



DEPARTEMENT FORMATION ET RECHERCHE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTERE EN CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DEVELOPPEMENT DURABLE

Promotion : 2011-2012

Présenté par : BEAVOGUI Maoro

THÈME
IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA
CULTURE DU RIZ PLUVIAL EN HAUTE GUINEE ET
PROPOSITION DE STRATEGIES D'ADAPTATION

Soutenu le 24 Mai 2012 devant le jury composé de :

Président : Pr Ibrahim BOUZOU M., Université Abdou Moumouni de Niamey ;

Membres : Dr Benoit Sarr, Centre Régional AGRHYMET ;

M. Sébastien SUBSOL, Centre Régional AGRHYMET.

Encadreur : Dr ATTA Sanoussi, Maitre Assistant, Centre Régional AGRHYMET

Co-encadreur : Dr BEAVOGUI Famoi, Directeur IRAG, Conakry (Guinée)

DEDICACE

JE DÉDIE CE TRAVAIL :

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE FEU BEAVOGUI OYE, QUE DIEU LE
TOUT PUISSANT L'ACCUEIL DANS SON PARADIS ;

A MA GRAND MÈRE ONIVOGUI KOMASSA ET MA MÈRE KOIVOGUI
DAMAWA QUI N'ONT MÉNAGÉ AUCUN EFFORT POUR NOTRE
ÉDUCATION ;

A MON FRÈRE POKPA IKE ET MA SŒUR SOGONI POUR LEUR AIDE ET
LEUR SOUTIEN TOUT AU LONG DE MES ÉTUDES ;

A MA CHÈRE MAMAN KOIVOGUI SEVEH, POUR CES CONSEILS ET
TOUT LE SOUTIEN QU'ELLE M'APPORTÉ;

A MES MAMANS : WOUIDOH, KEBE KOTY, POUR LEUR AIDES ET LEUR
SOUTIEN DANS MES ÉTUDES ;

A MON ONCLE KOLY ET SON FILS KEKOURA KOIVOGUI ;

A MES CHERS AMIS KOE GOEPOGUI, GOVEGO BEAVOGUI,
TANOUKOLY ONIVOGUI DIT GRAND PERE ;

A TOUS MES CAMARADES PROMOTIONNAIRES DU
MASTÈRE<<CCDD>>.

REMERCIEMENTS

Au terme de cette formation en Mastère en changement climatique et développement durable il m'est très agréable d'exprimer ma profonde gratitude au Centre Régional AGRHYMET et la Direction Nationale de Météorologie de la Guinée qui m'ont offert la possibilité d'élargir mes connaissances.

Ma reconnaissance va particulièrement à :

- Dr Mamadou Lamine Bah, Directeur National de la Météorologie ;
- Mr Yaya Bangoura Directeur National Adjoint de la Météorologie ;
- Mr Alpha Boubacar Barry et à tout le personnel de la direction Nationale de la météorologie de la Guinée
- Aux formateurs du Centre Régional AGRHYMET (CRA) pour leur disponibilité constante à notre égard

Mes remerciements vont particulièrement à

- Union Européenne pour le financement de ce Mastère à travers son volet FSTP-2 (Food Security of Thématiques Programs) et le Fonds Français pour l'Environnement Mondial pour le financement des frais d'appui à la recherche.
- Au Responsable de la filière Agrométéorologie et Coordonnateur Pédagogique du mastère, Dr Benoît SARR qui n'a ménagé aucun effort pour la réussite de cette formation. De concert avec M. SARR Etienne (Chef du Département Formation et Recherche) et Dr. Sanoussi ATTA (Responsable de la Division Formations de Base), ils ont su relever le défi en manquant avec beaucoup de réussite la formation de cette première promotion du Mastère en Changement Climatique et Développement Durable au Centre Régional AGRHYMET.
- Aux chercheurs de l'Institut de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG). Je remercie tous ces chercheurs, à travers le Directeur General, Dr Famoi BEAVOGUI.
- aux étudiants du mastère CCDD pour leur esprit de bonne collaboration durant la formation.

Ce mémoire ne serait pas à son terme dans les délais prescrits n'eut été l'aide et la disponibilité de Dr Sanoussi ATTA. Il m'est très agréable de lui exprimer mes remerciements et ma profonde gratitude.

Enfin, à tous ceux qui à des degrés divers ont apporté leurs concours pour le bon déroulement de cette étude. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
TABLE DES MATIERES	iii
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES ANNEXES	v
SIGLES ET ABREVIATIONS	vi
RESUME.....	vii
I.INTRODUCTION	1
II. OBJECTIFS.....	3
III. ETAT DES CONNAISSANCES	4
IV. MATERIELS ET METHODES	9
4.1. Présentation de la zone d'étude	9
4.2. Nature des données et leurs sources	10
4.3. Méthodologie.....	11
4.3.1. Analyse de la perception du changement climatique vecus par les riziculteurs	11
4.3.2. Identification des risques climatiques auxquels est exposé le riz pluvial....	12
4.3.3. Evaluation des impacts actuels et futurs des changements climatiques sur la culture du riz pluvial	15
V. RESULTATS	21
5.1. Perception du changement climatique par la population de la Haute Guinée	21
5.1.1. Perception paysanne sur le changement climatique	21
5.1.2. Perception des personnes ressources sur le changement climatique	24
5.2. Analyses des risques climatiques auxquels est exposée la culture du riz pluvial.....	25
5.2.1. Analyse des précipitations	25
5.2.2. Analyse des températures.....	31
5.2.3. - Simulation du climat Futur	33
5.3. Evaluation des Impacts du changement climatique.....	35
5.3.1. Modélisation des rendements de la culture du riz pluvial.....	35
5.3.2. Evaluation des impacts par la réponse observée des cultures et des agriculteurs aux variations du climat (Matrice des Impacts)	38
5.4. Identification, proposition et priorisation des mesures et stratégies d'adaptation	42
5.4.1. Identification et proposition des mesures et méthodes d'adaptation	42
5.4.2. Capacité d'adaptation.....	45
5.4.3. Vulnérabilité	45
5.4.4. Priorisation des mesures et des méthodes d'adaptation.	48
VI. DISCUSSION	49
VII. CONCLUSION.....	52
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	54
ANNEXES	I

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1: Localisation de la Haute Guinée</i>	<i>10</i>
<i>Figure 2: Interface d'AquaCrop</i>	<i>17</i>
<i>Figure 3 : Genre et profession des personnes enquêtées.....</i>	<i>21</i>
<i>Figure 4 : Précocité des variétés cultivées en Haute Guinée.</i>	<i>22</i>
<i>Figure 5: Perception paysanne sur les paramètres agro climatiques (Début et fin de la saison des pluies).....</i>	<i>23</i>
<i>Figure 6: Perception paysanne sur les indicateurs du début(a) et de la fin(b) de la saison des pluies.....</i>	<i>24</i>
<i>Figure 7 : Tendence des cumuls pluviométriques annuels de Faranah.....</i>	<i>26</i>
<i>Figure 8:Tendence des cumuls pluviométriques annuels de Kankan</i>	<i>26</i>
<i>Figure 9 : Evolution des cumuls pluviométriques annuels de Kankan (a) et Faranah (b), test de rupture de pétitt</i>	<i>27</i>
<i>Figure 10: Anomalies standards des précipitations de Kankan (a) et de Faranah(b)</i>	<i>29</i>
<i>Figure 11:Risques de séquences sèches en avril, mai, juin et juillet à Kankan (a) et à Faranah(b)</i>	<i>31</i>
<i>Figure 12 : Evolution des températures moyennes de Kankan(a) et Faranah(b),test de rupture de Pettitt</i>	<i>32</i>
<i>Figure 13: Taux de variation des rendements projetés par le modèle AQUACROP dans la région de Kankan et Faranah sur la base du climat simulé par les modèles (UKHADCM3, MIROC-HI, GISS-ER, UKHADGEM)</i>	<i>36</i>
<i>Figure 14:Taux de variation des rendements projetés par le modèle AQUACROP dans la région de Kankan et Faranah sur la base du climat simulé par les modèles (CCCMA-31, CCSM-30, CSIRO-30, ECHO-G).....</i>	<i>37</i>
<i>Figure 15: Les impacts du CC sur les ressources en eaux, les sols, et la végétation</i>	<i>38</i>
<i>Figure 16: Impacts socio-économiques du CC</i>	<i>39</i>
<i>Figure 17: Impacts du CC sur les éléments du système de culture du riz pluvial</i>	<i>39</i>
<i>Figure 18: Stratégies en cas de changement futur du climat.....</i>	<i>43</i>
<i>Figure 19 : Diagramme de VENN.....</i>	<i>45</i>

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Données du terrain utilisées pour le paramétrage et la validation du modèle AquaCrop.....</i>	<i>18</i>
<i>Tableau 2 : Comparaison des moyennes des températures des sous séries délimitées par le test de rupture de Pettitt, à Kankan série 1951-2010</i>	<i>27</i>
<i>Tableau 3 : Comparaison des moyennes des températures des sous séries délimitées par le test de rupture de Pettitt, à Faranah série 1951-2010 pour la précipitation, 1971-2010 pour la température</i>	<i>28</i>
<i>Tableau 4 : Dates de débuts, de fin et durées de la saison des pluies en Haute Guinée</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 5: Pourcentage d'années ayant enregistré les séquences sèches les plus longues supérieures ou égales à 5, 7, 10, et 15 jours à Faranah et à Kankan pendant les mois d'avril, mai, juin, et juillet de 1961-2010</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 6: Pourcentage d'années ayant enregistré les séquences sèches les plus longues supérieures ou égales à 7, 10, 15 et 20 jours à Faranah et à Kankan pendant les mois d'octobre et Novembre de 1961-2010</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 7: Comparaison des moyennes de 1991-2010 à la moyenne de référence 1961-1990</i>	<i>32</i>
<i>Tableau 8: Taux de variations des températures et des précipitations annuelles à Faranah et Kankan aux horizons 2025 et 2050</i>	<i>33</i>
<i>Tableau 9 : Variations des températures et des précipitations annuelles horizons 2025 et 2050</i>	<i>34</i>
<i>Tableau 10: Principaux risques climatiques identifiés dans la zone d'étude</i>	<i>34</i>
<i>Tableau 11: Rendements Observés et Simulés dans la région de Kankan.....</i>	<i>35</i>
<i>Tableau 12 : Description des impacts et leurs conséquences sur le riz pluvial sur la matrice d'impacts.</i>	<i>40</i>
<i>Tableau 13 : Qualification des impacts à partir des probabilités d'occurrences et les conséquences</i>	<i>41</i>
<i>Tableau 14: Matrice d'impact.....</i>	<i>41</i>
<i>Tableau 15: Les stratégies et mesures d'adaptation développées par les populations locales et les services techniques pour faire face au CC.</i>	<i>42</i>
<i>Tableau 16: Proposition des mesures et méthode d'adaptation de riziculture pluviale de la Haute Guinée face aux changements climatiques</i>	<i>44</i>
<i>Tableau 17: Qualification de la vulnérabilité</i>	<i>46</i>
<i>Tableau 18: Matrice de vulnérabilité.....</i>	<i>47</i>
<i>Tableau 19 : Matrice de priorisation des mesures et des méthodes d'adaptation</i>	<i>48</i>

LISTE DES ANNEXES

<i>Annexe 1. Situation géographique de la Haute Guinée.....</i>	<i>I</i>
<i>Annexe 2. Représentations graphiques du test de rupture de Pettitt et tendance des températures.</i>	<i>II</i>
<i>Annexe 3. Représentations graphiques des paramètres agro climatiques</i>	<i>V</i>
Annexe 4 . Evolution du nombre de jours ou Tmax>= à un seuil	VII
<i>Annexe 5 . Données utilisées pour le paramétrage et la validation du modèle AquaCrop</i>	<i>VIII</i>
<i>Annexe 6 . Données climatiques projetées par MAGICC/SCENGEN</i>	<i>X</i>
<i>Annexe 7 . Rendements projetés</i>	<i>XIV</i>
<i>Annexe 8 : Quelques projets d'adaptation</i>	<i>XVI</i>
<i>Annexe 9 . Fiches d'enquêtes.....</i>	<i>XXI</i>

SIGLES ET ABREVIATIONS

AGRHYMET	Centre Régional de Formation et d'Application en Agrométéorologie et Hydrologie Opérationnelle
CC	Changement climatique
CCCMA-31	Canadian Centre for Climate Modelling & Analysis's
CCDD	Changement Climatique et Développement Durable
CC I	Climate Change Indices
CCNUCC	Convention Cadre de Nations unies sur le Changement Climatique
CCSM-30	Community Climate System Model, version 3.0
CEDEAO	Communauté Economique des Etat de l'Afrique de l'Ouest
CIA	Central Intelligence Agency
CILSS	Comité permanent Inter-états de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel
CNI	Communication Nationale Initiale
COP	COnférence des Parties
CO2	Dioxyde de carbone
CRA	Centre Régional AGRHYMET
CRD	Communauté Rurale de Développement
CSIRO-30	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
DNMG	Direction Nationale de la Météorologie de la Guinée
ETCCDMI	Expert Team for Climate Change Detection Monitoring and Indices
ETP	Evapotranspiration Potentielle
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
GES	Gaz à Effet de Serre
GCM	General Circulation Model
GIEC	Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
GISS-ER:	Goddard Institute for Space Studies
IRAG	Institut de Recherche Agronomique de Guinée
MAGICC	Model for Assessment of Greenhouse-Gas Induced Climate Change
MIROC-HI	Model for Interdisciplinary Research on Climate
NCAR	National Center for Atmospheric Research
OMM	Organisation Mondiale de la Météorologie
OCDE	Organisation de Coopération et Développement Economiques
PANA	Programme d'Action Nationale d'Adaptation
PK	Protocole de Kyoto
PNIA	Programme National d'Investissement Agricole
PNUD	Programme des Nations Unis pour Développement
RMSE	Root Mean Square Error
SCENGEN	SCEnario GENerator
SNSAG	Service Nationale des Statistiques Agricoles de Guinée
SST	Sea Surface Temperature (Température de la surface de la Mer)
TNn	La température minimale des températures minimales (mini des minis)
TNx	La température maximale des températures minimales (maxi des minis)
TXn	La température minimale des températures maximales (mini des maxi)
TXx	La température maximale des températures maximales (maxi des maxi)
UKHADCM3	Hadley Centre for Climate Prediction and Research
UKHADGEM	Hadley Centre Global Environmental Model

RESUME

Le secteur agricole est l'un des plus vulnérables aux effets du changement climatique. En dépit des incertitudes sur l'ampleur exacte des changements climatiques aux échelles régionales, une évaluation des impacts possibles du changement climatique sur l'agriculture est importante pour la formulation des stratégies de réponse. Cette étude a pour objectifs d'analyser les perceptions paysannes sur le changement climatique, d'identifier les risques climatiques auxquels est exposé le riz pluvial, d'évaluer les impacts du changement climatique et de proposer des mesures et méthodes d'adaptation de la culture du riz pluvial en Haute Guinée face au changement climatique. Pour ce faire, nous avons enquêté 141 riziculteurs dans quatre Communautés Rurales de Développement de la Haute Guinée ; analysé les données climatologiques observées à Kankan et à Faranah et celles projetées par les GCM du logiciel MAGICC/SCENGEN et modélisé les rendements de deux variétés du riz pluvial (Nerica1 et Nerica2) à l'aide du logiciel AquaCrop sur la base du climat projeté aux horizons 2025 et 2050. Les perceptions paysannes montrent que la Haute Guinée a été marquée par le changement climatique. La disparition des indicateurs de la saison des pluies et l'évolution des pratiques culturales révèlent que la zone étudiée a été caractérisée par une modification des paramètres climatiques, notamment les précipitations et les températures. Les risques climatiques identifiés sont entre autres : l'augmentation croissante des températures, la variabilité accrue des débuts de la saison agricole, le raccourcissement de la saison des pluies, des inondations fréquentes, la sécheresse. Dans le contexte d'une augmentation continue des gaz à effet de serre au niveau mondial, notamment dans le scénario SRESA2A1IM les modèles UKHADCM3, MIROC-HI, GISS-ER, UKHADGEM du MAGICC/SCENGEN prévoient aux horizons 2025 et 2050, une hausse des températures respectivement de 0,7°C et 1,5 °C suivie d'une augmentation des précipitations de 6,2% et 6,0% par rapport à la référence 1961-1990. Quant au scénario SRESB2ASF, les modèles CCCMA-31, CCSM-30, CSIRO-30, ECHO-G du MAGICC/SCENGEN prévoient, aux horizons 2025 et 2050 une hausse des températures respectivement de 0,7°C et 1,6°C suivie d'une baisse des précipitations de 6,3% et 15,2% par rapport à la référence 1961-1990. Dans de tels contextes le modèle AquaCrop prévoit sous l'effet d'une augmentation du CO₂ de 13,5% en 2025 et de 27,1 % en 2050 par rapport à 2000, des augmentations des rendements du riz pluvial de l'ordre de 0,5 à 18,39% en 2025 et 7,6 à 25% en 2050 par rapport à la moyenne des rendements du SNSAG de 2000-2010. Les aménagements des bas-fonds et des plaines rizicoles, la mise en place d'un système de prévision de risques climatiques et d'alerte précoce pour la sécurité alimentaire, l'alphabétisation fonctionnelle durable, l'éducation environnementale etc. sont entre autres des mesures prioritaires pour renforcer la capacité d'adaptation des riziculteurs et de protéger l'environnement contre les effets néfastes du changement climatique en Haute Guinée.

Mots clés: changement climatique, riz pluvial, perception paysanne, adaptation, impact, Haute Guinée.

SUMMARY

The agricultural sector is one of the most vulnerable to climate change. Despite uncertainties about the exact magnitude of climate change on regional scales, an assessment of possible impacts of climate change on agriculture is important for formulating response strategies. This study identifies farmers' perceptions on climate change; climate risks faced by the upland rice evaluate the impacts of climate change and propose measures and coping methods of cultivation of upland rice in Upper Guinea. To do this, we investigated the rice farmers, analyzing observed climate data and those projected by GCMs software MAGICC / SCENGEN and modeled yields of upland rice using AquaCrop based on the climate over a time frame 2025 to 2050. Farmers' perceptions indicate that the area was marked by climate change. The disappearance of the indicators of the rainy season and the changes in farming practices reveal that this region was characterized by a change in climatic parameters, especially precipitation and temperature. Climate risks identified include: the increasing temperatures, increased variability of the early growing season and its shortening, frequent floods, drought. In the context of continued increase in greenhouse gas emissions globally, particularly in the scenario SRESA2A1IM and the model UKHADCM3, MIROC-HI, GISS-ER, UKHADGEM of MAGICC / SCENGEN forecast by 2025 and 2050, an increase of temperatures ranging from 0.7°C and 1.5°C respectively followed by an increase in precipitation of 6.2% and 6.0% over the 1961-1990 average. With regard to SRESB2ASF scenario, CCCMA-31, CCSM-30, CSIRO-30, ECHO-G of MAGICC / SCENGEN models forecast by 2025 and 2050, temperature increase of 0.7 °C and 1.6 °C respectively, followed by a decrease in precipitation of 6.3% and 15.2% over the 1961-1990 average. The AquaCrop model simulation of rice yield under conditions of an increase in CO₂ of 13.5% in 2025 and 27.1% in 2050 compared to 2000, gave yield increase of upland rice in the range of 0.5 to 18.39% in 2025 and 7.6 to 25% in 2050 compared to the average yields of 2000-2010. The development of lowlands rice plains, establishing a system for climate risk forecasting and early warning for food security, sustainable functional literacy, programme and environmental education etc., are among other priority and adaptation strategies to strengthen the population resilience and protection of the environment against the adverse effects of climate change in upper Guinea.

Keywords: climate change, upland rice, farmers perception, adaptation, impact, Upper Guinea.

L'INTRODUCTION

Les changements climatiques et leurs impacts sur l'Agriculture constituent l'un des plus grands défis auxquels l'humanité doit faire face au cours du 21^{ème} siècle. Leurs conséquences néfastes qui s'expriment par le réchauffement du climat dû à la concentration des Gaz à Effet de Serre (GES) dans l'atmosphère, freinent les efforts des communautés humaines les plus pauvres pour la survie (GIEC, 2007). En effet, les impacts du Changement Climatique se font de plus en plus sentir sur l'agriculture des pays en développement. La plupart de ces impacts sont attribués à l'augmentation de la température et à la variabilité des précipitations.

Cependant l'agriculture a montré, à travers l'histoire, une grande capacité d'adaptation aux conditions changeantes avec ou sans une réponse consciente par les agriculteurs. Ces modifications ont dépassé les limites autonomes d'adaptation, ce qui nécessite des politiques de soutien pour permettre aux agriculteurs de faire face à ces changements (Iglesias *et al.*, 2007, cité par Bationon, 2009).

Toutefois, en Afrique subsaharienne, les conséquences du changement climatique sont variables d'un pays à l'autre et parfois à l'intérieur d'un même pays à cause de l'existence de plusieurs écosystèmes différents (Brown & Crawford, 2007).

Située à l'Afrique de l'Ouest, la Guinée a une économie essentiellement tournée vers l'agriculture. Cependant, cette agriculture est globalement du type pluvial donc tributaire des aléas climatiques (PANA Guinée, 2007). Cependant, depuis les dernières décennies du 21^{ème} siècle, la Guinée subit les effets des aléas hydrométéorologiques, conséquences probables des changements climatiques (CNI, 2002). Ces effets varient d'une zone à l'autre.

Par ailleurs, les études de PANA Guinée (2007) précisent que la Haute Guinée est la région la plus touchée par les phénomènes d'inondations et de sécheresse alors qu'elle est la troisième zone de production de riz du Pays (Boun *et al.*, 2001).

En Guinée, la filière du riz joue un rôle stratégique dans la politique de développement économique et social. Ceci transparaît à travers les principaux objectifs qui lui sont assignés en matière de lutte contre la pauvreté, d'amélioration des conditions de vie des populations, d'autosuffisance alimentaire, de contribution à la croissance économique, de contribution au budget national. Par ailleurs la filière du riz constitue la principale spéculation agricole avec 80% des exploitations, 67% des superficies emblavées, 65% des besoins céréaliers du pays (PNIA, 2010). Or, Il se trouve que, dans un contexte de grandes vulnérabilités et de capacités réduites, une légère modification des régimes des pluies peut affecter instantanément des centaines de milliers des personnes vulnérables, qui dépendent des pluies pour vivre (OMM, 2011).

Eu égard aux conditions climatiques actuelles et prédites, la recherche de politiques de soutien de la riziculture en matière d'adaptation au changement climatique est plus qu'urgente en Guinée, particulièrement en Haute Guinée.

Ceci permettra d'intégrer des mesures d'adaptations dans les politiques agricoles afin d'assurer la sécurité alimentaire, liée à la prévention et à la gestion des risques alimentaires à court et à moyen terme. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce thème **«Impacts du changement climatique sur la culture du riz pluviale en Haute Guinée et propositions de stratégies d'adaptation»**

Ce rapport commence par une introduction, suivie des objectifs de l'étude et de l'état des connaissances sur les changements climatiques, Nous présenterons ensuite la méthodologie utilisée ainsi que les résultats obtenus qui seront analysés et discutés.

II. OBJECTIFS

L'objectif global de cette étude est d'évaluer les impacts actuels et futurs du changement climatique sur la production du riz pluvial en Haute Guinée et de proposer des stratégies d'adaptations.

Les objectifs spécifiques sont :

- Analyser la perception du changement climatique vécus par les riziculteurs;
- Identifier les risques climatiques auxquels est exposée la riziculture pluviale en Haute Guinée;
- Evaluer les impacts actuels et futurs du changement climatique sur la riziculture pluviale ;
- Identifier, proposer et prioriser les stratégies et mesures d'adaptations.

III. ETAT DES CONNAISSANCES

La Convention-Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique définit dans son article premier le changement climatique comme tous changements de climat qui sont attribués 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 (CCNUCC, 1992). Pour le GIEC (2007), le changement climatique désigne toute évolution du climat dans le temps, qu'elle soit due à la variabilité naturelle ou aux activités humaines.

Malgré les incertitudes et les désaccords entre les chercheurs sur le changement climatique, un consensus semble se dégager pour dire que les activités humaines contribuent à la modification du système climatique (GIEC, 2007). Cette modification climatique constitue un élément emblématique de la crise écologique planétaire mais aussi un enjeu historique du développement durable (Bertrand et Rocher 2007). Il est donc absolument certain que les systèmes naturels sont affectés sur tous les continents (Bals et al., 2009).

A l'échelle du globe, une hausse des températures moyennes de l'atmosphère de $+0.74^{\circ}\text{C}$ a été observée (GIEC, 2007). Ce réchauffement serait plus important ces cinquante dernières années, la hausse ayant atteint $0,13^{\circ}\text{C}$ par décennie (CEDEAO-CSAO/OCDE, 2008). On note également une variabilité accrue des phénomènes hydrométéorologiques et une élévation du niveau moyen de la mer (GIEC, 2007). Le nombre des phénomènes déclarés dérivant d'aléas hydrométéorologiques (par exemple, sécheresses, inondations, tempêtes, incendies de forêt, glissements de terrain) a sensiblement augmentée (FAO, 2008) dans tous les continents, à l'exception de l'Antarctique (GIEC, 2007).

A l'échelle continentale, l'Afrique a subi une hausse des températures de l'ordre de $0,6$ à $0,7^{\circ}\text{C}$ (CRA, 2011) tandis que les précipitations ont en moyenne baissé de 15 à 30% au Sahel et 15% dans les régions des forêts tropicales humides (Sarr et Traoré, 2009).

Au niveau régional, l'Afrique de l'Ouest a connu une hausse des températures allant de $0,2^{\circ}\text{C}$ à $0,8^{\circ}\text{C}$ (CRA, 2011). La baisse des hauteurs pluviométriques serait comprise entre 10 et 25 % (Nicholson, 1989) alors que Diomande et al. (2008) estiment les déficits pluviométriques entre 20% et 30%.

Cependant, les pays d'Afrique de l'Ouest, ceux du Sahel en particulier, subissent aujourd'hui, après les sécheresses des années 70 et 80, les effets de fortes pluies et des inondations dévastatrices (CRA, 2011).

En Guinée, les dernières décennies du 21^{ème} siècle ont été marquées par la recrudescence des phénomènes extrêmes (inondations, sécheresses) et la perturbation des régimes climatiques

(pluviométries, températures) (CNI, 2002).

Dans son quatrième rapport, le GIEC (2007) dit que l'essentiel de l'élévation de la température moyenne du globe observée depuis le milieu du 21^{ème} siècle est très probablement attribuable à la hausse des concentrations des GES anthropiques.

D'après les prévisions de l'OCDE, en absence de nouvelles mesures de lutte contre le changement climatique, les GES devraient augmenter d'environ 52 % d'ici 2050 (OCDE, 2008). La poursuite des émissions de GES au rythme actuel ou à un rythme plus élevé devrait accentuer le réchauffement et modifier profondément le système climatique au 21^{ème} siècle (GIEC, 2007).

Cependant, même si les concentrations des gaz à effet de serre sont stabilisées aux niveaux de l'année 2000, on prévoit tout de même une augmentation du réchauffement ainsi qu'une élévation du niveau de la mer ; mais des augmentations de précipitations seront vraisemblables observées dans les hautes latitudes et les baisses dans la plupart des régions subtropicales (GIEC, 2007). Dans un tel contexte, on prévoit une plus grande fréquence et étendue des catastrophes (FAO, 2008).

En Afrique, le réchauffement climatique sera plus important qu'au niveau mondial. La hausse serait de l'ordre de +3°C au sein des espaces côtiers (Sénégal, Guinée Bissau) et plus élevée (+ 4°C) dans le Sahel Continental (Mali, Burkina Faso, Niger) (CRC, 2011).

Mais certains modèles projettent des précipitations plus importantes que d'autres pour l'Afrique sub-saharienne (Gerald *et al.*, 2009). Par ailleurs, les modèles ne parviennent pas à s'accorder sur la probabilité d'augmentation de la fréquence des saisons extrêmement sèches où extrêmement humides (Heinrigs, 2010). Cependant les conséquences des changements climatiques entraînent des impacts profondément porteurs d'inégalités (Bertrand et Rocher, 2007).

En Afrique de l'Ouest, l'agriculture occupe une place considérable dans la sécurité alimentaire des ménages, compte tenu de l'importance de l'autoconsommation dans les stratégies des ménages agricoles et du rôle joué par les marchés de proximité des produits vivriers pour nourrir les populations urbaines. En effet, environ 80% des besoins alimentaires des populations de la région sont satisfaits par les productions régionales (Blein *et al.*, 2008). Il est donc important de voir l'impact du changement climatique sur la productivité agricole. Cela revient à s'interroger sur les interactions croisées entre milieux/sociétés, entre aléas/réponses et espace/temps (Fraser *et al.*, 2003). Ceci d'autant plus que les enjeux agro-environnementaux futurs portent sur l'interface eau/sol/plante et les pratiques culturelles liées (Janin, 2010).

Le changement climatique pourrait affecter l'agriculture dans certaines régions compte tenu de sa dépendance du climat et des conditions naturelles (FAO, 1997). C'est ainsi que l'accélération des changements climatiques qui pourrait se traduire en un nombre croissant d'inondations, de sécheresses ou d'ouragans conduirait à d'énormes pertes de terres cultivables (Swarup, 2009).

Le changement climatique pourrait coûter au continent africain plus de terres agricoles que celles qu'utilisent les Etats-Unis (Sandra, 2009). Cela aura des effets particulièrement importants pour les petits propriétaires et les fermiers pratiquant une agriculture de subsistance (Bals et al, 2009). De nombreuses enquêtes de terrain réalisées ces 10 dernières années prouvent que le développement de maladies et de parasites qui affectent la production du riz et le changement climatique sont étroitement liés (Salack et Sarr, 2006).

Les effets des changements climatiques peuvent également être ressentis sur le calendrier des précipitations qui pourraient ne plus servir de repères saisonniers pour les semis et les récoltes (PNUD, 2010).

En Afrique, l'agriculture sera affectée par des changements de température et l'augmentation de CO₂ (Bals *et al*, 2009) ainsi que par la grande variabilité intra-annuelle de la répartition des pluies (Janin, 2010). La plus grande inquiétude, c'est l'ampleur et le rythme auxquels ces changements se produisent (GIEC, 2007).

Par ailleurs, selon certaines prévisions, d'ici à 2020, les récoltes issues de cultures pluviales pourraient diminuer de 50% dans certains pays (Lung'ahi *et al.*, 2009). D'autres prévoient pour la deuxième moitié du 21^{ème} siècle, des rendements en déclin à cause de températures trop élevées (Esther *et al.*, 2009). Cela causera dans le même temps une baisse de la production mondiale de céréales de 1 à 7% d'ici 2060 (Care, 2011). Cette baisse sera encore plus sévère si le réchauffement de la planète dépasse 2 °C (PNUD, 2010).

A échelle de la sous-région ouest africaine, les résultats des rendements simulés de maïs aux horizons temporels 2025 et 2050, prévoient des baisses de l'ordre de 7 à 10 % au Burkina (Ouedraogo, 2007). A Chão Bom (Cap Vert), on prévoit une baisse de rendement en grain du maïs pluvial de l'ordre de 9% et 45%, respectivement en 2020 et 2050 (Pereira, 2007).

Les changements dans les conditions climatiques pourraient aussi avoir des impacts graves sur la production rizicole (OCDE et FAO, 2008). L'augmentation des températures rendent les épillets du riz stériles, ce qui a pour conséquence la baisse du rendement en grains (Padma, 2008). Par ailleurs, les basses températures limitent la durée de la saison de croissance, le rythme de croissance et le développement des plants de riz (FAO, 2003). Les températures plus élevées affectent les rendements du riz parce qu'elles rendent les fleurs de

riz stériles (Salack et Sarr, 2006).

Des températures élevées et basses, au-dessus et au-dessous des limites critiques, influencent le rendement en grain en affectant le tallage, la formation des épillets et la maturation du riz (FAO, 2003). Par exemple :

A partir de 45 °C, des extrémités blanches, ainsi que des bandes et des taches chlorotiques apparaissent sur le limbe des feuilles.

Le tallage diminue à la fois aux basses températures (9-16 °C) et aux températures élevées (>33 °C). Des températures basses, de 12-18 °C, durant la maturation provoquent une maturité irrégulière. De basses températures inférieures à 15 °C retardent l'initiation florale. De basses températures autour de 22 °C déclenchent une épiaison incomplète et retardent la floraison.

Un stress thermique élevé provoque des épis argentés. Un stress thermique venant de températures élevées, à partir de 38 °C, déclenche une diminution du nombre des épillets (FAO, 2003).

Cependant, des niveaux accrus du CO₂ pourraient avoir des effets positifs sur le rendement du riz (OCDE, FAO, 2008). C'est ainsi que Keita (2009) a montré que sur le périmètre irrigué rizicole de Saga au Niger, le rendement du riz augmenterait jusqu'en 2040, sous l'effet de la concentration de CO₂ quelque soit l'augmentation de la température. L'état hydrique des plantes s'améliore en général à une teneur élevée en CO₂ (Van De Geijn et Goudriaan, 1997). Il devrait également s'en suivre une baisse de la transpiration des plantes et, en conséquence, un accroissement de la biomasse produite et des rendements potentiels (Seguin, 2009).

Cet effet sur la photosynthèse sera combiné à l'effet propre du réchauffement climatique sur la température en premier lieu, mais également sur les autres facteurs, en particulier la pluie (Seguin, 2007). Dans un premier temps, cela permettra d'accroître le rendement du riz, mais ce phénomène ne durera pas (Padma, 2008). Cependant Ogouwale (2006) a montré que les principales cultures (manioc, maïs, arachide, riz) connaîtront des baisses globales au Bénin Méridionale d'ici 2050.

Au cours des siècles, les sociétés humaines ont appris à développer des capacités d'adaptation aux changements de l'environnement. C'est ainsi que les pratiques agricoles ont dû s'adapter (Beavogui *et al.*, 1991). Mais la rapidité et l'intensité du changement climatique dépassent le rythme d'adaptation autonome et risquent de miner la capacité des ruraux pauvres à faire face (GIEC, 2007).

Selon Sombroek et Gommès (1997), pour réduire les effets néfastes directs ou indirects

potentiels des changements climatiques sur le système agroalimentaire, les populations doivent s'adapter et les systèmes économiques devront également être adaptés aux futurs contextes climatiques.

En outre, ces impacts pourraient être atténués par l'adoption de mesures de gestion des risques et de stratégies d'adaptation qui renforcent la prévention et la résistance (FAO, 2007).

Dès lors, toute activité d'appui à l'adaptation de l'agriculture renforce de fait la sécurité alimentaire. Inversement, tout ce qui améliore la sécurité alimentaire permet aux pauvres, notamment aux ruraux, de disposer de ressources qui les aideront à s'adapter au changement climatique (Gerald *et al*, 2009).

Pour s'adapter efficacement au changement climatique, le contexte est fondamental. Comme le fait remarquer le GIEC (2007), la capacité d'adaptation est influencée par les changements de fortune, de capital humain, d'information et de technologie, de ressources matérielles.

En effet, s'il a lieu, le changement global du climat affectera directement l'agriculture. La plupart des mécanismes et les interactions dans les deux sens entre l'agriculture et le climat sont connus même s'ils ne sont pas toujours bien compris (Sombroek et Gommès., 1997)

IV. MATERIEL ET METHODES

Cette partie expose la démarche d'identification des indicateurs de l'évolution du climat actuel et d'évaluation des impacts des changements climatiques sur la culture du riz pluvial en Haute Guinée. Les principales étapes de cette démarche sont :

- les enquêtes sur le terrain ;
- l'analyse des températures (mini, maxi, et moyenne) et des précipitations observées en Haute Guinée ;
- la projection des températures et de précipitations aux horizons 2025 et 2050 ;
- la simulation des rendements du riz aux horizons 2025 et 2050 ;
- l'application de la matrice d'impacts.

Avant d'aborder ces principales étapes, nous effectueront une brève présentation de la zone d'étude, la nature des données utilisées et leurs sources.

4.1.Présentation de la zone d'étude

La Guinée est un pays côtier de l'Afrique de l'ouest et est située entre 7°05' et 12°51' de latitude nord et 7°30' et 15°10' de longitude ouest. Elle a une superficie de 245 857 km² et une population est de 10 601 009 habitants (CIA, 2011), soit une densité moyenne est de 43 habitants au km². Le taux de croissance démographique est de 3,1% (PANA Guinée, 2007).

La Haute Guinée encore appelée Haut bassin du Niger est l'une des quatre régions naturelles de la Guinée. C'est une vaste région comprise entre 8° et 11°37' de longitude ouest et entre 8° 45' et 12° 35' de latitude Nord. Elle couvre une superficie de 103.235 km² soit environ 40 % du territoire guinéen. Elle est limitée à l'ouest par la Moyenne Guinée, au Nord et à l'est par le Mali, au sud par la Côte d'Ivoire, la Guinée Forestière, et la Sierra Leone (Fig. 1).

Administrativement, elle est divisée en deux régions administratives, celle de Kankan comprenant les préfectures de Kankan, Siguiri, Mandiana, Kouroussa et Kérouané et la région de Faranah composée des préfectures de Faranah, Dabola, Dinguiraye. L'ensemble de ces préfectures totalise 77 sous-préfectures et 8 communes urbaines avec une densité moyenne de 14 habitants au km². Dans les centres urbains et les zones minières (Banankoro, Siguiri, Faranah) la densité varie de 45 à 70 habitants au km² et peut atteindre 400 habitants au km² dans les villes.

La Haute Guinée est sous l'influence du climat tropical sud soudanien (soudano-guinéen) caractérisé par l'alternance de deux saisons :

- une saison sèche de novembre à avril avec la prédominance de vents d'Est (harmattan) ;

- une saison pluvieuse de mai à octobre avec une pluviométrie moyenne annuelle calculée sur 30 ans (1961-1990) qui varie de 1200 à 2400 mm du nord au sud (BEAVOGUI *et al.* 1991).



Figure 1: Localisation de la Haute Guinée

4.2. Nature des données et leurs sources

La recherche documentaire a été réalisée au niveau du Centre de Recherche Agronomique de Kankan (Bordo), à la bibliothèque du Centre de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG), à la Direction Nationale de la Météorologie, par internet au CRA. Cette revue documentaire a aidé à mieux appréhender les articulations ainsi que les contours du sujet choisi.

Les données utilisées proviennent de cinq sources.

- Le Service National des Statistiques Agricoles (SNSAG) : les superficies emblavées, les productions et les rendements du riz de la période 2000-2010, tirés du projet Dynamique de la production agricole. Ces données de

rendements seront utilisées pour valider le model de simulation des rendements des cultures.

- Les informations auprès des agriculteurs et des personnes ressources. Ces informations permettent de comprendre les habitudes culturelles et la perception des populations vis-à-vis de la dynamique du climat, d'appréhender les mesures adaptatives qu'elles développent pour faire face aux changements climatiques et les besoins pour y faire face.
- À la Direction Nationale de Météorologie : données de pluviométries et de températures de 1961 à 2008 pour les stations synoptiques de Kankan et Faranah ; données d'évapotranspirations mensuelles de 2000 à 2010 pour les stations de Kankan et de Faranah.
- Au Centre de Recherche Agronomique de Kankan (Bordo) : données de phénologie de deux variétés de riz cultivées (NERICA 1 et 2), le rendement des essais de 2007 et 2008 de ces deux variétés dans la zone de Kankan.
- La revue littéraire : les données pédologiques de certains sols (capacité au champ, point de flétrissement, réserve utile) ; les quelques indices/coefficients cultureux sont tirées de la revue littéraire de certains documents.

Ces données sont utilisées pour la détermination de la tendance du climat et la validation du modele de simulation des rendements du riz.

4.3. Méthodologie

4.3.1. Analyse de la perception du changement climatique vecus par les riziculteurs

La perception du changement climatique par les riziculteurs a été déterminée selon une démarche participative à l'aide de questionnaires destinés aux ménages cultivant le riz pluvial dans quatre Communautés Rurales de Développement de la Haute Guinée et aux personnes ressources évoluant dans le secteur de l'agriculture.

Les Communautés rurales enquêtées sont celles de Karfamoriah et Balandou dans la zone de Kankan et Nialia et Hermakonon dans la région de Faranah.

Les personnes ressources sont les chercheurs et chefs filières du centre de Recherche Agronomique de Bordo (Kankan).

Le choix de Kankan et de Faranah est basé sur la disponibilité des données météorologiques pour ces deux régions.

Un échantillon de 141 chefs de ménages pratiquant la riziculture a été enquêté. Cet échantillon est constitué de : 30 ménages aussi bien à Karfamoriah qu'à Balandou, 40

ménages à Nialia et 41 à Hermakonon.

Les personnes ressources enquêtées étaient au nombre de 15. Le questionnaire de collecte des données structuré semi-ouvert a porté sur les points suivants: la perception du changement climatique; leur impacts sur les paramètres agro-climatiques, sur le sol, sur les ressources en eaux ainsi que les impacts socio-économiques et les stratégies d'adaptation adoptées (Annexe 9). Chaque question a été codée pour faciliter l'analyse statistique à l'aide du logiciel SPSS 13.0.

4.3.2. Identification des risques climatiques auxquels est exposé le riz pluvial

Selon le GIEC (2007), les principaux phénomènes qui impactent l'agriculture sont la fréquence des fortes précipitations, la progression de la sécheresse, les journées et nuits froides ou les journées et nuits chaudes, le raccourcissement de la saison agricole, les risques liés au retard de semis, les séquences sèches etc. La question qui se pose est de savoir si notre zone d'étude est exposée alors à ces phénomènes.

Cela nous a conduit à analyser la perception paysanne sur l'évolution du climat local ainsi que les deux principales variables climatiques : les températures (minimales et maximales) et les précipitations observées dans deux stations synoptiques (Kankan et Faranah).

Compte tenu du manque de données pour certaines années, nous avons analysé deux séries différentes :

- Précipitations : de 1951 à 2010 pour les deux stations
- Température : de 1951 à 2010 pour Kankan et de 1971 à 2010 pour Faranah.

4.3.2.1. Tendances des températures et des précipitations

La détermination de la tendance des températures et des précipitations sur la base de la période de référence (1961-1990) a été faite à l'aide du logiciel RclimDex version R2.13.0.

RclimDex est un logiciel utilisé pour le calcul des indices d'extrêmes climatiques pour le suivi et la détection des changements climatiques. Il calcule tous les 27 indices de base recommandés par l'Équipe d'experts CCI/CLIVAR pour la surveillance de détection des changements climatiques et indices (ETCCDMI) ainsi que quelques autres indices de température et des précipitations (Zhang et Yang, 2004).

Dans cette étude les indices calculés par RclimDex sont :

- la tendance des cumuls pluviométriques annuels ;
- la tendance des températures maximales annuelles ;
- la tendance des températures minimales annuelles ;

- la tendance des températures moyennes annuelles.

Pour vérifier le non changement dans l'allure (homogénéité) des séries, nous avons appliqué le test non paramétrique de Pettitt (1979). Ce test permet d'appréhender les points de ruptures dans l'allure d'une série afin de les classer en sous séries. Le logiciel khronostat version 1.01 de l'IRD (2002) a été utilisé pour le test de Pettitt.

Pour la vérification de la stabilité des sous séries délimitées par le test de Pettitt, nous avons appliqué le test paramétrique de comparaison des moyennes de Student. Le test de Student permet de vérifier si ces sous séries sont statistiquement différentes.

Principe de comparaison des moyennes de Student :

Dans cette étude, le test de Student a été appliqué aux séries qui contiennent une ou des ruptures détectées par le test de Pettitt.

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{s^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad \text{E1} \quad ; \quad S^2 = \frac{\sum (X_{1i} - \bar{X}_1)^2 + \sum (X_{2i} - \bar{X}_2)^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad ; \quad \text{E2}$$

t = a valeur de Student ; S^2 = la variance pondérée entier des deux (périodes) ; \bar{X}_1 = moyenne de la période 1 (avant la rupture) ; \bar{X}_2 = moyenne de la période 2 (après la rupture) ; X_{1i} et X_{2i} sont les variables des deux périodes (1 et 2) ; n_1 et n_2 sont des effectifs respectifs des périodes.

La valeur absolue de t obtenue est comparée à la valeur lue sur la table de Student-Fisher (1973) pour le nombre de degré de liberté v, tel que $v = n_1 + n_2 - 2$.

La différence entre les moyennes des deux périodes est dite significative si la valeur absolue obtenue (calculée) de t est supérieure à la valeur lue sur la table de Student-Fisher au seuil de 0,05 et est très significative si elle est supérieure au seuil de 0,1.

4.3.2.2. Analyse des anomalies standards (Indices de Lamb)

Pour déterminer les périodes excédentaire ou déficitaire par rapport à la normale 1961-1990, nous avons utilisé l'indice de Lamb (Lamb, 1982).

$$I = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \quad \text{E3}$$

Où I est l'anomalie standardisée (indice de LAMB), X_i est la variable étudiée pour le temps (i), \bar{X} est la moyenne de la période de référence considérée, σ est l'écart-type de la période de référence.

Si $I > 0$, la période est dite excédentaire, humide, chaude ;

Si $I < 0$, la période est dite déficitaire, sèche, froide/ fraîche.

4.3.2.3. Analyse des paramètres agro-climatiques

L'eau est sans doute un des plus importants facteurs limitant dans les activités agricoles. En région tropicale, toutes les activités s'organisent autour de l'eau et sont dictées par l'alternance de la saison sèche et pluvieuse.

Le début et la fin de saison des pluies ainsi que les séquences sèches ont toujours revêtu un caractère très aléatoire qui peut compromettre le déroulement normal de la campagne agricole. La connaissance de ces paramètres est donc très importante pour la planification des activités agricoles.

Le logiciel Instat+ (ver3.36) a été utilisé pour la détermination des différentes dates de début et de fin d'hivernage, de la longueur de la saison des pluies, de la probabilité de risques de séquences de 5, 7, 10 et 15 jours consécutifs.

Pour la détermination des paramètres de la saison des pluies, les hypothèses suivantes, utilisées par la Direction Nationale de Météorologie de Guinée ont été retenues :

- date de début des pluies (début de la saison des pluies) : « la première occasion avec plus de 20 mm en un ou deux jours après le 1er Avril non suivie par une période sèche de plus de cinq jours dans les dix prochains jours » ;
- date de fin de la saison : « la première occasion après le 1er septembre lorsque le bilan hydrique devient égal à zéro ».

Les probabilités de risques de séquences sèches les plus longues sont calculées pour les mois d'avril, mai, juin, juillet, septembre et octobre.

4.3.2.4. Simulation du climat futur

L'évaluation de l'ampleur de la vulnérabilité de la Haute Guinée aux changements climatiques est faite par l'estimation des modifications qui affecteraient la température et la pluviométrie. Le logiciel MAGICC SCENGEN version 5.3 utilisé par le GIEC dans son quatrième rapport (GIEC, 2007) a été retenu pour cette étude. Les incertitudes sur l'évolution des précipitations nous ont amené à faire deux projections:

- Une projection du climat en combinant les modèles UKHADCM3, MIROC-HI, GISS-ER, UKHADGEM avec les hypothèses A1B-AIM (scénario de référence), A2A1MI (scénario de politique d'atténuation).

- Une projection du climat en combinant les modèles CCCMA-31, CCSM-30, CSIRO-30, ECHO-G avec les hypothèses A1B-AIM (scénario de référence), B2ASF (scénario de politique d'atténuation).

Les données projetées seront récupérées dans le répertoire magicc/scengen/imout/Obs-bas. Dans ce répertoire, les données projetées sont fonction de la longitude et de la latitude. Les horizons considérés dans cette étude sont 2025 et 2050.

4.3.3. Evaluation des impacts actuels et futurs des changements climatiques sur la culture du riz pluvial

Dans cette étude, nous avons retenu deux approches pour évaluer les impacts du changement climatique sur la culture du riz pluviale.

- la dépendance de la réponse observée des cultures et des agriculteurs aux variations du climat.
- la modélisation structurelle de la réponse agronomique des plantes aux conditions climatiques prévues.

4.3.3.1. Modélisation structurelle de la réponse agronomique des plantes par AquaCrop

La modélisation structurelle de la réponse agronomique du riz aux conditions climatiques prévues a été réalisée par le modèle bioclimatique AquaCrop Version '3.31' (FAO, 2011).

a. Présentation du modèle Aquacrop.

AquaCrop est un nouveau modèle pour la prédiction de la production des cultures en conditions de limitation d'eau (Steduo *et al.*, 2010). Ce modèle a été mis au point par la FAO. Il est utilisé pour simuler les effets collectifs de la variété, des pratiques culturales, du climat et des conditions du sol sur la croissance, le développement et les rendements (Dirk *et al.*, 2010).

Par rapport à d'autres logiciels, AquaCrop nécessite un nombre significativement plus faible de paramètres, atteignant un équilibre entre simplicité, précision et robustesse (Steduo *et al.*, 2011).

Le modèle a deux fichiers de concentration du CO₂ avec un niveau de référence de 369,41 ppm en 2000. Ces fichiers sont callés à différents horizons et permettent de simuler l'impact de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère sur la productivité des plantes de type C3 (riz), C4 (mil) et CAM (Dirk *et al.*, 2010). Dans notre étude, le fichier choisi est callé par défaut de concentration de CO₂ dans l'atmosphère de 1902 à 2099. Les concentrations du CO₂ aux

horizons 2025 et 2050 sont respectivement : 419,35 ppm et 469,35 ppm. Par rapport à 2000, les augmentations du CO₂ seront : +49,94 ppm en 2025 et +99,94 ppm en 2050 soit respectivement + 13,5% et +27,1 %.

AquaCrop simule la biomasse et le rendement.

La biomasse se calcule par la formule: $B = WP \sum Ta$.

- WP est le water productivity qui varie de 15 à 20 kg/m² pour les plantes en C3 ;
- Ta est la transpiration de la plante (en mm) ;
- B est la biomasse (kg).

Le rendement Y se calcule par la formule: $Y = B \times HI$

- B est la biomasse (kg) ;
- HI est l'indice de récolte.

AquaCrop comprend trois grandes parties (Fig.2): environnement, simulation et project.

■ L'environnement AquaCrop comprend quatre parties (Figure 2):

- ✓ une partie climat pour la saisie des données météo (tmax, tmini, pluies ETP);
- ✓ une partie crop (plante) pour la saisie des données agronomiques de la plante;
- ✓ une partie management (techniques agricoles) pour la saisie des techniques agricoles pratiquée;
- ✓ une partie soil (sol) pour la saisie des données pédologiques.

■ La simulation AquaCrop comprend deux parties:

- ✓ la période de simulation ;
- ✓ les conditions initiales.

■ La partie project AquaCrop :

- ✓ Cette partie sert à faire des projets de simulation unique ou multiples (successives).

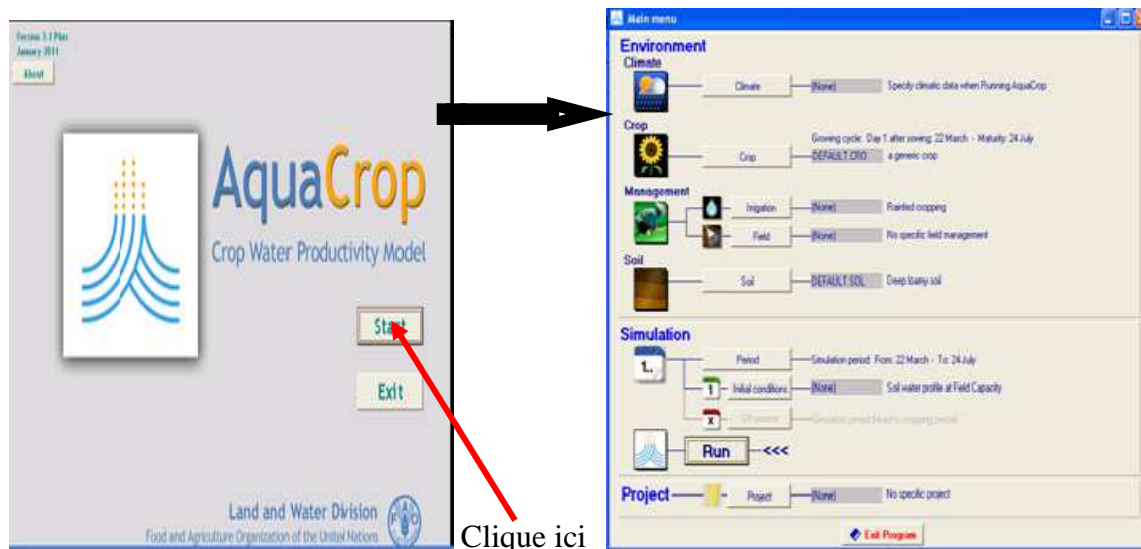


Figure 2: Interface d'AquaCrop

b. Paramètres d'entrée dans le modèle

Pour simuler les rendements, le modèle exige des données d'entrée comme les informations sur la culture : variété, densité de semis, dates de semis, phénologie etc., les facteurs environnementaux (type de sol, capacité au champ, point de flétrissement permanent, la réserve d'eau utile, etc.) et les conditions atmosphériques (température minimale et maximale, la pluviométrie et l'évapotranspiration potentielle) qui peuvent être journalières, décadaires, mensuelles ou annuelles.

Certaines de ces données ont été collectées dans les structures citées plus haut. D'autres sont estimées (capacité au champ, point de flétrissement et la réserve d'eau utile).

Les données de sol utilisées dans cette étude sont tirées du répertoire du modèle AquaCrop : Sablo-limoneux (Sandy loam sol) (Tableau 1)

Pour les données futures (températures et précipitations), les fichiers climatiques correspondant aux horizons temporels 2025 et 2050 ont été constitués en modulant le fichier de la normale 1961-1990 avec les variations obtenues à partir des scénarios climatiques pour les mêmes horizons temporels et par station. Le manque de données pour le calcul de l'ETo nous a amené à utiliser la moyenne des ETo mensuelles de 2005 à 2010 de chaque station.

Tableau 1 : Données du terrain utilisées pour le paramétrage et la validation du modèle AquaCrop

Données Météorologiques							
Température minimale et maximale journalière de Kankan de 2000 à 2010							
Pluie journalière de Kankan de 2000 à 2010							
Evapotranspiration potentielle journalière de Kankan de 2000 à 2010							
Données agronomiques							
Variétés	Stade phénologie		Poids de 1000	Densité de semis	Hauteur	Nombre /pan grains	Rendement moyenne en milieux paysans
	Date de floraison 50%	Durée de la maturité (cycle)	Grains (g)	(kg/ha)	Plants en cm		
NERICA-1	75	95	20,62	70 à 80	57,3	55	1176,7
NERICA-3	73	92	30,27	70 à 80	66,4	52	1560
Technique cultural							
Type de semis		Semis à volé ;					
Date de semis		15juin au 1 juillet					
Date de récolte		25 à 40 jours après l'épiaison à l'aide des faucilles					
Profondeurs du semis		2 à 15cm					
Apport d'Engrais		Sans utilisation d'engrais, variété sensible aux sécheresses, et la fertilité du sol ; stress à la fertilité : 42% pour le Nerica2, 62% pour le Nerica1					
Caractéristique du sol sableux-limoneux (sandy loam soil) de Aquacrop	Point de flétrissement (Pwp)		Capacité au champ (FC)		Humidité à la saturation (SAT)		Reserve utile (FC-Pwp)
	10%		22%		41%		
						120mm/m	

Sources . DNM, IRAG, Aquacrop

c. La calibration/ Paramétrage du modèle

En AquaCrop, le système de culture comporte cinq composantes principales et les réponses dynamiques associés : la phénologie, le couvert aérien, la profondeur d'enracinement, la production de la biomasse et le rendement.

Le paramétrage de la culture du riz pluviale a été fait en utilisant les données agronomiques de deux variétés de NERICA (1 et 2) qui sont les plus cultivées dans la zone d'étude.

Sur l'ensemble des paramètres (coefficients) d'AquaCrop, 26 d'entre eux ont été supposés ou démontrés être constants (conservatrice) par RAES et al. (2010). Les mêmes valeurs de cet ensemble de 26 paramètres ont été utilisées (Annexe5).

d. Validation du modèle

Pour la validation du modèle, il est nécessaire de disposer des données simulées et observées sur le terrain de la zone d'étude pour les confronter entre elles. Pour notre étude, nous avons

disposé des données de rendements du service National des Statistiques Agricoles de la Guinée de 2000 à 2010.

Toutefois, ces données ne sont pas spécifiées par variété ou par type de cultures (inondés, irrigués, etc.). Cette situation nous a amené à faire la moyenne des rendements simulés des deux variétés de riz (NERICA1 et NERICA2) afin de pouvoir comparer aux données du SNSAG. Pour la validation du modèle, nous avons appliqué le RMSE (Root Mean Square Error)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (O_i - P_i)^2}{N}} \quad E4$$

Avec O_i = rendement observé dans l'année i ; P_i = rendement simulé pour l'année i ;

N = nombre de simulation.

Le RMSE représente une mesure de l'ensemble, ou moyenne, l'écart entre les valeurs observées et simulées. C'est un indicateur synthétique de l'incertitude du modèle absolu. En fait, il prend les mêmes unités de la variable en cours de simulation, et donc plus la valeur est proche de zéro, meilleure est la performance du modèle de simulation.

4.3.3.2. La dépendance de la réponse observée des cultures et des agriculteurs aux variations du climat actuel

Pour évaluer les impacts actuels de la variabilité et du changement climatiques sur la culture du riz, nous avons enquêté les riziculteurs et quelques personnes ressources sur la réponse observée des cultures aux variations du climat. (Voir partie 4.1.). A partir de ces réponses, nous avons appliqué la matrice des impacts de la Banque Mondiale (2009).

La matrice d'impacts comprend six étapes: la détermination des risques climatique dans la zone, la détermination de l'occurrence de ces risques, l'identification des éléments impactés, la description des impacts ou des opportunités, l'identification des options d'adaptation possible, et la priorisation des mesures d'adaptation.

- **Détermination des risques climatique :** les risques climatiques sont déterminés à partir de l'analyse des enquêtes et les paramètres climatiques (températures et précipitations).
- **Les probabilités d'occurrences :** sont déterminées à partir des réponses (pourcentage) des personnes enquêtées. Les probabilités affectées à ces pourcentages sont :
 - Terme de probabilité. Probabilité de l'occurrence, du résultat
 - Pratiquement certain > 99% de probabilités

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| ○ Extrêmement probable | > 95% de probabilités |
| ○ Très probable | > 90% de probabilités |
| ○ Probable | > 66% de probabilités |
| ○ Plutôt probable | > 50% de probabilités |

L'occurrence d'autres phénomènes est tirée dans le rapport du GIEC (2007). A chaque probabilité d'occurrence, nous avons affecté une couleur.

- ***L'identification des éléments impacts*** : les principales variables du système du riz pluvial considérées dans cette étude sont : la culture et le sol.
- ***La description des impacts ou des opportunités*** est faite à partir des résultats d'enquêtes et des projections des rendements faite par AquaCrop. Pour caractériser les conséquences des risques sur le système rizicole, nous utiliserons la terminologie suivante:

-Mineur =1 ; -Modérés = 2 ; -Majeurs =3 ; -Sévère =4.

- ***L'identification des options d'adaptation possible*** : les options d'adaptations sont déterminées en fonction des stratégies et méthodes adoptées ou exprimées par la population enquêtée.
- ***Priorisation des mesures d'adaptation:*** La matrice de priorisation des mesures d'adaptation par la méthode coût-efficacité à été utilisée. Nous avons attribué les scores sur une grille allant de 1 à 5. Le rang détermine le niveau de priorité de la mesure d'adaptation. Ce rang est déterminé en calculant la somme des scores

V. RESULTATS

5.1. Perception du changement climatique par la population de la Haute Guinée

La population rurale enquêtée a majoritairement une tranche d'âge comprise entre 40 et 78 ans. L'enquête a porté sur les chefs de ménages dont 90 hommes et 51 Femmes (Fig.3) Sur le plan professionnel, la population rurale enquêtée est composée de 111 agriculteurs et 30 agro-éleveurs soit un total de 141 chefs de ménage. Les personnes ressources sont au nombre de quinze (15)

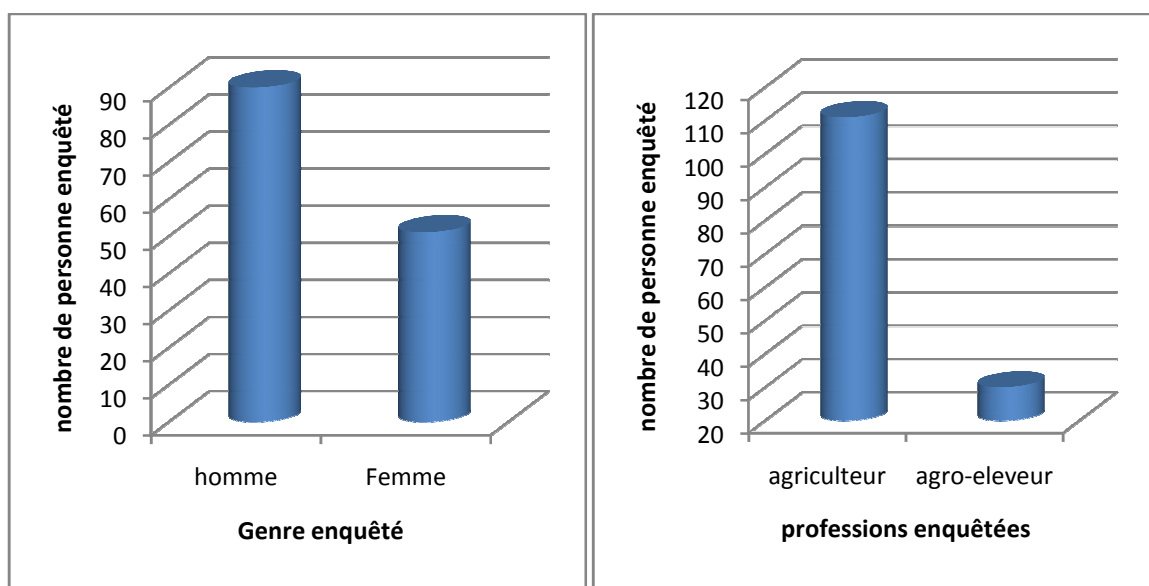


Figure 3 : Genre et profession des personnes enquêtées

5.1.1. Perception paysanne sur le changement climatique

Ce résultat porte sur les 141 chefs de ménages enquêtés, dont 80 à Faranah et 61 à Kankan. Les systèmes de production pratiqués par tous les exploitants sont fondés sur l'agriculture extensive et itinérante manuelle pratiquée avec des outils aratoires.

Les systèmes de cultures sont traditionnels marqués par la défriche-brûlis avec la jachère comme mode de restauration de la fertilité des sols. Les productions végétales sont constituées de cultures pérennes (mangue), de cultures vivrières (riz, maïs, manioc, igname, fonio, et arachide...) et de cultures maraîchères (tomate, gombo, piment).

Dans le système de production local, le riz occupe la première place. En effet, il est cultivé de nos jours par tous les paysans enquêtés. Cependant, la précocité des variétés cultivées varient suivant les riziculteurs : 48,9 % cultivent les variétés à cycle court (trois mois), 26,2 % les variétés à cycle court et long et 24,8% les variétés à cycle long (quatre à cinq mois),(Fig.4).

Dans les milieux ruraux de la Haute Guinée, les riziculteurs perçoivent le régime climatique de trois manières : la saison de pluies, la saison sèche et les signes annonciateurs de ces différentes saisons.

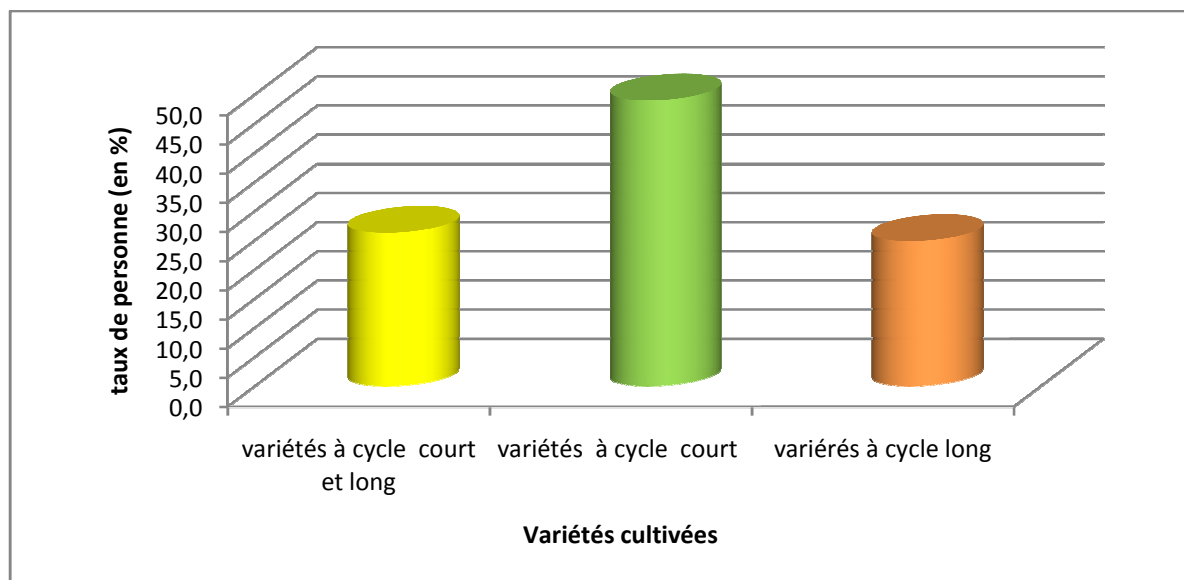


Figure 4 : Précocité des variétés cultivées en Haute Guinée.

❖ Saison des pluies

Les personnes enquêtées comparent les caractéristiques actuelles de la saison des pluies à celles d'il y a trente (30) ans.

Pour 49,6% des paysans, la saison des pluies démarrait au mois d'Avril, il y a trente ans alors que 41,1% pensent que c'est au mois de Mai (Fig. 5a). Seuls 9,2% situent ce démarrage beaucoup plus précoce, au mois de Mars. Actuellement, plus de la moitié (58,9%) des paysans interrogés affirment que le démarrage de la saison des pluies a lieu en Mai alors que 36,9% le situe en Juin et seulement 4,3% en Avril (Fig.5c).

En ce qui concerne la fin de la saison des pluies il y a 30 ans, plus des 2/3 des producteurs enquêtés (70,9%) indiquent qu'elle intervenait en Novembre, 17% en Décembre et 11,3% en Septembre (Fig. 5b). Pratiquement les mêmes proportions de producteurs affirment que cette fin de saison intervient actuellement mais de façon plus précoce, avec un mois d'avance : octobre (67,4%) Novembre (19,1%) et Septembre (12,1%) (Fig.5d).

Par ailleurs, 85,8% des enquêtés affirment que la longueur de la saison des pluies a diminué tandis que 73,8% trouvent que les séquences sèches pendant la saison des pluies deviennent de plus en plus fréquentes. La plupart des riziculteurs (93,6%) affirment même que la longueur de ces séquences devient de plus en plus longue.

Les vents violents sont de plus en plus fréquents actuellement pendant les saisons des pluies

pour 73,8% des enquêtés. De même, on assiste à une grande variabilité du régime des pluies d'une année à l'autre pour 97,9% d'entre eux et à des fortes chaleurs dans la journée pendant la saison des pluies pour 94,3%. Pour les 2/3 des paysans, les inondations deviennent de plus en plus fréquentes.

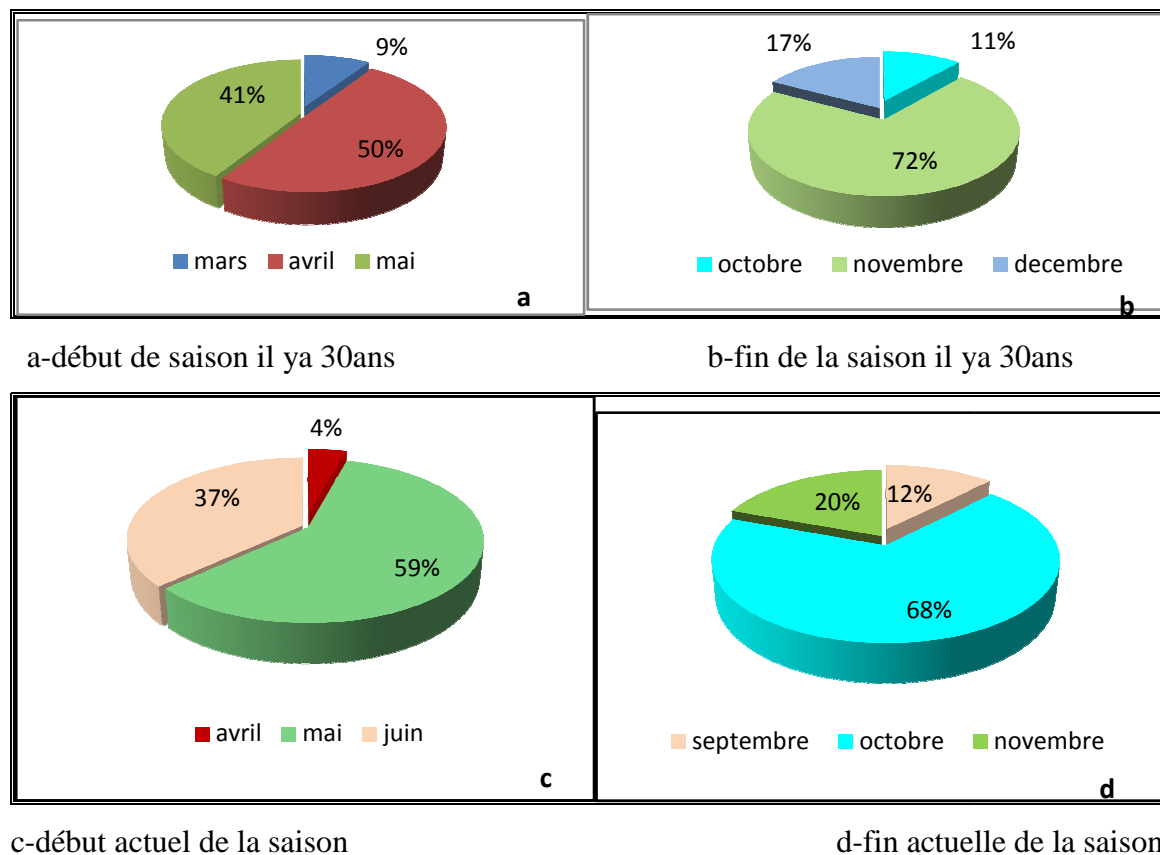


Figure 5: Perception paysanne sur les paramètres agro climatiques (Début et fin de la saison des pluies)

❖ SAISON SECHE

Les riziculteurs se sont également prononcés sur la longueur de la saison sèche. Pour 97,2%, les saisons sèches deviennent de plus en plus longues avec de fortes chaleurs dans la journée (94,3%). Les débuts de la saison sèche deviennent de plus en plus froids pour 76,6% des riziculteurs enquêtés.

❖ INDICATEURS TRADITIONNELS DES SAISONS

Parmi les riziculteurs enquêtés, 60% signalent l'utilisation des arbres (la perte des feuilles d'*Acacia albida*) comme indicateurs du début de la saison des pluies. D'autres indicateurs sont également utilisés. Il s'agit des astres (les 5 étoiles) selon 20% des enquêtés et des oiseaux (12%) (Fig.6a).

Quant à la fin de la saison des pluies, c'est essentiellement l'arrivée des cigognes blanches (*Ciconia nigra*) qui est utilisée comme indicateur comme l'affirment 70% des paysans (Fig.6b). Les indicateurs de la fin de la saison des pluies et le début de la saison sèche sont l'épiaison de certaines herbes, la chute des feuilles du fromager (*Ceiba pentandra*) et le changement de la direction du vent.

La bonne saison des pluies est annoncée par l'intensité et la durée du froid (Nènè en langue mandingue) en début de la saison sèche selon 89,4 % des enquêtés.

Cependant de nos jours, ces indicateurs ne sont plus très fiables. En effet, 63% des enquêtés disent que les indicateurs de l'approche de la saison des pluies ne sont plus valables suite à la perturbation du climat. Néanmoins, 65% des enquêtés indiquent que les signes annonciateurs de fin et de bonne saison des pluies, sont encore valables.

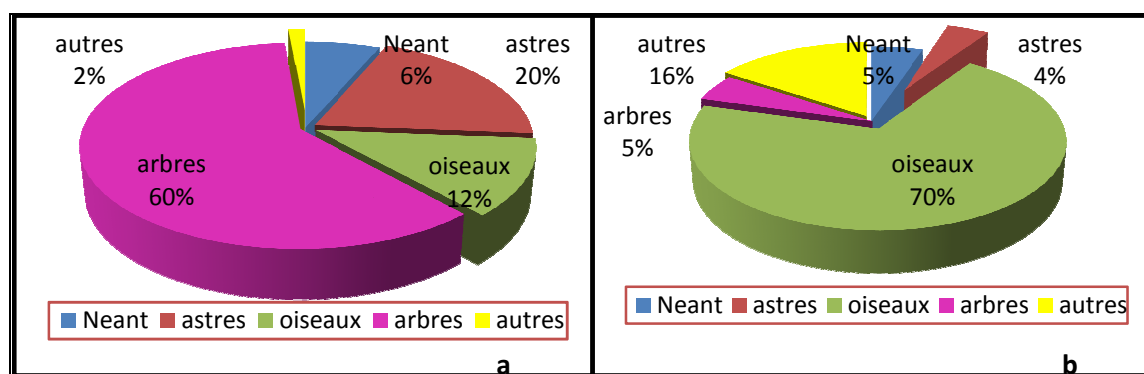


Figure 6: Perception paysanne sur les indicateurs du début(a) et de la fin(b) de la saison des pluies

5.1.2. Perception des personnes ressources sur le changement climatique

Les 15 personnes ressources enquêtées sont majoritairement des chercheurs et des cadres du Centre de Recherche Agronomique de Borbo (Kankan).

Les 80 % des enquêtés disent avoir quelques connaissances sur le changement climatique. Cependant 72,4 % d'entre eux n'ont jamais assisté à un colloque ou à un séminaire dans le cadre de l'information sur le changement climatique. Mais tous les enquêtés (100%) disent avoir remarqué un changement au cours des dernières années. Les principaux indicateurs de ce changement sont :

- une baisse de la pluviométrie (100%) ;
- une augmentation de la longueur de la saison sèche et une réduction de la durée de la saison des pluies (80%) ;
- des températures de l'air très élevées au cours de la journée et très basse la nuit pendant la saison sèche (80%) ;
- des poches de sécheresse pendant la saison des pluies et des arrêts prématurée de la pluie avant la fin des récoltes (100%).

L'analyse de perception du changement climatique vécus par les populations décline les risques climatiques suivants: Séquence sèche plus longue et plus fréquente, baisse de la pluviométrie, Inondation plus fréquente, Réduction de la durée de la saison agricole, Variabilité du début et de la fin de la saison de pluies, les Vents violents plus fréquent.

5.2. Analyses des risques climatiques auxquels est exposée la culture du riz pluvial

L'analyse des risques climatiques auxquels est exposé le riz pluvial est basé sur l'analyse des paramètres climatiques notamment les précipitations et les températures observées dans deux stations synoptiques de la zone d'étude : station de Kankan et de Faranah. Pour appuyer notre analyse, nous avons établi des tableaux, des figures afin de mieux cerner les risques climatiques de la Haute Guinée.

5.2.1. Analyse des précipitations

5.2.1.1. Tendance des précipitations

L'analyse tendancielle des cumuls pluviométriques annuels de la Haute Guinée relève une baisse des cumuls pluviométriques. La pente de la tendance est -3,411 à Faranah (Fig. 7) et 6,042 à Kankan (Fig. 8).

Par rapport à la référence 1961-1990 on enregistre une augmentation des précipitations de l'ordre 1 à 2% de 1991 à 2010 (Tableau 2).

Par ailleurs l'application du test de rupture de Pétitt a détecté une rupture en 1970 dans la série des cumuls pluviométriques de Kankan (Fig. 9a) et en 1979 dans la série des cumuls pluviométriques de Faranah (Fig.9b).

Le test de comparaison des moyennes des sous-séries pluviométriques homogènes avant et après les points de ruptures met en exergue l'ampleur de la transition brutale qui caractérise la

modification de la pluviosité.

Pour la zone de Kankan, la période 1951-1970 présente la particularité d'avoir une pluviométrie abondante : 1690,9 mm d'eau en moyenne par an avant 1970 ; l'après 1970 enregistre une pluviométrie interannuelle moyenne de 1412,5 mm. Près de 278,4 mm de pluie séparent les deux moyennes pluviométriques, soit une baisse très significative de l'ordre de 16,5% de la pluviométrie moyenne de 1951-1970 (Tableau 3).

Pour la zone de Faranah, la période 1951-1979 présente la particularité d'avoir une pluviométrie abondante : 1686,2 mm d'eau en moyenne par an avant 1979 ; l'après 1979 enregistre une pluviométrie interannuelle moyenne de 1524,6 mm. Près de 141,6 mm de pluie séparent les deux moyennes pluviométriques, soit une baisse statistiquement significative de l'ordre de 8,5% de la pluviométrie moyenne de 1951-1979. (Tableau 2).

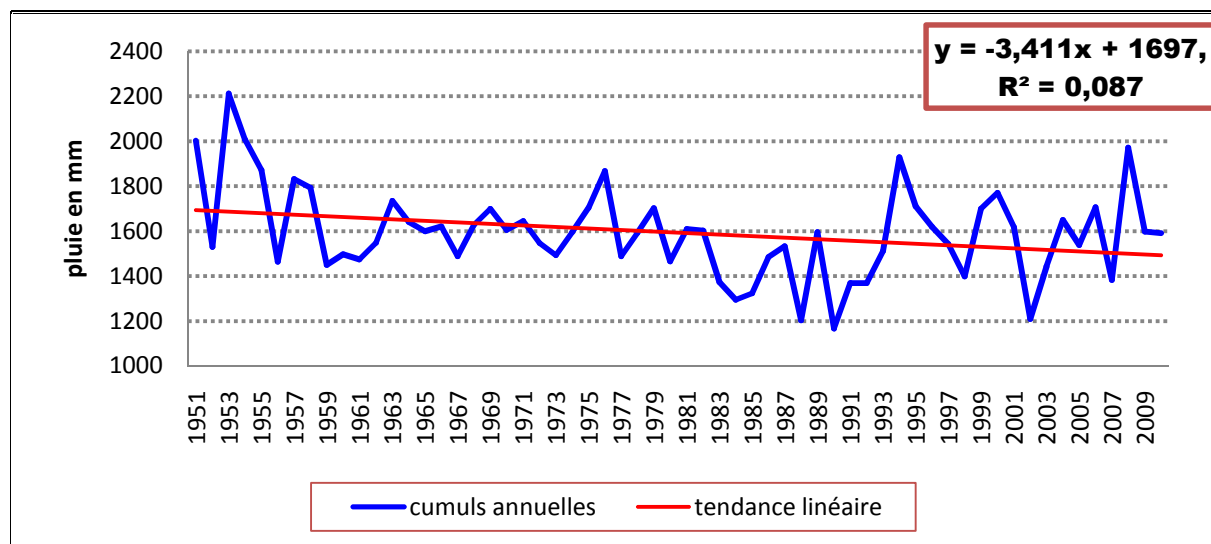


Figure 7 : Tendence des cumuls pluviométriques annuels de Faranah

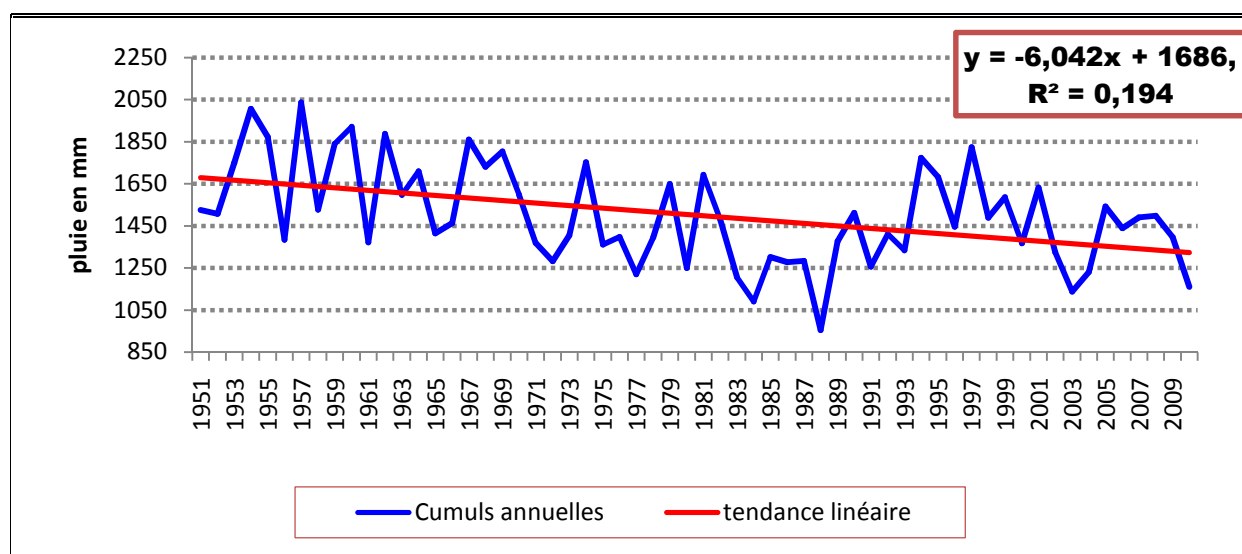


Figure 8: Tendence des cumuls pluviométriques annuels de Kankan

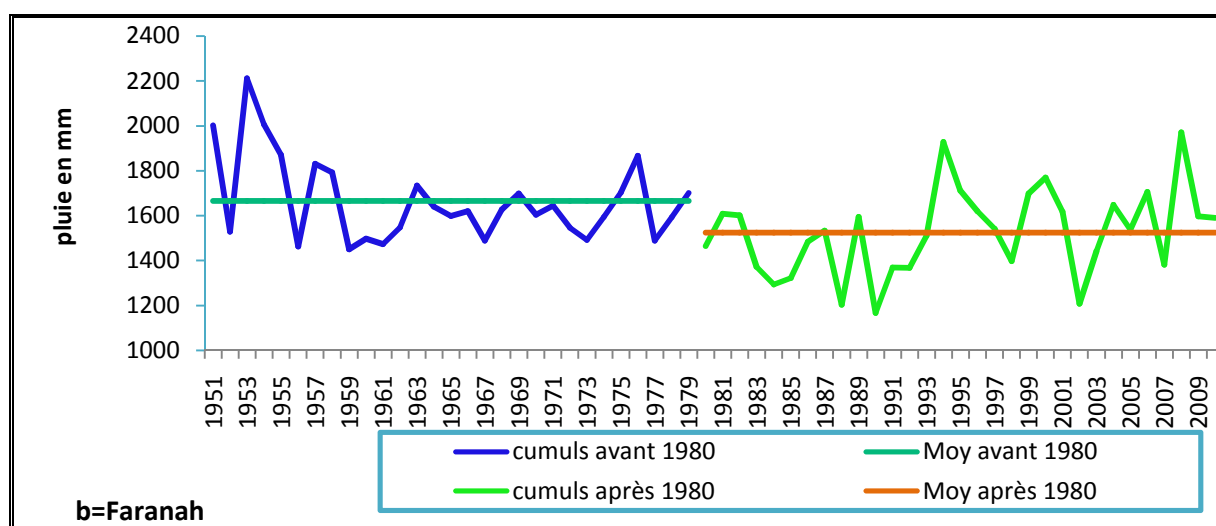
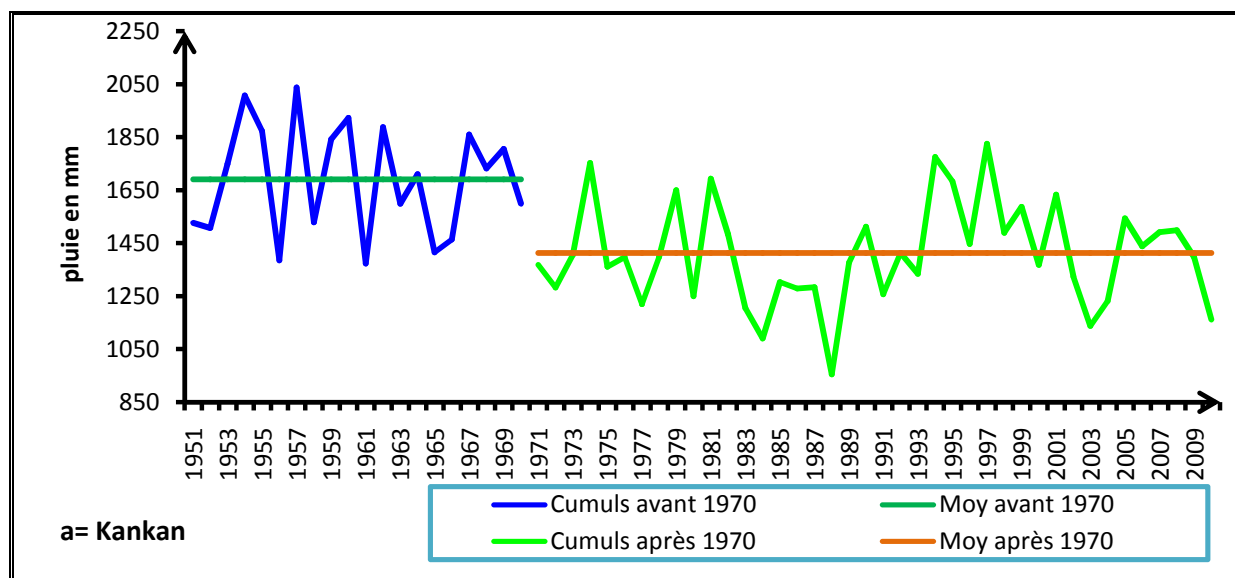


Figure 9 : Evolution des cumuls pluviométriques annuels de Kankan (a) et Faranah (b), test de rupture de pétitt

Tableau 2 : Comparaison des moyennes des températures des sous séries délimitées par le test de rupture de Pétitt, à Kankan série 1951-2010

Variables	Années de rupture	comparaison des moyennes			
		Moyenne avant la rupture (M1)	Moyenne apres la rupture (M2)	Différence (M2-M1)	Significativité Selon le test de Student
Température maximale	1978	31,4°C	33,6	+ 1,2 °C	xx
Température moyenne	1986	26,4°C	26,9°C	+ 0,5°C	x ₀
précipitations	1970	1690mm	1412mm	-16%	xx

Significativité : x₀= pas significative ; x=significative ; xx= très significative

Tableau 3 : Comparaison des moyennes des températures des sous séries délimitées par le test de rupture de Pétitt, à Faranah série 1951-2010 pour la précipitation, 1971-2010 pour la température

Variables	Années de rupture	comparaison des moyennes			
		Moyenne avant la rupture (M1)	Moyenne après rupture (M2)	Différence (M2-M1)	Significativité Selon le test de Student
Température maximale	1990	31,6°C	32,5	+0,9°C	xx
Température moyenne	1986	25,1°C	25,5	+0,4°C	x _o
Précipitations	1978	1686,2mm	1524,6mm	-8,5%	x

Significativité : x_o= pas significative ; x=significative ; xx= très significative

5.2.1.2. Analyse des anomalies standards

Les totaux pluviométriques annuels présentent de fortes variabilités par rapport à la normale 1961-1990. Les années humides et sèches s'alternent parfois sans qu'aucune périodicité n'apparaisse (Fig.10). Cependant, de l'observation des anomalies standards, nous pouvons noter trois principales périodes selon notre série de données (1951 à 2010) :

- Une période humide ou excédentaire entre 1951 et 1969 ;
- Une période déficitaire entre 1970 et 1994. Elle caractérise la sécheresse qui a secoué l'Afrique de l'Ouest. Cependant, elle n'a pas eu la même intensité partout. En terme d'importance, la partie nord (Kankan) a connu une période longue (1970-1994) et rude que la partie sud (Faranah) qui n'enregistre que les déficits entre 1982-1994 ;
- Une période de variabilité pluviométrique après les années déficitaires. Elle est caractérisée par une petite période excédentaire suivie de l'alternance des années déficitaires et excédentaires.

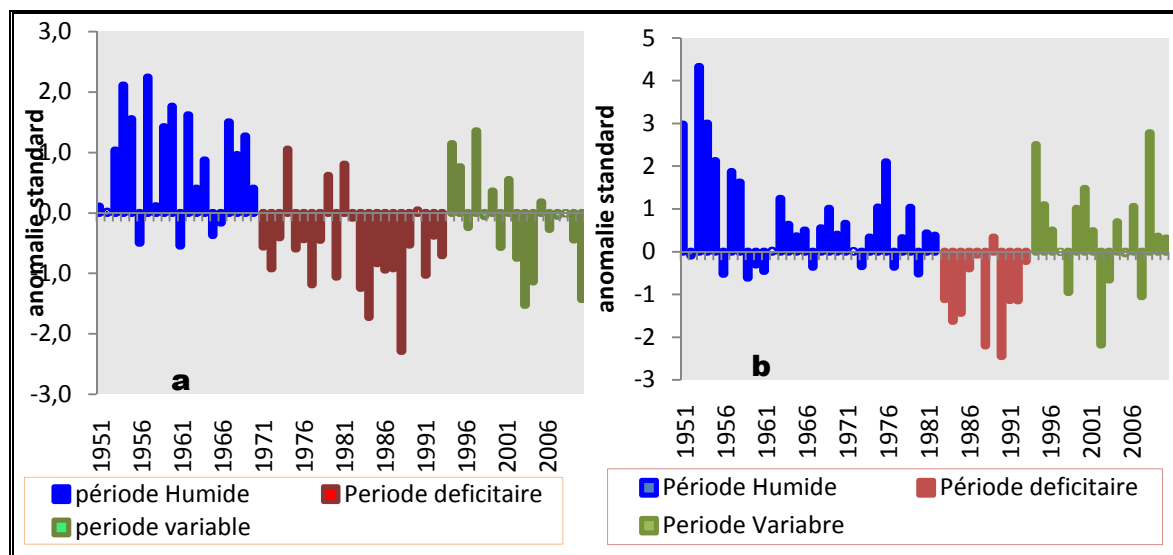


Figure 10: Anomalies standards des précipitations de Kankan (a) et de Faranah(b)

5.2.1.3. Analyse des paramètres Agro-climatiques

L'évolution générale de la tendance des paramètres agro climatiques montre une baisse de la durée de la saison des pluies due à un début tardif et une fin précoce des saisons de pluies (annexe 3). Cette baisse n'est pas partout homogène. Elle est de 5 jours à Kankan et 2 jours à Faranah par rapport la moyenne 1961-1990 (Tableau 4).

Les dates de début et de fins de la saison des pluies ont des caractères très aléatoires. La date de démarrage se situe entre mai et juin à Kankan, et entre avril et juin à Faranah. Quant à la fin, elle se situe entre octobre et novembre à Kankan tout comme à Faranah (Tableau 4).

Tableau 4 : Dates de débuts, de fin et durées de la saison des pluies en Haute Guinée

Paramètres de la saison agricole		Kankan		Faranah	
Période		1961-1990	1991-2010	1961-1990	1991-2010
Début Saisons	Moy	06mai	08mai	20 avril	23 avril
	Plus précoce	01mai	01mai	02avril	01avri
	Plus Tardif	18mai	18mai	19mai	8mai
Fin de saison	Moy	30octobre	27octobre	02nov	04novembre
	Plus précoce	07octobre	14 octobre	13oct	01octobre
	Plus Tardif	18novembre	16novembre	27novembre	17novembre
Durée de la saison en jours	Moy	177	172	197	195
	courte	151	150	162	159
	longue	194	190	227	225

❖ Séquences sèche pendant les quatre premiers mois de la saison des pluies

Il y a une forte probabilité de risques d'avoir une séquence sèche la plus longue de 5, 7, 10 et 15 jours dans les mois d'avril, mai, juin, et juillet. Les séquences sèches les plus longues

supérieures ou égales à 15 jours sont observées en Avril et Mai dans toute la zone (Fig. 11). En effet, pendant la période 1961-2010 (soit 50 ans), environ 60% (soit 30 ans) des années ont enregistré les séquences sèches longues supérieures ou égales à 10 jours dans le mois d'avril (Tableaux 5 et 6).

❖ **Séquences sèche pendant les mois d'octobre et novembre.**

Les séquences sèches les plus longues supérieures à ou égales à 20 sont enregistrées en novembre. Entre 1961 -2010, 50 et 60% des années ont enregistrés les séquences sèches les plus longues supérieurs ou égales à 20 jours dans le mois de Novembre respectivement à Faranah et à Kankan (Tableaux 5 et 6).

Tableau 5: Pourcentage d'années ayant enregistré les séquences sèches les plus longues supérieurs ou égales à 5, 7, 10, et 15 jours à Faranah et à Kankan pendant les mois d'avril, mai, juin, et juillet de 1961-2010

Mois	Pr>=5	Pr>=7	Pr>=10	Pr>=15	Localités
Avril	100%	93%	64%	21%	Kankan
Mai	69%	30%	15%	7%	
Juin	5%	5%	0	0	
Juill	11%	5%	0	0	
Avril	100%	100%	70%	32%	Faranah
Mai	84%	60%	31%	15%	
Juin	43%	16%	10%	2%	
Juill	26%	20%	8%	0	

Tableau 6: Pourcentage d'années ayant enregistré les séquences sèches les plus longues supérieures ou égales à 7, 10, 15 et 20 jours à Faranah et à Kankan pendant les mois d'octobre et Novembre de 1961-2010

Mois	Pr>=7	Pr>=10	Pr>=15	Pr>=20	Localités
Octobre	26%	10%	0	0	Faranah
Novembre	95%	89%	75%	52%	
Octobre	33%	13%	0	0	Kankan
Novembre	100%	100%	74%	61%	

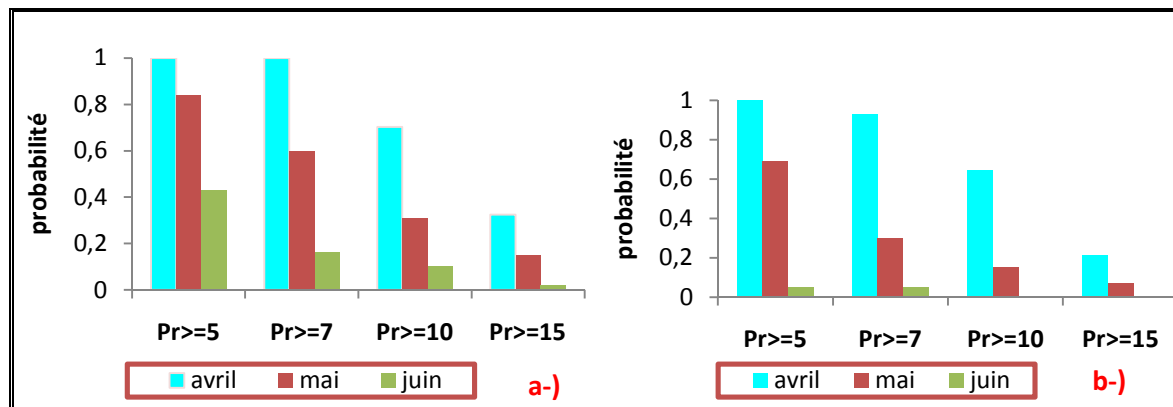


Figure 11: Risques de séquences sèches en avril, mai, juin et juillet à Kankan (a) et à Faranah (b)

5.2.2. Analyse des températures

5.2.2.1. Tendance des températures

L'analyse tendancielle des températures relève une hausse de la température maximale et de la température moyenne et une légère baisse de la température minimale (annexe 2).

En comparant les moyennes 1991-2010 à celles des références 1961-1990, on enregistre une hausse de la température maximale l'ordre de + 0,9°C à Faranah et de +1,0 °C à Kankan. Quant à la température moyenne, la hausse est de l'ordre de +0,3°C à Faranah et + 0,4°C à Kankan. Par contre, la température minimale enregistre une baisse de l'ordre de -0,2°C dans les deux stations (Tableau 7).

L'application du test non paramétrique de Pettitt dans les séries des températures étudiées a détecté la rupture dans certaines séries (Tableaux 2 et 3). Cependant, aucune rupture n'a été détectée dans les séries des températures minimales.

Dans la série des températures maximales de Faranah, on enregistre une rupture en 1990 (Annexe 2). Cette rupture est très significative selon le test de Student. On note une augmentation de l'ordre de +0,9°C par rapport à la moyenne d'avant la rupture (Tableau 3). Quant à la série de Kankan, la rupture est enregistrée en 1978 (Annexe 2). Cette rupture est très significative selon le test de Student avec une augmentation de d'ordre de 1,2°C par rapport à la moyenne d'avant la rupture (Tableau 2).

Dans les séries de températures moyennes, le test de Pettitt a permis de détecter une rupture en 1986 à Faranah et à Kankan (Fig.12). Cependant, cette rupture n'est pas significative selon le test de Student. Par ailleurs, on note une augmentation de la température moyenne de + 0,4°C à Faranah et + 0,5°C à Kankan par rapport à la moyenne d'avant la rupture (Tableaux 2

et 3).

Tableau 7: Comparaison des moyennes de 1991-2010 à la moyenne de référence 1961-1990

Zone	variables	moyenne 1961-1990	moyenne 1991-2010	Différence
Kankan	précipitation (mm)	1456,8	1474,4	(+17,5mm (soit 1,2%))
	Température maxi (°C)	32,9	33,8	1,0
	Température mini (°C)	20,2	20	-0,2
	Température moyenne °C	26,6	26,9	0,3
Faranah	précipitation (mm)	1543,6	1580,9	37,3 mm (soit 2,41%)
	Température maxi (°C)	31,6	32,5	0,9
	Température mini (°C)	18,8	18,6	-0,2
	Température moyenne (°C)	25,2	25,5	0,3

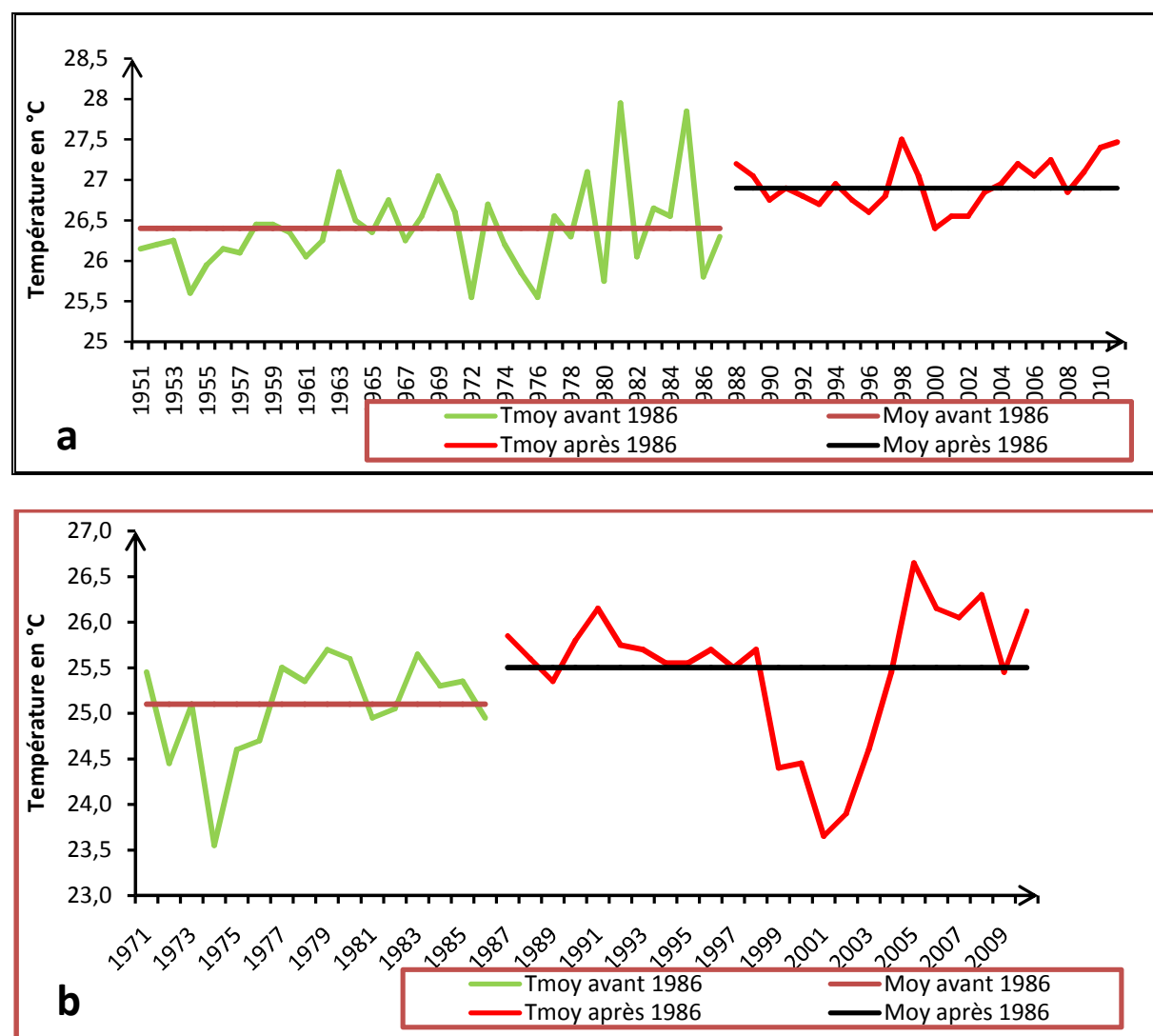


Figure 12 : Evolution des températures moyennes de Kankan(a) et Faranah(b), test de rupture de Pettitt

5.2.2.2. Analyse des extrêmes des températures pendant la saison agricole (mai, juin, juillet, aout, et septembre)

On enregistre une augmentation du nombre de jours où les températures maximales dépassent les seuils de 33°C, 35°C et 37°C pendant la saison agricole. Cette augmentation est disproportionnée. A Kankan, le nombre de jours avec $T_x > 37^\circ\text{C}$ dépasse les 10 jours depuis 1984 alors qu'il est inférieur à 10 jours à Faranah. Par ailleurs, depuis 1984, le nombre de jours avec $T_x > 33$ et $T_x > 35$ dépasse respectivement les 42 jours et 20 jours à Kankan et les 17 jours et 5 jours à Faranah chaque saison agricole (Annexe 4).

L'analyse des précipitations et des températures observées permet de distinguer les risques de sécheresse, d'augmentation des températures, de séquences sèches plus longues et plus fréquentes, de raccourcissement de la saison des pluies, de variabilité accrue du début de la saison des pluies.

5.2.3. - Simulation du climat Futur

5.2.3.1. Projection du climat par la combinaison des modèles: UKHADCM3, MIROC-HI, GISS-ER, UKHADGEM.

Les résultats issus des projections des températures et des précipitations selon les scénarios A1B-AIM (scénario de référence) et A2A1MI (scénario de politique d'atténuation) pour les horizons temporels 2025 et 2050 pour les stations de Kankan et Faranah sont présentés à l'annexe 6. Ces résultats montrent des augmentations identiques des températures et des précipitations annuelles au niveau des deux stations et ceci pour tous les deux horizons temporels (Tableau 8). C'est ainsi que les augmentations de températures annuelles seront de + 0,7°C en 2025 et + 1,5°C en 2050. Elles sont respectivement de 6,2% et 6,0% pour les précipitations annuelles. Les températures mensuelles et les précipitations mensuelles connaîtront également des augmentations.

Tableau 8: Taux de variations des températures et des précipitations annuelles à Faranah et Kankan aux horizons 2025 et 2050

Horizon temporel	Températures annuelles		Précipitations annuelles	
	Faranah	Kankan	Faranah	Kankan
2025	+ 0,7°C	+ 0,7°C	+6,2 %	+6,2%
2050	+ 1,5°C	+ 1,5°C	+6,0%	+6,0%

5.2.3.2. Projection du climat par la combinaison des modèles: CCCMA-31, CCSM-30, CSIRO-30, ECHO-G

Les résultats issus des projections des températures et des précipitations selon les scénarios A1B-AIM scénario de référence et B2ASF scénario de politique d'atténuation pour les horizons temporels 2025 et 2050 pour les stations de Kankan et Faranah sont présentés dans l'annexe 6. Ces résultats montrent une augmentation des températures annuelles de +0,7°C en 2025 et de + 1,6°C en 2050 pour les deux stations (Tableau, 9). Par contre, ces modèles indiquent des diminutions des précipitations annuelles, de - 6,3% et de - 15,2%, respectivement en 2025 et 2050 au niveau des deux stations. Les pluviométries mensuelles connaîtront une diminution selon ces modèles.

Tableau 9 : Variations des températures et des précipitations annuelles horizons 2025 et 2050

Horizon temporel	Températures annuelles		Précipitations annuelles	
	Faranah	Kankan	Faranah	Kankan
2025	+ 0,7°C	+ 0,7°C	- 6,3 %	- 6,4%
2050	+ 1,6°C	+ 1,6°C	- 15,2%	- 15,2%

Les résultats des projections du climat futur nous permettent d'identifier les risques d'augmentation de la température et celui de l'augmentation ou diminution des précipitations

Risques Climatiques de la Zone

Il ressort des analyses et de la prévision du climat futur, huit (08) principaux risques climatiques majeurs de Haute Guinée auxquels le riz pluvial est ou peut être exposé (Tableau 10).

Tableau 10: Principaux risques climatiques identifiés dans la zone d'étude

	Risques climatiques identifiées	Probabilité d'occurrence
1	La sécheresse	Très probable
2	Variabilité accrue de la date de début de la saison des pluies	Pratiquement certain
3	Un raccourcissement de la saison des pluies	Probable
4	Inondations plus fréquentes	Très probable (GIEC)
5	Les séquences sèches plus longues et plus fréquentes	Probable
6	Augmentation de la température	Extrêmement probable GIEC
7	Les vents violents	Probable
8	Une baisse/Une augmentation des cumuls pluviométriques	Très probable (GIEC)

5.3. Evaluation des Impacts du changement climatique

5.3.1. Modélisation des rendements de la culture du riz pluvial

5.3.1.1. Résultats du calage, validation du modèle

Les résultats issus du calage du modèle AquaCrop sont resumé dans le tableau 11

Tableau 11: Rendements Observés et Simulés dans la région de Kankan

Année	Rendements Simules			Rendements Observees	Différence
	NERICA 1	NERICA 2	Moyenne (P)	Rd Moyenne observé	(O -P)
2000	1,543	1,693	1,618	1,666	0,048
2001	1,534	1,499	1,517	1,441	-0,075
2002	1,512	1,447	1,480	1,449	-0,031
2003	1,555	1,598	1,577	1,457	-0,120
2004	1,580	1,759	1,670	1,465	-0,205
2005	1,587	1,748	1,668	1,473	-0,195
2006	1,562	1,370	1,466	1,481	0,015
2007	1,537	1,522	1,530	1,489	-0,041
2008	1,597	1,647	1,622	1,497	-0,125
2009	1,576	1,384	1,480	1,505	0,025
2010	1,578	1,384	1,481	1,514	0,033
Moyenne	1,560	1,550	1,560	1,490	-0,060

En calculant le RMSE, on trouve:

RMSE (moyenne N1et N2)= 0, 1053.

RMSE(NERICA1)= 0,09124094

RMSE(NERICA2)= 0,1518043

Les valeurs proches de zéro montrent que le modèle simule bien les rendements et qu'il peut être validé pour la région.

5.3.1.2. Projection des rendements aux horizons 2025 et 2050

Les résultats des simulations des rendements des deux principales variétés de riz (NERICA1et NERICA2) par le modèle AquaCrop dans la région de Kankan et Faranah sont résumés dans l'annexe 7, et illustrés par les figures 11, et 12. Rappelons que les simulations ont été faites sur les bases des projections climatiques de MAGICC SCENGEN.

Les différents résultats se rapportent aux moyennes régionales 2000-2010

✚ Rendements projetés par le modèle AquaCrop dans la région de Kankan et Faranah sur la base du climat simulé par les modèles (UKHADCM3, MIROC-HI, GISS-ER, UKHADGEM) par rapport à la moyenne 2000-2010 (Fig.13a et 13b) :

- ✓ A Kankan, il est prévu une augmentation des rendements moyens de 18,39% et 25,1% aux horizons 2025 et 2050, respectivement ;
- ✓ A Faranah, le modèle prévoit une augmentation des rendements moyens de 0,51% et de 7,61 %, respectivement aux horizons 2025 et 2050.

✚ Rendements projetés par le modèle AquaCrop dans la région de Kankan et Faranah sur la base du climat simulé par les modèles CCCMA-31, CCSM-30, CSIRO-30, ECHO-G selon les scénarios A1B-AIM (scénario de référence), B2ASF (scénario de politique d'atténuation) :

- ✓ A Kankan, il est prévu une augmentation des rendements moyens de 18,69% et 24,40 % respectivement aux horizons 2025 et 2050 (Fig.14) ;
- ✓ A Faranah, il est prévu une augmentation des rendements moyens de 3,17% et de 8,12% respectivement aux horizons 2025 et 2050(Fig.14).

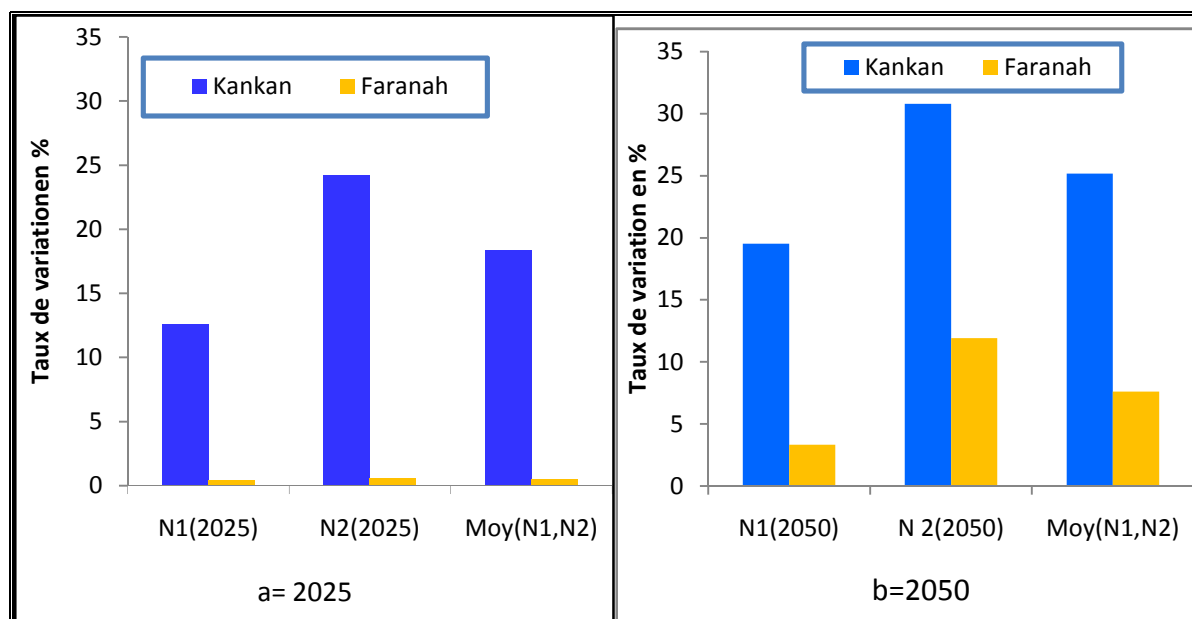


Figure 13: Taux de variation des rendements projetés par le modèle AQUACROP dans la région de Kankan et Faranah sur la base du climat simulé par les modèles (UKHADCM3, MIROC-HI, GISS-ER, UKHADGEM)

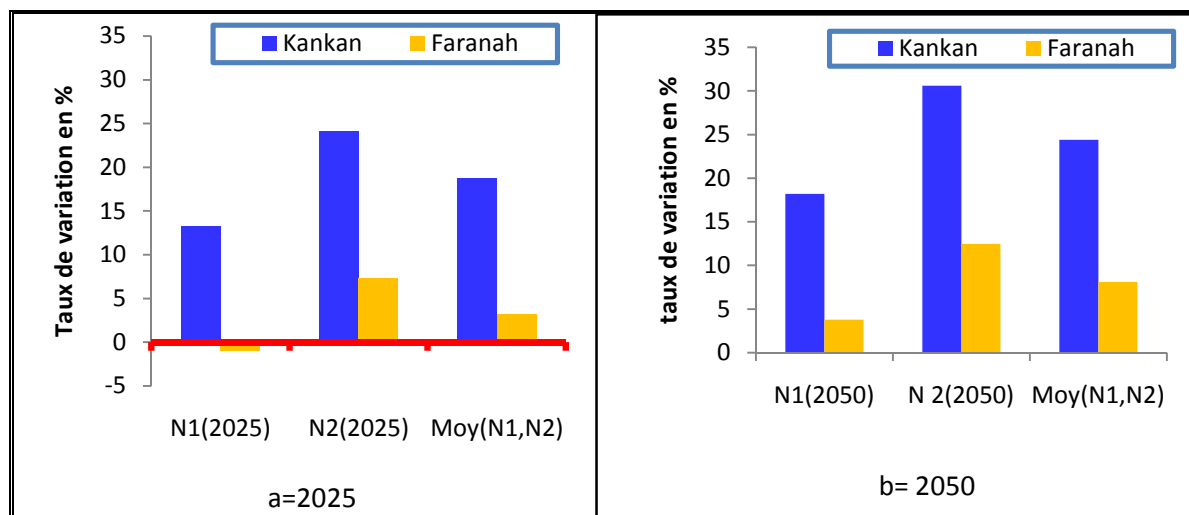


Figure 14: Taux de variation des rendements projetés par le modèle AQUACROP dans la région de Kankan et Faranah sur la base du climat simulé par les modèles (CCCMA-31, CCSM-30, CSIRO-30, ECHO-G).

NB: N1=NERICA1; N2=NERICA2; Moy (N1, N2)= Moyenne annuelle des rendements

5.3.2. Evaluation des impacts par la réponse observée des cultures et des agriculteurs aux variations du climat (Matrice des Impacts)

Dans les milieux ruraux de la Haute Guinée, les variabilités et les changements climatiques ont eu des effets néfastes sur les ressources en eaux, le sol, la végétation, sur les éléments du système de culture du riz ainsi que sur la vie socio-économique des communautés rurales.

● Les impacts sur les ressources en eaux, les sols, et la végétation

Parmi les principaux impacts des changements climatiques observés par la population, on retiendra l'ensablement des cours d'eau, un faible écoulement des cours d'eaux, la crue de certains fleuves, l'affaissement de la nappe phréatique qui est caractérisé par le tarissement plus vite des puits d'eaux (99,3 % des enquêtés), la dégradation des sols, la perte de fertilité des sols par rapport aux passés (Fig.15). Ces changements se traduisent également par la disparition et l'apparition de certaines espèces végétales, une détérioration de la couverture végétale, une amplification de feux de brousse causée expressément ou par accident pendant la saison sèche

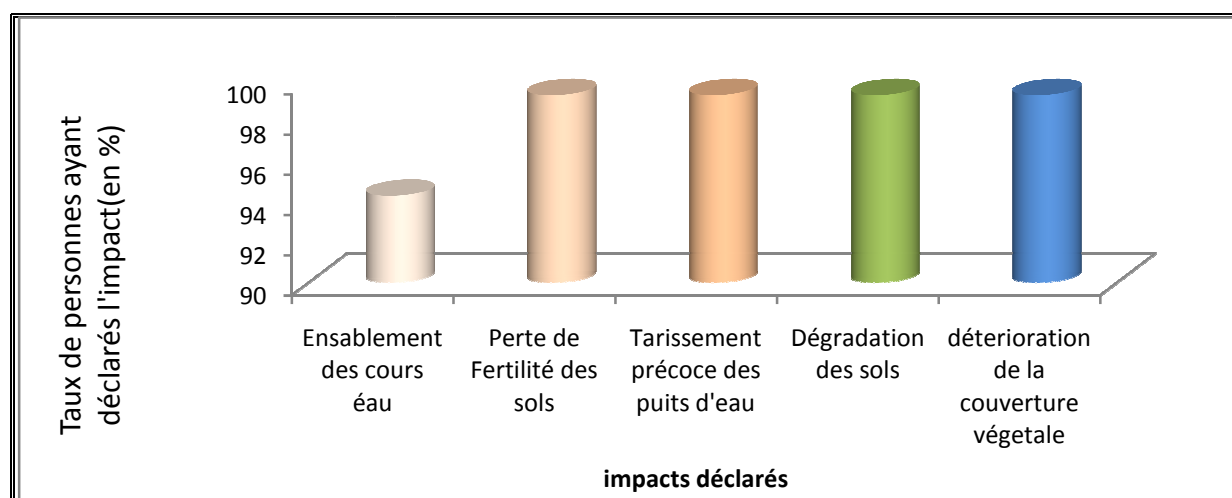


Figure 15: Les impacts du CC sur les ressources en eaux, les sols, et la végétation

● Impacts socio-économiques

Le changement climatique engendre plusieurs impacts socio-économiques. Dans l'analyse des enquêtes, 92,2 % des producteurs disent que les revenus tirés de leur activité ne parviennent plus à couvrir leur besoin alimentaire. Cela entraîne l'exode rural des jeunes, le déplacement/migration vers les zones minières, l'abandon de l'agriculture et parfois des crises alimentaires pendant certaines périodes de l'année. Les divorces, perte de confiance en soi. Sur le plan foncier, on dénombre deux modes d'acquisition des terres agricoles : par héritage ou par prêt. Les 27,7 % des populations enquêtées ne disposent plus assez de terres pour la

culture du riz ; ce qui les pousse soit à abandonner la riziculture ou à faire des prêts de terres qui se terminent souvent par des litiges fonciers.

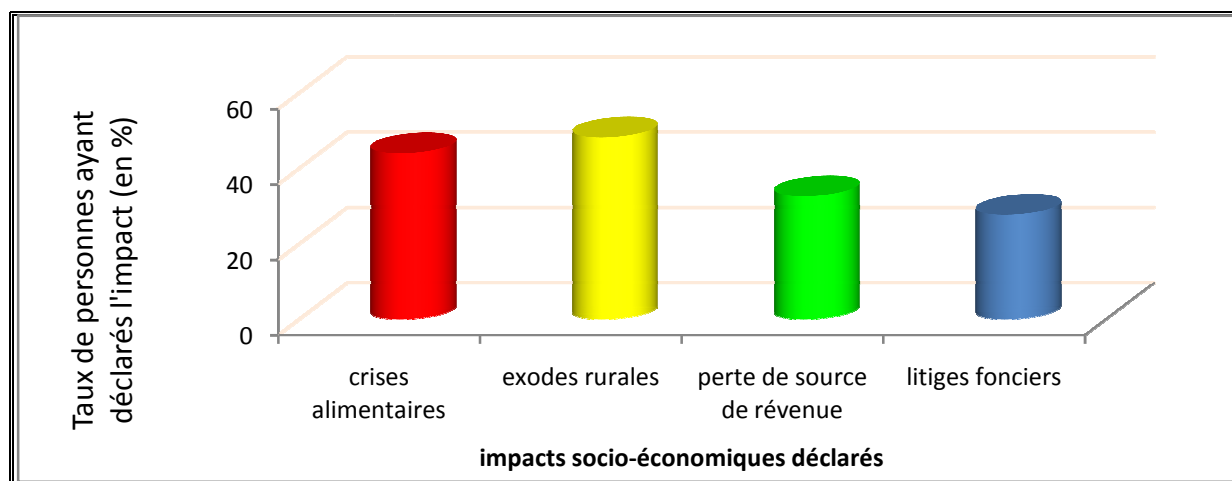


Figure 16: Impacts socio-économiques du CC

● Impacts sur les éléments du système de culture du riz pluvial

Les principaux impacts des changements climatiques en Haute Guinée sont : la perte de connaissance sur la période de semis (72,3% des enquêtés), la difficulté du choix des variétés, la diminution du tallage du riz (83% des enquêtés), le mauvais remplissage des grains, la verse des cultures, la baisse des rendements (90,8% des enquêtés), l'augmentation des superficies cultivées (74,5% des enquêtés) et la mise en jachère (76,6% des enquêtés), la diminution de la durée de mise en jachère (83,7% des enquêtés). Certains impacts sont particuliers pour la zone de Faranah ; il s'agit notamment des inondations des cultures dues aux crues, et de l'augmentation des parasites 63,8% des enquêtés (Fig.17).

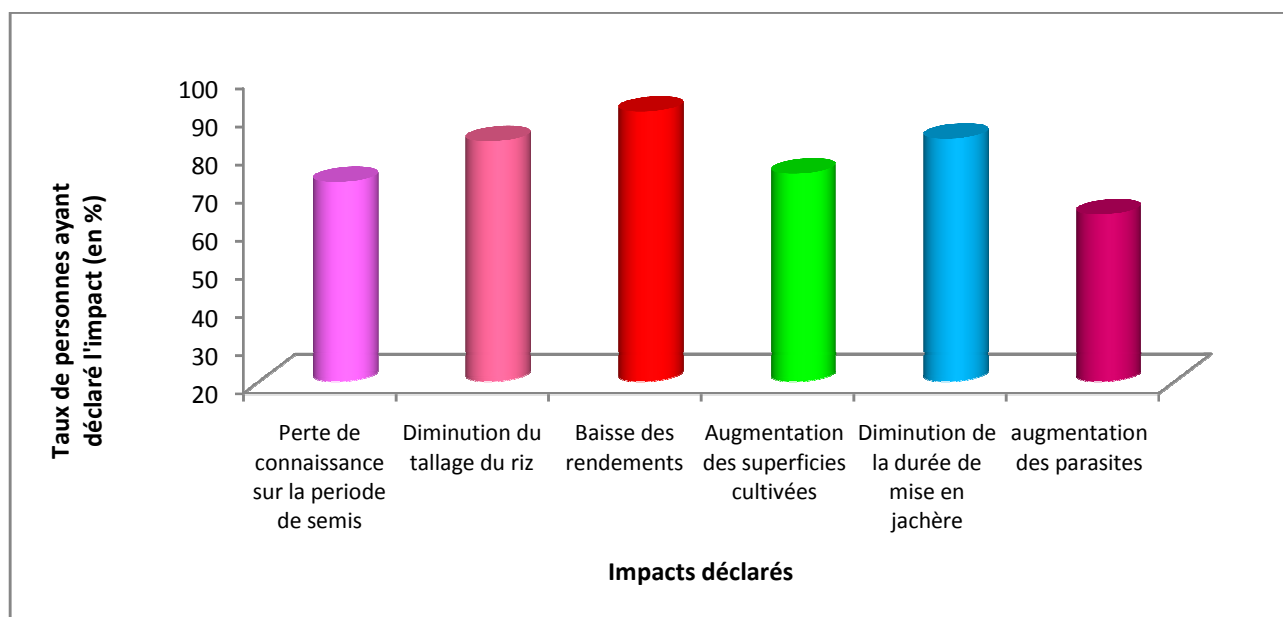


Figure 17: Impacts du CC sur les éléments du système de culture du riz pluvial

Tableau 12 : Description des impacts et leurs conséquences sur le riz pluvial sur la matrice d'impacts.

Risques climatiques identifiés	Les variables des systèmes de culture du riz pluvial impactés	
	Sol	Culture
Sècheresse	Dégradation des terres, diminution de la fertilité du sol « 2 »	Carence nutritionnelle de la plante, baisse de rendement « 3 »
Variabilité accrue du début de la saison des pluies	Déficit hydrique, mauvaise préparation des sols «1 »	Retard du semis, Perturbation des périodes de semis, difficultés de choix des variétés «2 »
Raccourcissement de la saison des pluies	Manque d'eau utile pour la plante, « 1 »	Stérilité des épillets, remplissage incomplet des grains, baisse des rendements ; « 4 »
Inondations fréquentes	Lessivages, érosion hydrique, dégradation des terres « 2 »	Submersion de cultures de plaines, diminution du tallage, destruction des cultures, baisse des rendements «3 ».
Séquences sèches plus longues et plus fréquentes	Déficit hydrique, non permanence de l'eau pour la plante « 1 »	Défaillance des tallages, retard de la floraison, remplissage incomplet des grains, baisse de rendement « 2 »
Augmentation de la température	Diminution de l'humidité du sol, augmentation de l'évaporation du sol « 3 »	Augmentation du besoin en eau, stress hydrique et thermique accru, diminution du tallage, stérilité des épillets, baisse des rendements «3 »
Vents violents		Verse des cultures, réduction grave des rendements en grains « 3 »
Augmentation/diminution des cumuls pluviométriques	Risque de ruissellement et d'érosion ; «1 »	Augmentation des rendements « 1 »

1=conséquence mineur, 2= conséquence moyenne, 3= conséquence majeurs, 4= conséquence sévère

Légende probabilité d'occurrence :

Pratiquement certain	Extrêmement probable	Très probable	probable
----------------------	----------------------	---------------	----------

❖ Qualification des impacts

En tenant compte de la conséquence du risque climatique et sa probabilité d'occurrence on trouve les impacts potentiels faibles, moyens et élevés dans notre zone étude (Tableau 14). A chaque impact potentiel est attribuée une couleur (Tableau 13). Par ailleurs, les inondations fréquentes, les vents violents, les augmentations des températures maximales, les raccourcissements de la saison des pluies ont des impacts élevés sur la culture du riz. Les

autres risques ont des impacts moyens sur la culture. Pour le sol, l'augmentation de la température maximale a un impact élevé alors que les autres risques climatiques l'impacte faiblement ou moyennement (**Tableau 14**)

Tableau 13 : Qualification des impacts à partir des probabilités d'occurrences et les conséquences

Probabilité d'occurrence	Conséquences			
	Mineur=1	Modéré=2	Majeurs=3	Sévère=4
Probable	Faible	Faible	Faible	Faible
Très probable	Faible	Moyen	Moyen	Élevé
Extrêmement probable	Faible	Moyen	Elevé	Élevé
Pratiquement certain	Faible	Moyen	Elevé	Extrême

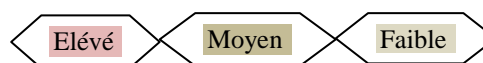
Tableau 14:Matrice d'impact

Matrice d'impacts	Systèmes de culture du riz pluviale impactés	
	sol	Culture
Sécheresse	Dégradation des terres, diminution de la fertilité du sol	Carence nutritionnelle de la plante, baisse de rendement
Variabilité accrue du début de la saison des pluies	Déficit hydrique, mauvaise préparation des sols	Retard du semis, perturbation des périodes de semis, difficultés de choix des variétés «2 »
Raccourcissement de la saison des pluies	Manque d'eau utile pour la plante	Stérilité des épillets, remplissage incomplet des grains, baisse des rendements
Inondations fréquentes	Lessivages, érosion hydrique, dégradation des terres.	Submersion de cultures de plaines, diminution du tallage, destruction des cultures, baisse des rendements.
Séquences sèches plus longues et plus fréquentes	Déficit hydrique, non permanence de l'eau pour la plante.	Défaillance des tallages, retard de la floraison, remplissage incomplet des grains, baisse de rendement.
Augmentation de la température maximale	Diminution de l'humidité du sol, augmentation de l'évaporation du sol.	Augmentation du besoin en eau, stress hydrique et thermique accru, diminution du tallage, stérilité des épillets, baisse des rendements
Vents violent		Verse des cultures, réduction grave des rendements en grains.
Augmentation/diminutions des cumuls pluviométriques	Risque de ruissellement et d'érosion.	Augmentation des rendements.

Légende probabilité d'occurrence

Très probable
Pratiquement certain
Extrêmement probable
probable

Légende des impacts



5.4. Identification, proposition et priorisation des mesures et stratégies d'adaptation

5.4.1. Identification et proposition des mesures et méthodes d'adaptation

Dans les milieux ruraux de la Haute Guinée, plusieurs mesures et stratégies d'adaptation sont développées et pratiquées malgré leur insuffisance. Ces mesures et méthodes ne sont pas prises en fonction des risques mais plutôt en fonction des impacts. C'est ainsi qu'on rencontre à chaque impact climatique une ou des méthodes dans le tableau 15 ci-dessous.

Tableau 15: Les stratégies et mesures d'adaptation développées par les populations locales et les services techniques pour faire face au CC.

Impacts identifiés	Stratégies d'adaptation adoptée
Manque de fertilité des sols	Utilisation des engrais, subvention des engrais par l'Etat
Amplification de feux de brousse	Interdiction des feux pendant un certain moment de la journée au cours de la saison sèche, interdiction des chasses à feux,
Perturbation des périodes de semis	Changement des dates de semis (Semis précoces et tardifs) ; semis à sec, abandon de variétés tardives
Diminution du tallage	Utilisation de variétés améliorées (NERICA)
Baisse des rendements	Utilisation de variétés améliorées, augmentation des superficies cultivées, diversification des activités
Choix de variétés	Achat des variétés précoce et améliorées ; distribution de variétés améliorées et précoces par les ONG,
Augmentation des superficies cultivées	Diminution de la durée de mise en jachère
Augmentation des superficies mises en jachère	Diminution de la durée de mise en jachère
Manque de terres agricoles	Prêts de terres agricoles, cultures maraichères, abandons de l'agriculture vers le commerce, déplacement/migration des familles vers les zones agricoles ou minières
Augmentation des parasites	Utilisation des produits phytosanitaire
Augmentation des prédateurs	Surveillances des champs pendant l'épiaison, utilisation des pièges contre les rongeurs
C-Impacts socio-économiques	
Crises alimentaire	Distribution des vivres, envoi de l'argent et de vivres par certains parents, vente d'autres produits agricoles, changement du régime alimentaire, diversification des aliments
Litiges fonciers.	Consensus, prêts, lois foncières

Malgré la mise de ces mesures si rien ne fait (renforcement des mesures), une détérioration des conditions climatiques (augmentation croissante de la température, diminution des précipitations etc.) dans les 20 prochaines années pousserait 41,1% de la population enquêtée à abandonner toutes formes d'activités agricoles. Par les enquêtés, 19,9% préfèrent se déplacer ou migrer, 22% préfèrent abandonner la riziculture pluviale dans de telles conditions. Par contre, une amélioration des conditions climatiques dans les 20 prochaines années, maintiendra les 83,7% des enquêtés à exercer leurs activités agricoles alors que 1,4% préfèrent le commerce compte tenu du manque de terres agricoles (Fig. 18).

Par ailleurs, pour renforcer leur capacité d'adaptation face au changement climatique et de protéger l'environnement contre les effets néfastes de l'agriculture itinérante, les groupes de personnes enquêtées (paysans et personnes ressources) sollicitent des appuis auprès de l'Etat, de la communauté internationale, des ONG, etc. dans les domaines de mesures et de méthodes d'adaptation contenues dans le tableau 15. Les 76,6 % des paysans enquêtés proposent des aménagements des plaines et bas-fonds, des crédits agricoles, des intrants et matériels agricoles, l'apprentissage de certaines activités agricoles ; les 13,5% proposent la construction des magasins de semences, alerte précoces et 9,9% proposent les semences améliorées. Quant aux personnes ressources, 45% proposent des aménagements, 30% proposent l'alphabétisation fonctionnelle durable et l'éducation environnementale et 15% proposent le renforcement des capacités des centres de recherche agronomiques et les services météo du pays.

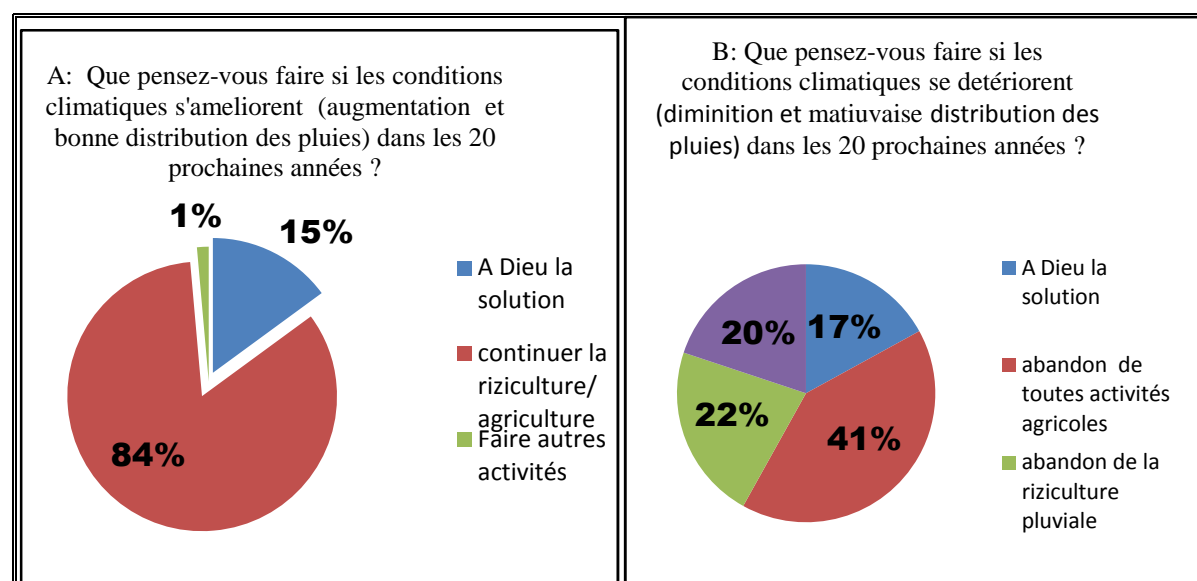


Figure 18: Stratégies en cas de changement futur du climat

Tableau 16: Proposition des mesures et méthode d'adaptation de riziculture pluviale de la Haute Guinée face aux changements climatiques

Risques climatiques	Systèmes de culture du riz pluviale impactés	
	Sol	Culture
Sécheresse	Reboiser des zones dégradées, Education environnementale	<ul style="list-style-type: none"> ○ Utiliser des engrais, créer ou acheter les variétés résistantes à la sécheresse ; ○ Aménager des bas-fonds et de plaine rizicoles, diversifier les activités ○ Alphabétisation durable et fonctionnelle ○ Vulgariser les NERICA
Variabilité accrue du début de la saison des pluies	Retarder la préparation des sols, rester quelques pieds arbres dans le champ.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Elaborer des bulletins agro météorologie, renforcer les services de prévision saisonnière ; Modifier les dates de plantation (semis); ○ Education des agriculteurs (riziculteurs) sur l'utilisation des bulletins agro-météo ;
Raccourcissement de la saison des pluies	Rester quelques pieds arbres dans les champs,	<ul style="list-style-type: none"> ○ Construire des magasins communaux de stocks des variétés à cycle court ; ○ Créer et vulgariser les variétés précoces (NERICA).
Inondations fréquentes	Laisser quelques pieds arbres dans les champs (Régénération Naturelle Assistée)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mise en place d'un système de prévision de risques climatiques et d'alerte rapide pour la sécurité ○ Créer les crédits agricoles. ○ Alphabétisation fonctionnelle et durable des riziculteurs
Séquences sèches plus longue et plus fréquente	Rester quelques pieds arbres dans les champs,	<ul style="list-style-type: none"> ○ Créer des variétés résistantes au stress hydriques, aménager des bas-fonds, éviter la culture sur pente et versant ; vulgariser le NERICA, ○ Mise en place d'un système de prévision de risques climatiques
Augmentation de la température maxi	Education environnementale	<ul style="list-style-type: none"> ○ Aménager des bas-fonds et des plaine, promouvoir les cultures de contre saison, création des variétés résistantes au stress thermiques ; ○ Investir durablement dans la recherche et l'innovation agricole participatives et renforcer les systèmes de vulgarisation agricole; vulgariser du NERICA ○ Alphabétisation fonctionnelle et durable des riziculteurs
Vents violent	Laisser les arbres autour des champs comme brise-vent	<ul style="list-style-type: none"> ○ Créer des variétés résistantes à la verse, utiliser les variétés de courte taille. ○ Mise en place d'un système de prévision de risques climatiques
Augmentation/diminution des cumuls pluviométriques	Reboiser les zones dégradées. Promouvoir la protection de l'environnement.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Alphabétisation fonctionnelle et durable des riziculteurs ; ○ Renforcer des centres des recherches agronomiques ; renforcer la sécurité foncière; ○ Accroître les capacités de transformation et de conservation des productions agricoles; Promouvoir le développement des marchés locaux et l'accès aux crédits et aux intrants agricoles ; Promouvoir la vulgarisation de variétés à cycles courtes ○ Renforcer les équipements de travail de riziculteurs pour maximiser les opportunités. ;

5.4.2. Capacité d'adaptation

Les riziculteurs de la Haute Guinée ont une vulnérabilité élevée à certains risques climatiques, notamment aux raccourcissements et aux fins précoces de la saison des pluies, aux inondations, aux vents violents, aux séquences sèches et aux augmentations des températures. Pour s'adapter efficacement au changement climatique, le contexte est fondamental. La capacité d'adaptation est influencée par l'économie (accès aux marchés, assurance, système de crédit, envois de crédit etc.), de capital physique (outils agricoles, route, pompe à eau etc.), de capital humain (formation agricole, formation en gestion de l'eau etc.), de capital naturel (produit de la forêt, disponibilité de la terre aménageable) et de capital social (organisation paysanne, ONG locales). Les riziculteurs de la Haute Guinée ont une faible capacité d'adaptation financière. Ils ont par contre une capacité d'adaptation naturelle élevée modérée (Fig.19).

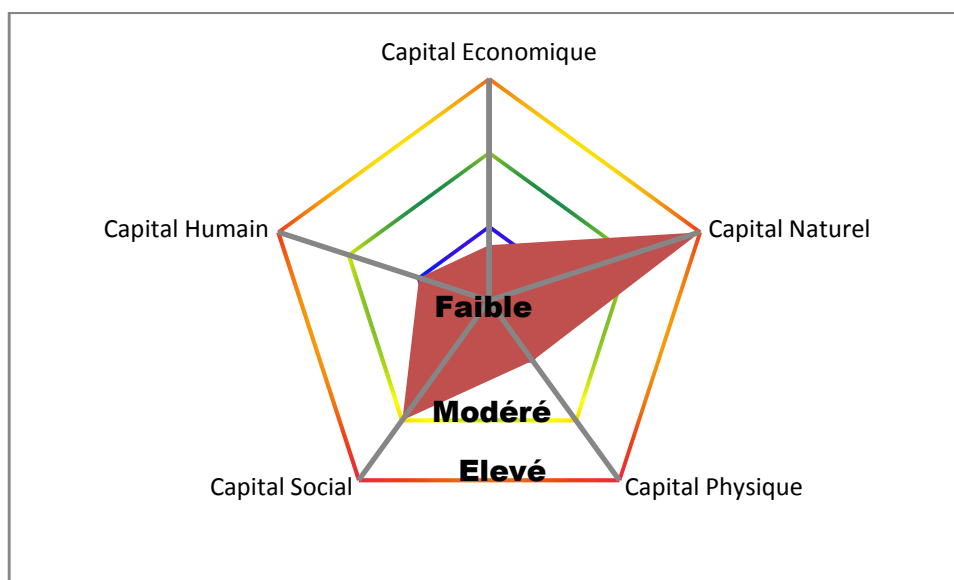


Figure 19 : Diagramme de VENN

5.4.3. Vulnérabilité

Dans le cas des changements climatiques, la vulnérabilité est définie comme le degré auquel un système est susceptible, ou incapable, de faire face aux effets adverses des changements climatiques, compte tenu de l'importance des impacts, de la sensibilité du système et de ses capacités d'adaptation. Il ressort de cette définition que la population enquêtée est vulnérable face changement climatique. Dans cette étude, la détermination de la vulnérabilité des riziculteurs a été faite à partir de la capacité d'adaptation et de l'impact potentiel. Le tableau 16 donne la terminologie utilisée pour la qualification de la vulnérabilité. A chaque qualification, est attribuée une couleur (Tableau 17).

Tableau 17: Qualification de la vulnérabilité

Impacts potentiels	Capacité d'adaptation		
	Faible	Modéré	Elève
Faible		Faible	Faible
Moyen		Modérée	Faible
Elevé	Elevée	Elevée	Modérée
Extrême	Elevée	Elevée	Modérée

Légende :

Vulnérabilité élevé
Vulnérabilité modéré
Vulnérabilité faible

Tableau 18:Matrice de vulnérabilité

Risques climatiques	Systèmes de culture du riz pluviale impactés	
	SOL	Culture
Sécheresse	Reboiser des zones dégradées, Education Environnementale	<ul style="list-style-type: none"> ○ Utiliser engrais, créer ou acheter les variétés résistantes à la sécheresse. ○ Aménager des bas-fonds et des plaines rizicoles, diversifier les activités ; ○ Alphabétisation fonctionnelle et durable des riziculteurs ; vulgariser les NERICA
Variabilité accrue du début de la saison des pluies	Retarder la préparation des sols, rester quelques pieds arbres dans le champ.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Elaborer des bulletins agro météorologie, renforcer les services de prévision saisonnière. Modification des dates de plantation (semis); ○ Education des agriculteurs (riziculteurs) sur utilisation des bulletins agro-météo ;
Raccourcissement de la saison des pluies	Rester quelques pieds arbres dans les champs,	<ul style="list-style-type: none"> ○ Construire des magasins communaux de stocks des variétés à cycle courte ; ○ Créer et Vulgariser les variétés précoces.
Inondations fréquentes	Rester quelques pieds arbres dans les champs,	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mettre un système d'alerte précoce, renforcer la capacité de services météo en matière de prévision ; Créer les crédits agricoles et assurance climatique. ○ Alphabétisation fonctionnelle et durable des riziculteurs.
Séquences sèches plus longue et plus fréquente	Rester quelques pieds arbres dans les champs,	<ul style="list-style-type: none"> ○ Créer des variétés résistantes au stress hydrides, ○ Aménager des bas-fonds, éviter la culture sur pente et versant,
Augmentation de la température maxi	Education Environnementale	<ul style="list-style-type: none"> ○ Promouvoir les cultures de contre saison ; création des variétés résistantes au stress thermiques ; Aménagement des bas-fonds et des plaines ; ○ Investir durablement dans la recherche et l'innovation agricole participatives et renforcer les systèmes de vulgarisation agricole; ○ Alphabétisation fonctionnelle et durable des riziculteurs.
Les vents violent	Laisser les arbres autour des champs comme brise-vent	<ul style="list-style-type: none"> ○ Création des variétés résistantes à la verse, utiliser les variétés de courte tailles ; ○ Mettre en place les systèmes d'alerte précoces.
Augmentation/diminution des cumuls pluviométriques	Reboiser les zones dégrade. Promouvoir la protection de l'environnement.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Renforcer des centres des recherches agronomiques ; Renforcer la sécurité foncière; ○ Accroître les capacités de transformation et de conservation des productions agricoles; Promouvoir le développement des marchés locaux et l'accès aux crédits et aux intrants agricoles ; Promouvoir la vulgarisation de variétés à cycles courtes ○ Renforcer les équipements de travail de riziculteurs pour maximiser les opportunités. ;

Vulnérabilité



Elévé

Modéré

Faibl

Opportunité

5.4.4. Priorisation des mesures et des méthodes d'adaptation.

La matrice de priorisation des mesures d'adaptation par la méthode coût efficacité à été utilisée. Nous avons attribué les scores sur une grille allant de 1 à 5. Le rang détermine le niveau de priorité de la mesure d'adaptation. Les deux premières mesures ou méthodes feront l'Object des Projets d'adaptation.

Tableau 19 : Matrice de priorisation des mesures et des méthodes d'adaptation

Méthodes et mesures proposées	Coût	Facilité de mise en œuvre	Efficacité	Rapidité	Faisabilité	Total	RANG
Construire des magasins communautaires de stocks de semence améliorées ; promouvoir les cultures de contre saison	1	3	1	2	5	12	6
Créer des variétés résistantes aux stress hydriques, thermiques	2	2	4	2	4	14	5
Aménager des bas-fonds et de la plaine rizicoles	4	3	5	2	5	19	1
Investir durablement dans la recherche et l'innovation agricole participatives et renforcer les systèmes de vulgarisation agricole	2	3	4	4	5	18	3
Alphabétisation durable et fonctionnelle des riziculteurs ; Education environnementale	3	4	4	2	4	17	4
Mise en place d'un système de prévision de risques climatiques et d'alerte rapide pour la sécurité alimentaire	3	4	4	3	5	19	1
Créer les crédits agricoles (banque agricole) ou banques céréalières	3	1	2	1	1	8	8
Mécaniser les équipements de travail et	3	1	2	1	2	9	7

Légende : 1=faible ; 2= moyen ; 3=Modéré(Majeur) ; 4 =Elevé ; 5=très élevé

NB : les deux premières options prioritaires sont déclinées en projet prioritaire dans annexe 8.

VI. DISCUSSION

La problématique examinée dans cette étude s'inscrit dans la série de recherches des stratégies d'adaptation des différents secteurs socioéconomiques face au changement climatique. L'analyse de la perception des populations locales et des longues séries de données climatologiques ont permis d'identifier les tendances et l'évolution des paramètres de climat. Mais, l'échantillon enquêté est faible en plus, certaines stations retenues dans le cadre de ce travail ne disposent pas de données complètes et fiables.

La simulation du climat a été faite avec le MAGICC SCENGEN. Pour la température, les modèles climatiques convergent pour montrer que notre zone d'étude sera marquée par un réchauffement quelque soit les scénarii. Mais, lorsque l'on s'intéresse aux précipitations, les résultats des projections divergent selon les modèles, certains prévoyant une hausse et d'autres une baisse.

En effet, les MCG souffrent de défauts dans la résolution horizontale et dans la paramétrisation des processus physiques dominants dans les différentes régions (GIEC, 2007; Hulme, 2000). Par ailleurs, des incertitudes subsistent quant à l'aptitude des modèles à simuler la variabilité naturelle de manière réaliste et l'importance des changements à venir (Issa, 1995; Parry, 1990). C'est dire donc que les impacts du changement climatique sur la culture du riz pluvial restent à être réévalués dès que ces incertitudes seront levées.

Dans le processus d'évaluation de la vulnérabilité des rendements du riz pluvial aux changements climatiques, les variétés sont supposés subir une contrainte homogène au cours des phases de leur croissance. Cela n'est pas évident. En plus, les données de concentration du CO₂ du modèle ne sont pas modifiables. Il faut aussi signaler l'estimation des données du sol dans cette étude.

La dégradation des sols, processus par lequel la capacité de production actuelle ou future des sols se trouverait réduite en raison de modifications chimiques, physiques ou biologiques, n'a pas été suffisamment prise en compte dans la démarche suivie pour effectuer la simulation des rendements agricoles. Or, tout laisse envisager une plus grande dégradation des terres aux horizons 2025 et 2050 au regard des tendances actuelles en ce qui concerne les formes d'utilisation des terres en Haute Guinée.

Les variétés simulées sont nouvelles dans la région. Elles sont actuellement en voix de vulgarisation et ne sont pas adoptées dans toute la zone d'étude. C'est dire donc que les rendements de comparaisons (rendements observés par SNSAG entre 2000-2010) ne sont pas uniquement les rendements de NERICA 1 et 2. Par ailleurs, les données de rendements de riz

du SNSAG ne sont ni groupées par système et non plus par variétés.

Enfin, le modèle utilisé pour l'estimation des rendements de riz en haute Guinée n'a pas été utilisé ou validé dans la sous-région Ouest Africaine. Les instructions données par Dirk et al (2010) dans le manuel d'utilisation nous ont permis de calibrer et de valider le modèle sur la base de RSME.

Après toutes ces réserves, les impacts identifiés lors des enquêtes ne sont pas exagérés mais plutôt réalistes en ce sens que toutes les personnes enquêtées sont nées dans la zone et âgées de plus de 40 ans. Elles ont donc une très bonne connaissance du climat local. Certaines perceptions paysannes sont confirmées par les analyses des données climatiques observées. Ce qui est aussi important, c'est qu'à l'exception des petites nuances, les indicateurs de début, de fin, et de bonne saison de pluies se confirment au-delà de notre zone d'étude par les études menées au Burkina (Diallo, 2010) et en Côte d'Ivoire (Diomande, *et al.*, 2008).

La tendance à la baisse des cumuls pluviométriques et les déficits des cumuls pluviométriques observés depuis le début des années 70 et 80 dans notre étude seraient dues aux activités de la mousson ouest Africaine qui elle-même est soumise à la différentielle des SST (Température dans les surfaces des eaux de mers) du nord et du sud de l'Océan atlantique et de l'Océan indien (Brooks 2004; Hume 2001; GIEC 2001). En général, quand les SST des mers sont plus chaudes dans le sud de l'océan atlantique que le nord, il y a un cycle de mousson sahélien dans le sud, et quand ceci se produit, la région peut être privée de ces pluies habituelles. Il y a un consensus que la situation était ainsi pendant la moitié du 20^{ème} siècle (GIEC, 2001).

L'augmentation des cumuls pluviométriques de 1 à 2% entre 1991 et 2010 dans notre série pluviométrique serait due à l'inverse depuis 1990 des SST chauffant donc le nord plus que le sud. Cela est en accord avec certains auteurs qui mentionnent que depuis le milieu des années 1990, un retour à de meilleures conditions pluviométriques est notable, notamment dans le Sahel continental (CEDEAO-CSAO/OCDE, 2008). Les ruptures observées en 1970 et 1979 dans nos séries chronologiques des précipitations et leurs significativités sont comparables aux résultats des études de Paturel et al. (1998).

Concernant la tendance à la baisse de la température minimale, le fait que Kankan et Faranah aient présenté les mêmes similitudes voudrait dire que les données sont réelles. Ensuite avec l'observation des températures minimales basses au-delà de la moyenne 1961-1990 ne signifierait pas qu'il n'y ait pas eu des changements ou contredire le réchauffement climatique. On estime que ces baisses sont liées à un phénomène dont il faudrait rechercher la cause.

En effet, les risques climatiques identifiés auxquels est exposée la culture du riz sont

comparables à ceux du GIEC (2007), de FAO (2003). Certains de ces risques sont mentionnés dans le PANA Guinée (2007).

Le terme NERICA fait référence au résultat du croisement réussi par les chercheurs du centre du riz pour l'Afrique (ADRAO) des deux espèces de riz cultivé : *Oryza sativa* d'origine asiatique et *Oryza glaberrima* qui est d'origine africaine.

Les résultats que nous avons obtenu par la simulation des rendements montre que les rendements du riz pluvial augmenteront en Haute Guinée même à une augmentation de la température moyenne de + 0,7°C et 1,6°C avec une diminution des précipitations -6% et -15 % respectivement aux horizons 2025 et 2050. Ces augmentations sont attribuables à la disponibilité de l'eau, à la tolérance des NERICA aux sécheresses et effet fertilisant du CO₂. En effet, Akintayo et al (2008) confirment que certaines variétés de NERICA ont un avantage de rendements et de tolérance à la sécheresse par rapport à leurs parents. Dans le même ordre d'idée, CEDEAO-CSAO/OCDE (2008) confirment qu'une concentration de CO₂ dans l'atmosphère ainsi qu'une augmentation modérée de la température et des ressources en eau suffisantes entraîneraient une augmentation des rendements en grains de 10 à 25 % dans les périmètres irrigués des pays du CILSS et de 2 à 10 % pour le riz pluvial. Cependant, ces impacts ne tiennent pas compte de l'évolution de la saison culturale (modification de la date des semis ou extrêmes pluviométriques) et de celle des aires de production.

L'augmentation des cumuls serait une opportunité immense pour le secteur rizicole de la haute guinée. Pour saisir et maximiser cette opportunité, les stratégies proposées éclaireront certainement les pouvoirs publics et les acteurs de développement en matière de prise de décision.

VII. CONCLUSION

La présente étude est une contribution à l'évaluation des impacts des CC sur la riziculture pluviale en Haute Guinée. Elle aide à une meilleure connaissance de la vulnérabilité des riziculteurs et des rendements du riz à l'évolution du climat. Par ailleurs, elle permet de simuler les impacts des changements climatiques sur le riz aux horizons 2025 et 2050.

Les données d'enquêtes montrent que la Haute Guinée a été marquée par des changements climatiques. La disparition de certains indicateurs de la saison des pluies, l'évolution des pratiques culturales révèlent que la zone étudiée a été caractérisée par une modification des paramètres climatiques, notamment les précipitations et les températures.

L'analyse des données climatologiques permet de constater un réchauffement de la zone. Ce réchauffement est de l'ordre 0,3 à 0,4°C entre 1991 à 2010 par rapport la normale 1961-1990. Les hauteurs de précipitations annuelles pour leur part, ont enregistré une augmentation de 1 à 2% entre 1991 et 2010 par rapport à la normale 1961-1990.

Les principaux risques climatiques identifiés dans la zone sont entre autres : l'augmentation croissante des températures maximales, les variabilités accrues des débuts de la saison agricole, le raccourcissement de la saison agricole, les inondations fréquentes, la sécheresse, une augmentation/diminution probable des cumuls pluviométriques et des séquences sèches plus longues et plus fréquentes.

Dans le contexte d'une augmentation continue des gaz à effet de serre au niveau mondial, notamment dans le scénario SRESA2A1MI les modèles UKHADCM3, MIROC-HI, GISS-ER, UKHADGEM du MAGICC/SCENGEN prévoient aux horizons 2025 et 2050 à Faranah et à Kankan, une hausse des températures respectivement de + 0,7°C et +1,5 °C et une augmentation des précipitations respectivement de +6,2% et + 6,0% par rapport à la référence 1961-1990. Quant au scénario SRESB2ASF, les modèles CCCMA-31, CCSM-30, CSIRO-30, ECHO-G du MAGICC/SCENGEN prévoient, aux horizons 2025 et 2050 une hausse des températures respectivement de + 0,7°C et +1,6°C suivie d'une baisse des précipitations de -6,3% et -15,2% par rapport à la référence 1961-1990.

Le modèle AquaCrop est un modèle simple et est à mesure de simuler les variations annuelles des rendements observés en Haute Guinée. Ceci nous a permis de faire la simulation des rendements du riz pluvial en fonction des températures et des précipitations prédites par GMC.

Dans des tels contextes, les données de sortie du modèle AquaCrop version3.31+ montrent que les rendements du riz seront en hausse. Une comparaison des rendements futurs aux moyennes des rendements observés par SNSAG entre 2000 et 2010 montre des augmentations

globalement comprises entre 0,5 à 18,39% en 2025 et 7,6 à 25% en 2050 pour le scénario A2A1IMI. Pour le scénario B2ASF, ces augmentations seront comprises respectivement entre 3,17% et 18,6% et entre 8,12 à 24,4%.

Plusieurs stratégies et méthodes ont été identifiées et proposées. Compte tenu de la capacité d'adaptation des riziculteurs, huit(08) mesures et méthodes ont été priorisées dont :

- ✚ l'aménagement des bas-fonds et de plaines rizicoles ;
- ✚ la mise en place d'un système de prévision de risques climatiques et d'alerte rapide pour la sécurité alimentaire
- ✚ l'alphabétisation durable et fonctionnelle des riziculteurs et l'éducation environnementale ;
- ✚ les investissements durables dans les recherches et le renforcement des systèmes de vulgarisation agricole ;
- ✚ la construction de banques décentralisées de céréales et des magasins de stocks des semences améliorés ;
- ✚ la création des variétés résistantes aux stress hydriques, thermiques et l'intégration de la dimension changement climatique dans les plans de développement communaux/communautaires.

NB : les variétés de riz sur les quelles notre étude a porté sont en voie de vulgarisation. Au regard des résultats de cette étude, une large vulgarisation de ces variétés pourrait conduire à une amélioration des rendements de la communauté rizicole de la Guinée et particulièrement de la Haute Guinée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALIOUNE.B.K., 2009.** Sécurité alimentaire et changements climatiques. In . Tiempo Afrique - n°02, 2009, pp 3-7.
- AKINTAYO I., CISSE B., ZADJI L. D., 2008.** Guide pratique de la culture des NERICA de plateau. Centre du riz pour l'Afrique (ADRAO), 31p.
- BALS C., HARMELING S., WINDFUHR., 2009.** Changement climatique et crise alimentaire I Étude ; Vers une aggravation de la crise alimentaire ?.Changement climatique, sécurité alimentaire et droit à l'alimentation . « Brot für die Welt », Diakonie Katastrophenhilfe et Germanwatch Stuttgart, Allemagne, 28 p.
- BARRY.A.B., SIVAKUMAR.M.V.K., 1997 .** Agro-climatologie de l'Afrique de l'Ouest. la Guinée. Direction Nationale de la Météorologie. Conakry,Guinée, 85p.
- BATIONON D. Y., 2009.** Changement Climatique et cultures irriguées cas : des cultures maraichères. Diplôme de masters de recherche en Géographie. Université d'Ouagadougou. 72pp
- BEAVOGULF., CISSE.S., PEDELAHORE.P., 1991.** Zonage de la Haute Guinée. Centre de Recherche Agronomique Guinée (Bordo) ; Kankan, 31p.
- BERTRAND.F., ROCHER.L., 2007.** Le changement climatique, révélateur des vulnérabilités territoriales ? Action publique locale et perceptions des inégalités écologiques. CITERES UMR 6173 – Université de Tours (France), 143p.
- BLEIN R., SOULE B.G., DUPAIGRE B.F. ET YERIMA B., 2008 .** Les potentialités agricoles de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO). FARM/IRAM/LARES, 116p.
- BROOKS. N., 2004.** Sécheresse dans le Sahel africain. Perspectives à long terme et prospects futures " Feuille de travail Du Centre De Tyndall (61), 31p.
- BROWN.O., CRAWFORD.A., 2007.** Climate change. A new threat to stability in West Africa? Evidence from Ghana and Burkina Faso. Institut internationale du développement durable (IIDD). African Security Review 17 (3). pp 39–57.
- CEDEAO-CSAO/OCDE., 2008 .** Le Climat et les changements climatiques. Série environnement . Atlas de l'Intégration Régional de L'Afrique de l'Ouest, série environnement 11p.
- CARE, 2011.** Adaptation et sécurité alimentaire. Note de position CARE sur le changement climatique 5 p. www.careclimatechange.org.
- CCNUCC, 1992.** Convention Cadre des Nations Unis sur le Changement Climatique, FCCC/INFORMAL/84, 25 p.
- CIA, 2011.** World Factbook version mars 11, 2011. <http://www.indexmundi.com/fr/guinee/population.html>. Site consulté le 28 avril 2012.

- CNI, 2002** . Communication Nationale Initiale de la Convention Cadre des Nation Unis sur les Changements Climatique, PROJET FEM/PNUD GUI/97/G33 ; Conakry, R. Guinée 87 p.
- CONDE.B., KEITA.I., KEITA.K., DIENG.M.P. 2006**. Rapport du groupe thématique PANA-GUINEE . Agriculture et Elevage, Ministère de l'agriculture et de l'environnement, Conakry, RG 38 p.
- CIA, 2011**. World factbook version mars 11, 2011. <http://www.indexmundi.com/fr/guinee/population.html>. Site consulté le 28 avril 2012.
- CRA, 2011**. Centre Régional Agrhymet. Le sahel face aux changements climatiques, enjeux pour le développement. Bulletin Mensuel N° spécial, Niamey Niger, 43 p.
- DIALLO.B., 2010** . Perceptions endogènes, analyses agroclimatiques et stratégies d'adaptation aux variabilités et changements climatique des populations dans trois zones climatiques du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur en Agrométéorologie, Centre Regional AGRHYMET, Niamey, Niger, 51p.
- DIOMANDE M, KOUASSI D, BRAMA K, GUELADIO C, JEAN B ET BASSIROU B, 2008** . Vulnérabilité de l'agriculture pluviale au changement de régime pluviométrique et adaptation des communautés rurales du « V-Baoulé » en Côte d'Ivoire, Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire, 11 pp.
- DIRK.R., PASQUALE.S., THEODORE.C.H., et ELIAS.F., 2010**. Reference Manual, Chapter 2 – AquaCrop, Version 3.1, FAO.
- FAO, 1997**. Agriculture et changement climatique. le rôle de la FAO. <http://www.fao.org/NOUVELLE/1997/971201-f.htm>. Site consulté le 05/12/2011.
- FAO, 2003** . Guide d'identification des contraintes de terrain à la production du riz, Y2778 pp 87-112.
- FAO ,2005** . L'irrigation en Afrique en chiffres – Enquête AQUASTAT, Rep Guinée 12 p.
- FAO, 2007**. changement climatique et sécurité alimentaire. un document-cadre, Rome, Italie, 24 p.
- FAO, 2008** . conférence de haut niveau sur la sécurité alimentaire mondiale. les défis du changement climatique et des bioénergies. Rome, Italie HLC/08/INF/5.
- FRASER E. D.G., MABEE W., SLAYMAKER.O., 2003** vulnerability, mutual dependence. The reflexive relation between human society and the environment”, Global Environmental Change, n° 13, pp. 137–144.
- GIEC 2001** . Incidences de l'évolution du climat dans les régions . Rapport spécial sur l'Evaluation de la vulnérabilité en Afrique. Island Press, Washington, 53 p.
- GIEC. 2007**. Climate Change 2007. Fourth Assessment Report (RS) 103 p.

GERALD C. N, MARK W. R, JAWOO K, RICHARD R, TIMOTHY S, TINGJU. Z, CLAUDIA. R, SIWA. M, AMANDA. P, MIROSLAV. B, MARILIA. M, ROWENA. V, MANDY .E, ET DAVID. L, 2009. *Changement climatique Impact sur l'agriculture et coûts de l'adaptation*, Institut international de recherche sur les politiques alimentaires IFPRI Washington, D.C 30 p.

HEINRIGS.P 2010. Incidences sécuritaires du changement climatique au Sahel . perspectives politiques © CSAO (club du sahel et de l'Afrique de Ouest) 32 p.

HULME M., WIGLEY T. M. L., BARROW E.M., RAPER S. C. B., CENTELLA A., SMITH S. ET CHIPANSHI A. C., 2000. *Using climate Scenario Generator for vulnerability and adaptation assessments . MAGICC and SCENGEN version 2.4 Workbook.* Climatic Unit. Norwich, UK, 52p

HULME. M., 2001. Perspectives climatiques sur la dessiccation Sahélien. 1973-1998.Changements Environnementaux Globaux, pp 11-19.

ISSA M. S. 1995 . Impacts potentiels d'un changement climatique dû au doublement du CO2 atmosphérique sur l'agriculture en République du Bénin. Mémoire de DESS. Université Senghor d'Alexandrie, 113p.

JANIN.P., 2010 . Sécurité alimentaire et changement climatique . une lecture géopolitique des crises africaines et de leurs conséquences. Publié dans "4° Géopolitiques de Brest . Les enjeux géopolitiques du changement climatique, Bretagne Telecom-Ecole Navale-ENSIETA- Université de Bretagne Occidentale, Brest, France, 11 p.

KEITA. C.O, 2009 . Impacts potentiels du changement climatique sur la riziculture dans la vallée du bassin du Niger moyen. Cas du périmètre de Saga. Mémoire de master en Gestion Intégré des ressources en eau (GIRE), Centre Regional Agrhymet, Niamey, Niger 88 p.

KEITA. S, 2008 . sélection variétale participative paysanne. Rapport de la campagne 2007, Kankan/Bordo, Centre de Recherche Agronomique de Guinée, 12p.

LUNG'AH. E., OTIENO. P., WOODS.T., 2009 . adaptation au changement climatique en Afrique. Changement climatique et menace sur la sécurité alimentaire en Afrique. Joto AfriKA Issue 1, Nairobi, Kenya, 8 p.

LAMB. P. J. 1982. Persistence of subsaharan drought. Nature 299 (September) pp46-47.

MALL. P, AGGARWAL. R; 2002. Climate change and rice yields in diverse agro environments of India. Evaluation of impact assessment model. Climate. Change, 52 . pp 315-330.

MOMBIELA. F., 2010 . Les effets du changement climatique sur la sécurité alimentaire en Méditerranée. Économie et territoire | Développement durable. Centre International des

Hautes Études Agronomiques en Méditerranée (CIHEAM), Paris

NAKICENOVIC N., ALCAMO J., DAVIS G., DE VRIES B., FENHANN J., GAFFIN S., GREGORY S., GRÜBLER A., JUNG T. Y., KRAM T., LA ROVERE E. L., MICHAELLIS L., MORIS L., MORITA T., PEPPER W., PITCHER H., PRICE L., RAIHI K., ROEHRI A., ROGNER H. H., SANKOSKI A., SCHELSINGER M., SHUKLA P., SMITH S., SWART R., VAN ROIJEN S., VICTOR N. ET DADI Z., 2000. *Emissions Scenarios. Rapport spécial du Groupe de travail III du GIEC. Cambridge, RU et New York, NY, USA, 50 .45-95.*

OCDE et FAO., 2008 . perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2008- 2017 ; pp108-110

OCDE, 2008 . changement climatique . Rélever le défi à l'horizon 2050. Synthèse 2008, 8p.

OGOUWALE E. 2006. Changements climatiques dans le Bénin méridional et central . indicateurs, scénarios et prospective de la sécurité alimentaire. Thèse de doctorat unique, Université d'Abomey-calavi, Cotonou, Bénin, 301 p.

OUEDRAOGO. E. K., 2007 . Changements Climatiques .Impacts sur les rendements du maïs au Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur en Agrométéorologie, Centre Régional Agrhymet, Niamey, Niger 88 p.

PADMA.T.V., 2008 . Les cultures peuvent-elles résister au changement climatique ? <http://www.scidev.net/fr/features/les-cultures-peuvent-elles-r-sister-au-changement-.html>. Site consulté le 21mars 2012

PAM, 2010 . Suivi de la sécurité alimentaire en Guinée, (n°001, Nov). Conakry, Guinée, 5 p.

PANA Guinée, 2007 . Plan d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques, Conakry, Guinée 118 p.

PARRY. M., 1990. Global environmental change, Human and Policy Dimensions. Special issue of an assessment of the global effects of climate change under SRES emissions and socio-economic scenarios. United Nations University, University of EastAnglia, UK, 99p.

PATUREL.J.E., SERVAT. E., DELAT.M.O. H. LUBES-NIEL.H., 1998. *Analyse de séries pluviométriques de longue durée en Afrique de l'Ouest et Centrale non sahélienne dans un contexte de variabilité climatique. Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques, 43(6) December 1998, Pp 937-946.*

PETTITT. N.A., A non-parametric approach to the change-point problem. Appli. Statist 28(2), 126-135 pp

PERREIRA. A.C.V, 2007 . Etude d'Impact du changement climatique sur le maïs pluvial à Santiago-Cap Vert. Mémoire d'ingénieur en Agrométéorologie, Centre Régional

AGRHYMET, Niamey, Niger 77 p.

PNUD., 2010 . Septième forum pour le développement de l'Afrique . (document de travail n°2) agir face aux changements climatiques pour promouvoir un développement durable en Afrique. Addis-Abeba, Ethiopie, 12 pp.

SAAR.B., 2006 . INSTAT+ en Bref, Manuel d'utilisation destinés aux ingénieurs en agro météorologie et en météorologie aéronautique, Centre Regional AGRHYMET, Niamey, Niger 74 p

SARR.B., TRAORE.S., 2009 . Evaluation des changements climatiques en l'agriculture . Etude de cas en Afrique de l'Ouest. AGRHYMET/CILSS, Niamey Niger ? 46 p.

SALACK. S., SAAR. S., 2006 . Évaluation de l'incidence des changements climatiques sur la culture du riz pluvial et irrigué dans les pays du CILSS. <http://www.oxfammagasinsdumonde.be/2011/10/riz-et-changement-climatique-2/>. Site consulté le 28/03 /2012.

SANDRA.B., 2009 . Le changement climatique menace l'agriculture en Afrique. <http://www.actualites-news-environnement.com/20706-changement-climatique-agriculture-Afrique.html>. Site consulté le 05/12/2011.

SEGUIN.B., 2010 . Rayonnement du CNRS n° 54 ; Le changement climatique. conséquences pour l'agriculture et la forêt 12 .36-47.

SEGUIN. B., 2007 . Le réchauffement climatique . impacts sur les agricultures européennes ; Revista Ciência&Ambiente no. 34, 14 p.

SOMBROEK W. G., et GOMMES.R., 1997 . L'énigme . changement de climat-agriculture. Changement du climat et production agricole, FAO, pp 3-17.

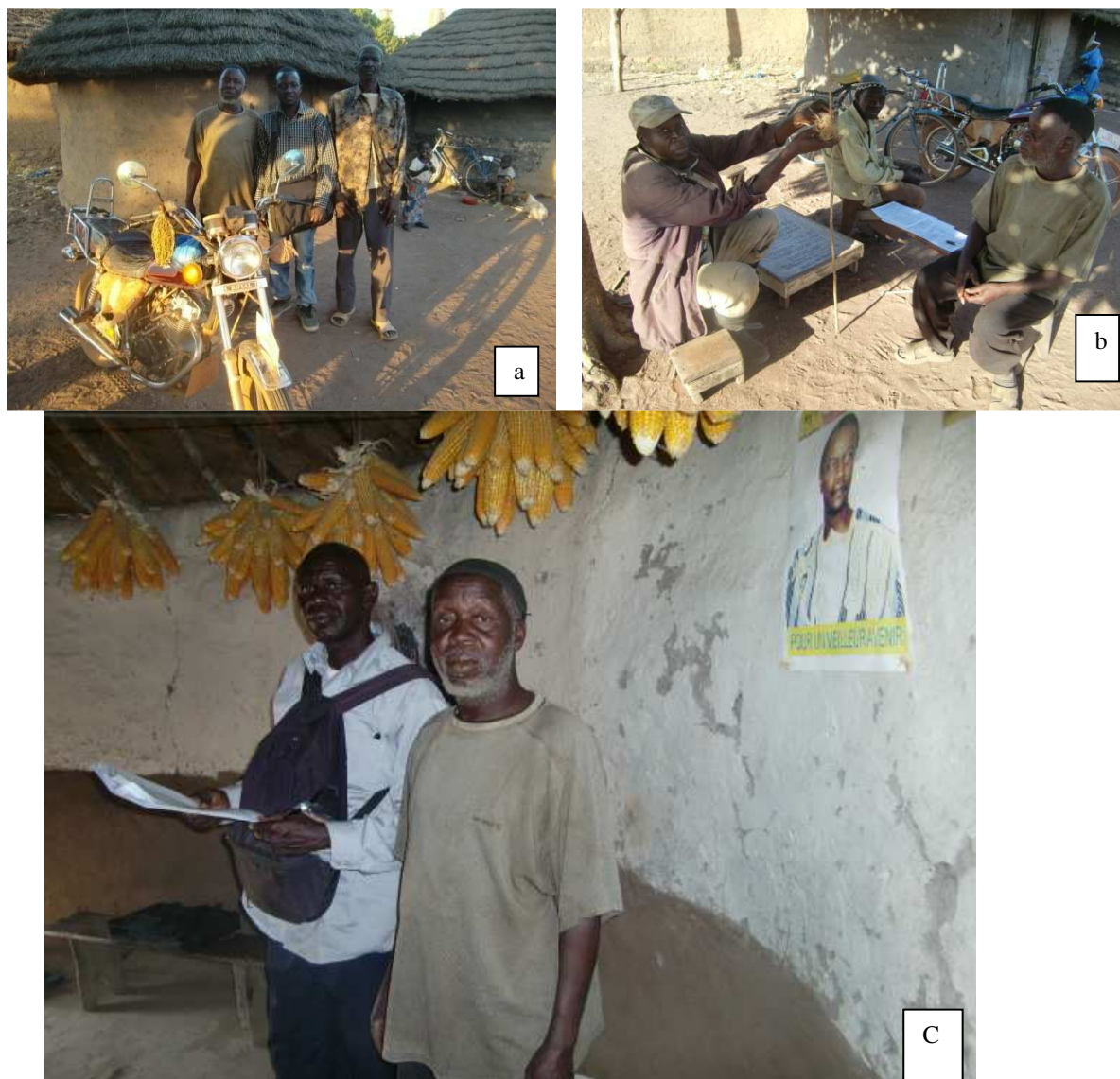
STEDUTO.P., T.C. HSIAO.T.C., RAES.D., FERERES.E., IZZI. G.G., L. HENG.L., et HOOGEVEEN.J., 2011 . examen critique de l'AquaCrop modèle de la FAO sur la productivité en eau des cultures. ICID 21st International Congress on Irrigation and Drainage, Tehran. Iran 18 p.

SWARUP.A., 2009. Haïti. "UNE TEMPÊTE EN FORMATION" Changement Climatique et Pauvreté. Oxfam International, 54 p.

VAN DE GEIJN.S.C., et GOUDRIAAN, J., 1997 . Les effets d'une teneur élevée en CO2 et d'un changement de température sur la transpiration et l'utilisation de l'eau par les cultures. Changement du climat et production agricole, FAO, pp 33-58.

ZHANG. X., YANG.F., 2004 . Manuel d'utilisation de Rclimdex. Direction de la recherche climatique /Environnement de Canada. Downsview, en Ontario Canada 13 p.

ANNEXES

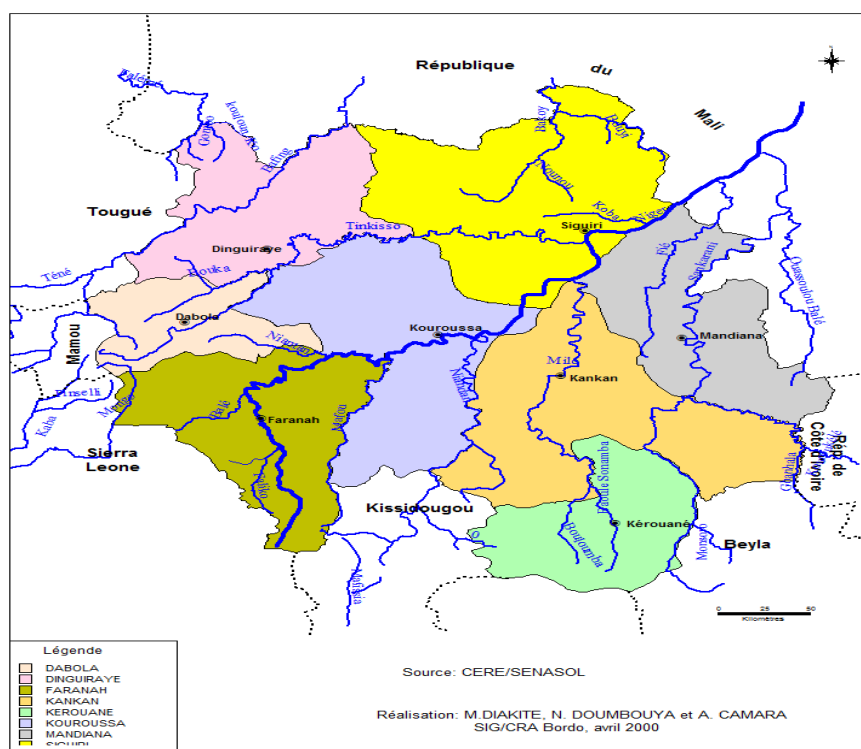


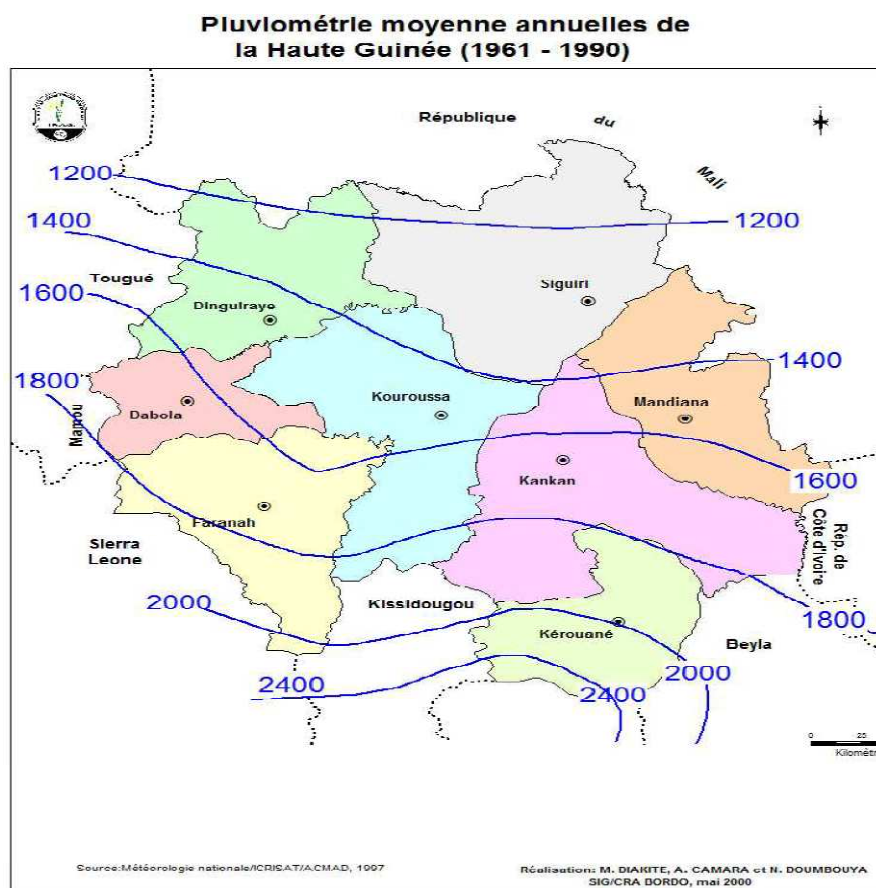
a et b-) village Djakanan (CRD Karfamoryah); c-) Keita. S. chef filière riz de la Haute Guinée
 IRAG Bordo et le chef de village de Djakanan
 Fig2. Photos prise lors des enquêtes en Haute Guinée (cliché . BEAVOGUI. M) janvier 2012.

Annexe 1. Situation géographique de la Haute Guinée



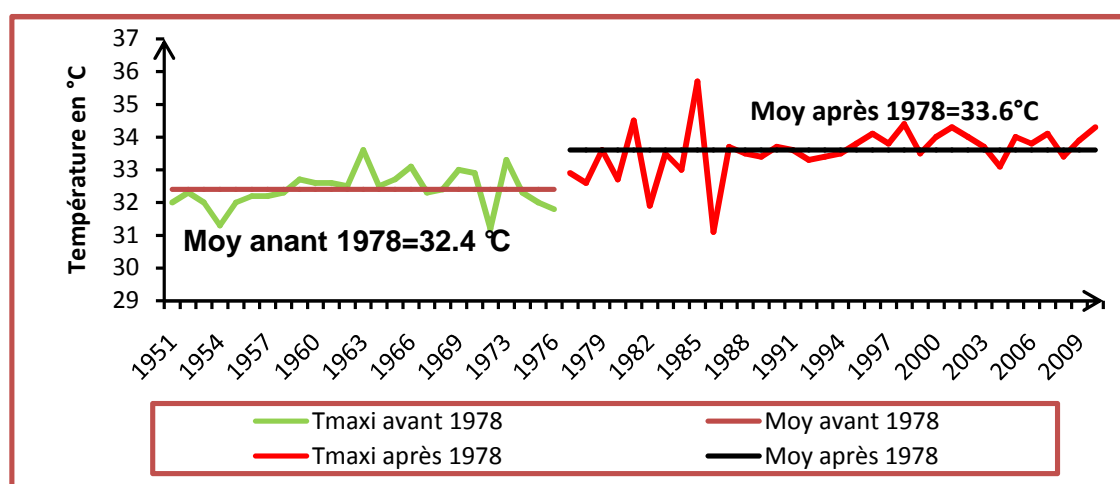
HYDROGRAPHIE DE LA HAUTE GUINEE



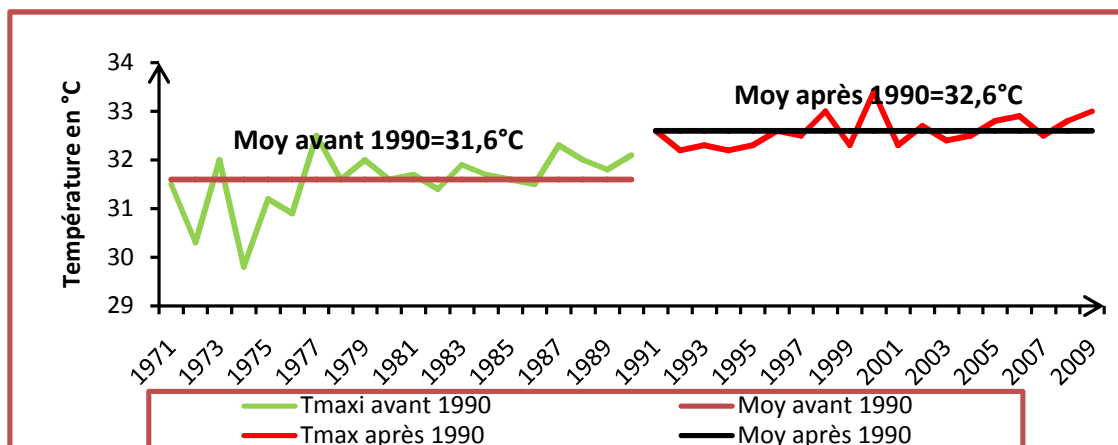


Annexe 2.Représentations graphiques du test de rupture de Pettitt et tendance des températures.

A- Test de Pettitt.

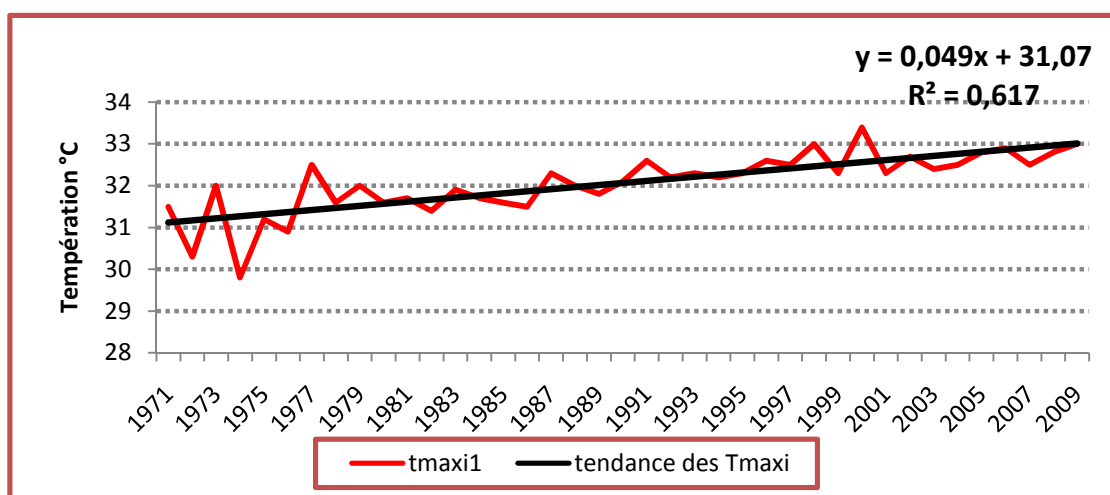


Evolution des températures maximales de Kankan . Test de rupture de Pettitt

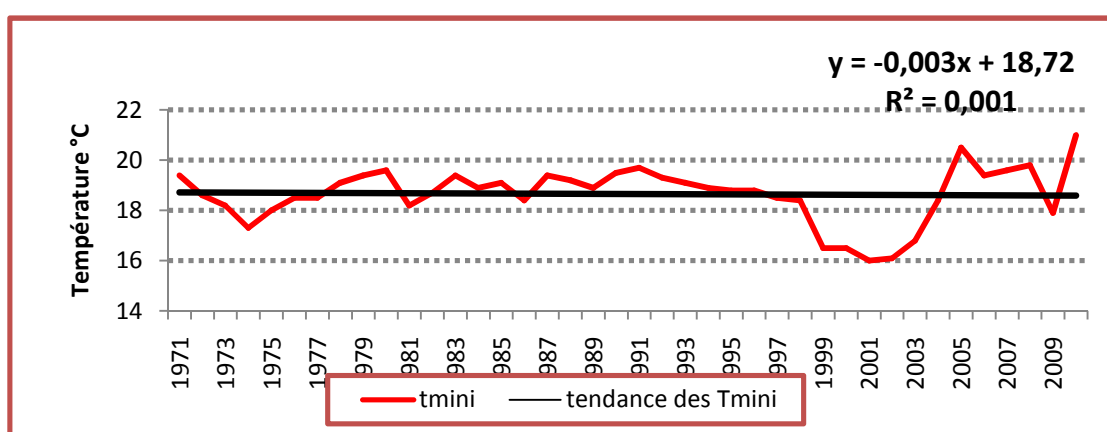


Evolution des températures maximales de Faranah. Test de rupture de petitt.

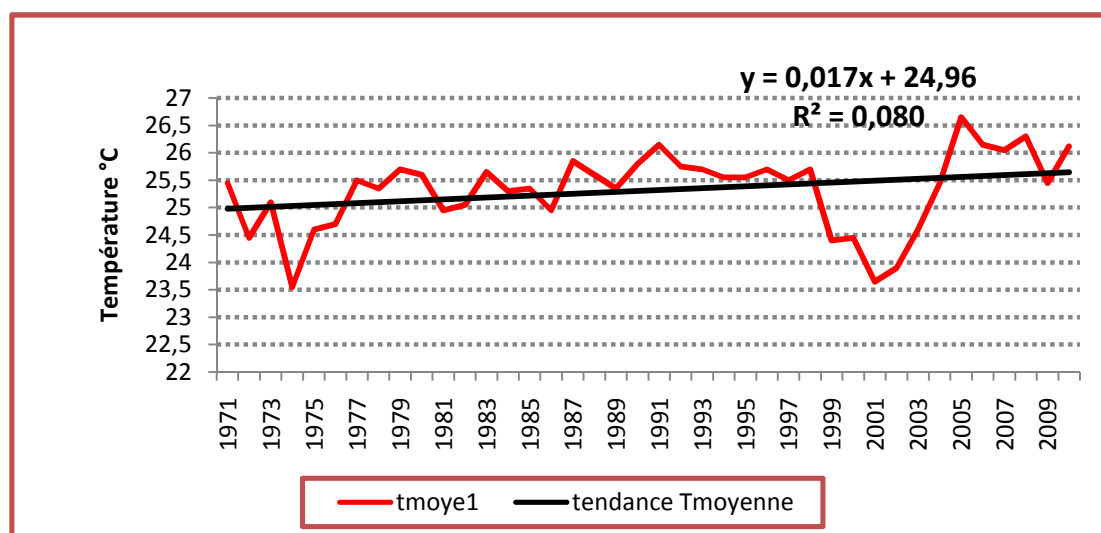
A- Tendance des températures



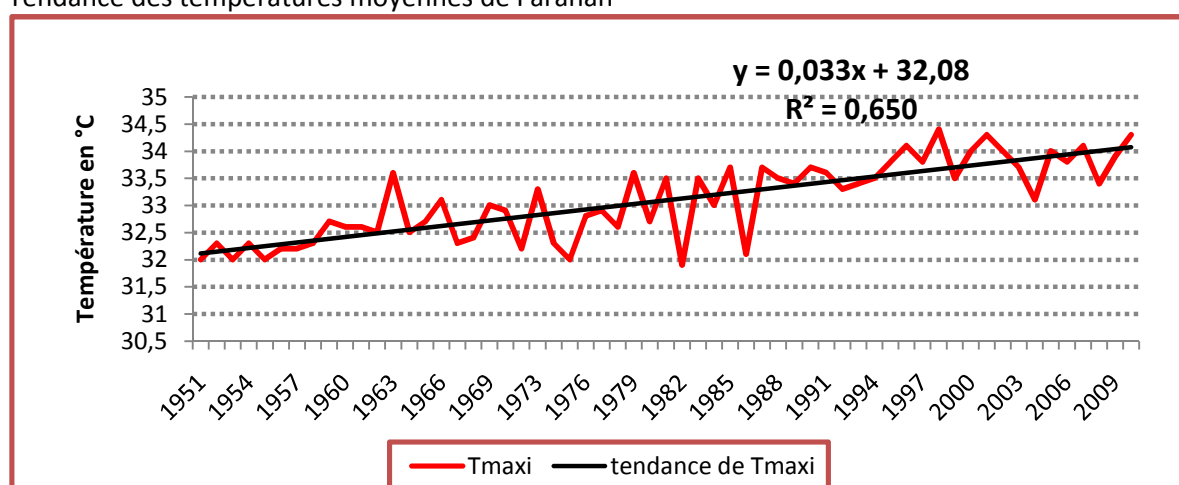
Tendance des températures maximales de Faranah



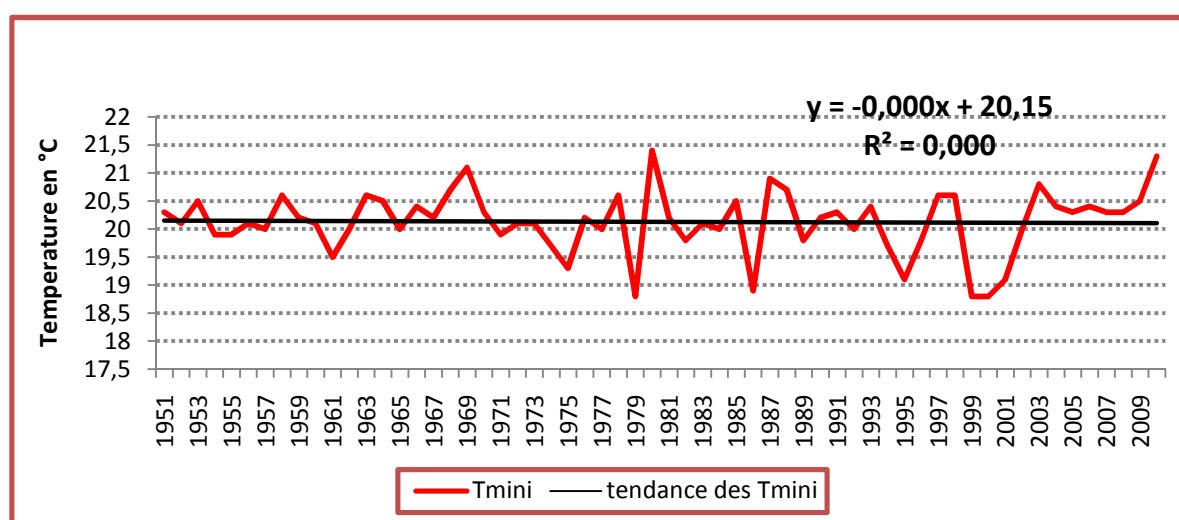
Tendance des températures minimales de Faranah



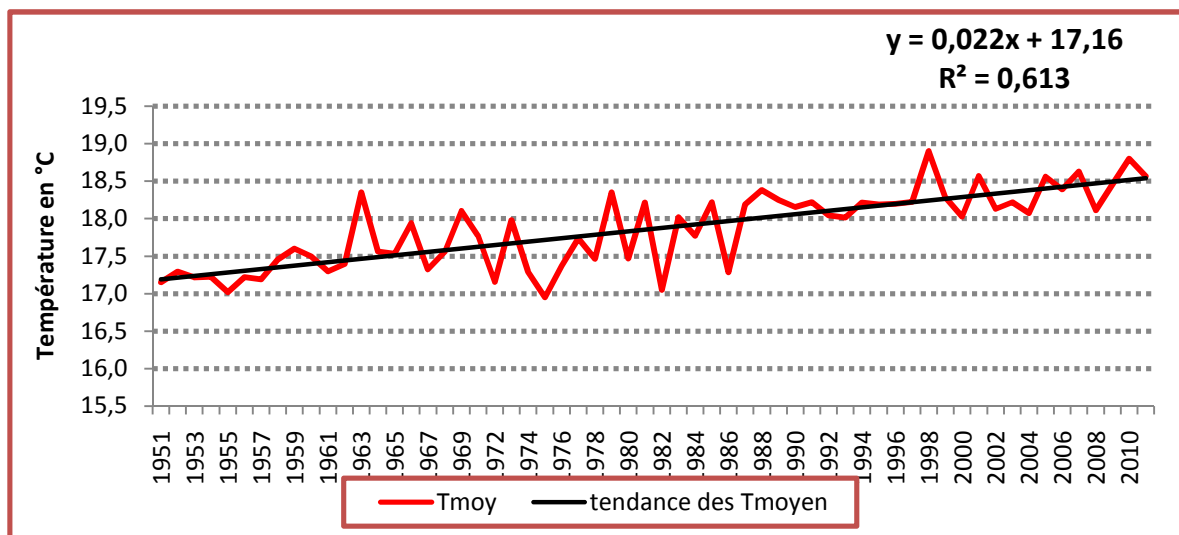
Tendance des températures moyennes de Faranah



Tendance des températures maximales de Kankan

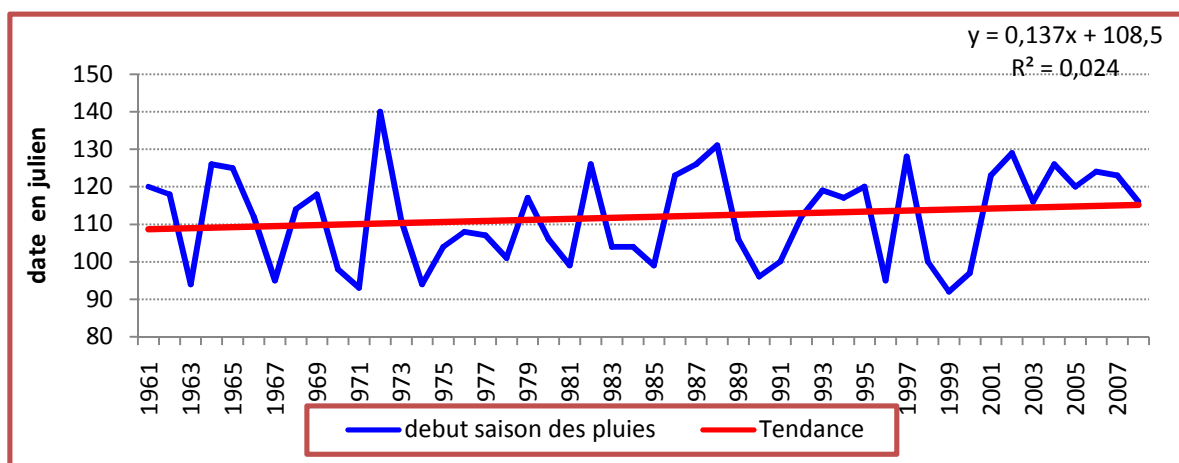


Tendance des températures minimales de Kankan

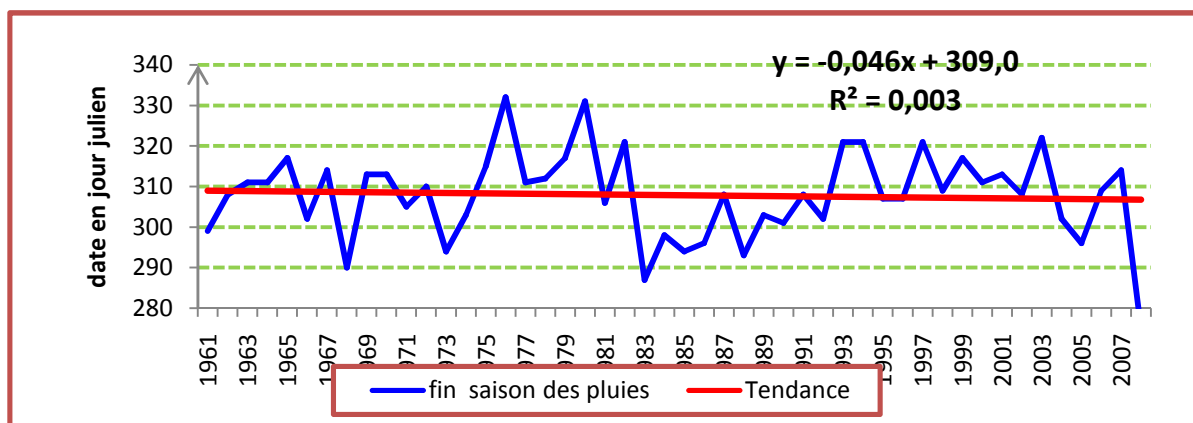


Tendance des températures moyennes de Kankan

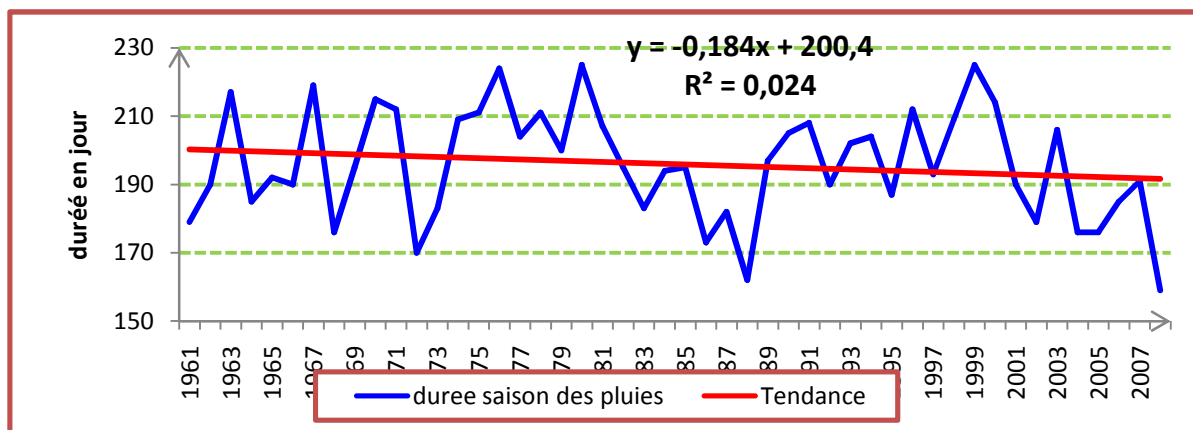
Annexe 3. Représentations graphiques des paramètres agro climatiques



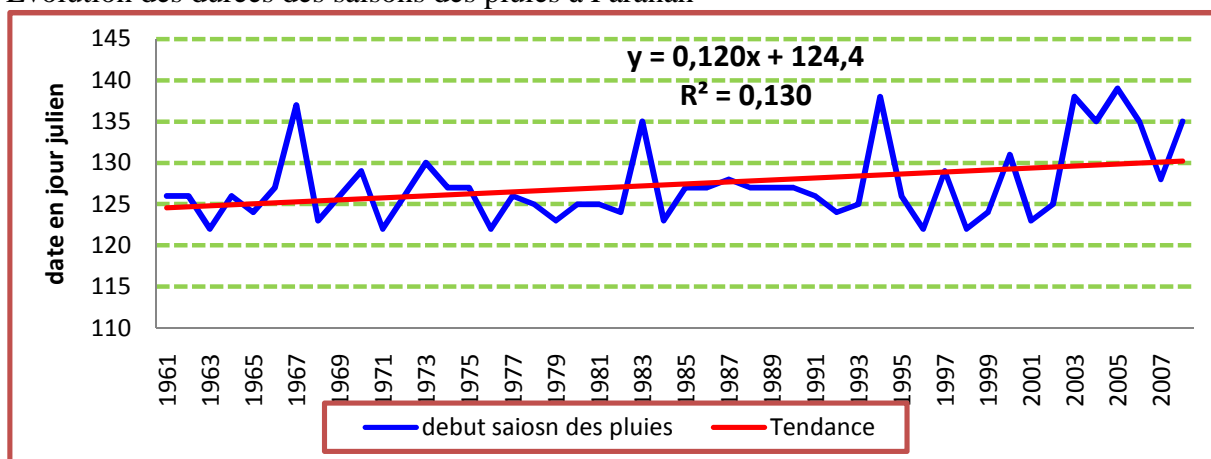
Evolution des dates de débuts des saisons des pluies à Faranah



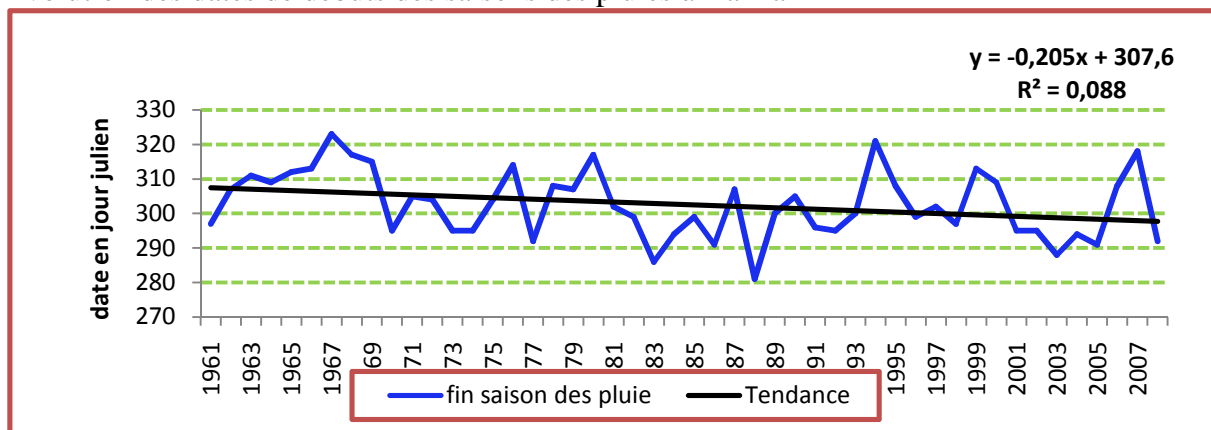
Evolution des dates de fins des saisons des pluies à Faranah



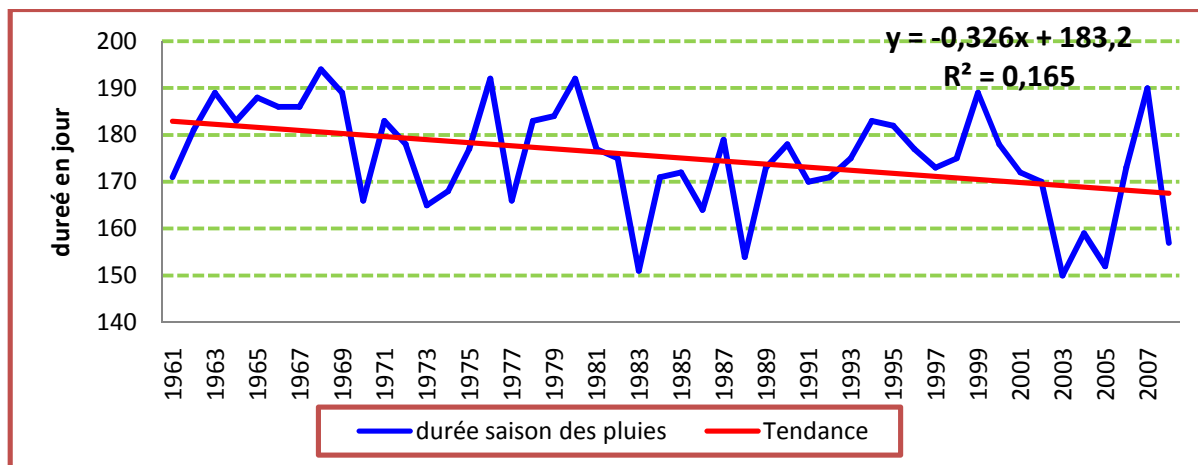
Evolution des durées des saisons des pluies à Faranah



Evolution des dates de débuts des saisons des pluies à Kankan

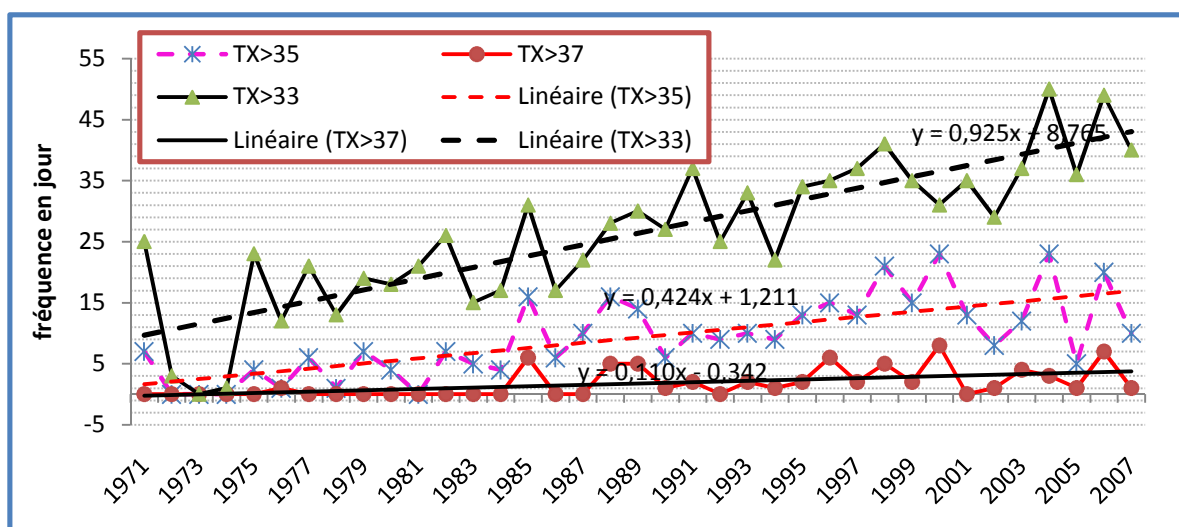


Evolution des dates de fins des saisons des pluies à Kankan

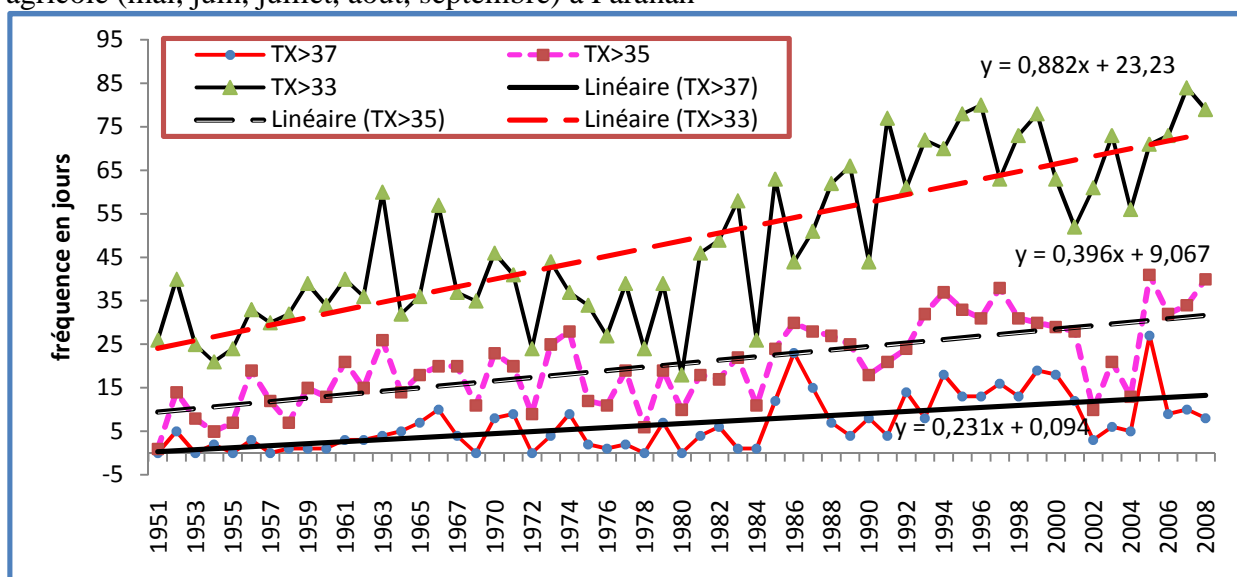


Evolution des durées des saisons des pluies à Kankan

Annexe 4 . Evolution du nombre de jours ou $T_{max} \geq$ à un seuil



Evolution du nombre de jours ou les $T_{max} > 33^{\circ}\text{C}$, $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$ et $T_{max} > 37^{\circ}\text{C}$ pendant la saison agricole (mai, juin, juillet, aout, septembre) à Faranah



Evolution du nombre de jours ou des $T_{max} > 33^{\circ}\text{C}$, $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$ et $T_{max} > 37^{\circ}\text{C}$ pendant la saison agricole (mai, juin, juillet, aout, septembre) à Kankan

Effet de la température (°C) sur la croissance et le développement du plant de riz

Croissance et développement du plant	Température basse		Température élevée		Temp. optimale
	Gamme	Effet	Gamme	Effet	
Germination	10	<i>Inhibition</i>	45	-	20-35
Emergence des plantules	12-13	<i>Retardée</i>	35	-	25-30
Enracinement	16	<i>Nanisme</i>	35	-	25-28
Feuilles	7-12	<i>Décoloration et rabougrissement des feuilles</i>	45	<i>Bout blanc, bandes et bandes chlorotiques</i>	31
Tallage	9-16	<i>Réduit</i>	33	<i>Réduit</i>	25-31
Initiation florale	15	<i>Retardée</i>	-	<i>Panicules blanches</i>	-
Initiation florale	15-20	<i>Dégénérescence du bout des panicules, stérilité élevée des épillets</i>	38	<i>Nombre réduit des épillets</i>	-
Epiaison	22	<i>Epiaison incomplète, floraison retardée</i>	35	<i>Stérilité</i>	30-33
Grains	12-18	<i>Maturité irrégulière</i>	30	<i>Remplissage réduit des grains</i>	20-25

Source : FAO, 2003

Annexe 5 . Données utilisées pour le paramétrage et la validation du modèle AquaCrop

Quelques caractéristiques des Variétés de NERICA en voix de vulgarisation en Haute Guinée

Nom	Pedigree	Maturation (en jours)
NERICA1	WAB 450-I-B-P-38-HB	95–100
NERICA2	WAB 450-11-1-P31-1-HB	90–95
NERICA3	WAB 450-I-B-P-28-HB	95–100
NERICA4	WAB 450-I-B-P-91- HB	95–100
NERICA5	WAB 450-11-1-1-P24-HB	95–100
NERICA6	WAB 450-I-B-P-160-HB	95–100
NERICA7	WAB 450-I-B-P-20-HB	95–100
NERICA8	WAB 450-1-BL1-136-HB	75–85
NERICA9	WAB 450-B-136-HB	75–85

Données du paramétrage du modèle

Phénologie de la plante			
Symboles	Description	Types	Valeurs indicative /ou possible
1.1 seuil des températures			
Tbase	Basse température °C	1	8.0
Tupper	Haute température °C	1	30.0
1.2 Development of green canopy cover / développement de couverture verte			
	Couverture initiale du sol	2	8.00 -10.00
	Nombre de plants par ha	2	16000000-20000000
	Emergence (GDD)	2	61-70
CGC	Canopy growth coefficient (%/gdd)	1	0.006-0.008
CCx	Maximum canopy cover (%)	2	Very thinly cover
	Durée du cycle	3	
1.3 Floraison			
	Date de floraison	3	
	Durée de la floraison	2	10 jours
	Crop determinacy linked with flowering	1	Yes
	Excess of potential fruits (%)	2	Medum
1.4 développement des raciness			
Zn	Minimum effective rooting depth(m)	2	0.30m
Zx	maximum effective rooting depth(m)	2	1m
	Shape factor describing root zone expansion	1	2.0-3.0
	Time from sowing to maximum rooting depth (gdd)	2	1.5 cm /jour
TRANSPIRATION DE LA PLANTE			
Kcbx	Crop coefficient when canopy is complete but prior to senescence	1	1.10
	Decline of crop coefficient (%/day) as a result of ageing nitrogen deficiency, etc	1	0.15
	Effect of canopy cover on reducing soil evaporation in late season stage	1	50
PRODUCTON DE LA BIOMASSE ET LA FORMATION DES GRAINS			
3.1 CROP WATER PRODUCTIVITY			
WP*	Water productivity normalized for Eto and CO2 (gram/m²)	1	19.0
	Water productivity normalized for Eto and CO2 during yield formation (as percent WP* before yield formation)	1	100
3.2 Harvest Index			
Hlo	Reference harvest Index (%)	1	35
	Length building up HI	2	20-21
	Possible increase (%) of HI due to water stress before flowering	1	None
	Coefficient describing positive impact of restricted vegetative growth during yield formation on HI	1	Small
	Coefficient describing negative impact of stomatal closure during yield formation on HI	1	Moderate
	Allowable maximum increase (%) of specified HI	1	15
STRESS			

4.1 Soil Water stress			
P exp. upper	Soil water depletion threshold for canopy expansion –upper threshold	1	0.00
Pexp.lower	Soil water depletion threshold for canopy expansion –lower threshold	1	0.40
	Shape factor for water stress coefficient for canopy expansion	1	3.0
P sto	Soil water depletion threshold for stomatal control –upper threshold	1	0.50
	Shape factor for water stress coefficient for stomatal control	1	3.0
Psen	Soil water depletion threshold for canopy senescence – upper threshold	1	0.55
	Shape factor for water stress coefficient for canopy senescence	1	3.0
	Sum water (Eto) during stress period to be exceeded before senescence is triggered	1	0
Ppol	Soil water depletion threshold for failure of pollination – Upper threshold	1	0.75 (Estimate)
	Vol% at anaerobic point (with reference to saturation)	2	5%
4.2 soil fertility stress			
		Calibration	
4.3 air temperature stress			
	Minimum air temperature below pollination starts to fail (cold stress) (°C)	1	8
	Maximum air temperature below pollination starts to fail (heat stress) (°C)	1	35
	Minimum growing degrees required for full biomass production (°C-day)	1	10.0 (estimated)

Type1= Source: Reference Manual, Annexes – AquaCrop, January 2010

Type 2=Ajusté pour cette étude;

Type 3=Donnée agronomiques des variétés utilisées dans cette étude (IRAG).

Annexe 6 . Données climatiques projetées par MAGICC/SCENGEN

Taux de variation des températures et précipitations moyennes mensuelles projetée par MAGICC SCENGEN (UKHADCM3, MIROC-HI, GISS-ER, UKHADGEM) selon le scénario A1B-AIM (scénario de référence) et A2A1MI (scénario de politique d'atténuation)

Mois	Taux d'augmentation des températures moyennes mensuelles(en °C).sensibilité 3,0°C				Taux d'augmentation cumulés pluviométriques moyennes mensuelles (en %).sensibilité 3,0°C			
	Faranah	Faranah	Kankan	Kankan	Faranah	Faranah	Kankan	Kankan
	2025	2050	2025	2050	2025	2050	2025	2050
JANVIER	0,6	1,3	0,6	1,4	1,6	1,1	1,8	1,6
FEVRIER	0,6	1,3	0,6	1,4	0,6	0,6	1,0	0,9
MARS	0,6	1,4	0,7	1,5	0,5	0,4	0,8	0,6
AVRIL	0,7	1,6	0,7	1,6	0,8	0,8	1,3	1,3
MAI	0,7	1,6	0,8	1,7	2,8	2,8	3,3	2,9
JUIN	0,7	1,7	0,8	1,7	8,7	8,4	8,6	8,3

JUILLET	0,7	1,6	0,8	1,7	11,8	10,5	10,6	9,8
AOÛT	0,7	1,7	0,8	1,7	11,7	12,4	9,8	10,0
SEPTEMBRE	0,7	1,5	0,7	1,5	10,9	11,4	9,7	10,4
OCTOBRE	0,7	1,5	0,7	1,5	11,9	10,4	11,0	10,4
NOVEMBRE	0,7	1,5	0,7	1,5	8,6	9,0	8,7	10,1
DÉCEMBRE	0,7	1,5	0,7	1,5	4,1	3,7	4,0	3,8
Annuel	0,7	1,5	0,7	1,6	6,2	6,0	6,0	5,9

Taux de variation des températures moyennes mensuelles projetée par MAGGIC SCENGEN (UKHADCM3, MIROC-HI, GISS-ER, UKHADGEM) selon le scenario A1B-AIM (scénario de référence) et A2A1MI (scénario de politique d'atténuation) et les températures estimées à Kankan

Mois	Taux d'augmentation		Températures mensuelles moyennes 1961-1990 en °C			Températures estimées (projection)					
			KANKAN			Horizon 2025			Horizon 2050		
	2050	2025	Tmini	Tmaxi	Tmoy	Tmini	Tmaxi	Tmoy	Tmini	Tmaxi	Tmoy
Janvier	1,4	0,6	14,6	33,7	24,2	15,2	34,3	24,8	16,0	35,1	25,5
Février	1,4	0,6	18,9	35,9	27,4	19,5	36,5	28,0	20,2	37,3	28,7
Mars	1,5	0,7	22,4	36,8	29,6	23,1	37,5	30,3	24,0	38,3	31,1
Avril	1,6	0,7	24,0	36,1	30,1	24,8	36,8	30,8	25,7	37,7	31,7
Mai	1,7	0,8	23,2	33,8	28,5	23,9	34,5	29,2	24,8	35,5	30,1
Juin	1,7	0,8	21,6	31,3	26,5	22,4	32,1	27,3	23,4	33,1	28,2
Juillet	1,7	0,8	21,1	29,7	25,4	21,8	30,4	26,1	22,8	31,4	27,1
Août	1,7	0,8	21,0	29,2	25,1	21,8	30,0	25,9	22,7	31,0	26,8
Septembre	1,5	0,7	20,9	30,1	25,5	21,5	30,8	26,2	22,4	31,6	27,0
Octobre	1,5	0,7	21,1	31,7	26,4	21,8	32,4	27,1	22,6	33,2	27,9
Novembre	1,5	0,7	18,7	33,0	25,9	19,4	33,7	26,5	20,2	34,5	27,4
Décembre	1,5	0,7	14,8	32,9	23,8	15,5	33,5	24,5	16,3	34,4	25,4

Taux de variation des précipitations moyennes mensuelles projetée par MAGGIC SCENGEN (UKHADCM3, MIROC-HI, GISS-ER, UKHADGEM) selon le scenario A1B-AIM (scénario de référence) et A2A1MI (scénario de politique d'atténuation) et les Précipitations estimées à Kankan

Mois	Taux d'augmentation (en %)		Précipitations moyennes de 1961-1990 (en mm)		Précipitations Estimées (mm)	
	2020	2050			2025	2050
Janvier	1,8	1,6			2,1	2,2
Février	1,0	0,9			1,0	1,0
Mars	0,8	0,6			23,8	24,0
Avril	1,3	1,3			67,4	68,3
Mai	3,3	2,9			134,0	138,4
Juin	8,6	8,3			203,6	221,1
Juillet	10,6	9,8			261,9	289,8
Août	9,8	10,0			322,2	353,7
Septembre	9,7	10,4			302,5	331,9

Octobre	11,0	10,4	131,1	145,4	144,7
Novembre	8,7	10,1	18,1	19,7	19,9
Décembre	4,0	3,8	1,2	1,3	1,3
Cumuls annuels			1469,0	1596,8	1595,8

Taux de variation des températures moyennes mensuelles projetée par MAGGIC SCENGEM (UKHADCM3, MIROC-HI, GISS-ER, UKHADGEM) selon le scénario A1B-AIM (scénario de référence) et A2A1MI (scénario de politique d'atténuation) et les températures estimées à Faranah

Mois	Taux d'augmentation		Températures mensuelles moyennes (1961-1990) en °C			Températures estimées (projection) (en °C)					
			Faranah			Horizon 2025			Horizon 2050		
	2025	2050	Tmini	Tmaxi	Tmoy	Tmini	Tmaxi	Tmoy	Tmini	Tmaxi	Tmoy
Janvier	0,6	1,3	13,6	32,6	23,1	14,2	33,2	23,7	14,9	33,9	24,4
Février	0,6	1,3	17,2	35,3	26,2	17,8	35,8	26,8	18,5	36,6	27,5
Mars	0,6	1,4	20,7	36,2	28,4	21,3	36,8	29,1	22,1	37,6	29,9
Avril	0,7	1,6	21,8	35,2	28,5	22,5	35,9	29,2	23,4	36,8	30,1
Mai	0,7	1,6	21,1	32,6	26,8	21,8	33,3	27,6	22,7	34,2	28,5
Juin	0,7	1,7	20,2	30,2	25,2	20,9	31,0	25,9	21,8	31,9	26,9
Juillet	0,7	1,6	19,8	28,7	24,3	20,6	29,5	25,0	21,5	30,4	25,9
Août	0,7	1,7	19,9	28,8	24,3	20,6	29,5	25,1	21,5	30,4	26,0
Septembre	0,7	1,5	19,5	29,5	24,5	20,2	30,2	25,2	21,0	31,0	26,0
Octobre	0,7	1,5	19,4	30,8	25,1	20,1	31,5	25,8	20,9	32,3	26,6
Novembre	0,7	1,5	17,3	31,9	24,6	18,0	32,6	25,3	18,8	33,4	26,1
Décembre	0,7	1,5	13,2	31,5	22,3	13,8	32,2	23,0	14,6	33,0	23,8

Taux de variation des précipitations moyennes mensuelles projetée par MAGGIC SCENGEM (UKHADCM3, MIROC-HI, GISS-ER, UKHADGEM) selon le scénario A1B-AIM (scénario de référence) et A2A1MI (scénario de politique d'atténuation) et les précipitations estimées à Faranah

Mois	Taux d'augmentation		Précipitations mensuelles moyennes (1961-1990) (en mm)			Précipitations Estimées (mm)	
	2020	2050				2025	2050
Janvier	1,8	1,6			2,1	2,2	2,2
Février	1,0	0,9			1,0	1,0	1,0
Mars	0,8	0,6			23,8	24,0	23,9
Avril	1,3	1,3			67,4	68,3	68,3
Mai	3,3	2,9			134,0	138,4	138,0
Juin	8,6	8,3			203,6	221,1	220,5
Juillet	10,6	9,8			261,9	289,8	287,7
Août	9,8	10,0			322,2	353,7	354,5
Septembre	9,7	10,4			302,5	331,9	333,8

Octobre	11,0	10,4	131,1	145,4	144,7
Novembre	8,7	10,1	18,1	19,7	19,9
Décembre	4,0	3,8	1,2	1,3	1,3

Taux de variation des températures et précipitations moyennes mensuelles projetée par CCCMA-31, CCSM-30, CSIRO-30, ECHO-G selon les scénarios A1B-AIM (scénario de référence), B2ASF (scénario de politique d'atténuation)

Variables	Températures				précipitations			
Localités	Faranah		Kankan		Faranah		Kankan	
Horizon	2025	2050	2025	2050	2025	2050	2025	2050
Janvier	0,7	1,6	0,7	1,7	-2,4	-2,3	-2,0	-4,5
Février	0,6	1,4	0,6	1,4	-3,3	-7,3	-3,5	-7,3
Mars	0,7	1,6	0,7	1,6	0,4	-13,2	0,4	-14,4
Avril	0,7	1,6	0,7	1,6	-4,9	-9,2	-3,4	-10,9
Mai	0,7	1,6	0,7	1,6	-1,1	-5,5	-3,8	-5,4
Juin	0,8	1,7	0,8	1,7	-9,0	-18,5	-8,3	-20,1
Juillet	0,8	1,7	0,8	1,8	-10,9	-26,8	-13,0	-28,2
Août	0,8	1,8	0,8	1,7	-6,8	-17,2	-8,6	-15,3
Septembre	0,7	1,6	0,7	1,7	-12,2	-18,0	-12,6	-18,6
Octobre	0,8	1,7	0,8	1,8	-8,2	-19,1	-8,9	-18,3
Novembre	0,8	1,7	0,8	1,7	-3,2	-8,0	-4,0	-7,1
Décembre	0,7	1,6	0,7	1,7	-14,7	-32,9	-14,8	-32,8
Annuelle	0,7	1,6	0,7	1,7	-6,3	-14,8	-6,9	-15,2

Taux de variation des précipitations moyennes mensuelles projetée par CCCMA-31, CCSM-30, CSIRO-30, ECHO-G selon les scénarios A1B-AIM (scénario de référence), B2ASF (scénario de politique d'atténuation) et les Précipitations estimées

Mois	Faranah				KANKAN			
	taux de variations		précipitation estimé		taux de variations		précipitation estimé	
	2025	2050	2025	2050	2025	2050	2025	2050
Janvier	-2,4	-2,3	1,8	1,8	-2,0	-4,5	2,1	2,0
Fevrier	-3,3	-7,3	2,2	2,1	-3,5	-7,3	1,0	0,9
Mars	0,4	-13,2	12,8	11,1	0,4	-14,4	23,9	20,4
Avril	-4,9	-9,2	68,2	65,1	-3,4	-10,9	65,2	60,1
Mai	-1,1	-5,5	135,6	129,5	-3,8	-5,4	128,9	126,8
Juin	-9,0	-18,5	194,4	174,1	-8,3	-20,1	186,8	162,7
Juillet	-10,9	-26,8	233,3	191,8	-13,0	-28,2	227,8	188,0
Août	-6,8	-17,2	278,4	247,4	-8,6	-15,3	294,6	272,9
Septembre	-12,2	-18,0	261,0	243,7	-12,6	-18,6	264,3	246,3
Octobre	-8,2	-19,1	160,9	141,7	-8,9	-18,3	119,4	107,1
Novembre	-3,2	-8,0	42,7	40,6	-4,0	-7,1	17,4	16,8

Décembre	-14,7	-32,9	0,4	0,3	-14,8	-32,8	1,0	0,8
----------	-------	-------	-----	-----	-------	-------	-----	-----

Taux de variation des températures moyennes mensuelles projetée par CCCMA-31, CCSM-30, CSIRO-30, ECHO-G selon les scénarios A1B-AIM (scénario de référence), B2ASF (scénario de politique d'atténuation) et les températures estimées

Mois	Faranah							
	taux de variation		Températures estimées en 2025			Température estimées en 2050		
	2025	2050	Tmini	Tmaxi	Tmoy	Tmini	Tmaxi	Tmoy
Janvier	0,7	1,6	14,4	33,3	23,9	15,2	34,2	24,7
Fevrier	0,6	1,4	17,9	35,9	26,9	18,6	36,7	27,7
Mars	0,7	1,6	21,4	36,9	29,2	22,3	37,8	30,1
Avril	0,7	1,6	22,5	35,9	29,2	23,4	36,8	30,1
Mai	0,7	1,6	21,8	33,3	27,5	22,7	34,2	28,4
Juin	0,8	1,7	20,9	31,0	25,9	21,9	31,9	26,9
Juillet	0,8	1,7	20,6	29,5	25,1	21,6	30,5	26,0
Août	0,8	1,8	20,7	29,6	25,1	21,6	30,5	26,1
Septembre	0,7	1,6	20,3	30,3	25,3	21,2	31,2	26,2
Octobre	0,8	1,7	20,2	31,6	25,9	21,1	32,5	26,8
Novembre	0,8	1,7	18,1	32,7	25,4	19,0	33,6	26,3
Décembre	0,7	1,6	13,9	32,3	23,1	14,7	33,1	23,9
	Kankan							
	taux d'augmentation		Températures estimées en 2025			Temp estimées en 2050		
	2025	2050	Tmini	Tmaxi	Tmoy	Tmini	Tmaxi	Tmoy
Janvier	0,7	1,7	15,4	34,4	24,9	16,3	35,3	25,8
Fevrier	0,6	1,4	19,5	36,6	28,0	20,3	37,3	28,8
Mars	0,7	1,6	23,2	37,5	30,3	24,1	38,4	31,2
Avril	0,7	1,6	24,8	36,8	30,8	25,7	37,7	31,7
Mai	0,7	1,6	23,9	34,5	29,2	24,7	35,4	30,0
Juin	0,8	1,7	22,4	32,1	27,2	23,3	33,0	28,2
Juillet	0,8	1,8	21,9	30,5	26,2	22,9	31,5	27,2
Août	0,8	1,7	21,8	30,0	25,9	22,7	30,9	26,8
Septembre	0,7	1,7	21,6	30,9	26,2	22,5	31,8	27,1
Octobre	0,8	1,8	21,9	32,5	27,2	22,8	33,4	28,1
Novembre	0,8	1,7	19,5	33,8	26,6	20,4	34,8	27,6
Décembre	0,7	1,7	15,6	33,6	24,6	16,5	34,5	25,5

Annexe 7 . Rendements projetés

Rendements projetés par le modèle AQUACROP dans la région de Kankan et Faranah sur la base du climat simulé par les modèles (UKHADCM3, MIROC-HI, GISS-ER, UKHADGEM)

Variétés	Rendement de riz projeté(en tonne/ha)			
	Kankan		Faranah	
	2025	2050	2025	2050
NERICA1	1,68	1,78	1,79	1,84
NERICA 2	1,85	1,95	1,79	1,99
Moyenne annuelle des deux variétés	1,76	1,87	1,79	1,92

Moyenne 2000-2010	1,49	1,78
-------------------	------	------

Taux de variation des rendements projetés par le modèle AQUACROP dans la région de Kankan et Faranah sur la base du climat simulé par les modèles (UKHADCM3, MIROC-HI, GISS-ER, UKHADGEM) *par rapport à la moyenne 2000-2010;*.

Variétés de riz	Taux de variation des rendements par rapport à la moyenne 2000-2010 en %			
	Kankan		Faranah	
	2025	2050	2025	2050
NERICA1	12,55	19,53	0,45	3,31
NERICA 2	24,23	30,81	0,56	11,91
Moyenne annuelle des deux variétés	18,39	25,17	0,51	7,61

Rendements projetés par le modèle AQUACROP dans la région de Kankan et Faranah sur la base du climat simulé par les modèles (CCCMA-31, CCSM-30, CSIRO-30, ECHO-G)

Variétés	Rendement de riz projeté(en tonne/ha)			
	Faranah		Kankan	
	2025	2050	2025	2050
NERICA1	1,76	1,85	1,69	1,76
NERICA2	1,91	2,00	1,85	1,95
Moyenne annuelle	1,84	1,92	1,77	1,85
Moyenne 2000-2010	1,78		1,49	

Taux de variation des rendements projetés par le modèle AQUACROP dans la région de Kankan et Faranah sur la base du climat simulé par les modèles (CCCMA-31, CCSM-30, CSIRO-30, ECHO-G) *par rapport à la moyenne 2000-2010*

Variétés	Taux de variations des rendements par rapport la moyenne 2000-2010 en %			
	Kankan		Faranah	
	2025	2050	2025	2050
NERICA1 (N1)	13,29	18,19	-0,96	3,76
NERICA 2(N2)	24,09	30,60	7,30	12,47
Moyenne annuelle	18,69	24,40	3,17	8,12

Annexe 8 : Quelques projets d'adaptation

Projet 1: AMENAGEMENT DES PLAINES ET BAS-FONDS RIZICOLES DE LA HAUTE GUINEE

Localisation du projet: Kankan, Faranah

Justification :

Les études d'impacts du changement climatique sur la culture du riz pluviale en haute guinée et proposition de stratégies d'adaptation réalisées en Guinée indiquent une tendance à la baisse des précipitations, une diminution de la longueur de la saison agricole et une l'augmentation de la température observée à partir de 1961 jusqu'à nos jours accompagnée d'autres facteurs comme la dégradation de l'environnement et l'infertilité des sols. Ces facteurs rendent très vulnérables les riziculteurs du fait de leur capacité d'adaptation limitée.

Près de 70% de la population de la Haute Guinée pratiquent une riziculture pluviale, extensive et de subsistance qui contribue à une dégradation généralisée des écosystèmes fragiles.

La Haute Guinée constitue la zone la plus pauvre du pays, mais recèle à elle seule plus de 65 % du potentiel hydro-agricole (bas-fonds et plaines) malheureusement peu aménagé.

Le gouvernement fait de l'aménagement des bas-fonds et des plaines une option stratégique car il contribue à réduire la pression de la riziculture pluviale itinérante sur les forêts et contribue à l'atteinte de la sécurité alimentaire.

L'aménagement des plaines et des bas-fonds dans les préfectures ciblées apporte une bonne réponse à la pénurie alimentaire liée au changement climatique.

Objectifs

Global : Renforcer la capacité d'adaptation des populations face au changement climatique et de protéger l'environnement contre les effets néfastes de la riziculture itinérante.

Spécifiques

- identifier et aménager 800 ha ;
- Améliorer le savoir-faire des producteurs ;
- Favoriser la régénération des forêts.

Activités

- Identification des sites;
- Réalisation des travaux d'aménagement;
- Formation des producteurs aux techniques modernes d'irrigation et d'entretien des réseaux
- Suivi-évaluation.

Résultats attendus

- Sites hydro-agricoles identifiés et aménagés ;

- Producteurs formés sur les techniques d'irrigation et d'entretien des réseaux;
- Accroissement du rendement agricole ;
- Suivi-évaluation assuré.

Bénéficiaires du projet : les communautés locales, et l'Etat Guinéen

Arrangement institutionnel

Le projet sera exécuté par les communautés locales, les organisations non gouvernementales (ONG), les groupements d'intérêts et les services techniques spécialisés. La coordination sera assurée par une ONG sous la supervision du Ministère de l'agriculture.

Sources de financement : FME ; BAD,

Agence de mise en œuvre: PNUD

Risques : conditions climatiques extrêmes, conflits domaniaux, conflit politique

Indicateurs de suivi :

- Nombre de sites et superficie aménagés ;
- Taux d'accroissement de la production agricole ;
- Nombre de rapports de suivi-évaluation fournis ;
- Nombre de producteurs formés.

Evaluations :

- Mi-parcours :
- Fin du projet : Evalueurs externes (consultant)
- Interne et Externe
- Participative et conjointe
- Fin du projet : Interne et Externe

Durée : 5 ans

Coût : 600 000 \$US

Projet 2 : Mise en place d'un système de prévision de risques climatiques et d'alerte rapide pour la sécurité alimentaire

1. Contexte et Justification

Les principaux risques climatiques identifiés sur le territoire de la République de la Guinée particulièrement en Haute Guinée sont la sécheresse, les inondations, la réduction de la saison agricole, les Séquences sèches. Leurs impacts sont très importants et se caractérisent par une dégradation des ressources naturelles, le déplacement des populations, les perturbations des activités économiques surtout agricoles, et des coûts économiques et sociaux de plus en plus lourds alors que l'agriculture constitue l'activité principale de 80% de la population active.

Les pluies du début de saison pluvieuse sont violentes, atteignant fréquemment une intensité supérieure à 70mm/h ce qui favorise l'inondation et l'érosion sur les sols mal protégés avec d'importantes pertes sur pied ou après récoltes. Dans cette étude d'impacts réalisée en Haute Guinée, les perspectives font état d'une tendance à la baisse des précipitations. Aussi, faudra t-il préciser que les pluies diluviennes des dernières années ont contribué à des inondations des populations et à la perte de rendement dans plusieurs préfectures de la Haute Guinée avec parfois des pertes en vies humaines.

En matière de prévention des risques climatiques, la Guinée ne dispose d'aucun mécanisme particulier. Le système national d'observation du climat dans le pays est vétuste et ne renferme qu'une cinquantaine de stations d'observations dominées par des postes pluviométriques et un système de réception d'images satellitaires MSG (Meteosat de Seconde Génération) pour des fins aéronautiques.

Pour corriger ces insuffisances et permettre aux populations exposées aux risques climatiques et aux communautés rurales de prendre les mesures palliatives qu'appellent les situations extrêmes, de mieux gérer les ressources en eau disponible et les sols cultivables, il devient urgent d'améliorer le système national d'observation du climat, d'investir dans la mise en place d'un système d'alerte précoce et promouvoir des systèmes appropriés de production agricole d'adaptation au changement climatique pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle dans les zones agro écologiques les plus exposées aux risques climatiques à savoir : la Haute Guinée et la zone Côtière.

Avec la mise en place du système d'alerte, les capacités des populations concernées doivent être renforcées, en matière de réactions pertinentes suite aux messages d'alerte reçus, en matière de ressources d'intervention et en matière de changement de comportement fondé par la pratique et la confiance dans le système d'alerte. De ce point de vue, un travail de sensibilisation des bénéficiaires et leur formation par la pratique sur site, dans l'environnement local, les prépareront à s'approprier durablement les résultats du projet. Les secteurs prioritaires concernés sont, entre autres, l'agriculture et les ressources en eau.

2. DESCRIPTION

► **Localisation** : Le présent projet intéresse particulièrement les zones agro écologiques les plus exposées aux risques climatiques. Il s'agit de la Haute Guinée et la Basse Guinée.

► Groupes bénéficiaires (structures d'appui, formation)

Les groupes bénéficiaires sont : exploitants agricoles ; éleveurs ; pêcheurs ; populations riveraines des cours d'eau et des plans d'eau ; populations de la zone côtière.

► **Objectif global** : Mettre à la disposition des acteurs et des communautés agricoles des avis et des alertes en cas d'événements météorologiques et climatologiques significatifs annoncés, dommageables aux systèmes de production.

• ► **Objectifs spécifiques – Activités- Plan de financement (X 1000 US \$)**

Objectifs spécifiques	Activités	Coût
O1 : Renforcer les capacités nationales d'acquisition de données sur l'ensemble des paramètres météorologiques, climatologiques et phénologiques, nécessaires à la surveillance continue du climat et au suivi de la campagne agricole	Renforcement des capacités des personnels des directions techniques concernées en matière de préparation intellectuelle, d'organisation et de gestion du système d'alerte rapide (missions d'information dans la sous-région, formations, etc.)	60
	Amélioration des modèles d'analyse et de prévision existants	120
	Renouvellement les équipements vétustes et obsolètes au niveau des stations climatologiques et synoptiques existants, y compris les systèmes de communication	2000
	Transformation des postes pluviométriques des chefs-lieux des Communes les plus exposées aux risques climatiques en stations climatologiques ou agro météorologiques (7)	1850
O2 Fournir aux acteurs et communautés rurales des informations sur les événements météorologiques et climatologiques extrêmes futurs, susceptibles de causer des dommages dans les systèmes d'exploitation agricoles	Création d'un mécanisme institutionnel de coordination et de gestion des composantes du système d'alerte rapide (acquisition et analyse des données, préparation des avis ou des alertes, diffusion, intervention d'appui, etc.)	150
	Renforcement des capacités des populations et des exploitants agricoles des zones en matière de réaction rapide face aux risques annoncés	175
	Rodage du mécanisme de coordination et de gestion du système d'alerte rapide sur les modèles d'analyse et de prévision existants	50
	Installation d'un radar météorologique de détection et de surveillance des phénomènes météorologiques significatifs.	2700
O3 Promouvoir des systèmes appropriés de production agricole d'adaptation aux changements climatiques pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle	Promotion des techniques culturales améliorées et adaptées aux changements climatiques	650
	Promotion des activités de contre-saison	460
	Sensibiliser les populations sur les impacts négatifs du changement climatique sur les ressources des bassins versants et les activités humaines	100
O4 : Coordonner et gérer le projet	Coordination et Gestion	310
	Suivi et évaluation	120
BUDGET TOTAL		8745

Sources : OMM; PNUD ; GCCA ; Cofinancement (Budget National, coopération bilatérale et multilatérale, populations bénéficiaires).

► **Impacts** : Les informations fournies aux organisations professionnelles agricoles par le système d’alerte rapide permettent aux exploitants d’anticiper les dispositions pratiques à prendre pour assurer la protection des cultures, des récoltes et des troupeaux avant la manifestation des effets néfastes des perturbations annoncées. Il s’en suit :

- une production agricole accrue ;
- des pertes de récoltes et d’animaux évitées ;
- la sécurité économique des exploitants mieux assurée ;
- la sécurité alimentaire de la communauté mieux assurée.

3. MISE EN OEUVRE ET EXECUTION

► Ancrage institutionnel du projet

- Agence de mise en œuvre : Direction Générale de l’Environnement
- Agence d’exécution : Direction Nationale de la Météorologie conjointement avec la Direction de l’Agriculture, Direction Générale de l’hydraulique.
- Comité de pilotage: Ministères impliqués (Ministères en charge des Transports, de l’Agriculture, de l’Environnement, de l’Intérieur, de la Communication), membres Comité National sur les Changements Climatiques, Collectivités locales concernées.

► Risques et obstacles

- Coût élevé des équipements et de leur maintenance ;
- Modification de l’environnement des stations d’observation ;
- Insuffisance de ressources humaines qualifiées ;
- Lourdeur administrative ;
- Retard dans le décaissement des fonds.

► Suivi et évaluation

Indicateurs		Mecanismes
d’exécution	d’Impacts	
Nombre et type d’équipements acquis	Nombre de personnes écoutant les infos	Evaluation initiale
Stations pluviométriques érigées en stations climatologiques ou agrométéorologiques	Nombre de parution et numéros d’articles	Tournées d’installation des équipements
Nombre de stations climatologiques renforcées	Efficacité du système d’alerte d’au moins	Tournées d’inspection et d’évaluation

	à 60%	
Nombre de stations dont l'emplacement ne répond plus aux normes environnementales réaménagées ou déplacées		Rapport sur l'état de fonctionnement et le degré de performance des équipements
Nombre de nouvelles stations synoptiques Créées		Rapport sur l'Efficacité du système d'alerte
Mécanismes du système de prévision de risques climatiques et d'alerte rapide mis en place		Evaluation à mi – parcours
Disponibilité de base de données		Evaluation finale du projet.
Avis et alerte émis		
Fréquence des réunions des organes de suivi		

Durée : 7ans

Annexe 9 . Fiches d'enquêtes

Propos liminaire - Les présents questionnaires ont pour but d'appréhender les indicateurs, les perceptions et les stratégies d'adaptation des riziculteurs à l'évolution du climat, les habitudes et les mutations intervenues dans les systèmes culturels dans un contexte climatique. La présente recherche s'inscrit dans le cadre des travaux de Mémoire de MAITRISE en Changement Climatique et Développement Durable (CCDD) au Centre Régional AGRHYMET dont le thème est : « Evaluation des impacts du changement climatique sur la culture du riz pluvial en Haute Guinée et proposition des stratégies d'adaptation »

FICHE D'ENQUETE POUR LES PAYSANS

PERCEPTION PAYSANNE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE, IMPACTS, ET STRATEGIES D'ADAPTATION DE LA RIZICULTURE PLUVIALE

Code	Questions	Réponses
I-IDENTIFICATION DE L'ENQUETE		
	N° d'identification..... Date de l'enquête...../...../..... Ville..... CRD..... Village.....	
Q1	NOM et PRENOMS
Q2	Age
Q3	Sexe	1-Homme..... 2-Femme.....
Q4	Profession	1-agriculteur... 2-agro-éleveur.....
II- PERCEPTION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE		

<i>A –saison des pluies</i>		
<i>Q5</i>	<i>En quel mois la saison des pluies démarraient il y a 30 ans ?</i>	<i>1-Févr..... 2-Mars..... 3-Avril... 4-Mai....5-Juin...</i>
<i>Q6</i>	<i>En quel mois démarre-t-elle actuellement ?</i>	<i>1-Févr..... 2-Mars..... 3-Avril... 4-Mai....5-Juin...</i>
<i>Q7</i>	<i>En quel mois la saison des pluies prenait-elle fin il y a 30 ans</i>	<i>1-Sept..... 2-Oct..... 3-Nov.....4-Déc.....</i>
<i>Q8</i>	<i>En quel mois prend-elle fin actuellement ?</i>	<i>1-Sept..... 2-Oct..... 3-Nov.....4-Déc.....</i>
<i>Q9</i>	<i>Les saisons de pluies sont-elle de + en + pluvieuses</i>	<i>1-Oui..... 2-Non....</i>
<i>Q10</i>	<i>Les pluies sont-elles de +en + variable d'une année a l'autre</i>	<i>1-Oui..... 2-Non....</i>
<i>Q11</i>	<i>Les saisons sont-elles de +en + longues ?</i>	<i>1-Oui..... 2-Non....</i>
<i>Q12</i>	<i>Les nombres de jours de pluies forte augment ils ?</i>	<i>1-Oui..... 2-Non....</i>
<i>Q13</i>	<i>Les quantités de pluies augmentent-elles ?</i>	<i>1-Oui..... 2-Non....</i>
<i>Q14</i>	<i>Les intensités des pluies augmentent-elles ?</i>	<i>1-Oui..... 2-Non....</i>
<i>Q15</i>	<i>Les séquences sèche sont-elles de + en + longues</i>	<i>1-Oui..... 2-Non....</i>
<i>Q16</i>	<i>Les séquences sèche sont-elles de + en + fréquentes</i>	<i>1-Oui..... 2-Non....</i>
<i>Q17</i>	<i>Les vents sont-ils de +en + forts pendant la saison des pluies ?</i>	<i>1-Oui..... 2-Non....</i>
<i>Q18</i>	<i>Les vents violent sont-ils de +en + fréquents pendant la saison des pluies ?</i>	<i>1-Oui..... 2-Non....</i>
<i>B saison sèche</i>		
<i>Q19</i>	<i>La saison sèche est-elle de + en+ longue ?</i>	<i>1-Oui..... 2-Non</i>
<i>Q20</i>	<i>Fait-il de + en +chaud dans la journée pendant la saison des pluies ?</i>	<i>1-Oui..... 2-Non</i>
<i>Q21</i>	<i>Fait-il de + en+ froid la nuit au début de la saison sèche ?</i>	<i>1-Oui..... 2-Non</i>
<i>C-Indicateurs des saisons</i>		
<i>Q22</i>	<i>Aviez-vous dans le passé des indicateurs de l'arrivée proche de la saison des pluies</i>	<i>1-Oui..... 2-Non.....</i>
<i>Q23</i>	<i>Si oui les quels</i>	<i>1-Astres.....2-oiseaux..... 3-Arbres... 4-autres.....</i>
<i>Q24</i>	<i>Ces indicateurs sont-ils valables actuellement ?</i>	<i>1-Oui..... 2-Non.....</i>
<i>Q25</i>	<i>Aviez-vous dans le passé des indicateurs de la fin</i>	<i>1-Oui..... 2-</i>

	<i>proche de la saison des pluies</i>	<i>Non.....</i>
<i>Q26</i>	<i>Si oui les quels</i>	<i>1-Astres.....2- oiseaux..... 3-Arbres... 4- autres.....</i>
<i>Q27</i>	<i>Ces indicateurs sont-ils valables actuellement ?</i>	<i>1-Oui..... 2- Non.....</i>
<i>Q28</i>	<i>Aviez-vous dans le passé des indicateurs d'une bonne saison des pluies (les quelles ?)</i>	<i>1-Oui..... 2- Non.....</i>
<i>Q29</i>	<i>Ces indicateurs sont-ils valables actuellement ?</i>	<i>1-Oui..... 2- Non.....</i>
III- IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR L'AGRICULTURE		
<i>A-impacts sur les ressources en eaux et les sols</i>		
<i>Q30</i>	<i>Y a-t-il de + en + d'inondation actuellement par rapport au passé ?</i>	<i>1-Oui..... 2- Non.....</i>
<i>Q31</i>	<i>Y a-t-il de + en + d'Erosion hydrique des sols</i>	<i>1-Oui..... 2- Non.....</i>
<i>Q32</i>	<i>Comment voyez-vous l'écoulement des cours d'eau par rapport au passé</i>	<i>1-plus fort.....2- Faible 3-sans changement.....</i>
<i>Q 33</i>	<i>Comment voyez-vous l'état de dégradation des sols par rapport au passé</i>	<i>1-plus prononcé..... 2-Mois prononcé..... 3-sans changement.....</i>
<i>Q34</i>	<i>Comment voyez-vous le rythme de l'ensablement des cours d'eau</i>	<i>1-plus prononcé..... 2-Mois prononcé..... 3-sans changement.....</i>
<i>Q35</i>	<i>Les puits tarissent-ils plutôt ou plus tard</i>	<i>1-plutôt.....2- plus tard..... 3-sans changement..... .</i>
<i>Q36</i>	<i>La fertilité des sols dans le passé et actuellement</i>	<i>1-plus fertile.....2- moins fertile...</i>
<i>B impacts sur la végétation</i>		
<i>Q37</i>	<i>Etat de la couverture végétale dans le passé et actuellement</i>	<i>1-détérioration 2-sans changement.... 3-amélioration</i>
<i>Q38</i>	<i>Existe-t-il des espèces en disparition ou en apparition</i>	<i>1-espèces en disparition.... 2-espèces en apparition...</i>
<i>C-impacts sur les éléments du système de culture</i>		

Q39	<i>Quels sont les principales cultures que vous pratiquiez dans le passé ?</i>	1-le riz.....2-le manioc..... 3-le mil.....4-igname..... 5-maïs.....6-autres.....
Q40	<i>Quelles sont les principales cultures que vous pratiquée actuellement ?</i>	1- riz/...2-manioc/.....3- mi/l... 4-igname.....5-maïs...6-Autres.
Q41	<i>Cultivez-vous les variétés de riz à cycle long actuellement ?</i>	1-oui.....2-Non..... 3-Oui parfois.....
Q42	<i>Si non pourquoi ?</i>	1-Condition climatique..... 2-la qualité des sols..... 3-faible rendement... 4-autres...
Q43	<i>Votre période de semis a-t-elle changée par rapport au passé ?</i>	1-semis tardif.... 2-semis précoce..... 3- sans changement.....
Q44	<i>Conservez-vous la même densité de semis que dans le passé ?</i>	1-réduction..... 2- augmentation..... 3-sans changement.....
Q45	<i>Que dites vous du tallage par rapport au passé ?</i>	1-plus.....2-moins..... 3-sans changement.....
Q46	<i>Comment voyez-vous le remplissage des grains de vos cultures par rapport au passé ?</i>	1-plus.....2-moins..... 3-sans changement.....
Q47	<i>Vos champs sont-ils attaqués par les parasites par rapport au passé ?</i>	1-augmentation..... 2-diminution..... 3-sans changement
Q48	<i>Vos champs sont-ils attaqués par les prédateurs par rapport au passé ?</i>	1- augmentation..... 2-diminution..... 3-sans changement
Q49	<i>Comment trouvez-vous vos rendements par rapport au passé ?</i>	1- augmentation..... 2-diminution..... 3-sans changement ...
Q50	<i>Superficie cultivé en rapport avec le nombre de</i>	1-

	<i>personnes participant aux travaux dans le passé et actuellement ?</i>	<i>augmentation..... 2-diminution..... 3-sans changement</i>
<i>Q51</i>	<i>Durée de la jachère dans la passé et actuellement ?</i>	<i>1- augmentation..... 2-diminution..... 3-sans changement</i>
<i>Q52</i>	<i>Superficie de des champs mises en jachère dans le passé et actuellement ?</i>	<i>1- augmentation..... 2-diminution..... 3-sans changement</i>
<i>D-Impacts socio-économiques</i>		
<i>Q53</i>	<i>Parvenez-vous à couvrir les besoins alimentaire avec les revenus de votre activité</i>	<i>1-Oui.....2-Non.....</i>
<i>Q54</i>	<i>Si non, quelles sont les conséquences ?</i>	<i>1-crise alimentaire 2-Exode rurale 3-Autres</i>
<i>Q55</i>	<i>Aviez-vous d'autres sources de revenus</i>	<i>1-Oui.....2-Non</i>
<i>Q56</i>	<i>Si oui lesquels</i>	<i>1-commerce.....2- plantation..... 3-parents.....4- élevage</i>
<i>Q57</i>	<i>Quelles sont vos modes d'acquisition des terres ?</i>	<i>1-héritage.....2-Don.....3- Achat.... 4- Prêt..... 5-Autres.....</i>
<i>Q58</i>	<i>Disposez-vous assez de terres pour la culture du riz ?</i>	<i>1-Oui..... 2-Non.....</i>
<i>Q59</i>	<i>Si non quelles sont les conséquences ?</i>	<i>1-Abandons de la riziculture..... 2-conflit fonciers.....3-autres.....</i>
<i>Q60</i>	<i>Quelles sont les infrastructures sociales de base dont dispose votre village</i>	<i>1-centre de santé.....2- école..... 3-marchés.....4- Forage..... 5-route..... .6- électricité..... 7-banque8- autres.....</i>
<i>Q61</i>	<i>Recevez-vous des aides de la part du gouvernement ou des ONG pour faire face aux effets néfastes du changement climatique ?</i>	<i>1-oui du gouvern.....2- oui ONG.... 3- Non de tout.....</i>
<i>Q62</i>	<i>Si oui quelles sont les nature des aides . du gouvernement ?</i>	<i>1-argent.....2- engrais..... 3-distribution des vivres..... 4- autres.....</i>

	
Q63	Si oui quelles sont les natures des aides . des ONG ?	1-argent.....2- engrais..... 3-distribution des vivres..... 4- autres.....
Q64	Les jeunes déscolarisés restent-ils au village ou vont en exode rurale	1-restent au village..... 2-vont en exode rurale.....
Q65	Ceux qui restent s'intéressent-ils à agriculture ?	1-Oui..... 2-Non.....
Q66	Tirez-vous des bénéfices de votre activité agricole ?	1-Oui..... 2-Non.....
Q67	Le prix de vente de vos produits vous conviennent-ils	1-Oui..... 2-Non.....
IV- stratégies d'adaptations aux changements climatiques		
Q68	Utilisez –vous les variétés améliorées	1-Oui..... 2-Non.....
Q69	Utilisez –vous les variétés Précoce ?	1-Oui..... 2-Non.....
Q70	Utilisez –vous les engrais ?	1-Oui..... 2-Non.....
Q71	Utilisez –vous les semis à sec ?	1-Oui..... 2-Non.....
Q72	Utilisez –vous le traitement phytosanitaire ?	1-Oui..... 2-Non.....
Q73	Faite vous des cultures contre saison ?	1-Oui..... 2-Non.....
Q74	Développez- des cultures maraichères	1-Oui..... 2-Non.....
Q75	Diversification des activités ?	1-Oui..... 2-Non.....
Q76	L'abandon progressif de la riziculture pluviale vers autre cultures	1-Oui..... 2-Non.....
V-PROJECTION		
Q77	Que pensez-vous faire si les conditions climatiques s'améliorent (augmentation de pluviométrie, bonne distribution des pluies et augmentation de saison agricole) dans les vingt prochaines années ?
Q78	Que pensez-vous faire si les conditions climatiques se détériorent (Diminution de la longueur de la saison agricole, Diminution de la pluviométrie, male distribution des pluies) dans les vingt prochaines années ?
Q79	Quels appuis attendez-vous de l'Etat pour mieux exercer votre activité

FICHE D'ENQUETE

Groupes cibles : Institutions intervenant dans le secteur agricole, vulgarisateur agricole

I- PERCEPTION ET CONNAISSANCE DES PERSONNES RESSOURCES SUR LE CLIMAT LOCALE

		<i>1-Oui</i>	<i>2-non</i>
<i>Q1</i>	<i>Avez-vous une idée du phénomène de changements climatiques ?</i>		
<i>Q2</i>	<i>Avez-vous participé à des séminaires/colloques dans le cadre de l'information sur les changements climatiques ?</i>		
<i>Q3</i>	<i>Avez-vous participé à des séminaires/colloques dans le cadre de l'information sur risques en agriculture ?</i>		
		<i>1-Oui</i>	<i>2-Non</i>
<i>Q4</i>	<i>Evoluons-nous vers des années de plus en plus sèches ?</i>		
<i>Q5</i>	<i>Evoluons-vers des années de plus en plus pluvieuses ?</i>		
<i>Q6</i>	<i>QUELS EN SONT LES INDICATEURS ?</i>		
	<i>INDICATEURS DE Q4</i>	<i>INDICATEURS DE Q5</i>	
<i>1</i>			
<i>2</i>			
<i>Q7</i>	<i>Avez-vous remarqué un changement climatique au cours des dernières années ?</i>	<i>1-Oui</i>	<i>2-Non</i>
<i>Q8</i>	<i>si oui, comment ?</i>		
<i>Q9</i>	<i>Etes-vous informé des changements climatiques prévus</i>	<i>1-Oui</i>	<i>2Non</i>
<i>Q10</i>	<i>Si oui par qui ?</i>		
<i>1</i>			
<i>2</i>			

II- Mesures d'adaptation

<i>Q11</i>	<i>Développez-vous des mesures d'adaptation de l'agriculture au changement climatique ?</i>	<i>1- Oui</i>	<i>2- Non</i>
<i>Q12</i>	<i>si oui quelles sont ces mesures</i>		
<i>1</i>			
<i>2</i>			

Q13-Prenez- vous des décisions, qui soient en rapport avec le climat, pour la préparation et le suivi de la campagne agricole ?

<i>1-Oui chaque année</i>	<i>2-Oui parfois</i>	<i>3-Non jamais</i>
---------------------------	----------------------	---------------------

<i>Q14</i>	<i>Si oui quelles sont ces décisions</i>
<i>1</i>	
<i>2</i>	
<i>Q15</i>	<i>Quels sont leurs impacts potentiels sur le rendement du riz-?</i>
<i>1</i>	
<i>2</i>	

<i>Q16</i>	<i>Quelles sont les recherches déjà faites ou qui sont en cours pour lutter contre les impacts négatifs (vulnérabilité des rendements rizicoles) des changements climatiques ?</i>
<i>1</i>	
<i>2</i>	
<i>Q17</i>	<i>Quelles sont les stratégies envisagées et que vous conseillez déjà aux populations pour parer aux effets négatifs potentiels des changements climatiques sur la riziculture pluviale ?</i>
<i>1</i>	
<i>2</i>	

Q18 – Quelles sont les Techniques de lutte contre les ravageurs que vous utilisez

<i>Technologies</i>	<i>Utilisation d'insecticide approprié¹</i>	<i>Utilisation d'insecticide non approprié²</i>	<i>Autres³</i>	<i>Rien⁴</i>

Q19 – Selon vous quelles mesures pourraient être efficaces pour l'adaptation de la riziculture pluviale ?

<i>Mesures</i>	<i>Contraintes liées à la mesure</i>

Q20- Commentaire libre sur les conséquences de l'évolution du climat sur la sécurité alimentaire

.....
.....

Projection

<i>Q21</i>	<i>Que pensez-vous faire si les conditions climatiques s'améliorent (augmentation de pluviométrie, bonne distribution des pluies et augmentation de saison agricole) dans les vingt prochaines années ?</i>
<i>Q22</i>	<i>Que pensez-vous faire si les conditions climatiques se détériorent (Diminution de la longueur de la saison agricole, Diminution de la pluviométrie, mauvaise distribution des pluies) dans les vingt prochaines années ?</i>

Nom Prénoms ...

Fonction

Institution.

Adresse.

Date