



ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES

DEPARTEMENT AGRO-MANAGEMENT

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGENIEUR AGRONOME
OPTION : AGRO-MANAGEMENT

La sécurité alimentaire face aux indicateurs du changement climatique : Cas du District Moramanga

Par

Hasina Suzah RATOVONIRINA

Date de soutenance : 09 Août 2010

Président du jury: Professeur Sylvain RAMANANARIVO

Tuteur : Professeur Romaine RAMANANARIVO

Examineurs : Professeur Sigrid AUBERT GILON

: Docteur Jules Bernard RAZAFIARIJAONA

Promotion

AMPINGA

2005-2009



ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES

DEPARTEMENT AGRO-MANAGEMENT

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGENIEUR AGRONOME
OPTION : AGRO-MANAGEMENT

La sécurité alimentaire face aux indicateurs du changement climatique : Cas du District Moramanga

Par

Hasina Suzah RATOVONIRINA

Date de soutenance : 09 Août 2010

Président du jury: Professeur Sylvain RAMANANARIVO

Tuteur : Professeur Romaine RAMANANARIVO

Examineurs : Professeur Sigrid AUBERT GILON

: Docteur Jules Bernard RAZAFIARIJAONA

Promotion

AMPINGA

2005-2009

« Recommande ton sort à l'Eternel. Mets en
lui ta confiance, et il agira ».

(Psaume: 37, 5)

A Joary & Ando

REMERCIEMENTS

Nous ne saurions présenter ce document sans témoigner notre immense gratitude et notre profonde reconnaissance à tous ceux qui nous ont aidés à l'achèvement de ce travail.

Aussi à :

- Professeur **Sylvain RAMANANARIVO**, Chef du Département Agro- Management,

Pour le grand honneur que vous nous faites d'accepter d'être le Président de jury de ce mémoire, et de nous avoir guidés tout au long de son élaboration, nous vous adressons nos profonds respects.

- Professeur **Romaine RAMANANARIVO**, Responsable de la Formation Doctorale de l'Agro-Management, notre tutrice attentionnée

Pour votre dévouement, votre encadrement et pour les précieuses directives que vous nous avez gratifiés aussi bien sur le terrain que lors de la rédaction de ce livre. Nous vous témoignons nos sincères et profondes gratitude.

- Professeur Sigrid AUBERT GILON, Enseignant chercheur au sein de l'ESSA Agro-management

Pour l'honneur que vous nous faites d'accepter de faire partie du jury malgré vos multiples occupations. Nous vous adressons nos vifs remerciements.

- Docteur, **Jules RAZAFIARIJAONA**, Enseignant au sein de l'ESSA Agro-Management

Pour l'honneur que vous nous faites d'accepter de faire partie du jury malgré vos multiples occupations et votre vive contribution au cours du traitement des données et rédaction du présent mémoire. Nous vous adressons nos vifs remerciements.

Nous adressons pareillement nos remerciements à

- ADRA Madagascar, projet TANTSAHA à Moramanga
- Tout le personnel de l'ESSA Agro-Management
- Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'achèvement de ce mémoire,

RESUME

Le secteur agricole reste encore fortement tributaire des aléas climatiques. De ce fait, les changements climatiques, qui se traduisent par d'importantes variations des régimes thermiques et pluviométriques risquent de constituer un influent paramètre qui nuit à la sécurité alimentaire. Face à cette réalité, la présente étude a pour objectif de déterminer une stratégie d'optimisation de la sécurité alimentaire face aux effets du changement climatique. L'étude s'est déroulée dans le district Moramanga auprès de cinq cent soixante exploitations. Une comparaison des courbes de pluviométrie et l'évolution du calendrier culturale des 50 ans passés avec les rendements respectifs de chaque spéculation a permis de reconnaître l'effet des changements climatiques sur la productivité du district. Les enquêtés ont été classifiés par la Classification par Nuée Dynamique, Analyse Factorielle Discriminante et Analyse Factorielle des Correspondances et ont donné quatre type d'exploitation à différentes stratégie d'optimisation. D'une part, il y a ceux qui se battent pour leur autosubsistance et d'autre part, ceux qui visent le maximum de profit. Des moyens pour atteindre la sécurité alimentaire face au changement climatique ont été recommandés tels que l'utilisation des variétés adaptés, la dispersion des risques, techniques culturales adaptées aux changements climatiques, reboisement et arboriculture et décentralisation des services météorologiques.

Mots clés : *changement climatique, sécurité alimentaire, système de production, Moramanga*

SUMMARY

The agricultural sector remains still strongly dependent on the climatic risks. So the climate changes, which result in significant variations of the temperature patterns and pluviometric are likely to constitute an influential parameter which harmed food security. In front of this reality, the present study aims to determine a strategy of optimization of food security to meet the effects of the climate change. The study proceeded in the Moramanga district with five hundred and sixty exploitations. A comparison of the curves of pluviometry and 50 years the farming evolution of the calendar spent with the outputs respective of each speculation made it possible to recognize the effect of the climatic changes on the productivity of the district. Inquired were classified by Classification by Dynamic Cloud, Analyse Factorielle Discriminante and Analyse Factorielle of Correspondances and gave four type of exploitation to different strategy from optimization. Of a share, there are those which fight for their autosubsistance and in addition, those which aim at the maximum of profit. Means to reach food safety vis-a-vis the climatic change were recommended such as the use of the varieties adapted, the dispersion of the risks, farming techniques adapted to the climatic changes, reafforestation and arboriculture and decentralization of the weather services.

Key words: *climate change, food security, production system, Moramanga*

SOMMAIRE

INTRODUCTION

I- MATERIELS ET METHODES

- 1.1- Matériels
- 1.2- Méthodes
- 1.3- schéma de la démarche méthodologique
- 1.4- Limite du travail
- 1.5- Chronogramme des activités

II- RESULTATS

- 2.1- Perturbation du système agraire
- 2.2- Typologie des systèmes de production
- 2.3- Stratégies d'optimisations de sécurité alimentaire

III- DISCUSSIONS et RECOMMANDATIONS

3.1- DISCUSSIONS

- 3.1.1- Manifestation changement climatique sur le cycle cultural et sur le système agraire
- 3.1.2- L'effet des indicateurs du changement climatique sur les différents types d'exploitation
- 3.1.3- Les Stratégies d'optimisation de la sécurité alimentaire varient en fonction des caractéristiques de chaque type de système de production

3.2- RECOMMANDATIONS

- 3.2.1- Utilisation des variétés et techniques adaptées aux indicateurs du changement climatique
- 3.2.1- Dispersion des risques
- 3.2.3- Au niveau de l'administration

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

WEBLIOGRAPHIE

ANNEXES

GLOSSAIRE

- Sécurité alimentaire

La sécurité alimentaire c'est l'accès à tout moment pour chaque individu à une nourriture quantitativement et qualitativement suffisante pour mener une vie saine et active. Le droit des peuples à se nourrir, c'est l'affirmation qu'un « peuple » défini à différents niveaux, d'une communauté locale à un ensemble régional de pays, a le droit imprescriptible de choisir ses modèles d'alimentation (Gouvernement malgache, PTF, 2008)

- Système agraire

C'est un mode d'exploitation du milieu historiquement constitué et durable, un système de forces de production (un système technique), adapté aux conditions bio-climatiques d'un espace donné et répondant aux conditions et aux besoins sociaux du moment (DUFUMIER, 1984)

- Système de production

C'est la combinaison des productions et des facteurs de production (capital foncier, travail et capital d'exploitation) dans l'exploitation agricole. Le système de production agricole est donc un mode de combinaison entre terre, force et moyens de travail à des fins de production végétale et/ou animale, commun à un ensemble d'exploitations. Il est caractérisé par la nature des productions, de la force de travail mis en œuvre et par leurs proportions. (DUFUMIER, 1984)

- changement climatique

« C'est le changement du climat qui est attribué directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables » selon la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques fait à New York le 9 Mai en 1992.

« Tout changement du climat dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou aux activités humaines ». (GIEC)

- Vulnérabilité

Le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'évolution du climat) définit la vulnérabilité comme 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. (GIEC, 2007)

- **Adaptation aux changements climatiques**

L'adaptation consiste à rendre les systèmes ou territoires moins vulnérables aux dérèglements climatiques, au travers d'actions diminuant les impacts effectifs du changement climatique, ou améliorant les capacités de réponse des sociétés. (CIRIIDD, 2005)

LISTE DES ABBREVIATIONS

ADRA	Adventist Development and Relief Agency
AFC	Analyse Factorielle des Correspondances
AFD	Analyse Factorielle Discriminante
BNGRC	Bureau Nationale des Gestion des Risques et des Catastrophes
CI	Consommation Intermédiaire
CIRIIDD	Centre Internationale de ressources et d'Innovation pour le Développement Durable
CND	Classification par Nuées Dynamiques
FAO	Food and Agricultural Organisation
GIEC	Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
Hj	Hommejour
IIED	Institut Internationale pour l'Environnement et le Développement
INSTAT	Institut Nationale de la Statistique
MAEP	Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et la Pêche
PAM	Programme Alimentaire Mondiale
PB	Produit Brute
PTF	Partenaire Technique et Financière
SIG	Système d'Information Géographique
SI	Situation Initiale
SO	Situation Optimisée

LISTES DES GRAPHES

Graphe 1 : Evolution de la pluviométrie	15
Graphe 2 : Classification par AFD	17
Graphe 3 : Caractéristique au niveau de la superficie	19
Graphe 4 ; Caractéristiques au niveau des moyens de production et des consommations.....	20
Graphe 5 : Tendances évolutives dans la situation optimisée du type 1	23
Graphe 6 : Tendances évolutives dans la situation optimisée du type 2	25
Graphe 7 : Tendances évolutives de chaque spéculation du type 3	27
Graphe 8 : Tendances évolutives de chaque spéculation du type 4	29

FIGURE

Figure 1: Localisation de la zone d'étude	5
---	---

LISTES DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition des enquêtées par fokontany	7
Tableau 2 : Esquisse du calendrier culturel.....	8
Tableau 3 : Apport énergétique pour 100g d'aliment	10
Tableau 4 : Codification des spéculations.....	11
Tableau 5 : Esquisse de l'occupation de la main d'œuvre	12
Tableau 6 : Chronogramme des activités	14
Tableau 7 : Evolution du calendrier culturel	16
Tableau 8 : Classification par Nuée Dynamique.....	17
Tableau 9 : Caractéristique de chaque type.....	18
Tableau 10 : Synthèse des caractéristiques de chaque classe.....	21
Tableau 11 : Effets du changement climatique sur chaque type	21
Tableau 12 : situation optimisée du type 1	22
Tableau 13 : Occupation de la main d'œuvre du type 1.....	23
Tableau 14 : Tableau de synthèse du type 1.....	24
Tableau 15 : Situation optimisée du type 2	24
Tableau 16 : Occupation de la main d'œuvre du type 2.....	25
Tableau 17 : Synthèse du type 2.....	26
Tableau 18 : Situation optimisée du type 3	26
Tableau 19 : Occupation de la main d'œuvre du type 3.....	28
Tableau 20 : Synthèse du type 3.....	28
Tableau 21 : Situation optimisée du type 4	29
Tableau 22 : Occupation de la main d'œuvre du type 4.....	30
Tableau 23 : Synthèse du type 4.....	30
Tableau 24 : Tableau synthétique des 4 types.....	31

INTRODUCTION

Madagascar est classé parmi les pays les plus pauvres du monde. Le niveau de revenu par habitant est seulement de US \$258 par an ; plus de 77% des ménages ruraux vivent en dessous du seuil de pauvreté (FMI, 2005). L'insécurité alimentaire qui est la forme la plus extrême des aspects multidimensionnels de la pauvreté touche la population malgache, (PAM, 2005). Cette situation incite la population à effectuer des pratiques agricoles archaïque, de déboiser afin d'obtenir de nouvelles terres fertiles. Or, ces genres d'activités anthropiques peuvent engendrer des modifications considérables sur certains indicateurs climatiques, notamment au niveau de la pluviométrie. Par ailleurs, la perturbation de la pluviométrie, allongement ou raccourcissement, peut provoquer des inondations, des crues, des sécheresses, etc. Ainsi, cet indicateur du changement climatique a des impacts sur les activités agricoles, tels la perturbation du cycle cultural, la perturbation du mode d'exploitation du terroir et la maîtrise d'eau. Enfin, ces dernières, étant non contrôlées, peuvent de nouveau conduire à plus d'insécurité alimentaire.

La sécurité alimentaire est assurée lorsque tous les membres du ménage ont accès à une alimentation suffisante en quantité et qualité tout au long de l'année afin de rester en bonne santé et de mener une vie active, (Gouvernement malgache, PTF, 2008). Il doit donc y avoir la stabilité, l'accessibilité et la disponibilité de nourriture en même temps. Cependant, la stabilité est déterminée par les aléas climatiques, l'accessibilité est caractérisée par le pouvoir d'achat et la disponibilité est en fonction du milieu. De ce fait, les indicateurs climatiques jouent un rôle très important dans l'atteinte de la sécurité alimentaire car « la préparation aux catastrophes est l'élément central d'une action visant à réduire au maximum les effets négatifs des crises alimentaires et des famines » (FAO, 1996).

D'ailleurs, Madagascar n'est pas épargné par ces indicateurs du changement climatique. Ce phénomène affecte déjà l'environnement physique de Madagascar et surtout ces ressources naturelles qui se trouvent être la première source de revenu des paysans et donc les moyens de subsistance de sa population. Les effets des indicateurs du changement climatique touchent directement le système agraire de Madagascar ; tous les éléments du système sont perturbés : la vulnérabilité s'intensifie que ce soit au niveau des systèmes naturels qu'humains. Les communautés rurales, en particulier celles qui vivent dans un environnement déjà fragile, sont confrontées au risque immédiat et en constante augmentation de mauvaises récoltes, de perte de bétail et de disponibilités réduites en produits halieutiques, aquacoles et forestiers.

Le district de Moramanga est une des zones très riches en termes de productions agricoles mais il présente une contrainte climatique qui met sa potentialité en péril. La variation de la pluviométrie a une mauvaise répercussion sur le cycle cultural ainsi que sur le rendement. Comme cas concret, la région d'Alaotra a eu 1,2 t/hab de production de riz annuel en 1975 ; elle est devenue 0,6 t/hab en 1999 (Rakoto et al, 2008).

De ce fait, la grande question de recherche est de savoir comment adapter le système agraire de Moramanga face aux effets des indicateurs du changement climatique afin d'assurer la sécurité alimentaire de la population locale.

Face à cette problématique, les questions suivantes méritent d'être posées :

- Quels sont les impacts des phénomènes climatiques sur la production agricole du district ?
- Quels sont les types d'exploitations existants ainsi que leurs capacités d'adaptation face à cette situation ?
- Quelles stratégies d'adaptation pourraient être proposées pour chaque type ?

Pour pouvoir répondre à cette question, l'objectif global de cette étude vise à déterminer une stratégie d'optimisation de sécurisation alimentaire face aux effets des changements climatiques.

Les objectifs spécifiques y afférents sont :

- Déterminer la manifestation des indicateurs des phénomènes du changement climatique au niveau de la production du district ;
- Classifier les exploitations selon leurs moyens de production et leur capacité à faire face aux effets de ces indicateurs ;
- Proposer des stratégies d'optimisation de la sécurité alimentaire pour s'adapter aux effets des indicateurs du changement climatique.

Les hypothèses correspondantes à ces objectifs se présentent comme suit :

- Des indicateurs du changement climatique perturbent le cycle cultural du district de Moramanga ;
- Les effets de ces indicateurs sont différents d'une exploitation à l'autre en fonction de leurs caractéristiques ;
- Les stratégies d'optimisation de sécurisation alimentaire varient en fonction des caractéristiques de chaque type.

Les résultats attendus de cette étude sont donc

- L'évolution de la pluviométrie ainsi que celle du cycle cultural du district durant les cinquante ans passé seront identifiées ;
- La typologie des exploitations dans le district de Moramanga sera déterminée suivant leur potentialité et leur capacité d'adaptation aux indicateurs du changement climatique ;
- La stratégie d'optimisation de la sécurité alimentaire face aux indicateurs du changement climatiques vis-à-vis de chaque type sera mise en évidence.

Les résultats de ces investigations ont été répartis et ont permis de rédiger les parties suivantes du présent document :

- Les matériels et méthodes utilisées pour la vérification des hypothèses émises ;
- Les résultats de la recherche montrent qu'il y a évolution de la pluviométrie et du calendrier cultural, ensuite la population étudiée est répartie en quatre types, et enfin, ces types ont chacun leur stratégie pour faire face aux changements climatique ;
- Les discussions et recommandations concernant l'adaptation de chaque type de système de production face aux changements climatiques pour la sécurité alimentaire.

I- MATERIELS ET METHODES

1.1- Matériels

1.1.1- Délimitation de l'étude

1.1.1.1- Choix du sujet

La crise alimentaire était devenue le principal discours mondial depuis l'année 2008, du fait qu'elle menace le monde entier même les pays puissants. Madagascar compte parmi les 22 pays atteints et menacés par la crise alimentaire (IIED, 2007). Par contre, beaucoup d'ouvrages affirment que c'est un pays dit riche en biodiversité mais qui se trouve au cœur des pays les plus pauvres du monde. Par ailleurs, il est intéressant d'analyser de plus près si les effets du changement climatique, un phénomène délicat pour l'agriculture, pourraient être une des causes de cette vulnérabilité économique qui s'accroît de jour en jour surtout dans le milieu rural.

1.1.1.2- choix de la zone d'étude

L'étude s'est déroulée dans le district de Moramanga de la région Alaotra Mangoro. Elle se situe entre 16°22 et 20°47 de latitude Sud et entre 47°63 et 48°99 longitude Est.

Cette région présente une grande potentialité agricole surtout en cultures vivrières mais se trouve être victime d'un bouleversement du cycle cultural et du système de culture. De plus, le problème de la sécurité alimentaire de la population y était déjà la préoccupation de nombreux projets de développement dont l'ADRA Madagascar était le principal initiateur. Par contre à la fin du projet, une grande partie de la population était toujours victime d'insuffisance alimentaire.

1.1.1.3- Zone d'étude

a) Climat

Le district de Moramanga présente 2 saisons bien distinctes :

- Saison chaude et pluvieuse allant de décembre en avril ;
- Saison fraîche et humide s'étalant du mois de mai à novembre.

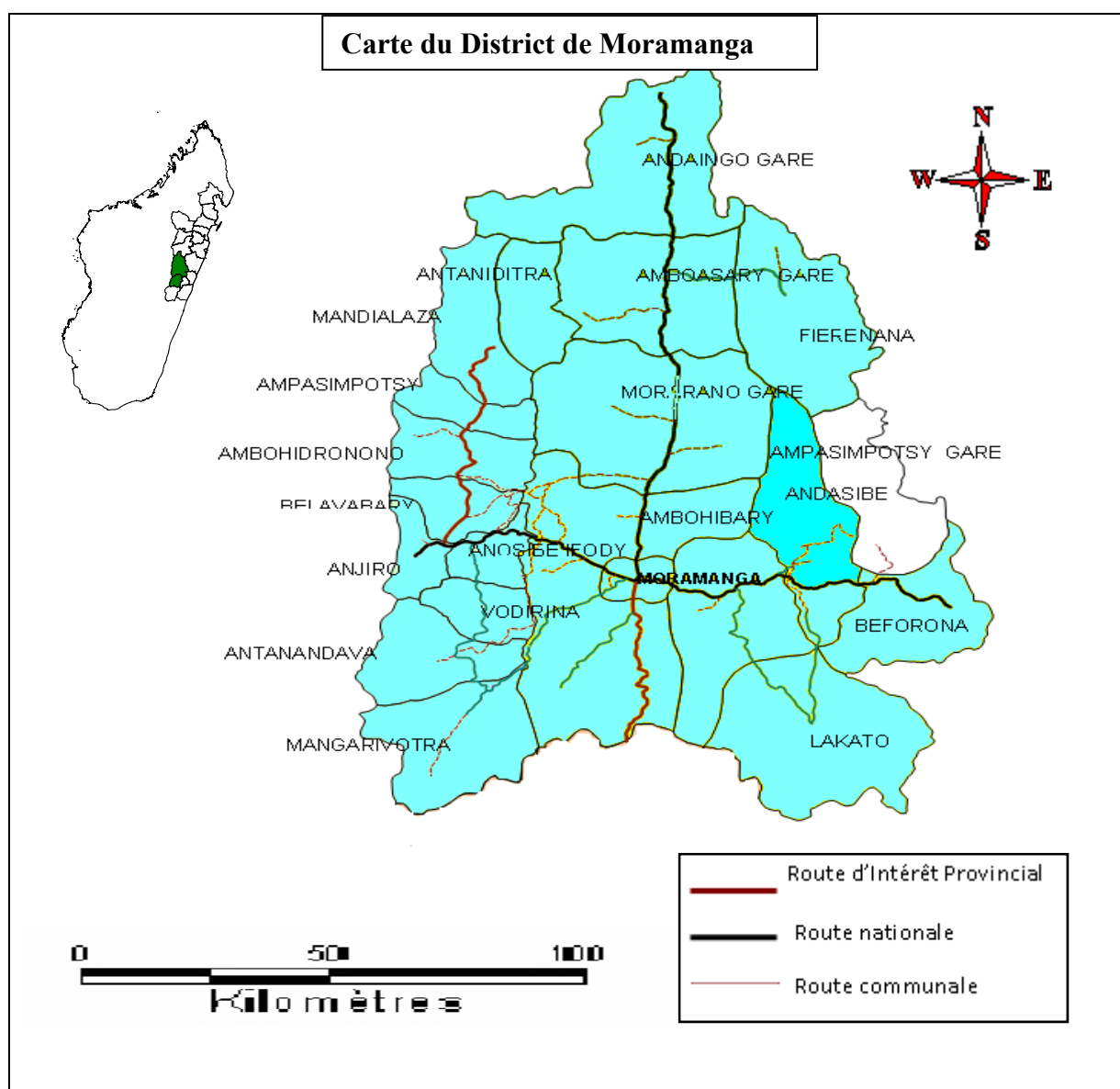
Les mois de juin, juillet et août sont les plus frais .Ils sont caractérisés par l'existence des crachins et pluies fines. Le District est aussi une "zone au vent" sous l'alizé du Sud-Est. Les précipitations moyennes annuelles y sont de 1 500 à 2000 mm avec des brumes toute l'année

et un hiver à pluies fines et fréquentes. L'évaporation annuelle est de 500 à 600 mm. (PRD, 2005)

b) Sols et végétations

La forêt dense ombrophile occupe une superficie notable sur les bordures orientales de la zone. Sa limite régresse régulièrement à la suite des abattages et brûlis, laissant place au « savoka ». La région présente des sols évolués de type ferralitique qui, dans l'ensemble, s'agit de sols rouges et de sols jaunes sur rouges, caractéristiques des régions chaudes et humides. (MAEP, 2005)

Figure 1: Localisation de la zone d'étude



1.2- Méthodes

1.2.1- Démarches communes

1.2.1.1- Investigation bibliographique et webliographique

Avant, pendant et après la descente sur terrain, des analyses bibliographiques ont été menées. Ces analyses sont focalisées sur les activités agricoles ainsi que les non agricole existant dans le milieu, la localisation de la zone d'étude, les études déjà réalisées sur le terrain, et les méthodes de travail qui pourraient être adoptées. Cette bibliographie s'est effectuée essentiellement sur des publications, des ouvrages divers, des articles concernant l'interaction entre le changement climatique et la sécurité alimentaire. Des données concernant le changement climatique et ses effets ont été collectées au niveau du Bureau Nationale de la Gestion des Risques et des Catastrophes (BNGRC) et du service de la météorologie. Les données ont été rassemblées au niveau du service statistique du MAEP, de l'INSTAT, et de l'ADRA Madagascar. Elle a formé la base même de la recherche et constitue une balise pour bien cerner le champ de travail.

1.2.1.2- Entretien auprès des personnes ressources

Les principales cibles ont été le personnel de l'ADRA Madagascar, le service statistique du MAEP, responsable du BNGRC, le responsable du service du changement climatique au sein du ministère de l'environnement. Le but est de recevoir le maximum d'information sur la zone d'étude d'intervention du projet, leur vision globale sur la situation économique de la zone ainsi que les indicateurs climatiques existants dans le milieu. Cela a permis aussi de connaître les zones à enquêtés qui peuvent confirmer ou infirmer les hypothèses.

La méthode utilisée a été le focus group. Il consiste à recueillir des informations concernant le climat et les moyens de subsistance de la population. Le thème à aborder est un sujet d'intérêt commun : effets des indicateurs du changement climatique sur la sécurité alimentaire. Il a permis de recouper et compléter les informations obtenues au cours des enquêtes.

1.2.1.3- Enquête formelle

Une enquête par questionnaire (ANNEXE I) a été réalisée avec l'ADRA Madagascar en vue de l'évaluation finale du projet sur la sécurisation alimentaire. L'enquête comporte deux parties. La première partie se porte sur l'agriculture et la deuxième sur la santé.

Les résultats d'enquête portant sur l'agriculture ont permis de faire l'étude sur la différence entre les exploitations et l'optimisation de la sécurité alimentaire face à la nouvelle situation, c'est-à-dire, modification de la pluviométrie et changement du calendrier cultural.

L'enquête a été réalisée avec 579 ménages dans 30 fokontany ; 20% des bénéficiaires de l'ADRA Madagascar. Le tableau inclut le pourcentage des enquêtés par fokontany par rapport au total des individus enquêtés. La répartition des enquêtés par fokontany est représentée dans le tableau 1 suivant :

Tableau 1 : Répartition des enquêtés par fokontany

Fokontany	Nombres	%	Fokontany	Nombres	%
Ambohibary	4	0,7	Mangabe	21	3,6
Analalava	21	3,6	Miadana	21	3,6
Sahafitana	31	5,4	Ambodinivongo	13	2,2
Tsiazompody	33	5,7	Ampasika	18	3,1
Fieferana	25	4,3	Alarobia Andapa	30	5,2
Anivorano	53	9,2	Ankazondandy	26	4,5
Ampangalatsary	28	4,8	Ambohimiarimbe	28	4,8
Ambarilava	42	7,3	Ambongatsimo	17	2,9
Ambohimiarina	18	3,1	Mahasoa	23	4,0
Ambohibary	18	3,1	Antananjaza	36	6,2
Amparihivola	11	1,9	Andranomaria	1	0,2
Ambohitranjanaka	15	2,6	Ambodirano Mangoro	23	4,0
Morarano	23	4,0			
Total				579	100

Source : Auteur, 2010

1.2.1.4- Constitution de la base des données

a) Saisie des données

La saisie des données a été réalisée, d'abord sur le Microsoft EXCEL, et le traitement sur SPSS. Les logiciels EXCEL et WORD ont été utilisés pour la présentation et la publication des résultats.

Les données issues des services statistiques et des enquêtes effectuées par le personnel de l'ADRA Madagascar ont été traitées à travers l'outil statistique afin de décrire la population.

L'utilisation du logiciel SPSS qui est un logiciel statistique a permis de faire la saisie des informations et l'apurement des données pour faciliter leur traitement afin qu'elles constituent une base de donnée pour l'étude.

b) Traitement des données

Les outils de traitements utilisés sont le logiciel SPSS, Excel dont XLStat pour l'analyse multi-variée, et l'optimisation par l'outil solveur.

1.2.2- Démarches spécifiques de vérification des hypothèses

1.2.2.1- Démarche de vérification de la première hypothèse : Des indicateurs du changement climatique perturbent le cycle cultural du district de Moramanga.

Il s'agit de déterminer les impacts du changement climatique tels que la permutation du climat et la perturbation du cycle cultural.

a) Evolution de la pluviométrie

Les données collectées au niveau du service de la météorologie ont été utilisées afin de connaître l'évolution de la pluviométrie. Le « radar » a été le meilleur type de graphique pour représenter les différences entre le volume de la pluviométrie mensuelle. Il a aussi permis de déterminer la longueur de la saison de pluie de chaque année.

b) Evolution du calendrier cultural

Les données recueillies à l'INSTAT, au Statistique agricole et au CIRAGRI/ADRA ont été compilées et ont donné l'évolution du calendrier des activités des paysans ainsi que les calendriers culturales.

Tableau 2 : Esquisse du calendrier cultural

année	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Rdt(t/ha)
1960													
1970													
1980													
1990													
2000													
2009													

P : Préparation du sol

S : Semis

R : Récolte

Le calendrier culturel du riz est pris comme référence car le riz constitue l'aliment de base des Malgaches et est considéré comme un produit stratégique, la riziculture a été choisie d'être spécifiquement traitée.

1.2.2.2- Démarche pour la vérification de la deuxième hypothèse : Les effets du changement climatique sont différents d'une exploitation à l'autre en fonction de leurs caractéristiques.

Pour admettre si les effets du changement climatique sont différents d'une exploitation à une autre, il est d'abord nécessaire de classer et de caractériser les exploitations existantes selon des variables précis.

a) Typologie de l'exploitation

- Classification par nuées dynamiques

La méthode des nuées dynamiques (ou méthode des centres mobiles) sert à partitionner des individus en classes homogènes, et de différencier les différents types d'exploitation en fonction de leurs caractéristiques, sur la base de leur description par un ensemble de variables quantitatives. L'analyse par les nuées dynamiques est ainsi utilisée afin d'obtenir la typologie du système agricole. Les variables de différenciation sont la taille du ménage afin d'identifier le nombre de bouche à nourrir, le nombre d'actif, et les systèmes de cultures : culture vivrière et ou cultures maraîchère avec leurs surfaces respectives, production et rendement par type de culture et autres activités, la consommation de chaque ménage ainsi que leur revenus nets. Ces données vont être transportées sous le XL STAT 7.0 du Microsoft EXCEL permettant l'identification des différents types d'exploitation.

- L'Analyse Factorielle Discriminante

L'analyse factorielle discriminante permet de classer de nouveaux individus décrits par plusieurs variables quantitatives, connaissant un échantillon d'individus décrits par les mêmes variables, dont les groupes sont connus, et pour analyser la façon dont les variables descriptives contribuent à la constitution des différents groupes. L'AFD consiste donc à reclasser les résultats obtenus par nuée dynamique afin d'obtenir des groupes plus homogènes pour constituer une typologie la plus proche de la réalité.

- Caractérisation par Analyse Factorielle des Correspondances

L'analyse factorielle des correspondances permet d'étudier la liaison entre deux ensembles de modalités constituant les lignes et les colonnes d'un tableau de contingence. L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) consiste à rechercher la meilleure

représentation simultanée de deux ensembles constituant les lignes et les colonnes d'un tableau de contingence, ces deux ensembles jouant un rôle symétrique. Pour l'AFC, il s'agit d'effectuer un codage pour chaque variable afin d'obtenir des variables qualitatives. Autrement dit, l'AFC va permettre l'identification des caractéristiques spécifiques de chaque type selon des variables qualitatives.

b) Force- Faiblesse- Opportunité- Menace

Une fois la typologie élaborée, les effets du changement climatique sur chaque catégorie d'exploitation seront déterminés à partir de l'évaluation des caractéristiques de leurs forces, faiblesses, opportunités et menaces. Ces caractéristiques ont été mises en relation avec les résultats obtenus à partir de la première hypothèse, c'est-à-dire avec les indicateurs du changement climatique qui sont susceptibles de perturber les exploitations.

1.2.2.3- Démarche de vérification de la troisième hypothèse : Les stratégies d'optimisation de sécurisation alimentaire varient en fonction des caractéristiques de chaque typologie des communes

a) Modélisation technico-économique

Il s'agit des stratégies d'optimisation de la sécurité alimentaire dont les fonctions sont les suivantes :

- Maximisation de nombre de mois d'autosuffisance alimentaire

$$M = \sum m_i$$

Sachant que

$m = 1$ si besoin satisfait, si $(\text{Production} + \text{Stock} - \text{Consommation}) \geq 0$

$m = 0$ si besoin non satisfait, si $(\text{Production} + \text{Stock} - \text{Consommation}) < 0$

Avec m = nombre de mois de suffisance alimentaire

m_i = nombre de mois excédentaire en production

Tableau 3 : Apport énergétique pour 100g d'aliment

Aliment	énergie (cal)
riz	351
manioc	108
maïs	72
patate douce	174
arachide	570
haricot	320
taro	110

Source : Apfelbaum, 1989

- **Maximisation des profits**

$$VAB = \sum X_i (PB_i - CI_i)$$

PB= Production Brute de la spéculatation i

CI= Consommation Intermédiaire

X_i = superficie

Sachant que :

- S'il s'agit du capital terre : $\sum X_i \leq$ superficie disponible
- S'il s'agit du capital main d'œuvre : $\sum X_i a_i \leq$ main d'œuvre disponible

PB= quantité de production *prix au marché.

CI= (quantité de semence * prix au marché) + (quantité d'engrais*prix au marché)

a_i = main d'œuvre nécessaire pour chaque système de culture

- **Maximisation de la valeur ajoutée brute par actif**

$$VAB/H_j = \sum (X_i * (PB_i - CI_i) / H_j)$$

H_j = HommeJour

- **Maximisation de la valeur ajoutée brute par surface**

$$VAB/H_a = \sum (X_i * (PB_i - CI_i) / X_i)$$

b) Elaboration du graphe de tendance d'évolution des spéculations

Le tableau suivant montre la codification des différentes spéculations dans la situation initiale et la situation optimisée.

Tableau 4 : Codification des spéculations

Riz initiale	RI	Riz optimisé	RO
Maïs initiale	MsI	Maïs optimisé	MsO
Taro initiale	TI	Taro optimisé	TO
patate douce initiale	PI	Patate douce optimisé	PO
Arachide initiale	AI	Arachide optimisé	AO
Haricot initiale	HI	Haricot optimisé	HO
Manioc initiale	MnI	Manioc optimisé	MnO

X	Superficie
Y	Log (produit brute)
Diamètre	$PB_i/MAX (\sum PB_i)$

c) Elaboration de l'occupation de la main d'œuvre

L'occupation de la main d'œuvre se présente comme dans le tableau 5 ci-après :

Tableau 5 : Esquisse de l'occupation de la main d'œuvre

culture	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Culture 1												
Culture 2												
Nécessaire												
MO totale												
Disponible												

L'occupation de la main d'œuvre est élaborée à partir du nombre d'actif nécessaire pour les cultures suggérées dans la situation optimisée. La main d'œuvre totale correspond au nombre d'actif total par mois de chaque type (20 Hj/actif/mois).

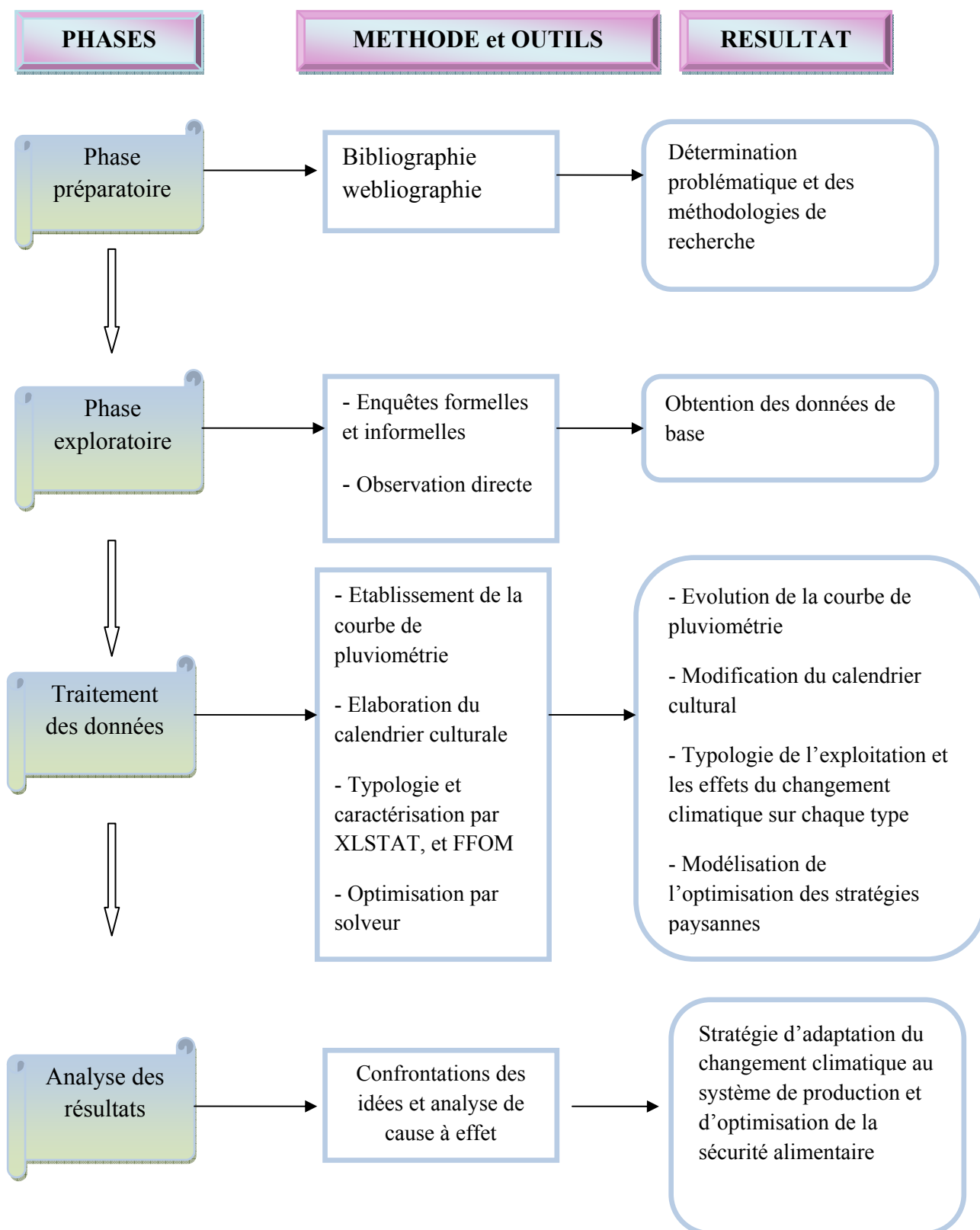
Enfin, la main d'œuvre disponible est la différence entre la main d'œuvre totale et celle nécessaire pour les cultures recommandée dans la nouvelle situation.

L'unité de la main d'œuvre est l'homme jour.

1 Hj = 5h/jr du travail de champ

1.3- schéma de la démarche méthodologique

La méthodologie de recherche pour atteindre chaque objectif est résumée dans le schéma suivant :



1.4- Limites du travail

La situation sur terrain ainsi que la collecte des données bibliographiques ont révélé des difficultés qui ont plus ou moins compromis la mise en œuvre des méthodes de travail préétabli. Entres autres :

- Les données climatiques pour démontrer l'existence du changement climatique à Madagascar ne sont pas tous disponibles. Ce sont seulement les bureaux d'étude qui peuvent recueillir des données climatiques plus de cinquante ans auprès du service de la météorologie.

- La zone d'intervention est très vaste donc le nombre des individus enquêtés ne représente que 4% des bénéficiaires de l'ADRA Madagascar.

- Les effets du changement climatique peuvent se présenter sous différentes formes mais dans cette étude ne concerne qu'une partie de l'effet du changement climatique sur la sécurité alimentaire. Par ailleurs, la manifestation du changement climatique est différente d'une région à l'autre, d'un pays à l'autre et même d'une année à l'autre, mais cette étude est une des approches parmi tant d'autre pour étudier une sécurisation alimentaire face au changement climatique, et enfin,

- la disparition de certaines archives a compromis l'authenticité de certaines données.

1.5- Chronogramme des activités

L'étude s'est déroulée comme dans le tableau 6 suivant :

Tableau 6 : Chronogramme des activités

Activités	décembre	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	Août
Documentation	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Protocole de recherche		■	■	■					
Correction du protocole de recherche				■	■				
Collecte des données				■	■	■	■	■	
Traitement des données							■	■	
Rédaction des rapports							■	■	
1ère correction du rapport								■	
Rectification								■	
2ème correction du rapport									■
Rectification									■
Soutenance									■

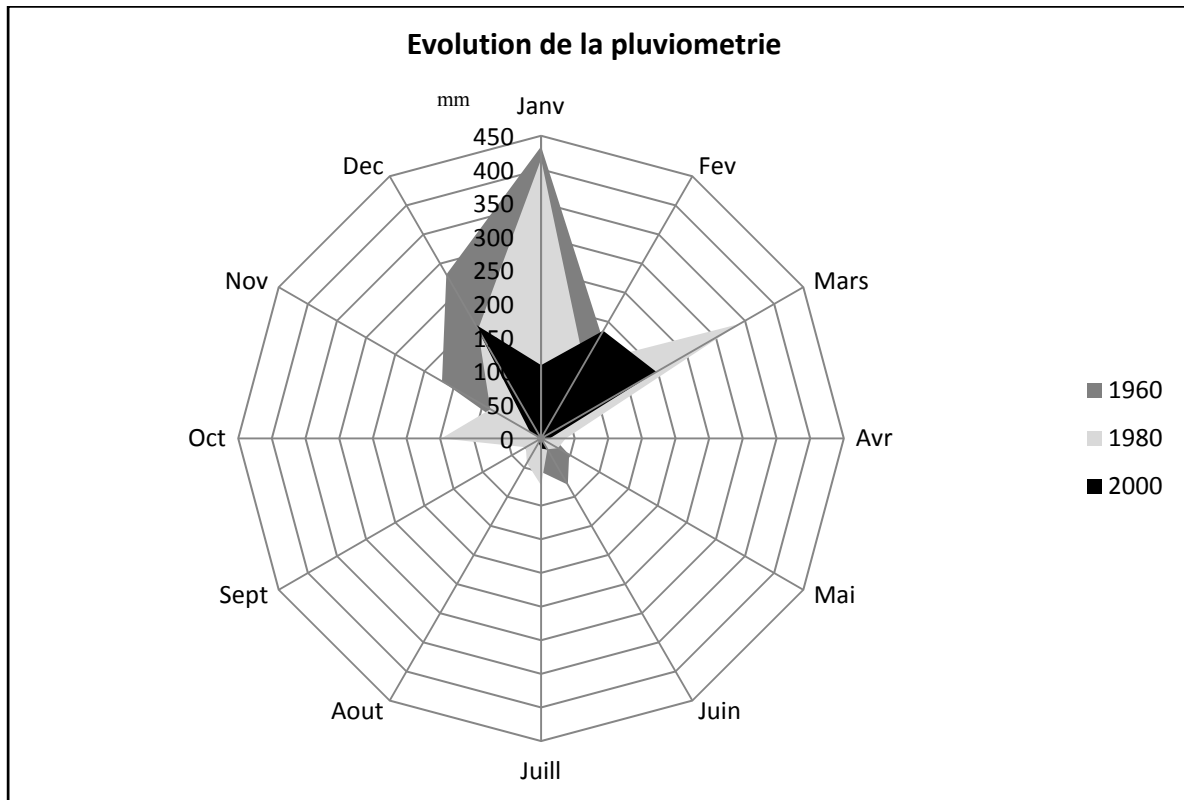
II- RESULTATS

2.1- Perturbation du système agricole

2.1.1- Evolution de la courbe de pluviométrie

La pluviométrie du district de Moramanga depuis 1960 jusqu'à nos jours a permis d'établir le graphe 1 ci-dessous.

Graphe 1 : Evolution de la pluviométrie



Source : Compilation des données par l'auteur, 2010

Une différence nette du volume de pluie annuelle est à constater de prime abord sur les 3 relevées pluviométriques de 1960, 1980 et 2000 (ANNEXE II). La couche pluviométrique de 1960 est la plus marquante en volume, alors que celle de l'année 2000 ne représente que sa moitié (en passant de 1530,4 mm de pluie en 1960 à 767 mm en l'an 2000).

La répartition annuelle de la pluie semble aussi être bouleversée au fil du temps. Ainsi, les grands pics de pluie enregistrés en 1960 et 1980 se situent en même temps au mois de janvier (avec respectivement 434,2 et 415 mm de pluie). Alors qu'en l'an 2000 et pour le même mois, un abaissement brusque et remarquable de la pluviométrie est à constater.

Et enfin, la saison de pluie est plus raccourcie de nos jours par rapport à quarante ans passés. En effet, celle-ci commençait au mois d'octobre auparavant alors qu'elle ne débute qu'au mois de décembre en 2000, mais finit toujours au mois d'avril pour les 3 années de références.

2.1.2- Modification du calendrier cultural

La perturbation du calendrier cultural avec la variation du rendement est synthétisée dans le tableau 7 suivant :

Tableau 7 : Evolution du calendrier cultural

	RIZ												
année	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	rdt(t/ha)
1960	S			S	R								3
1980	P		P	R					R				3.12
2000						S	R						1
2004						P	R						2 à 3
2009						P S	R						1 à 3

P : Préparation du sol
S : Semis ou plantation
R : Récolte

Source : Compilation des données par l'auteur, 2010

L'évolution du calendrier cultural du riz est pris comme référence car le riz s'avère être la culture la plus sensible à la maîtrise d'eau. En 1960 et 1980, il y avait 2 saisons de riziculture, mais le cycle cultural change à partir de l'année 2000. L'insuffisance de pluies ne permet plus qu'une seule saison de culture. Le rendement fluctue au fil des années.

Les calendriers culturaux des autres spéculations présentent aussi des modifications mais pas aussi significatives que celle de la riziculture. (ANNEXE III)

2.2- Typologie des systèmes de production

2.2.1- Systèmes de production différenciés

2.2.1.1- Classification par Nuée Dynamique

Tout d'abord, l'analyse par nuées dynamique a classé les individus en cinq groupes hétérogènes (ANNEXE V). Mais elle les a reclassés en donnant quatre groupes homogènes dont la composition des classes est représentée dans le tableau 8 ci-dessous :

Tableau 8 : Classification par Nuée Dynamique

Classe	1	2	3	4
Inertie intra-classes	953,651	2336,278	1357,400	1281,674
Distance minimale au barycentre	0,373	1,364	2,009	2,540
Distance moyenne au barycentre	1,443	3,331	4,700	7,253
Distance maximale au barycentre	3,717	24,012	21,501	21,867
Effectif	381	143	39	16
Pourcentage (%)	66	24	7	3

Le classement des individus est très mal réparti, la classe 1 regroupe plus de la moitié des enquêtés alors que les deux groupes, type 3 et 4 ne représentent que 7% et 3% des enquêtés.

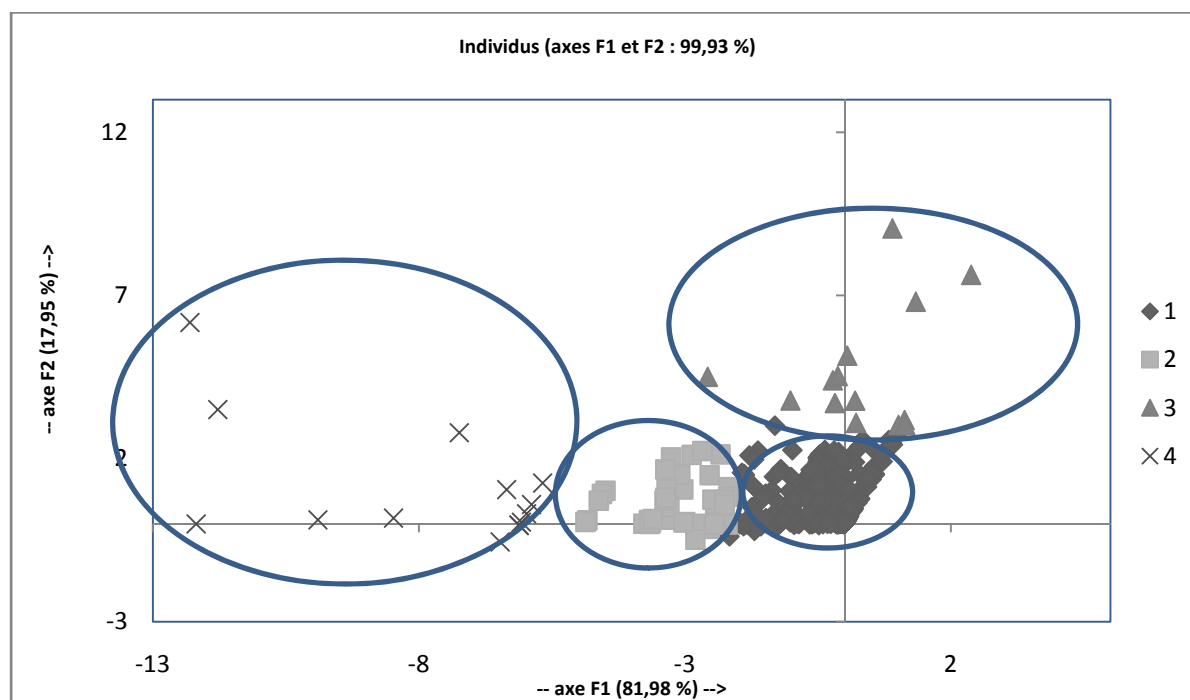
Les autres résultats de l'analyse par nuée dynamique sont représentés dans l'ANNEXE V.

2.2.1.2- Analyse Factorielle Discriminante

Au début, le test par AFD a révélé un taux d'erreur apparent de 15.7% ; c'est-à-dire que 15.7% des individus sont mal classés. Ensuite, l'analyse par AFD a reclassé ces individus jusqu'à l'annulation de ce taux apparent (ANNEXE VI).

Le reclassement par AFD est indiqué dans le graphe 2 ci-après :

Graphe 2 : Classification par AFD



Source : Auteur, 2010

L'axe factoriel F1 (82%) du graphe représente la répartition des individus sur l'axe vertical ; et l'axe factoriel F2 (18%) représente la répartition des individus sur l'axe horizontal. L'analyse par AFD a affecté la majorité des individus des classes 2, 3 et ceux de la classe 4 dans la classe 1. Le type 1 constitue les 86% des individus alors que les types 3 et 4 ne forment que 2.4% des enquêtés.

Les caractéristiques de chaque type se résument dans le tableau 9 suivant :

Tableau 9 : Caractéristique de chaque type

Groupe	Fréquence	Moyenne sup tanety	Moyenne sup baiboho	Moyenne STE
1	503	0,348	0,065	0,833
2	48	0,401	0,289	3,184
3	14	3,125	0,234	4,430
4	14	0,861	0,995	8,142

Source : Auteur, 2010

Ainsi, ces caractéristiques indiquent les différences entre les classes, ce qui a donné leur dénomination ci-après :

- **Type 1** : Exploitation à faible superficie agricole
- **Type2** : Exploitation à moyenne superficie agricole
- **Type 3** : Exploitation à superficie sur tanety élevée
- **Type 4** : Exploitation à grande superficie agricole

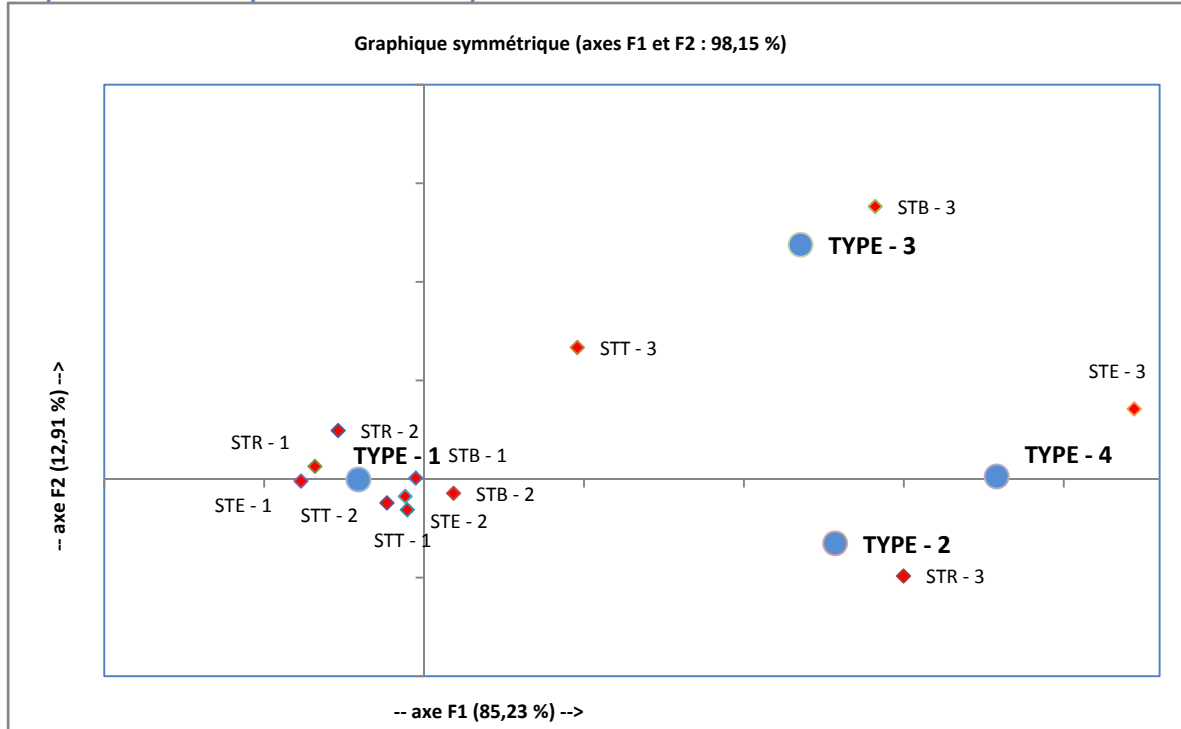
La moyenne de la superficie de la rizière ne figure pas sur le tableau parce que la superficie de la rizière ne différencie pas ces 4 types.

2.2.1.3- Caractérisation par AFC

a) - Superficie exploitée par chaque type

Les surfaces exploitées par chaque type sont caractérisées dans le graphe 3 ci-dessous :

Graphe 3 : Caractéristique au niveau de la superficie



Source : Auteur, 2010

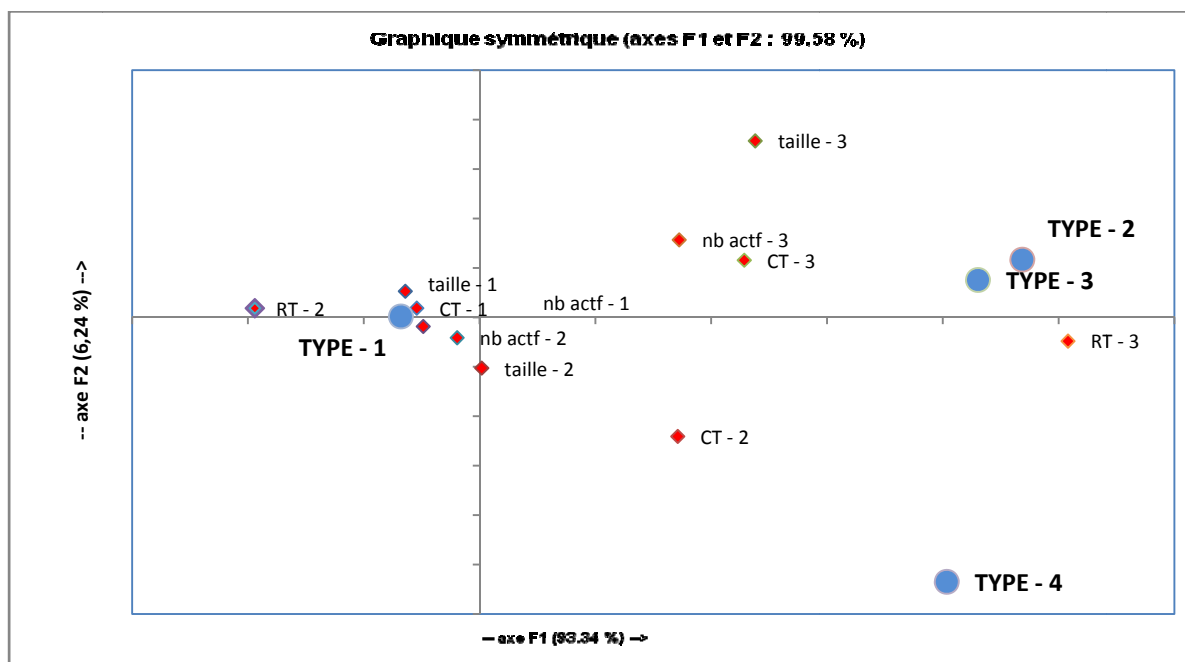
Superficie Totale de Rizière		Superficie Totale de Tanety		Superficie Totale de Baiboho		Superficie Totale Exploitées	
STR-1	Sup ≤ 0.25	STT-1	Sup ≤ 0.25	STB-1	Sup = 0	STE-1	Sup ≤ 1
STR-2	$0.25 \leq \text{Sup} \leq 1$	STT-2	$0.25 \leq \text{Sup} \leq 1$	STB-2	Sup ≤ 0.50	STE-2	$1 \leq \text{Sup} \leq 3$
STR-3	Sup > 3	STT-3	Sup > 1	STB-3	Sup > 1	STE-3	Sup > 3

Le graphe montre que le type 1 dispose d'une très faible superficie exploitée que ce soit sur les rizières, sur les tanety ou sur les baiboho. Le type 4 détient la plus vaste superficie agricole exploitée. Le type 3 bénéficie des tanety et baiboho étendus tandis que le type 2 est avantagé une vaste rizière.

b) - Taille du ménage, main d'œuvre, consommation et revenus de l'exploitation

Le rapport entre les nombres de bouches à nourrir et les revenus totaux de l'exploitation est synthétisé dans le graphe 4 ci-dessous :

Graphique 4 ; Caractéristiques au niveau des moyens de production et des consommations



Source : Auteur, 2010

Taille -1	Taille ménage ≤ 4	Nb actif-1	Nombre actif ≤ 2
Taille -2	$4 \leq$ Taille ménage ≤ 8	Nb actif-2	$2 \leq$ Nombre actif ≤ 4
Taille -3	Taille ménage > 8	Nb actif-3	Nombre actif > 4
CT-1	Consommation $\leq 3\,000\,000$ kcal/an		
CT-2	$3\,000\,000 \leq$ Consommation $\leq 4\,250\,000$		
CT-3	Consommation $> 4\,250\,000$		
RT-1	Revenu total $\leq 2\,000\,000$		
RT-2	$2\,000\,000 \leq$ Revenu total $\leq 4\,000\,000$		
RT-3	Revenu total $> 4\,000\,000$		

- Le type 1 se caractérise par un ménage de petite taille, une faible main d'œuvre, une consommation familiale réduite et un modeste revenu.
- Le type 2 est caractérisé par une famille de grande taille avec un nombre d'actif élevé suivi d'une consommation familiale élevée.
- Le type 3 dispose d'un revenu total éminent avec un nombre d'actif important.
- Le type 4 se caractérise par une consommation familiale moyenne, une taille de ménage moyenne et un nombre d'actif moyen.

c) Synthèses des caractéristiques de chaque classe

Les différences entre chaque type se résument dans le tableau 10 suivant :

Tableau 10 : Synthèse des caractéristiques de chaque classe

Caractéristiques	Exploitation à faible superficie agricole	Exploitation à moyenne superficie agricole	Exploitation à grande superficie sur tanety	Exploitation à grande propriété foncière
Taille du ménage	Petite	Grande	Moyenne	Moyenne
Nombre d'actif	Faible	Elevé	Elevé	Moyen
Surface des rizières	Faible	Etendue	Faible	Etendue
Surface des tanety	Faible	Faible	Etendue	Etendue
Surface des baiboho	Faible	Moyenne	Etendue	Etendue
Surface totale exploitée	Faible	Moyenne	Etendue	Etendue
Consommation	Faible	Abondante	Abondante	Moyenne
Revenu	Déficitaire	Excédentaire	Excédentaire	Excédentaire
Stratégie	Autosubsistance	Maximisation de la valeur ajoutée brute/ha	Maximisation du taux de profit	Rémunération du travail familial

Source : Auteur, 2010

2.2.2- Les effets du changement climatique sur chaque type

Les effets du changement climatique sont en fonction des caractéristiques de chaque type. Les forces, faiblesses, opportunités et menaces de chaque type d'exploitation, à partir desquelles, les effets du changement climatiques ont été obtenus, sont synthétisées dans le tableau 11 ci-dessous :

Tableau 11 : Effets du changement climatique sur chaque type

Types	Force	Faiblesse	Opportunité	Menace
Type I	Main d'œuvre disponible supérieur à main d'œuvre nécessaire	Superficie faible Revenu faible	Possibilité de vente de force de travail pour accroître leur revenu.	Très vulnérable aux risques dus aux aléas climatiques tout types confondus
Type II	Superficie élevée pour la riziculture MO élevée	Superficie tanety faible	Possibilité d'extensification de la riziculture. Opportunité d'autre source de revenu avec la vente de force de travail.	Dès qu'il y a inondation des rizières par les aléas climatiques, ce type d'exploitation se trouve en difficulté.
Type III	Main d'œuvre élevée Superficie totale exploitée élevée	Rizière faible	Possibilité de vente de force de travail. Capacité d'adaptation à tout changement	

	Revenu élevé		brusque assurée. Possibilité d'avoir des réserves pour faire face au période de soudure et aux éventuelles catastrophes naturelles.	
Type IV	Superficie totale exploitée élevée Revenu élevé	Nombre d'actif limité	Possibilité de vente de main d'œuvre extérieur pour l'extensification.	Si le revenu décroît, l'exploitation serait en mauvaise posture car elle n'aurait pas le moyen d'exploiter toutes ses propriétés.

Source : Auteur, 2010

2.3- Stratégies d'optimisation de sécurité alimentaire

2.3.1- Situation actuelle et optimisée du type 1

La stratégie adoptée par ce type d'exploitation est la stratégie d'autosubsistance. L'optimisation de l'utilisation de ses ressources en vue d'une sécurité alimentaire implique un changement au niveau de la superficie utilisée et de l'occupation de la main d'œuvre. Par contre, sur l'occupation du terroir, il n'y a aucun changement, la superficie de la rizière reste 0,25 ha et celle du tanety demeure 0.34 ha (ANNEXE VII). La situation optimisée a donné 9 mois d'autosuffisance alimentaire.

2.3.1.1- Rapport entre situation initiale et optimisée du type 1

Le rapport entre la situation initiale et celle optimisée est synthétisé dans le tableau 12 suivant :

Tableau 12 : situation optimisée du type 1

Cultures	situation initiale			situation optimisée			SO/SI (%)
	Ha	PB	VAB	Ha	PB	VAB	
riz	0,25	596 000	579 750	0,25	596 000	579 750	1,00
maïs		-	-		-	-	
manioc	0,30	810 000	802 500	0,34	918 000	909 500	1,13
patate douce		-	-		-	-	
arachide		-	-		-	-	
haricot	0,04	48 000	44 160		-	-	0,00
taro		-	-		-	-	

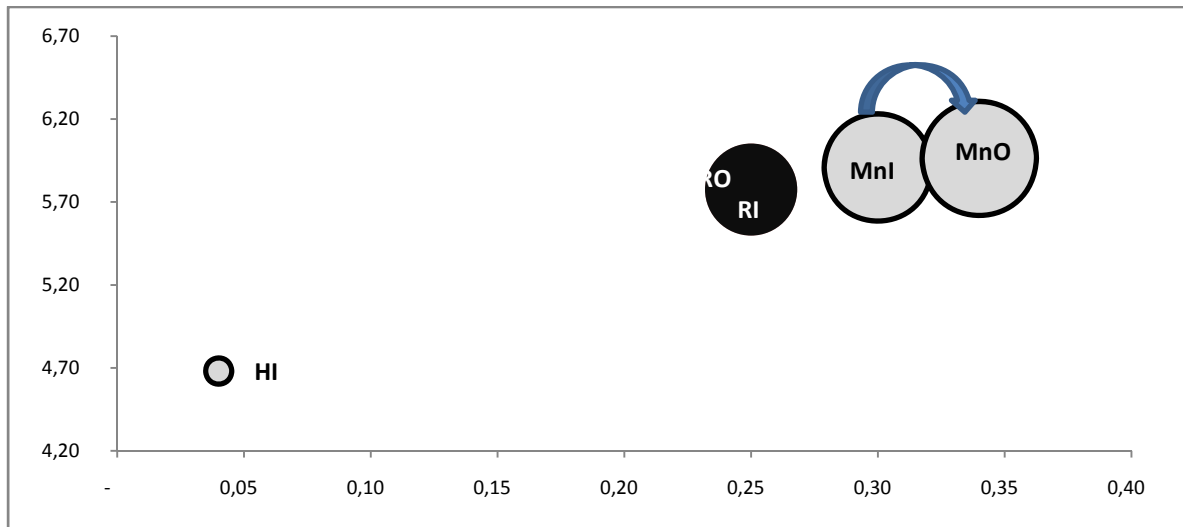
Source : Auteur, 2010

Le riz n'a pas changé que ce soit en termes de superficie qu'en termes de valeur ajoutée brute. Par contre, le manioc a un peu évolué. La superficie du haricot est affectée à celle du manioc.

2.3.1.2- Tendance évolutive de chaque spéculation pour le type 1

La migration de chaque culture dans la situation initiale vers la situation optimisée du type 1 se présente comme dans le graphe 5¹ suivant :

Graphe 5 : Tendance évolutive dans la situation optimisée du type 1



Source : Auteur, 2010

Le manioc s'est migré vers une superficie plus grande par rapport à celle du départ. Le riz initial et celui optimisé sont superposés. Le haricot initialement existant est éliminé dans la nouvelle situation.

2.3.1.3- Occupation de la main d'œuvre du type 1

Le tableau 13 ci-après montre la différence entre la main d'œuvre nécessaire par mois par rapport à celle disponible pour le type 1.

Tableau 13 : Occupation de la main d'œuvre du type 1

CULTURES	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
Riz	8,8	7,5	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	6,3	41,3
Manioc	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	0,0	0,0	0,0	0,0	15,3	11,9	0,0	39,1
Nécessaire	8,8	7,5	0,0	8,8	11,9	0,0	0,0	0,0	0,0	15,3	21,9	6,3	80,4
MO totale	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	480,0
Disponible	31,3	32,5	40,0	31,3	28,1	40,0	40,0	40,0	40,0	24,7	18,1	33,8	399,7

Source : Auteur, 2010

¹ Légende : cf paragraphe 1.2.2.3- b) élaboration du graphe de tendance d'évolution des spéculations

La main d'œuvre disponible, soit 40 Hj/mois, est largement suffisante pour les activités du type 1, l'exploitation n'a pas besoin de faire appel à une main d'œuvre extérieure. L'exploitation dispose de 83% de ses actifs, disponibles pour la vente de force de travail.

2.3.1.4- Synthèse du type 1

La synthèse de l'optimisation du type 1 est présentée dans le tableau 14 suivant :

Tableau 14 : Tableau de synthèse du type 1

Sous utilisation de la main d'œuvre	$399.7/480 = 0.83$
Valorisation de la main d'œuvre	$80.4/480 = 0.17$
Valeur Ajoutée Brute par personne initiale	$1\,426\,410/3\text{pers} = 475\,470 \text{ Ar}$
Valeur Ajoutée Brute par personne optimisée	$1\,489\,250/3\text{pers} = 496\,417 \text{ Ar}$

Source : Auteur, 2010

La main d'œuvre disponible pour la vente de force de travail est de 83% pour le type 1. La valeur ajoutée brute par personne s'avère plus avantageuse dans la situation optimisée.

2.3.2- Situation actuelle et optimisée du type 2

La stratégie adoptée par l'exploitation du type 2 est la maximisation de la valeur ajoutée brute par surface.

2.3.2.1- Rapport entre situation initiale et situation optimisée du type 2

La comparaison entre la situation initiale et celle optimisée se résume dans le tableau 15 ci-dessous :

Tableau 15 : Situation optimisée du type 2

Cultures	Situation Initiale			Situation Optimisée			Rapport (SO/SI)
	HA	PB (Ar)	VAB (Ar)	HA	PB (Ar)	VAB (Ar)	
Riz	2,00	4 768 000	4 638 000	2,00	4 768 000	4 638 000	1
Maïs			0				
taro	0,30	600 000	592 500	0,30	600 000	592 500	1
patate douce	0,20	1 440 000	1 420 800	0,40	2 880 000	2 841 600	2
arachide			0				
haricot			0				
Manioc	0,20	135 000	135 000	0,00	-	-	0

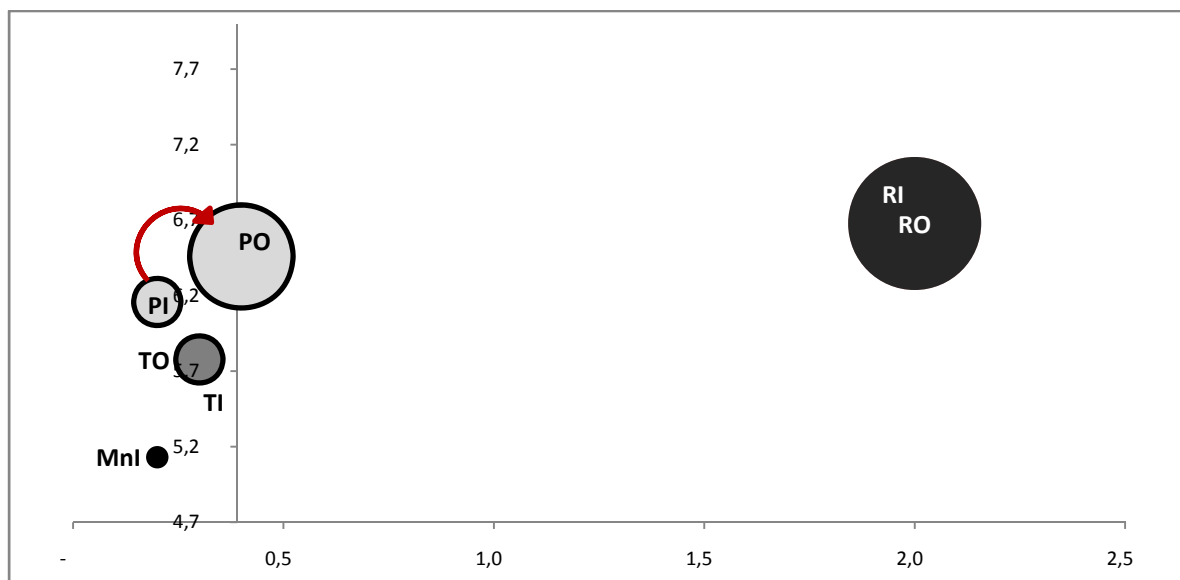
Source : Auteur, 2010

La superficie totale exploitée par le type 2 reste la même pour les deux situations. La patate douce a doublé de valeur dans la situation optimisée car la superficie de l'haricot est affectée pour la patate douce.

2.3.2.2- Tendance évolutive de chaque spéculation pour le type 2

Les évolutions de chaque spéculation à partir de la situation finale vers la situation optimisée du type 2 sont identifiées dans le graphe suivant :

Graph 6 : Tendance évolutive dans la situation optimisée du type 2



La position du riz et celle du taro n'ont pas changé. Par contre, la patate douce a migré vers la droite et plus en haut. Elle a aussi augmenté de volume. Cela veut dire que la patate douce a augmenté de superficie, donc elle génère plus de production brute.

2.3.2.3- Occupation de la main d'œuvre du type 2

La différence entre la main d'œuvre nécessaire par mois par rapport à celle disponible se présente comme suit :

Tableau 16 : Occupation de la main d'œuvre du type 2

Système de culture	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
Riz	70	60	0	70	0	0	0	0	0	0	80	50	330
patate douce	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	18	8	38
taro	0	0	0	12	21	0	0	0	0	0	0	0	33
Nécessaire	70	60	12	82	21	0	0	0	0	0	98	58	401
MO totale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1200
Disponible	30	40	88	18	79	100	100	100	100	100	2	42	799

Source : Auteur, 2010

Le type 2 ayant un nombre d'actif élevé (5 actifs *20Hj/mois), n'a pas besoin de main d'œuvre extérieure. La main d'œuvre familiale est suffisante pour toutes ses activités.

2.3.2.4- Synthèse du type 2

La synthèse de l'optimisation du type 2 est présentée dans le tableau 17

Tableau 17 : Synthèse du type 2

	Situation Initiale	Situation optimisée
VAB	6 786 300	8 072 100
Nb pers	9,0	9,0
HA	2,7	2,7
VAB/pers	754 033	896 900
VAB/HA	2 513 444	2 989 667
Sous utilisation de la main d'œuvre		70%
Valorisation de la main d'œuvre		30%

Source : Auteur, 2010

La valeur ajoutée brute par personne ainsi que la valeur ajoutée brute par surface a légèrement augmenté. Les 70% de ses actifs sont disponibles pour la vente de force de travail.

2.3.3- Situation actuelle et optimisée du type 3

La stratégie adoptée par le type 3 est la maximisation de la valeur ajoutée brute.

2.3.3.1- Rapport entre situation initiale et situation finale du type 3

Le tableau suivant montre les résultats de l'optimisation :

Tableau 18 : Situation optimisée du type 3

Cultures	Situation initiale			Situation Optimisée			Rapport (SO/SI)
	(Ha)	PB	VAB (Ar)	(Ha)	PB (Ar)	VAB (Ar)	
Riz	0,05	119 200	115 950	0,00	-	-	0,00
Maïs	0,20	196 800	193 200	0,00	-	-	0,00
taro	0,03	60 000	59 250	0,23	460 000	454 250	7,67
patate douce	0,05	90 000	85 200	2,22	4 000 000	3 786 667	44,44
arachide	1,02	734 400	624 240	0,90	646 400	549 440	0,88
haricot	0,50	600 000	600 000	0,00	-	-	0,00
Manioc	1,50	4 050 000	4 050 000	0,00	-	-	0,00

Source : Auteur, 2010

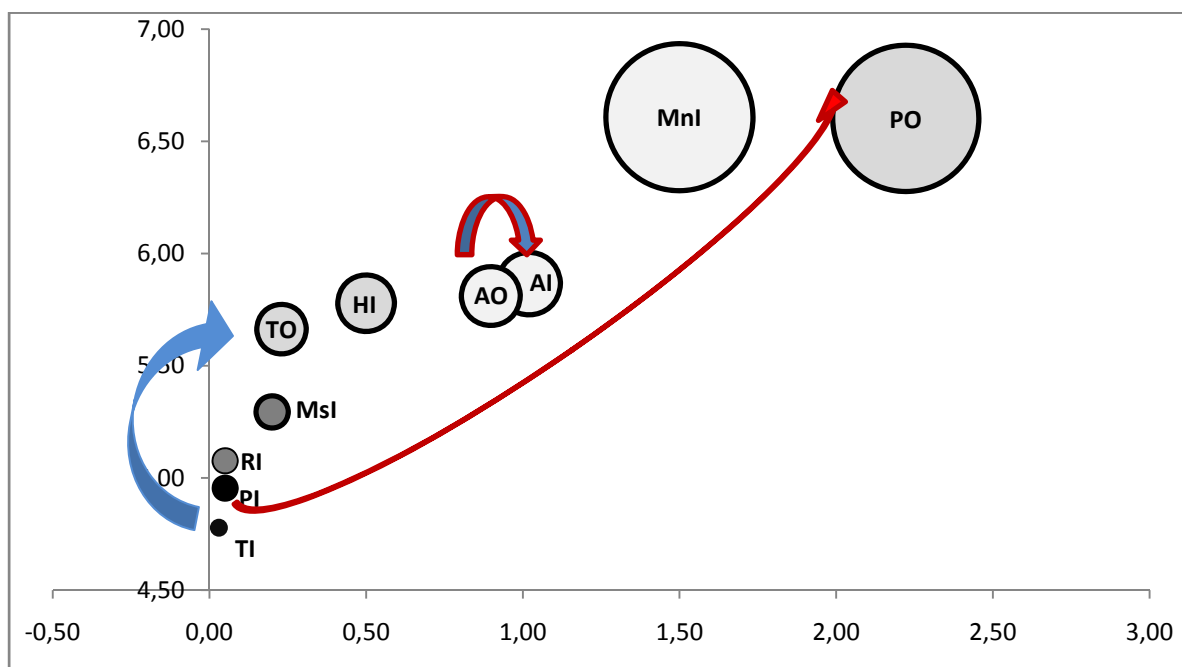
La situation optimisée présente une valeur ajoutée brute favorable pour l'exploitation. La majorité de la superficie exploitée est affectée pour le taro et la patate douce.

Le rapport entre la situation initiale et celle optimisée de la patate douce est très élevé par rapport aux autres. Les principales cultures vivrières telles que le riz, le manioc et le maïs sont éliminées du système de culture du type 3.

2.3.3.2- Tendance évolutive de chaque spéculation pour le type 3

Les modifications enregistrées dans la situation optimisée sont représentées dans le graphe 7 ci-après :

Graphe 7 : Tendance évolutive de chaque spéculation du type 3



Source : Auteur, 2010

La patate douce a migré vers une position très importante et elle a augmenté de volume. Elle s'est évoluée en termes de superficie et en termes de produit brute. Le taro présente aussi une évolution assez importante surtout au niveau de sa production brute. L'arachide a aussi légèrement migré vers la droite. Le riz, le maïs, l'haricot et le manioc a disparu du système de culture dans la situation optimisée.

2.3.3.3- Occupation de la main d'œuvre du type 3

Le rapport entre la main d'œuvre nécessaire par mois pour chaque culture dans la situation optimisée et celle disponible pour le type 3 est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 19 : Occupation de la main d'œuvre du type 3

Cultures	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
patate douce			66,6								99,9	44,4	211,0
arachide		31,5							40,5	27,0			99,0
taro				9,2	16,1								25,3
Nécessaire		31,5	66,6	9,2	16,1	0,0	0,0	0,0	40,5	27,0	99,9	44,4	335,3
MO totale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1200
Disponible	100	68,5	33,4	90,8	83,9	100	100	100	59,5	73,0	0,1	55,6	864,7

Source : Auteur, 2010

L'exploitation du type 3 n'a pas besoin de faire appel à d'autre main d'œuvre extérieure. Cette exploitation peut effectuer une vente de force de travail puisqu'elle dispose d'un grand nombre d'actif disponible par mois.

2.3.3.4- Synthèse du type 3

La synthèse de l'optimisation de type 3 est présentée dans le tableau 20 suivant :

Tableau 20 : Synthèse du type 3

	Situation Initiale	Situation optimisée
VAB	1 677 840	4 790 357
Nb pers	6,0	6,0
VAB/pers	279 640	798 393
Sous utilisation de la main d'œuvre		72%
Valorisation de la main d'œuvre		28%

Source : Auteur, 2010

La valeur ajoutée brute maximisée est largement supérieure par rapport à la situation initiale. La valeur ajoutée brute par personne est trois fois plus élevée dans la situation optimisée.

2.3.4- Situation actuelle et optimisée du type 4

2.3.4.1- Rapport entre situation initiale et situation finale du type 4

Le résultat de l'optimisation est synthétisé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 21 : Situation optimisée du type 4

Cultures	Situation Initiale			Situation Optimisée			Rapport (SO/SI)
	Ha	PB	VAB	Ha	PB	VAB	
Riz	5,00	11 920 000	11 595 000	1,03	2 461 480	2 394 367	0,21
Maïs	1,00	984 000	966 000	0,00			0,00
taro	0,01	20 000	19 750	1,00	2 000 000	1 975 000	100,00
patate douce	0,76	1 368 000	1 368 000	0,86	6 192 000	6 109 440	1,13
arachide	0,01	7 200	6 120	0,00		-	0,00
haricot	0,05	60 000	55 200	0,00		-	0,00
Manioc	0,01	27 000	27 000	0,00		-	0,00

Source : Auteur, 2010

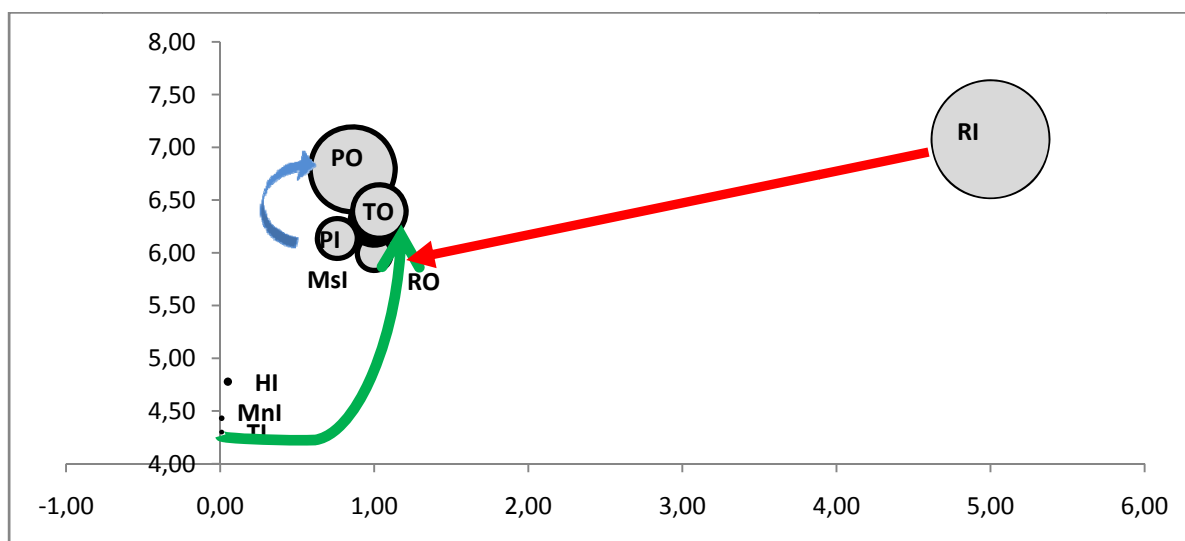
Le taro présente un rapport très élevé entre la situation initiale et la situation optimisée. Le riz présente une grande diminution dans la situation optimisée. La patate douce a légèrement augmenté.

La superficie totale exploitée, ainsi que l'utilisation de la main d'œuvre du type 4 a diminué dans la situation optimisée alors que la valeur ajoutée brute est nettement plus élevée. La situation optimisée est largement avantageuse pour le type 4.

2.3.4.2- Tendance évolutive de chaque spéculation du type 4

Les modifications au niveau des systèmes de culture de l'exploitation 4 sont synthétisées dans le graphe suivant :

Graphe 8 : Tendance évolutive de chaque spéculation du type 4



Source : Auteur, 2010

Le riz tend à disparaître dans le système de culture de l'exploitation. Par contre, le taro a tendance à évoluer vers une superficie élevée et une production brute importante. De même, la patate douce a aussi augmenté de volume et elle s'est migrée vers une production brute élevée. Les autres cultures à faible superficie telles que le manioc, le haricot et le maïs sont toutes éliminées dans la situation optimisée.

2.3.4.3- Occupation de la main d'œuvre du type 4

L'occupation de la main d'œuvre dans la situation optimisée du type 4 est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 22 : Occupation de la main d'œuvre du type 4

Culture	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Total
Riz	36,1	31	0	36,1	0	0	0	0	0	0	41,3	25,8	170
patate douce			30								45	20	95
taro				40	70								110
Nécessaire	36,1	31	30	76,1	70	0	0	0	0	0	86,3	45,8	375
MO totale	80	80	80	80	80	80	80	80	80	0	80	80	880
Disponibl e	43,9	49	50	3,9	10	80	80	80	80	0	-6,3	34,2	505

Source : Auteur, 2010

L'exploitation du type 4 dans la situation optimisée utilise exclusivement la main d'œuvre familiale sauf pour le mois de Novembre.

2.3.4.4- Synthèse du type 4

La synthèse de l'optimisation du type 4 est présentée dans le tableau 23 :

Tableau 23 : Synthèse du type 4

	Situation Initiale	Situation optimisée
VAB	14 037 070	10 478 807
Nb pers	6	6
Nb d'actif	560	375
VAB/pers	2 339 511	1 746 467
VAB/HJ	25 066	27 943
Sous utilisation de la main d'œuvre		57%
Valorisation de la main d'œuvre		43%

Source : Auteur, 2010

La valeur ajoutée brute totale a légèrement augmenté. Les 57% de ses actifs sont disponibles pour la vente de force de travail. La valeur ajoutée brute par HJ maximisé a augmenté avec un rapport de 1,11 par rapport à celle du départ.

2.3.5- Synthèse de la stratégie d'optimisation

La synthèse de la stratégie d'optimisation des 4 types se présente comme suit :

Tableau 24 : Tableau synthétique des 4 types

Type	Stratégie	Riz	Maïs	Manioc	Patate douce	Arachide	haricot	taro
1	Autosubsistance	1	0	1.13	0	0	0	0
2	Maximisation de la valeur ajoutée brute/ha	1	0	0	2	0	0	1
3	Maximisation du taux de profit	0	0	0	44.4	0.88	0	7.67
4	Rémunération du travail familial	0.21	0	0	1.13	0	0	100

Source : Auteur, 2010

III- DISCUSSIONS et RECOMMANDATIONS

3.1- DISCUSSIONS

3.1.1- Manifestation du changement climatique sur le cycle cultural et sur le système agraire

3.1.1.1- Rendements variés

Différents types d'indicateur du changement climatique sont observés entre autres, l'inondation, la sécheresse, l'intensification des cataclysmes naturels, l'augmentation de la température. Ces indicateurs, en général, engendrent beaucoup de dégâts non seulement sur la santé humaine mais surtout sur l'agriculture proprement dite (ANNEXE VIII). Ces conséquences peuvent être la non maîtrise de l'eau dans la plupart des surfaces enclavées ; le bouleversement de l'agro climat, la perte en fertilité des sols, la diminution de la productivité agricole, l'appauvrissement de la diversité biologique, ce qui conduit à l'insuffisance de la sécurité alimentaire. (PANA Madagascar, 2006) (ANNEXE IX)

Néanmoins, ces indicateurs du changement climatique peuvent aussi avoir des effets positifs. En effet, la température généralement élevée ne constitue pas directement un facteur limitant de la végétation. La constance des températures élevées ou relativement élevées au cours de l'année favorise la pérennité de la végétation si les besoins en eau peuvent être satisfaits. (Angladette & Deschamps, 1974)

La variabilité du climat est l'une des premières causes des écarts de production enregistrés d'une année sur l'autre. En soi, les indicateurs du changement climatique peuvent exacerber la variabilité du climat, qui demeure l'un des principaux facteurs de l'instabilité de la production vivrière d'une année à l'autre. (FAO comité de l'agriculture, 2001)

Les interactions entre la variabilité et les indicateurs du changement climatique et l'agriculture sont nombreuses (ANNEXE IX). L'agriculture est victime des caprices du climat mais contribue aussi de son côté à accroître la variabilité et les indicateurs du changement climatique, directement et indirectement, comme l'interruption des cycles naturels de nombreux éléments et de l'eau par suite de la dégradation des sols et du déboisement, etc. (FAO- comité de l'agriculture, 2001)

3.1.1.2- Cycle cultural modifié

Le système agraire actuel est constitué par une forte prépondérance des associations de cultures. L'essentiel des activités agricoles est consacré aux cultures vivrières qui visent

la satisfaction des besoins alimentaires. Viennent ensuite les cultures de rente qui servent à dégager du surplus pour supporter les différentes obligations sociales. (Rakotomalala, 2008)

Aux latitudes plus basses, particulièrement dans les régions tropicales comme Madagascar, les projections montrent des rendements agricoles décroissants, même pour de faibles augmentations locales de température (1 à 2 °C), ce qui augmenterait les risques de famine. (GIEC, 2007). Les séquences sèches s'allongent sur les Hautes Terres Centrales et la côte Est. Sur les Hautes Terres, ceci est dû au recul de la saison de pluies.

Par ailleurs, la variation du rendement, qu'elle baisse ou s'accroisse, ne dépend pas forcément de ces indicateurs du changement climatique. Elle dépend de plusieurs paramètres tels que la vulgarisation de nouvelle technique agricole, l'utilisation des intrants, du capital, de la main d'œuvre. Par contre, tout système de culture dépend étroitement de la pluviométrie car si elle varie considérablement, le calendrier cultural est influencé, ainsi que la production et le rendement.

Lilia Rabeharisoa, chef du projet ACCA souligne que les décideurs locaux n'ont pas les fonds nécessaires pour aider les agriculteurs à faire face au problème fondamental de la rareté de l'eau pour la riziculture (acca.madagascar, 2009). Le changement brusque du cycle cultural en 2000 s'explique par le raccourcissement de la saison de pluies. Les exploitants n'ont fait que s'adapter à la diminution de la précipitation.

Par conséquent, pour s'adapter déjà à cette nouvelle situation, les paysans adoptent des variétés de riz à cycle court tels que le « Sebota » et le « dombolo ». Ces variétés de riz supportent l'aridité.

3.1.2- L'effet des indicateurs du changement climatique sur les différents types d'exploitation

Les gens en situation de pauvreté comme l'exploitation du type 1 sont exposés au risque d'insécurité alimentaire dû à la variation imprédictible de la pluviométrie et au manque de systèmes d'assurance adéquats. De même, La capacité des populations rurales à faire face à l'impact des indicateurs du changement climatique est fonction des facteurs socio-économiques tels que la composition du ménage, l'âge et la répartition des avoirs du ménage (FAO, 2009). Afin de disperser ces risques, ce type d'exploitation donne priorité aux cultures vivrières telles que le riz et le manioc en utilisant au maximum les forces de travail familial. De plus, l'insuffisance de terrain à cultiver ainsi que l'infertilité du sol incite ces familles à défricher et à déboiser davantage ; ce qui entraîne inexorablement des

conséquences majeures sur certains variables climatiques, notamment la pluviométrie, à l'échelle microclimatique, de même au niveau régionale.

L'exploitation du type 2, ayant un nombre d'actifs très élevé, vise à maximiser ses revenus monétaires à l'unité de surface en utilisant au maximum leur propre force de travail familiale. Afin de limiter les risques dus de la variabilité pluviométrique, ce type d'exploitation prône plutôt pour l'intensification ou le métayage car elle dispose d'une main d'œuvre importante et d'une superficie moyenne.

La classe 3, par contre est une grande exploitation. Muni d'une superficie exploitée étendue et d'un revenu monétaire considérable, elle a plus des moyens pour faire face à tout changement brusque par rapport aux autres systèmes de production.

La classe 4 qui a pour stratégie la rémunération du travail familial, ayant une superficie exploitée élevée ne vise qu'à maximiser son revenu familial par unité de temps investie. Elle a une large capacité de s'adapter aux effets des indicateurs du changement climatique.

3.1.3- Les Stratégies d'optimisation de la sécurité alimentaire varient en fonction des caractéristiques de chaque type de système de production

Le type 1 qui a pour stratégie d'autosubsistance a dispersé les risques face aux effets des indicateurs du changement climatique en affectant toute la superficie du tanety pour la culture de manioc qui est un aliment de base de la population après le riz. De cette manière, durant la période de soudure, le manioc serait la substitution du riz. Leur priorité est donc de produire le maximum de nourriture pour leur propre consommation familiale.

La superficie totale exploitée par le type 2 n'a pas changé, la culture de manioc est juste remplacée par la culture de patate douce sur un même étage écologique. Pour maximiser ses revenus, ce type d'exploitation peut vendre des forces de travail familial car il a des actifs disponibles largement supérieurs à ceux dont il a besoin pour ses activités. La valeur ajoutée brute par unité de surface augmente de 19% dans la situation optimisée.

Pour le type 3, la situation optimisée préconise de ne cultiver que de la patate douce, du taro et d'arachide pour pouvoir maximiser ses taux de profits. Dans cette nouvelle situation, la valeur ajoutée brute de l'exploitation est très élevée par rapport à la situation initiale.

Le type 4 a une valeur ajoutée brute par actif augmentée de 15% dans la nouvelle situation par rapport à celle de départ. La superficie exploitée a diminuée de 2/3 et les cultures suggérées sont la riziculture, la culture de taro et celle de patate douce.

Pour les 3 types à stratégie de maximisation de valeur ajoutée brute, il voudrait mieux délaissier les céréales aux profits des plantes à tubercules telle que la patate douce.

3.2- RECOMMANDATIONS

3.2.1- Utilisation des variétés et des techniques utilisées adaptées

La perturbation ou le déclin des approvisionnements alimentaires aux niveaux mondial et local dus aux changements climatiques peuvent être évités à condition que :

- Les paysans adoptent des variétés plus appropriées, de meilleures méthodes de culture des terres, de production et de gestion du bétail et le développement de variétés de plantes et de races adaptées à des conditions climatiques changeantes. Il est recommandé d'utiliser des variétés à court terme et qui supportent l'aridité ;
- Les paysans soient encadrés par des techniciens pour l'adaptation du calendrier cultural en fonction de la prévision climatique du service Météo ;
- La vulgarisation et les appuis à l'adoption des pratiques culturelles respectent l'environnement et la valorisation des bassins versants par la restauration de la fertilité des sols ;
- L'exploitation intensive des pâturages soit limitée et nécessiterait l'utilisation rationnelle des fourrages verts pendant la saison de pluie et la pratique des techniques de conservation et stockage des fourrages (foin, ensilage) pendant la saison sèche.

3.2.2- Dispersion des risques

La dispersion des risques consiste à :

- Diversifier les cultures et les répartir sur tous les terroirs afin de limiter les risques dus aux catastrophes naturelles ou aux baisses brusques de rendement, surtout pour les exploitations à stratégie d'autosubsistance.
- Investir dans la culture de rente pour encore maximiser les revenus surtout pour les autres exploitations à stratégie de maximisation de valeur ajoutée ;
- Effectuer des reboisements qui permettraient de compenser les dégâts occasionnés au climat, mais aussi et surtout, un reboisement du type arboriculture, augmenterait aussi les revenus des paysans et leur procurerait en ainsi un retour économique plus bénéfique et à long terme.

3.2.3- Au niveau de l'administration

- Il s'agit de mettre en place et/ ou renforcer un service météo décentralisé afin de mieux prévenir des éventuels bouleversements climatiques. Un bon usage des données et

prévisions météorologiques, à travers des systèmes d'alerte rapide surtout pour les plus vulnérable tels que l'exploitation du type 1, peut aussi aider à analyser les incidences des changements climatiques sur la production agricole et la chaîne alimentaire toute entière.

- Les gouvernements sont encouragés à tenir compte, au moment d'élaboration leurs politiques agricoles et d'aménagement du territoire, des effets prévus de la variabilité naturelle du climat et des changements climatiques sur les régimes des précipitations et des températures. (FAO- comité de l'agriculture, 2001)

- Recherche, vulgarisation et promotion des variétés culturales adaptées aux conditions édapho-climatiques de la région.

CONCLUSION

L'économie de Madagascar est en majeure partie basée sur l'agriculture aussi bien pour la consommation nationale que pour l'exportation. Mais il faut reconnaître que, partout dans le monde, l'agriculture est une spéculation économique à haut risque. Elle dépend de facteurs naturels incertains et imprévisibles comme le climat et le cataclysme naturel causé par l'effet néfaste des indicateurs du changement climatique. Il est constaté ces derniers temps, une baisse considérable de la productivité agricole due au déséquilibre de l'écosystème et de la disponibilité en ressources en eau, ce qui aggrave la pauvreté de la population. La présente étude a montré les impacts de ces indicateurs du changement climatique sur la productivité du district de Moramanga mais surtout sur sa sécurité alimentaire. Les résultats ont trouvé quatre types d'exploitation bien distincte. Ainsi, il y a quatre types d'adaptation aux variations climatiques suggérés par l'optimisation de l'utilisation des moyens de production. Le type 1 qui opte pour l'autosubsistance va devenir une grande exploitation comme le type 3 qui ne se soucie plus que de son profit.

Par ailleurs, les indicateurs du changement climatique ont bouleversé la situation économique, sociale et écologique du pays et par conséquent limite sa capacité à réduire la pauvreté et à réaliser les objectifs en matière de développement. Ainsi, Madagascar est vulnérable aux catastrophes étant donné la faiblesse et l'instabilité de ses économies, la dépendance de la population à l'utilisation des ressources naturelles et la portée limitée de ses services sociaux. En somme, Les communautés biologiques et les populations humaines du monde paieront ensemble pour leur incapacité d'agir de manière efficace en résolvant les problèmes relatifs aux changements climatiques.

Le changement climatique étant un ensemble de plusieurs phénomènes est un domaine très vaste. Par conséquent, ses impacts sur la productivité agricole sont très difficiles à évaluer mais reste essentiellement à rechercher puisque la sécurité alimentaire en dépend étroitement.

BIBLIOGRAPHIE

1. Apfelbaum M., 1989, *Diététique et nutrition, Abrégés de médecine*, MASSON, 473 p
2. Angladette A., Deschamps L., 1974, *Problèmes et perspectives de l'agriculture dans les pays tropicaux, Collection Techniques agricoles et production tropicales*, Edition Maisonneuve et Larose, Paris, 770p
3. Conseil économique et sociale, 2006, *Partager la connaissance et ouvrir le dialogue : changement climatique*, France, 30 p
4. Deneux M., 2002, *l'évaluation de l'ampleur des changements climatiques, de leurs causes et de leur impact prévisible sur la géographie de la France à l'horizon 2025, 2050 et 2100*, 291 p
5. Dufumier M., 2001, *les projets de développement agricole, Manuel d'expertise*, CTA-KARTHALA, Paris, 354 p
6. FAO- comité de l'agriculture, 2001, *variabilité et changement climatique : un défi pour la production agricole durable*, Rome, 14 p
7. FAO, 1996, *Déclaration de Rome sur la sécurité alimentaire mondiale et plan d'action du sommet mondial de l'alimentation*, Rome, 48p
8. FMI, 2005, *FMI press release*, 52p
9. GIEC, 2007, *Bilan 2007 des changements climatiques*, 114p
10. Gouvernement malgache, PTF, 2008, *Initiative sur la flambée des prix alimentaire*, 81p
11. IIED, 2007, *Rapport sur le changement climatique*, Londres, 82 p
12. MAEP, 2005, *Monographie de la région d'Alaotra Mangoro*, 116p
13. MAEP, 2005, *Plan Régionale du Développement*, 105p
14. Ministère de l'environnement et des eaux et forêt, 2006, *Programme d'action Nationale d'Adaptation aux Changement Climatique*, 75 p
15. PAM, 2005, *Madagascar : Analyse de la sécurité alimentaire et de la vulnérabilité*, 37p
16. Rakotomalala J., 2008, *Etude des séries évolutives des systèmes agraires en relation avec les changements climatiques*, Mémoire d'ingénieur, département Agriculture, 64p
17. Rakoto. H, Rakotondrasoa. O, Rakotondrazafy H, Ratovo O, 2008 ; *Evaluation de la vulnérabilité de la biodiversité et des moyens de subsistance face aux changements climatiques*, Rapport d'atelier, 44p

WEBLIOGRAPHIE

1. www.fao.org/climatechange, *changement climatique et sécurité alimentaire*, Décembre 2009
2. www.crdi.ca/acca, *vulnérabilité et adaptations aux changements climatiques des systèmes agraires à Madagascar*, Mai 2010
3. www.africa-adapt.com, *Stratégie d'adaptation et restauration de l'environnement en Afrique*, juillet 2009
4. www.Madagascar-economica.com , *Rapport de la Banque mondiale*, Décembre, 2009

ANNEXES

I- QUESTIONNAIRE DE L'ADRA MADAGASCAR

- 1- Ce qui est votre **âge** en années : _____ Sexe : 1. M [] 2. F []
- 2- Quel est votre **état civil** ? 1. Marié 2. Séparé 3. veuve 4. Non jamais marié 5. Autre, indiquent svp le _____
- 3- Peux-tu lire ou écrire ?
- 4- Quel est votre **niveau d'éducation** ?
 1. École non jamais fréquentée
 2. primaire
 3. Secondaire
 4. Enseignement Pour adultes
- 5- combien êtes-vous dans votre ménage ? _____
- 6- Es-tu un fermier ? 1. Oui 2. Non

B. AGRICULTURE

- 7- quelles quantités de semence as-tu planté pendant la dernière année ? (Réaction multiple) pour chaque culture
- 8- Combien d'hectares as-tu cultivé l'année dernière pour ces récoltes ? Pour chaque culture
- 9- Combien as-tu moissonné pour chaque récolte ? Pour chaque culture
- 10- Quelle technologie agricole as-tu appliqué pendant la dernière saison de plantation ?
- 11- As-tu employé un type de stockage pour la nourriture ? 1 Oui Numéro 2
- 12- quel type de stockage facile emploies-tu ?
 - a. Barils de plastiques
 - b. Unités élevées de stockage
 - c. Couchette
 - d. Cosse accrochée
 - e. Sacs
 - f. L'espace dans la maison
 - g. Autre (Indiquer Le) _____
- 13- Combien as-tu stocké de votre dernière moisson ? Pour chaque culture
- 14- Combien votre ménage a-t-il employé de votre dernière moisson ? pour chaque culture
- 15- Quels problèmes de stockage de nourriture remarques-tu ?
 - a. Décomposition
 - b. Vol
 - c. Parasite
 - d. Rat
 - e. Autre (Indiquer Le) _____
- 16 Quels techniques employiez-vous contre le parasite et la maladie dans votre stockage ?
 - a. Technique de Trappe
 - b. Amélioration de système de stockage
 - c. Autre (Indiquer Le) _____
- 17- Combien d'argent par mois dépenses- tu pour votre ménage ?
Valeur) (d'Ariary / mois
Nourriture, Vêtements, Apport en agriculture, Éducation, Festivité traditionnelle, Santé de famille, Utilités, Transport, Autre
- 18- Quelles sont les sources de votre revenu de ménage (*vérification comme approprié*) ?
Affermage agricole, Bétail, Petite entreprise, Salaires provisoires, Conjoint, Remise, Parents, amis
- 19- Quelle est la source de revenu principal pour le ménage ? Choisir seulement un parmi ceux qui sont cités ci-dessus
- 20- Obtiens-tu de prêt pour votre ménage ? 1 Oui 2 Aucun
- 21- Quel est la principale source du prêt ?
 1. Parents

2. Amis
3. les bailleurs de fonds
4. coopératives
5. crédit micro
6. Autre (Indiquer Le) _____
- 22- Combien as-tu gagné pour la dernière fois à 12 mois ? Valeur (Ariary)
 - a. Affermage _____
 - b. Bétail _____
 - c. affaires _____
 - d. Le JOB temporaire _____
 - e. Fonction de salaire _____
 - f. Remise _____
 - g. Nourriture pour le travail _____
 - h. Autre (Indiquer) _____
 - i. aucun _____
- 23- As-tu le bétail ? 1 Oui 2 Aucun
- 24- Votre bétail a-t-il recueilli la maladie pendant les 12 derniers mois ? 1
 Oui 2 Aucun
- 25- As-tu rapporté à manifestation de la maladie de bétail cette année ? 1 Oui
2 Aucun
- 26- Quel est le problème principal d'élever votre bétail ?
 Terre, Pâturage, travail, la maladie, argent, vol
- 27- Que fais-tu pour améliorer votre production animale ?
 Contrôle de la maladie
- 28- Combien de mois d'une année prends-tu assez de nourriture pour le ménage ? Mois de _____
 Quels mois sont-ils ?

II- DONNEES PLUVIOMETRIQUES

mm	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	total
1960	434,2	178,6	182,3	19,5	48,3	79,4	49,6	32,1	27,6	27,2	170,1	281,5	1530
1980	415	128,3	340,3	36,8	29	18,6	69,7	42	26	148,1	86,9	187,2	1528
2000	109	185	198	13	2	19	15	7	3	1	19	196	767

Source : Service de la météorologie Ampandrianomby

III- CALENDRIERS CULTURAUX

RIZ													
année	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	rdt(t/ha)
1960	S	S		S			R	R		R			3
1970	P	Rep	Sar P	S	Rep	R					R	P	4
1980	P	Rep	Sar P	S	Rep	R					R	P	3,12
1990	P	Rep	Sar P	S	Rep	R					R	P	
2000					S					R			1
2004					P	S	Rep	Sar		R			2 à 3
2009					P S	S	Rep	Sar		R			1 à 3
MAIS													
année	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	rdt t/ha
1960		P	P	S				R	R				2,35
1970			P	S					R				
1980			P	S					R				
1990				P	S						R		
2000				P	S						R		0,48
2009					P	S			R				1,64
MANIOC													
année	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	rdt t/ha
1960			R	R					P	S			
1970			R	R					P	S			14
1980			R					P	S				12,01
1990		P	P	S R						P S			
2000		P	P	S R									5,14
2009				P	S						R		9
HARICOT													
année	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	rdt t/ha
1960	R	P	S			R		P	P S	S			
1970	R	P	S			R		P	P S	S			
1980	R	P	S			R		P	P S	S			1,4
1990				R							P	S	0,6
2000	S			R							P	S	0,4
2009				P	S			R					1
ARACHIDE													
année	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	rdt t/ha
1960		P	P S	S	P	S	R	R		R			2
1970		P	P S	S	P	S	R	R		R			2
1980		P	P S	S	P	S	R	R		R			1
1990		P	P S	S	P	S	R	R		R			1
2000			P	S				R					0,37
2009			P	S				R					0,8

PATATE DOUCE													
année	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	rdt t/ha
1960		R	P	S			R		P	P S	S		
1970	R		P	S			R		P	S			
1980	R		P	S			R		P	S			
1990	P S	P S R	S R	R	P R	S R			R		P S	P S	7,2
2000					P	S			R				4
2009					P	S			R				6
TARO													
année	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	rdt t/ha
1960											P	S R	9,25
1970											P	S R	6
1980										P	S R		7,2
1990										P	S R		5,48
2000										P	S R		5,48
2009										P	S R		4

Source : compilation des données par l'auteur

IV- Résultat de la nuée dynamique

Données : classeur = ND-AFD.xlsx / feuille = Donnée / plage = \$B\$2:\$P\$580 / 579 lignes et 15 colonnes

Les données sont centrées-réduites par colonnes

Pondération uniforme des individus (par défaut)

Pondération uniforme des variables (par défaut)

Nombre de classes : 4

Répétitions : 10

Graine du générateur de nombres pseudo-aléatoires : 802426398

Itérations : 50

Convergence : 0,0001

Nombre de partitions utilisées pour identifier les formes fortes : 10

Bilan des 10 meilleures répétitions :

Répétition	Nombre d'itérations effectué	Intra initiale	Intra finale
1	7	7737,17	6016,90
2	16	7603,53	6002,99
3	9	6785,33	6018,64
4	6	6958,54	5979,66
5	12	6969,44	6001,53
6	9	7295,07	5994,07
7	11	6836,15	6016,45
8	8	6914,12	5943,60
9	9	7502,46	5929,00
10	4	6515,63	6017,41

En gras, répétition correspondant à la meilleure solution trouvée par XLSTAT

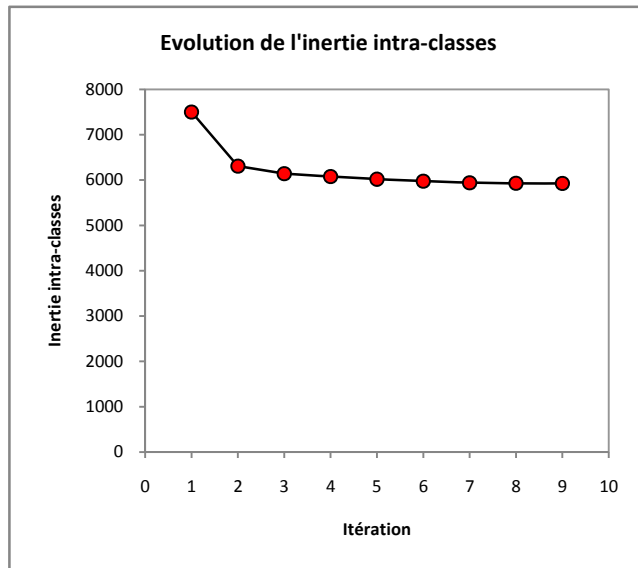
Décomposition de l'inertie pour la meilleure partition obtenue :

Inertie	Valeur
Intra-classes	5929,003
Inter-classes	2755,997
Totale	8685,000

Evolution de l'inertie intra-classes :

Itération	Inertie intra-classes
1	7502,456
2	6309,509
3	6144,534

4	6080,491
5	6022,846
6	5978,939
7	5943,875
8	5931,844
9	5929,338



Distances entre les individus centraux :

	1 (481)	2 (453)	3 (39)	4 (400)
1 (481)	0,000	2,665	4,794	8,647
2 (453)	2,665	0,000	5,276	6,770
3 (39)	4,794	5,276	0,000	8,899
4 (400)	8,647	6,770	8,899	0,000

V- Résultat par AFD

XLSTAT 7.0 - Analyse Factorielle Discriminante (AFD) - le 09/07/2010 à 16:25:00

Variables explicatives : classeur = ND-AFD.xlsx / feuille = Donnée / plage = \$B\$2:\$P\$580 / 579 lignes et 15 colonnes

Pondération uniforme (par défaut)

Variable dépendante : classeur = ND-AFD.xlsx / feuille = Donnée / plage = \$V\$2:\$V\$580 / 579 lignes et 1 colonne

Aucune donnée manquante détectée

Hypothèse : Egalité des matrices de covariance intra-classes

Tolérance limite : 0,010

Variables explicative supprimée : taille (tolérance = 0,000)

Variables explicative supprimée : nb actf (tolérance = 0,000)

Variables explicative supprimée : riz (tolérance = 0,000)

Variables explicative supprimée : maïs (tolérance = 0,000)

Variables explicative supprimée : manioc (tolérance = 0,000)

Variables explicative supprimée : haricot (tolérance = 0,000)

Variables explicative supprimée : arachide (tolérance = 0,000)

Variables explicative supprimée : patate douce (tolérance = 0,000)

Variables explicative supprimée : taro (tolérance = 0,000)

Variables explicative supprimée : CT (tolérance = 0,000)

Variables explicative supprimée : RT (tolérance = 0,000)

Variables explicative supprimée : sup riz (tolérance = 0,000)

Nombre de facteurs associés à des valeurs propres non triviales : 3

Statistiques de multicollinéarité :

	sup tanety	sup baiboho	STE
Tolérance	0,600	0,731	0,469
VIF	1,667	1,369	2,134

Description des groupes :

Groupe	Fréquence	Moyenne sup tanety	Moyenne sup baiboho	Moyenne STE
1	503	0,348	0,065	0,833
2	48	0,401	0,289	3,184
3	14	3,125	0,234	4,430
4	14	0,861	0,995	8,142

inerties inter-classes :

	sup tanety	sup baiboho	STE
sup tanety	107,715	11,634	176,092
sup baiboho	11,634	13,754	117,054

STE	176,092	117,054	1072,607
-----	---------	---------	----------

Inertie du groupe 1 :

	sup tanety	sup baiboho	STE
sup tanety	95,869	6,442	132,486
sup baiboho	6,442	24,993	34,283
STE	132,486	34,283	323,374

Pour obtenir la matrice de covariance, divisez chaque valeur par 502

Inertie du groupe 2 :

	sup tanety	sup baiboho	STE
sup tanety	10,039	3,564	15,830
sup baiboho	3,564	23,373	12,435
STE	15,830	12,435	44,408

Pour obtenir la matrice de covariance, divisez chaque valeur par 47

Inertie du groupe 3 :

	sup tanety	sup baiboho	STE
sup tanety	19,803	-0,422	23,787
sup baiboho	-0,422	1,848	0,938
STE	23,787	0,938	40,491

Pour obtenir la matrice de covariance, divisez chaque valeur par 13

Inertie du groupe 4 :

	sup tanety	sup baiboho	STE
sup tanety	21,764	13,078	57,625
sup baiboho	13,078	54,497	58,102
STE	57,625	58,102	201,867

Pour obtenir la matrice de covariance, divisez chaque valeur par 13

Inertie intra-classes commune :

	sup tanety	sup baiboho	STE
sup tanety	147,476	22,662	229,728
sup baiboho	22,662	104,711	105,758
STE	229,728	105,758	610,139

Pour obtenir la matrice de covariance, divisez chaque valeur par 575

Matrice d'inertie totale :

	sup tanety	sup baiboho	STE
sup tanety	255,191	34,296	405,820
sup baiboho	34,296	118,465	222,812
STE	405,820	222,812	1682,746

Pour obtenir la matrice de covariance, divisez chaque valeur par 578

Carrés des distances de Mahalanobis entre groupes :

	1	2	3	4
1	0	12,959	31,303	104,195
2	12,959	0	50,325	43,961
3	31,303	50,325	0	145,284
4	104,195	43,961	145,284	0

F de Fisher associés aux carrés des distances de Mahalanobis entre groupes :

	1	2	3	4
1	0	188,598	141,572	471,239
2	188,598	0	175,758	153,534
3	141,572	175,758	0	312,919
4	471,239	153,534	312,919	0

En gras, valeurs significatives au seuil $\alpha=0,050$ (test unilatéral)

p-values unilatérales du F de Fisher :

	1	2	3	4
1	1	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
2	< 0,0001	1	< 0,0001	< 0,0001
3	< 0,0001	< 0,0001	1	< 0,0001
4	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	1

Test de la statistique de Box (approximation asymptotique du Khi^2) :

Khi ² (valeur observée)	798,534
Khi ² (valeur critique)	28,869

ddl	18
p-value unilatérale	< 0,0001
Alpha	0,05

Conclusion :

Au seuil de signification $\alpha=0,050$ on peut rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des matrices de covariance intra-classes. Autrement dit, la différence entre les matrices de covariance intra-classes est significative.

Test de la statistique de Box (approximation asymptotique du F de Fisher) :

F (valeur observée)	44,233
F (valeur critique)	1,608
ddl 1	18
ddl 2	6566
p-value unilatérale	< 0,0001
Alpha	0,05

Conclusion :

Au seuil de signification $\alpha=0,050$ on peut rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des matrices de covariance intra-classes. Autrement dit, la différence entre les matrices de covariance intra-classes est significative.

Test de la statistique de Kullback :

Khi ² (valeur observée)	425,406
Khi ² (valeur critique)	28,869
ddl	18
p-value unilatérale	< 0,0001
Alpha	0,05

Conclusion :

Au seuil de signification $\alpha=0,050$ on peut rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des matrices de covariance intra-classes. Autrement dit, la différence entre les matrices de covariance intra-classes est significative.

Test du Lambda de Wilks :

Lambda	0,132
F (valeur observée)	200,736
F (valeur critique)	1,895
ddl 1	9
ddl 2	1395
p-value unilatérale	< 0,0001
Alpha	0,05

La valeur de F est calculée en utilisant l'approximation de Rao

Conclusion :

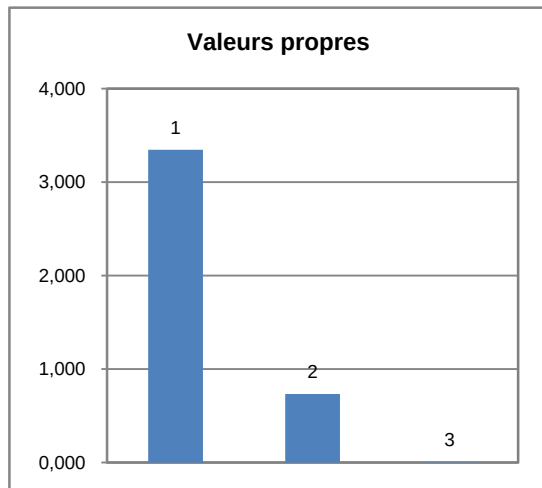
Au seuil de signification $\alpha=0,050$ on peut rejeter l'hypothèse nulle d'égalité des vecteurs espérances des 4 groupes. Autrement dit, la différence entre les barycentres des groupes est significative.

Fonctions de classement :

Coefficient	1	2	3	4
Constante	-0,491	-11,104	-23,033	-61,666
sup tanety	0,183	-8,488	13,492	-22,845
sup baiboho	-0,496	-3,434	-0,877	-7,312
STE	0,802	6,792	-0,753	17,542

Valeurs propres et pourcentage de variance :

	F1	F2	F3
Valeur propre	3,346	0,733	0,003
% variance	81,976	17,954	0,070
% cumulé	81,976	99,930	100,000



Vecteurs propres :

Variable	F1	F2	F3
sup tanety	1,792	1,525	0,243
sup baiboho	0,518	-0,127	2,521
STE	-1,223	-0,011	-0,315

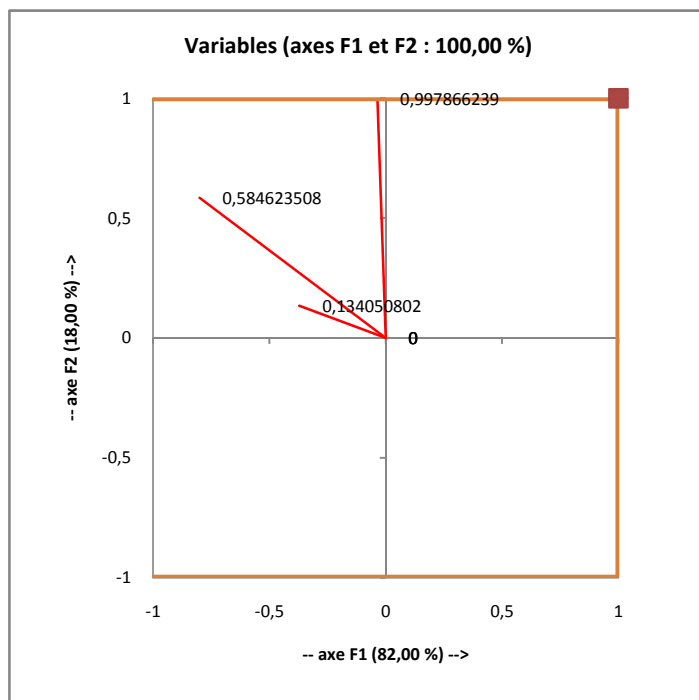
Tests de Bartlett :

	Khi ²	ddl	p-value
F1 - F3	1161,558	9,000	0,000
F2 - F3	317,465	4,000	0,000
F3 seul	1,631	1,000	0,202

En gras, valeurs significatives au seuil alpha=0,050 (test unilatéral)

Coordonnées des variables :

Variable	F1	F2	F3
sup tanety	-0,036	0,998	0,055
sup baiboho	-0,371	0,134	0,919
STE	-0,800	0,585	0,135



VI- Tableau de comparaison de la situation initiale et la situation optimisée

1- Situation du type 1

Terroirs	Systèmes de culture	Situation initiale	situation optimisée
Rizière	Riz	0,25	0,25
Baiboho	Maïs	0	0
	taro	0	0
	patate douce	0	0
Tanety	arachide	0	0
	haricot	0,04	0
	Manioc	0,3	0,34

2- Situation du type 2

Systèmes de culture	Situation initiale				Situation optimisée				
	HA	PB (Ar)	CI (Ar)	VAB (Ar)	HA	PB (Ar)	CI (Ar)	VAB (Ar)	
Riz	2,00	4 768 000	130 000	4 638 000	2,00	4 768 000	130 000	4 638 000	
Maïs	0,00	0	0	0	0,00	0	0	0	
taro	0,30	135 000	7 500	127 500	0,30	600 000	7 500	592 500	
patate douce	0,20	600 000	19 200	580 800	0,40	2 880 000	38 400	2 841 600	
arachide	0,00	0	0	0	0,00	0	0	0	
haricot	0,00	0	0	0	0,00	0	0	0	
Manioc	0,20	135 000	0	135 000	0,00	0	0	0	
		VAB TOTALE (Ar)		5 481 300			VAB TOTALE (Ar)		8 072 100
		SUP TOTALE (Ha)		2,70			SUP TOTALE (Ha)		2,70
		VAB/Ha (Ar/Ha)		2 030 111			VAB/Ha (Ar/Ha)		2 989 667

3- Situation du type 3

culture	Situation initiale				Situation optimisée				
	Ha	PB	CI (Ar)	VAB (Ar)	Ha	PB (Ar)	CI (Ar)	VAB (Ar)	
Riz	0,05	119 200	3 250	115 950	0,00	0	0	0	
Maïs	0,20	196 800	3 600	193 200	0,00	0	0	0	
taro	0,03	60 000	750	59 250	0,23	460 000	5 750	454 250	
patate douce	0,05	90 000	4 800	85 200	2,22	4 000 000	213 333	3 786 667	
arachide	1,02	734 400	110 160	624 240	0,90	646 400	96 960	549 440	
haricot	0,50	600 000	0	600 000	0,00	0	0	0	
Manioc	1,50	4 050 000	0	4 050 000	0,00		0	0	
			VAB totale	1 677 840				VAB totale	4 790 357

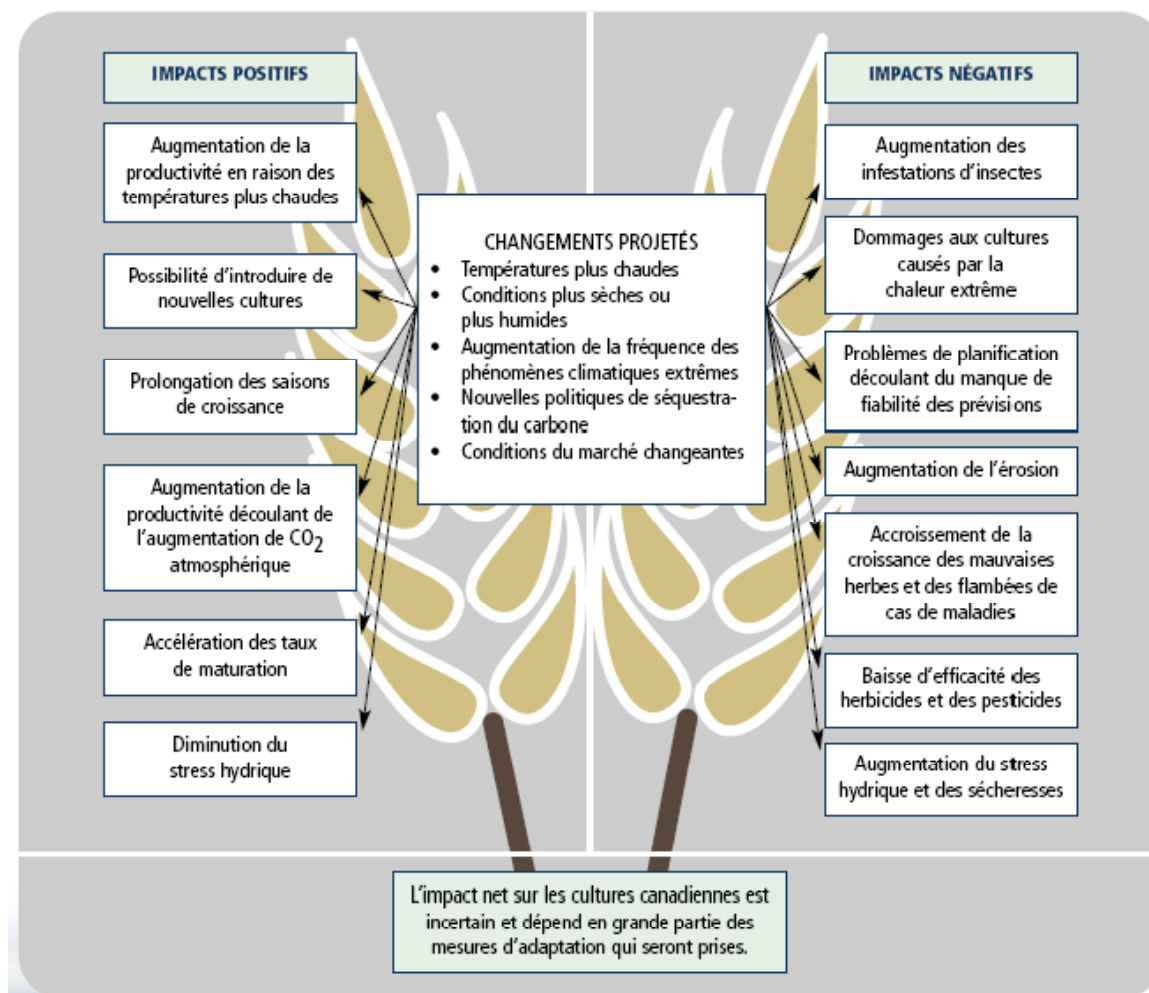
- Situation du type 4

Terroirs	Culture	Situation initiale				Situation optimisée			
		Sup (Ha)	PB(Ar)	CI(Ar)	VAB(Ar)	Sup (Ha)	PB(Ar)	CI(Ar)	VAB(Ar)
Rizière	Riz	5	11920000	325000	11595000	1,0325	2461480	67113	2394367
Baiboho	Maïs	1	984000	18000	966000	0	0	0	0
	taro	0,01	20000	250	19750	1	2000000	25000	1975000
Tanety	patate douce	0,76	1368000	0	1368000	0,86	6192000	82560	6109440
	arachide	0,01	7200	1080	6120	0	0	0	0
	haricot	0,05	60000	4800	55200	0	0	0	0
	Manioc	0,01	27000	0	27000	0	0	0	0
				VAB totale	14037070			VAB totale	10478807
			hj totale	560			hj totale	362	
			VAB/Hj	25066,2			VAB/Hj	28946,981	

haricot	96000
taro	25000

VIII- Impacts éventuels du changement climatique sur les cultures

FIGURE 3: Impacts éventuels du changement climatique sur les cultures agricoles du Canada.



IX- PANA MADAGASCAR 2006/ Projet 14 : Sécurisation alimentaire

DESCRIPTION

Malgré l'effort mené par l'Etat Malagasy sur le renforcement de la productivité agricole dans le monde rural, la plupart des régions n'arrivent pas à satisfaire leurs besoins alimentaires qui nécessitent l'extension du programme « filet de sécurité » suivi d'une IEC sur l'éducation nutritionnelle des agriculteurs.

Objectif :

- Amélioration de la qualité alimentaire surtout dans le monde rural
- Réduire la période de soudure

Activités :

1. Extension du Programme "Filet de Sécurité"
2. Sensibilisation et éducation nutritionnelle des agriculteurs et des éleveurs

Intrants :

Formateurs communicateurs spécialiste en éducation nutritionnelle ; Sociologue ; moyens financiers nécessaire pour les dotations

Extrants à court terme :

- Réduction du nombre des régions touchées par la famine

Résultats potentiels à long terme

- Autosuffisance alimentaire de toutes les 22 régions
- Les agriculteurs et les éleveurs sont capables d'améliorer la qualité de leurs aliments

MISE EN OEUVRE

Arrangements institutionnels

MAEP ; Ministère de la population ; Autorités régionales et les maîtres d'oeuvre délégué

Risques et obstacles

- La dépendance des agriculteurs et les éleveurs aux aides apportés par le programme
- Faiblesse niveau d'instruction des paysans pour l'application de la formation et éducation nutritionnelle

Evaluation, suivi et ressources financières

Activités	Indicateur de réussite OV	Montant (US\$)		
		ANNEE 1	ANNEE 2	ANNEE 3
Extension du Programme "Filet de Sécurité"	Nombre de région bénéficiaire de programme "filet de sécurité"	46 660	46 660	46 660
Sensibilisation et éducation nutritionnelle des agriculteurs et des éleveurs	Fréquence de l'intervention et taux de participation	30 000	30 000	30 000
TOTAL		76 660	76 660	76 660

Bassin	Période			
	1975-1989		1990-2004	
	Nombre de cyclones de catégorie 4-5	Pourcentage du nombre total de cyclones formés	Nombre de cyclones de catégorie 4-5	Pourcentage du nombre total de cyclones formés
Sud Océan Indien (50°- 115°E, 5°S-20°S)	23	18	50	34

Tableau 2. Nombre total et pourcentage de cyclones de catégorie 4-5 (vent > 250 km/h) formés (Webster et al., 2005).

Exemples d'impacts possibles des changements climatiques dus aux changements des événements météorologiques et climatiques extrêmes, basés sur les projections pour le milieu et la fin du 21^{ème} siècle.

Phénomènes et direction des tendances ^a [WGI SPM]	Probabilité des tendances futures basée sur les projections pour le 21 ^{ème} siècle utilisant les scénarios SRES [WGI SPM]	Exemples d'impacts majeurs par secteur			
		Agriculture, sylviculture et écosystèmes [5.4]	Ressources en eau [3.4]	Santé humaine [8.4]	Industrie/habitat/ Société [7.4]
Des journées plus chaudes et nuits froides en diminution; des journées et nuits très chaudes plus fréquentes sur la plupart des régions terrestres.	Pratiquement certain ^b	Productions accrues dans des régions froides ; productions diminuées dans des régions chaudes ; Envassement d'insectes plus fréquentes	Effets sur les ressources en eau dépendant de la fonte de la neige ; accroissement du taux d'évapotranspiration	Mortalité humaine réduite suite à une diminution d'exposition au froid	Demande énergétique réduite pour le chauffage ; demande accrue de refroidissement ; qualité de l'air en déclin dans les villes ; perturbation du trafic relié à la neige et la glace réduite; effets sur le tourisme d'hiver
Canicules/vagues de chaleur : augmentation de fréquence sur la plupart des régions terrestres	Très probable	Productions réduites dans des régions chaudes dues au stress de chaleur; augmentation du danger du feu de forêts	Besoins d'approvisionnement en eau accrus ; problèmes de qualité de l'eau, par exemple, floraisons d'algues	Plus grand risque de mortalité liée à la chaleur, particulièrement pour les personnes âgées, les malades chroniques, les personnes très jeunes et celles isolées socialement	Réduction de la qualité de la vie pour les personnes vivant dans les régions chaudes sans logement approprié; impacts sur les personnes âgées, très jeunes ou sans moyens ; perturbation du commerce
Événements de fortes précipitation : augmentations de fréquence sur la plupart des régions	Très probable	Domages aux cultures ; érosion du sol, incapacité de cultiver la terre due à l'infiltration d'eau dans les sols	Effets nuisibles sur la qualité d'eau de surface et des eaux souterraines ; contamination d'approvisionnement en eau ; pénurie d'eau peut être diminuée	Plus grand risque de décès, d'accidents, de maladies infectieuses des voies respiratoires et de la peau, désordres traumatiques liés au stress	Perturbation des agglomérations, du commerce, du transport et des sociétés dus à l'inondation ; pressions sur les infrastructures urbaines et rurales ; pertes de propriétés
Régions touchées par la sécheresse : en augmentation	Probable	Dégradation de la terre cultivable, diminution de la production/ dommages et pertes de récoltes; décès accrus du bétail; plus grand risque de feux de forêts	Stress hydrique plus répandu	Plus grand risque de pénurie alimentaire et d'eau ; plus grand risque de malnutrition ; plus grand risque de propagation des maladies liés à l'eau et la nourriture	Pénuries d'eau pour les agglomérations, l'industrie et les sociétés ; potentiels de génération d'hydroélectricité réduit ; potentiels pour la migration de populations
Augmentation de la fréquence de cyclones tropicaux intenses	Probable	Domages aux récoltes ; déracinement des arbres ; dégâts aux récifs coralliens	Pannes de courant, qui causent des ruptures d'approvisionnement en eau	Plus grand risque de décès et de blessés, de propagation de maladies liés aux aliments et à l'eau ; stress post traumatiques	Perturbation par inondation et les vents forts ; retrait de couverture de risque par les assurances privés dans les secteurs vulnérables, migrations de population potentielles ; pertes de propriétés
Augmentation des la fréquence d'élévation extrême du niveau de la mer (exclut les tsunamis)	Probable ^c	Salinisation des eaux d'irrigation et des eaux de puits	Disponibilité d'eau douce diminuée due à l'intrusion d'eau de mer	Plus grand risque de décès et d'accidents par la noyade dans les inondations ; effets sur la santé liés à la migration	Coûts de protection côtière comparés aux coûts de la relocalisation d'occupation de sols ; potentiel pour des mouvements de populations et infrastructure ; voir aussi les cyclones tropiques ci-dessus

^a Pour les définitions, voir Quatrième Rapport d'Évaluation du groupe de travail I, table 3.7

^b Réchauffement des jours et des nuits les plus extrêmes chaque année

^c Les extrêmes de niveau de la mer dépendent du niveau de la mer moyen et des systèmes météorologiques régionaux. Ils sont définis comme les 1% les plus élevés des valeurs horaires du niveau observé de la mer à une station pour une période de référence données.

^d Dans tous les scénarios, le niveau moyen global de la mer projeté en 2100 est plus élevés que dans la période de référence [WGI 10.6]. L'effet des changements météorologiques régionaux sur le niveau maximum des eaux n'a pas été évalué.

I- LES PHENOMENES ATMOSPHERIQUES PLUS FREQUENTS ET PLUS INTENSES

1- Fonte des glaces

- Surface actuelle banquise arctique = - 33 % par rapport à la moyenne de surface minimum mesurée entre 1979 et 2000.
- En 2008, la banquise arctique mesure 4,52 millions de m², soit 9,4 % de plus que le record de fonte de 2007 (NSIDC, 2008).

2- Montée du niveau de la mer

Conséquences de la montée du niveau de la mer :

- ☐ Inondation
- ☐ Perte des cultures due à l'intrusion de l'eau salée à l'intérieur des terres
- ☐ Modification de la base alimentaire : pulaka → riz importé
- ☐ Migration massive de la population

3- Intensification des catastrophes naturelles

- 2008, trois ouragans successifs, en l'espace de quelques jours, dans le golfe du Pacifique
- Août 2008, grandes inondations en Inde, causée par la forte pluie inhabituelle apportée par la mousson
- Mars 2008 réserves d'eau à un niveau inférieur de 22 % par rapport à la normale en Catalogne
- Février 2010, cyclone à Madagascar, Sud Ouest,
- Janvier 2010, Cyclone à Madagascar, Est : Alaotra Mangoro

4- Perturbation des saisons

- Saisons humides plus courtes + pluies diluviennes

II- GENERALITE SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les données accumulées au cours des cinq dernières années indiquent que les changements observés dans de nombreux systèmes biologiques et physiques sont liés au réchauffement du climat provoqué par les activités humaines.

- Il est très probable que le réchauffement observé depuis 1950 ait été provoqué en majeure partie par l'augmentation des gaz à effet de serre générés par les activités humaines.
- Dans la plupart des cas, lorsque les mesures prises sur le long terme révélaient qu'un changement environnemental important s'était produit, ce changement cadrait avec les effets attendus d'un réchauffement climatique.
- Les régions où l'on observe des changements importants sont aussi celles qui connaissent un réchauffement climatique important.

- Les modèles de projection ont permis d'établir une corrélation entre les changements survenus dans certains systèmes physiques et biologiques et le réchauffement provoqué par les activités humaines.

Bien que des lacunes subsistent dans les connaissances actuelles, il existe suffisamment de preuves pour conclure avec certitude que, au cours des trois dernières décennies, le réchauffement induit par les activités humaines a eu un impact mesurable sur de nombreux systèmes physiques et biologiques.

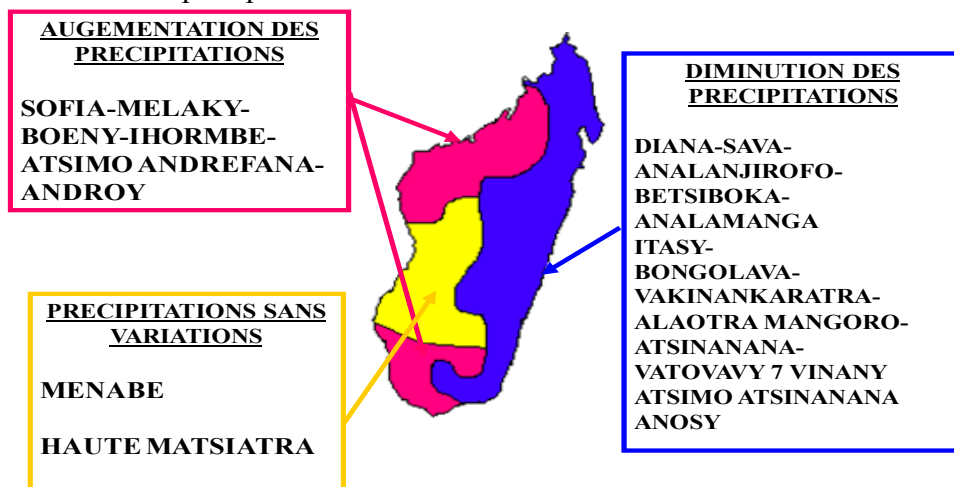
Effets néfastes, réels et potentiels des changements climatiques

Effets considérables des changements climatiques: pertes de vie, investissements, économie

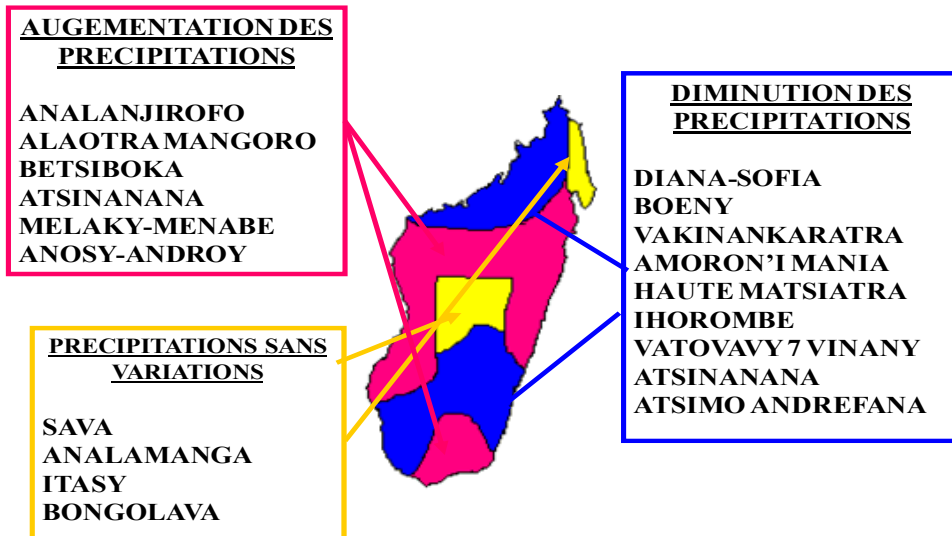
- Secteur agriculture et élevage
- Secteur santé publique
- Secteur ressources en eau
- Secteur zones côtières
- Secteur foresterie

Situation actuelle du changement climatique à Madagascar

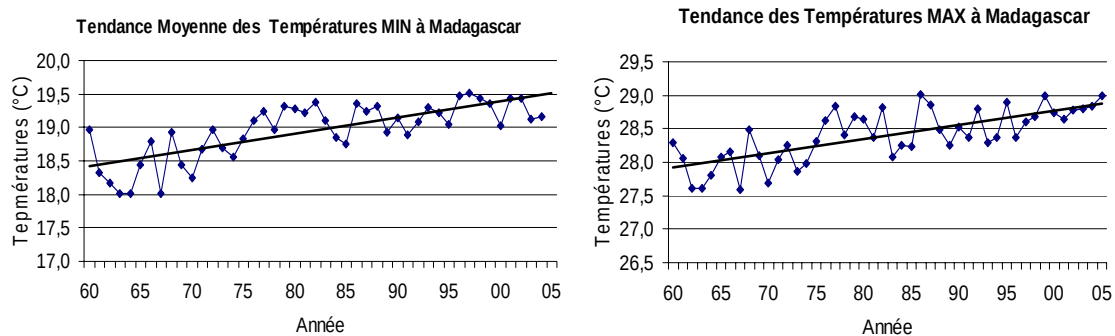
Tendance des précipitations des mois d'octobre-novembre de 1955 à 2005



Tendance des précipitations des mois de décembre-janvier-février de 1955 à 2005

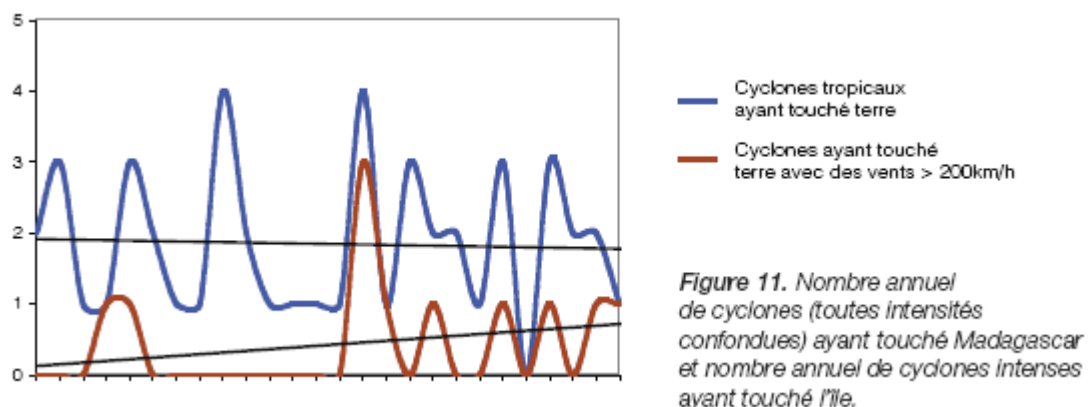


Augmentation de la température



Plan d'action nationale d'adaptation aux changements climatiques (CC WWF)

Intensification des cyclones



ORIGINE DU RÉCHAUFFEMENT DU GLOBE

D'après l'histoire, la Terre a connu plusieurs cycles naturels de réchauffement suivi d'un refroidissement qui se succédaient à des intervalles de plusieurs siècles selon la composition

de l'atmosphère. Ce phénomène cyclique obéit aux lois physiques de « la tendance vers l'état d'équilibre » qui régissent le fonctionnement de tous les écosystèmes naturels. CO₂

En effet, seule une partie de l'énergie solaire arrive sur Terre, le reste étant soit renvoyé vers l'espace, soit absorbé par l'atmosphère. Au contact du rayonnement reçu, la Terre s'échauffe et renvoie vers l'atmosphère cette énergie, sous forme de chaleur (l'infrarouge). Pourtant une partie de ce rayonnement est intercepté, absorbé et re-émis par certains gaz particuliers, naturellement présents dans l'atmosphère. Ce qui engendre le réchauffement de la basse atmosphère.

Etant comparable à ce qui se passe dans une serre, ce phénomène a été baptisé « effet de serre » car, comme la vitre de la serre, l'atmosphère laisse entrer les rayonnements solaires mais elle emprisonne la chaleur grâce à ces gaz à effet de serre (GES).

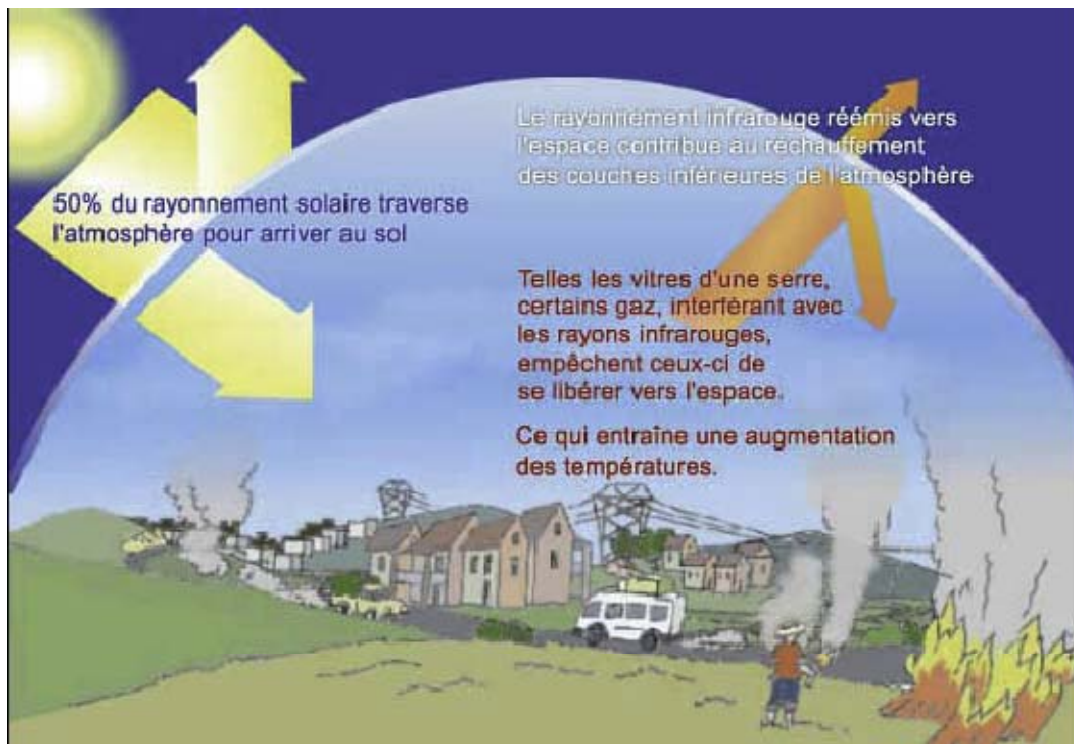


Illustration du processus de réchauffement global

PRINCIPAUX GAZ A EFFET DE SERRE

Depuis des années, des preuves scientifiques ont mis en évidence le lien entre les émissions anthropiques de Gaz à Effet de Serre (CO₂, CH₄,...) et le réchauffement atmosphérique de notre planète ainsi que les changements climatiques y afférents. Parmi ces GES d'origine anthropique on peut citer :

5. le gaz carbonique (CO₂) émis principalement par les véhicules de transport, les industries énergétiques, manufacturières et de construction.
6. le méthane (CH₄) émis principalement par l'agriculture en zones inondées et les décharges
7. le protoxyde d'azote (NO_x) provenant des fumures de bétail et des sols cultivés.
8. Les composés volatiles non-méthaniques (COVNM), contribuant indirectement au phénomène de réchauffement.
9. Les sulfures (SO₂) provenant des industries extractives et de construction, lesquelles exercent un effet refroidissant (l'effet de serre négative).

III- Le SYSTEME SOUS COUVERTURE VEGETALE (SCV)

Les systèmes SCV sont réalisés sur les bas de pentes principalement, mais aussi sur *tanety* et *baiboho*. Ils sont en général basés sur une rotation graminée / légumineuse. Les propriétés des sols que l'on retrouve sur la topographie sont différentes et on n'adoptera donc pas les mêmes systèmes (par exemple, les cultures de contre-saison ne sont pas possible sur les bas de pente car elles n'ont pas accès à l'eau de la nappe contrairement aux cultures des zones de *baiboho*). Les systèmes les plus adoptés dans la région sont : i) sur bas de pente en couverture vive, une année de maïs et dolique associés (ou maïs et niébé), suivi d'une année de riz. Ce qui permet un apport d'azote et de pouvoir à terme, limiter les apports extérieurs d'engrais et ii) sur *baiboho* en couverture morte, chaque année, la culture du riz est immédiatement suivie de cultures de contre-saison paillées (il s'agit souvent de cultures maraîchères et souvent de haricot).

IV- Projets prioritaires d'adaptation aux changements climatiques

Des mesures d'adaptation potentielles ont été obtenues à l'issue de consultation des experts au niveau national et du public des douze régions choisies de Madagascar. Le regroupement des mesures en projets poursuivant les mêmes objectifs a été effectué pour être ensuite priorisé à l'aide de la méthode multicritère et des analyses de sensibilité et de tendance des premiers résultats obtenus. Les 17 projets suivant ont été finalement retenus et classifiés par ordre de priorité :

RANG	PROJET D'ADAPTATION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES
1	Adaptation des techniques culturelles et d'élevage aux changements climatiques
2	Gestion durable des ressources en eau
3	Mise en œuvre de la politique de gestion efficace et durable des zones côtières
4	Gestion Conservatoire de l'eau et des sols
5	Gestion durable des Ressources Naturelles
6	Intensification de reboisement
7	Transformation de l'économie de subsistance en économie de marché
8	Réparation et protection des côtes endommagées
9	Application des lois et réglementations forestières
10	Développement et intensification des moyens de communication
11	Intensification de l'éducation, de la sensibilisation de la population sur la protection de leur santé
12	Renforcement des capacités des services de santé de base
13	Sécurisation des Agriculteurs et de leurs espaces de production
14	Sécurisation alimentaire
15	Mesures d'accompagnement pour l'amélioration de la santé de la population
16	Amélioration et protection des infrastructures
17	Normalisation, Construction et modernisation des infrastructures

Le coût total de ces projets étalés sur 3 ans est estimé à 10,461,470 USD

TABLE DES MATIERES

LISTES DES GRAPHS.....	1
FIGURE	1
LISTES DES TABLEAUX.....	1
INTRODUCTION.....	1
I- MATERIELS ET METHODES	4
1.1- Matériels.....	4
1.1.1- Délimitation de l'étude	4
1.1.1.1- Choix du sujet	4
1.1.1.2- choix de la zone d'étude	4
1.1.1.3- Zone d'étude	4
1.2- Méthodes	6
1.2.1- Démarches communes.....	6
1.2.1.1- Investigation bibliographique et webliographique.....	6
1.2.1.2- Entretien auprès des personnes ressources	6
1.2.1.3- Enquête formelle	6
1.2.1.4- Constitution de la base des données.....	7
1.2.2- Démarches spécifiques de vérification des hypothèses.....	8
1.2.2.1- Démarche de vérification de la première hypothèse : Des indicateurs du changement climatique perturbent le cycle culturel du district de Moramanga.....	8
1.2.2.2- Démarche pour la vérification de la deuxième hypothèse : Les effets du changement climatique sont différents d'une exploitation à l'autre en fonction de leurs caractéristiques.	9
1.2.2.3- Démarche de vérification de la troisième hypothèse : Les stratégies d'optimisation de sécurisation alimentaire varient en fonction des caractéristiques de chaque typologie des communes.....	10
1.3- schéma de la démarche méthodologique.....	13
1.4- Limites du travail	14
1.5- Chronogramme des activités	14
II- RESULTATS	15
2.1- Perturbation du système agricole	15
2.1.1- Evolution de la courbe de pluviométrie.....	15
2.1.2- Modification du calendrier culturel	16
2.2- Typologie des systèmes de production.....	16
2.2.1- Systèmes de production différenciés	16

2.2.1.1- Classification par Nuée Dynamique	16
2.2.1.2- Analyse Factorielle Discriminante.....	17
2.2.1.3- Caractérisation par AFC	19
2.2.2- Les effets du changement climatique sur chaque type	21
2.3- Stratégies d’optimisations de sécurité alimentaire	22
2.3.1- Situation actuelle et optimisée du type 1	22
2.3.1.1- Rapport entre situation initiale et optimisée du type 1	22
2.3.1.2- Tendance évolutive de chaque spéculation pour le type 1	23
2.3.1.3- Occupation de la main d’œuvre du type 1	23
2.3.1.4- Synthèse du type 1	24
2.3.2- Situation actuelle et optimisée du type 2	24
2.3.2.1- Rapport entre situation initiale et situation optimisée du type 2.....	24
2.3.2.2- Tendance évolutive de chaque spéculation pour le type 2.....	25
2.3.2.3- Occupation de la main d’œuvre du type 2	25
2.3.2.4- Synthèse du type 2	26
2.3.3- Situation actuelle et optimisée du type 3	26
2.3.3.1- Rapport entre situation initiale et situation finale du type 3	26
2.3.3.2- Tendance évolutive de chaque spéculation pour le type 3.....	27
2.3.3.3- Occupation de la main d’œuvre du type 3	27
2.3.3.4- Synthèse du type 3	28
2.3.4- Situation actuelle et optimisée du type 4	29
2.3.4.1- Rapport entre situation initiale et situation finale du type 4	29
2.3.4.2- Tendance évolutive de chaque spéculation du type 4.....	29
2.3.4.3- Occupation de la main d’œuvre du type 4	30
2.3.4.4- Synthèse du type 4	30
2.3.5- Synthèse de la stratégie d’optimisation	31
III- DISCUSSIONS et RECOMMANDATIONS	32
3.1- DISCUSSIONS	32
3.1.1- Manifestation du changement climatique sur le cycle cultural et sur le système agrire	32
3.1.1.1- Rendements variés	32
3.1.1.2- Cycle cultural modifié.....	32
3.1.2- L’effet des indicateurs du changement climatique sur les différents types d’exploitation	33

3.1.3- Les Stratégies d'optimisation de la sécurité alimentaire varient en fonction des caractéristiques de chaque type de système de production	34
3.2- RECOMMANDATIONS	35
3.2.1- Utilisation des variétés et des techniques utilisées adaptées	35
3.2.2- Dispersion des risques	35
3.2.3- Au niveau de l'administration	35
CONCLUSION	37
BIBLIOGRAPHIE	38
WEBLIOGRAPHIE	39
ANNEXES	40
I- QUESTIONNAIRE DE L'ADRA MADAGASCAR.....	40
II- DONNEES PLUVIOMETRIQUES.....	41
III- CALENDRIERS CULTURAUX	42
IV- Résultat de la nuée dynamique	44
V- Résultat par AFD.....	46
VI- Tableau de comparaison de la situation initiale et la situation optimisée	52
VII- Outils pour l'optimisation par solveur	53
VIII- Impacts éventuels du changement climatique sur les cultures.....	54
IX- PANA MADAGASCAR 2006/ Projet 14 : Sécurisation alimentaire	54
I- LES PHENOMENES ATMOSPHERIQUES PLUS FREQUENTS ET PLUS INTENSES	57
1- Fonte des glaces.....	57
2- Montée du niveau de la mer	57
3- Intensification des catastrophes naturelles	57
4- Perturbation des saisons.....	57
II- GENERALITE SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE	57
III- Le SYSTEME SOUS COUVERTURE VEGETALE (SCV)	61
IV- Projets prioritaires d'adaptation aux changements climatiques	61