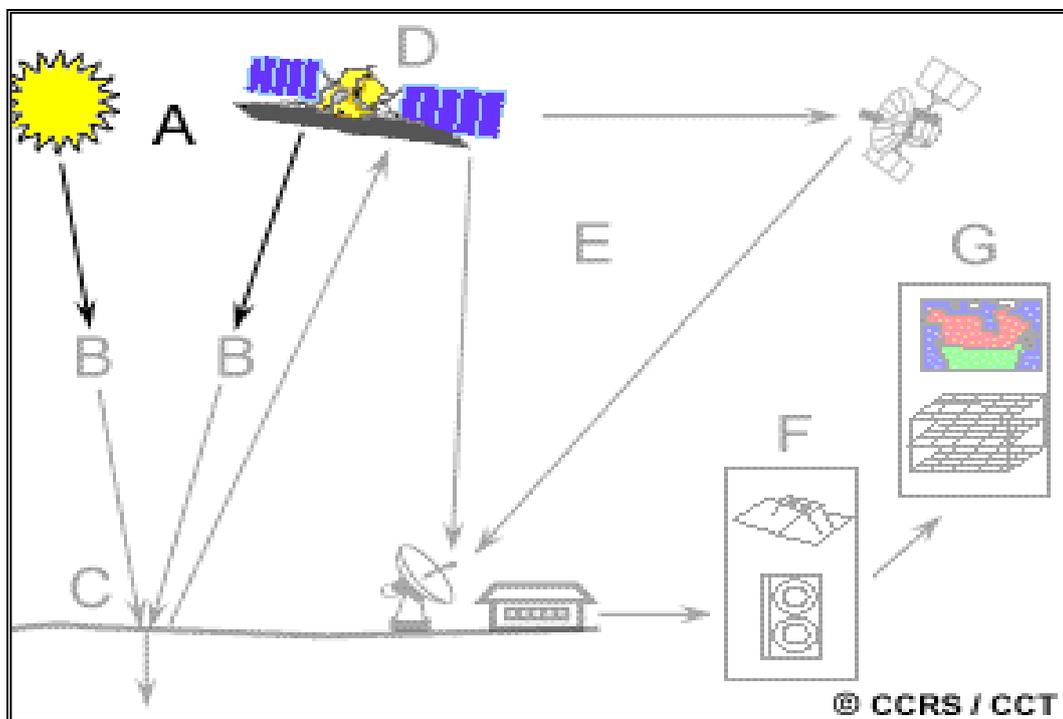
Source : www.ramsar.org avec arrangement de l'auteur

ANNEXE 3 : TECHNIQUES ET OUTILS DE TRAITEMENT D'IMAGE

✓ Télédétection

La télédétection est l'ensemble des techniques qui permettent d'obtenir de l'information sur la surface de la terre, y compris l'atmosphère et les océans, sans contact direct avec celle-ci.

En principe, la télédétection repose sur un enregistrement de l'énergie rayonnée par des objets sans contact direct avec ceux-ci (cf. figure 17). Ces objets émettent des radiations caractérisées par des longueurs d'onde allant du visible, de l'infrarouge aux micro-ondes. Ceci est donc possible dans la mesure où les objets visés réfléchissent des rayonnements à différentes longueurs d'ondes selon leur état.



- A. Source d'énergie ou illumination
- B. Radiation et atmosphère
- C. Interaction avec l'objet
- D. Détection de l'énergie par le capteur
- E. Transmission, réception et traitement
- F. Interprétation et analyses
- G. Applications

Le soleil éclaire et transmet un rayon incident vers un objet (cible). Une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci. Le satellite transfère des signaux vers des

stations de réception au sol. Ainsi, la nature de cette interaction dépend des caractéristiques du rayonnement et des propriétés de la surface. Une interprétation visuelle ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire des informations que l'on veut obtenir sur la cible. La dernière étape du processus consiste à exploiter l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible surtout pour faire découvrir les nouveaux aspects du milieu de la recherche.

✓ **Système d'Information Géographique (S.I.G)**

Le système d'information géographique est un outil qui permet de localiser, d'analyser et de combiner les éléments géographiques d'un territoire bien défini. Afin de concevoir l'analyse à l'aide du S.I.G on a servi du logiciel Arcgis 10.3.

L'Arcgis offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion et l'analyse des données. L'existence des différentes couches d'informations spatiales dans ce système permet de représenter les différents aspects du milieu de la recherche.

Il comprend trois (03) versions en fonctionnalité croissante :

- ArcCatalog, un explorateur de donnée tabulaire et cartographique qui permet de gérer ou d'organiser les outils analogues aux systèmes.
- ArcMap, une boîte d'outil qui permet de gérer, d'analyser et éditer les différentes couches d'information de base.
- ArcToolbox assure la conversion et le transfert du format et la projection de la carte.

ANNEXE 4 : QUELQUES LOIS, DÉCRETS ET ARRÊTÉS POUR L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE DES ZONES HUMIDES.

Lors de l'évaluation environnementale des Zones Humides, certains points ont mérité d'être pris en compte en plus de ceux stipulés dans les guides sectoriels relatifs à la filière à laquelle appartient le projet, entre autres :

- Loi N° 90 - 033 du 21 décembre 1990 modifié par les lois N° 97 - 012 du 06 juin 1997 et N° 2004 - 015 du 19 août 2004 relative à la Charte de l'Environnement Malagasy ;
- Ordonnance N° 93 - 022 du 04 mai 1993 portant réglementation de la pêche et de l'aquaculture ;
- Loi N° 95 - 017 du 25 août 1995 portant code du tourisme ;

- Loi N° 98 - 026 du 20 janvier 1999 portant refonte de la charte routière ;
- Loi N° 98 - 029 du 20 janvier 1999 portant code de l'eau ;
- Loi N° 99 - 022 du 19 août 1999 portant code minier ;
- Loi N° 99 - 021 19 août 1999 sur la politique de gestion et de contrôle de la pollution industrielle ;
- Décret N° 96- 1293 du 30 décembre 1996 relatif à la création et à la gestion des zones d'intérêt touristique ;
- Décret N° 2000 - 170 du 15 mars 2000 fixant les conditions d'application de la loi N° 99 - 022 portant code minier ;
- Décret N° 2003 / 464 du 15 avril 2003 portant classification des eaux de surface et rejet d'effluents liquides ;
- Décret N° 99 - 954 du 15 décembre 1999 modifié par le décret N° 2004 - 167 du 03 février 2004 relatif à la mise en compatibilité des investissements avec l'environnement ;
- Arrêté N° 18177/ 04 du 27 septembre 2004 portant définition et délimitation des zones forestières sensibles ;
- Arrêté interministériel N° 12032 / 2000 du 06 novembre 2000 sur la réglementation du secteur minier en matière de protection de l'environnement.

ANNEXE 5 : SYSTEME RAMSAR DE CLASSIFICATION DES TYPES DE ZONES HUMIDES

Selon le guide de la Convention sur les zones humides, les codes correspondant au système de classification de zone humide sont approuvés par la recommandation 4.7 et amendés par les Résolutions VI.5 et VII.11 de la Conférence des Parties contractantes. Les catégories figurant dans la classification permettent de servir de cadre général pour l'identification rapide des principaux types d'habitats de zones humides représentés dans chaque site. 42 types de zones humides sont identifiées dans le système et regroupées dans les catégories suivantes : douze (12) zones humides « côtières et marines », vingt (20) zones humides « continentales ou intérieures » et dix (10) zones humides « artificielles ».

1. Zones Humides marines/côtières

A - Eaux marines peu profondes et permanentes, dans la plupart des cas d'une profondeur inférieure à six mètres à marée basse, y compris baies marines et détroits.

B -Lits marins aquatiques subtidiaux, y compris lits de varech, herbiers marins, prairies marines tropicales.

C - Récifs coralliens

D -- Rivages marins rocheux, y compris îles rocheuses, falaises marines

E - Rivages de sable fin, grossier ou de galets, y compris bancs et langues de sable, îlots sableux, systèmes dunaires et dépressions intradunales humides.

F - Eaux d'estuaires : eaux permanentes des estuaires et systèmes deltaïques estuariens

G -Vasières, bancs de sable ou de terre salée intertidaux.

H -Marais intertidaux, y compris prés salés, schorres, marais salés levés, marais cotidaux saumâtres et d'eau douce

I - Zones Humides boisées intertidales, y compris marécages à mangroves, marécages à palmiers nipa et forêts marécageuses cotidales d'eau douce

J - Lagunes côtières saumâtres / salées, y compris lagunes saumâtres à salées reliées à la mer par un chenal relativement étroit au moins

K -Lagunes côtières d'eau douce, y compris lagunes deltaïques d'eau douce

Zk(a) – Systèmes karstiques et autres systèmes hydrologiques souterrains, marins / côtiers

2. Zones Humides continentales

L -Deltas intérieurs permanents

M -Rivières / cours d'eau / ruisseaux permanents, y compris cascades.

N -Rivières / cours d'eau / ruisseaux saisonniers / intermittents / irréguliers

O -Lacs d'eau douce permanents (plus de 8 hectares), y compris grands lacs de méandres

P -Lacs d'eau douce saisonniers / intermittents (plus de 8 hectares), y compris lacs des plaines d'inondation)

Q -Lacs salés / saumâtres / alcalins permanents

R -Lacs salés et étendues / saumâtres / alcalins saisonniers / intermittents

Sp-Mares / marais salins / saumâtres / alcalins permanents

Ss – Mares / marais salins / saumâtres / alcalins saisonniers / intermittents

Tp -Mares / marais d'eau douce permanents : étangs (moins de 8 hectares), marais et marécages sur sols inorganiques, avec végétation émergente détrempée durant la majeure partie de la saison de croissance au moins

Ts-Mares / marais d'eau douce saisonniers / intermittents sur sols inorganiques, y compris fondrières, marmites torrentielles, prairies inondées saisonnièrement, marais à lâches

U -Tourbières non boisées, y compris tourbières ouvertes ou couvertes de buissons, marécages, fagnes

Va - Zones Humides alpines, y compris prairies alpines, eaux temporaires de la fonte des neiges.

Vt -Zones Humides de toundra, y compris mares de la toundra, eaux temporaires de la fonte des neiges.

W -Zones Humides dominées par des buissons : marécages à buissons, marécages d'eau douce dominés par des buissons, saulaies, aulnaies, sur sols inorganiques.

Xf -Zones Humides d'eau douce dominées par des arbres, y compris forêts marécageuses d'eau douce, forêts saisonnièrement inondées, marais boisés, sur sols inorganiques.

Xp -Tourbières boisées : forêts marécageuses sur tourbière.

Y -Sources d'eau douce : oasis.

Zg -Zones Humides géothermiques

Zk (b) -Systèmes karstiques et autres systèmes hydrologiques souterrains, continentaux

Note: « plaine d'inondation » est un terme général qui fait référence à un type de zone humide ou plus pouvant comprendre des exemples de R, Ss, Ts, W, Xf, Xp, entre autres. Certaines Zones Humides de plaines d'inondation sont des prairies saisonnièrement inondées (y compris des prairies naturelles humides), des zones broussailleuses, des zones boisées et des forêts. Les Zones Humides de plaines d'inondation ne figurent pas ici comme type spécifique de zone humide.

3. Zones Humides " artificielles "

- 1 - Étangs d'aquaculture (ex. poissons, crevettes)
- 2 - Étangs, y compris étangs agricoles, étangs pour le bétail, petits réservoirs (généralement moins de 8 hectares)
- 3 -Terres irriguées, y compris canaux d'irrigation et rizières
- 4 -Terres agricoles saisonnièrement inondées.
- 5 -Sites d'exploitation du sel : marais salants, salines, etc.
- 6 -Zone de stockage de l'eau : réservoirs / barrages / retenues de barrages / retenues d'eau (généralement plus de 8 hectares).
- 7 -Excavations : gravières / ballastières / glaisières, sablières, puits de mine...
- 8 -Sites de traitement des eaux usées, y compris champs d'épandage, étangs de sédimentation, bassins d'oxydation, etc.
- 9 - Canaux et fossés de drainage, rigoles

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE.....	i
RESUME.....	ii
LISTE DES ILLUSTRATIONS.....	iii
ACRONYMES.....	v
GLOSSAIRE.....	vii
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE.PROBLEMATIQUE- DEMARCHE DE RECHERCHE ET CARACTERES GEOGRAPHIQUES DE LA ZONE DE RECHERCHE.....	3
CHAPITRE I. PROBLEMATIQUE ET DEMARCHE DE RECHERCHE.....	4
I.1. Problématique et objectifs de la recherche	4
I.2. Démarche de recherche.....	5
I.2.1. La phase de documentation.....	5
I.2.2. La phase des travaux de terrain.....	8
I.2.1.2. Enquêtes sur terrain.....	8
Chapitre II. CONDITION ECOLOGIQUE DE LA ZONE DE RECHERCHE	12
II.1.Condition favorable du milieu physique	14
II.1.1.Un climat typiquement humide	14
II.1.2. Une topographie assez variée	15
II.1.3. Un substrat géologique assez homogène	16
II.1.4. Une hydrographie très dense	17
II.2.Un milieu biotique sensible à l'activité humaine	18

II.2.1.Des formations végétales riches	19
II.2.2. Des faunes endémiques très menacées	20
II.2.3. Une population dépendante des ressources naturelles.....	21
CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE.....	25
DEUXIEME PARTIE. DEGRADATIONS DES ZONES	
HUMIDES :CONSEQUENCES DES PHENOMENES NATURELS ET DES	
ACTIVITES ANTHROPIQUES	
	26
Chapitre III. ZONAGES DES MILIEUX HUMIDES DE TOROTOROFOTSY	27
III.1. Statuts des zones humides	27
III.2. Identification des fonctions des milieux humides	27
Chapitre IV. FACTEURS DE DEGRADATION DU MARAIS DE TOROTOROFOTSY ...	32
IV.1. Des phénomènes naturels contraignants	32
IV.1.1. Variation des conditions climatiques locales	32
IV.1.2. Une érosion hydrique intense.....	37
IV.2. Des activités anthropiques dévastatrices.....	38
IV.2.1. L'aménagement des rizières.....	39
IV.2.2. Collecte des matières premières pour l'artisanat	42
IV.2.3. Mise en œuvre de l'exploitation minière d'Ambatovy	42
CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE.....	44
TROISIEME PARTIE.DYNAMIQUE REGRESSIVE DES ZONES HUMIDES DE	
TOROTOROFOTSY	
	45

Chapitre V. EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DES ZONES HUMIDES DE TOROTOROFOTSY	46
V. 1. Dynamique de l'occupation du sol dans les zones humides de Torotorofotsy 1990-2016	47
V.1.1. Etat d'occupation du sol dans les zones humides de Torotorofotsy en 1990.....	47
V.1.2. Etat d'occupation du sol dans les zones humides de Torotorofotsy en 2000.....	47
V.1.3. Etat d'occupation du sol dans les zones humides de Torotorofotsy en 2016.....	48
V. 2. Diminution spatiale des milieux humides et la tendance à l'assèchement des marais....	49
Chapitre VI. IMPACTS DE LA SUREXPLOITATION DU MARAIS DE TOROTOROFOTSY	52
VI.1. Perte des fonctions hydrologiques du marais.....	52
VI.1.1. Assèchement du marais.....	52
VI.1.2. Fréquence et abondance du phénomène de crue	56
VI.2. Perte des fonctions écologiques	58
VI.2.1. Destruction de la couverture végétale	58
VI.2.2. Extinction des espèces faunistiques	59
VI.3. Baisse du niveau de vie de la population liée à la dégradation du marais	60
VI.3.1. Diminution des parcelles de culture.....	60
VI.3.2. Baisse de la production et appauvrissement de la population.....	61
CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE	62
CONCLUSION GENERALE	63

BIBLIOGRAPHIE	63
WEBOGRAPHIE.....	69
ANNEXES	70
TABLES DES MATIERES.....	81