



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES EAUX ET FORETS
PARCOURS : ENVIRONNEMENT, TERRITOIRE ET DEVELOPPEMENT

*Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en
Sciences Agronomiques et Environnementales au Grade Master II*

Promotion « ANDRISA »

ANALYSE COMPARATIVE DES RISQUES CLIMATIQUES POUR LES SECTEURS DE PRODUCTION DANS LES TROIS ECOSYSTEMES DE LA REGION BOENY

Par

ANDRIANANTENAINA Hanitra Nomentsoa

Soutenu le 10 juillet 2018

Président du jury : RABEMANANJARA Zo Hasina

Tuteur : RAKOTO RATSIMBA Harifidy

Examineur : RABEFITIA Zo

Invitée : ANDRIAMANANORO Monique



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES EAUX ET FORETS

PARCOURS : ENVIRONNEMENT, TERRITOIRE ET DEVELOPPEMENT

*Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur en
Sciences Agronomiques et Environnementales au Grade Master II*

Promotion « ANDRISA »



Par

ANDRIANANTENAINA Hanitra Nomentsoa

Soutenu le 10 juillet 2018

Président du jury : RABEMANANJARA Zo Hasina

Tuteur : RAKOTO RATSIMBA Harifidy

Examineur : RABEFITIA Zo

Invitée : ANDRIAMANANORO Monique

*Que ma bouche soit remplie de tes louanges, Que
chaque jour elle te glorifie!*

Psaume 71 :8

REMERCIEMENTS

Après avoir rendu grâce à Dieu Le Tout Puissant et Le Miséricordieux, nous voulons exprimer notre gratitude envers tous ceux qui, par leur présence, leur soutien, leur disponibilité et leurs conseils, nous avons eu le courage d'accomplir ce travail. Il s'agit particulièrement de :

- **Monsieur RABEMANANJARA Zo**, Docteur HDR, Chef de Mention Foresterie et Environnement à l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques (ESSA), pour l'honneur qu'il fait de présider le jury du présent mémoire ;
- **Monsieur RAKOTO-RATSIMBA Harifidy**, Docteur-Ingénieur, Enseignant-chercheur au sein du Département, qui malgré ses diverses occupations, a accepté d'encadrer ce mémoire et a apporté soutien, conseil et encouragement tout au long de ce travail ;
- **Monsieur RABEFITIA Zo**, Docteur, Ingénieur en Chef à la Direction Générale de la Météorologie, pour avoir accepté d'examiner ce travail malgré ses nombreuses responsabilités;
- **Madame ANDRIAMANANORO Monique**, Coordinatrice Technique du PAGE/GIZ, pour avoir figuré parmi les membres de jury de ce mémoire et d'avoir apporté ses appréciations ;

Nous vous réitérons nos sincères remerciements d'avoir accepté de siéger dans le jury ainsi que pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail.

Notre gratitude et remerciement vont également à :

- **Toute l'équipe pédagogique de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques et plus particulièrement celle du Département des Eaux et Forêts** pour toutes les formations et les enseignements qu'elle a apportés au cours de notre cursus universitaire.
- **La GIZ et à tous les collègues qui y travaillent en particulier ceux du Programme d'Appui à la Gestion de l'Environnement (PAGE) dont du Projet de Renforcement des conditions et Capacité d'adaptation durable au Changement Climatique (PRCCC)** pour nous avoir permis d'effectuer ce projet de fin d'étude ainsi que pour les appuis et soutiens.

Nos remerciements s'adressent tout particulièrement à notre famille d'avoir accepté ce choix de continuer les études, de faire ce mémoire et de nous avoir soutenus pendant tout ce temps.

Pour terminer, notre reconnaissance s'adresse à tout ce bon monde que nous n'avons pas pu citer et qui a contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de cette étude.

Un grand merci à tous !

Hanitra

RESUME

Madagascar, 4^e pays le plus pauvre au monde, est classé 5^e pays les plus vulnérables au changement climatique. Depuis quelques années, les effets négatifs du changement climatique se font ressentir dans le pays. Le climat est de plus en plus sujet à de fortes variabilités ou à des changements selon des échelles de temps et d'analyse dont les conséquences restent néfastes pour le développement durable.

La région Boeny, dans laquelle l'étude et l'analyse se sont focalisées ne déroge pas à ce problème. La méthodologie adoptée pour analyser les risques climatiques est celle proposée par le Groupe d'expert Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) dans son cinquième rapport (AR5). Il s'agit de concept de risque plutôt que de vulnérabilité (AR4) et c'est l'interaction entre trois composantes : dangers (aléas), expositions et vulnérabilités (sensibilité et capacité d'adaptation). Dans le processus d'analyse, ces trois éléments pour les différents secteurs productifs dans trois écosystèmes à savoir marin et côtier, agroécosystème et forestier sont à déterminer. Les aléas climatiques qui touchent cette région sont : l'augmentation de la température, le démarrage tardif et le raccourcissement de la saison des pluies au cours de laquelle parfois des pluies courtes mais fortes ou intenses se présentent, l'allongement de la saison sèche ; les cyclones, les vents forts et tempêtes comme aléas climatiques extrêmes. Presque tous les systèmes : à commencer par la population, ses moyens de subsistance, les espèces, les écosystèmes, les ressources ou services environnementaux, les éléments d'infrastructure ou de biens économiques, sociaux ou culturels sont exposés aux aléas climatiques. En ce qui concerne les risques climatiques pour chaque secteur d'analyse, la faible productivité des cultures due aux stress hydriques est le risque pour l'agriculture ; la faible productivité des produits d'élevage est celui de l'élevage, la diminution des services écosystémiques pour la forêt et biodiversité et la diminution des ressources halieutiques pour la pêche.

A la fin de l'analyse, il a été ressorti que le niveau des risques de chaque secteur diffère selon l'écosystème dans lequel l'activité est pratiquée. Puis, les ménages qui pratiquent au moins deux activités sources de revenus sont moins vulnérables, d'autant plus si celles-ci ne dépendent pas directement de l'évolution du climat, ou si des mesures adéquates sont appliquées. Enfin, plus les communautés sont confrontées aux risques climatiques et qu'elles arrivent à mobiliser leur capacité pour y faire face, moins elles sont vulnérables.

Des mesures d'adaptation sont proposées à l'issue de l'étude afin que chaque ménage et les communautés puissent faire face au changement climatique en augmentant leur résilience.

Mots clés : Risques climatiques, vulnérabilité, adaptation, communautés, moyens de subsistance, Boeny, Madagascar

ABSTRACT

Madagascar, the 4th poorest country in the world, is ranked 5th most vulnerable to climate change. For some time, the negative effects of climate change have been felt in the country. The climate is more and more subject to strong variability or changes according to time scales and analysis whose consequences remain harmful for sustainable development.

The Boeny Region, in which study and analysis have focused, does not derogate from this problem. The methodology adopted to analyze climate risks is that proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in its fifth report (AR5). It is a concept of risk rather than vulnerability (AR4) and it is the interaction between three components: hazards, exposures and vulnerabilities (sensitivity and adaptability). In the analysis process, these three elements for the different productive sectors in three ecosystems namely marine and coastal, agroecosystem and forest are to be determined.

The climatic hazards affecting this region are: the increase in temperature, the late start and the shortening of the rainy season during which sometimes short but strong or intense rains occur, the lengthening of the dry season and cyclones, strong winds and storms as extreme climatic hazards. Almost all systems: starting with the population, its livelihoods, species, ecosystems, environmental resources or services, infrastructure elements or economic, social or cultural goods are exposed to climatic hazards. With respect to climate risks for each analytical area, low crop productivity due to water stress is the risk for agriculture; the shortage of fodder is that of livestock, the loss of biodiversity for the forest and biodiversity and the reduction of fisheries resources for fishing.

At the end of the analysis, it was found that the level of risk in each sector differs according to the ecosystem in which the activity is practiced. Then, households that practice at least two income-generating activities are less vulnerable, especially if they do not depend on climate change. Finally, the more communities face climate risks and they are able to mobilize their capacity to cope, the less vulnerable they are.

Adaptation measures are proposed at the end of the study so that each household and communities can cope with climate change by increasing their resilience.

Key words: Climate risks, vulnerability, adaptation, livelihoods, communities, Boeny, Madagascar

FAMINTINANA

Madagasikara, fahaefatra amin'ny firenena faran'ny mahantra maneran-tany, dia firenena fahadimy marefo indrindra noho ny fiovan'ny toetrandro. Ny voka-dratsy ateraky ny fiovan'ny toetrandro dia efa mianjady amin'ny firenena. Araka ny maridrefin'ny toetrandro sy ny fanadihadiana natao dia ahitana fiovaovana ny toetrandro eto Madagasikara ary misy fiantraikany amin'ny fampandrosoana maharitra izany.

Ny faritra Boeny, izay faritra nanaovana izao fanadihadiana izao dia tsy voailika amin'izany olana izany. Ny metodolojika noraisina mba handinihana ny loza ateraky ny toetrandro dia ny tolo-kevitra ny Vondrona mpahairaha iraisan'ny fitondram-panjakana momba ny fiovan'ny toetrandro (GIEC) tamin'ny tatitra fahadimy (AR5). Tamin'izany no namantarana ny tranga mety hitera-doza, ny fianjadian'ny fiovan'ny toetrandro sy ny faharefoan'ireo seha-pihariana miankina amin'ny fambolena ao anaty ny rohivoahary telo: ranomasina sy ny morotsiraka, fambolena sy ny ala. Ireo loza mianjady amin'ny faritra dia ny fiakaran'ny maripana, ny fahataran'ny fiavian'ny orana sy ny fihenana ny vanim-potoanan'ny orana, izay ahitana oram-be amin'ny fotoana fohy, ny fihalavan'ny andro maina, ny rivo-doza, ny rivo-mahery ary ny tafiotra. Rafitra maro no hianjadian'ny fiovan'ny toetrandro : ny olombelona sy ireo seha-pihariany, ny biby sy ny zavamaniry, ny rohivoahary, ny asan'ny tontolo iainana, ny foto-drafitrasa na ireo fananana ara-ekonomika, ara-tsosialy sy ara-kolotoraly. Raha momba ny tataom-pahavoazana ho an'ireo sehatra nanaovana fanadihadiana, dia ny fihenana ny vokatra ny fambolena noho ny korontana ateraky ny rano izany ho an'ny sehatra fambolena ; ny fihenana ny fahana ho an'ny fiompiana, ny fahaverezan'ireo harena voajanahary ho an'ny ala sy ny harena voajanahary ary ny fihenana ny vokatra ho an'ny jono.

Nivoaka tamin'ny faran'ny fanadihadiana fa ny tahan'ny tataom-pahavoazan'ny seha-pihariana dia tsy mitovy isaky ny rohivoahary. Ireo tokatran'ny izay manana asam-pihariana farafahakeliny roa dia tsy dia marefo loatra noho ny hafa indrindra moa raha asa tsy miankina amin'ny toetr'andro no ataony na koa mampiatra ireo fepetra fampifanarahana mahomby izy ireo. Ary farany, ny fianjadiana matetika amin'ny tranga ho an'ireo fokonolona ka hainy ny miatrika izany dia mampihena ihany koa ny faharefoany.

Misy ireo toro ho fampifanarahana amin'ny fiovan'ny toetrandro atolotra, any amin'ny farany, ho an'ny tokatran'ny sy ny fokonolona, hahafahan'izy ireo miatrika ka hampitomboana ny tsangy amin'ny fiovan'ny toetrandro.

Teny iditra : Tataom-pahavoazana, faharefoana, fampifanarahana, vondron'olona, seha-pihariana, Boeny, Madagasikara

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
RESUME	ii
ABSTRACT	iii
FAMINTINANA	iv
LISTE DES ACRONYMES.....	viii
LISTE DES ANNEXES	x
LISTE DES CARTES	x
LISTE DES FIGURES.....	x
LISTE DES TABLEAUX	xi
GLOSSAIRE	xii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1: METHODOLOGIE.....	4
1.1. PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES.....	4
1.2. CADRE THEORIQUE.....	5
1.2.1. Concept de développement durable.....	5
1.2.2. Concepts de risque	6
1.2.3. Différentes méthodes d'analyse des risques climatiques	7
1.2.4. Choix de la méthodologie à adopter	13
1.2.5. Importance de la considération de la communauté	14
1.3. ZONE D'ETUDE.....	15
1.3.1. Caractéristiques de la zone d'étude	16
1.3.2. Autres caractéristiques.....	18
1.4. ANALYSES DES RISQUES SELON AR5.....	19
1.4.1. Identification et analyse des Dangers	19
1.4.2. Evaluation de l'Exposition face aux dangers	22
1.4.3. Identification des Risques.....	23
1.4.4. Identification de la Vulnérabilité	23
1.4.5. Analyse des options d'adaptation	23
1.5. CAPITALISATION DES DONNEES EXISTANTES	24
1.5.1. Données spatiales.....	24
1.5.2. Données climatiques	24
1.5.3. Données socio-économiques	25

1.6.	COLLECTE ET TRAITEMENT DES DONNEES ADDITIVES	25
1.6.1.	Collecte de données sur terrain	25
1.6.2.	Méthode d'analyse des données collectées sur terrain.....	29
1.7.	OUTILS DE SAISIE ET LOGICIELS UTILISES	30
1.8.	LIMITES DU TRAVAIL.....	30
1.9.	CADRE OPERATOIRE	32
1.10.	SYNTHESE METHODOLOGIQUE	33
CHAPITRE 2.	RESULTATS.....	34
2.1.	CARACTERISTIQUES DES MENAGES.....	34
2.2.	ACTIVITES SOURCES DE REVENUS	34
2.2.1.	Activités sources de revenus par écosystème.....	34
2.2.2.	Agriculture et élevage	36
2.3.	PERCEPTION PAYSANNE	38
2.3.1.	Perception paysanne de l'évolution du climat	38
2.3.2.	Impacts sur les activités économiques.....	38
2.4.	ANALYSE DES RISQUES CLIMATIQUES	39
2.4.1.	Dangers	39
2.4.2.	Exposition	44
2.4.3.	Risques climatiques	44
2.4.4.	Vulnérabilité	51
2.4.5.	Options d'adaptation.....	53
CHAPITRE 3.	DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS	56
3.1.	DISCUSSIONS	56
3.1.1.	Méthodologie AR5.....	56
3.1.2.	Données climatologiques utilisées	57
3.1.3.	Interrelation entre risques climatiques et activités sources de revenus	57
3.1.4.	Impacts socio-économiques sur les paysans.....	58
3.1.5.	Vérification des hypothèses	59
3.2.	RECOMMANDATIONS.....	61
3.2.1.	Objectif	61
3.2.2.	Plan d'action	63

Conclusion	68
Bibliographie.....	70
Annexe.....	73

LISTE DES ACRONYMES

ACC	: Adaptation au Changement Climatique
ACF	: Action Contre la Faim-International
AGR	: Activité Génératrice de Revenu
AR4/5	: 4 th /5 th Assessment Report (4 ^e /5 ^e Rapport d’Evaluation)
ASECNA	: Agence pour la SECurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar
BD	: Base de Données
BNGRC	: Bureau National de Gestion des Risques et Catastrophes
CC	: Changement Climatique
CdV	: Chaîne de Valeur
CGDD	: Commissariat Général au Développement Durable
CoBa	: Communauté de Base
CREAM	: Centre de Recherches, d’Etudes et d’Appui à l’analyse économique à Madagascar
CRiSTAL	: Community-based Risk Screening Tool – Adaptation and Livelihoods
CT	: Court Terme
DD	: Développement Durable
DGM	: Direction Générale de la Météorologie
DRRHP	: Direction Régionale des Ressources Halieutiques et de la Pêche
ENSOMD	: Enquête Nationale de Suivi des Objectifs du Millénaire pour le Développement
EPVC	: Etude Participative des Risques, Vulnérabilité et Capacité Communautaire
FTM	: Foibe Taotsaritanin’i Madagasikara
GIEC	: Groupe International des Experts sur l’Evolution du Climat
IEC	: Information-Education-Communication
IIDD	: Institut International du Développement Durable
INSTAT	: Institut National de la STATistique
IOV	: Indicateur Objectivement Vérifiable
LT	: Long Terme

MEEF	: Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts
MT	: Moyen Terme
OMM	: Organisation Météorologique Mondiale
ONU	: Organisation des Nations Unies
PIB	: Produit Intérieur Brut
SAC	: Schéma d'Aménagement Communal
SREX	: Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation
TG	: Transfert de Gestion
WCED	: World Commission on Environment and Development
WWF	: World Wildlife for Nature

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Description générale de la région Boeny	73
Annexe 2 : Fiches d'enquêtes.....	75
Annexe 3 : Phénomènes qui ont touché la région Boeny	78
Annexe 4 : Projections futures des paramètres climatiques	82

LISTE DES CARTES

Carte 1: Zone d'étude	16
Carte 2 : Zones climatiques de Madagascar	17
Carte 3 : Localisation des stations climatologiques.....	25

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Composantes du risque climatique	8
Figure 2 : Lien entre les composantes du risque climatique (AR5).	13
Figure 3 : Adaptation comme partie intégrante des mesures de réduction des risques par l'intervention sur le danger et la vulnérabilité ainsi que la réduction de l'exposition	14
Figure 4 : Synthèse méthodologique	33
Figure 5 : Activités socio-économiques sources de revenu dans l'écosystème marin et côtier	34
Figure 6: Activités socio-économiques sources de revenu dans l'agroécosystème	35
Figure 7: Activités socio-économiques sources de revenu dans l'écosystème forestier	35
Figure 8 : Pourcentage des ménages avec le nombre de spéculations.....	37
Figure 9 : Evolution annuelle de la température moyenne	40
Figure 10 : Tendance de la température moyenne.....	40
Figure 11 : Evolution annuelle de début de la saison de pluie durant les 56 dernières années	40
Figure 12 : Tendance de début de la saison de pluie pendant les 56 dernières années.....	40
Figure 13 : Tendance de nombre de jours de pluie durant les 56 dernières années	41
Figure 14 : Evolution annuelle du nombre de jours de pluie durant les 56 dernières années.....	41
Figure 15 : Evolution annuelle de quantité de précipitations durant les 56 dernières années	41
Figure 16 : Tendance de la quantité de précipitations durant les 56 dernières années	41
Figure 17 : Impacts directs liés aux aléas pour les secteurs agriculture et élevage, et forêt et biodiversité	42
Figure 18: Impacts directs liés aux aléas pour le secteur pêche	43
Figure 19 : Chaîne d'impacts du secteur agriculture.....	45

Figure 20 : Chaîne d’impacts du secteur élevage	47
Figure 21 : Chaîne d’impacts du secteur pêche.....	48
Figure 22 : Chaîne d’impacts du secteur Forêt et Biodiversité	50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Communes faisant objet de l’étude	15
Tableau 2 : Caractéristiques de la zone d’étude	18
Tableau 3 : Nombre de ménages enquêtés par Fokontany	27
Tableau 4 : Cadre opératoire de la recherche	32
Tableau 5 : Caractéristiques des ménages	34
Tableau 6 : Spéculations agricoles recensées et pratiquées dans chaque écosystème.....	36
Tableau 7 : Types d’élevage recensés et pratiqués dans chaque écosystème.....	37
Tableau 8: Liste des aléas climatiques majeurs.....	42
Tableau 9 : Facteurs de sensibilité et de capacité du risque « faible productivité des cultures ».....	51
Tableau 10 : Facteurs de sensibilité et de capacité du risque « baisse de productivité d’élevage »	52
Tableau 11: Facteurs de sensibilité et de capacité du risque « diminution des produits de pêches »....	53
Tableau 12 : Facteurs de sensibilité et de capacité du risque « diminution des services écosystémiques »	53
Tableau 13 : Options d’adaptation	53
Tableau 14 : Cadre logique	63

GLOSSAIRE

Adaptation : C'est la démarche d'ajustement au climat actuel ou attendu, ainsi qu'à ses conséquences. Pour les systèmes humains, il s'agit d'atténuer les effets préjudiciables et d'exploiter les effets bénéfiques (GIEC, 2014).

Aléa : L'aléa qui est défini comme la survenue potentielle d'un phénomène naturel ou induit par l'homme ou une tendance, ou un impact physique, pouvant entraîner les risques (IPCC WGII AR5 Part A, p. 1048; IPCC 2014a, Oppenheimer et al 2014).

Capacité d'adaptation : Il s'agit de la faculté d'ajustement des systèmes, des institutions, des êtres humains et d'autres organismes, leur permettant de se prémunir contre d'éventuels dommages, de tirer parti des opportunités ou de réagir aux conséquences (Parry et al. 2007).

Changement climatique : Le Changement climatique est défini comme un changement dans l'état du climat, qui peut être identifié (par exemple en utilisant des tests statistiques) par des changements dans la moyenne et / ou la variabilité de ses propriétés, et qui persiste pendant une période prolongée, généralement pendant des décennies, voire plus (GIEC, 2007).

Climat : Le climat se définit comme le « Temps moyen » ou moyennes établies sur la durée des variables climatiques telles que les températures, les précipitations et la force des vents, notées au cours des décennies (généralement sur 30 ans) (DGM, 2008).

Danger : C'est l'éventualité d'un phénomène ou d'une tendance physique, naturel ou anthropique, ou d'une incidence physique, susceptible d'entraîner des pertes en vies humaines, des blessures ou autres effets sur la santé, ainsi que des dégâts et des pertes matériels touchant les biens, les infrastructures, les moyens de subsistance, la fourniture des services, les écosystèmes, et les ressources environnementales. Dans le présent rapport, ce terme se rapporte en général aux phénomènes et tendances physiques associés au climat ou à leurs impacts physiques.» (GIEC, 2014).

Ecosystème : C'est le système interactif formé par l'ensemble des organismes vivants et par leur environnement abiotique (physique et chimique) dans une zone donnée. Les écosystèmes couvrent une hiérarchie d'échelles spatiales et peuvent englober la planète entière, des biomes à l'échelle continentale ou bien des systèmes bien définis comme un petit étang (GIEC, 2007).

Exposition : C'est défini comme la présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, de fonctions, ressources ou services environnementaux, d'éléments d'infrastructure ou de biens économiques, sociaux ou culturels dans un lieu ou dans un contexte, susceptibles de subir des dommages (GIEC, 2014) .

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) : est perçu comme l'organisme international chef de file pour l'évaluation des changements climatiques. Depuis sa création il y a 23 ans, le GIEC est devenu un cadre essentiel pour l'échange de dialogue scientifique

sur les changements climatiques au sein de la communauté scientifique ainsi qu'à travers les arènes scientifiques et politiques.

Incidence ou impact : Il s'agit en général des effets sur les personnes, les modes de subsistance, la santé, les écosystèmes, le patrimoine économique, social et culturel, les services (y compris les services environnementaux) et les infrastructures, compte tenu de leurs interactions avec les changements climatiques ou les phénomènes climatiques dangereux qui se produisent au cours d'une période donnée, et de la vulnérabilité de la société ou du système exposé. Dans ce sens, on emploie aussi les termes conséquences ou impacts. Les incidences des changements climatiques sur les systèmes géophysiques, notamment les inondations, les sécheresses et l'élévation du niveau de la mer, constituent un sous-ensemble d'incidences appelées « impacts physiques » (GIEC, 2014).

Résilience : La résilience peut être défini comme la capacité des systèmes sociaux, économiques et environnementaux à faire face à un événement, une tendance ou une perturbation dangereuse, en répondant ou en se réorganisant de manière à maintenir la capacité d'adaptation, d'apprentissage, et de transformation (Perry et al., 2007).

Risque : Le risque qui est défini comme potentiel de conséquences, dans lequel quelque chose de valeur est en jeu, et dont l'issue est incertaine (IPCC WGII AR5 Part A, p. 1048; IPCC 2014a, Oppenheimer et al 2014).

Sensibilité : La sensibilité détermine le degré d'affectation positive ou négative d'un système par une exposition donnée au changement climatique (GIEC, 2014).

Variabilités climatiques : Ce sont les variations de l'état moyen et d'autres variables statistiques (écarts types, événements extrêmes, etc.) du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales au-delà de la variabilité propre à des phénomènes climatiques particuliers. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne) ou à des variations des forçages externes anthropiques ou naturels (GIEC, 2007).

Vulnérabilité (1) : C'est le degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur, et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa sensibilité, et de sa capacité d'adaptation (Parry et al., 2007).

Vulnérabilité (2) : La vulnérabilité se définit comme la propension ou la prédisposition à être affectée de manière négative. La vulnérabilité se caractérise à travers différentes dimensions : sociale, économique, environnementale, institutionnelle, culturelle. (IPCC WGII AR5 Part A, p. 1048, IPCC 2014a, Oppenheimer et al 2014; Birkmann et al. 2013, Kienberger & Hagenlocher 2014).

INTRODUCTION

La réduction de la pauvreté et le développement durable demeurent des priorités fondamentales à l'échelle de la planète. Un quart de la population des pays en développement a moins de 1,25 dollars par jour pour vivre. Un milliard d'êtres humains n'ont pas accès à l'eau potable ; 1,6 milliard n'ont pas l'électricité et 3 milliards ne bénéficient pas d'un assainissement adéquat. Un quart des enfants, à l'échelle des pays en développement, souffrent de malnutrition (Banque Mondiale, 2010). Répondre à ces besoins doit rester au cœur des priorités des pays en développement et des sources d'aide au développement — sachant que le développement deviendra plus difficile du fait du changement climatique. Autrement dit, le changement climatique ne fait qu'augmenter la complexité du problème.

D'après l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM), en 2013, le rythme décennal d'augmentation de la température à l'échelle du globe s'est accéléré entre 1971 et 2010, atteignant, en moyenne estimative, 0,17°C durant cette période, contre 0,062°C par décennie sur toute la période 1880-2010. En outre, l'augmentation de 0,21°C entre la température moyenne de la décennie 1991-2000 et celle de la décennie 2001-2010 est plus marquée que celle qui a été constatée entre les décennies 1981-1990 et 1991-2000 (+0,14°C).

Les impacts du changement climatique sont multiples. Une augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses ou des inondations ; une hausse des températures extrêmes, mais aussi des changements plus lents comme l'acidification des océans, la montée du niveau des mers... sont déjà constatés. Ces changements à l'œuvre ont des impacts indirects majeurs comme la baisse des rendements agricoles ou de poissons disponibles, la hausse des prix des produits alimentaires et la baisse des possibilités d'autosuffisance alimentaire qui entraînent alors l'insécurité alimentaire, les conflits pour la terre et pour l'eau ... Cette chaîne d'impacts peut se décliner dans différents secteurs mais une chose est sûre : à chaque fois, ce sont les plus pauvres et les plus vulnérables, pourtant les moins responsables des causes du changement climatique, qui subissent les conséquences les plus graves du changement climatique. Davantage exposés aux risques de catastrophes naturelles, dépendant directement de ressources elles-mêmes soumises aux pressions des aléas météorologiques, et dotés d'une capacité d'adaptation limitée aux effets des changements climatiques, les femmes, enfants, et communautés marginales sont particulièrement vulnérables. Il s'agit d'une injustice mondiale. En effet, les experts anticipent que le changement climatique aggrave des situations déjà préoccupantes. Il pourrait y avoir par exemple 600 millions de personnes supplémentaires en situation d'insécurité alimentaire d'ici à 2080 (GIEC, 2014). Affectés par à peine 9 % des catastrophes mondiales, les pays à faibles revenus subissent près de la moitié du nombre total de décès provoqués par ces catastrophes (48%), et ce chiffre pourrait malheureusement augmenter. Pourtant, malgré les signes avant-coureurs annonçant l'intensification et l'installation à long terme du changement climatique, il y a de fortes chances pour que l'action internationale concertée ne soit pas suffisante

pour s'attaquer au problème et limiter le dérèglement climatique. Selon le GIEC en 2007, le monde pourrait, d'ici 2100, connaître un réchauffement de 5 °C à 6 °C par rapport aux niveaux préindustriels, bien au-delà du seuil « de sécurité » recommandé par les scientifiques (+1,5 à 2° C).

Madagascar est le cinquième pays le plus vulnérable au changement climatique selon le classement Maplecroft (2012). En d'autres termes, Madagascar figure parmi les pays les plus exposés aux effets négatifs du changement climatique. Depuis quelques temps, les effets négatifs du changement climatique se font ressentir dans le pays. Le climat est de plus en plus sujet à de fortes variabilités ou à des changements selon des échelles de temps et d'analyse dont les conséquences restent néfastes pour le développement durable. Les observations depuis 1950 ont montré que la température de l'air de l'île a augmenté de façon continue et significative (entre 0,2 et 0,4 °C) jusqu'en 2012 (DGM, 2008). Une grande variabilité sur les précipitations a été observée tandis que le nombre de jour de pluie a été réduit entre 20 et 60 jours depuis ces derniers 45 ans. Depuis 1994, la fréquence des cyclones intenses (avec des vents supérieurs à 150 km/h) ayant touché terre a augmenté très significativement (DGM, 2008).

La forte pauvreté de la population couplée avec la récurrence des événements climatiques extrêmes dans divers endroits (cyclones, inondations, sécheresses, tarissement des rivières,...) augmentent de plus en plus la vulnérabilité de la majorité de la population et diminuent sa capacité d'adaptation, aggravée par la destruction des ressources naturelles dont elle dépend.

Déjà sujette aux variabilités climatiques, l'agriculture à l'instar de tous les autres secteurs est exposée au changement climatique. L'économie du pays repose essentiellement sur cette agriculture qui emploie 76,8% de la population active et contribue à près du tiers du Produit Intérieur Brut (PIB) (ENSOMD / INSTAT 2012-2013).

A Boeny, la majorité de la population active (66,6% des hommes et 61,6% des femmes) s'adonne aux activités agricoles (agriculture, élevage, pêche et artisanat), suivies de l'activité commerciale (19% des hommes et 12% des femmes). La Région Boeny est classée comme deuxième grenier à riz de Madagascar (CREAM, 2014). Malgré cette grande importance des activités agricoles pour la région, celles-ci connaissent des risques majeurs qui auront des impacts sur l'économie de la région.

Dans ce contexte, le présent mémoire dont le thème est intitulé « **Analyse comparative des risques climatiques pour les secteurs de production dans les trois écosystèmes de la région Boeny** » pourra servir d'étude préalable dans le cadre de la conception et de la mise en œuvre des projets liés à ces secteurs de production et aussi aux projets d'adaptation au changement climatique à venir.

Trois (03) chapitres composent ce mémoire, lesquels présentent, tour à tour, (i) la méthodologie comprenant la problématique générale, la zone où s'est déroulée l'étude, le cadre théorique, les matériels et méthodes, (ii) les résultats puis enfin (iii) la discussion qu'ils animent et les recommandations.

Le premier chapitre présente d'abord brièvement la problématique générale puis expose la zone d'étude avec ses caractéristiques. Le cadre théorique sur lequel repose ce mémoire est, par la suite, présenté. Il dévoile, en effet, les éléments conceptuels nécessaires au travail d'analyse : le concept de développement durable, le concept de risque climatique de l'AR5. Il se poursuit avec le concept de communauté ou l'importance de la considération de la communauté. Les matériels et méthodes utilisés pour la réalisation de l'étude sont enfin décrits.

Le deuxième chapitre est entièrement dédié à la présentation des résultats de recherche et à l'interprétation qui en est faite. Il met l'accent sur l'identification et l'analyse des risques climatiques.

Le troisième et dernier chapitre vise à répondre aux questions spécifiques du mémoire. À cet effet, il rappelle chacune d'elles et expose ensuite les éléments de réponses ainsi que les enseignements qu'on peut en tirer.

CHAPITRE 1: METHODOLOGIE

1.1. PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

Dans la région Boeny, le climat est de plus en plus sujet à de fortes variabilités ou à des changements selon des échelles de temps et d'analyse et dont les conséquences restent néfastes pour le développement durable. Depuis quelques années, des risques climatiques majeurs se sont observés pour les secteurs de production, qui engendrent des conséquences graves sur l'économie de la région voire même le mode de vie et bien être des ménages. Une diminution de la productivité agricole (c'est à dire de l'agriculture, de l'élevage, de la pêche et des forêts) est constatée . Ceci est essentiellement dû au stress hydrique (eau pluviale insuffisante).

En outre, il est constaté que d'autres problèmes s'ajoutent à ceux liés au climat qui ne font qu'aggraver encore plus la situation. Les pressions sur les ressources naturelles, entre autres ne cessent de s'accroître dues aux activités anthropiques que ce soit pour des raisons de subsistance ou commerciales ou tout simplement de vandalisme. La déforestation (forêts naturelles et mangroves), la culture sur brûlis ou *tavy*, et les feux sont les pressions les plus fréquentes et les plus dévastatrices dans la région. Selon la plus récente analyse de l'évolution de la couverture forestière nationale, Madagascar a perdu 181 097 ha de forêt en 5 ans (ONE, 2013). En effet, les communautés riveraines dépendent fortement des ressources naturelles. De ce fait, ces ressources subissent une forte pression qui entraîne leur dysfonctionnement. Autrement dit, elles ne peuvent plus assurer leurs fonctions écologiques de protection et de régulation. En effet, la déforestation dénude le sol et le prive de végétation qui les protège des agressions de l'eau et du vent (Bazani, 2009).

La dernière analyse de la couverture forestière nationale révèle que la Région Boeny accuse un taux de déforestation la plus élevée (0,9%) comparée à la moyenne nationale (0,7%) (ONE, 2013). La situation devient alarmante car cette Région qui constitue le second grenier à riz de Madagascar est à l'heure actuelle menacée, entre autres par les conséquences de la dégradation forestière. Dans la grande exploitation rizicole de Marovoay, les riziculteurs connaissent de graves problèmes d'ensablement des rizières. Non seulement, ces matériaux colluvionnaires sont de nature sableux, défavorables à l'agriculture, mais aussi ils rehaussent le niveau des rizières en défavorisant l'irrigation (Razafimanantsoa, 2008). Il s'ensuit que la riziculture en saison sèche n'est plus pratiquée et la production rizicole diminue. Compte tenu que la sécurité alimentaire reste un problème persistant pour Madagascar, la diminution de la production rizicole ne fait qu'accroître la pauvreté.

Trois (03) questions de recherche alimentent ce mémoire :

- Quelles sont les tendances ou phénomènes dangereux liés au climat et leurs impacts physiques qui posent des risques sur les différents systèmes de production dans la région d'étude ?

- Quelles sont les caractéristiques qui rendent le système vulnérable aux impacts négatifs potentiels du ou des dangers considérés ?
- Quelles mesures pourraient contribuer à réduire la vulnérabilité et/ou l'exposition des systèmes ?

Trois (03) hypothèses sont énoncées :

H1 : Le niveau de risque de chaque secteur varie selon les types d'écosystème auquel il se situe.

En d'autres termes, cette hypothèse stipule que, dans les trois types d'écosystème étudiés, les risques climatiques peuvent présenter des incidences plus ou moins graves, et qui pourraient être aggravés par une capacité d'adaptation limitée. Cela peut varier selon deux critères : (i) les aléas climatiques et les composantes par secteur affectées se différencient selon l'écosystème. Pour cela, les aléas climatiques et les impacts qui leur sont directement liés qui touchent chaque localité sont identifiés, et les spéculations agricoles (agriculture-élevage-pêche-activités forestières) affectées sont déterminées ; (ii) la vulnérabilité (sensibilité et capacité) de chaque secteur varie selon l'écosystème. La sensibilité et les capacités d'adaptation de chaque secteur sont analysées et voir si des spécificité au niveau de chaque écosystème se présente.

H2 : La résilience des ménages face aux risques climatiques est en corrélation positive avec le nombre d'activités socio-économique ou de spéculation

Cela signifie que pratiquer plusieurs activités socio-économiques sources de revenus ou différentes spéculations agricoles pourrait être une solution efficace pour faire face aux dangers. En d'autres termes, plus les ménages pratiquent plus d'activités socio-économique plus ils sont résilients ou moins vulnérables.

H3 : L'adaptation des communautés face aux risques climatiques évolue dans le temps en fonction des choix de mesures et des capacités d'adaptation.

La vulnérabilité doit alors être entendue comme une caractéristique qui évolue dans le temps, se renforçant ou s'atténuant selon l'évolution du contexte des aléas d'une part, et des choix de société, d'autre part. Ainsi, des cercles vertueux ou vicieux s'instaurent-ils entre vulnérabilité et adaptation, et de fait, l'adaptation doit elle aussi être entendue comme dynamique, évolutive.

1.2. CADRE THEORIQUE

1.2.1. Concept de développement durable

Le Développement Durable est une forme de développement économique ayant pour objectif principal de concilier le progrès économique et social avec la préservation de l'environnement. Ce dernier étant considéré comme un patrimoine devant être transmis aux générations futures.

La Commission Mondiale pour l'Environnement et le Développement de l'ONU (WCED) dite Commission de Brundtland en a donné en 1987 la définition suivante :

« Sustainable Development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs ».

"Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la possibilité, pour les générations à venir, de pouvoir répondre à leurs propres besoins".

Le développement durable est constitué de trois piliers qui sont :

- **un pilier économique**, qui vise des objectifs de croissance et d'efficacité économiques;
- **un pilier social**, qui vise à satisfaire les besoins humains et à répondre à des objectifs d'équité et de cohésion sociale. Il englobe notamment les questions de santé, de logement, de consommation, d'éducation, d'emploi, de culture
- **un pilier environnemental**, qui vise à préserver, améliorer et valoriser l'environnement et les ressources naturelles sur le long terme.

Le développement durable implique l'intégration harmonieuse d'une économie rationnelle et viable, d'une gouvernance responsable, de la responsabilisation des populations, de la cohésion sociale et de l'intégrité écologique.

1.2.2. Concepts de risque

1.2.2.1. Quelques définitions de risques

- Dans le wikipédia, la définition du risque c'est est *la possibilité de survenue d'un événement indésirable, la probabilité d'occurrence d'un péril probable ou d'un aléa.*

- D'après GIEC en 2014, le risque se définit *comme potentiel de conséquences, dans lequel quelque chose de valeur est en jeu, et dont l'issue est incertaine.*

1.2.2.2. Différents types de risques

Il existe différentes façons de classer les risques, selon leur fréquence, leur nature, leur type. Le classement de la Banque Mondiale propose de les classer par types. Les deux risques retenus, en général, comme les plus importants sont **le risque climatique** qui joue sur les pratiques culturales et agronomiques et les choix techniques tel le niveau d'intensification ; et **le risque économique**. Il ne faut cependant pas négliger l'importance des autres types de risques notamment les **risques sociaux**.

Risques climatiques

D'après la Stratégie internationale de prévention des catastrophes des Nations Unies UNISDR, 2009, le risque climatique se définit comme la probabilité des conséquences destructrices ou des pertes prévues (p. ex. décès, blessures, pertes des moyens d'existence, réduction de la productivité économique, dommages environnementaux) résultant des interactions entre les aléas climatiques, l'exposition à ces aléas et la présence de conditions vulnérables.

Dans l'actuelle étude, la définition du risque climatique selon l'AR5 est prise. Un risque climatique est ainsi défini comme l'interaction de trois composantes : l'aléa climatique, l'exposition des populations, milieux et activités à cet aléa et la vulnérabilité. L'impact est la conséquence du risque climatique.

Les incidences sont les effets (conséquences ou impacts) des aléas climatiques sur les systèmes naturels et humains (sur la vie des personnes, les modes de subsistance, la santé, les écosystèmes, le patrimoine économique, social et culturel, les services et les infrastructures).

Risque économique

Le risque économique englobe les risques qui menacent les flux liés au titre financier et relèvent du monde économique (volatilité des prix, stratégie de spéculation...). Les manifestations du changement climatique affectent les activités économiques des paysans ce qui entraîne une réduction ou une baisse des rendements, la diminution des revenus des ménages et aussi l'augmentation des prix au marché.

Risques sociaux

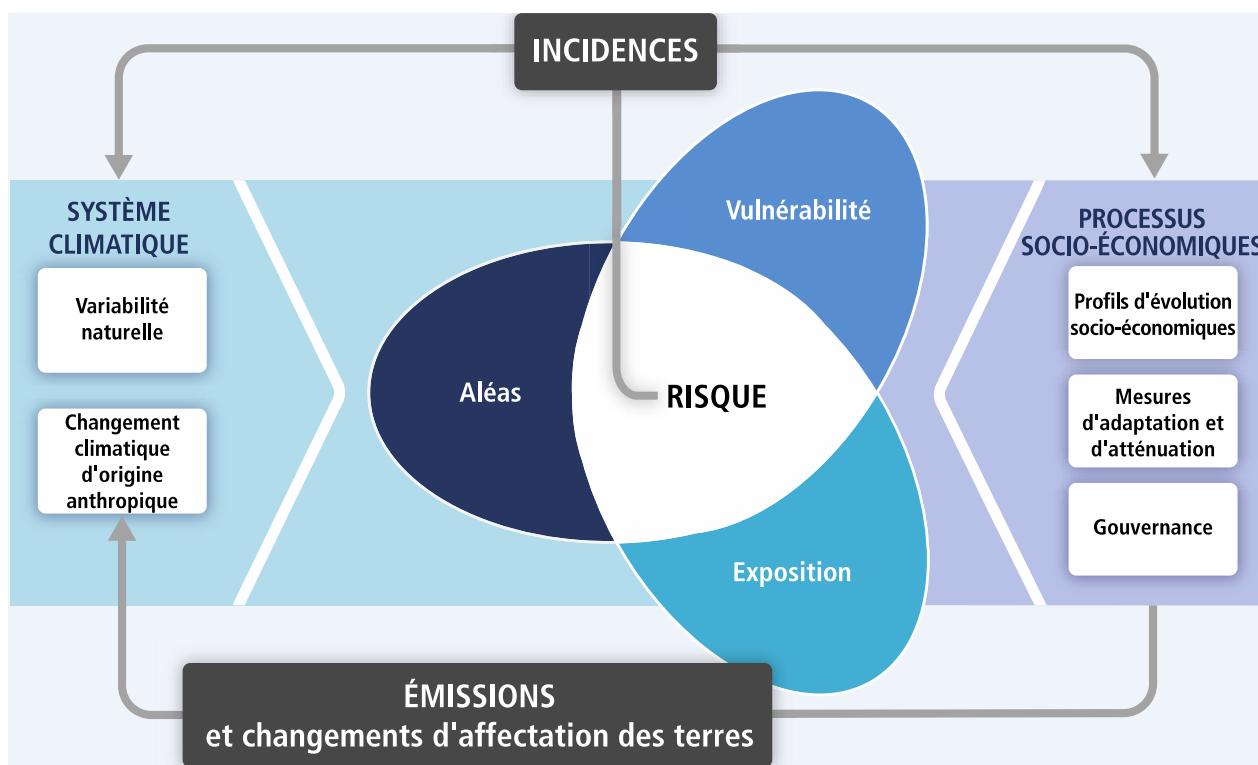
Le GIEC a fait cette constatation que l'impact le plus marqué de l'évolution du climat est la migration humaine. Toutefois, les populations privées des ressources requises pour assurer une migration planifiée se trouvent en situation d'exposition accrue face aux phénomènes météorologiques extrêmes, en particulier dans les pays en développement à faible revenu (GIEC, 2014). Le changement climatique peut accroître indirectement les risques de conflits violents en exacerbant les sources connues de conflits que sont la pauvreté et les chocs économiques.

En outre, les risques majeurs causés par le changement climatique sont la diminution des ressources (terres cultivables, pâturage, ...), des conflits dus essentiellement aux compétitions pour les ressources pourraient survenir au niveau de la communauté.

1.2.3. Différentes méthodes d'analyse des risques climatiques

1.2.3.1. Analyse des risques climatiques dans l'AR5

Le concept du risque dans l'AR5 du GIEC, sorti en 2014 a été développé autour du terme central de «**risque**». Dans ce concept, le risque résulte de l'interaction de la **vulnérabilité**, de l'**exposition** et du **danger** (Aléa).



Source : 5^e rapport d'évaluation de GIEC, 2014

Figure 1: Composantes du risque climatique

Danger

Le danger est défini comme l'apparition potentielle d'un phénomène naturel ou induit par l'homme ou une tendance, ou un impact physique, pouvant entraîner la perte de la vie, des blessures ou d'autres impacts sur la santé, ainsi que des dommages et des pertes aux biens, aux infrastructures, aux moyens de subsistance, à la prestation de services, aux écosystèmes et aux ressources environnementales (IPCC WGII AR5 Part A, p. 1048; IPCC 2014a, Oppenheimer et al 2014). Un danger est généralement défini par sa fréquence et son amplitude. Dans le rapport du GIEC, le terme «danger» se réfère généralement à des événements ou tendances physiques liés au climat ou à leurs impacts physiques.

Exposition

L'exposition est définie comme la présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, de fonctions environnementales, de services et de ressources, d'infrastructures ou d'atouts économiques, sociaux ou culturels dans des lieux et des environnements susceptibles d'être affectés. L'exposition est construite sur les dangers et la vulnérabilité (par exemple le nombre de personnes pauvres étant affecté par les zones sujettes à la sécheresse future). Par conséquent, elle fait partie du risque, mais n'a pas été considérée comme un composant individuel au même titre que le danger et la vulnérabilité.

Vulnérabilité

La vulnérabilité se définit comme la propension ou la prédisposition à être affectée de manière négative. La vulnérabilité recouvre plusieurs concepts et éléments, notamment la sensibilité d'être atteint et le manque de capacités, telles que les capacités à anticiper, faire face et récupérer. La vulnérabilité se caractérise à travers différentes dimensions (par exemple sociale, économique, environnementale, institutionnelle, culturelle) (IPCC WGII AR5 Part A, p. 1048, IPCC 2014a, Oppenheimer et al 2014; Birkmann et al. 2013). La vulnérabilité est définie par les deux composantes suivantes :

- Capacité d'adaptation

La capacité d'adaptation dans le contexte de l'évaluation des risques climatiques, s'exprime par la capacité de la part des sociétés et des communautés à se préparer et à réagir aux impacts climatiques actuels et futurs. Cela comporte la capacité à anticiper, qui se définit comme la capacité d'anticiper les changements futurs, d'être bien informé et de prendre des mesures en temps opportun. Cela peut inclure des plans stratégiques, des prévisions/systèmes d'alerte rapide, des activités de préparation ainsi que des campagnes de sensibilisation et l'engagement communautaire. La capacité d'anticiper n'a pas encore été prise en compte dans le «guide de référence». Comme il ouvre un aspect supplémentaire sur le fait d'être «préparé», intégrer cette capacité est jugé également utile. La capacité à anticiper a été proposée et discutée dans le contexte du rapport SREX du GIEC (IPCC 2012) (par exemple les systèmes d'alerte précoce en place). En outre, la capacité d'adaptation amène la capacité de gestion. Cela est défini comme la capacité de personnes, institutions, organisations, et systèmes, utilisant les compétences, valeurs, croyances, ressources et opportunités disponibles, pour faire face, gérer et surmonter des conditions défavorables dans le court et moyen terme (par exemple premiers répondants sur place). En plus, il faut tenir compte de la capacité adaptative. Cela implique la capacité de systèmes, institutions, humains et d'autres organismes de s'adapter aux dommages potentiels, d'exploiter des opportunités ou de répondre aux conséquences (par exemple en introduisant des nouvelles techniques d'agriculture).

- Sensibilité

La sensibilité décrit la prédisposition d'éléments à risque (sociaux et écologiques) à subir des dommages. La sensibilité peut inclure des attributs sociaux et économiques (par exemple : structure par âge, structure par revenu) et attributs physiques d'un système (par exemple : matériaux de construction des maisons, types de sols dans les champs agricoles). Elle est également décrite comme le manque ou l'absence de la capacité d'adaptation.

1.2.3.2. Community-based Risk Screening Tool – Adaptation and Livelihoods (CRiSTAL)

CRiSTAL est un outil de planification de projet conçu pour aider ses utilisateurs à élaborer des activités qui soutiennent l'adaptation au climat (c.-à-d. à l'adaptation à la variabilité du climat ou aux changements climatiques) au niveau communautaire. CRiSTAL peut se définir comme « un outil d'identification des risques climatiques au niveau communautaire - Adaptation et moyens d'existence ».

- « Au niveau communautaire » – CRiSTAL est axé sur les projets menés au niveau communautaire.
- « Identification des risques climatiques » – CRiSTAL permet à ses utilisateurs de repérer les risques climatiques auxquels doivent éventuellement faire face leurs projets et d'en déterminer le caractère prioritaire.
- « Adaptation et moyens d'existence » – CRiSTAL permet à ses utilisateurs d'identifier les ressources essentielles aux moyens d'existence les plus importantes dans le cadre de l'adaptation au climat et les utilise comme la base de l'élaboration des stratégies d'adaptation

CRiSTAL permet à ses utilisateurs de mieux comprendre :

- Comment les aléas climatiques actuels et potentiels à venir affectent ou peuvent affecter la zone du projet et les moyens d'existence au niveau local.
- Comment les hommes et les femmes font-ils face aux impacts actuels et potentiels à venir de ces aléas climatiques.
- Quelles ressources essentielles aux moyens d'existence sont les plus touchées par les aléas climatiques actuels et lesquelles d'entre elles constituent une composante particulièrement importante dans le cadre des stratégies de réponse.
- Comment les activités du projet influencent-elles l'accès à ces ressources essentielles aux moyens d'existence ou leur disponibilité.
- Comment le projet peut-il être ajusté (révision des activités existantes et/ou élaboration de nouvelles activités) de façon à intégrer la question de l'adaptation au climat et réduire les risques climatiques.
- Dans quelle mesure le projet contribue à l'adaptation au climat.

CRiSTAL s'adresse aux planificateurs et aux gestionnaires de projet travaillant au niveau local ou communautaire. Cependant, de nombreux autres acteurs peuvent également utiliser cet outil (comme notamment les décideurs politiques et autres).

CRiSTAL se base sur les informations collectées à partir de revues de la littérature et de consultations auprès des parties prenantes locales (communauté et autres experts locaux) en ayant recours à des méthodes participatives.

CRiSTAL peut contribuer aux évaluations de risques et de vulnérabilité en aidant les utilisateurs à collecter, synthétiser et organiser les informations concernant a) le contexte de développement, b) le

contexte climatique, c) les risques et les impacts climatiques et d) l'élaboration des réponses d'adaptation. Cependant, CRiSTAL n'est pas un outil autonome d'évaluation des risques et de la vulnérabilité. Il ne guide pas les utilisateurs à travers toutes les étapes de collecte et d'analyse d'informations nécessaires pour comprendre ce qui et/ou quelles personnes sont les plus vulnérables dans une zone de projet donnée, et pourquoi. À vrai dire, l'objectif majeur de CRiSTAL est plus restrictif. Il guide les utilisateurs à travers une série d'étapes en vue de rassembler et d'analyser des informations sur les moyens d'existence d'une communauté et le climat de la zone ciblée afin de déterminer les ressources essentielles aux moyens d'existence à cibler dans les activités du projet de façon à permettre aux communautés de mieux gérer les risques climatiques/s'adapter aux changements climatiques (IIDD, 2015).

1.2.3.3. Indice des risques climatiques (IRC)

L'IRC est une analyse basée sur la collecte des données les plus fiables sur les impacts d'événements météorologiques extrêmes et les données socio-économiques associés. L'IRC 2017 par Germanwatch est la 12^{ème} édition de cette analyse qui est faite chaque année. Son objectif est de contextualiser les débats actuels sur les politiques du changement climatique – en particulier les négociations sur la lutte contre le changement climatique au niveau des politiques internationales – avec les impacts de l'année précédente et des 20 dernières années. Cependant, prendre L'IRC comme un classement de vulnérabilité complet face au changement climatique serait un malentendu. Il représente en effet une partie importante dans un puzzle général plus complet sur des impacts en rapport avec le changement climatique et les vulnérabilités associées. Par exemple, il ne prend pas en considération des aspects importants tels que l'augmentation du niveau des mers, la fonte des glaciers ou des mers plus acides et plus chaudes. Il est basé sur des données du passé et ne devrait pas être utilisé pour projeter des effets du climat dans le futur. Il ne faut surtout pas sur interpréter l'Indice et en tirer des conséquences qui vont trop loin dans les discussions politiques comme par exemple quels pays sont plus vulnérables face aux effets du changement climatique. Il est également important de savoir que l'apparition d'un événement extrême isolé ne peut pas être attribuée au changement climatique anthropogène. Néanmoins, le changement climatique est un facteur de plus en plus important qui accélère le rythme d'apparition ainsi que l'intensité de ce type d'événements. De plus en plus d'entités de recherche se consacrent à l'étude des liens entre le changement climatique et le risque d'événements extrêmes. Ainsi, l'IRC indique un niveau d'exposition et de vulnérabilité face à des événements extrêmes que les pays devraient prendre comme un avertissement, et en tirer comme conséquence de se préparer à des événements plus fréquents et/ou plus graves dans le futur. A cause d'un volume de données disponibles très limité, en particulier des données comparatives sur le long terme, y compris des données socioéconomiques, quelques petits pays, comme certains petits Etats insulaires, ne font pas partie de l'analyse. De plus, les données ne reflètent que les impacts d'événements météorologiques

extrêmes directs (des pertes et fatalités directes), alors que, par exemple, des canicules – qui apparaissent très souvent dans des pays africains – mènent très souvent à des conséquences indirectes plus fortes (des sécheresses et des pénuries de nourriture). Finalement, l'IRC n'inclut pas le nombre total des gens affectés (en plus des fatalités), comme la comparabilité de ce type de données est très restreinte.

1.2.3.4. Etude Participative des Risques, Vulnérabilité et Capacité Communautaire (EPVC)

L'EPVC, développée par l'Action Contre la Faim (ACF-International) est une méthode d'investigation qui utilise un grand nombre d'outils participatifs qualitatifs (Evaluation Rurale Participative) pour impliquer les acteurs locaux à déterminer leur propre diagnostic de risque de désastre et de vulnérabilité. Elle associe les connaissances locales grâce aux informations secondaires (scientifique, politique, pratique, etc.) et améliore la compréhension du contexte dans lequel ACF-International veut intervenir. Elle comprend une analyse très approfondie des éléments suivants :

- La probabilité et la sévérité d'un choc ou d'un stress continu, tel qu'un conflit, des conditions climatiques anormales, des mauvaises récoltes, etc., et leurs impacts sur la population et leurs biens.
- Les changements des facteurs externes (facteurs de transformation, structures et processus ou contexte de vulnérabilité), ceux qui sont susceptibles d'influer sur le contexte, tel que des fluctuations des prix alimentaires sur le marché.
- Les mécanismes ou les stratégies d'adaptation que les ménages sont susceptibles d'adopter face à une crise, ainsi que de leur efficacité et leur durabilité.

L'EPVC aide à déterminer les mesures de préparation, d'atténuation et de prévention. Ces mesures doivent être classées, priorisées et mise en place conformément aux capacités de la communauté, de l'engagement institutionnel et du niveau du support externe. Le développement systématique et les applications de ces mesures (politiques, stratégies et pratiques) contribuent à l'élaboration de la résilience de la communauté.

L'EPVC peut être menée en :

- Contexte d'urgence ou de conflit lorsque les activités ont pour but de protéger et sauver des vies et moyens d'existence (ex. évacuations, distributions alimentaires). Dans ce contexte, la population est concentrée sur ses besoins à court terme. Ici, l'EPVC sera adaptée, raccourcie et accélérée.
- Contexte de réhabilitation/relèvement lorsque les activités sont orientées vers la réhabilitation des zones affectées pour réduire la vulnérabilité aux désastres (ex. nouvelle infrastructure permanente à l'épreuve des aléas) ou pour assurer une réponse efficace de préparation aux aléas futurs. Etant donné la focalisation d'ACF sur les besoins humanitaires, l'EPVC est habituellement menée durant la phase précoce de relèvement. Ici, l'EPVC toute entière peut être appliquée selon la disponibilité en temps et ressources.

1.2.4. Choix de la méthodologie à adopter

1.2.4.1. Analyse des risques selon AR5

Après analyse, la méthodologie à adopter pour analyser les risques climatiques dans la présente étude est celle proposée par le GIEC dans son cinquième rapport d'évaluation (AR5). Ce concept de l'AR5 du GIEC identifie des composantes conduisant à des conséquences négatives causées par les effets du changement climatique et des extrêmes climatiques sur les systèmes naturels ou sociaux (voir figure 2). Il distingue les **causes externes liées au climat** (c'est le «danger») des caractéristiques du système. Ces aspects internes, c'est-à-dire inhérents au système, des systèmes socio-écologiques en jeu sont la vulnérabilité, la sensibilité et la capacité. De plus, le concept de l'AR5 considère explicitement **la présence et la pertinence des éléments exposés** comme un élément supplémentaire. La combinaison de toutes les composantes permet de dresser un tableau complet conduisant au **résultat final** : le «risque». En outre, c'est la méthodologie la plus adaptée pour le focus communauté et moyens de subsistance.

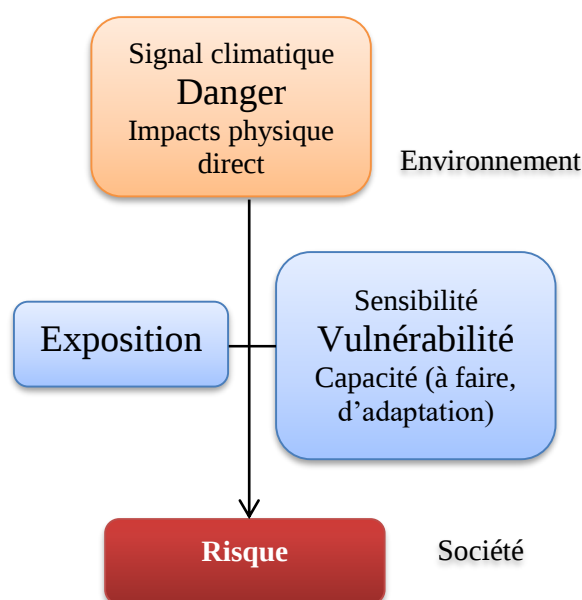


Figure 2 : Lien entre les composantes du risque climatique (AR5).

1.2.4.2. Lien des composantes de l'AR5 à l'adaptation

L'adaptation est définie comme un processus d'ajustement au climat présent ou attendu et à ses effets. Dans les systèmes humains, l'adaptation vise à modérer ou à éviter les nuisances ou à exploiter les opportunités bénéfiques. Dans certains systèmes naturels, l'intervention humaine peut faciliter l'ajustement au climat attendu et à ses effets. L'adaptation incrémentielle fait référence aux mesures d'adaptation dont l'objectif central est de maintenir l'essence et l'intégrité d'un système ou d'un processus à une échelle donnée. L'adaptation par transformation correspond à l'adaptation qui modifie les attributs fondamentaux d'un système en réponse au climat et à ses effets (IPCC WGII Partie B, p.1758, Park et al. 2012).

L'évaluation des risques climatiques a pour but d'identifier des mesures d'adaptation appropriées aux contextes spatiaux, ce qui a pour objectif général de réduire les risques au changement climatique par des interventions au niveau des risques directs et indirects associés, de l'aléa, de l'exposition ou encore de la réduction de la vulnérabilité.

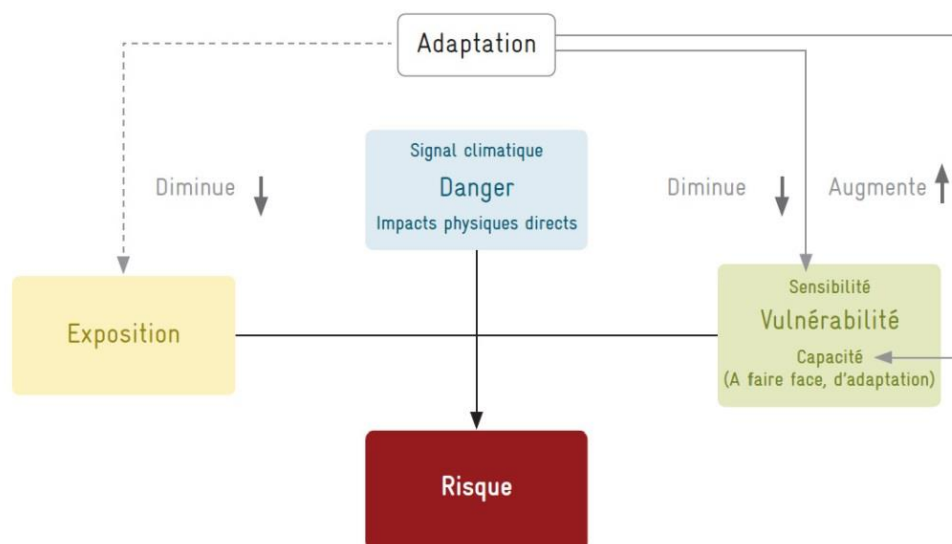


Figure 3 : Adaptation comme partie intégrante des mesures de réduction des risques par l'intervention sur le danger et la vulnérabilité ainsi que la réduction de l'exposition

1.2.5. Importance de la considération de la communauté

Les communautés rurales connaissent mieux leurs situations. Toute l'analyse a été basée sur leur connaissance et perception. Les aléas climatiques, les impacts directs, les risques directs et indirects causés par les aléas se sont ressortis d'elles. Des questions sur le changement climatique et les variabilités climatiques ont été également abordées durant les enquêtes et l'entrevue. Leurs perceptions afférentes à ce sujet sont à considérer pour être par la suite vérifiées et traitées. Elles ont, en effet, leur façon de percevoir le phénomène climatique et essaient de s'y adapter à leur façon.

A part cela, les informations basées sur les connaissances des communautés concernant les ressources naturelles ont également été collectées et valorisées. En effet, elles font face au jour le jour à la perte des ressources forestières, qui est quand même due à leur pratique irrationnelle, fortement liée à la pauvreté mais qui aggrave les impacts liés aux aléas climatiques sur les pratiques agricoles. Ainsi, toute analyse devrait s'appuyer sur leurs connaissances des conditions locales.

1.3. ZONE D'ETUDE

L'étude s'est déroulée dans la région Boeny qui se situe dans le Nord-Ouest de Madagascar. La région Boeny est délimitée au Nord-Est par la Région Sofia, au Sud-Est par la région Betsiboka et au Sud-Ouest par la région Melaky. Mahajanga est le Chef-lieu administratif de la région. On dénombre 43 communes réparties entre 6 districts : Mahajanga I, Mahajanga II, Mitsinjo, Soalala, Marovoay et Ambato-Boeny.

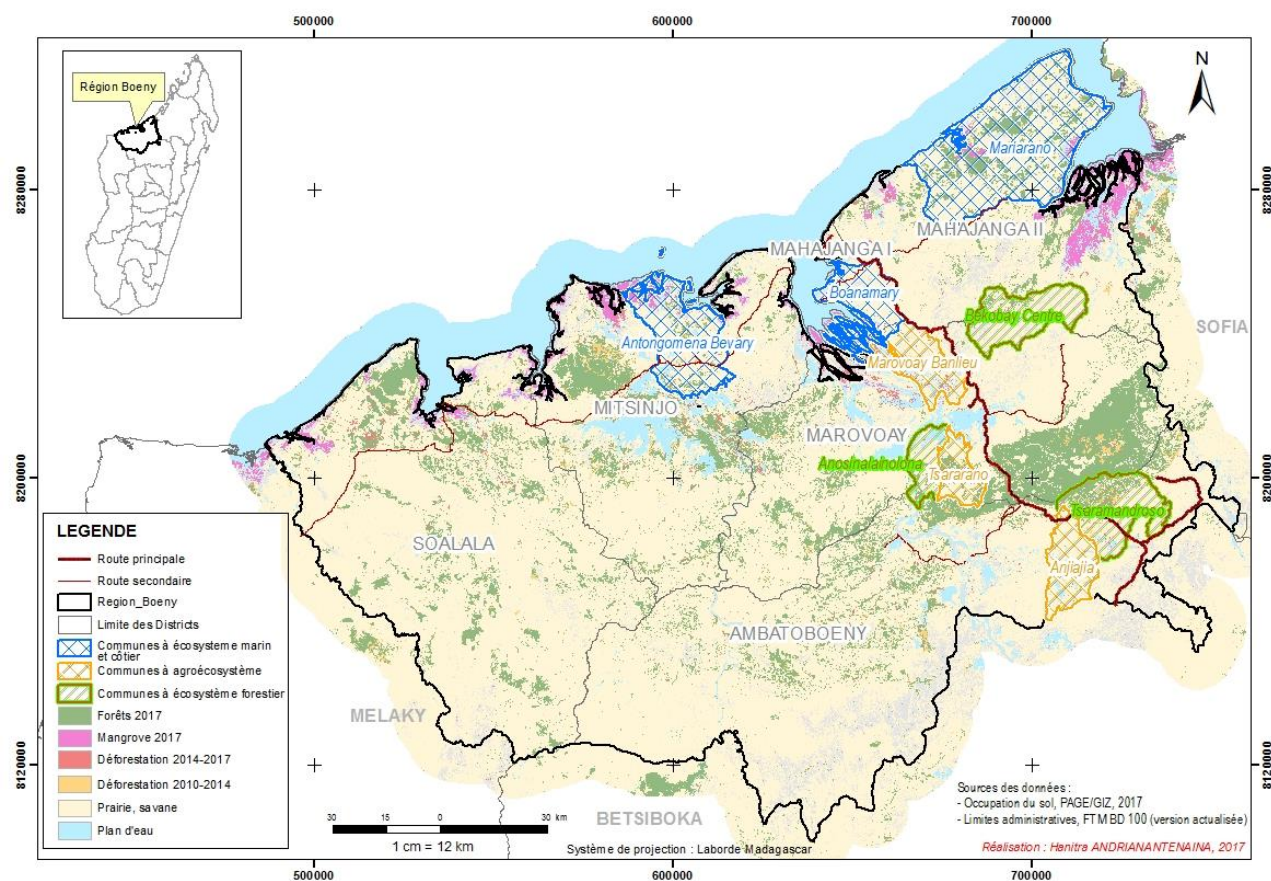
Plus particulièrement, l'étude a été réalisée auprès de neuf (09) Communes dont trois (03) communes par écosystème. Le tableau ci-après liste les communes et les classe par écosystème.

Tableau 1 : Communes faisant objet de l'étude

Ecosystème	Marin et côtier	Agricole	Forestier
Communes	Mariarano	Marovoay Banlieue	Tsaramandroso
	Boanamary	Anjiajia	Anosinalainolona
	Antongomena Bevary	Tsararano	Bekobay

Le choix de ces communes s'est basé sur la localisation, en premier lieu, chacune des trois communes doivent se trouver dans un des écosystèmes, et sur la disponibilité des données, en second lieu. En effet, toutes ces communes disposent déjà leurs schémas d'aménagement communaux (SAC). Ainsi, les données concernant la démographie, les activités socio-économiques, les infrastructures, etc. sont déjà disponibles et ont été valorisées.

La carte 1 permet de visualiser la localisation des communes d'étude.



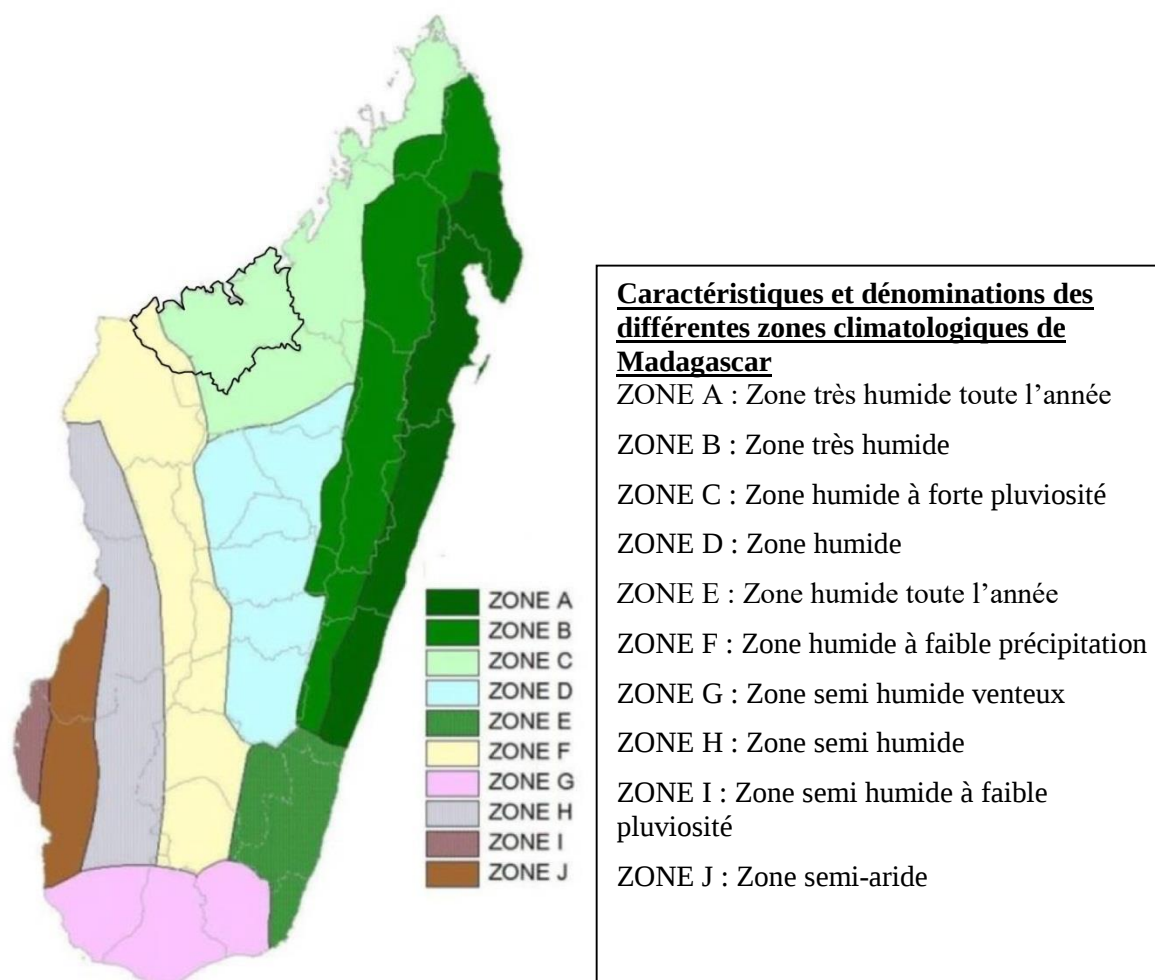
Carte 1: Zone d'étude

1.3.1. Caractéristiques de la zone d'étude

Climat

La délimitation climatique de Madagascar subdivise le pays en 10 zones climatologiques dont la répartition spatiale est montrée dans la carte 2.

La région Boeny qui se situe dans la partie Nord-Ouest de Madagascar fait partie en sa grande partie de la zone C (c'est-à-dire zone humide à forte pluviométrie) de la délimitation climatologique de l'île, une partie de la région (partie Ouest de la région) fait également partie de la zone F de cette délimitation.



Carte 2 : Zones climatiques de Madagascar

(Source: Atlas Climatologique de Madagascar, DGM, Mars 2014) où la région Boeny est délimitée par le traçage en noir.

Chaque zone climatique est définie par sa pluviométrie et sa température moyenne. Pour le cas de la région Boeny qui possède 2 zones climatologiques distincts (zone C et zone F), voici ces caractéristiques:

- Zone C : définie comme une zone humide à forte pluviométrie. La zone est caractérisée par une exposition directe au régime de mousson en été. La quantité de précipitation annuelle dans cette zone varie de 1 200 mm à 2 000 mm et la température moyenne annuelle est supérieure ou égale à 26°C.

- Zone F : définie comme une zone humide à faible précipitation, elle est caractérisée par un hiver sec. La quantité de précipitation annuelle dans cette zone est de 800 mm à 1100 mm et la température moyenne annuelle est entre 18°C et 25°C.

En outre, la région est caractérisée par un climat de type tropical chaud avec deux saisons marquées : l'une chaude et pluvieuse de 3 à 5 mois de novembre à mars, et l'autre sèche de 7 à 9 mois d'avril à octobre.

Occupation du sol

Les écosystèmes naturels occupent 86% de la superficie du territoire dont 28% de formations boisées (forêts et mangroves) et 56% de formations herbeuses (savanes et pseudo-steppes), les parties restantes étant formées par les plans d'eau et les zones marécageuses. Les zones agricoles consacrées aux cultures (vivrières, industrielles et de rente) ne couvrent qu'environ 7% du territoire.

1.3.2. Autres caractéristiques

Tableau 2 : Caractéristiques de la zone d'étude

Facteurs	Caractéristiques
Pédologie	- 3 grands types de sols d'origine ferrugineux tropicaux : les sols des tanety latéritiques rouges (Ambato- Boéni, Soalala, Mitsinjo, Marovoay et Mahajanga II), les sols hydromorphes des bas-fonds ou de plaines (parties amonts où commencent les mangroves : Mahavavy, Betsiboka et Mahajamba) et les «baiboho » sur les bourrelets de chaque berge des grands fleuves précédents
Géologie et Topographie	- Zone de basse altitude (0-330 m) constituée de terrains sédimentaires reposant sur le socle ancien cristallin où se distinguent notamment des cuestas et plateaux formés par des calcaires jurassiques et grès crétacés (Massif de l'Ankarafantsika, Tsingy de Namoroka), - Des plaines alluviales vers l'intérieur des terres (Marovoay, Madirovalo) - Une longue plaine côtière partant des environs de Soalala à l'Ouest jusqu'à l'embouchure du Mahajamba au Nord-Est
Hydrographie	- Région largement drainée par un réseau hydrographique particulièrement dense qui met à sa disposition un capital d'eau considérable, susceptible de dynamiser les activités (transport fluvial et maritime, alimentation en eau, pêche, agriculture, énergie hydroélectrique). - Principaux lacs et fleuves : lac Kinkony ; fleuve Betsiboka (qui est le premier à Madagascar en termes de débit), Mahajamba et Mahavavy.
Flore et végétation	- Plusieurs formations végétales constituées de : mangrove, forêts

	tropicales denses sèches caducifoliées, forêt ombrophile, formations marécageuses et des savanes.
Démographie	- 3,9% de la population nationale réside dans la Région Boeny - 4,9 individus/ménage - 70,6% de population rurale
Activités économiques	- Taux d'activité : 76,6% - Dominance du secteur agricole pour les populations actives (66,6% des hommes et 61,6% des femmes) suivie de l'activité commerciale (19% des hommes et 12% des femmes).

Source : CREAM, 2014

La description générale de la région Boeny est présentée en Annexe 1.

1.4. ANALYSES DES RISQUES SELON AR5

La méthodologie adoptée pour l'analyse des risques climatiques dans les communes d'étude est l'AR5. Elle suit les étapes ci-après :

- L'identification et analyse des **Dangers** ;
- L'évaluation de l'**Exposition** face aux dangers ;
- l'identification des **Risques climatiques** par secteur
- L'identification de la **Vulnérabilité** des secteurs ;
- L'analyse des options d'adaptation

1.4.1. Identification et analyse des Dangers

A titre de rappel, le terme « danger » ne se réfère pas seulement au signal climatique, mais aussi aux impacts physiques directs liés au climat tels que les inondations,Ainsi, dans cette partie, les aléas climatiques sont identifiés et analysés, puis les impacts qui y sont directement liés sont déterminés.

Suite aux échanges avec les paysans durant les enquêtes et en se référant aux documentations, les aléas climatiques évolutifs pouvant affectés les différents secteurs dans la zone d'étude sont *l'augmentation de la température, le démarrage tardif des pluies, le raccourcissement de la saison des pluies et l'allongement de la saison sèche*. Pour recoupement et vérification d'une manière scientifique, une analyse approfondie a été faite en utilisant les données climatiques issues de la Direction Générale de la Météorologie (DGM).

a) Analyse de l'augmentation de la température

L'étude de l'évolution des températures maximales et minimales et celle des jours chauds (jours où la température maximale est supérieure à 37°) a été utilisée pour effectuer cette analyse. Dans ce cadre, la tendance de l'évolution des températures maximales et minimales moyennes annuelles et celle des jours chauds ont été d'abord examinées. Ensuite, l'existence d'une éventuelle rupture dans chacune des séries a été répertoriée. L'analyse de la rupture a été faite avec le test de Pettitt, fait sous EXCEL et KHRONOSTAT. Les moyennes des sous séries avant et après la rupture avec le test de Student ont été enfin comparées. Les représentations graphiques ont été faites avec EXCEL.

Les méthodes d'application des deux tests (Pettitt et Student) sont les suivantes :

Test de détection de rupture de Pettitt

Le test qui va être présenté ci-après est plus particulièrement adapté à la détection de ruptures dans une série chronologique. Une rupture peut être définie de façon générale par un changement dans la loi de probabilité de la série chronologique à un instant donné, le plus souvent inconnu.

Le test de détection de rupture de Pettitt (1979) dont l'hypothèse nulle consiste en l'instabilité dans l'égalité des moyennes de deux séries issues de la série initiale (Lawson-Body, 2002) a été utilisé pour déterminer l'année de rupture dans l'évolution des différents indices cités ci-dessus au seuil de signification $\alpha = 5\%$. Le principe du test du Pettitt est le suivant :

Soit $X_t, t=1,2,\dots,n$ un élément de la série.

Soit $U_t = 2W_t - t(n+1)$ avec $W_t = \sum_{j=1}^t R_j$ ($j=1,2,\dots,t$) ; R_j étant le rang de l'élément X_t dans une série rangée par ordre croissant et U_t , l'indice du test.

Pour les valeurs extrêmes U_E des U_t , la valeur critique U_c au niveau de seuil α est donnée par la formule :

$$U_c = \text{Racine} [(n^3+n^2) (\log \alpha)/(-6)] \text{ avec } \alpha = 0,05$$

Quand $|U_E| > U_c$, la valeur t correspondante est l'estimation d'un point de changement brusque ou saut. L'application du test aux deux sous séries délimitées au point t permet de vérifier leur propre stabilité.

Dans le cadre de l'étude, l'année de rupture retenue c'est celle au cours de laquelle a lieu la première rupture détectée qui est la plus significative obtenue à l'issue du test au seuil de 5%.

Test de comparaison des moyennes de deux échantillons (test de Student)

Le test de Student a été utilisé pour comparer les moyennes avant et après la rupture des indices caractéristiques des différents risques climatiques. C'est un test paramétrique qui permet de caractériser la différence entre deux moyennes X_1 et X_2 de deux échantillons X_1 et X_2 supposés

indépendants et distribués suivant une loi normale, n_1 et n_2 représentant les effectifs respectifs des deux échantillons. La formule utilisée dans ce test est :

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{S^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$\text{Avec } S^2 = \frac{\sum (X_{1,i} - X_1)^2 + \sum (X_{2,i} - X_2)^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

S^2 : variance pondérée du groupe entier des deux échantillons

La valeur absolue de t obtenue est comparée à une valeur lue sur la table de Student-Fisher pour un nombre de degré de liberté v , tel que $v = n_1 + n_2 - 2$.

Une valeur absolue de t calculée supérieure à celle lue sur la table Student-Fisher indique qu'il y a une différence significative entre les deux moyennes (Student-Fisher proposé par Arlery et al., 1973).

La différence entre les moyennes est dite significative si la valeur absolue calculée de t est supérieure à la valeur lue sur la table de Student-Fisher au seuil $\alpha = 0,05$ et très significative si elle lui est supérieure au seuil $\alpha = 0,01$.

b) Analyse du démarrage des pluies

Le démarrage des pluies a été analysé à travers l'étude de l'évolution des dates de début de saison des pluies dans les trois localités retenues pour l'étude (zone côtière, forestière et agricole).

A cet effet, des critères de détermination des dates de début de la saison des pluies ont été définis en s'inspirant des critères définis par Sivakumar et al. en 1993, tout en tenant compte des conditions climatiques de la zone d'étude. Ces critères sont décrits dans les critères de détermination des facteurs agroclimatiques clés de la saison des pluies ci-dessous.

Le logiciel INSTAT+ a été utilisé pour déterminer ces dates à partir des critères déterminés. La suite de l'analyse a été conduite à l'image de ce qui est fait pour l'augmentation de la température. Les critères de détermination des dates de début de la saison sont décrits dans l'ensemble des critères de détermination des facteurs agroclimatiques ci-dessous.

c) Analyse du raccourcissement de la saison des pluies

La longueur de la saison des pluies est l'indice dont l'analyse a permis d'apprécier le raccourcissement des saisons. Il s'agit de la différence entre la date de début et la date de fin de la saison des pluies. Les

dates de début étant déjà déterminées dans le cadre de l'analyse des risques liés au démarrage de la saison, des critères de détermination des facteurs agroclimatiques ci-dessus, des critères de détermination des dates de fin de la grande et de la petite saison des pluies ont été définis de la même manière que précédemment. Le même outil (INSTAT+) a été utilisé pour calculer ces dates de fin des saisons et déterminer les longueurs. Le reste de la méthodologie est identique à celle utilisée pour l'analyse du démarrage des pluies.

d) Analyse de l'allongement de la saison sèche

Cette analyse a été faite à travers l'étude de l'évolution des séquences sèches qui sont définies comme étant des séries de jours consécutifs sans pluie ou avec des pluies de hauteurs inférieures à 1mm. En effet, dans la zone d'étude, les mois de décembre et janvier sont les plus pluvieux de la saison des pluies, l'analyse s'est intéressée aux séquences sèches les plus longues observées au cours de la saison. En plus de l'analyse faite dans le cas des autres risques climatiques, les probabilités d'occurrence des séquences sèches de 5, 7 et 10 jours au cours des différents mois ont été déterminées à l'aide du logiciel INSTAT+.

La longueur de la saison des pluies est obtenue par la différence entre la date de fin et celle de début de la saison.

Les phénomènes extrêmes

Le cyclone, le vent et tempêtes ainsi que l'inondation suite aux pluies courtes mais fortes sont les événements climatiques extrêmes qui ont touché la zone d'étude. Les informations relatives à ces aléas ont été collectées et analysées.

Comme énoncé au début, une fois les aléas climatiques évolutifs et extrêmes identifiés et analysés, les impacts qui y sont directement liés sont déterminés et analysés à partir des enquêtes et de la bibliographie.

1.4.2. Evaluation de l'Exposition face aux dangers

Il s'agit de déterminer les composantes pouvant être affectées par les dangers. En premier lieu, ce sont *les éléments de chaque secteur* pouvant subir des dommages ou des impacts dus aux dangers qui sont identifiés. Pour l'agriculture, par exemple, ce sont la riziculture et la culture vivrière qui sont les éléments qui sont les plus affectés par les dangers. Il a été déterminé, par la suite, *les différents groupes d'une société* (p.ex. population rurale, groupes marginalisés comme les pauvres, les personnes âgées et les enfants), *les acteurs économiques* (p.ex. producteurs, pêcheurs etc.), les différentes zones affectées (habitation, champs agricole, bassin versant etc.), *les différents autres secteurs touchés* (p.ex. tourisme, agriculture, éducation) et *les écosystèmes*, qui subissent directement ou indirectement ces dangers.

1.4.3. Identification des Risques

Cette étape est une étape clé, car elle se concentre sur l'identification des risques affectant un secteur. Chaque aléa est pris un par un et les paysans ont essayé de voir les impacts directs ainsi que les risques directs et indirects.

Dans ce cas, les chaînes d'impacts pour chaque secteur sont développées.

Le « Guide de référence sur la vulnérabilité » propose des étapes clé pour l'élaboration d'une chaîne d'impact, bien expliqués (GIZ, 2014) dans le « Guide complémentaire sur la vulnérabilité : le concept de risque » (GIZ et Eurac, 2017). Dans cette analyse, l'élaboration des chaînes d'impacts se base sur les résultats des travaux d'enquêtes et entretien sur terrain et de façon générale complétés par la documentation.

1.4.4. Identification de la Vulnérabilité

Les facteurs identifiés attribués à la composante vulnérabilité doivent représenter les deux aspects de *la sensibilité* et de *la capacité d'adaptation*.

La sensibilité comprend l'environnement physique ainsi que les aspects socio-économiques ou culturels tels que l'état du sol, les systèmes d'irrigation ou les modes d'utilisation des terres.

Les facteurs de capacité comprennent les aspects qui caractérisent la capacité (ou l'incapacité) à faire face à une situation défavorable ainsi que les aspects qui déterminent la capacité (ou l'incapacité) à s'adapter aux situations futures. Afin d'identifier les capacités existantes ou manquantes, les aspects directement liés aux risques ainsi que des aspects plus généraux sont pris en compte. Il est sans doute utile de garder en tête les quatre dimensions de la capacité d'adaptation :

- **Connaissances** : existe-t-il ou manque-t-il des connaissances ou une expertise qui pourraient faciliter l'adaptation ?
- **Technologie** : existe-t-il ou manque-t-il des solutions techniques qui permettraient d'accroître la capacité ?
- **Institutions** : comment l'environnement institutionnel contribue-t-il à la capacité ?
- **Économie** : quelles ressources économiques et financières sont disponibles ou manquantes pour renforcer les capacités ou mettre en œuvre des mesures d'adaptation ?

1.4.5. Analyse des options d'adaptation

Il s'agit de déterminer et d'analyser les options d'adaptation déjà mises en œuvre par les paysans pour faire face aux risques climatiques. En effet, les communautés locales vivant dans les communes d'étude ont désormais toutes les cartes en main pour choisir et appliquer des mesures appropriées,

selon leur connaissance et les savoirs-faire octroyés par les agents de proximité sur le domaine, d'une manière ponctuelle, en matière d'adaptation..

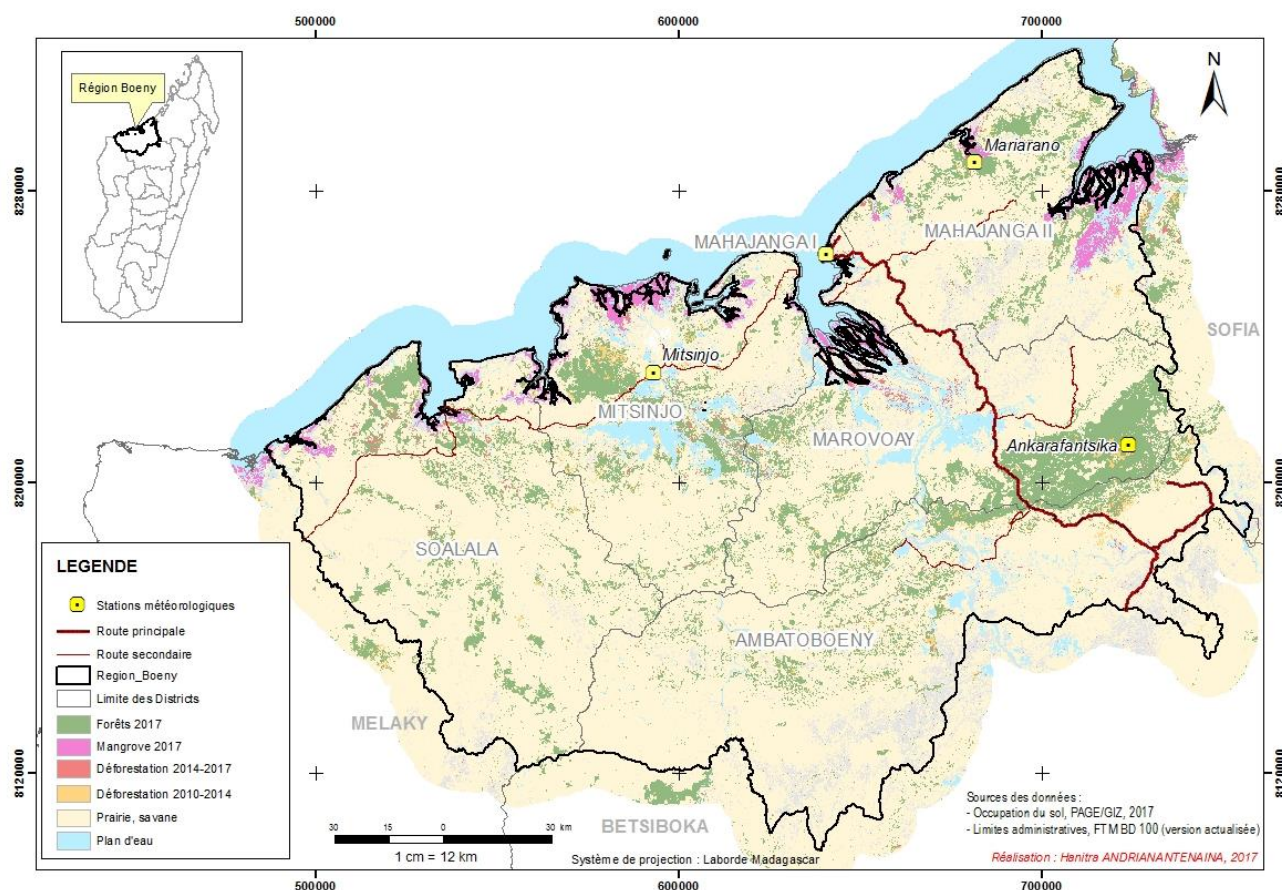
1.5. CAPITALISATION DES DONNEES EXISTANTES

1.5.1. Données spatiales

Base de données BD100 : La base de données BD100 sous forme de données vectorielles élaborée par le FTM a été utilisée comme couche de base pour servir de repère dans la carte. Elles renferment des informations spatialisées sur les villes et villages, les routes, la délimitation administrative des communes et des régions, le réseau hydrographique, etc. Cette base de données résulte de la numérisation des cartes topographiques au 1/100 000^{ème} produites dans les années 1960 par l'Institut National Géographique (IGN) (Payet *et al.*, 2011). Toutefois, aucune métadonnée ne renseigne les fichiers sur leurs conditions de mises à jour locales (zone, date, méthodologie de production).

1.5.2. Données climatiques

Pour l'analyse des aléas climatiques (évolutifs et extrêmes) dans la zone d'étude, les données quotidiennes de températures minimales et maximales (en °C), de précipitation (en mm), de l'humidité (en %) et de la vitesse de vent (en km/h), ainsi que celles relatives aux cyclones, collectées à la DGM ont été utilisées. Ces données, exploitées pour réaliser l'étude, sont issues de quatre (04) stations climatologiques installées à Mahajanga (ASECNA), Mitsinjo, Mariarano et Ankarafantsika (carte 3).



Carte 3 : Localisation des stations climatologiques

1.5.3. Données socio-économiques

Les bases de données communales issues des enquêtes faites par des équipes techniques communales entre 2012 et 2015 ont été utilisées. Le principal objet de ces enquêtes a été de constituer une base de données pour l'élaboration des Schémas d'Aménagement Communaux (SAC). Différents types de fiches d'enquête ont été utilisées lors des collectes des données, notamment une fiche pour la collecte des données au niveau de la commune, une pour le fokontany, une pour les STD et CTD, et enfin une pour collecter les données sur le changement climatique.

1.6. COLLECTE ET TRAITEMENT DES DONNEES ADDITIVES

1.6.1. Collecte de données sur terrain

Pour avoir des informations sur les activités socio-économiques des paysans et sur leur connaissance par rapport à l'évolution du climat, trois méthodes ont été appliquées :

a) Enquêtes au niveau des ménages

Au niveau des ménages, les informations ci-après ont été collectées :

Sur les activités socio-économiques :

- Le nombre et types d'activités sources de revenu des ménages
- Le rendement des principales spéculations
- Le revenu des ménages
- L'accès aux ressources

Sur la perception au changement climatique :

- La perception sur l'évolution du climat
- Les impacts du changement climatique sur les activités socio-économiques

Sur les conditions de vie résilientes au climat :

- Les pratiques agricoles résilientes au climat
- Les stratégies de subsistances agricoles et non agricoles
- Les investissements pour l'avenir
- Les réserves sécurisées de nourritures et d'intrants agricoles
- L'habitat sécurisé
- Les capitaux essentiels sécurisés
- L'accès à l'information d'alertes précoces relatives aux aléas climatiques

La fiche d'enquête est présentée à l'annexe 2-a.

➤ Choix de l'échantillon

Le critère d'échantillonnage est basé sur la technique d'un échantillonnage aléatoire. Après avoir fixé la taille globale de l'échantillon, le nombre d'unités à sélectionner est calculé.

Pour le calcul de la taille d'échantillon, la formule suivante est utilisée :

$$\text{Taille de l'échantillon} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right)}$$

Où :

N est la taille de la population qui est égal à 851 ménages ; ici population veut dire ménage

e représente la marge d'erreur qui est à 5% ;

Le niveau de confiance est à 95% ;

Et le **z** est le z-score qui est égal à 1,65.

D'où la taille d'échantillon pour l'étude est de 6,22%. Le nombre de ménages enquêtés est de 235.

Tableau 3 : Nombre de ménages enquêtés par Fokontany

Ecosystème	Commune	Fokontany	Nb ménages	Nb total ménages/commune	Nb ménages enquêtés
Marin et côtier	Antongomena Bevary	Ambatomahavavy	240	443	28
		Bevary	203		
	Boanamary	Amboanio	205	442	27
		Boanamary	237		
	Mariarano	Mariarano	430	430	27
Agroécosystème	Marovoay Banlieu	Ambatobe	175	295	18
		Ambohibary	120		
	Tsararano	Tsararano	613	613	38
	Anjiajia	Ampasitapaka	266	380	24
		Morafeno	114		
Forestier	Tsaramandroso	Tsaramandroso	247	348	22
		Maevarano	101		
	Bekobay	Anosikely	210	325	20
		Ampano	115		
	Anosinalainolona	Anosinalainolona	500	500	31
TOTAL			3776	3776	235

➤ Conduite de l'enquête

Une fiche d'enquête a été préalablement élaborée selon les objectifs prédéfinis et les résultats attendus. La pertinence et la cohérence des questions que contient la fiche ont été vérifiées une fois sur terrain lors de son utilisation. Au fur et à mesure de l'avancement du travail, des modifications ont été apportées à la fiche d'enquête dont certaines questions ont été rajoutées et d'autres reformulées ou supprimées.

b) Focus group

Etant donné que l'étude visait à ressortir les perceptions locales et la vulnérabilité socioéconomique de la population locale en vue de rehausser leur résilience, le focus group a été jugé un des moyens le plus pertinent pour collecter les informations. 87 paysans (répartis dans 9 focus group) ont consacré une partie de leur temps pour répondre aux questions. A cet effectif, il faut ajouter une quinzaine de personnel de la Commune (Maires ou conseillers communaux) qui ont bien voulu répondre également aux questions.

En ce qui concerne le facteur âge, les groupes enquêtés étaient hétérogènes. Toutefois, la participation des personnes âgées a été privilégiée dans la constitution de groupe étant donné leur maîtrise et leur

connaissance profonde de l'histoire. La participation des femmes était aussi observée durant les enquêtes avec un effectif généralement moins important que celui de la gent masculine.

Pour ce qui concerne réellement l'échantillonnage, l'enquête s'est focalisée sur la frange de la population des Communes qui s'adonne effectivement aux activités agricoles productives comme la pêche, l'agriculture et élevage, et aux activités liées aux forêts (les reboiseurs, les apiculteurs, les sériciculteurs, les exploitants forestiers, ...), aussi se localisant dans les trois (03) types d'écosystèmes différents : (i) écosystème marin et côtier, (ii) écosystème forestier et (iii) agroécosystème.

. En outre, les enquêtes effectuées au moyen d'une fiche d'enquête (cf. annexe 2-b) ont porté sur :

- La perception paysanne des aléas climatiques, des impacts directs, du changement et des variabilités climatiques et leurs manifestations pour connaître leurs impressions sur le déroulement des saisons dans le passé et actuellement, leur perception sur l'augmentation de la température et les indicateurs de la saison des pluies ;
- Les impacts des dangers (aléas et impacts) sur les ressources en eaux, les sols, la végétation, les éléments du système de culture, l'élevage, la pêche et la forêt et biodiversité ;
- Les impacts des autres facteurs (destruction de la biodiversité, érosion, ...) sur leurs activités agricoles ;
- Les impacts socio-économiques pour savoir la satisfaction de leurs besoins avec les revenus des activités agricoles, la manière dont ils parviennent à survivre et leurs modes d'acquisition des terres ;
- Les stratégies d'adaptation adoptées par les paysans ;
- Les attitudes que pourraient adopter les paysans en cas d'amélioration ou de détérioration des conditions climatiques.

c) Entretien semi-dirigé

L'entretien semi-dirigé est un outil méthodologique à la fois souple et directif utilisé pour atteindre, dans une perspective interprétative et constructiviste de la recherche, une compréhension approfondie d'un phénomène. Ce type d'entretien permet une analyse riche des réactions d'un paysan face à une situation et permet de saisir les sentiments et les représentations qu'il s'en fait. La souplesse de cette méthode tient au fait que le guide d'entretien, préparé à l'avance, s'apparente davantage au canevas qu'au questionnaire (Loubet dei Bayle, 2000). Alors que les thèmes abordés au cours de l'entretien sont déterminés par le cadre théorique, les interviewés bénéficient d'une certaine liberté de réponse, laissant ainsi place aux surprises et aux éléments imprévus (Mongeau, 2008). Dans cet esprit, le déroulement de l'entretien et l'ordre des questions posées ne se veulent ni rigides ni fixes. Plutôt, le chercheur doit se rendre compte du niveau de profondeur auquel se situent les réponses du paysan et les orienter dans le sens de l'objectif de l'entretien (Grawitz,

2001). C'est également un outil méthodologique prisé de la recherche liée aux questions du savoir écologique traditionnel (Huntington, 2000).

Eu égard aux objectifs et questions de recherche, et dans l'optique de saisir les particularités qui émanent des communautés autochtones afin d'en comprendre les effets sur leur vulnérabilité et leur réponse d'adaptation aux changements climatiques, l'enquête et l'entretien avec les personnes âgées ont été privilégiés. Au cours de ces discussions, les thèmes des changements s'opérant au sein de leur environnement, des impacts et des préoccupations que ces derniers engendrent ainsi que des réponses possibles à leur endroit ont été abordés.

1.6.2. Méthode d'analyse des données collectées sur terrain

Les données quantitatives et qualitatives codées ont été saisies dans le logiciel SPSS d'abord puis soumis à des traitements préalables. Elles sont ensuite analysées en utilisant les techniques de la statistique descriptive et celles de la statistique inférentielle notamment les tests non paramétriques qu'offre le logiciel SPSS. Puis les « out put » sont représentés à l'aide du logiciel EXCEL.

L'ensemble des informations ainsi obtenues sont synthétisées et analysées en vue de dégager les différentes tendances relatives aux questions des impacts, de vulnérabilité et d'adaptation.

➤ Test de significativité du coefficient de corrélation

La significativité d'une valeur du coefficient de corrélation calculée à partir d'un échantillon doit être testée pour confirmer l'existence d'une relation entre les deux variables, dans la population considérée (Jayaraman, 1999).

Les tests d'hypothèses se déroulent généralement en plusieurs étapes, à savoir :

- i) l'établissement de l'hypothèse nulle
- ii) le choix d'un test statistique (avec le modèle statistique qui lui est associé) pour la vérification de l'hypothèse nulle
- iii) la spécification du seuil de signification et de la taille de l'échantillon
- iv) la détermination de la distribution d'échantillonnage du critère de test dans l'hypothèse nulle
- v) la définition de la zone de rejet
- vi) le calcul de la valeur du critère de test, à l'aide des données obtenues à partir du ou des échantillons et prise de la décision basée sur la valeur du critère de test et de la zone de rejet déterminée au préalable.

Avec l'utilisation du logiciel XLSTAT 2008, ces opérations ne sont plus tangibles car les divers calculs s'effectuent automatiquement par le programme. Cependant, il est indispensable de

comprendre cette démarche afin de comprendre les résultats fournis par le logiciel de traitement de données et éviter ainsi les erreurs d'interprétation.

Pour ce faire, l'hypothèse nulle est définie par $H_0 : \rho = 0$ alors que l'hypothèse alternative est $H_1 : \rho \neq 0$. Comme n est relativement petit, l'hypothèse nulle ($\rho = 0$) peut être testée à l'aide d'un critère statistique suivant la distribution de Student.

1.7. OUTILS DE SAISIE ET LOGICIELS UTILISES

Instat +

C'est un logiciel d'analyse statistique de données agro climatologiques et un modèle de simulation agro météorologique. Pour réaliser l'étude, ce logiciel a été utilisé pour :

- Déterminer les dates de début, les dates de fin, la longueur de la saison des pluies, la distribution des séquences sèches ;
- Calculer des indicateurs de statistique descriptive ;
- Calculer les probabilités d'occurrence des séquences sèches.

SPSS13.0

SPSS est un logiciel statistique de traitement des données d'enquêtes. Il a été utilisé pour déterminer pour chacune des questions, le nombre et le pourcentage de paysans ayant telle ou telle réponse, le plus grand nombre de paysans ayant tel ou tel avis pour une question donnée, sérier les différentes préoccupations des paysans et calculer les moyennes de certains résultats de l'enquête. Il présente les résultats sous forme de tableau ou de graphique.

ARCGIS 10.3

C'est un logiciel de spatialisation. Il a été utilisé pour cartographier la région et localiser les stations climatologiques et les différentes communes retenues pour notre étude.

PAINT

Paint a été utilisé pour arranger certaines figures faites avec Excel.

1.8. LIMITES DU TRAVAIL

L'accès aux données climatologiques disponibles au niveau de la Direction Générale de la Météorologie (DGM) est limité. Ces données sont, en effet, utiles pour vérifier ou pour avoir des justifications scientifiques des dires des paysans. Dans la région d'étude, seules quatre (04) communes sus mentionnées disposent de stations climatologiques (à savoir Majunga I au niveau de l'ASECNA, Mariarano, Mitsinjo et Ankarafantsika).

Remarque : Vu la grandeur de la taille des échantillons, la durée des travaux sur terrain ainsi que du traitement de données a été plus longue et nécessitait plus de moyens que ce soit matériel que financier.

1.9. CADRE OPERATOIRE

Tableau 4 : Cadre opératoire de la recherche

Problématique	Hypothèses	Indicateurs	Méthodologie
Quels sont les risques climatiques majeurs pour chaque secteur ?	H1 : Le niveau de risque de chaque secteur varie selon les types d'écosystème auquel il se situe.	- Température moyenne - Nombre annuel de jours de pluie - Début de la saison des pluies - Quantité des précipitations - Nombre et types d'aléas extrêmes - Nombre de composantes/spécifications agricoles affectées	- Enquête ménage - Focus groupe - Entretien - Analyse des données climatiques - Test de significativité
		- Nombre de cultures pratiquées non adaptées - Nombre de ménages dépendants des activités pluviales - Superficie des rizières présentant un risque élevé d'ensablement	
	H2 : La résilience des ménages face au risque climatique est en corrélation positive avec le nombre d'activités socio-économique ou de spéculations	- Nombre d'activités sources de revenu - % de ménages ayant au moins deux activités sources de revenu	- Enquête ménage - Test de significativité
	H3 : L'adaptation des communautés face aux risques climatique évolue dans le temps en fonction des choix de mesures et des capacités d'adaptation	- Nombre de pratiques résilientes adoptées	- Enquête ménage - Focus groupe - Entretien - Test de significativité

1.10. SYNTHESE METHODOLOGIQUE

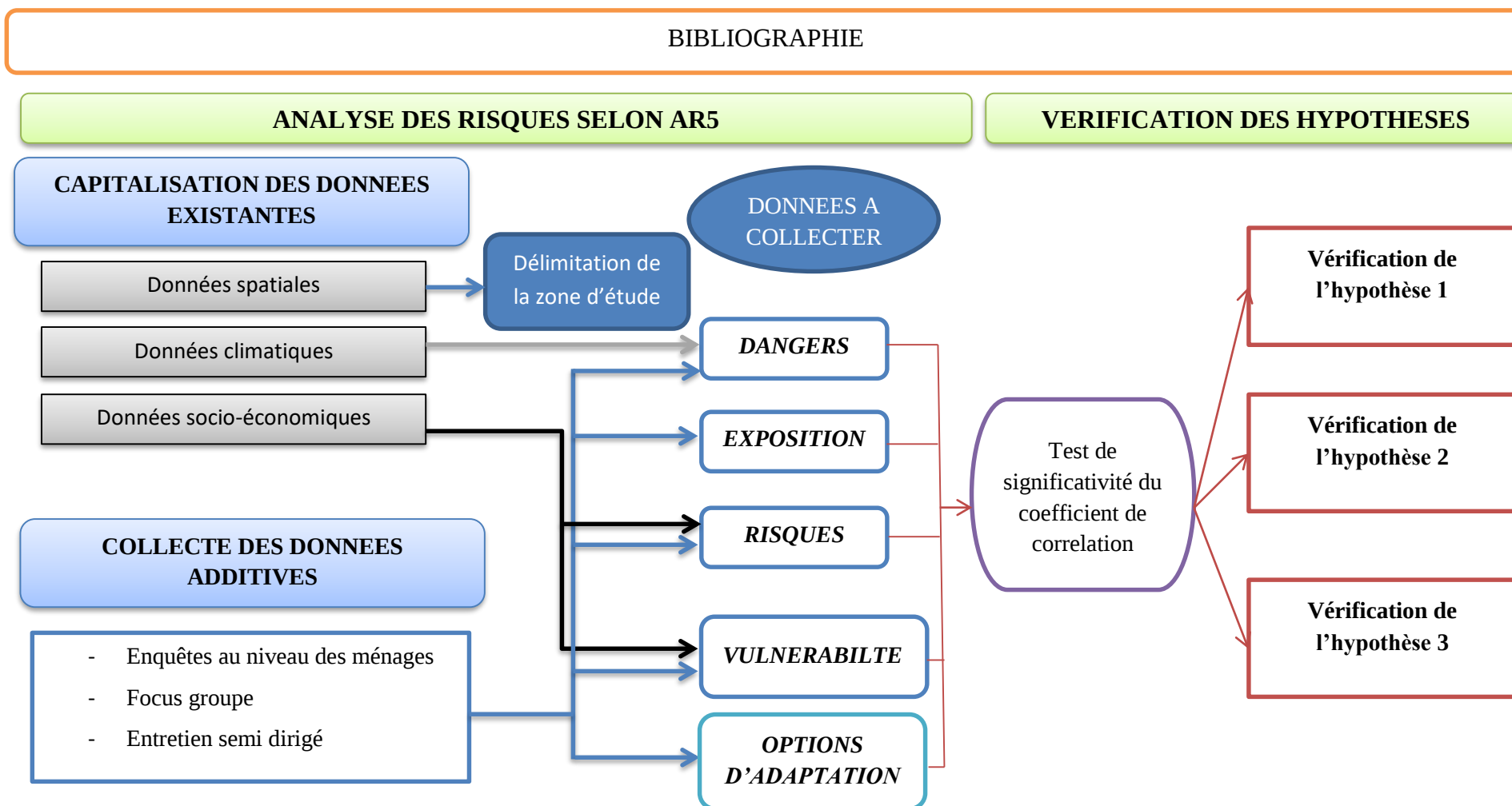


Figure 4 : Synthèse méthodologique

CHAPITRE 2. RESULTATS

2.1. CARACTERISTIQUES DES MENAGES

L'analyse des risques climatiques, objet de cette étude, a été, essentiellement, basée sur la perception paysanne. Des enquêtes auprès des ménages ont été réalisées pour avoir des données et des informations. Le tableau ci-dessous donne des indications sur les caractéristiques du ménage. Le nombre de ménages enquêtés est de 235. Ici l'âge moyen du chef de ménage est de 43. Le ménage est composé de 6 personnes en moyenne. Il y a en moyenne 3 actifs et 3 enfants par ménage.

Tableau 5 : Caractéristiques des ménages

Variable	Nombre de ménages enquêtés	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
Age de l'exploitant	235	43,63	6,64	23	76
Taille de ménage	235	6,38	1,78	1	13
Nombre d'actif	235	2,84	0,89	1	5
Nombre d'enfants	235	3,46	1,45	0	7

2.2. ACTIVITES SOURCES DE REVENUS

2.2.1. Activités sources de revenus par écosystème

Les ménages s'adonnent aux activités socio-économiques comme l'agriculture, l'élevage, la pêche et autres activités selon le type d'écosystème auquel ils se sont installés.

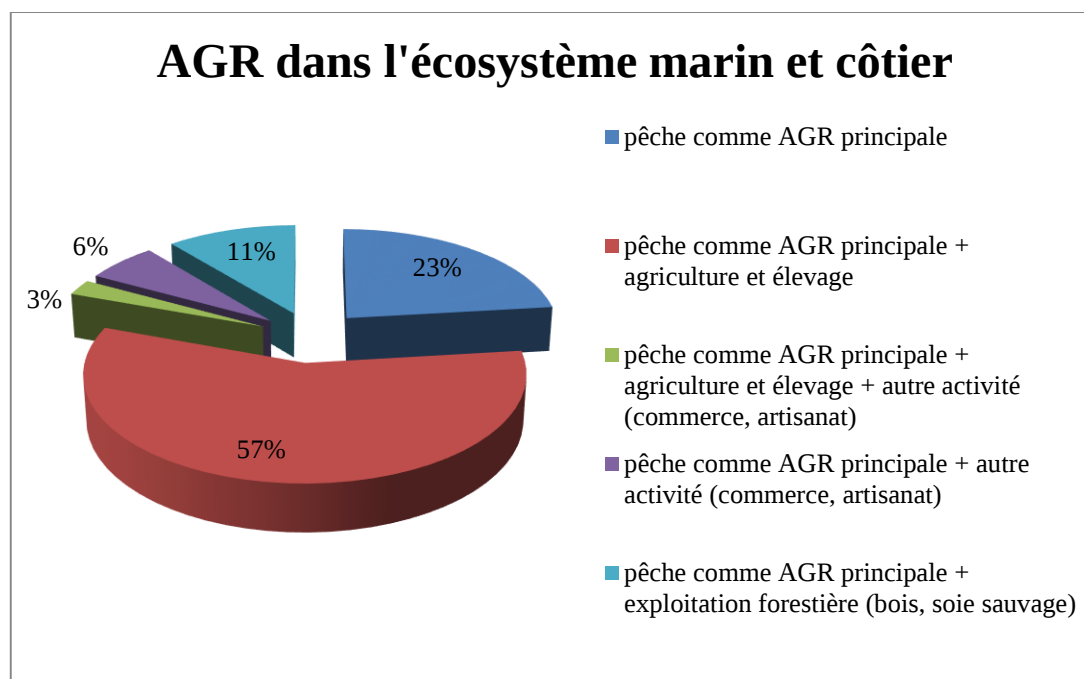


Figure 5 : Activités socio-économiques sources de revenu dans l'écosystème marin et côtier

Dans ce type d'écosystème, la plupart des ménages enquêtés (57%) affirment avoir pratiqué la pêche comme activité principale source de revenu avec l'agriculture et élevage comme autres activités. 23% des ménages pratiquent uniquement la pêche comme source de revenu. Dans cette zone, quelques ménages font de l'exploitation forestière comme activité complémentaire à la pêche. Ils pratiquent la carbonisation ou l'exploitation de bois (illicite) et/ou la sériciculture (cas de Boanamary et de Mariarano).

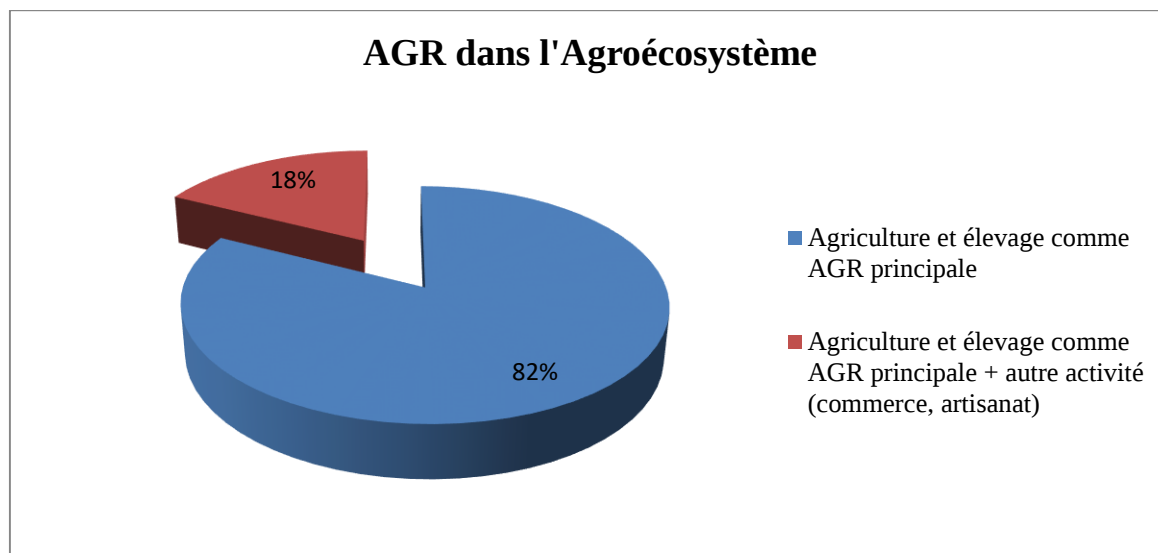


Figure 6: Activités socio-économiques sources de revenu dans l'agroécosystème

Dans l'agroécosystème, presque tous les ménages enquêtés s'adonnent à l'agriculture et élevage pour survivre. Le nombre de spéculation que ce soit agricole ou élevage varie de ménage en ménage.

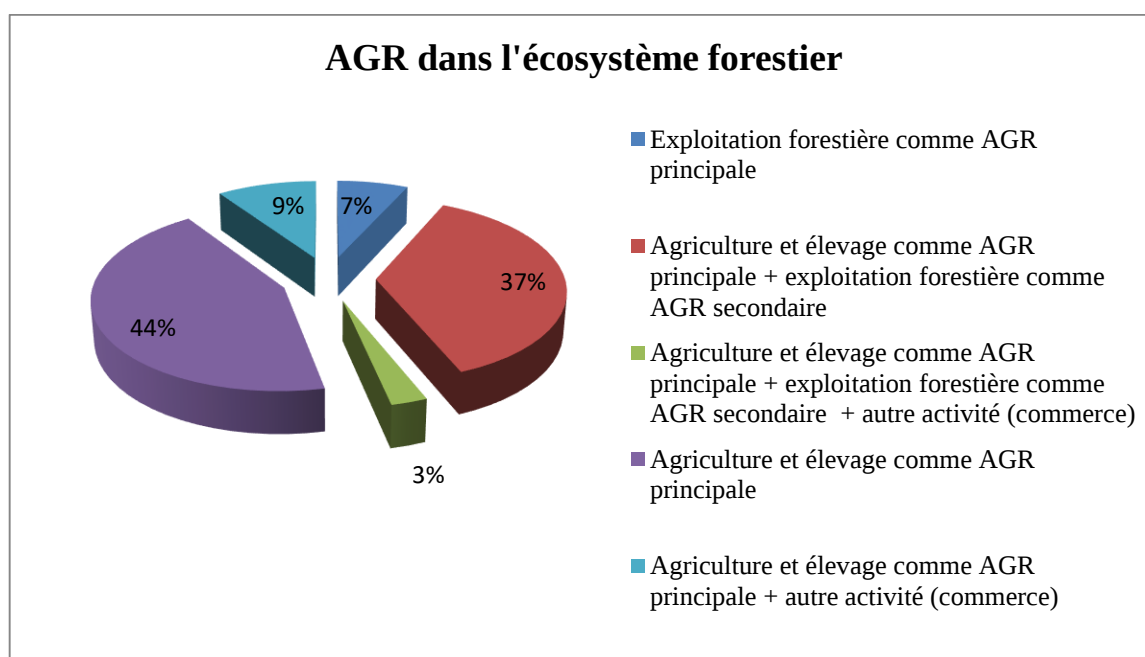


Figure 7: Activités socio-économiques sources de revenu dans l'écosystème forestier

Dans l'écosystème forestier, très peu de ménages (7%) dépendent des ressources forestières. Ces ménages font de la *carbonisation* et pour certains la *collecte de produits forestiers non ligneux comme le miel, le raphia pour l'artisanat*. Il a été remarqué que dans ce type d'écosystème, la plupart des ménages pratiquent également de l'agriculture et de l'élevage.

2.2.2. Agriculture et élevage

Une analyse particulière sur le secteur agriculture et élevage a été menée, du fait que l'agriculture et l'élevage sont les principales sources de revenu de la majorité de la population. Ils sont, en outre pratiqués dans les trois écosystèmes. Or, ces secteurs dépendent fortement du climat et en subissent les effets défavorables de sa variabilité et de son changement. Et la vulnérabilité de ce secteur peut affecter le mode de vie des ménages.

Liste des spéculations (agriculture et élevage) existantes dans les trois écosystèmes

L'enquête au niveau des ménages a permis d'établir la liste des spéculations des secteurs agriculture et élevage existantes dans chaque écosystème. Des différences entre les 3 écosystèmes peuvent être observées dans les tableaux 6 pour l'agriculture et 7 pour l'élevage.

Tableau 6 : Spéculations agricoles recensées et pratiquées dans chaque écosystème

Spéculations agricoles	Ecosystème		
	Marin et côtier	Agro	Forestier
La riziculture avec ses différentes variantes (<i>riz asara, riz jeby, riz atriary, riz dimialotra</i>)	X (riz asara et riz jeby)	X (les quatre variantes)	X (sauf riz <i>dimialotra</i>)
Le maïs	X	X	X
Le manioc	X	X	X
L'arachide		X	X
Le voanjobory (pois de bambara)		X	
Le lojy (black eyes et mena)		X	X
Les Cultures Maraichères et légumes (brèdes, potiron, tomate, voandzou, piment)	X	X	X

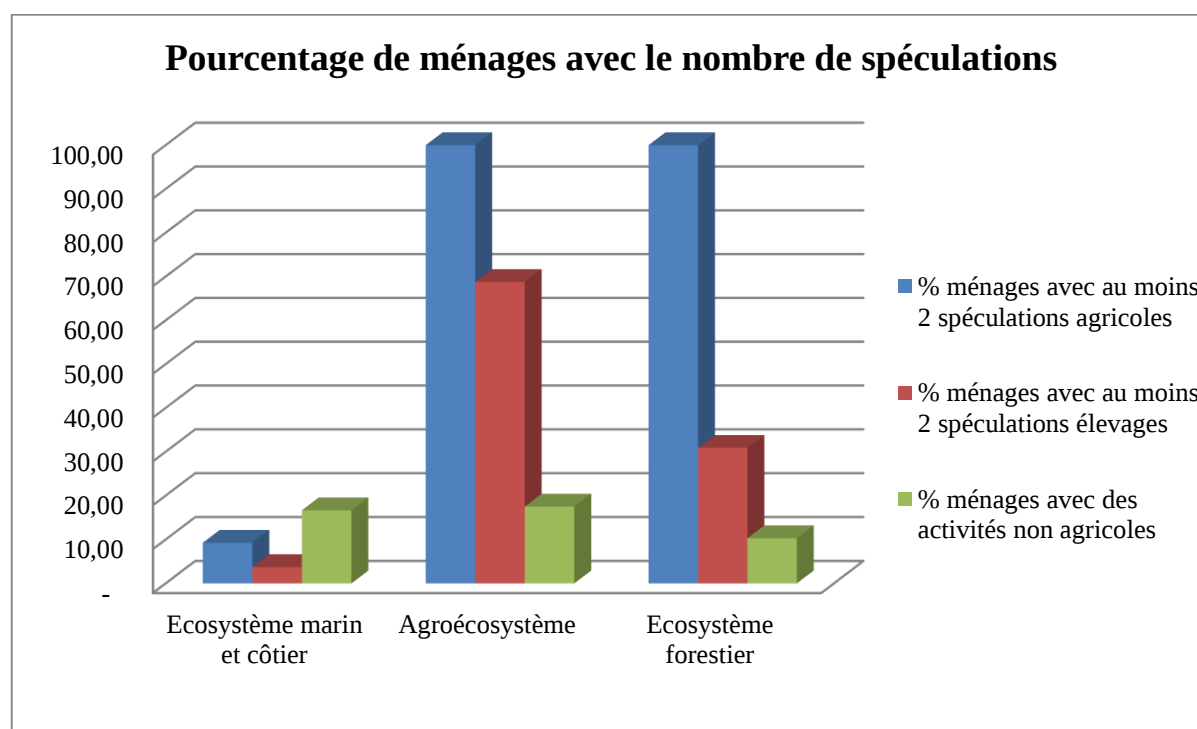
En ce qui concerne les cultures pluviales, la riziculture pluviale (le « *vary asara* ») et les cultures maraichères (l'arachide entre autres) sont essentiellement dépendantes d'une quantité suffisante de pluies. Pour les cultures sur décrue, comme le *vary jeby*, les *lojy* sur *baiboho*, ces cultures ne dépendent pas directement de la précipitation pour l'alimentation en eau des plantes. Elles utilisent l'eau de la nappe phréatique dont la remontée par capillarité permet d'assurer l'alimentation en eau de la plante pour toute la saison. Toutefois, la conduite de ces cultures est tributaire de la période de retraitement de l'eau dans les *baiboho* juste après la fin de la saison de pluie.

Tableau 7 : Types d'élevage recensés et pratiqués dans chaque écosystème

Type d'élevage	Ecosystème		
	Marin et côtier	Agro	Forestier
Bovin	X	X	X
Porcin	X	X	
Aviculture	X	X	X
Ovin	X	X	X
Caprin		X	X

Répartition des spéculations

L'hypothèse 2 de cette étude stipule que plus le nombre de spéculations que les ménages pratiquent sont nombreuses plus ces derniers sont moins vulnérables. Les enquêtes faites auprès des ménages ont permis d'avoir des informations concernant les activités agricoles pratiquées par les ménages ainsi que le nombre de spéculations effectuées. Les résultats sont les suivants :

**Figure 8 : Pourcentage des ménages avec le nombre de spéculations**

Les résultats des travaux d'enquêtes ont fait ressortir que dans l'écosystème marin et côtier, les ménages ne s'adonnent pas tellement dans les activités agricoles. Ils ont comme activité principale la pêche et pour certains qui font de l'agriculture et élevage, le nombre de spéculations pratiquées ne dépasse pas le nombre de deux. Ils font surtout les cultures maraîchères et la riziculture.

Par contre, dans les deux autres écosystèmes où l'agriculture et l'élevage sont les activités principales sources de revenus des ménages, presque tous les paysans font au moins deux spéculations, surtout agricoles. Ils font tous de la riziculture. Le nombre de ménages qui s'adonnent à la culture de « lojy » et de « voandzou » aussi n'est pas négligeable. Dans ces zones, agriculture et élevage vont toujours de pair. Le tableau 7 donne des informations sur le type d'élevage, le bovin, le porcin et l'aviculture sont les plus pratiqués.

2.3. PERCEPTION PAYSANNE

2.3.1. Perception paysanne de l'évolution du climat

La quasi-totalité des paysans enquêtés a affirmé que les saisons de pluie sont de plus en plus perturbées actuellement. Normalement, la saison des pluies qui démarrait en fin du mois de septembre ou en octobre dans le passé, commence actuellement au plus tôt vers la mi-octobre ou novembre, ont-ils tous affirmé. La quasi-totalité des paysans a indiqué que la saison devient de moins en moins pluvieuse (en d'autres termes, la quantité de la pluviométrie a diminué) et de plus en plus courte (en terme de durée de la saison de pluie) tout en ajoutant qu'elle est conjuguée à des séquences sèches de plus en plus longues. Dès fois, pendant ces courts moments pluvieux, les pluies sont très abondantes entraînant ainsi des inondations.

Cependant, les paysans qui habitent près des aires protégées ont noté qu'ils se sentent moins vulnérables à cette baisse de pluie par rapport aux populations dans d'autres zones. La perception peut se justifier par les services écologiques fournis par les forêts sur les réserves en eau.

Concernant la température, les paysans ont constaté qu'il y a une augmentation de la température en général, mais une baisse pendant l'hiver.

En ce qui concerne les vents et les tempêtes, les pêcheurs ont affirmé que ceux-ci sont de plus en plus forts surtout au début de la saison des pluies et fréquents durant toute l'année.

Les phénomènes extrêmes comme les cyclones sont de plus en plus sévères, causant des dégâts majeurs dans la région.

2.3.2. Impacts sur les activités économiques

Les aléas climatiques ont impacté les activités économiques de la population que ce soit directement ou indirectement notamment sur l'agriculture, l'élevage, la pêche et les activités liées à la biodiversité et la forêt.

Par rapport au passé, la quasi-totalité des paysans a indiqué que les puits et les marres tarissent de plus en plus tôt et que les sols sont de moins en moins fertiles.

Un grand nombre de paysans a indiqué qu'ils font plus de ressemis actuellement que dans le passé, d'autres ont fait remarquer que les cultures sont de plus en plus attaquées par les parasites et la quasi-totalité a affirmé que les rendements sont en baisse par rapport au passé. Pour les autres communautés cette diminution de rendement est aussi due à la diminution des surfaces cultivables suite à l'ensablement.

Tous les pêcheurs ont affirmé que les produits de la pêche ont beaucoup diminué ces derniers temps dû essentiellement à la destruction des habitats et au non-respect de la période de pontes. Pour les crevettes par exemple, avant les pêcheurs pouvaient collecter jusqu'à 60 kilogrammes par jour mais actuellement, ils disent qu'ils arrivent à collecter 03 kilogrammes seulement par jour.

A cause des vents et des tempêtes fréquents, les pêcheurs ont dû arrêter l'activité.

Outre, les impacts sur les activités socio-économiques, les aléas climatiques ont causé beaucoup de dégâts sur les infrastructures (bâtiments, construction, routes et ponts) et cela a des impacts sur les activités économiques de la population.

2.4. ANALYSE DES RISQUES CLIMATIQUES

2.4.1. Dangers

Les aléas climatiques évolutifs

Dans la région Boeny en général et suite aux enquêtes dans les quelques communes d'étude en particulier, l'augmentation de la température, le démarrage tardif et le raccourcissement de la saison des pluies et l'allongement de la saison sèche sont les aléas climatiques plausibles identifiés et cités ci-dessus. Les analyses s'y sont focalisées.

Augmentation de la température

Les analyses sur le changement climatique et les tendances climatiques sont données par les observations effectuées dans la station météorologique de l'ASECNA à Mahajanga. Le climat de cette station montre des tendances au changement pour la majorité des paramètres mesurés durant une période de 56 ans (1961 à 2016). En effet, la température moyenne en 1961 était de 26,9°C tandis qu'en 2016, elle est montée à 27,2°C. La figure 9 ci-après montre la tendance historique de la température moyenne journalière (représentée en moyenne annuelle) pour la station de Mahajanga.

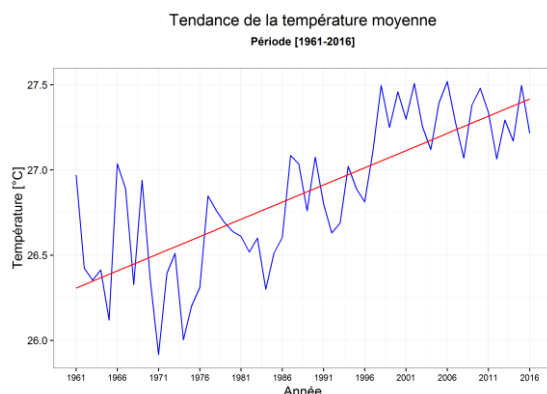


Figure 10 : Tendance de la température moyenne

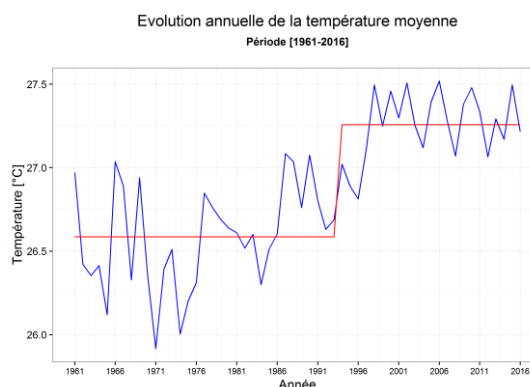


Figure 9 : Evolution annuelle de la température moyenne

L'évolution des températures moyennes dans la région sur la période 1961-2016 montre une tendance à la hausse. Le test de Pettitt a indiqué une rupture en 1994 (figure 10).

Démarrage tardif de la saison des pluies

L'analyse des données de pluie montre que la saison des pluies au cours de laquelle se déroule l'essentiel des activités agricoles démarre de plus en plus tard et par conséquent le démarrage tardif des pluies reste un risque climatique dans la zone d'étude.

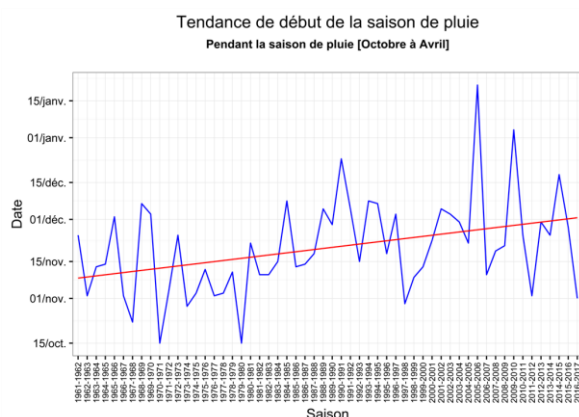


Figure 12 : Tendance de début de la saison de pluie pendant les 56 dernières années

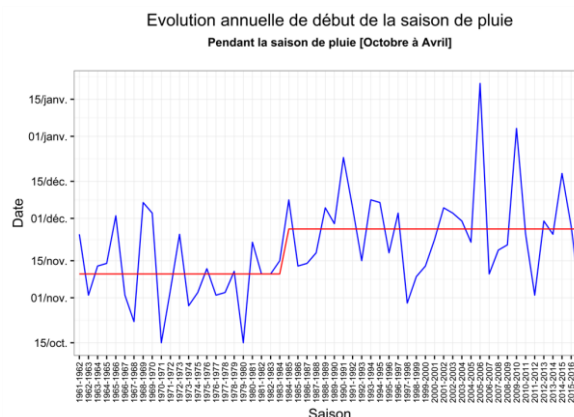


Figure 11 : Evolution annuelle de début de la saison de pluie durant les 56 dernières années

Selon les paysans, la saison de pluie débute au début ou à la moitié de mois d'octobre pour se terminer au mois d'avril. D'après cette figure, le début de la saison de pluie a une tendance en retard de 22 jours pendant ces 56 dernières années. La date moyenne de début de la saison des pluies est le 10 novembre entre 1961 et 1983. De 1984 à 2016, ceci est le 27 novembre. Le test de Pettitt a donné une année de rupture en 1984-1985.

Raccourcissement de la saison de pluie

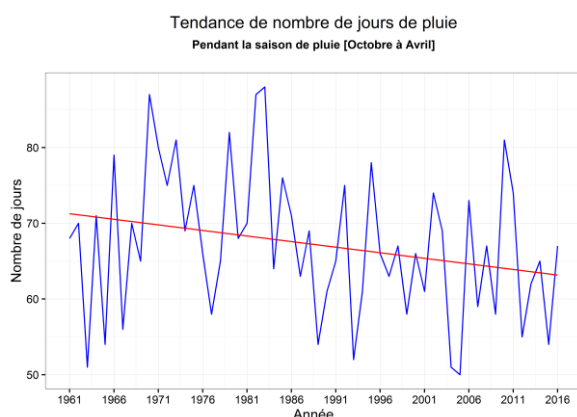


Figure 13 : Tendence de nombre de jours de pluie durant les 56 dernières années

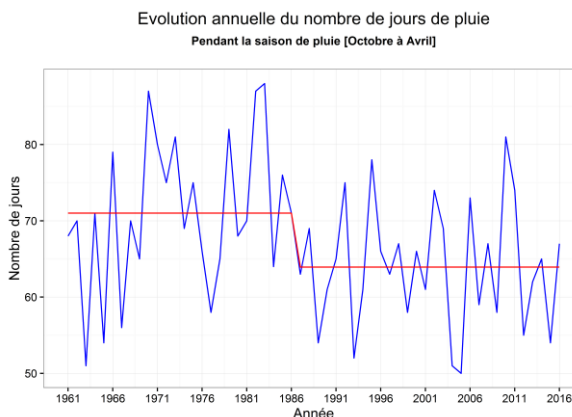


Figure 14 : Evolution annuelle du nombre de jours de pluie durant les 56 dernières années

Le nombre de jours de pluie (avec pluie supérieure à 1mm) a une tendance en diminution de 8 jours durant les 56 dernières années. En effet, la moyenne est de 71 jours de 1961 à 1986 ; de 64 jours de 1987 à 2016. L'année de rupture est en 1987.

Allongement de la saison sèche ou diminution de la quantité de pluie

Outre le démarrage tardif et le raccourcissement de la saison des pluies, la zone d'étude a également connu une diminution de la quantité de pluie.

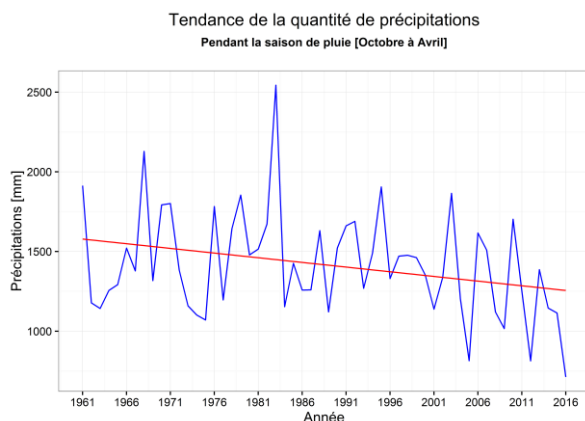


Figure 16 : Tendence de la quantité de précipitations durant les 56 dernières années

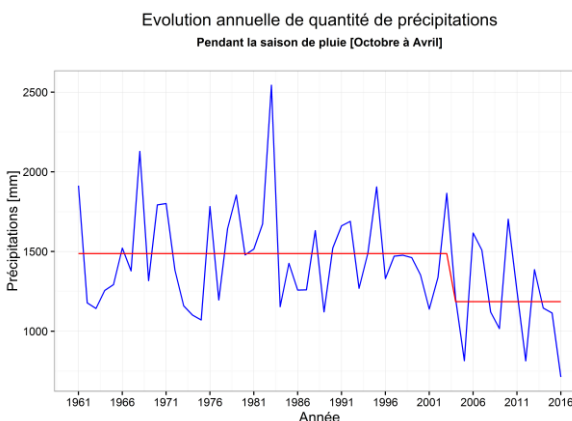


Figure 15 : Evolution annuelle de quantité de précipitations durant les 56 dernières années

Durant les 56 dernières années, la quantité de précipitations a baissé de 328 mm environ. Les stations ont enregistré une moyenne de 1487 mm de pluies entre 1961 et 2003 et une moyenne de 1185 mm de 2004 à 2016. D'après le test de Pettitt, l'année de rupture était en 2004.

Aléas climatiques extrêmes

Les aléas climatiques qui ont touché la région et qui ont marqué la vie des paysans sont présentés dans le tableau ci-après. Les informations supplémentaires sont présentées dans l'annexe 3.

Tableau 8: Liste des aléas climatiques majeurs

Nom de l'aléa	Catégorisation	Année de passage
Kamisy	Cyclone	1984
-	Sècheresse	1999
Elita	Cyclone	2004
Gafilo	Cyclone	2004
Enawo	Cyclone	2017

Source : Enquête auprès des focus-group

Au terme de cette analyse, on conclut que les aléas climatiques cités lors des enquêtes qui sont l'augmentation de la température, le démarrage tardif et le raccourcissement de la saison des pluies, l'allongement de la saison sèche, l'intensification des cyclones et des vents et la montée du niveau de la mer sont confirmés.

Les figures ci-après montrent les impacts qui ont directement liés aux aléas climatiques.

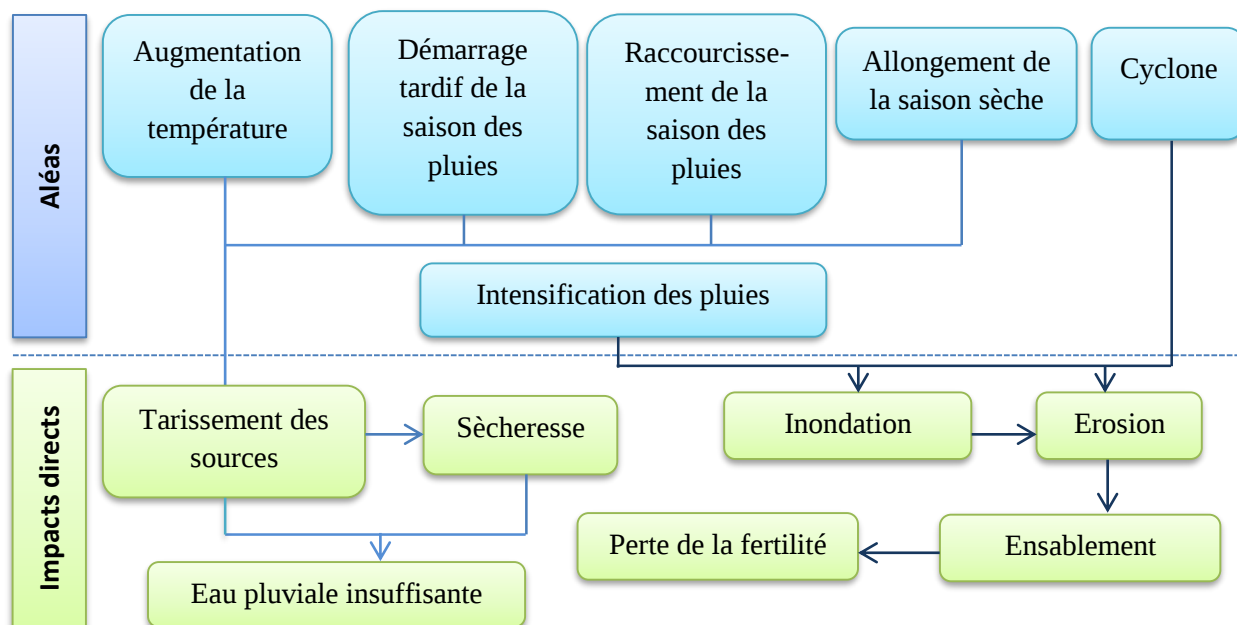


Figure 17 : Impacts directs liés aux aléas pour les secteurs agriculture et élevage, et forêt et biodiversité

Le tariissement des sources et la sècheresse sont les impacts directs de l'augmentation de la température (à cause de la forte évapotranspiration), du démarrage tardif, du raccourcissement de la saison des pluies et de l'allongement de la saison sèche (à cause de la faible précipitation).

Pendant la courte période de pluie, dès fois, des pluies fortes et torrentielles surviennent. Les précipitations sont très abondantes entraînant ainsi l'inondation et l'érosion (selon les caractéristiques du sol), et par conséquent l'ensablement.

Comme les éléments nutritifs du sol sont lessivés ou emportés avec les ruissellements, le sol perd sa fertilité.

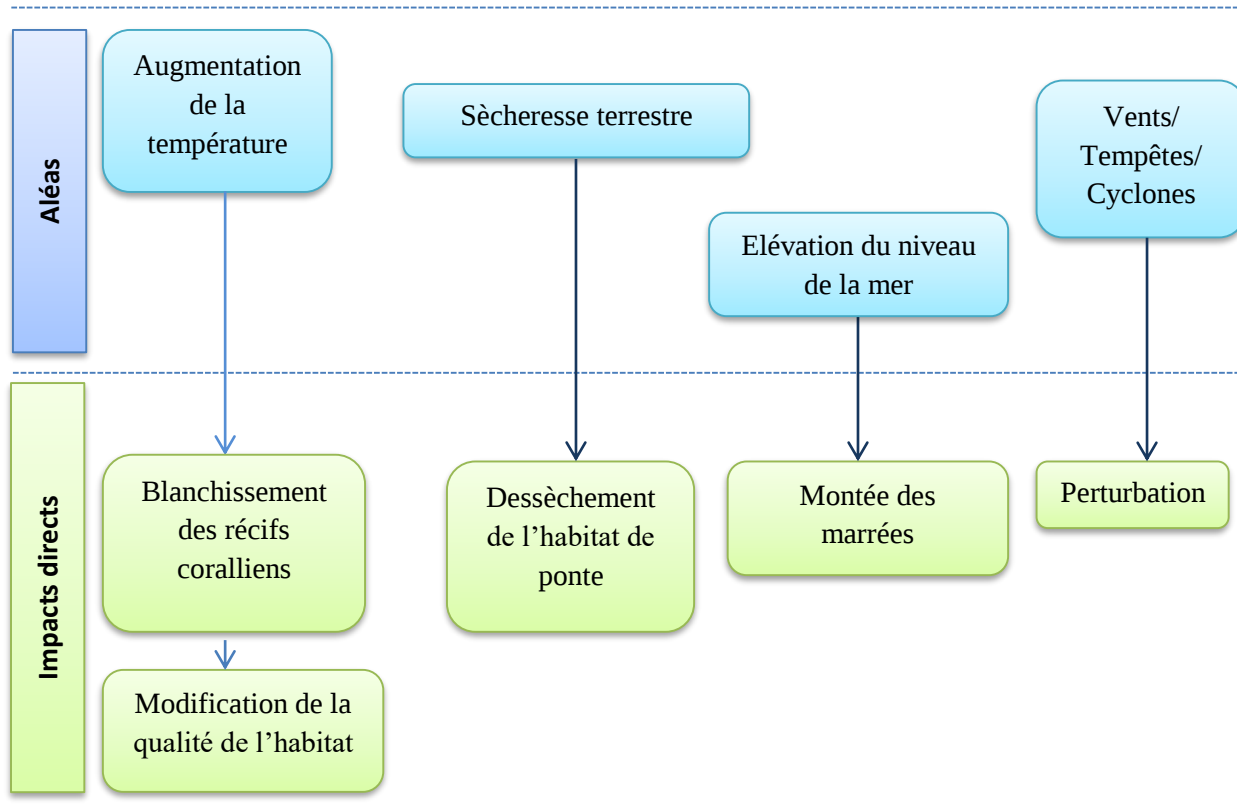


Figure 18: Impacts directs liés aux aléas pour le secteur pêche

L'augmentation de la température entraîne le blanchissement des récifs coralliens. La sécheresse terrestre (dans l'écosystème marin et côtier, le démarrage tardif et le raccourcissement de la saison des pluies, l'allongement de la saison sèche sont résumé en sécheresse terrestre) entraîne un dessèchement de l'habitat des pontes.

L'élévation du niveau de la mer est un impact direct de la fonte des glaciers dû au réchauffement planétaire. Ceci est constaté dans quelques régions de Madagascar en particulier à Morondava et à Boeny.

2.4.2. Exposition

Les composantes les plus affectées par les dangers sont presque les mêmes selon les secteurs dans les trois écosystèmes. Pour le secteur agriculture, c'est surtout *la riziculture de bas fond*, les *cultures vivrières et maraîchères* sont les plus exposées aux aléas. *L'aire de pâturage* et le cheptel sont les composantes affectées pour le secteur élevage. Pour le secteur forêt et biodiversité, dans l'écosystème marin et côtier, c'est surtout les *mangroves* qui sont les plus affectées. Dans les deux autres écosystèmes, *les forêts naturelles denses sèches* et *les forêts de raphia* constituent les composantes les plus touchées. Enfin, pour le secteur pêche, il s'agit des *pêches sur les mangroves* et *celles maritimes*.

Outres les composantes des secteurs, les personnes, les ménages ainsi que les communautés (en tant que producteurs, commerçants, consommateurs, transformateurs) sont également exposés aux aléas climatique. Il y a aussi les infrastructures et les biens économiques qui se trouvent dans les communes d'étude.

2.4.3. Risques climatiques

Concernant l'agriculture, la majorité des paysans a affirmé que le démarrage tardif des pluies et le raccourcissement de la saison des pluies sont les causes de la réduction de la disponibilité de l'eau, de la baisse de l'humidité du sol, entraînant la baisse des rendements. Les journées de plus en plus chaudes exprimées par un bon nombre d'entre eux traduisent leur perception d'une augmentation de la température qui entraîne un réchauffement du sol et par conséquent une baisse de l'humidité de la partie superficielle du sol, un accroissement du stress hydrique des plantes en général et celui des rizicultures, des cultures vivrières et maraîchères en particulier et une baisse des rendements. Les séquences sèches de plus en plus longues (la sécheresse) qu'ils ont presque tous déploré contribuent également à la réduction de la disponibilité de l'eau, la baisse des rendements, la dégradation du sol et à la destruction de la couverture végétale.

En outre, l'inondation qui survient parfois pendant la courte saison de pluie ou lors du passage de cyclone, entraîne une asphyxie des cultures provoquant ainsi une baisse de rendement voire même la perte des récoltes. Ceci peut entraîner également l'ensablement qui diminue les surfaces cultivables et par conséquent la perte des cultures.

Pour le secteur agriculture, la « **faible productivité des cultures due au stress hydrique** » est le risque climatique qui découle de cette analyse.

Ce risque peut entraîner l'insécurité alimentaire et la malnutrition. Une inflation peut également subvenir due à la rareté des produits. Tout cela accentue la pauvreté. Certains paysans quittent la zone pour travailler ailleurs. Une insécurité des biens et des personnes sont aussi les risques indirects induits par le risque de faible productivité agricole. L'acte de banditisme se propage pour subvenir aux

besoins quotidiens. Un des risques indirects qui peut se présenter aussi est le conflit foncier. C’est suite à la réduction des surfaces cultivables

La chaîne d’impact pour le secteur agriculture est représentée dans la figure 19.

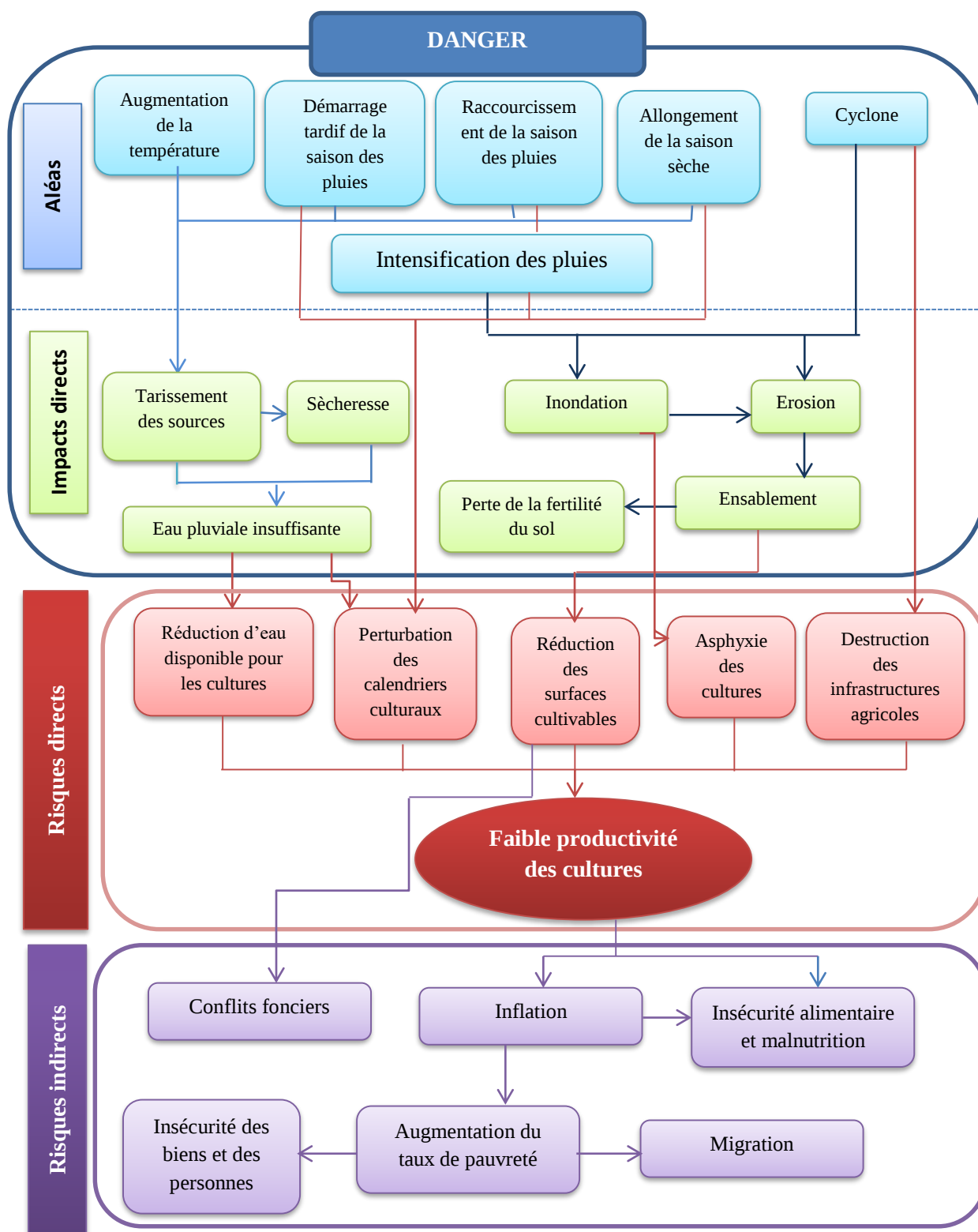


Figure 19 : Chaîne d’impacts du secteur agriculture

Pour l'élevage, la sécheresse qui se traduit par le démarrage tardif des pluies et le raccourcissement de la saison des pluies contribue également à la réduction de la disponibilité de l'eau, la baisse des rendements, à destruction du pâturage. La conséquence majeure est l'affaiblissement de l'état général des animaux dû au manque d'eau conduisant à la baisse de la productivité. L'augmentation de la température pourrait entraîner une augmentation de la prévalence des épizooties (surtout pour les parasitoses), des avortements dus à des maladies virales notamment chez les bovins. Ainsi le taux de mortalité est assez élevé.

Bref, pour le secteur élevage, la « **baisse de productivité d'élevage** » est le risque climatique qui découle de cette analyse.

Comme le secteur agriculture, ce risque induit à l'insécurité alimentaire et à la malnutrition, à l'inflation qui entraînera la migration de certains paysans et à l'insécurité des biens et des personnes. Un conflit pour l'eau entre les paysans peut aussi arriver.

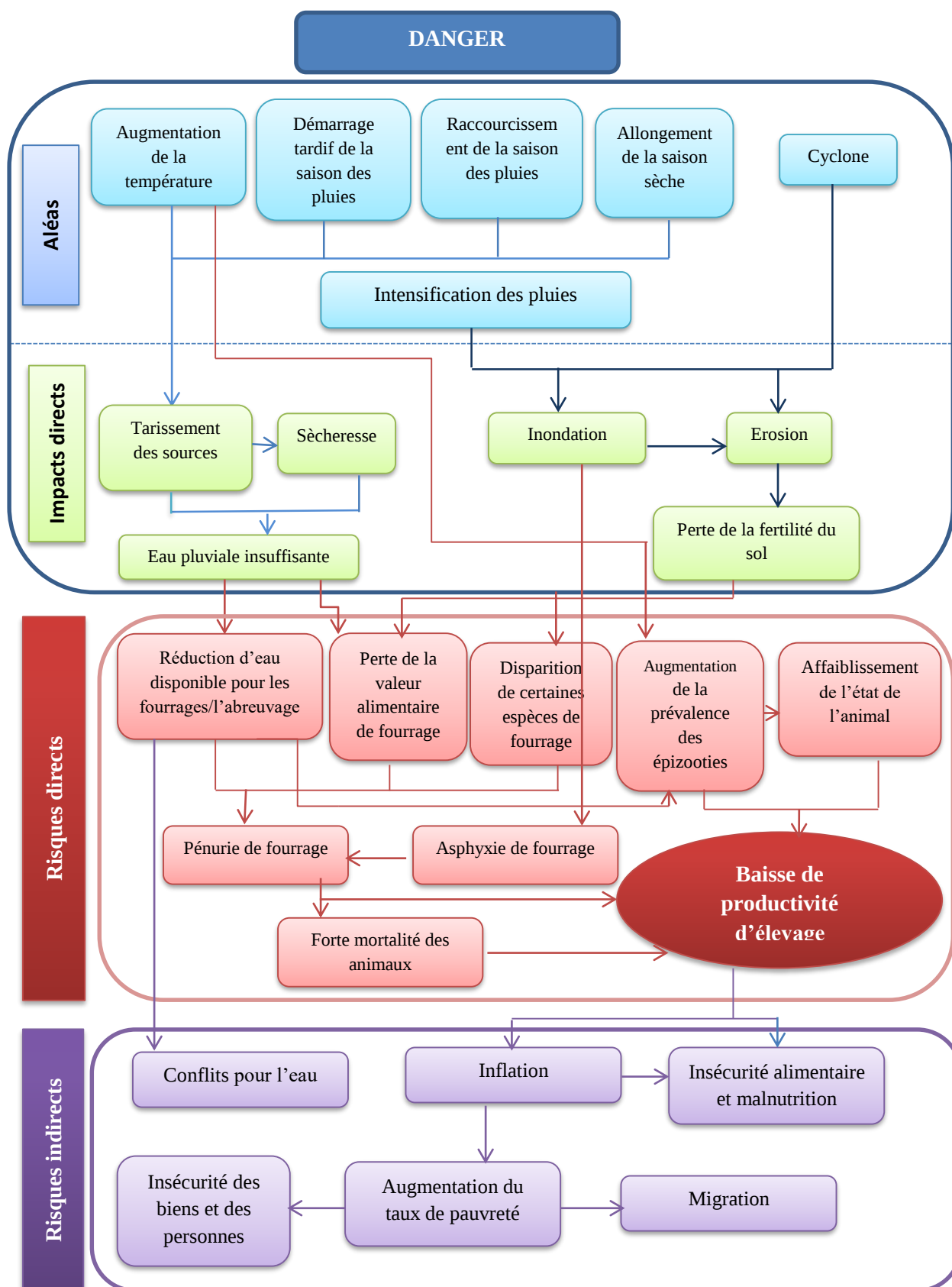


Figure 20 : Chaîne d'impacts du secteur élevage

Pour le secteur pêche, l'augmentation de la température a des impacts négatifs sur les récifs coralliens et les habitats des produits halieutiques. Cela entraîne leur blanchissement et ne permet pas à la survie des poissons. L'intensification des cyclones, des tempêtes et des vents, limite la pratique de la pêche voire même la suspension de cette activité pour cause de sécurité, entraînant par la suite la diminution de revenu. En ce qui concerne la montée du niveau de la mer, les pêcheurs arrêtent l'activité pour raison de sécurité.

Pour la Région Boeny, l'érosion côtière et l'élévation du niveau de la mer sont accentuées par le changement climatique, selon la deuxième communication nationale effectuée par le Ministère de L'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts (MEEF) en 2010, la vitesse de recul des côtes pour la région Boeny est de 2 à 3 m par an.

Pour le secteur pêche, il s'agit de la « **diminution des produits de pêche** » qui constitue le risque

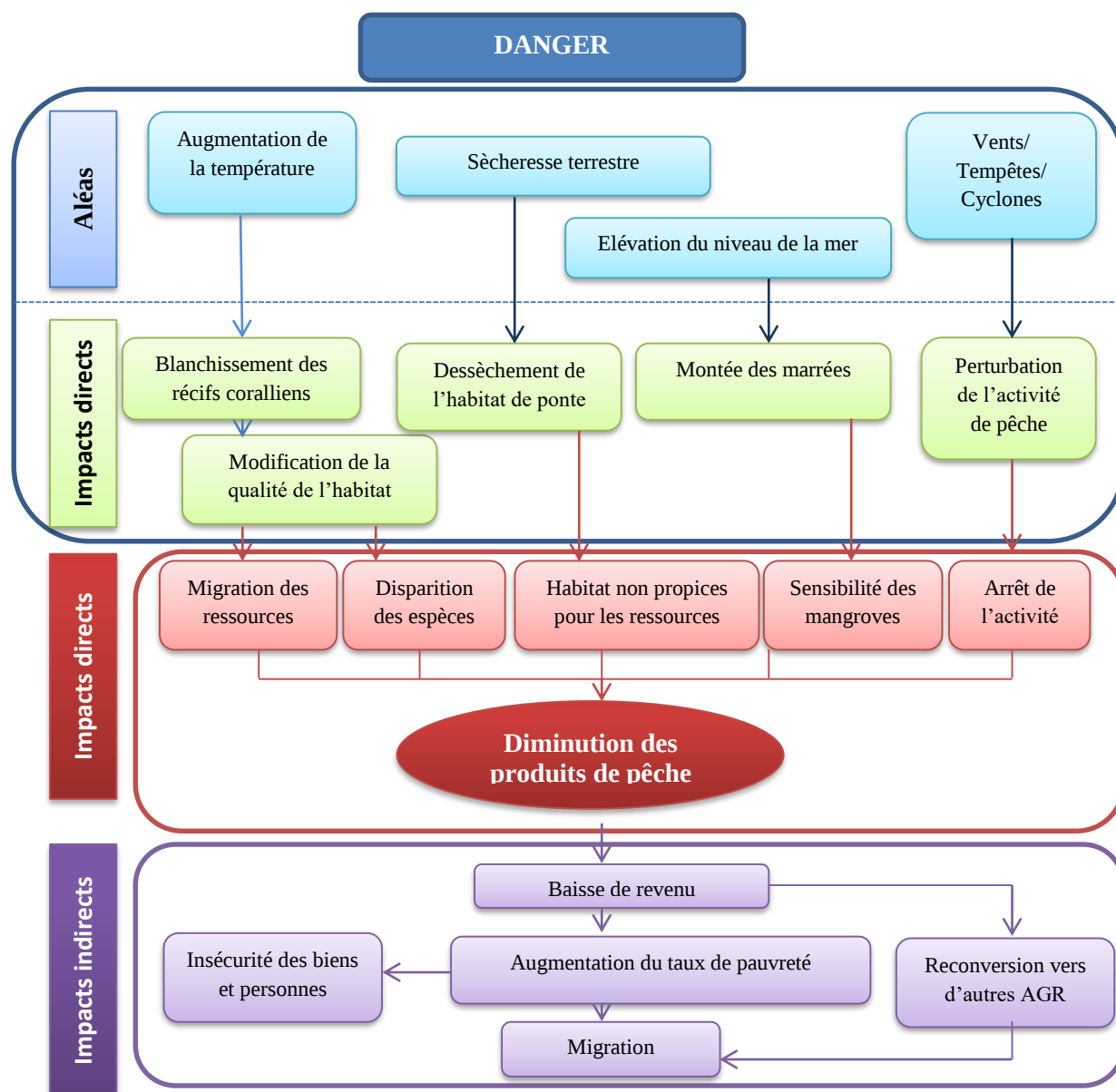


Figure 21 : Chaîne d'impacts du secteur pêche

Bref, pour le secteur pêche, il est constaté une baisse de revenu des ménages due à la diminution des produits de pêche suite à la disparition et à la migration des espèces ainsi qu'à la limitation des activités des pêcheurs. Les risques indirects qui s'ensuivent sont les mêmes que pour les autres secteurs.

Les impacts de changement climatique concourent également à la perte de la biodiversité. Toutefois, les activités humaines (déforestation, « tavy ») sont les premières causes de la disparition des espèces faunistiques et floristiques. Comme les activités liées à la forêt sont limitées à la carbonisation et à l'artisanat (« rary »), les impacts de ces risques climatiques ne sont pas très ressentis par les communautés, à l'exception des cyclones qui limitent l'accès aux forêts, la destruction des produits et le processus de carbonisation et/ou de confection de « rary » retardé.

Pour le secteur forêt et biodiversité, la « **diminution des services écosystémiques** » est le risque climatique. Les risques indirects sont les mêmes que pour les autres secteurs.

En conclusion, les risques climatiques dûs aux dangers liés à l'évolution du climat accentuent la pauvreté des paysans dans les communes d'étude. Les autres paysans sont contraints à migrer vers d'autres zones. D'autres sont obligés de se reconvertir vers d'autres activités.

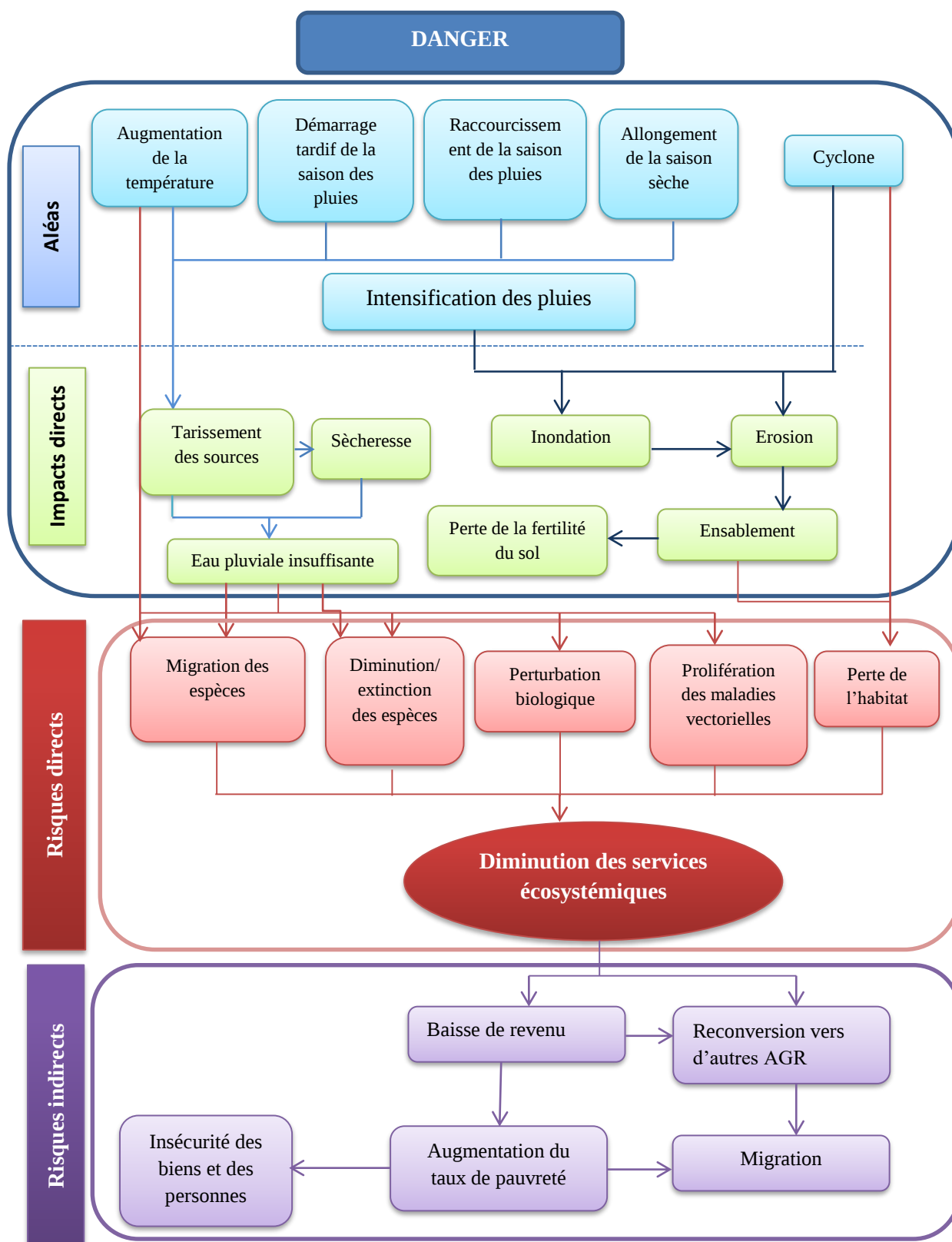


Figure 22 : Chaîne d'impacts du secteur Forêt et Biodiversité

2.4.4. Vulnérabilité

La vulnérabilité et les risques que chaque secteur encourt dépendent non seulement des conditions climatiques mais aussi d'autres facteurs non climatiques. Cela aurait des répercussions sur la quantité et qualité des produits de chaque secteur.

Les tableaux ci-après combinent à la fois les facteurs de sensibilité et de capacité pour les risques identifiés par secteur. Ils sont classés selon trois catégories : technique, culturelle et sociale.

Dans la région Boeny, la sensibilité du secteur agriculture est en premier lieu d'ordre technique. Le plus important est en relation avec les caractéristiques du sol, qui sont très favorables à l'érosion entraînant l'ensablement des rizières des bas-fonds. Une faible efficacité du système d'irrigation constitue également un problème dans cette zone. En plus d'une quantité insuffisante d'eau pluviale, très peu d'infrastructures sont aménagés pour une gestion de l'eau. Enfin, les données climatiques et leurs valorisations pour orienter les modes de cultures ne sont pas accessibles aux paysans.

Pour ce qui est culturel, il s'agit du rattachement des paysans aux pratiques traditionnelles, ne serait-ce qu'en citant la pratique de culture sur brulis, qui persiste encore jusqu'à nos jours.

Par rapport aux capacités d'adaptation, celles-ci sont basées sur la non maîtrise et le savoir-faire insuffisant pour appliquer les techniques.

Tableau 9 : Facteurs de sensibilité et de capacité du risque « faible productivité des cultures »

Catégorisation	Sensibilité	Capacité d'adaptation
Technique	Cultures non adaptées /Besoin en eau très élevés pour les cultures	- Faible capacité à utiliser des cultures résilientes - Faible capacité de gestion de l'eau
	Type/caractéristique du sol favorable à l'érosion (causant l'ensablement)	- Non maîtrise de la gestion des terroirs - Infrastructure presque inexistante - Insuffisance de protection biologique
	- Faible efficacité du système d'irrigation - Eau d'irrigation insuffisante	- Savoir-faire insuffisant sur les systèmes d'irrigation - Aucune maîtrise/gestion de l'eau
	Non mise à disposition des informations agro-météorologiques	- Savoir-faire insuffisant pour la valorisation des données climatiques
Culturelle	Pratiques traditionnelles non adaptées au climat	Rattachement aux pratiques traditionnelles
Sociale	Revenu basé uniquement par les cultures pluviales	Accès difficile aux épargnes

Pour le secteur élevage, la sensibilité est d'ordre technique. C'est surtout dû au type d'élevage appliqué (type extensif favorisant entre autres la propagation des maladies) et à la forte dépendance aux prairies naturelles. Aucune autre culture d'herbe n'est faite. Donc, il n'y a pas d'alternatives en cas de destruction ou non accessibilité des prairies naturelles. Les paysans pratiquent des feux de brousse pour avoir de nouvelles herbes, une pratique, qui appauvrit le sol.

Le manque de savoir-faire, par le fait qu'il n'y a pas assez d'agents de proximité, limite la capacité des éleveurs à faire face au risque climatique.

Tableau 10 : Facteurs de sensibilité et de capacité du risque « baisse de productivité d'élevage »

Catégorisation	Sensibilité	Capacité d'adaptation
Technique	Dépendance aux prairies naturelles (aucune alternative)	Savoir-faire insuffisante pour cultiver d'autres espèces de fourrage
	Pratique de l'élevage extensif facilitant la propagation des maladies et parasites	Manque de ressources pour un élevage intensif ou semi-intensif
	Pratique de feux de brousse pour l'obtention d'herbe verte	Savoir-faire insuffisante pour une culture d'autres espèces
	Insuffisance de technique d'abreuvoir/utilisation des eaux pluviales et des sources pour l'abreuvoir)	Savoir-faire insuffisante pour la gestion de l'eau
	Aucun traitement spécifique du cheptel	

Malgré les impacts directs des dangers liés aux climats pour le secteur pêche, d'autres sources de problèmes s'ajoutent à ceux-ci. Il s'agit en effet du non-respect des calendriers de pêche et de l'utilisation des matériels non adéquats (comme les filets à mailles fines) pour une pêche durable. La raison en est du fait que la plupart des ménages pratiquent la pêche comme seule source de revenu. Or, cette pratique n'est pas durable et les conséquences retombent sur les pêcheurs mêmes. La destruction des mangroves constitue également un des problèmes majeurs du secteur pêche. Les mangroves sont très exploitées pour essentiellement la carbonisation et le bois de service. C'est l'habitat de certaines ressources comme les crabes et les crevettes et leur destruction n'est pas propice à la survie de ces espèces de pêche. En outre, la destruction des mangroves peut augmenter la salinité des zones environnantes, rendant les tannes impropres à l'agriculture.

Tableau 11: Facteurs de sensibilité et de capacité du risque « diminution des produits de pêches »

Catégorisation	Sensibilité	Capacité d'adaptation
Technique	Non-respect des périodes de pêches	-
	Utilisation des matériels non adéquats	-
	Destruction des mangroves (habitat des crabes et crevettes)	Savoir-faire à renforcer pour la restauration des mangroves

Nul n'ignore que les forêts procurent beaucoup des biens et des services écosystémiques inestimables. Malheureusement, dans la région Boeny, elles sont exploitées irrationnellement pour des fins de carbonisation. Les sols forestiers sont aussi transformés en terrains d'agriculture à cause de leurs «bons sols» pour les cultures exigeantes telles que la riziculture,... En plus des défrichements à des fins agricoles, les feux de brousse détruisent directement les forêts.

Tableau 12 : Facteurs de sensibilité et de capacité du risque « diminution des services écosystémiques »

Catégorisation	Sensibilité	Capacité d'adaptation
Technique	Exploitation illicite des forêts surtout pour le charbonnage	- Existence des Aires Protégées et des zones de transferts de gestion ; - Capacité des communauté à gerer les forêts ; -Savoir-faire des communauté pour une gestion intégrée des feux.
	Pratique de cultures sur brulis	
	Non maîtrise des feux (culture sur brulis) entraînant les feux de forêt	
Culturelle	Dépendance aux ressources forestières	
Sociale	Pratique des feux de forêt par des actes de vandalisme	

2.4.5. Options d'adaptation

Pour faire face au risque, les paysans ont quand même appliqué des mesures d'adaptation. Le tableau ci-après donne les options d'adaptation déjà appliquées par secteur.

Tableau 13 : Options d'adaptation

Secteur	Risque	Options d'adaptation
Agriculture	Faible productivité des cultures	-Valorisation des informations climatiques - Promotion des variétés adaptées/résilientes au changement climatique (cycle court) - Mise en place d'un système de protection

		des bassins versants (lutte antiérosive, techniques de compostage, reboisement, agroforesterie) - Vulgarisation/diffusion des modèles / pratiques agro-écologiques
Elevage	Baisse de productivité d'élevage	- Promotion des pratiques pastorales adaptées (c.-à-d. cultures fourragères, ...)
Pêche	Diminution des produits de pêches	- Restauration corallienne ou des récifs coralliens - Restauration des mangroves - Application des réglementations sur les activités de pêches, p. ex. : Arrêté régional sur la fermeture des plans d'eau
Forêt et biodiversité	Diminution des services écosystémiques	- Contribution à la conservation de la biodiversité ; - Valorisation des ressources naturelles (à travers des CdV p.ex miel, soie sauvage, tourisme, raphia) - Réalisation de reboisement à vocation énergétique (espèce à croissance rapide)

Quelques options d'adaptation sont réalisées par les paysans/communautés dans les communes d'études, mais celles-ci méritent encore d'être renforcées, et faire en sorte que tous les paysans les adoptent selon les activités pratiquées. Pour le secteur agriculture, certains paysans ont bénéficié de renforcement de capacité en matière de valorisation des informations climatiques, cela est par contre à renforcer et diffuser dans toute la région. Egalement pour l'accès aux variétés de cultures adaptées au climat ou à cycle courts que certains paysans ont déjà bénéficié.

Concernant la mise en place d'un système de protection des bassins versants (comme les luttes anti-érosives, ...), il est noté que des projets environnementaux et de développement (le Programme de Lutte Anti-Erosive, par exemple) ont été déjà mis en œuvre mais l'appui est très limité à des sites pilotes, donc renforcement pour une extension à d'autres sites.

Pour le secteur élevage, une culture d'autres espèces de fourrage est mise en œuvre sur quelques sites. Les techniques éprouvées sont à promouvoir intensivement.

Pour le secteur pêche, la restauration des récifs coralliens est déjà en cours de mise en œuvre par des projets environnementaux (WWF, Blue Ventures,...) mais des renforcements sont nécessaires.

Enfin pour la forêt et biodiversité, les communautés contribuent à leur conservation (TG à Boanamary et Mariarano). Des reboisements à vocation énergétique sont également promus dans la région avec une approche qui implique les villageois (Reboisement Villageois Individuel), en partenariat avec la GIZ.

CHAPITRE 3. DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

3.1. DISCUSSIONS

3.1.1. Méthodologie AR5

Quatre (04) méthodes d'analyse des risques climatiques ont été présentées et analysées dans la présente étude, à savoir : l'AR5, le CRiSTAL, l'IRC et l'EPVC. Dans la réalisation de l'étude, la méthode proposée par le GIEC dans son cinquième rapport d'évaluation (AR5) en 2014 a été adoptée. Il s'agit de la méthodologie la plus adaptée dans le contexte de la présente étude. L'avantage de cette approche réside dans sa simplicité. En outre, elle est la plus adaptée dans le cas où le focus de l'analyse est la communauté. Toutes les informations se sont basées sur la perception paysanne. Des analyses plus approfondies et des vérifications scientifiques des résultats ont permis d'avoir des résultats pertinents et fiables. Son inconvénient, par contre, c'est un manque de contrôle sur les effets combinés, ainsi qu'un éventuel effet indirect à savoir qu'une composante pourrait en compenser une autre.

Concernant le nouveau cadre AR5, un changement significatif apparaît dans la compréhension des risques et de la vulnérabilité dans le contexte de l'adaptation au changement climatique par rapport à l'AR4 qui conceptualise la vulnérabilité en fonction de trois composantes: l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation (Parry et al. 2007). Ce nouveau cadre conceptuel souligne que la gestion des risques, l'adaptation et l'action sur le changement climatique doivent être examinées dans le contexte d'un cadre de planification et d'analyse qui tient compte des questions sociales ainsi que des facteurs environnementaux (GIEC, 2014). Il représente l'état actuel de la technologie en ce qui concerne la terminologie et les concepts par rapport à la compréhension conceptuelle d'AR4 du GIEC. Cette terminologie appliquée dans l'analyse est claire et cohérente avec la compréhension actuelle du risque, et peut être mieux liée à la discussion internationale dans ce domaine. Ce concept de risque climatique est approprié pour Madagascar, où d'une part, les impacts majeurs du changement climatique sont liés à des événements extrêmes et d'autre part, la communauté de réduction des risques de catastrophes est bien établie. En outre, le supplément récemment élaboré sur le risque pour le « Guide de référence sur la vulnérabilité » de la GIZ fournit une vision et une orientation importante pour cette évaluation (GIZ et EURAC 2017; Fritzsche et al 2014). Dans le document, la terminologie clé est définie et les implications de l'application de l'approche AR5 pour le développement des chaînes d'impacts (risques) sont discutées. Une analyse de vulnérabilité consiste à identifier, mesurer et relever les vulnérabilités d'un système. Elle est généralement menée pour informer les décideurs et soutenir les processus d'adaptation pour réduire les impacts néfastes du changement climatique.

3.1.2. Données climatologiques utilisées

Les variabilités climatiques sont des sources majeures de risques sur le type d'écosystème et les activités économiques. L'agroclimatologie qui se définit comme étant l'application à l'agriculture, en temps différé, de l'information de nature climatologique, statistique, qui s'accumule avec le temps est de plus en plus nécessaire pour conduire et planifier les activités agricoles et faire face aux différents risques climatiques (Franquin, 1984). La biométéorologie qui se définit comme étant l'application des informations météorologiques pour expliquer les phénomènes biologiques, est cruciale dans la gestion rationnelle des systèmes agricoles, notamment l'agriculture, l'élevage et la pêche face aux défis de stress thermique. Les données et informations climatiques sont nécessaires pour comprendre, interpréter l'action des phénomènes climatiques, afin de prévoir les activités et mesures à prendre pour les secteurs agricoles. En d'autres termes, la survie, la croissance, la reproduction et la production agricoles pourront être maintenues et améliorées grâce à l'utilisation des informations météorologiques et climatiques.

Quatre stations climatiques sont installées dans la région Boeny ; une au niveau de l'ASECNA Mahajanga, une dans le Parc National Ankarafantsika, une autre dans la Commune Rurale de Mariarano et une dernière dans le district de Mitsinjo. L'installation de ces stations avait pour objectif d'améliorer la disponibilité des informations climatiques dans la région et d'appuyer l'intégration de la dimension climatique dans les processus décisionnels et de planification au niveau sectoriel aux profits des communautés locales.

Comme l'analyse s'est focalisée sur la perception passée et actuelle de l'évolution du climat, il s'avère quand même pertinent de connaître les projections climatiques (dans le futur) afin que les paysans puissent s'y préparer et mettre en œuvre les mesures d'adaptation les plus appropriées. L'annexe 4 donne des informations de projections climatiques d'ici vers la fin du siècle.

Bien que les informations climatiques soient actuellement disponibles, elles ne sont pas, pour l'instant encore communément utilisées par les paysans ou les services techniques, à cause de leur manque de capacités d'interprétation des données, parmi d'autres facteurs. A ce titre, un guide a été élaboré répondant ainsi à cette lacune en mettant à disposition des services techniques décentralisés et des autres techniciens de la région Boeny en ayant les outils nécessaires pour interpréter et utiliser les informations climatiques et ainsi appuyer les paysans pour la conduite de leurs activités.

3.1.3. Interrelation entre risques climatiques et activités sources de revenus

Les moyens de subsistance dans la région Boeny qui sont surtout basés sur l'agriculture, le pastoralisme, la pêche et la foresterie, sont étroitement liés aux conditions environnementales. Les problèmes étant nombreux, et pour mieux réduire la vulnérabilité, il est nécessaire d'adopter une approche intégrée basée sur une compréhension des liens et des interrelations. Par ailleurs, les risques

qui proviennent des conditions naturelles et environnementales auxquelles les gens sont confrontés, varient naturellement selon les années et diffèrent les uns des autres en fonction de leur situation géographique. Cependant, certains de ces risques sont liés aux variabilités climatiques tandis que d'autres sont directement causés par l'activité humaine.

Les conditions climatiques créent des dangers d'ampleurs différentes qui peuvent nuire allant des problèmes locaux à des désastres à grande échelle. Si les phénomènes extrêmes d'ordre climatiques ne sont pas pris en considération, on peut souvent prévoir que les gens seront de plus en plus vulnérables.

La perception des paysans sur l'allongement de la saison sèche est conforme avec le résultat de l'analyse climatique qui a montré une tendance à la hausse. Le phénomène est beaucoup plus préoccupant pour ce qui concerne la saison des pluies qui est déjà courte et que la date de démarrage est retardée. Tous les paysans l'ont affirmé et l'analyse des données climatiques l'a confirmée. En effet, l'analyse de l'évolution des dates de début de la saison des pluies sur la période 1961- 2016 a montré une tendance à la hausse de ce paramètre. Egalement pour l'analyse de l'évolution de nombre de jours de pluie (avec pluie supérieure à 1mm), une tendance en diminution de 8 jours durant les 56 dernières années est notée.

La dégradation des sols, la réduction de la disponibilité de l'eau et la baisse des rendements des produits Agricoles (de culture, d'élevage, des forêts) sont, entre autres, les impacts de la hausse de la température, le raccourcissement des saisons de pluie et l'allongement de la saison sèche.

A travers ces risques climatiques, le changement climatique impacte à des degrés divers les activités des paysans qui vivent dans des conditions déjà précaires. Tout ceci explique la faible capacité d'adaptation des paysans montrée par la présente étude. En termes de production agricole, entre autres l'impact du changement climatique dépendra non seulement des aléas climatiques extrêmes mais aussi de la dynamique interne des systèmes agricoles, autrement dit de leur capacité d'adaptation.

Toutefois, le degré de vulnérabilité des communautés résulte les effets conjugués des facteurs climatiques et des autres facteurs. Les pressions anthropiques qui pèsent sur les ressources naturelles ont également des impacts sur les activités socio-économiques des paysans. A noter par exemple l'érosion qui entraîne l'ensablement de la grande plaine de Marovoay, ceci est dû par plusieurs causes, y compris le changement climatique mais accentué par la déforestation causée par les activités humaines. Un autre exemple, la destruction des mangroves peut diminuer également les produits halieutiques (crevettes, crabes, ...).

3.1.4. Impacts socio-économiques sur les paysans

Les dangers (aléas et impacts directs) induisent des risques climatiques majeurs pour les secteurs de production à savoir l'agriculture, l'élevage, la pêche et l'exploitation forestière des paysans dans la région Boeny et particulièrement dans les communes où cette étude s'est déroulée. Les risques

identifiés sont tous en lien avec la diminution ou la réduction des productions agricoles. Par conséquent, les paysans dans les communes d'étude ont déclaré que les revenus des activités agricoles sont, de nos jours, loin de couvrir leurs besoins, même si, malgré cela, certains trouvent intéressants les prix de vente des produits de récolte actuellement tout en déplorant toutefois que les rendements sont assez bas.

En conclusion, les ménages qui disposent de sources de revenu non agricoles, qui ne sont pas directement impactés (par exemple les activités commerciales surtout des produits non agricoles) par les variabilités climatiques ainsi que les ménages qui disposent au moins deux sources de revenu sont moins vulnérables aux dangers climatiques. En outre, les ménages qui tirent leur revenu des produits (agricoles et non agricoles) sont en meilleure position d'épargner. Pour que les gens soient moins vulnérables, ils doivent disposer d'épargnes, d'où la nécessité d'augmenter les revenus de manière significative.

3.1.5. Vérification des hypothèses

Il convient de rappeler que la première hypothèse de la recherche était que « **Le niveau de risque de chaque secteur varie selon les types d'écosystème auquel il se situe** ». Deux sous-hypothèses ont été proposées, la première était que *les aléas climatiques et les composantes affectées varient d'un écosystème à un autre* ; l'analyse a démontré que les aléas qui affectent l'agroécosystème et l'écosystème forestier sont les mêmes. Il s'agit de l'augmentation de la température, le démarrage tardif et le raccourcissement de la saison des pluies et par conséquent l'allongement de la saison sèche ; et les cyclones. Dans l'écosystème marin et côtier, ce sont l'augmentation de la température, la sécheresse terrestre due au démarrage tardif et au raccourcissement de la saison des pluies ainsi qu'à l'allongement de la saison sèche ; les cyclones, les tempêtes et l'élévation du niveau de la mer. Concernant les composantes affectées, comme pour les aléas, elles sont presque les mêmes pour les deux écosystèmes : l'agroécosystème et l'écosystème forestier. A titre de rappel, l'agriculture et l'élevage sont pratiqués dans les trois écosystèmes : dans l'écosystème marin et côtier, c'est une activité secondaire après la pêche. Mais dans les deux autres écosystèmes (agroécosystème et écosystème forestier) c'est l'activité principale. Les composantes affectées par les dangers sont la riziculture, les cultures maraîchères et les cultures de rente pour l'agriculture et l'élevage bovin, porcin et avicole pour l'élevage. Pour le secteur forêt et biodiversité, qui est spécifique dans l'écosystème forestier, il s'agit des forêts naturelles. Pour le secteur pêche maritime, les composantes affectées sont les mangroves et les ressources halieutiques.

Dans tous les cas, les paysans en tant qu'exploitants des ressources (pêcheurs, agriculteurs, éleveurs, exploitants forestiers), les communautés ainsi que ceux qui jouent un rôle dans les chaînes de valeur ou filières jusqu'aux consommateurs sont également affectés par les dangers.

La deuxième sous-hypothèse était que *la vulnérabilité (sensibilité et capacité) de chaque secteur se différencie selon l'écosystème*. Concernant la sensibilité, le secteur agriculture est menacé par les aléas climatiques directs qui se traduisent par la perturbation des calendriers culturels, l'insuffisance d'eau pluviale,...mais cela est accentué l'utilisation (la continuation d'utiliser) des cultures non adaptées, la non maîtrise des systèmes d'irrigation. Cela est identique dans les trois écosystèmes. Seulement dans l'agroécosystème et l'écosystème forestier, à cela s'ajoute l'ensablement des rizières suite aux érosions. Les caractéristiques des terrains (sol dénudé, sans couverture forestière, terrain en pente, les matériaux colluvionnaires de nature sableux, les rizières se situant dans les bas-fonds) favorisent cet ensablement. Pour le secteur élevage, le problème réside sur le fait que le type d'élevage le plus adopté jusqu'à maintenant est le type extensif, également la forte dépendance aux prairies naturelles (pour l'élevage bovin). Comme les autres secteurs sont spécifiques pour chaque écosystème, la vulnérabilité y est également spécifique. Il n'y avait pas eu comparaison. La sensibilité pour le secteur pêche est liée surtout au non-respect des calendriers ou périodes de pêche, à l'utilisation des matériels non adéquats pour une pêche durable et surtout à la destruction des mangroves. Quant au secteur forêt et biodiversité, la sensibilité est due aux pratiques anthropiques comme l'exploitation illicite et irrationnelle des ressources naturelles, les feux de brousse et de forêts.

Concernant les capacités d'adaptation, pour tous les secteurs, dans tous les écosystèmes, elles se basent surtout sur les non maîtrises des techniques agricoles, l'insuffisance de savoir-faire pour appliquer d'autres mesures plus résilientes, le nonaccès et/ou non valorisation aux alternatives (semences, variétés de cultures, ...) et aux informations climatiques pour pouvoir s'y préparer. D'autant plus que les paysans se rattachent beaucoup aux pratiques traditionnelles.

En conclusion, à partir des analyses des risques climatiques, il a été déduit qu'il y a variabilité des risques par secteur selon les écosystèmes. L'hypothèse 1 est donc vérifiée.

La seconde hypothèse était « **La résilience des ménages face au risque climatique est en corrélation positive avec le nombre d'activités socio-économique ou de spéculation que celui-ci pratique** ». D'après les analyses faites, la majorité des ménages enquêtés se concentrent surtout sur leurs activités principales suivant l'écosystème où ils se trouvent. Les ménages qui se situent dans l'écosystème marin et côtier sont des pêcheurs. Ceux qui se trouvent dans l'agroécosystème et dans l'écosystème forestier sont des agriculteurs et éleveurs. C'est surtout les ménages pêcheurs qui sont les plus vulnérables car la majorité des ménages vivent à travers la pêche uniquement. D'autant plus, les aléas climatiques, qui touchent le secteur, sont très importants et ces derniers temps très fréquents (comme les vents et les tempêtes). Ainsi, quand les aléas se manifestent, la plupart des pêcheurs n'ont pas d'activités alternatives pour subvenir aux besoins quotidiens.

Dans l'agroécosystème et l'écosystème forestier, l'agriculture et l'élevage vont toujours de pair. Donc, chaque ménage devrait avoir au moins deux spéculations. D'après les enquêtes, la plupart des ménages

pratiquent au moins deux spéculations d'agriculture (presque tous font de la riziculture) et à cela s'ajoute une ou deux spéculations d'élevage. Seulement, le problème réside sur le fait que la plupart des spéculations que ce soit d'agriculture que d'élevage sont pluviales c'est - à dire très dépendantes des précipitations que ce soit en quantité qu'en période de venue de première pluie. Après analyse, ces ménages qui s'adonnent à plusieurs activités sources de revenus sont moins vulnérables. Dès fois, suite aux aléas climatiques, certaines spéculations ne sont pas impactées. Toutefois, pour que être moins vulnérables, même avec plusieurs spéculations à s'entreprendre, prendre des mesures adéquates doivent être de mise. Par exemple, certains ménages ont pratiqué des cultures résilientes au climat.

L'hypothèse 2 est confirmée.

La troisième hypothèse se porte sur l'évolution de la capacité d'adaptation au changement climatique des ménages. Elle stipule que : **«L'adaptation des communautés face aux risques climatique évolue dans le temps en fonction des choix de mesures et des capacités d'adaptation»**. La vérification de cette hypothèse a nécessité les indicateurs sur les pratiques résilientes et la diversification des activités sources de revenus. Les analyses ont démontré que plus les paysans se sont souvent confrontés aux chocs ou se préparent aux aléas climatiques, adoptent des pratiques résilientes, pratiquent des activités diversifiées ; moins ils sont vulnérables. Toutefois, l'accès aux informations sur l'évolution du climat, sur le changement climatique ainsi que sur comment faire pour y faire face est encore très limité et cela pourrait aggraver la situation. L'hypothèse 3 est vérifiée. Toutefois, les mesures d'adaptation méritent d'être renforcées vu le nombre de ménages résilients très réduit.

3.2. RECOMMANDATIONS

La finalité de cette recherche est de proposer des mesures d'adaptation afin de réduire les risques climatiques de chaque secteur étudié. Ces mesures d'adaptation sont des activités qui visent à atténuer la vulnérabilité au climat (et au changement climatique) à différents niveaux – sectoriel, national ou local. Ces interventions s'appuient sur l'hypothèse d'une capacité d'adaptation inhérente qui peut être employée afin de réduire la sensibilité du système à l'exposition climatique.

3.2.1. Objectif

L'objectif général est **de réduire la vulnérabilité des communautés à partir des options d'adaptation adéquates**.

Les objectifs spécifiques qui en découlent sont :

OS1 : Réaliser des campagnes intensives de d'IEC, sensibilisation et de conscientisation sur le CC et sur les effets de la dégradation de l'environnement

Pour pouvoir faire face au CC et pour savoir s'y adapter, il est nécessaire d'avoir des connaissances sur le CC. Bien que les paysans aient leurs perceptions basées sur les vécus, ils doivent être informés sur les causes, les manifestations et les impacts du changement climatique. L'accès au système d'alerte précoce en cas de phénomènes climatiques naturels devrait être renforcé afin que les paysans puissent s'y préparer.

OS2 : Mettre en œuvre des mesures d'adaptation appropriées

Le changement climatique a des impacts négatifs sur les différents secteurs auxquels le revenu et le bien être des ménages en dépendent. Pour y faire face, la mise en œuvre des mesures adéquates et appropriées est fortement préconisée.

OS3 : Renforcer les connaissances des paysans sur les mesures d'adaptation

Même si les paysans ont survécu aux aléas climatiques qui ont touché la région, avec l'application de quelques mesures d'adaptation pour y faire face, que ce soit à partir des expériences ou des conseils-appui/encadrement des techniciens de proximités (qui ne sont pas présents dans toutes les communes), il est constaté que celles-ci sont insuffisantes et le renforcement des mesures leur sera très bénéfiques.

OS4 : Améliorer la gestion et l'utilisation durable des ressources naturelles contre les modifications climatiques et les actions anthropiques

La déforestation due aux activités anthropiques constitue un grand facteur non climatique qui accentue les effets du changement climatique.

Ainsi, l'amélioration de la gestion et l'utilisation des ressources naturelles peuvent alléger les impacts du changement climatique sur les secteurs. Par exemple, les bassins versants avec une couverture forestière à rôle écologique et protecteur ne favorisent pas l'érosion suite aux pluies fortes, donc les rizières des bas-fonds seront épargnées d'un ensablement.

3.2.2. Plan d'action

Tableau 14 : Cadre logique

Objectif global : Améliorer la résilience des communautés à partir des options d'adaptation adéquates.					
Objectifs spécifiques	Activités	Echéance	Acteurs	IOV	Moyens de vérification
Réaliser des campagnes intensives de d'IEC, sensibilisation et de conscientisation sur le CC et sur les effets de la dégradation de l'environnement	Organiser des événements (ex : journées informatives sur le CC) au niveau régional et local pour informer la population surtout les plus vulnérables sur le CC	CT	MEEF, ministères sectoriels, projet, paysans	Nombre d'évènements organisés ; Nombre d'affiches et flyers affichés et distribués ; Nombre d'émissions radios	Rapport d'activité
	Renforcer la communication en matière de système d'alerte précoce et en réponse en cas de catastrophes naturels	CT	MEEF, ministères sectoriels (BNGRC), projet, communes, fokontany, radio locales	Nombre d'outils distribués Nombre d'émission radio Nombre de ménages résilients	Rapport d'activité
Mettre en œuvre des mesures d'adaptation adéquates	Construire des infrastructures agricoles en appliquant les normes de construction	CT	Ministères sectoriels, projet, communautés, paysans	Nombre de nouvelles constructions appliquant les normes ; Nombre de ménages ayant accès à un abri contre les cyclones	Rapport d'activité

	Diversifier les activités sources de revenus (agricoles et non agricoles)	CT	Projet, communautés, paysans	Nombre de ménages ayant au moins 2 AGR ; Nombre de ménages disposant de sources de revenus non agricoles ; Nombre de ménages ayant augmenté leur revenu	Rapport d'activité
	Appliquer les techniques agricoles améliorées	Cf. échéance des sous activités	Cf. acteurs des sous activités	Cf. IOV des sous activités	Cf. moyens de vérification des sous activités
	<i>Adapter les calendriers cultureaux, (Pratique de semis tardifs, exploitation des bas-fonds)</i>	CT	<i>Projet, communautés, paysans</i>	<i>Nombre de ménages ayant adapté le calendrier cultural</i>	<i>Rapport d'activité</i>
	<i>Faire au moins deux de spéculations agricoles</i>	CT	<i>Projet, communautés, paysans</i>	<i>Nombre de ménages ayant au moins deux de spéculations agricoles</i> <i>Nombre de ménages ayant augmenté leur revenu</i>	<i>Rapport d'activité</i>
	<i>Utiliser des pratiques agricoles résilientes au climat</i>	CT	<i>Projet, communautés, paysans</i>	<i>Superficie des terrains pour les nouvelles pratiques ;</i> <i>Nombre de ménages adoptant les nouvelles pratiques</i>	<i>Rapport d'activité</i>

	<i>Utiliser des espèces et variétés de culture résilientes ou précoces (à cycle court)</i>	CT	<i>Projet, communautés, paysans</i>	<i>Superficie des terrains pour l'utilisation de culture à cycle court; Nombre de ménages utilisant les espèces et variétés de culture résilientes ou précoces</i>	<i>Rapport d'activité</i>
	Adopter la technique de pêche durable	Cf. échéance des sous activités	Cf. acteurs des sous activités	Cf. IOV des sous activités	Cf. moyens de vérification des sous activités
	<i>Respecter les périodes de fermetures</i>	CT	<i>DRRH, projet, communautés, paysans</i>	<i>Nombre de délits recensés</i>	<i>Fiche de suivi</i>
	<i>Promouvoir l'utilisation des matériels et équipements de pêches adéquats respectant les normes</i>	CT	<i>DRRH, projet, communautés, paysans</i>	<i>Nombre d'outils mis à disposition Nombre de ménages pêcheurs disposants ces outils</i>	<i>Fiche de suivi</i>
	Mettre en place des mécanismes d'épargnes pour les ménages	CT	Projet, communautés, paysans	Existence mécanisme d'épargne ; Nombre de ménages disposant d'épargne	Rapport d'activité
	Mettre en œuvre des techniques de conservation de l'eau (construction de digues ou diguettes) et de	CT-MT	Projet, communautés, paysans	Nombre d'installation de rétention d'eau ; Nombre de ménages stockant l'eau et le fourrage pour le	Rapport d'activité

	fourrage			bétail	
	Améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau	CT	Projet, communautés, paysans		Rapport d'activité
Renforcer les connaissances des paysans sur les mesures d'adaptation	Former les groupements de paysans sur les différentes techniques culturales, de rétention d'eau, de stockage, de conservation des produits (forestiers, maraîchers et agricoles) et sur la pêche durable	CT	MEEF, DGM, projet, ministères sectoriels	Nombre de paysans formés	Rapport de formation Fiche de présence
	Mettre à disposition des paysans les informations climatiques	CT	DGM, projet	Nombre d'outils mis à disposition Fréquence de l'émission des informations	Fiche de suivi
	Former les paysans sur l'interprétation des informations climatiques sur les secteurs Agricoles	CT	MEEF, DGM, projet	Nombre de paysans formés	Rapport de formation
Améliorer la gestion et l'utilisation durable des ressources naturelles	Promouvoir d'autres activités génératrices de revenu (AGR)	CT, MT	MEEF, ministères sectoriels, projet	Nombre d'AGR	Document d'analyse des AGR Rapport d'activité

	Promouvoir des filières porteuses (ex : miel, ver à soie,...)	CT, MT	MEEF, ministères sectoriels, projet	Nombre de filières adaptées; Nombre de ménages ayant augmenté leur revenus ;	Document d'analyse des filières Rapport d'activité
	Transférer la gestion et l'utilisation des ressources naturelles aux COBA	CT, MT	Projet, communautés, paysans	Superficie de forêts objet de TG ; Nombre de membres de COBA	Rapport d'activité Contrats de TG
	Réduire les feux de brousse et feux de forêts	CT, MT	Ministères sectoriels, projet, communautés, paysans	Nb de sensibilisation faite (outils distribués) Superficie de terre et de forêts protégées contre les feux	Rapport d'activité
	Augmenter la disponibilité des ressources : reboiser, restaurer les mangroves, faire de l'agroforesterie, ...	CT, MT	MEEF, ministères sectoriels, projet, communautés, paysans	Superficie de mangroves restaurées ; Superficie de terrains reboisés ; Superficie de forêts restaurées	Rapport d'activité

Conclusion

Le changement climatique pose un problème de survie en exacerbant la pauvreté au sein des communautés rurales de Madagascar et plus spécifiquement de la région Boeny. La présente étude a permis de montrer que la région d'étude subit les impacts négatifs des aléas climatiques. L'augmentation de la température, le démarrage tardif et le raccourcissement de la saison des pluies, ainsi que l'allongement de la période sèche sont, des aléas climatiques évolutifs bien perçus par les paysans ; les cyclones tropicaux, les tempêtes sont des événements extrêmes qui touchent la région. Ces informations issues de la perception paysanne ont été confirmées par l'analyse scientifique des données climatiques. Les risques climatiques potentiels sur les différents secteurs qui affectent les activités socio-économiques de la région sont très bien décrits par les paysans. Bref, ils ont une bonne perception du changement climatique et des risques climatiques.

Devant une baisse croissante des rendements (surtout de l'agriculture, d'élevage et de pêche), les paysans multiplient des stratégies pour faire face aux risques climatiques. Ainsi, pour l'agriculture, certains paysans ont abandonné les variétés à cycle long pour celles à cycle court pour allier le cycle des spéculations au régime pluviométrique. D'autres ont diversifié les cultures ou dispersé les champs pour multiplier les chances de réussite. Toutefois, des options d'adaptation devraient être développées avec une réflexion particulière afin que, par exemple, les paysans qui pratiquent une agriculture pluviale dans un contexte de variabilité et de changements climatiques où les pluies sont très aléatoires, soient préparés pour faire face aux incertitudes climatiques et à la vitesse avec laquelle ces changements se produisent. La variabilité et le changements climatique combinés avec une conjoncture économique difficile continuent d'avoir un impact négatif sur la durabilité de leurs moyens d'existence.

La présente étude, après avoir analysé les risques climatiques sur les activités sources de revenu des ménages, a montré que le niveau de risque varie de faible à intermédiaire. Les secteurs « agriculture » et « pêche » ont des risques assez importants, du fait qu'ils dépendent à la fois des conditions climatiques et d'autres facteurs comme la destruction de la biodiversité (forêts naturelles et mangroves), les feux de brousse, A partir de cette analyse, des options d'adaptation plus efficaces sont proposées. Au nombre de ces options, on peut citer : la diversification des activités sources de revenus, l'utilisation des variétés précoces et résistantes à la sécheresse, le développement de nouvelles techniques culturales, l'agroforesterie, le développement des techniques d'irrigation, l'adoption des techniques de pêche durable, et aussi et surtout les renforcement de capacités des paysans sur les techniques améliorées et les activités d'IEC.

Et comme les pressions anthropiques qui pèsent sur les ressources naturelles ont également des impacts sur les activités socio-économiques des paysans, assurer la gestion et l'utilisation des

ressources naturelles tout en respectant les besoins des générations actuelles sans compromettre ceux des générations futures est proposé.

Les économies de Madagascar et de la région Boeny en particulier se reposant sur les activités Agricoles (agriculture, élevage et pêche) qui elles-mêmes restent tributaires de la pluviométrie qui, depuis quelques années, actuellement et dans le futur, reste imprévisible avec le changement climatique, il est primordial que tous les acteurs (à commencer par l'Etat) s'y engagent pour mobiliser des ressources (stratégiques, techniques et financières) afin de mettre en œuvre des stratégies d'adaptation efficaces au changement climatique.

Bibliographie

1. ACF-International, 2012. *Etude Participative des Risques, Vulnérabilités, Capacités Communautaires*, Manuel pratique, 138 pages.
2. Bar M., 2011. *Indicateurs de vulnérabilité, résilience durabilité et viabilité des systèmes d'activité au Lac Alaotra, Madagascar*. Centre d'Etudes et de Recherches sur le Développement International (CERDI).
3. Boureima M. et al., 2012. *Analyse participative de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques: une guide méthodologique*. World Agroforestry Centre.
4. Centre de Recherches, d'Etudes et d'Appui à l'Analyse Economique à Madagascar (CREAM), 2014. *Monographie Région Boeny*, 137 pages.
5. COI, 2011. *Etude de vulnérabilité aux changements climatiques*. Evaluation qualitative.
6. Commune Rurale Anjajia, 2016. *Schéma d'Aménagement Communal*. (2015-2030).
7. Commune Rurale Anosinalainolona, 2013. *Schéma d'Aménagement Communal*. (2015-2030).
8. Commune Rurale Antongomena Bevary, 2016. *Schéma d'Aménagement Communal*. (2015-2030).
9. Commune Rurale Bekobay, 2016. *Schéma d'Aménagement Communal*. (2015-2030).
10. Commune Rurale Boanamary, 2016. *Schéma d'Aménagement Communal*. (2015-2030).
11. Commune Rurale Mariarano, 2010. *Schéma d'Aménagement Communal* (2010-2025).
12. Commune Rurale Marovoay Banlieu, 2016. *Schéma d'Aménagement Communal* (2015-2030).
13. Commune Rurale Tsaramandroso, 2016. *Schéma d'Aménagement Communal*. (2015-2030).
14. Commune Rurale Tsararano, 2016. *Schéma d'Aménagement Communal* (2015-2030).
15. DGM, 2008. *Le changement climatique à Madagascar*. 19 pages.
16. DGM, 2014. *Atlas climatologique de Madagascar*. 92 pages.
17. ECO Consult, 2013. *Analyse de vulnérabilité au changement climatique et identification des options d'adaptation : cas des forêts de jujubiers dans le Nord du Madagascar*. Version finale. 30 pages.
18. Franquin, 1984. *Agroclimatologie et agrométéorologie en zone tropicale sèche d'Afrique*. Paris, 307 pages.
19. GIEC, 2007. *Changement Climatique 2007 : Impacts, Adaptation et Vulnérabilité. Contribution du Groupe de Travail II au Quatrième Rapport d'Evaluation du Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat*, Annexe I., M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden et C.E. Hanson, Éd., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pages.
20. GIEC, 2014. *Changements climatiques 2014: Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* [Sous la direction de l'équipe de rédaction principale, R.K. Pachauri et L.A. Meyer]. GIEC, Genève, Suisse, 161 pages.

21. GIEC, 2014. *Changements climatiques 2014 : Incidences, adaptation et vulnérabilité* – Résumé à l'intention des décideurs. Contribution du Groupe de travail II au cinquième. Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.
22. GIZ, 2014. *Guide de référence sur la vulnérabilité : Concept et lignes directrices pour la conduite d'analyses de vulnérabilité standardisées*. Bonn et Eschborn : GIZ.
23. GIZ et EURAC, 2017. *Guide complémentaire sur la vulnérabilité : le concept de risque*. Lignes directrices sur l'utilisation de l'approche du Guide de référence sur la vulnérabilité en intégrant le nouveau concept de risque climatique de l'AR5 du GIEC. Bonn : GIZ.
24. Grawitz, 2001. *Méthodes des sciences sociales*. Paris, Dalloz.
25. Huntington, 2000. *La psychologie et ses méthodes*. Le Monde de l'éducation, Paris. 371 pages.
26. IIDD, 2015. *CRiSTAL*. Guide de l'utilisateur Version 5. Outil d'identification des risques climatiques au niveau communautaire - Adaptation et moyens d'existence.
27. IPCC, 2012. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker and D. Qin, eds.). Cambridge University Press, Cambridge.
28. IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (en anglais). Cambridge and New York: Cambridge University Press.
29. ISO, 2009. *La gestion du risque : principes et lignes directrices* (en anglais), Genève.
30. Jayaraman K., 1999. *Manuel de statistique pour la recherche forestière*, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. 229pages.
31. Loubet Del Bayle, 2000. *Initiation aux méthodes des sciences sociales*. Paris-Montréal: L'Harmattan. 272 pages.
32. LRA, 2017: *Guide d'interprétation des informations climatiques dans la région Boeny pour les secteurs Agriculture et Elevage*, PAGE, GIZ.
33. MEEF, 2010. *Deuxième Communication Nationale (CN)*. 161 pages.
34. Mongeau, 2008. *Méthodologie de la recherche*.
35. Office fédéral de protection civile et d'assistance aux catastrophes, 2011. *Méthode d'analyse des risques pour la protection civile* (en anglais).
36. ONE, 2014. *Vaofiteny momba ny fiovan'ny toetrandro*. Antananarivo.
37. ONE, 2015. *Tableau de Bord Environnemental*. Région boeny.
38. Parry, M.L. ; Canziani, O.F. ; Palutikof, J.P. ; van der Linden, P.J. and Hanson, C.E. (eds.), 2007: *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (Contribution du Groupe de travail II au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). Cambridge et New York : Cambridge University Press.

39. Rabemananjara et al., 2015. *Mobilisation des connaissances locales sur la vulnérabilité et des options d'adaptation avec focus sur les services écosystémiques dans la région Atsimo Andrefana*, PAGE/GIZ.
40. Raharinjanahary H., 2004. *Evaluation de pertes agricoles dues à l'érosion, cas de Bevovoka et d'Anorombato, Fivondronana Marovoay (nord-ouest de Madagascar)*, Mémoire de DEA, ESSA-forêts, 54 pages.
41. Rakotonirina H. M., 2014. *Suivi de l'état de vulnérabilité dans la Région Boeny : « Élaboration d'une base de données et Interprétation de la ligne de référence 2013 »*, PGM-E, GIZ.
42. Ranjatson, P. & Rakoto Ratsimba, H. 2013. *Etude de vulnérabilité et identification des options d'adaptation avec focus sur les services écosystémiques dans la région Boeny*. Programme Germano-Malgache pour l'Environnement (PGM-E) Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. 78 pages.
43. Raveloaritiana, J.M.E., 2015. *Analyse de la vulnérabilité des mangroves face aux changements globaux dans la nouvelle aire protégée d'Antrema et stratégies d'adaptation des populations locales*. Mémoire de Diplôme d'étude approfondie. Université d'Antananarivo. Département de Biologie et Ecologie Végétales.
44. Razafimanantsoa, 2008. *Analyse de l'échec et de la diffusion du système de riziculture intensive à Madagascar*, Mémoire de fin d'étude pour l'obtention de DESS en Développement local et Gestion des projets, Université d'Antananarivo, 56 pages.
45. Sivakumar, 1993. *Agrométéorologie de l'Afrique de l'Ouest: le Niger*. ICRISAT : Niamey
46. Tadross, Zheng, Y.K., Rabefitia, Z., Randriamarolaza L.Y.A. & Rakotondrafara, L.M., 2008. *Le changement climatique à Madagascar*. Direction Générale de la Météorologie. Climate Change Analysis Group University.
47. UNISDR, 2009 . *Stratégie internationale des Nations Unies pour la réduction des catastrophes* (en anglais). Terminologie. Risque de catastrophes.
48. WWF. 2011. *Témoignages de Madagascar : Changement climatique et modes de vie ruraux*. NORAD. 36 pages.
49. WWF, 2010. *Mangrove ecosystems in western Madagascar: An analysis of vulnerability to Climate Change*. WWF Antananarivo. Study Report September 2010. The MacArthur Foundation. 22 pages.

Annexe

Annexe 1 : Description générale de la région Boeny

Superficie : 32 386 km² (Région Boeny ; 2005)

Localisation : La région est délimitée au Nord par la Région de Sofia, à l'Est par la région de Betsiboka, au sud par la région de Melaky

Population : 543 222 habitants en 2004 (Région Boeny ; 2005)

Nombre de Districts : 6

Noms des Districts : Ambato-Boeny, Mahajanga I et II, Marovoay, Mitsinjo et Soalala

Nombre de Communes : 43

- Ambato-Boeni : 11 communes
- Mahajanga I : 1 commune urbaine
- Mahajanga II : 9 communes
- Marovoay : 12 communes dont 1 urbaine
- Mitsinjo : 7 communes
- Soalala : 3 communes

Principales ethnies :

La population de la région est composée d'ethnies et de races disparates notamment dans les grands centres urbains : Mahajanga ville et Marovoay. Prédominance de l'ethnie sakalava sur les zones côtières est plus marquée, ainsi que celle des immigrants de hautes terres dans la partie centrale à Marovoay et Ambato-Boeni

Activités principale du chef de ménage : (Source : Recensement de l'agriculture Campagne agricole 2004-2005 - MAEP)

- Secteur primaire : 96,54 %
- Secteur secondaire : 1,20 %
- Secteur tertiaire : 2,26 %

Nombre d'entreprises en 2003 : 18 894 entreprises (Source : INSTAT, 22 Régions en chiffre)

Principales cultures et spéculations :

Les cultures vivrières (riz, manioc, maïs, haricot, patate douce, taro, ...) ; les cultures de rentes ; les cultures industrielles (canne à sucre, arachide, coton, coco, tabac) ; les fruits et légumes

Ratio superficie cultivable/Superficie totale : 30,2 % (Source : Annuaire Statistique Année 2001)

Ratio Superficie cultivée/Superficie cultivable : 7,4 % (Source : Annuaire Statistique Année 2001)

Pédologie :

Les sols de la région sont composés par trois grands types de sols, d'origine ferrugineux tropicaux : les sols des tanety latéritiques rouges (Ambato Boeny, Soalala, Mitsinjo, Marovoay et Mahajanga II), les sols hydromorphes des bas-fonds ou de plaines (parties amonts où commencent les mangroves : Mahavavy, Betsiboka et Mahajamba) et les « baiboho » sur les bourrelets de chaque berge des grands fleuves précédents. (Source : PRD Région Boeny)

Climat Général :

Le climat de la région est de type tropical sec, chaud pendant 7 mois, et 5 mois de saison pluvieuse. Il est rythmé par l'alternance d'une saison pluvieuse qui s'étale généralement d'octobre à avril, avec une moyenne annuelle de 1000 à 1500 mm d'eau, et d'une saison sèche (avril- octobre). La température moyenne annuelle est de 27, 64°C. (Source : PRD Région Boeny)

Principales ressources environnementales :

Formations végétales diversifiées : mangroves, forêts denses sèches, savanes, formations marécageuses

Superficie des aires protégées : 491 516 ha : PN Ankarafantsika (135 520 ha) - PN Baie de Baly (57 418 ha) – PN Tsingy de Namoroka (21 742 ha) - Complexe Mahavavy-Kinkony (276 826 ha)

Principaux lacs, fleuves et rivières : le lac Kinkony et les fleuves Betsiboka, Mahavavy et Mahajamba

Principaux bassins versants : Mahajamba, Betsiboka, Mahavavy du Sud, Andranpmavo. (Source : Réseau hydrographique et grands bassins-versants de Madagascar – CIRAD)

Nombre de touristes : 16 376 en 2003 (Mahajanga I) (Source : PRD Région Boeny)

Longueur des côtes : 685,92 km (Source : SIG / ONE)

Annexe 2 : Fiches d'enquêtes

a- Fiche d'enquête au niveau ménage

CODE	QUESTION	REPONSE
I- Identification de l'enquête		
N° d'identification : Date de l'enquête : Village : Fokontany : Commune : Nom et prénoms : Sexe : Age : Situation matrimoniale : Conjoint (s) : Nombre d'enfants à la charge :		
II- Activités socio-économiques		
Q1	Quelles sont les activités socio-économiques pratiquées ? AGR principale et secondaire	Agriculture-Elevage Pêche Relatives à la Forêt Autres :
Q2	Combien de spéculation agricole (agriculture-élevage) faites-vous ?	Citez.....
III- Perception du changement climatique		
Aléas climatiques évolutifs		
Q3	Quelles sont les différentes saisons observées dans votre localité dans le passé et actuellement ?	
Q4	En quel mois la saison des pluies démarrerait-elle dans le passé ?	
Q5	En quel mois démarre-t-elle actuellement ?	
Q6	Les saisons des pluies sont-elles de + en + longues ?	
Q7	Les saisons des pluies sont-elles de + en + pluvieuses ?	
Q8	Les nombres de jours de pluies fortes augmentent-ils ?	
Aléas climatiques extrêmes		
Q9	Quels sont les aléas climatiques extrêmes qui ont touché la région ?	

Q10	Quelles sont les différences observées dans le passé et actuellement ? (fréquence ? intensité ?)	
IV- Impacts du changement climatique		
Sur l'agriculture		
	Quels sont les impacts de l'augmentation de la température ?	
	Quels sont les impacts du démarrage tardif et raccourcissement de la saison des pluies ?	
	Quels sont les impacts de l'allongement de la saison sèche ?	
	Quels sont les impacts des cyclones ?	
Sur l'élevage		
	Quels sont les impacts de l'augmentation de la température ?	
	Quels sont les impacts du démarrage tardif et raccourcissement de la saison des pluies ?	
	Quels sont les impacts de l'allongement de la saison sèche ?	
	Quels sont les impacts des cyclones ?	
Sur la pêche		
	Quels sont les impacts de l'augmentation de la température ?	
	Quels sont les impacts du démarrage tardif et raccourcissement de la saison des pluies ?	
	Quels sont les impacts de l'allongement de la saison sèche ?	
	Quels sont les impacts des cyclones, vents et tempêtes ?	
Sur la forêt et biodiversité		
	Quels sont les impacts de l'augmentation de la température ?	
	Quels sont les impacts du démarrage tardif et raccourcissement de la saison des pluies ?	
	Quels sont les impacts de l'allongement de la saison sèche ?	
	Quels sont les impacts des cyclones, vents et tempêtes ?	
V- Quels sont les risques pour chaque secteur		
VI- Quelles mesures les paysans ont adoptées pour faire face aux risques ?		

b- Fiche d'enquête-Focus groupe

CODE	QUESTION	REPONSE
N° d'identification : Date de l'enquête : Village : Fokontany : Commune : Nombre de personnes dans le groupe : dont femmes		
Q1	Quels changements percevez-vous concernant la température et la pluviométrie ?	
Q2	Quels sont les événements extrêmes qui ont touché la région ?	
Q3	Est-ce que vous êtes informés/alertés avant la venue des aléas ? comment ?	
Q4	Les informations climatiques vous sont-elles parvenues ?	
Q5	Quels sont les impacts sur les activités sources de revenus ? (sur les ressources en eaux, les sols, la végétation, les éléments du système de culture, l'élevage et la pêche)	
Q6	Qu'est-ce qui pourrait être la cause de la vulnérabilité ?	
Q7	Quelles sont les solutions prises ?	
Q8	Quelles sont les autres solutions à prendre que vous ne pouvez/avez pas réalisé jusqu'à maintenant ? ou quels sont les attitudes que pourraient adopter les paysans en cas d'amélioration ou de détérioration des conditions climatiques ?	

Annexe 3 : Phénomènes qui ont touché la région Boeny

CYCLONE KAMISY 1984 :

Le cyclone a traversé Madagascar la matinée du 09 avril en frappant la pointe nord de Madagascar le 9 avril dans la matinée au stade cyclone tropical. Les rafales ont sans doute dépassé les 240 km/h sur Diego-Suarez qui est détruite à 80%. Le 12, le système termine sa course sur le nord-ouest de la Grande Île particulièrement en ré-entrant dans la région Boeny au stade de forte tempête après avoir passé à Mayotte. Le bilan fait état au total de 20 morts et de nombreux disparus.

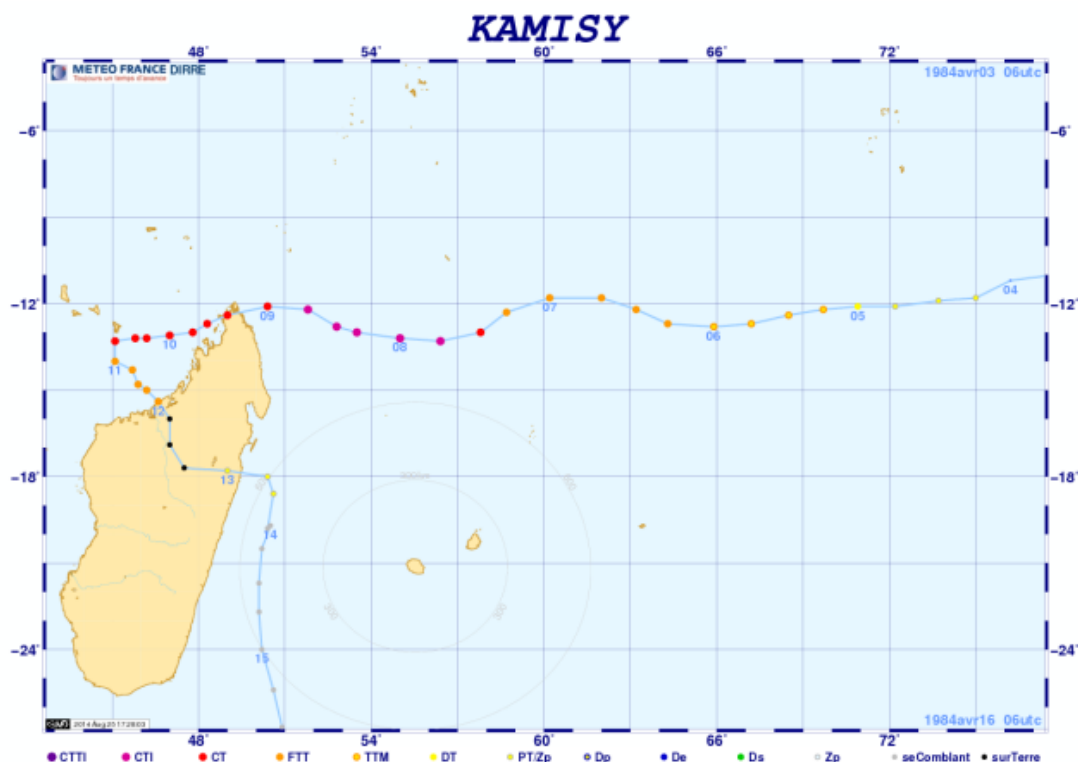
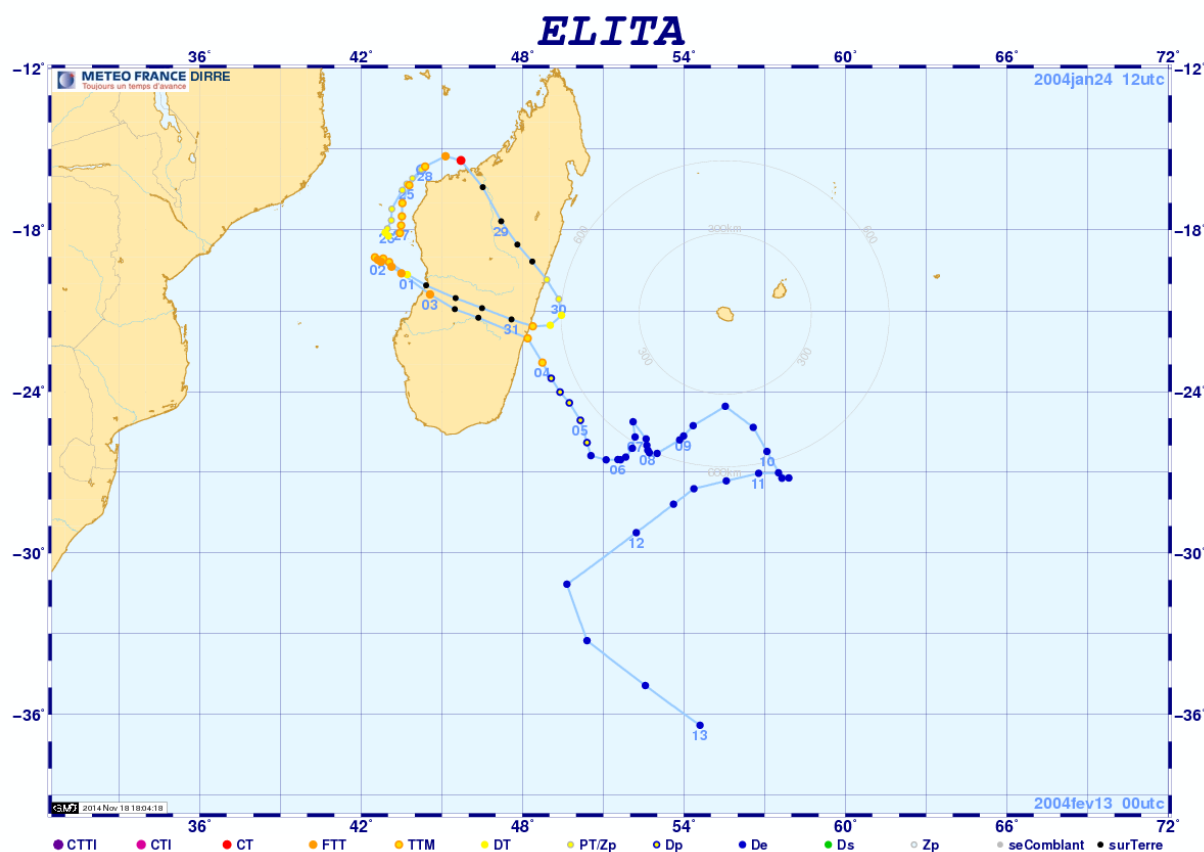


Figure 1: Trajectoire du Cyclone Kamisy(source:Météo France)

Durées	Lieu	Hauteur de pluies [mm]	Date	Normale du mois en cours	Pourcentage par rapport à la normale [%]
Max en 24 heures	Mahajanga	235.4	11/04/1984	54.1	435.1
Max en 5 jours	Mahajanga	271.5	08 au 12 /04/1984	54.1	501.8

CYCLONE ELITA 2004 :

C'était un inhabituel cyclone tropical qui a fait touché terre sur Madagascar trois fois entre le 26 janvier et le 4 février 2004. La cinquième tempête nommée de la saison des cyclones de l'océan Indien Sud-Ouest 2003-2004, Elita s'est développée dans le canal du Mozambique le 24 janvier 2004. Elle s'est renforcée au statut de cyclone tropical avant de frapper le nord-ouest de Madagascar le 28 janvier; c'était la première tempête à frapper l'ouest de Madagascar à cette intensité depuis le cyclone Cynthia en 1991. Elita s'est affaiblie à la dépression tropicale en traversant l'île, et après être sortie dans le sud - ouest de l'océan Indien. Il s'est tourné vers l'ouest et s'est échoué dans l'est de Madagascar le 31 janvier. Après avoir de nouveau traversé l'île, le cyclone a atteint le canal de Mozambique et s'est intensifié. Elita se tourne vers le sud-est pour atteindre son point d'arrivée le 3 février le long du sud-ouest de Madagascar. Deux jours plus tard, il a subi une transition extratropicale ; le reste du système s'est déplacé de manière erratique avant de se dissiper le 13 février.



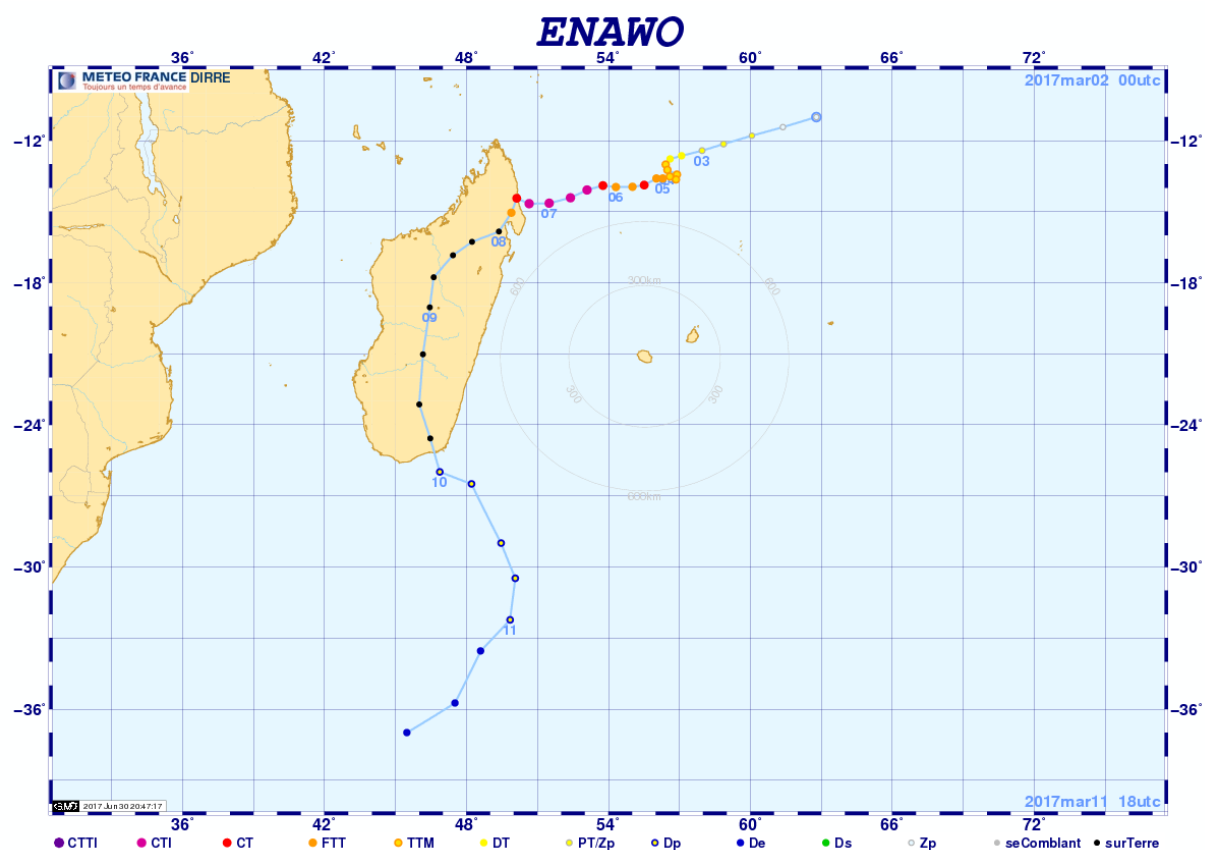
Elita a laissé tomber de fortes pluies de plus de 200 mm (8 pouces), qui ont endommagé ou détruit des milliers de maisons à Madagascar. Plus de 50 000 personnes se sont retrouvées sans abri, principalement dans la région Boeny et Atsimo-Andrefana. Les inondations causées par la tempête ont détruit plus de 450 km² (170 miles carrés) de terres agricoles, y compris des cultures importantes pour

la nourriture. Sur l'ensemble de l'île, le cyclone a fait 33 morts et son impact a été aggravé par le cyclone Gafilo environ deux mois plus tard.

Durées	Lieu	Hauteur de pluies [mm]	Date	Normale du mois en cours	Pourcentage par rapport à la normale[%]
Max en 24 heures	Mahajanga	153.8	27/01/2004	475.3	32.3
Max en 7 jours	Mahajanga	526.3	23 au 29 /01/2004	475.3	110.7

CYCLONE ENAWO 2017 :

Le mois de Mars a été marqué par le passage du cyclone nommé ENAWO qui a traversé Madagascar le 07 au 09 Mars 2017. Des inondations ont été constatés durant et après le passage du cyclone. Le dernier bilan communiqué par le B.N.G.R.C fait état 81 morts, 18 disparus, 250 blessées et 424 801 sinistrés dont la région d'Atsinanana a été la plus touchée.



Durées	Lieu	Hauteur de pluies [mm]	Date	Normale du mois en cours	Pourcentage par rapport à la normale[%]
Max en 24 heures	Mahajanga	30	07/03/2017	182.2	16.5
Max en 3 jours	Mahajanga	51.7	06 au 08 /03/2017	182.2	28.4

Annexe 4 : Projections futures des paramètres climatiques

Les projections futures du climat nécessitent la connaissance des futures émissions et de concentration de gaz à effet de serre (GES), aérosols et les autres facteurs anthropiques. Ces informations sont exprimées sous formes de scénarios que le GIEC définit. Pour Madagascar, la DGM met à la disposition des usagers les résultats des projections climatiques pour chaque région. Voici les résultats de ces projections pour la région Boeny :

Projections futures des températures:

La température moyenne annuelle pour la station de Mahajanga dans la région Boeny s'élèvera de 1°C à 1,5°C vers le milieu du siècle et de 1,5°C à 3°C vers la fin du siècle par rapport au climat de 1981 à 2010. Ainsi, la température moyenne annuelle serait autour de 28°C vers le milieu du siècle et vers la fin du siècle elle pourrait atteindre 30°C.

Pour la température maximale journalière, elle sera de 0,5 à 3°C supérieure à celle du climat actuel (1981-2010) qui est de 32°C.

Par rapport au climat de 1981 à 2010, la température minimale journalière de la station de Mahajanga sera en augmentation de 0,5 à 2°C vers le milieu du siècle et de 1,5°C à 3°C vers la fin du siècle : elle serait de 23°C à 24°C vers le milieu du siècle et vers la fin du siècle elle serait autour de 25°C.

Une journée extrêmement chaude qui revient actuellement tous les 20 ans se répétera tous les 2 ans d'ici à la fin du siècle.

Projection future des précipitations:

Selon les résultats de projection, entre Novembre et Avril, il tomberait 10 à 15% de plus de précipitation d'ici la fin du siècle (1 600 mm à 1 650 mm) mais le nombre de jours où il pleuvra va diminuer de 10 à 15 jours. Ainsi, si en moyenne on enregistre 75 jours de pluie dans la période 1981 à 2010, dans le futur, les précipitations ne seront attendues que pendant 50 à 60 jours seulement. De ce fait, le nombre maximal de jours secs consécutifs entre Novembre et Avril sera en hausse dans le futur et la pluie sera intense. Si entre 1981 et 2010, on a observé en moyenne entre 15 à 20 jours secs consécutifs au maximum entre Novembre et Avril, dans le futur, ce sera autour de 25 à 30 jours. Les précipitations intenses sont les principales sources d'inondations dans une région. Pour la région Boeny, les précipitations maximales quotidiennes qui reviennent au moins une fois tous les 20 ans seront de 30 à 50% plus élevées vers le milieu du siècle et de 50 à 70% plus élevées vers la fin du siècle.