

Communauté Française de Belgique



Gembloux Agro-Bio Tech  
Université de Liège



Institut International d'Ingénierie de  
l'Eau et de l'Environnement (2iE)

## THESE EN COTUTELLE

Réf : 2iE/2016-04

---

**Stratégies innovantes d'adaptation à la variabilité et au changement climatiques  
au Sahel : Cas de l'irrigation de complément et de l'information climatique dans  
les exploitations agricoles du Burkina Faso**

---

**Bétéo ZONGO**

Dissertation originale présentée en vue de l'obtention du grade de :

**Docteur en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique de l'Université de Liège,  
Gembloux Agro-Bio Tech (ULg - GxABT)**

Et

**Docteur en Science et Technologie de l'Eau, de l'Energie et de l'Environnement de  
l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)  
Spécialité: Eau**

présentée et soutenue publiquement le 02 Mars 2016

Promoteurs : Professeur Thomas DOGOT (ULg – Gx ABT) et Professeur Hamma YACOUBA (2iE)

Année civile : 2016



**Copyright**

Aux termes de la loi belge du 30 juin 1994, sur le droit d'auteur et les droits voisins, seul l'auteur a le droit de reproduire partiellement ou complètement cet ouvrage de quelque façon et forme que ce soit ou d'en autoriser la reproduction partielle ou complète de quelque manière et sous quelque forme que ce soit. Toute photocopie ou reproduction sous autre forme est donc faite en violation de ladite loi et des modifications ultérieures.



## **DEDICACE**

*A toute la Famille ZONGO ;  
A ma mère, mon père, mes frères et sœurs ;  
A toutes les personnes qui me sont chères.*



## REMERCIEMENTS

C'est avec beaucoup d'enthousiasme que j'achève ce travail, fruit de la contribution de plusieurs personnes. J'adresse ainsi mes remerciements à toutes ces personnes morales et physiques sans lesquelles ce travail n'aurait probablement pas été initié et abouti en 3 années.

Ce travail a été mené dans le cadre du projet intitulé "*irrigation de complément et information climatique: de la recherche au renforcement des capacités d'adaptation institutionnelles et communautaires au sahel*" financé par le Centre Recherche pour le Développement International (CRDI) et coordonné par l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE). A cet effet, j'exprime ma profonde gratitude à 2iE de m'avoir recruté pour mener les travaux de recherche spécifiques à la thèse portant sur les innovations agricoles.

Ce travail a été réalisé dans la cadre d'une cotutelle entre l'Université de Liège (ULg) et 2iE. J'adresse ainsi mes vifs et sincères remerciements au Professeur Thomas DOGOT, mon promoteur à l'ULg, de m'avoir accepté à l'Unité d'Economie et Développement rural de Gembloux Agro-Bio Tech et encadré tout au long des travaux. Je lui suis très reconnaissant pour la confiance qu'il a mise en moi dès le début de cette recherche. Que puis-je dire qui soit à la hauteur de ce que vous avez été et continuez d'être pour moi ? Profondes gratitude, Professeur ! Je remercie le Professeur Philippe LEBAILLY, Responsable de l'Unité d'Economie et Développement rural d'avoir autorisé mon inscription dans son département et suivre mes travaux de recherche.

Je suis très reconnaissant envers le Professeur Hamma YACOUBA, mon Directeur de thèse à 2iE, pour ses conseils scientifiques et son encadrement tout au long de la thèse, sa grande disponibilité, ses encouragements et de la confiance qu'il m'a accordée.

Mes remerciements s'adressent au Professeur Harouna KARAMBIRI, Directeur de l'Ecole Doctorale à 2iE. Il a ardemment œuvré à l'établissement de la convention de cotutelle et beaucoup facilité mes mobilités à l'ULg. Ses conseils et encouragements ont été d'une grande utilité.

Je remercie solennellement Docteur Abdoulaye DIARRA, mon encadreur à 2iE. Il a beaucoup facilité la réalisation de ce travail. Ses conseils ont servi de boussole pour orienter la conduite des travaux. Il s'est également impliqué pour l'établissement de la cotutelle.

Je tiens à remercier infiniment Docteur Bruno BARBIER, chercheur agroéconomiste au CIRAD. Il a suivi ce travail du début jusqu'à la fin. Grâce à sa disponibilité, ses critiques, ses orientations scientifiques et ses encouragements, j'ai pu trouver la force nécessaire pour poursuivre avec beaucoup de détermination cette recherche passionnante. Il s'est personnellement investi pour la recherche et l'obtention de la cotutelle avec l'ULg.

Je voudrais remercier le Professeur Salvatore Di FALCO (Université de Genève, Suisse) et le Docteur Atewamba CALVIN (United Nations University Institute for Natural Resources in Africa, Ghana) pour leur soutien inestimable. Leurs critiques et précieuses suggestions ont permis d'améliorer considérablement la qualité scientifique de ce travail.

Membres du comité de thèse à l'ULg, les Professeurs Philippe BURNY et Yves BROSTAUX ont énormément contribué à l'amélioration de la qualité scientifique de ce travail à travers leurs critiques et suggestions. Je leur adresse mes sincères remerciements.

Je remercie vivement les rapporteurs, le Docteur Françoise GERARD (CIRAD) et le Docteur Sylvain KPENAVOUN CHOGO (Université d'Abomey-Calavi), qui ont accepté d'instruire sans hésitation ce travail. Je vous en suis très reconnaissant.

Avec un programme de recherche doctorale mixte, j'ai partagé mes séjours entre le Burkina Faso et la Belgique. Je tiens à remercier toutes les équipes du Laboratoire d'Hydrologie et Ressources en Eau (LEAH) de 2iE et de l'Unité d'Economie et Développement rural de Gembloux Agro-Bio Tech pour la franche collaboration. A Mesdames Geneviève YAMEAOGO, Nadine STOFFELEN et Anne POMPIER, je dis merci du fond du cœur, pour s'être occupées de l'organisation de mes séjours en Belgique et des différents aspects administratifs relatifs à ma formation. Je suis très reconnaissant envers Madame Christine FADEUR pour n'avoir jamais ménagé aucun effort pour faciliter mon accès à la documentation.

Au Burkina Faso où s'est déroulée la phase empirique des travaux de recherche, j'ai bénéficié de l'appui de diverses personnes à qui j'adresse mes sincères remerciements. Je pense particulièrement aux agriculteurs, aux agents du Ministère en charge de l'Agriculture, aux enquêteurs et opérateurs de saisies des données, mais aussi à l'Association Zood Nooma pour le Développement (AZND) et à la Fédération Nationale des Groupements Naam.

J'ai beaucoup apprécié la collaboration de Malicki ZOROM, Enseignant-Chercheur en mathématiques appliquées à 2iE et Brice OUEDRAOGO, statisticien au Ministère en charge de l'Agriculture. Ils ont énormément contribué à l'élaboration des fiches d'enquêtes, à l'organisation de la collecte des données sur le terrain et à la formation des opérateurs de saisie. Je leur exprime mon admiration pour leur ouverture d'esprit.

Je témoigne toute ma reconnaissance au Docteur Souleymane OUEDRAOGO, au Docteur Mathieu OUEDRAOGO et à Monsieur Gaspard VOGNAN, tous chercheurs à l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) au Burkina Faso. A l'Institut du Développement Rural de l'Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, je renouvelle ma profonde gratitude au Professeur Chantal Yvette KABORE-ZOUNGRANA.

Je n'oublie pas mes collègues et amis doctorants pour la fraternité que nous avons ensemble vécue à 2iE et à l'Unité d'Economie et Développement rural de l'ULg. Je me rappelle encore de nos expressions telles que « *tomorrow is another day* » et « *à tout moment* ». J'ai une pensée particulière pour Diafarou, Vivien, Rasmata, Abdouramane, Adolphe, Hassane, Sévère, Dimitri, Amaré, Aïda, Bernadette, Tazen, Noélie, Tadjouwa, Hamida, Gislain, Drissa, Edwige, Kadidiatou, Rodrigue, Savi, Frédéric, Edouard, Ludovic, Peggy, Créance, Gaspard, Bosco, François, Ludovic, Germaine et David.

Le soutien permanent de mes proches dans cette étape de ma vie a été plus que déterminant. Que les familles ZONGO et NEBIE trouvent à travers ces lignes toute ma gratitude.

A tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, à quelque niveau que ce soit, ont contribué à la réalisation de ce travail, je dis merci du plus profond du cœur. Que Dieu vous bénisse !

ZONGO Bétéo (2016). Stratégies innovantes d'adaptation à la variabilité et au changement climatiques au Sahel : Cas de l'irrigation de complément et de l'information climatique dans les exploitations agricoles du Burkina Faso. (Thèse de doctorat en français). Belgique, Université de Liège-Gembloux Agro-Bio Tech. 257 pages, 78 tableaux, 55 figures, 4 cartes.

## RESUME

Dans les pays sahéliens, les agriculteurs, la communauté scientifique, les Etats et leurs partenaires sont à la recherche de nouvelles pratiques agricoles pour faire face aux conséquences des poches de sécheresse aggravées par les changements climatiques. Afin de contribuer à relever ce défi, cette étude s'est intéressée à la problématique de l'adoption des innovations agricoles dans les zones sahélienne et soudano-sahélienne du Burkina Faso. Parmi les innovations prometteuses, l'étude a exploré les possibilités de diffusion de la pratique de l'irrigation de complément à partir de bassins individuels (ICBI) et d'utilisation de l'information climatique (IC) dans les exploitations agricoles.

La démarche adoptée au cours de cette étude a consisté à collecter des données auprès d'un échantillon de ménages agricoles à travers les enquêtes et à conduire des expérimentations sur la pratique de l'ICBI et sur l'utilisation de l'IC en agriculture pluviale. Outre les statistiques descriptives usuelles et les analyses de variances, le modèle Logit multinomial a été utilisé pour analyser les déterminants de la diffusion des innovations agricoles. Les facteurs d'acceptabilité de l'ICBI dans les exploitations agricoles ont été déterminés à partir du modèle Logit binaire. La rentabilité économique de la pratique de l'ICBI a été évaluée. Le modèle de sélection d'Heckman associé à l'approche d'évaluation contingente a été employé pour analyser le consentement des ménages à utiliser l'IC. Des simulations ont été réalisées à partir d'un modèle bioéconomique afin de proposer des mesures techniques et politiques pour contribuer à faciliter l'adoption de ces innovations agricoles.

L'étude montre qu'au terme des quatre décennies de diffusion, le taux d'adoption est de 69,3% pour les cordons pierreux, 49,1% pour le zaï, 39,1% pour les semences améliorées et 26,2% pour les bandes enherbées. Le taux d'adoption des autres innovations (demi-lunes, diguettes, paillage) est inférieur à 10%. Selon l'analyse des facteurs explicatifs, les faibles niveaux d'organisation et d'accès des agriculteurs aux services des agents de vulgarisation constituent les contraintes significatives à l'adoption de ces innovations agricoles. La majorité des ménages (78,4%) estime que la pratique de l'ICBI constitue une alternative intéressante pour atténuer les effets des poches de sécheresse sur la production agricole. L'évaluation agronomique montre que la pratique de l'ICBI permet d'accroître le rendement du maïs de 1,08 T/ha (88,3%) comparativement à la situation sans irrigation. Le surplus de production de maïs obtenu avec cette pratique peut combler les besoins céréaliers mensuels de 17 personnes et dégager une marge brute de 178 483 F CFA par campagne agricole. L'estimation de la valeur actuelle nette, du taux interne de rentabilité, du délai de retour sur investissement et de la marge nette montre que la rentabilité de la pratique de l'ICBI dépend du type de bassin construit. Par ailleurs, la majorité (93%) des ménages estime avoir besoin de l'IC pour orienter leur prise de décisions. Environ 64% des ménages consentiraient à payer pour en bénéficier. Les expérimentations montrent que le surplus de production du maïs et sorgho obtenu à partir de l'utilisation de l'IC satisfait les besoins céréaliers mensuels de 7 personnes en moyenne par rapport aux prévisions saisonnières traditionnelles. Les simulations indiquent que la pratique de l'ICBI en année moyenne permet d'accroître le revenu espéré de 26,5% (133 030 F CFA) comparativement à la situation sans irrigation. Les politiques agricoles de vulgarisation examinées concernent six modalités de subvention et l'instauration d'un système d'octroi de crédit aux ménages pour le financement de l'ICBI. La mise en œuvre de ces politiques contribuera à faciliter l'adoption de l'ICBI à grande échelle. Les acteurs de la recherche-développement devraient expérimenter la combinaison de l'ICBI et de l'IC.

**Mots clés :** *Adoption des innovations ; Irrigation de complément ; Information climatique ; Poches de sécheresse ; Agriculture pluviale ; Besoin céréalier ; Modèles bioéconomique et économétrique ; Burkina Faso*



ZONGO Bétéo (2016). Innovative adaptation strategies to climate variability and change in the Sahel: Case of supplemental irrigation and climate information in agricultural farms of Burkina Faso. (PhD in English). Belgium, University of Liege, Gembloux Agro-Bio Tech, 257 pages, 78 tables, 55 figures, 4 maps.

## **ABSTRACT**

The Sahelian farmers, the scientific community, government and development partners are actively looking for new farming practices to mitigate the consequences of dry spells probably exacerbated by climate changes. To contribute for this challenge, this research examines the issue of agricultural innovations' adoption in the Sahelian and Sudano-Sahelian zones of Burkina Faso. Among promoting agricultural innovation, the study explored the possibilities to popularize the practice of supplemental irrigation from individual basins (ICBI) and the use of climate information (CI) in the farms.

The approach developed is threefold. Data were collected from farm households through surveys and conducting experimentation of ICBI and use of CI in rainfed agriculture. In addition to the usual descriptive statistics, analysis of variance, the multinomial logit model was used to analyze the determinants of the agricultural innovations dissemination. Determining factors of farmers' willingness to adopt ICBI were identified using a logistic model. The criteria for partial budgeting were used as tools for assessing the economic viability of ICBI. The Heckman model associated with the contingent valuation approach was used to analyze farmers' willingness to use CI. Simulations were made from a bio-economic model to test some policy instruments for the adoption of these new practices.

After four decades of diffusion (1974-2013), the adoption rate is estimated at 69.3% for stone bunds, 49.1% for zai, 26.2% for grass strips and less than 10% for half-moons, bunds land and mulching. The low level of farmers' organization and access to agricultural services were the major constraints to their adoption. Over 65% of the farmers believe that ICBI is an effective way to mitigate the adverse effects of dry spells on crop yields. After three years, the experiments showed that this innovation in family farms increases maize yield by 1.08T/ha (88.3%). Maize production surplus achieved with ICBI can fill the monthly cereal requirements of 17 people on average and increases the gross margin by F 178,483 CFA compared to the situation without irrigation. The review of the net present value, internal rate of return and the net benefits increase ratio showed that the profitability to practice supplemental irrigation depends on the types of basins. From the sampled farmers, 93% of them required CI to guide their decision in planning agricultural activities. About 64% of the farmers are willing to pay for CI. The experiments reveal that the surplus of maize and sorghum yield obtained with the use of CI meets the monthly cereal requirement of 7 persons on average compared to traditional seasonal forecasts. The simulations indicate that the ICBI in middle year increases the expected income of 26.5% (F 133 030 CFA) compared to the situation without irrigation. The tested policies include six types of grant and the establishment of a system for granting credit to farm households to finance the supplementary irrigation device. The implementation of these policies should facilitate the adoption of ICBI at a larger scale. The researchers and development actors should pursue the experimentation on the combination of ICBI and CI.

**Keys Word:** *Innovation adoption; Supplemental irrigation; Climate information; Rainfed agriculture; Dry spells; Cereal needs; Bio-economic and econometric models; Burkina Faso.*



# TABLE DES MATIERES

<b>DEDICACE</b> .....	<b>i</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>iii</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>xiii</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>xv</b>
<b>LISTE DES CARTES</b> .....	<b>xvii</b>
<b>LISTE DES PHOTOS</b> .....	<b>xix</b>
<b>SIGLES ET ABBREVIATIONS</b> .....	<b>xxi</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 1. L'AGRICULTURE OUEST-AFRICAINE FACE AUX DEFIX DE LA VARIABILITE ET DU CHANGEMENT CLIMATIQUES</b> .....	<b>11</b>
1.1. INTRODUCTION.....	11
1.2. CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DE L'AFRIQUE DE L'OUEST .....	12
1.2.1. Système climatique .....	12
1.2.2. Impacts de la variabilité et du changement climatiques en agriculture .....	16
1.3. SITUATION AGROCLIMATIQUE DU BURKINA FASO.....	19
1.3.1. Caractéristiques climatiques.....	19
1.3.2. Enjeux de la variabilité et du changement climatiques dans le secteur agricole .....	22
1.3.3. Quelques options d'adaptation de l'agriculture pluviale à la variabilité et au changement climatiques et leurs limites .....	25
1.4. CONCLUSION PARTIELLE .....	34
<b>CHAPITRE 2. CADRE THEORIQUE D'ANALYSE DES INNOVATIONS AGRICOLES FACE A LA VARIABILITE ET AU CHANGEMENT CLIMATIQUES</b> .....	<b>35</b>
2.1. INTRODUCTION.....	35
2.2. LIEN ENTRE L'INNOVATION AGRICOLE ET LA VULNERABILITE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES.....	35
2.2.1. Retour sur le concept d'innovation .....	35
2.2.2. Innovation agricole et vulnérabilité aux changements climatiques .....	36
2.3. PROCESSUS D'INNOVATION EN AGRICULTURE DANS LES EXPLOITATIONS AGRICOLES .....	38
2.3.1. Approche diffusionniste de l'innovation .....	38
2.3.2. Systèmes d'innovation agricole.....	39
2.4. APPROCHES PSYCHOSOCIALES D'ANALYSE DES FACTEURS D'ADOPTION ET DE DIFFUSION DES INNOVATIONS AGRICOLES .....	40
2.4.1. Théorie de l'action raisonnée .....	40
2.4.2. Modèle d'acceptation de la technologie .....	40
2.6 APPROCHES SOCIOLOGIQUES D'ANALYSE DES FACTEURS D'ADOPTION ET DE DIFFUSION DES INNOVATIONS AGRICOLES .....	41
2.6.1 Théorie de la diffusion .....	41
2.6.2. Approche de l'appropriation .....	43
2.7. APPROCHES ECONOMETRIQUES D'ANALYSE DES FACTEURS D'ADOPTION ET DE DIFFUSION DES INNOVATIONS AGRICOLES.....	44
2.7.1. Théorie de l'utilité : fondement économique de l'adoption .....	44
2.7.2. Modélisation économétrique .....	45
2.7.3. Approche d'évaluation contingente.....	47
2.8. EVALUATION DE LA RENTABILITE ECONOMIQUE DES INNOVATIONS AGRICOLES .....	48
2.8.1. Approche de budgétisation partielle.....	48
2.8.2. Modélisation bioéconomique : outil d'analyse.....	49
2.9. CONCLUSION PARTIELLE .....	51
<b>CHAPITRE 3. DEMARCHE METHODOLOGIQUE ET CARACTERISTIQUES DES MENAGES DE L'ECHANTILLON D'ETUDE</b> .....	<b>53</b>
3.1. INTRODUCTION.....	53
3.2. JUSTIFICATION DU CHOIX DES ZONES AGRO-CLIMATIQUES ET DES SITES DE L'ETUDE..	53
3.2.1. Sélection des zones agro-climatiques.....	53
3.2.2. Sélection des sites d'étude.....	55
3.3. DISPOSITIF EXPERIMENTAL DE L'IRRIGATION DE COMPLEMENT ET DE L'INFORMATION CLIMATIQUE.....	56

3.3.1. Expérimentation de l'irrigation de complément .....	56
3.3.2. Expérimentation de l'information climatique .....	62
3.3.3. Évaluation des rendements des parcelles d'expérimentation de maïs et sorgho .....	64
3.4. ENQUETES AUPRES DES MENAGES AGRICOLES .....	65
3.4.1. Détermination de taille de l'échantillon d'étude .....	65
3.4.2. Organisation des enquêtes sur le terrain .....	66
3.4.3. Phases des enquêtes auprès des ménages agricoles de la collecte des données .....	66
3.4.4. Traitement des données .....	68
3.5. CARACTERISTIQUES DES MENAGES DE L'ECHANTILLON DE L'ETUDE .....	68
3.5.1. Caractéristiques socio-démographiques des ménages .....	68
3.5.2. Caractéristiques socio-économiques des ménages .....	72
3.6. CONCLUSION PARTIELLE .....	76
<b>CHAPITRE 4. DYNAMIQUE DE LA DIFFUSION DES INNOVATIONS AGRICOLES AU BURKINA FASO .....</b>	<b>79</b>
4.1. INTRODUCTION .....	79
4.2. ELEMENTS D'EVALUATION DE LA DIFFUSION DES INNOVATIONS AGRICOLES .....	79
4.2.1. Paradigme de diffusion des innovations agricoles .....	79
4.2.2. Facteurs de diffusion des innovations agricoles .....	81
4.3. DIFFUSION DES TECHNOLOGIES MECANIQUES .....	84
4.3.1. Le zaï .....	84
4.3.2. Les cordons pierreux .....	88
4.3.3. Les demi-lunes .....	91
4.3.4. Les diguettes filtrantes .....	93
4.4. DIFFUSION DES TECHNOLOGIES BIOLOGIQUES .....	96
4.4.1. Le paillage .....	96
4.4.2. Les bandes enherbées .....	98
4.4.3. Les semences améliorées .....	101
4.5. DISCUSSION SUR LES FACTEURS DE DIFFUSION DES INNOVATIONS AGRICOLES .....	104
4.6. CONCLUSION PARTIELLE .....	107
<b>CHAPITRE 5. ANALYSE DU CONSENTEMENT DES MENAGES AGRICOLES A ADOPTER L'IRRIGATION DE COMPLEMENT DANS LES EXPLOITATIONS .....</b>	<b>109</b>
5.1. INTRODUCTION .....	109
5.2. APPRECIATION PAYSANNE DE L'IRRIGATION DE COMPLEMENT .....	109
5.2.1. Diffusion asymétrique de l'irrigation de complément .....	109
5.2.2. Motivation des ménages agricoles pour la pratique de l'irrigation de complément .....	110
5.2.3. Intérêts espérés pour l'irrigation de complément .....	111
5.3. FACTEURS DETERMINANTS DU CONSENTEMENT DES MENAGES AGRICOLES A ADOPTER L'IRRIGATION DE COMPLEMENT .....	112
5.3.1. Cadre d'analyse .....	112
5.3.2. Spécification du modèle .....	114
5.3.3. Déterminants du consentement des ménages agricoles à adopter l'irrigation de complément .....	117
5.4. PREFERENCES COMPAREES DES CONDITIONS DE CONSTRUCTION DES BASSINS .....	119
5.4.1. Formes de bassins souhaitées .....	119
5.4.2. Types de champs pour l'implantation des bassins .....	119
5.4.3. Moyens d'exhaure .....	120
5.4.4. Type de clôture pour les bassins .....	120
5.4.5. Moyens de réalisation des bassins .....	120
5.4.6. Contraintes et suggestions des ménages agricoles pour la diffusion de l'irrigation de complément .....	121
5.5. DISCUSSION SUR LA PRATIQUE DE L'IRRIGATION DE COMPLEMENT .....	122
5.6. CONCLUSION PARTIELLE .....	124
<b>CHAPITRE 6. EVALUATION AGRONOMIQUE ET SOCIO-ECONOMIQUE DE LA PRATIQUE DE L'IRRIGATION DE COMPLEMENT SUR LA MAÏSICULTURE PLUVIALE .....</b>	<b>125</b>
6.1. INTRODUCTION .....	125
6.2. EVALUATION AGRONOMIQUE DES PARCELLES D'EXPERIMENTATION .....	125
6.2.1. Rendement grain .....	125
6.2.2. Rendement fourrager .....	126
6.3. EVALUATION SOCIO-ECONOMIQUE DU DISPOSITIF D'IRRIGATION DE COMPLEMENT .....	127
6.3.1. Analyse de la marge brute des parcelles d'expérimentation .....	127
6.4.2. Coût de construction des bassins .....	130
6.4.3. Coût d'acquisition du matériel d'exhaure .....	136

6.3.4. Analyse de la marge nette des parcelles d'expérimentation.....	137
6.4.5. Analyse de la rentabilité économique du dispositif d'irrigation de complément .....	138
6.3.6. Contribution à la sécurité alimentaire des populations et du bétail .....	143
6.4.7. Impact sur la cohésion sociale dans les villages.....	145
6.5. DISCUSSION SUR LA RENTABILITE SOCIO-ECONOMIQUE DE LA MAÏSCULTURE PLUVIALE SOUS L'IRRIGATION DE COMPLEMENT .....	146
6.6. CONCLUSION PARTIELLE.....	148
<b>CHAPITRE 7. PERCEPTION ET EVALUATION ECONOMIQUE DE L'INFORMATION CLIMATIQUE.....</b>	<b>151</b>
7.1. INTRODUCTION.....	151
7.2. PERCEPTION PAYSANNE DES PREVISIONS SAISONNIERES DIFFUSEES .....	151
7.2.1. Diffusion différenciée des prévisions saisonnières .....	151
7.2.2. Identification des besoins en information climatique.....	152
7.2.3. Profil des agriculteurs potentiels utilisateurs de l'information climatique .....	153
7.3. EVALUATION PAYSANNE DE LA VALEUR D'OPTION DE L'INFORMATION CLIMATIQUE	155
7.3.1. Consentement des ménages à payer pour l'information climatique .....	155
7.3.2. Facteurs affectant de la valeur d'option des ménages pour l'information climatique .....	159
7.4. DISCUSSION SUR LA PERCEPTION ET L'EVALUATION DE L'INFORMATION CLIMATIQUE .....	161
7.5. CONCLUSION PARTIELLE.....	164
<b>CHAPITRE 8. MISE EN ŒUVRE DES PREVISIONS SAISONNIERES TRADITIONNELLES ET DE L'INFORMATION CLIMATIQUE .....</b>	<b>165</b>
8.1. INTRODUCTION.....	165
8.2. MISE EN ŒUVRE DES PREVISIONS SAISONNIERES TRADITIONNELLES ET DE L'INFORMATION CLIMATIQUE POUR LA PRODUCTION DE MAÏS.....	165
8.2.1. Comparaison des dates de semis du maïs.....	165
8.2.2. Comparaison des rendements du maïs et implication en termes de besoins céréaliers .....	167
8.2.3. Appréciations paysannes de la mise en œuvre de l'information climatique.....	170
8.3. MISE EN ŒUVRE DES PREVISIONS TRADITIONNELLES ET L'INFORMATION CLIMATIQUE POUR LA PRODUCTION DE SORGHO .....	173
8.3.1. Comparaison des dates de semis du sorgho .....	173
8.3.2. Comparaison des rendements du sorgho et implication en termes de besoins céréaliers .....	175
8.3.3. Perception paysanne de la mise en œuvre de l'information climatique .....	178
8.4. DISCUSSION SUR LA MISE EN ŒUVRE DES PREVISIONS TRADITIONNELLES ET DE L'INFORMATION CLIMATIQUE .....	180
8.5. CONCLUSION PARTIELLE.....	182
<b>CHAPITRE 9. MESURES TECHNIQUES ET POLITIQUES DE VULGARISATION DE LA PRATIQUE DE L'IRRIGATION DE COMPLEMENT ET D'UTILISATION DE L'INFORMATION CLIMATIQUE .....</b>	<b>183</b>
9.1. INTRODUCTION.....	183
9.2. MODELISATION BIOECONOMIQUE DU SYSTEME DE CULTURES PLUVIALES DANS LES EXPLOITATIONS AGRICOLES .....	183
9.2.1 Schéma conceptuel du processus de production agricole.....	184
9.2.2 Modèle de croissance des cultures .....	185
9.2.3 Modèle économique d'optimisation du comportement de l'agriculteur.....	191
9.2.4 Scénarii de vulgarisation de l'irrigation de complément.....	200
9.3. PILOTAGE DE L'IRRIGATION DE COMPLEMENT .....	200
9.3.1. Doses d'eau d'irrigation des cultures .....	200
9.3.2. Rendements agricoles.....	203
9.4. COMPORTEMENT D'OPTIMISATION DES MENAGES AGRICOLES .....	205
9.4.1. Plan de production en année sèche.....	205
9.4.2. Plan de production agricole en année moyenne .....	206
9.5. POLITIQUES AGRICOLES DE VULGARISATION DE LA PRATIQUE DE L'IRRIGATION DE COMPLEMENT EN ANNEE MOYENNE.....	208
9.5.1. Subvention de la construction des bassins, de l'imperméabilisation, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture.....	208
9.5.2. Subvention de la construction des bassins, l'imperméabilisation et du matériel de clôture.....	209
9.5.3. Subvention de la construction des bassins, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture.....	211
9.5.4. Subvention de l'imperméabilisation, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture.....	213
9.5.5. Subvention de la construction des bassins.....	215

9.5.6 Subvention de l'imperméabilisation des bassins .....	216
9.5.7. Politique de crédit pour le financement du dispositif de l'irrigation de complément .....	217
9.6. DISCUSSION SUR LES DIFFERENTES MESURES TECHNIQUES ET POLITIQUES AGRICOLES	219
9.7. CONCLUSION PARTIELLE .....	221
<b>SYNTHESE ET ORIENTATIONS FUTURES DE L'ETUDE .....</b>	<b>223</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>233</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>259</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Répartition des producteurs bénéficiaires de l'irrigation de complément .....	60
Tableau 2. Sites et producteurs pilotes pour l'expérimentation de l'information climatique .....	63
Tableau 3. Echantillonnage des ménages agricoles .....	66
Tableau 4. Répartition des chefs de ménages selon le statut matrimonial .....	69
Tableau 5. Répartition des chefs de ménages selon l'âge .....	69
Tableau 6. Répartition des chefs de ménages selon le niveau d'instruction .....	70
Tableau 7. Répartition des ménages selon le nombre de membres .....	71
Tableau 8. Disponibilité de la main-d'œuvre au sein des ménages agricoles .....	71
Tableau 9. Répartition des chefs de ménages selon le niveau d'organisation .....	72
Tableau 10. Répartition des chefs de ménages selon le mode d'accès au foncier .....	72
Tableau 11. Répartition des chefs de ménages selon les activités principales et secondaires .....	73
Tableau 12. Répartition des ménages selon le niveau d'équipement en matériel agricole .....	73
Tableau 13. Répartition des ménages selon l'accès aux services agricoles .....	74
Tableau 14. Répartition des ménages selon les cultures pluviales pratiquées .....	74
Tableau 15. Superficies allouées aux différentes cultures .....	75
Tableau 16. Rendements des cultures emblavées .....	75
Tableau 17. Sources de revenu des ménages .....	76
Tableau 18. Répartition temporelle des adoptants des innovations agricoles .....	80
Tableau 19. Caractéristiques des catégories d'adoptants de la pratique du zaï .....	86
Tableau 20. Déterminants de diffusion de la pratique du zaï .....	87
Tableau 21. Caractéristiques des catégories d'adoptants des cordons pierreux .....	89
Tableau 22. Déterminants de diffusion des cordons pierreux .....	91
Tableau 23. Caractéristiques des catégories d'adoptants des demi-lunes .....	92
Tableau 24. Caractéristiques des catégories d'adoptants des demi-lunes .....	93
Tableau 25. Caractéristiques des catégories d'adoptants des diguettes filtrantes .....	95
Tableau 26. Déterminants de la diffusion des diguettes filtrantes .....	96
Tableau 27. Caractéristiques des catégories d'adoptants du paillage .....	97
Tableau 28. Déterminants de diffusion du paillage .....	98
Tableau 29. Caractéristiques des catégories d'adoptants des bandes enherbées .....	100
Tableau 30. Déterminants de la diffusion des bandes enherbées .....	101
Tableau 31. Caractéristiques des catégories d'adoptants des semences améliorées .....	103
Tableau 32. Déterminants de la diffusion des semences améliorées .....	104
Tableau 33. Accès des ménages agricoles aux informations relatives à l'irrigation de complément .....	110
Tableau 34. Intérêts espérés pour la pratique de l'irrigation de complément .....	112
Tableau 35. Définition des variables explicatives .....	116
Tableau 36. Récapitulatif des variables explicatives .....	118
Tableau 37. Formes de bassins choisies par les ménages agricoles .....	119
Tableau 38. Emplacement des bassins dans les champs .....	119
Tableau 39. Moyens d'exhaure .....	120
Tableau 40. Moyens de clôture des bassins choisis par les ménages agricoles .....	120
Tableau 41. Moyen de construction des bassins .....	121
Tableau 42. Contraintes et suggestions pour la vulgarisation de l'ICBI .....	122
Tableau 43. Nombre d'irrigation au cours des campagnes agricoles .....	126
Tableau 44. Marges brutes des parcelles d'expérimentation de maïsiculture sur 0,25 ha .....	129
Tableau 45. Marges brutes des cultures secondaires sous irrigation de complément .....	129
Tableau 46. Estimation du coût des différents bassins .....	135
Tableau 47. Coût du matériel d'exhaure .....	136
Tableau 48. Estimation de l'amortissement des bassins et du matériel d'exhaure .....	137
Tableau 49. Marges nettes de la production agricole des parcelles d'expérimentation .....	138
Tableau 50. TIR et VAN du dispositif d'irrigation de complément sur 0,25 ha de maïs .....	141
Tableau 51. Cash-flows actualisés (en F FCFA) .....	142
Tableau 52. Diffusion différenciée des prévisions saisonnières .....	152
Tableau 53. Besoins en information climatique des ménages .....	153
Tableau 54. Profil des agriculteurs potentiels utilisateurs de l'information climatique .....	154
Tableau 55. Consentement des ménages à payer pour l'information climatique .....	155
Tableau 56. Variables explicatives du besoin en IC des ménages et de leur CAP .....	158
Tableau 57. Facteurs affectant les décisions des ménages à utiliser l'IC et leur CAP .....	161
Tableau 58. Décisions des producteurs agricoles en fonction des types de saisons prévues .....	172
Tableau 59. Consentement à payer des producteurs pour l'utilisation de l'information climatique .....	173

Tableau 60. Strategies paysannes en fonction des prévisions des types de saison.....	179
Tableau 61. Consentement à payer des producteurs de sorgho pour l'information climatique.....	180
Tableau 62. Durée du cycle végétatif des cultures.....	186
Tableau 63. Caractéristiques des sols.....	187
Tableau 64. Schématisation des stratégies d'irrigation et rendements associés.....	189
Tableau 65. Validation du modèle de croissance de cultures.....	190
Tableau 66. Récapitulatif des ensembles, paramètres et variables du modèle.....	197
Tableau 67. Récapitulatif des équations du modèle.....	198
Tableau 68. Validation du modèle économique.....	199
Tableau 69. Superficies allouées aux différentes cultures (ha) en année sèche.....	205
Tableau 70. Superficies allouées aux différentes cultures (ha) en année moyenne.....	207
Tableau 71. Subvention de la construction des bassins, de l'imperméabilisation, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture.....	209
Tableau 72. Subvention de la construction des bassins, l'imperméabilisation et du matériel de clôture.....	210
Tableau 73. Subvention de la construction des bassins, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture.....	212
Tableau 74. Subvention de l'imperméabilisation, moyens d'exhaure et du matériel de clôture.....	214
Tableau 75. Subvention de la construction.....	215
Tableau 76. Subvention de l'imperméabilisation.....	217
Tableau 77. Impact du crédit sur le revenu espéré des ménages agricoles.....	218
Tableau 78. Coût de subvention (en milliards de F CFA).....	220

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Schéma du mécanisme climatique de l’Afrique de l’Ouest .....	13
Figure 2. Cycle des alizés en Afrique de l’Ouest .....	15
Figure 3. Evolution du taux de couverture des besoins en céréales .....	24
Figure 4. Courbes de diffusion temporelle des innovations agricoles.....	43
Figure 5. Dispositif de l’irrigation de complément et dimensionnement du bassin (réservoir) de collecte des eaux de ruissellement.....	58
Figure 6. Répartition des catégories d'adoptants de la pratique du zaï .....	84
Figure 7. Répartition des catégories d'adoptants des cordons pierreux .....	88
Figure 8. Répartition des catégories d'adoptants des demi-lunes .....	92
Figure 9. Répartition des catégories d'adoptants des diguettes filtrantes .....	94
Figure 10. Répartition des catégories d'adoptants du paillage.....	96
Figure 11. Répartition des catégories d'adoptants des bandes enherbées .....	99
Figure 12. Répartition des catégories d'adoptants des semences améliorées .....	102
Figure 13. Répartition des ménages agricoles motivés pour l’irrigation de complément .....	111
Figure 14. Perception des ménages des poches de sécheresse au cours des deux dernières décennies.....	111
Figure 15. Comparaison des rendements grain de maïs des campagnes agricoles 2012 à 2015 .....	126
Figure 16. Comparaison des rendements fourragers de maïs des campagnes agricoles 2012 à 2015 .....	127
Figure 17. Comparaison des marges brutes des parcelles d'expérimentation.....	130
Figure 18. Evaluation comparées de la contribution au besoin céréalier des parcelles d'expérimentation .....	144
Figure 19. Evaluation comparées de la contribution au besoin fourrager du bétail .....	145
Figure 20. Dates de semis des parcelles d'expérimentation de la production de maïs à la campagne agricole 2013-2014. ....	166
Figure 21. Dates de semis des parcelles d'expérimentation de la production de maïs à la campagne agricole 2014-2015 .....	167
Figure 22. Comparaison des rendements grains des parcelles d'expérimentation de la production de maïs à la campagne 2013-2014.....	168
Figure 23. Comparaison des rendements moyens des parcelles d'expérimentation du maïs de la campagne agricole 2013-2014 .....	168
Figure 24. Comparaison des rendements grains des parcelles d'expérimentation de la production de maïs à la campagne 2014-2015.....	169
Figure 25. Comparaison des rendements moyens des parcelles d'expérimentation du maïs de la campagne agricole 2014-2015 .....	170
Figure 26. Avis des producteurs de maïs sur les dates de semis des PE et PT.....	171
Figure 27. Appréciation des producteurs de la mise en œuvre de l'information climatique.....	171
Figure 28. Consentement à payer des producteurs de maïs pour l'information climatique .....	172
Figure 29. Dates de semis des parcelles d'expérimentation de la production de sorgho à la campagne agricole 2013-2014 .....	174
Figure 30. Dates de semis des parcelles d'expérimentation de la production de sorgho à la campagne agricole 2014-2015 .....	175
Figure 31. Comparaison des rendements grains des parcelles d'expérimentation du sorgho à la campagne 2013-2014 .....	176
Figure 32. Comparaison des rendements moyens des parcelles d'expérimentation de sorgho de la campagne agricole 2013-2014 .....	176
Figure 33. Comparaison des rendements grains des parcelles d'expérimentation du sorgho à la campagne 2014-2015 .....	177
Figure 34. Comparaison des rendements moyens des parcelles d'expérimentation de sorgho de la campagne agricole 2014-2015 .....	177
Figure 35. Appréciation des producteurs des dates de semis des PE .....	178
Figure 36. Avis des producteurs de sorgho sur l'utilisation de l'information des climatiques.....	179
Figure 37. Consentement à payer des producteurs de sorgho pour l'information climatique .....	180
Figure 38. Schéma conceptuel du système irrigation de complément et information climatique dans les exploitations agricoles.....	185
Figure 39. Comparaison des indices pluviométriques dans le Yatenga de 1980 à 2010.....	188
Figure 40. Comparaison des rendements observés et des rendements simulés (en kg/ha).....	191
Figure 41. Schéma simplifié du fonctionnement d’un bassin de collecte des eaux de ruissellement.....	193
Figure 42. Stratégies d'irrigation possibles du sorgho.....	201
Figure 43. Stratégies d'irrigation possibles du mil .....	202
Figure 44. Stratégies d'irrigation du maïs.....	203

Figure 45. Rendements du sorgho en fonction des stratégies d'irrigation .....	203
Figure 46. Rendements du mil en fonction des stratégies d'irrigation.....	204
Figure 47. Rendements du maïs en fonction des stratégies d'irrigation .....	204
Figure 48. Revenu espéré en année sèche comparé au revenu sans irrigation .....	206
Figure 49. Revenu espéré en année moyenne .....	208
Figure 50. Revenus espérés avec subvention de la construction des bassins, de l'imperméabilisation, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture .....	209
Figure 51. Revenus espérés avec subvention de la construction des bassins, l'imperméabilisation et du matériel de clôture.....	211
Figure 52. Revenus espérés avec subvention de la construction des bassins, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture.....	213
Figure 53. Revenus espérés avec subvention de l'imperméabilisation, moyens d'exhaure et du matériel de clôture .....	214
Figure 54. Revenus espérés avec subvention de la construction du bassin .....	216
Figure 55. Revenus espérés avec subvention de l'imperméabilisation du bassin .....	217

## **LISTE DES CARTES**

Carte 1. Situation géographique des pays d'Afrique de l'Ouest.....	12
Carte 2. Evolution spatiale des normales pluviométriques de 1931 à 2000 .....	21
Carte 3. Zones climatiques du Burkina Faso.....	22
Carte 4. Localisation des zones agro-climatiques et des sites de l'étude .....	55



## LISTE DES PHOTOS

Photo 1. Pratique du zaï dans une exploitation agricole.....	26
Photo 2. Pratique des demi-lunes dans une exploitation agricole .....	28
Photo 3. Mise en place des cordons pierreux dans une exploitation agricole .....	29
Photo 4. Mise en place de diguettes filtrantes dans une exploitation agricole .....	30
Photo 5. Excavation d'un bassin à partir de la main-d'œuvre familiale .....	59
Photo 6. Bassin rempli des eaux de ruissellement.....	59
Photo 7. Dispositif expérimental d'irrigation de complément .....	62
Photo 8. Bassin à fond et parois non imperméabilisés sur un sol argileux dans le village de Sandouré, province du Bam en zone sahélienne .....	131
Photo 9. Bassin à fond et parois non imperméabilisés sur un sol latéritique à Tougou, province du Yatenga en zone sahélienne .....	131
Photo 10. Bassin à fond imperméabilisé en argile et parois imperméabilisées en ciment dans le village de Mogodin, province du Bam en zone sahélienne.....	132
Photo 11. Bassin à fond bâché et parois imperméabilisées en ciment dans le village de Sologom, province du Yatenga en zone sahélienne. ....	133
Photo 12. Bassin à fond et parois imperméabilisés à partir d'une bâche sur un sol sableux dans le village de Mogodin, province du Bam en zone sahélienne.....	134
Photo 13. Pilotage de l'irrigation de complément à partir de la pompe à pédale dans le village de Mogodin en zone sahélienne .....	136



## SIGLES ET ABREVIATIONS

2iE	:	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
AZND	:	Association Zood Nooma pour le Développement
BUNASOL	:	Bureau National des sols
CAP	:	Consentement à payer
CILSS	:	Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel
DGPER	:	Direction Générale de la Promotion de l'Economie Rurale
DRI	:	Délai de Retour sur Investissement
F CFA	:	Franc de la Communauté Financière d'Afrique
FAO	:	Food and Agriculture Organization
FNGN	:	Fédération Nationale des Groupements Naam
IC	:	Information climatique
ICBI	:	Irrigation de complément à par des petits bassins individuels
INERA	:	Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
INSD	:	Institut National de la Statistique et de la Démographie
MAHRH	:	Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques
MASA	:	Ministère de l'Agriculture et de la Sécurité Alimentaire
MRSI	:	Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation
ONG	:	Organisme Non Gouvernemental
ORD	:	Organisme Régional de Développement
PE	:	Parcelle expérimentale
PRESAO	:	Prévisions Saisonnières en Afrique de l'Ouest
PT	:	Parcelle témoin
RACMO	:	Regional Atmospheric Climate MOdel
SIA	:	Système d'Innovation Agricole
SPSS	:	Statistical Package for the Social Sciences
TIR	:	Taux Interne de Rentabilité
MB	:	Marge brute
VAN	:	Valeur Actuelle Nette



## **INTRODUCTION GENERALE**

### **Enjeux de la variabilité et du changement climatiques en agriculture au Sahel**

Depuis la fin des années 1960, les pays sahéliens connaissent une crise climatique caractérisée par un déficit pluviométrique ponctué de quelques années à pluviométrie normale ou excédentaire (IPCC, 2007; 2014). Ce déficit pluviométrique est marqué par une réduction drastique des précipitations de 15 à 30%, notamment dans les années 1970 et 1980 (Servat *et al.*, 1997). En agriculture, il s'est traduit par une chute de la production agricole avec pour corollaire les récurrents épisodes de famines et la pauvreté des populations rurales (Caldwell, 1975; Downing *et al.*, 1987), étant donné que, depuis ces années, l'irrigation n'est pratiquée que sur moins de 2% des superficies cultivées (FAO, 2005). Les grandes sécheresses des années 1970 et 1980 qui ont provoqué les famines dramatiques restent encore dans la mémoire des populations comme un exemple frappant du rôle crucial que joue le climat dans la région (PNUD, 2004; Dilley *et al.*, 2005).

Toutefois, les pays sahéliens connaissent un certain retour des pluies avec l'augmentation des précipitations enregistrées à la fin des années 1990 (Nicholson, 2005 ; Hountondji *et al.*, 2009). La rupture climatique des années 1990 avec celles de 1970 et 1980 s'observe dans les cumuls pluviométriques annuels, mais la tendance à la diminution significative du nombre de jours pluvieux perdure (Lebel et Ali, 2009a ; Ozer *et al.*, 2009 ; Paturel *et al.*, 2010). Dans certaines régions, la contraction de la longueur de la saison des pluies et la fréquence des poches de sécheresse se sont amplifiées malgré l'augmentation du cumul pluviométrique (Sané *et al.*, 2008 ; Frappart *et al.*, 2009 ; Salack *et al.*, 2012). La mauvaise répartition spatio-temporelle de la pluviométrie sape parfois la production agricole et par ricochet la sécurité alimentaire de la région. A titre illustratif, l'irrégularité des pluies suivie d'un arrêt précoce de la campagne agricole 2011-2012 au Niger et au Tchad, dans le nord-est du Mali, le nord du Burkina Faso et l'extrême nord du Nigeria a provoqué un important déficit vivrier engendrant une crise alimentaire dont plus de 10 millions de personnes ont été victimes (FAO, 2011). Les crises alimentaires et la pauvreté deviennent de plus en plus préoccupantes pour environ deux tiers de la population agricole (Niassé *et al.*, 2004; Janin, 2010a; PNUD, 2014).

Afin d'atténuer les effets néfastes du climat en agriculture, la communauté scientifique, les Etats et les agriculteurs ont conjugué leurs efforts pour développer et mettre en œuvre diverses stratégies complémentaires (Rhodes et Jalloh, 2014). Dans les exploitations agricoles, les agriculteurs et les chercheurs ont eu recours aux techniques de conservation des

eaux et des sols, aux variétés améliorées de cultures, à la modification des dates de semis, à la diversification des cultures, à l'aménagement des bas-fonds et aux prévisions saisonnières (Ouédraogo *et al.*, 2010; Nkonya et Kato, 2011; Zorom *et al.*, 2013). Ces initiatives ont été soutenues par les Etats à travers l'élaboration et la mise en œuvre des Programmes d'Actions Nationaux d'Adaptation (PANA) encouragés par la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) et le Protocole de Kyoto (Nations Unies, 1998). A l'échelle régionale, de nombreux projets ont également été initiés pour faciliter la planification de la campagne agricole face aux aléas climatiques (Ogallo *et al.*, 2000 ; Redelsperger *et al.*, 2006 ; Roudier *et al.*, 2014). Il s'agit, entre autres, de l'initiative Prévision saisonnière pluviométrique et hydrologique en Afrique de l'Ouest (PRESAO) et l'Analyse multidisciplinaire de la mousson africaine (AMMA). Les pouvoirs publics ont créé le Comité Permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sècheresse dans le Sahel (CILSS) en 1973 pour coordonner la collecte et la gestion des données agro-hydro-climatiques, la mise en place d'un système d'alerte précoce, mais aussi la recherche et la formation sur le climat.

En dépit des stratégies adoptées, le secteur agricole demeure particulièrement vulnérable à la variabilité et au changement climatiques (Boko *et al.*, 2007). Selon les projections, la production agricole serait sévèrement compromise par les épisodes de sécheresse (Kurukulasuriya et Mendelsohn, 2008). La majorité des modèles climatiques montre qu'il est fort probable que le Sahel subisse une réduction structurelle de la pluviosité dès le milieu du XXI<sup>e</sup> siècle en raison du réchauffement climatique (Milly *et al.*, 2005; Held *et al.*, 2005, Delworth *et al.*, 2005). D'ici 2050, les rendements des cultures pluviales pourraient chuter de 2 à 35% (Nelson *et al.*, 2009). Peu d'autres régions du monde présenteraient une telle situation même lorsque l'on considère des échelles de temps très différentes. Cette vulnérabilité ne se retrouve pas dans les pays qui se doteront d'infrastructures importantes pour protéger ou atténuer l'impact socio-économique des fluctuations naturelles du climat (Sultan , 2012). Ces constats renforcent les craintes énoncées lors du sommet de la Terre en juin 1992 à Rio de Janeiro (Godard, 2003).

Les enjeux du dérèglement climatique sur le secteur agricole et partant de la sécurité alimentaire sont donc importants pour les pays sahéliens dans lesquels la population agricole a atteint 50 à 80% de la population totale (Toulmin et Gueye 2003; OCDE/CSAO, 2008). Une adaptation continue des systèmes de production agricole est nécessaire (Piroux *et al.*, 1997). Les performances de ces systèmes, notamment la composante vivrière, doivent être améliorées (FAO, 2013). Il est nécessaire de mettre en place des stratégies innovantes qui

intègrent les réponses endogènes, scientifiques et techniques déjà existantes pour atténuer les impacts des épisodes des poches de sécheresse afin d'accroître la production agricole (OCDE, 2013a).

### **Contexte scientifique de l'étude**

A l'instar des pays sahéliens, la variabilité et le changement climatiques constituent une menace pour l'agriculture et par conséquent la sécurité alimentaire au Burkina Faso. En effet, l'agriculture demeure essentiellement pluviale et constitue la principale source d'alimentation et de revenus de plus de 80% (plus de 13 000 000 de personnes) de la population (MASA, 2014). L'insécurité climatique qui pèse sur l'agriculture n'est pas seulement le fait de la faiblesse des précipitations et/ou de la brièveté de la saison pluvieuse. Elle est surtout le résultat de l'irrégularité inter et intra annuelle des pluies (Ibrahim *et al.*, 2012).

Les technologies agricoles de conservation des eaux adoptées par les paysans (Barbier *et al.*, 2009a ; Ouédraogo *et al.*, 2010; Zorom *et al.*, 2013) sont peu efficaces pour stabiliser la production agricole en cas de sécheresse prolongée de 2 à 3 semaines (Roose, 1993). La construction de petits bassins (*boulis*) de collecte des eaux de ruissellement est ancestrale au Burkina Faso, mais leur utilisation s'est concentrée sur l'usage domestique de l'eau, la fabrication des briques en terres et surtout l'abreuvement du bétail (Marchal, 1986 ; MAR, 2000). L'eau de ces *boulis* est rarement utilisée pour l'irrigation de complément. Les prévisions saisonnières paysannes des précipitations sont devenues moins fiables pour la planification des activités agricoles à cause de la variabilité et du changement climatiques (Roncoli *et al.*, 2001 ; Ingram *et al.*, 2002). L'impact sur la production agricole des pluies artificielles provoquées à travers l'ensemencement des nuages par certains Etats reste méconnu puisqu'il n'est pas encore démontré que ces pluies induites ne seraient pas tombées ailleurs au détriment des zones agricoles visées (Barbier *et al.*, 2009b). Le défi majeur est ainsi de trouver des stratégies innovantes qui permettent de stabiliser ou accroître la production agricole.

Pour relever le défi de l'adaptation de l'agriculture pluviale à la variabilité et au changement climatiques, la stratégie doit être basée sur une plus grande production végétale par unité de pluie (Balaghi *et al.*, 2007). En effet, chaque goutte de pluie doit être utilisée en favorisant trois grandes mesures : collecter le maximum de pluie, minimiser les pertes en eau du sol et utiliser l'eau de façon efficiente. Le recours à l'irrigation de complément pourrait être une alternative pour pallier au déficit hydrique des cultures pluviales dans les zones semi-arides (Carsky *et al.*, 1995 ; Fox et Rockström, 2003; Pathak *et al.*, 2009). L'irrigation de

complément consiste à apporter un supplément d'eau en vue de stabiliser et/ou d'augmenter les rendements en quantité et en qualité dans les sites où les conditions hydriques normales ne sont pas réunies pour permettre la production optimale des cultures pluviales (FAO, 1987).

Plusieurs expérimentations et calculs théoriques ont mis en évidence la possibilité d'accroître la productivité des cultures pluviales à travers la pratique de l'irrigation de complément au Burkina Faso (Dugue, 1986 ; Somé 1989; Fox et Rockström, 2003). Dugue (1986) a comparé trois modes de collecte de l'eau au Yatenga (région du nord), à savoir un petit barrage, une marre artificielle et un petit bassin individuel, tous en terre et réalisés par les agriculteurs. Les cultures testées ont été le sorgho, le maïs, le piment, le gombo et l'aubergine locale. Les résultats étaient plutôt concluants pour le petit bassin, mais l'expérience n'a pas été durable ni reproduite. Somé (1989) a mené plusieurs essais avec l'irrigation de complément sur le sorgho à Saria (région du Centre-Ouest) et à Sabouna (région du Nord). Ces essais ont montré une augmentation des rendements allant de 10 à 85% selon les campagnes agricoles. Fox et Rockström (2003) ont réalisé des essais à partir d'un bassin cimenté de 400 m<sup>3</sup> durant 3 campagnes agricoles dans les années 1990 à Tougou (région du Nord). Le bassin collectait l'eau de ruissellement et une pompe à pédale permettait d'arroser 0,1 hectare de sorgho. Globalement, l'irrigation de complément des cultures pluviales a été expérimentée au Burkina Faso, mais elle n'a pas été diffusée au sein des exploitations agricoles.

L'utilisation de l'information climatique pour orienter la stratégie de la production agricole est également une des mesures possibles pour prévenir et minimiser les conséquences des aléas climatiques en agriculture pluviale (Jones *et al.*, 2000 ; Roudier *et al.*, 2012 ; Sultan *et al.*, 2013; Roudier *et al.*, 2014). Plusieurs modèles ont été développés pour générer et communiquer des informations climatiques aux différents utilisateurs selon leurs besoins à travers des prévisions saisonnières climatiques fondées sur des données météorologiques (Diang *et al.*, 2008). Selon Klopper *et al.* (2006), les variables de prévisions les plus pertinentes fournies aux agriculteurs sont le démarrage des pluies marquant le début des semis, la fin de la saison des pluies ainsi que la distribution des pluies à l'intérieur de la saison (distribution intra-saisonnière). Pour un agriculteur, la précision de ces périodes est importante puisqu'un déficit des pluies, un retard dans la mise en place de la mousson ou une réduction de la longueur de la saison pluvieuse sont autant de facteurs qui peuvent avoir des conséquences désastreuses sur les rendements agricoles (Diang *et al.*, 2008).

Des informations concernant les variables climatiques peuvent orienter les agriculteurs dans la prise de décisions pour la conduite des activités agricoles (Balme *et al.*, 2005). A partir de ces

informations, des conseils peuvent être également donnés aux agriculteurs pour la planification de leurs activités culturales (Hamatan *et al.*, 2004). Toutefois, les prévisions climatiques sont souvent en déphasage avec les observations au cours de la saison agricole en raison des importants biais dans les simulations des modèles climatiques régionaux (Oettli *et al.*, 2011; Vermeulen *et al.*, 2012; Agali *et al.*, 2013). Ces biais pourraient résulter de la méconnaissance du processus régissant les pluies tropicales (Hansen *et al.*, 2011). Ils se traduisent parfois par des résultats agricoles en deçà de ceux escomptés (productions agricoles attendues). Par conséquent, l'utilisation de ces informations climatiques reste marginale. Les agriculteurs se basent surtout sur leurs savoirs endogènes pour la planification des activités agricoles (Sultan *et al.*, 2008). Une piste innovante et prometteuse d'adaptation à la variabilité et au changement climatiques est l'application de l'information climatique produite à partir d'une adaptation des modèles climatiques régionaux à l'échelle locale (Klopper *et al.*, 2006).

### **Contexte institutionnel de l'étude**

Au Burkina Faso, l'agriculture demeure tributaire des conditions climatiques malgré les stratégies développées et mises en œuvre par les différents acteurs (agriculteurs, ONGs, chercheurs, Etat) et un certain retour des pluies depuis le début des années 90. La chute de la production agricole de la campagne 2011-2012, estimée à 19,61% par rapport à celle antérieure (2010/2011) et 5,09 % comparativement à la moyenne des cinq dernières années, rappelle l'acuité de la recrudescence des effets drastiques des poches de sécheresse (MAH, 2012). Les agriculteurs ne disposent pas encore d'outils efficaces d'adaptation des cultures aux poches de sécheresse exacerbées par la mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies. Leurs préoccupations sont ainsi de trouver des stratégies innovantes pour atténuer les effets des poches de sécheresse sur la production agricole. Un tel contexte interpelle tous les acteurs du secteur agricole à développer et soutenir les innovations agricoles. D'où l'intérêt du projet *"irrigation de complément et information climatique: de la recherche au renforcement des capacités d'adaptation institutionnelles et communautaires au sahel"* financé par le Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI), visant à mettre en place des stratégies innovantes d'adaptation et intégrées basées sur les options suivantes : l'irrigation de complément et l'information climatique.

Le projet est mis en œuvre, d'avril 2011 à mars 2015, dans les provinces du Bam et du Yatenga situées en zone sahélienne par l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) en collaboration avec les partenaires suivants : le Secrétariat Permanent du Conseil National pour l'Environnement et le Développement Durable

(SP/CONEDD), l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), la Direction Générale des Aménagements et du Développement de l'Irrigation (DGADI) du Ministère en charge de l'agriculture, l'Association Régionale pour l'Irrigation et le Drainage en Afrique de l'Ouest et du Centre (ARID), la Fédération Nationale des Groupements Naam (FNGN), l'Association Zood-Nooma pour le Développement (AZND) de Kongoussi.

La présente étude s'inscrit dans le cadre dudit projet. L'intérêt de cette étude se décline selon les interrogations suivantes :

- Quels sont les facteurs de diffusion des innovations adoptés par les ménages agricoles ?
- La pratique de l'irrigation de complément et l'utilisation de l'information climatique en agriculture pluviale permettent-elles d'accroître significativement la productivité agricole et de contribuer à combler les besoins céréaliers des ménages ?
- Quelles sont les perceptions des ménages agricoles de l'irrigation de complément à partir de bassins individuels de collecte d'eau de ruissellement ?
- Quels sont les déterminants de l'utilisation de l'information climatique par les ménages pour la planification des activités agricoles ?
- Comment peut-on inciter les ménages agricoles à adopter l'irrigation de complément et à utiliser l'information climatique en agriculture pluviale ?

### **Objectifs de l'étude**

L'objectif global de cette recherche vise à explorer les possibilités de diffusion de la pratique de l'irrigation de complément et de l'utilisation de l'information climatique dans les exploitations agricoles. Les objectifs spécifiques (O) assignés à cette recherche sont :

- O<sub>1</sub> : Analyser les déterminants de la diffusion des innovations agricoles adoptées par les ménages face aux effets néfastes des poches de sécheresse ;
- O<sub>2</sub> : Evaluer la rentabilité économique de la pratique de l'irrigation de complément en comparant différents types de bassins ;
- O<sub>3</sub> : Analyser le consentement des ménages agricoles à adopter l'irrigation de complément à partir des bassins de collecte des eaux de ruissellement afin de réduire les effets des poches de sécheresse sur les récoltes ;
- O<sub>4</sub> : Appréhender les perceptions des ménages agricoles quant à l'information climatique et à l'impact de sa mise en œuvre ;

- O<sub>5</sub> : Simuler des mesures techniques et politiques en vue de faciliter l'adoption de l'irrigation de complément à grande échelle et l'utilisation de l'information climatique en agriculture pluviale.

### **Hypothèses de recherche**

Pour atteindre les objectifs, une hypothèse principale de recherche a été formulée pour servir de fil conducteur à la recherche. Elle stipule que l'adoption de l'irrigation de complément et l'utilisation de l'information climatique nécessitent non seulement un accompagnement institutionnel des ménages agricoles, mais aussi des incitations économiques. Cette hypothèse se décline en cinq hypothèses (H) secondaires qui sont :

- H<sub>1</sub> : La diffusion des innovations agricoles existantes dans les exploitations dépend de la perception des ménages des poches de sécheresse ;
- H<sub>2</sub> : La pratique de l'irrigation de complément est rentable ;
- H<sub>3</sub> : La main-d'œuvre familiale constitue le principal facteur socio-économique qui influence la prédisposition des ménages à adopter l'irrigation de complément ;
- H<sub>4</sub> : Les ménages sont disposés à utiliser l'information climatique de pré-campagne pour la planification des activités agricoles ;
- H<sub>5</sub> : La sensibilisation des ménages et la mise en place d'une politique d'octroi de crédit agricole constituent les principales mesures incitatives à l'adoption de l'irrigation de complément et à l'utilisation de l'information climatique.

### **Méthodologie générale de l'étude**

La démarche adoptée au cours de cette recherche a consisté d'abord à investiguer les différentes approches d'analyse des facteurs d'adoption et de la rentabilité des innovations agricoles. A l'issue de cette investigation, les données ont ensuite été collectées auprès des ménages agricoles à travers les enquêtes et les focus groupes dans les zones sahélienne et soudano-sahélienne du Burkina Faso. Deux types d'enquêtes ont été réalisés. La première enquête a été conduite auprès de 629 ménages agricoles. La seconde enquête a été menée auprès de 70 agriculteurs expérimentant l'information climatique.

Après la collecte des données, les tests statistiques ont été utilisés pour comparer les variables descriptives. En effet, les fréquences ont été comparées à partir du test de chi-deux et les

moyennes par le test d'analyse de variance (ANOVA). Outre les statistiques descriptives usuelles, le modèle Logit multinomial a été utilisé pour analyser les déterminants de la diffusion des innovations agricoles. Les facteurs d'acceptabilité de l'irrigation de complément à partir des petits bassins (ICBI) de collecte des eaux de ruissellement dans les exploitations agricoles ont été déterminés par le modèle Logit binaire. Le modèle Heckman associé à l'approche contingente a été employé pour analyser le consentement des ménages agricoles à utiliser l'information climatique (IC) en agriculture pluviale.

Par ailleurs, des expérimentations ont été menées afin d'évaluer l'impact de la pratique de l'ICBI et de l'utilisation de l'IC en agriculture pluviale. L'évaluation agronomique a été réalisée à travers la comparaison des rendements des parcelles d'expérimentation. Aussi la contribution au besoin céréalier des ménages de la pratique de l'ICBI et de l'utilisation de l'IC en agriculture pluviale a-t-elle été évaluée. La rentabilité de la pratique de l'ICBI a été analysée à partir de l'évaluation des indicateurs suivants : la marge nette, la valeur actuelle nette, le taux interne de rentabilité et le délai de retour sur investissement. Des simulations ont été également effectuées à partir d'un modèle bioéconomique dans le but de proposer des mesures incitatives pour contribuer à vulgariser ces innovations dans les exploitations agricoles du Burkina Faso, voire de l'ensemble des pays sahéliens.

### **Organisation du manuscrit**

Le présent document est structuré en neuf chapitres.

Le premier chapitre est un état de l'art de l'agriculture Ouest-Africaine face aux défis de la variabilité et du changement climatiques, notamment des conditions climatiques et leurs enjeux en agriculture. Le chapitre aborde les possibilités des innovations agricoles parmi les stratégies possibles pour réduire la vulnérabilité des ménages à la variabilité et au changement climatiques.

Le deuxième chapitre décrit les différentes approches utilisées pour analyser les facteurs d'adoption et la rentabilité des innovations agricoles. Il met en relief le lien entre les changements climatiques et la genèse des innovations agricoles dans les exploitations. Il aborde également les concepts relatifs aux innovations agricoles et les approches d'analyse des facteurs de leur adoption par les agriculteurs. Il analyse aussi les méthodes d'analyse de la rentabilité des innovations agricoles. A terme, le chapitre précise les options méthodologiques adoptées pour traiter les questions de recherche relatives aux objectifs spécifiques de l'étude.

Le troisième chapitre détaille la méthodologie générale utilisée pour répondre aux questions de recherche. La démarche méthodologique adoptée a été menée en plusieurs phases qui sont le choix des sites d'étude, les enquêtes auprès des ménages agricoles et la mise en place des dispositifs expérimentaux de l'ICBI et l'IC.

Le quatrième chapitre permet de répondre à l'objectif spécifique O<sub>1</sub>. Il traite la dynamique de diffusion des innovations agricoles vulgarisées depuis la sécheresse des années 70. Ces innovations sont notamment le zaï, les cordons pierreux, les diguettes filtrantes, les demi-lunes, le paillage, les bandes enherbées et les variétés de semences améliorées de cultures.

Le cinquième chapitre est consacré à l'objectif spécifique O<sub>2</sub>. Il évalue la contribution de la pratique de l'irrigation de complément à l'atténuation des effets des poches de sécheresse sur la production agricole, la sécurité alimentaire et le revenu des ménages agricoles.

Le sixième chapitre répond à l'objectif spécifique O<sub>3</sub>. Il analyse les pratiques paysannes et les facteurs d'acceptabilité de l'irrigation de complément sur cultures pluviales. Il analyse également le consentement des ménages à adopter l'irrigation de complément dans les exploitations agricoles.

L'objectif spécifique O<sub>4</sub> est traité aux septième et huitième chapitres. La perception et la valeur d'option pour l'utilisation de l'information climatique sont appréhendées au septième chapitre.

Le huitième chapitre présente les résultats de la mise en œuvre de l'information climatique dans les exploitations agricoles.

Le neuvième chapitre permet de répondre à l'objectif O<sub>5</sub>. Il explore les possibilités de vulgarisation de l'irrigation de complément à grande échelle et l'utilisation de l'information climatique en agriculture pluviale. Les mesures techniques analysées sont les stratégies d'irrigation suivant les types d'années. Les mesures incitatives à l'adoption de l'irrigation de complément explorées sont les possibilités de subvention et d'octroi de crédit aux ménages agricoles.

La dernière partie du document présente la synthèse des résultats suivis de la discussion. Enfin, elle évoque les limites de l'étude assorties des perspectives et conclut sur quelques recommandations.



# CHAPITRE 1. L'AGRICULTURE OUEST-AFRICAINE FACE AUX DEFIX DE LA VARIABILITE ET DU CHANGEMENT CLIMATIQUES

## 1.1. INTRODUCTION

L'Afrique de l'Ouest est une région limitée au Sud et à l'Ouest par l'Océan Atlantique, au Nord par le désert du Sahara et à l'Est par le Tchad et le Cameroun (Carte 1). Elle s'étend sur une superficie 7,8 millions de km<sup>2</sup>, soit environ un cinquième du continent africain (CSAO/OCDE, 2007). La grande majorité de la région est composée de plaines dont l'altitude est inférieure à 300 mètres.

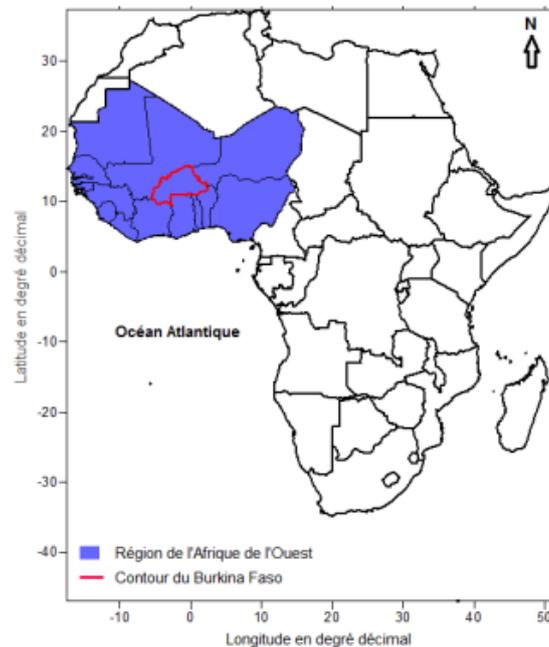
Du point de vue géographique, on distingue les deux grandes entités suivantes : (i) les pays dits du Sahel, au nombre de neuf, comprennent le Burkina, le Cap-Vert, la Gambie, la Guinée-Bissau, le Mali, la Mauritanie, le Niger, le Sénégal et le Tchad ; (ii) les pays du Golfe de Guinée, au nombre de huit, sont constitués par le Bénin, la Côte d'Ivoire, le Ghana, la Guinée, le Libéria, le Nigeria, la Sierra Leone et le Togo.

Du point de vue de la pluviométrie, la plupart des pays de l'Afrique de l'Ouest sont à cheval sur plusieurs zones éco-géographiques, comprenant : (i) la zone désertique saharienne (avec en moyenne moins de 150 mm de pluie par an), (ii) la zone sahélienne aride (150 et 400 mm de pluie par an), (iii) la zone soudano-sahélienne semi-aride (400 et 600 mm de pluie par an), (iv) la zone soudanienne subhumide (600 et 900 mm de pluie par an) et (v) la zone soudano-guinéenne et guinéenne humide (avec une pluviométrie annuelle variant de 900 mm à plus de 1500 mm). Les changements climatiques pourraient cependant modifier ce zonage éco-géographique avec pour corollaire les stratégies d'adaptation en agriculture (Adebayo *et al.*, 2011). C'est pourquoi il importe de bien connaître les caractéristiques et les conséquences de la variabilité et du changement climatiques mais aussi les stratégies d'adaptation.

D'après le GIEC (1990), il existe une distinction entre les concepts de variabilité et changement climatiques. D'une manière générale, la variabilité climatique se réfère à la variation naturelle intra- et inter annuelle du climat. Le changement climatique se traduit par une variation statistiquement significative dans l'état moyen du climat ou dans sa variabilité, variation persistant sur une longue période de temps (décades ou plus). Il peut être dû à des processus naturels internes, des forçages exogènes ou à des changements anthropogéniques persistants dans l'atmosphère ou dans les usages du sol. Quant à l'adaptation, elle se définit par tout ajustement dans les systèmes naturels ou dans les activités humaines, en réponse aux

impacts réels ou prévus du changement climatique - ajustement permettant d'en atténuer les effets néfastes ou d'en exploiter les opportunités bénéfiques.

La suite du chapitre présente les caractéristiques climatiques de l'Afrique de l'Ouest et en particulier du Burkina Faso. Il met également en lumière les enjeux de la variabilité et du changement climatiques en agriculture.



Carte 1. Situation géographique des pays d'Afrique de l'Ouest  
Source : Ibrahim (2012).

## 1.2. CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DE L'AFRIQUE DE L'OUEST

### 1.2.1. Système climatique

#### 1.2.1.1. Mécanisme climatique

Le mécanisme climatique Ouest-Africain repose principalement sur l'interaction sol-atmosphère-océan qui détermine la dynamique au sein de la zone de convergence intertropicale (ZCIT) (Couvreur *et al.*, 2010). Cette dernière résulte de la rencontre entre deux masses d'air dont un vent humide venant de l'Océan Atlantique au Sud et l'autre chaud et sec arrivant du Sahara au Nord. La dynamique de ces masses d'air dépend des activités des zones de dépression et des zones de haute pression de la cellule de Hadley (Ramel, 2005).

Les zones de haute pression ou anticyclones sont situées vers les 30° Nord et 30° Sud. La dynamique des vents sur ces zones se caractérise par une poussée de l'air par l'anticyclone de

S<sup>te</sup> Hélène au Sud et par l'anticyclone saharien au Nord. Ces masses d'air circulent dans les basses couches atmosphériques (inférieures à 3 km d'altitude) et portent le nom d'alizé (Figure 1). L'alizé du sud qui traverse l'océan et les zones forestières est chargé en vapeur d'eau et porte le nom de mousson ; l'alizé venant du Nord en traversant la zone désertique est l'Harmattan. Le contraste de température entre le continent et l'Océan Atlantique influence fortement l'intensité de l'alizé du sud (Weldeab *et al.*, 2007). La limite Nord du front de la mousson à l'intérieur du continent constitue le Front Intertropical (FIT) (Gaye, 2002). Le déplacement du FIT gouverne l'alternance des saisons sèche et humide (Penide, 2010).

Les zones de haute pression sont principalement marquées par deux courants d'air sur la période de juin à septembre : le Jet d'Est Africain (JEA) dans les couches moyennes de l'atmosphère (3 à 6 km) et le Jet d'Est Tropical (JET) dans la haute atmosphère (12 à 15 km) (Gu et Adler, 2004 ; Parker *et al.*, 2005). Ces courants d'air ont un impact significatif sur la pluviosité de la mousson et agissent à contre sens (Figure 1). L'interaction entre un JEA fort et un JET faible conduit à des saisons de pluies avec une faible pluviosité. Par contre, un faible JEA et un fort JET induisent des saisons de pluies marquées par une forte pluviosité (Mahé et Citeau, 1993).

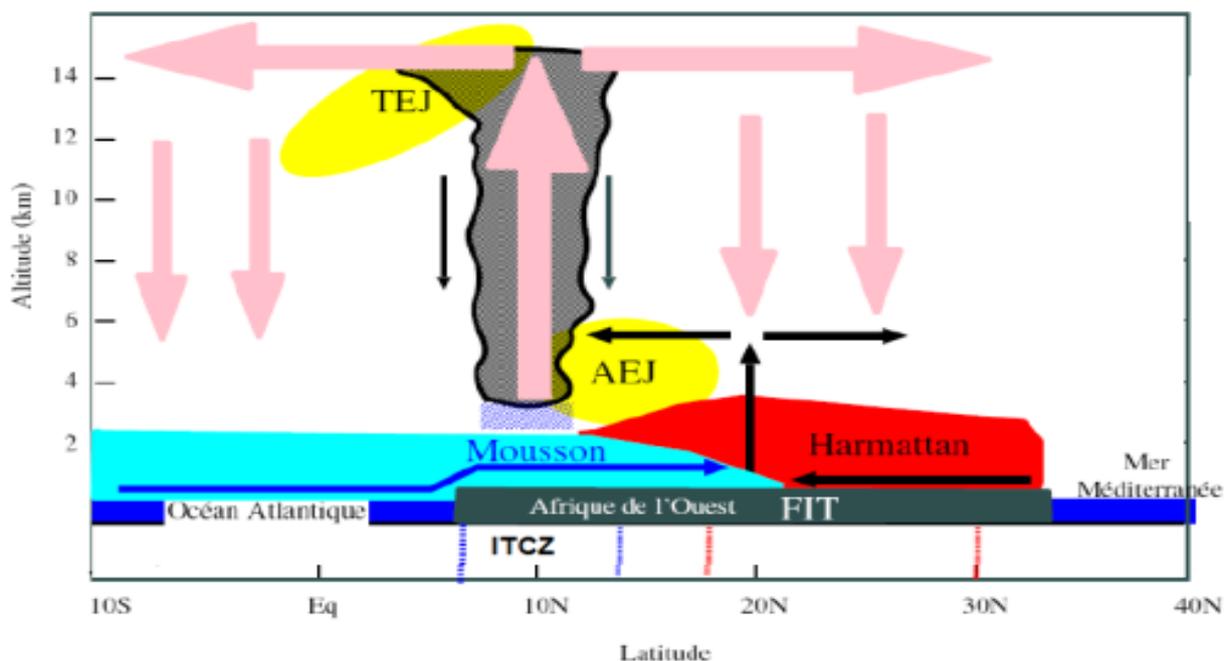


Figure 1. Schéma du mécanisme climatique de l'Afrique de l'Ouest  
 Source : Peyrillé (2006)

### ***1.2.1.2. Cycle saisonnier des précipitations au sahel***

Le Sahel ouest africain se caractérise par une saison sèche allant de novembre à mars et une saison des pluies sur la période d'avril à novembre. La saison des pluies se caractérise par une augmentation graduelle des précipitations d'avril à août et une diminution rapide de celles-ci de septembre à octobre (Figure 2).

Selon Sultan et Janicot (2004), le lissage des pluies brutes avec des moyennes mobiles montre plusieurs ruptures que l'on peut associer au déplacement de la structure du FIT et de la ZCIT à travers deux étapes dans l'arrivée du système de mousson au Sahel. Le FIT atteint d'abord le Sahel accompagné d'une instabilité locale et de phénomènes pluvieux intermittents pour marquer les premières pluies de la saison. C'est la vision traditionnelle du démarrage de la saison humide qui s'observe par une première rupture de pente au sein du cycle saisonnier. Plus tard, vers la fin du mois de juin, on observe une seconde rupture de pente par rapport à l'évolution saisonnière. Cette rupture correspond à l'arrivée de la ZCIT à sa position la plus au nord, s'accompagnant des nuages à plus fort développement vertical responsables des pluies intenses. Elle marque la mise en place de la saison des pluies caractérisée par la mise en place de la mousson. La variation intra-saisonnière des précipitations peut être ainsi résumée en trois phases principales: (i) le stade précédant le début ou l'arrivée du FIT à la latitude 15°N en mai, avec un apport d'humidité suffisant pour que des systèmes convectifs isolés se forment au-dessus du Sahel, (ii) l'arrivée du front, à la fin juin, qui coïncide avec le brusque déplacement de la ZCIT de sa localisation quasi stationnaire à 5°N en mai-juin vers une autre localisation presque stationnaire à 10°N en juillet - août, et (iii) le recul de la ZCIT vers l'océan Atlantique équatorial, qui se produit en septembre – octobre (Le Barbé *et al.*, 2002).

Les pluies apportées par le flux de mousson surviennent sous forme d'événements pluvieux ou orages dont la durée moyenne est inférieure à 12 heures (Lebel et Le Barbé, 1997). Ces orages peuvent arroser une zone très limitée dans le cas des convections locales ou une zone très étendue dans le cas des convections organisées ou lignes de grains. Les lignes de grains ont un parcours généralement d'Est en Ouest avec des pluies très intenses (Gaye, 2002).

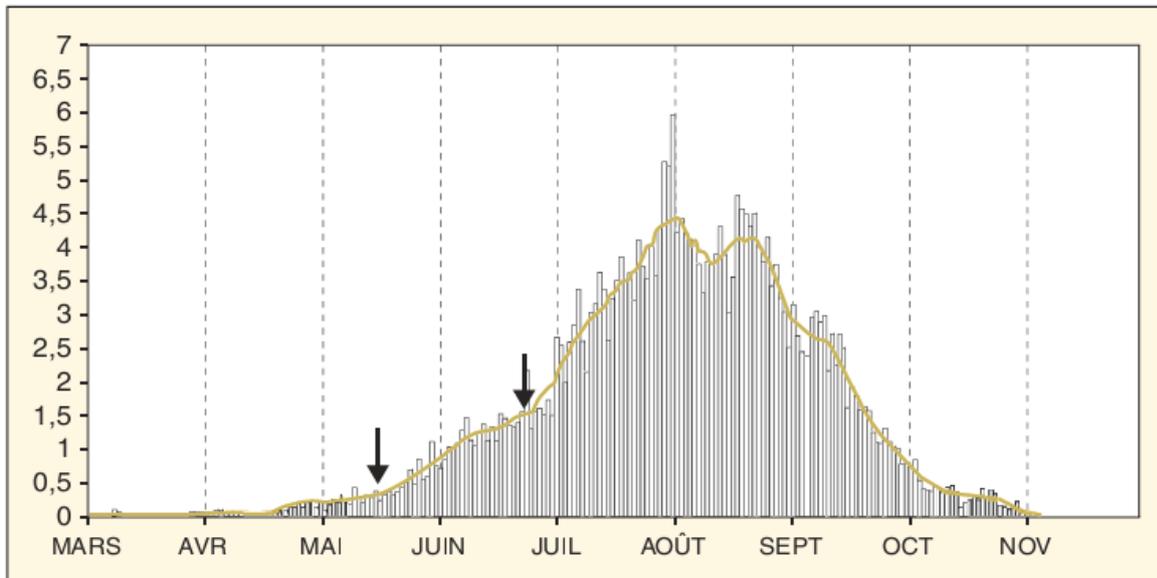


Figure 2. Cycle des alizés en Afrique de l'Ouest  
 Source : Sultan et Janicot (2004)

### 1.2.1.3. Variabilité climatique actuelle

Les conditions climatiques de l'Afrique de l'Ouest, de sa partie sahélienne en particulier, connaissent des variations chroniques et de grandes ampleurs depuis la fin du XX siècle suite à une réduction des précipitations (Sultan, 2011). La zone a connu une forte diminution des précipitations caractérisée par les grandes sécheresses des années 1970 et 1980 (OCDE/CSAO, 2008). Une rupture nette des séries pluviométriques est ainsi observée à partir des années 1968 jusqu'au début des années 1990 (Le Barbé *et al.*, 2002 ; Bell et Lamb, 2006).

Pour le Sahel ouest africain en particulier, les précipitations annuelles ont subi en moyenne une diminution de 20 à 40 % entre 1931-1960 et 1968-1990 avec 1973 comme année charnière contre 15 % dans les régions des forêts tropicales humides (Lebel et Le Barbé, 1997). Pour le cas des zones soudano-sahéliennes, cette tendance s'est traduite par un glissement des isohyètes de l'ordre de 150 à 200 km vers le sud (Diouf *et al.*, 2000). Ces déficits pluviométriques ont pour corollaire la variabilité des caractéristiques de la saison des pluies, dont les dates de début et de fin ainsi que l'occurrence des poches de sécheresse (Balme *et al.*, 2005).

Cependant, depuis le milieu des années 1990, on assiste à un certain retour à de meilleures conditions pluviométriques au Sahel, avec toutefois une variabilité interannuelle et intra-saisonnière accrue des précipitations par rapport à celles des décennies précédentes (1970 et 1980), notamment sur les parties Centrale et Est (Lebel et Ali, 2009). Les mêmes tendances ont été observées par Salack *et al.* (2011) au Sénégal et par Lodoun *et al.* (2013) au Burkina

Faso. Toutefois, ce retour apparent des conditions humides coïncide avec l'accélération du réchauffement climatique dans le monde (GIEC, 2007). Ces conditions favorables sont le plus souvent associées à des pluies intenses et de plus en plus fréquentes occasionnant des inondations et de nombreux dégâts (Sene et Ozer, 2002).

La variabilité interannuelle ou décennale des précipitations observées pourrait être expliquée par l'augmentation des températures des océans. Selon Janicot *et al.* (2001) l'augmentation des températures des eaux des océans Pacifique et Indien est associée avec les déficits pluviométriques en Afrique de l'Ouest. Précisément, les précipitations sont inversement corrélées avec les températures des eaux de surface des océans Indien et Pacifique et corrélées avec celles de l'Atlantique méridien (Folland *et al.*, 1986). Malgré les efforts déployés pour expliquer la variabilité des précipitations à travers les températures, les membres de la communauté scientifique se sont interrogés encore sur ses origines. La synthèse bibliographique réalisée par le Secrétariat du Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest (CSAO/OCDE) montre que la variabilité des précipitations est liée à l'interaction de plusieurs processus, aucun ne permettant lui seul prétendre de l'expliquer (CSAO/OCDE, 2010). L'interaction entre les gaz à effet de serre, la rétroaction de la surface du sol et le différentiel de charge en aérosols entre les hémisphères nord et sud sont à l'origine de la variabilité des précipitations au Sahel.

## **1.2.2. Impacts de la variabilité et du changement climatiques en agriculture**

### ***1.2.2.1. Lien entre la production agricole et le climat***

En Afrique de l'Ouest, l'agriculture est essentiellement pluviale et dépend des aléas climatiques. Les caractéristiques de la saison des pluies déterminent les périodes de semis et affectent significativement les dates d'application des intrants, les capacités d'absorption en eau des cultures et par conséquent la production agricole (Blein *et al.*, 2008).

Le démarrage des pluies marque le début des semis des cultures vivrières pluviales dans la mesure où l'implantation précoce des cultures pluviales constitue le plus souvent une condition impérative d'obtention d'un niveau de rendement appréciable. Il importe donc de tirer parti des premières pluies utiles fréquemment fragmentées dans le temps et inégalement distribuées dans l'espace (Traore *et al.*, 2013). Autrement dit, un semis précoce se trouve a priori affecté d'une espérance de rendement élevé, mais en contrepartie d'une forte incertitude quant à la réussite d'implantation du peuplement végétal.

Après le semis, les périodes d'application des intrants (NPK, urée) sont a priori définies selon les recommandations des structures de recherches agricoles. Le respect de ces recommandations permet d'accroître les rendements agricoles escomptés. Toutefois, ces recommandations ne sont pas souvent respectées par les agriculteurs lorsqu'il advient des poches de sécheresse à la période d'apport des intrants (Blein *et al.*, 2008). Les poches de sécheresse réduisent les capacités d'absorption en intrants et en eau des cultures pluviales. Par conséquent, elles engendrent une baisse drastique de la productivité agricole. Plus de 60% des pertes des rendements agricoles sont liées à la mauvaise répartition spatio-temporelle de la pluviosité (Blein *et al.*, 2008). La diminution des cumuls pluviométriques engendre 35 à 45 % de baisse des rendements des cultures au Sahel (Sivakumar, 1992; Sultan *et al.*, 2005).

Dans les décennies à venir, les hypothèses de changement du régime pluviométrique indiquent une baisse de la production du mil, du maïs et du sorgho (Sultan *et al.*, 2010; Berg *et al.*, 2013) avec des possibilités d'atteindre des seuils critiques d'insécurité alimentaire dans de nombreuses régions de l'Afrique de l'Ouest (Roudier *et al.*, 2012).

#### ***1.2.2.2. Enjeux de la variabilité climatique en agriculture***

Le secteur agricole est le plus affecté par la variabilité climatique dans les pays d'Afrique de l'Ouest. Dans ces régions, l'agriculture vivrière pluviale occupe une place capitale dans les économies nationales et représente près de 93% des terres cultivées. En effet, les populations de ces pays sont majoritairement rurales et exploitent des systèmes de production agricole dont les performances sont étroitement soumises au climat (Bazza et Sombroek, 1996). En rappel, plus de 80% des céréales consommées en Afrique sub-saharienne proviennent de la production traditionnelle et le secteur agricole emploie plus de 70% de la totalité de la main-d'œuvre (FAO, 2003) et contribue entre 15 et 20% au PIB (IFPRI, 2006).

Outre cette dépendance, la croissance rapide des populations et leur pauvreté, ne leur permettant pas un accès aux adaptations technologiques (mécanisation, engrais, irrigation), constituent des facteurs aggravants des impacts socio-économiques du climat (PNUD, 2004). Ainsi les faibles moyens de l'agriculture pluviale pour anticiper et enrayer les effets des fluctuations climatiques s'illustrent par une corrélation forte entre la productivité agricole et la pluviométrie (Sultan, 2011). Depuis les années 1970, les plus grandes famines (1973-74, 1984-85, 1992-93, 2002-03) ayant nécessité un recours à l'aide alimentaire internationale sont entièrement ou en partie dues aux variations du climat (Dilley *et al.*, 2005). Plus récemment la

crise alimentaire de 2010 au Sahel a été déclenchée par un déficit de pluie en 2009 qui a réduit la production alimentaire (Janin, 2010b).

Dans ce contexte, être capable de mieux comprendre et d'anticiper les fluctuations climatiques et leurs conséquences sur l'agriculture constitue donc un enjeu majeur en terme de développement et de sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest. Si des mesures d'adaptation ne sont pas prises, des baisses de rendement des cultures céréalières sont attendues à l'horizon 2050 (ECOWAS-SWAC/OECD, 2008).

### ***1.2.2.3. Options régionales d'adaptation de l'agriculture à la variabilité et au changement climatiques***

Les pays ouest-africains, en particulier sahéliens, sont confrontés à la sécheresse chronique depuis le début des années 1970. En réponse à cette situation, un grand nombre de tentatives de réponses ont été mises en œuvre.

La création du Comité Permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel (CILSS) en 1973 est la première initiative d'envergure s'inscrivant dans cette perspective. Les domaines d'intervention du CILSS sont : (i) la collecte et la gestion de données agro-hydro-climatiques, (ii) la mise en place d'un système d'alerte précoce, (iii) la recherche et la formation, à travers notamment son centre Agro-Hydro-Météorologique (AGRHYMET) et l'Institut du Sahel. Le centre AGRHYMET est spécialisé dans les sciences et techniques applicables aux secteurs du développement agricole, de l'aménagement de l'espace rural et de la gestion des ressources naturelles. L'institut du Sahel assure la coordination et l'animation de la recherche-action pour la Sécurité Alimentaire et la lutte contre la Sécheresse pour un meilleur équilibre écologique du Sahel.

De plus, l'initiative Prévision Saisonnière en Afrique de l'Ouest (PRESAO) a été lancée en 1998 par un consortium comprenant notamment le Centre Africain pour les Applications de la Météorologie au Développement (ACMAD), l'AGRHYMET et l'Autorité du Bassin du Niger. Il vise le renforcement des capacités dans le domaine de la prévision climatique saisonnière. En début de chaque saison des pluies, la PRESAO génère une prévision sur les conditions pluviométriques de la sous-région. Depuis 1999, la prévision saisonnière des écoulements pour les principaux cours d'eau de la région a été rajoutée aux activités de PRESAO vue l'importance des cours d'eau dans la sécurité alimentaire des populations (Niasse *et al.*, 2004).

Le programme AMMA (Analyses Multidisciplinaires de la Mousson Africaine) est un programme international d'observation du climat du Sahel au Golfe de Guinée mis en œuvre depuis 2002. En Afrique de l'Ouest, il a permis de réelles avancées sur trois objectifs majeurs : (i) mieux comprendre et quantifier les liens entre le climat et l'agriculture, (ii) quantifier la vulnérabilité de l'agriculture aux changements climatiques et (iii) identifier les options prioritaires d'adaptation aux fluctuations et aux changements climatiques (Sultan *et al.*, 2012).

Par ailleurs, tous les pays de l'Afrique de l'Ouest ont eu à soumettre des communications nationales sur l'adaptation aux changements climatiques (Niasse, 2007). Bien que ces communications mettent l'accent sur la mitigation (inventaires des émissions de gaz à effet de serre et mesure d'atténuation), elles préconisent des mesures d'adaptation de l'agriculture aux changements climatiques telles que la vulgarisation de technologies de collecte des eaux de pluie et le renforcement des systèmes d'alerte précoce en cas d'événements extrêmes (sécheresse, inondations).

Des Programmes d'Actions Nationales d'Adaptations (PANA) ont été élaborés par les Etats qui font partie des Pays les Moins Avancés (PMA), donc par tous les pays ouest-africains à l'exception du Nigéria et du Ghana. Ces programmes ont identifié les activités prioritaires à mettre en œuvre dans les différents secteurs pour répondre aux besoins immédiats et urgents d'adaptation aux changements climatiques. En agriculture les actions prioritaires identifiées sont globalement le renforcement des capacités des acteurs, l'utilisation des technologies d'économie d'eau et des variétés améliorées de cultures (ECOWAS-SWAC/OECD, 2008).

### **1.3. SITUATION AGROCLIMATIQUE DU BURKINA FASO**

#### **1.3.1. Caractéristiques climatiques**

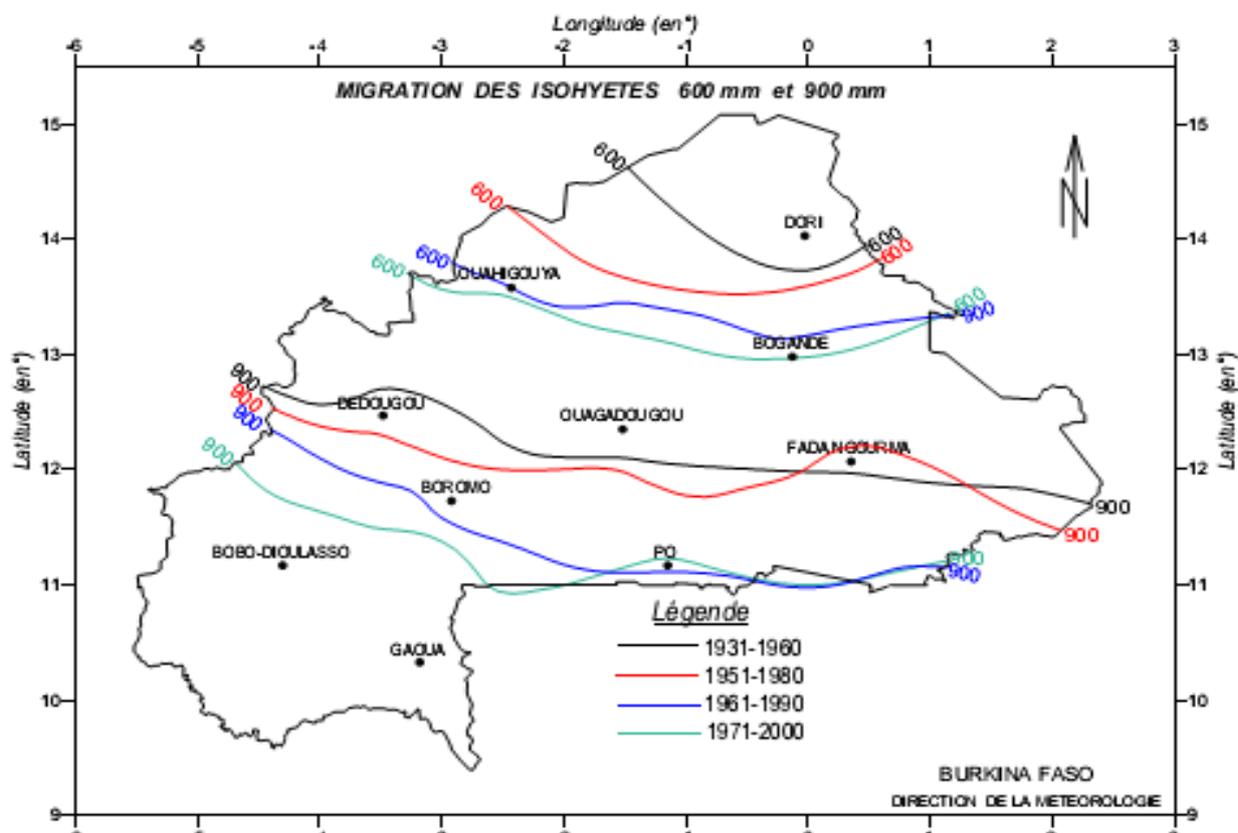
##### ***1.3.1.1. Aperçu des changements climatiques***

A l'instar des pays sahéliens, le Burkina Faso, localisé au cœur de l'Afrique de l'Ouest, est soumis aux changements climatiques. Les variations des températures, des précipitations et la migration des isohyètes sont les principaux reflets des péjorations climatiques (Carte 2).

Les températures connaissent une augmentation de 0,15°C par décennie depuis 1975 (SP/CONEDD, 2011). Les moyennes mensuelles dépassent rarement 35°C et les extrêmes se rencontrent au nord avec une valeur minimale absolue de 5°C observée à Markoye en 1975 et une valeur maximale absolue de 47,2°C à Dori en 1984 (SP/CONEDD, 2007). Les projections

des modèles climatiques indiquent une hausse des températures moyennes de 0,8°C à l'horizon 2025 et de 1,7°C à 2050. Cette hausse des températures connaîtra cependant une variation saisonnière : les mois de décembre, janvier, août et septembre deviendront nettement plus chauds que d'habitude tandis que les mois de novembre et de mars subiront de faibles augmentations de la chaleur (SP/CONEDD, 2011).

Les précipitations ont subi une baisse sensible durant les périodes de 1950 à 2000. La pluviométrie moyenne annuelle décroît du Sud-Ouest au Nord, allant de 1200 mm à moins de 400 mm avec un nombre de jours pluvieux variant respectivement de 80 jours à 40 jours (SP/CONAGESE, 2001). Cette baisse s'est manifestée par le déplacement latitudinal des isohyètes moyennes vers le sud en l'espace de trois décennies normales (période de 30 années consécutives) 1951-1980, 1961-1990 et 1971-2000. Par ailleurs, les projections climatiques prévoient une diminution de la pluviométrie de 3,4% en 2025 et de 7,3% en 2050 (SP/CONEDD, 2007). La diminution de la pluviosité sera doublée d'une très forte variabilité interannuelle et saisonnière. Les pluviosités des mois de juillet, août et septembre connaîtront des diminutions de 20 à 30% alors que celle du mois de novembre subira une augmentation de 60 à 80%.



Carte 2. Evolution spatiale des normales pluviométriques de 1931 à 2000

Source : Direction Générale de la Météorologie (2001)

### 1.3.1.2. Zonage climatique

La répartition spatiale de la pluviométrie permet de distinguer trois principales zones climatiques au Burkina Faso (Carte 3). Il s'agit des zones sahélienne, nord soudanienne et de la zone sud-soudanienne.

La zone Sahélienne, située au nord du parallèle 14°00'N couvre 25% de la superficie du territoire national estimée à 274 000 km<sup>2</sup>. Elle est caractérisée par une pluviométrie annuelle moyenne comprise entre 300 et 600 mm et concentrée sur trois mois avec parfois moins de deux mois de saison de pluies.

La zone nord-soudanienne ou soudano-sahélienne, située entre les parallèles 11°30' et 14°00'N est caractérisée par une pluviométrie moyenne comprise entre 600 mm et 900 mm, répartie sur quatre à cinq mois. Elle occupe le milieu du pays et constitue la zone climatique la plus vaste. Elle représente 50% de la superficie du territoire national.

La zone sud-soudanienne ou soudanienne est située au sud du parallèle 11°30' avec une pluviométrie annuelle moyenne comprise entre 900 et 1200 mm et étalée sur six à sept mois. Elle occupe 25% et est la zone la plus humide.



Carte 3. Zones climatiques du Burkina Faso

Source : Direction de la Météorologie nationale du Burkina Faso (2013)

### 1.3.2. Enjeux de la variabilité et du changement climatiques dans le secteur agricole

#### 1.3.2.1. Lien entre l'agriculture et le climat

Au Burkina Faso, l'agriculture est essentiellement pratiquée par les ménages ruraux dans des exploitations de type familial. Selon le Recensement Général de l'Agriculture (RGA) de 2006, il existe 1 444 795 ménages agricoles, représentant 81,6% de l'ensemble des ménages du pays (MAHRH, 2011a). Les superficies cultivables sont estimées à 9 millions d'hectares (soit environ 30% de la superficie totale du pays). Seulement 4,5 à 5 millions d'hectares sont effectivement cultivés chaque année. Les superficies cultivées varient entre 3 et 6 hectares.

Les principales cultures pratiquées sont les céréales, les cultures de rentes et les tubercules. Les céréales (sorgho, mil, maïs, riz et fonio) ont été emblavées sur une superficie moyenne de 3 462 504 ha, soit près de 77% des superficies annuelles cultivées, entre 2001 et 2010

(MAHRH, 2011b). Elles constituent l'alimentation de base de la majorité de la population. Les légumineuses et les tubercules pratiqués sont le niébé, le voandzou, la patate douce, l'igname et le manioc. Elles ont occupé environ 3% (126 558 ha) des superficies moyennes cultivées entre 2001 et 2010. Les cultures de rente (coton, sésame, arachide, soja) qui constituent des cultures d'exportation, ont représenté environ 20% des superficies annuelles emblavées entre 2001 et 2010 (soit 903 770 ha).

D'une manière générale, l'agriculture est essentiellement pluviale dans les exploitations agricoles. Seulement 24 000 ha (10,27%) de terres sont irrigués pour un potentiel irrigable de 233 500 ha (MAHRH, 2003). Les aménagements hydro-agricoles se répartissent en quatre grandes catégories : les grands périmètres, les moyens périmètres, la petite irrigation et les aménagements de bas-fonds. Dans ces aménagements, l'irrigation est pratiquée sur le riz, la canne à sucre et les cultures maraîchères. Les cultures pluviales telles que le maïs, le sorgho et le mil y sont rarement emblavés. Par conséquent, elles demeurent tributaires de la pluviosité.

#### ***1.3.2.2. Impact de la variabilité climatique sur l'agriculture et la sécurité alimentaire***

Au Burkina Faso, l'instabilité des rendements agricoles est essentiellement imputable à la répartition spatio-temporelle de la pluviométrie. La réussite d'une campagne agricole dépend surtout de la hauteur de pluies tombées dans l'année, du démarrage précoce ou tardif des pluies, de leur répartition au cours de la campagne et de leur fin brusque pendant la phase végétative ou retardée au moment de la récolte. Au cours des quatre dernières décennies, ces options de pluviométries ont été remarquées avec acuité pendant les campagnes agricoles 1973-74 et 1983-84 (Poussart-Vanier, 2005). Durant la dernière décennie, les campagnes agricoles 2004-2005, 2007-2008, 2009-2010 et 2011-2012 ont été caractérisées par des poches de sécheresse.

La campagne 2004-2005 a été marquée par une installation difficile en juin, une pluviométrie moyenne en août et de faibles pluies en septembre avec un arrêt brusque. La production céréalière de la campagne 2004-2005 a été estimée à 2 901 973 tonnes. Elle a diminué d'environ 662 308 tonnes soit 19% par rapport à celle de la campagne précédente (MAHRH, 2005).

Les grandes perturbations pluviométriques vécues pendant la campagne agricole 2007-2008, caractérisées particulièrement par un arrêt brutal des pluies au début du mois de septembre ont occasionné une baisse de 16% et de 11% de la production céréalière, respectivement par rapport à la campagne 2006-2007 et à la moyenne des cinq dernières campagnes précédentes.

Par rapport aux prévisions de ladite campagne (2007-2008), la baisse de la production céréalière due essentiellement aux mêmes effets (perturbations pluviométriques) est estimée à 17%, alors qu'en année normale l'écart entre les prévisions et les résultats définitifs oscille entre plus ou moins 5% (MAHRH, 2011b).

La campagne agricole 2009-2010 s'est distinguée par ses multiples poches de sécheresse qui ont affecté négativement les cultures. Par conséquent, les résultats de la production agricole ont été mitigés. La production céréalière nationale estimée à 3 626 637 tonnes était en baisse de 17% par rapport à la moyenne des cinq dernières années et de 3% par rapport à la campagne qui l'a précédée (MAHRH, 2010).

La campagne agricole 2011-2012 s'était caractérisée par un cumul pluviométrie déficitaire par rapport à la campagne écoulée, avec des poches de sécheresse et un arrêt précoce des pluies dans certaines localités. La production céréalière évaluée à 3 666 405 tonnes était en baisse de 19,61% par rapport à celle de la campagne agricole 2010/2011 et de 5,09% par rapport à la moyenne des cinq dernières années (MAH, 2012).

D'une manière générale, les bilans céréaliers indiquent que la production nationale a couvert les besoins de la population 08 années sur 10 entre 2001 et 2011 (Figure 3). En somme, l'agriculture burkinabé est une agriculture de subsistance et tributaire du climat malgré les stratégies de production adoptées par les ménages agricoles.

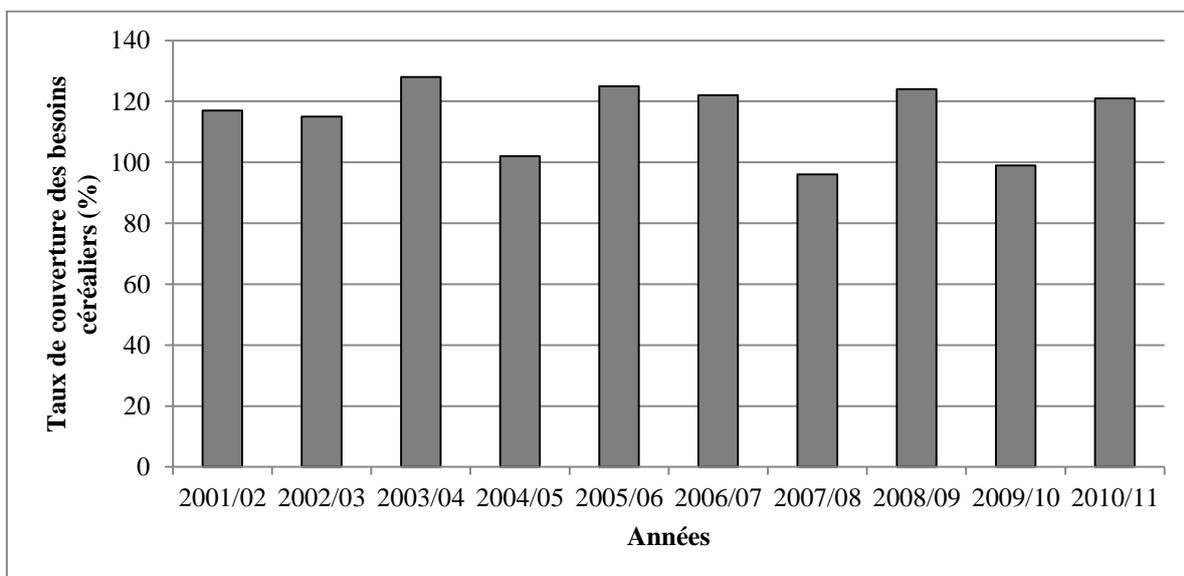


Figure 3. Evolution du taux de couverture des besoins en céréales  
 Source : Direction Générale de la Promotion de l'Economie Rurale (2011)

### **1.3.3 Quelques options d'adaptation de l'agriculture pluviale à la variabilité et au changement climatiques et leurs limites**

A l'échelle des exploitations agricoles, il existe plusieurs options d'adaptation des cultures pluviales à la variabilité et au changement climatiques. Parmi ces options, on peut citer l'utilisation des techniques mécaniques et biologiques. Les prévisions saisonnières sont également des moyens utilisés par les paysans pour planifier la production agricole en fonction des aléas climatiques prévus.

#### ***1.3.3.1. Techniques mécaniques***

##### **1.3.3.1.1 Le zaï**

Le zaï vient du mot *zaïegré* qui signifie *se hâter pour préparer sa terre* en langue *mooré* au Burkina Faso (Roose, 1993). En effet, cette pratique consiste à creuser des trous d'environ 24 cm de diamètre et de 10-15 cm de profondeur, au fond duquel on met de la fumure organique (Photo 1). Les trous sont généralement espacés de 40 cm et disposés de manière alternée (Maatman *et al.*, 1998; Roose *et al.*, 1999; Ouédraogo et Kaboré, 1996). Le déblai est déposé en croissant vers l'aval pour capter les eaux de ruissellement. La matière organique y est ensuite apportée en quantité variable selon les agriculteurs (une poignée, soit environ 600 g/trou) sous forme de fumier ou de compost, avant la période de semis (Zougmoré *et al.*, 2000). Le nombre de cuvettes (zaï) dépend de l'espacement et varie souvent de 12 000 à 15 000 (Reij *et al.*, 1996).

Selon Barro *et al.*, (2005), la réalisation d'un hectare de zaï manuel nécessite environ 300 heures par individu. Le creusement des trous nécessite entre 30 et 70 hommes-jours par hectare, tandis que le temps investi dans l'apport de fumier peut être estimé à 20 hommes-jours par hectare. L'investissement total se situe donc entre 50 et 90 hommes-jours par hectare, auquel il faut ajouter l'amortissement du petit matériel utilisé. La pratique du zaï constitue une alternative intéressante d'augmentation significative du revenu des petits agriculteurs. Elle permet d'accroître le revenu de la culture de sorgho de 22 493 F CFA/ha comparativement à la situation sans zaï. Malgré cette contribution au revenu, la majorité des adoptants ne se sont pas appropriés la technique du zaï d'eux-mêmes. L'étude de Rochette (1989) sur les leçons d'expériences au Sahel a montré que la pratique du zaï a été promue dans les exploitations agricoles grâce à une approche participative adoptée par des projets de développement agricole depuis les sécheresses des années 1970. L'intervention de ces projets

et programmes a été notamment la sensibilisation, la formation et l'organisation des exploitants agricoles.

D'un point de vue climatique, la pratique du zaï constitue une stratégie paysanne pour réduire le déficit hydrique des cultures pluviales (Somé *et al.*, 2004). En effet, il contribue à l'adaptation à la variabilité climatique par sa capacité à réduire les effets des poches de sécheresse en améliorant l'infiltration de l'eau dans le sol par la concentration des eaux de ruissellement (Ouédraogo et Kaboré, 1996). Il est adapté aux régions semi-arides où les sécheresses de début d'hivernage handicapent souvent le démarrage de la saison agricole (Ouédraogo, 2005). Cependant, il ne peut pas combler le déficit hydrique des cultures pour une sécheresse d'une durée de plus de deux à trois semaines selon la capacité de stockage en eau du sol (Roose, 1993).



Photo 1. Pratique du zaï dans une exploitation agricole  
Source : Zongo (2013)

#### **1.2.3.1.2 Les demi-lunes**

Les demi-lunes sont des trous ouverts à la pioche de 2 m de rayon, 15 à 20 cm de profondeur et des écartements de 8 m suivant la pente du terrain ou les courbes de niveau (Vlaar, 1992). La demi-lune cependant peut avoir un rayon allant de 2 à 3 mètres et une profondeur de 30 à 40 cm avec une densité comprise entre 450 et 500 à l'hectare (Torrekens *et al.*, 1997).

En tant qu'ouvrage de collecte des eaux de ruissellement, la demi-lune est surtout adaptée aux zones sahélienne et soudano-sahélienne. Elle est moins utile dans la zone soudanienne où d'autres techniques lui sont préférées, compte tenu des inconvénients que présentent les demi-lunes, qui empêchent la mécanisation des travaux agricoles et nécessitent un entretien assez important. Implantés en zones sèches, ces ouvrages ne conviennent qu'aux sols relativement lourds ayant une capacité de rétention en eau assez élevée : sols limoneux et argilo-limoneux. Ils peuvent être utilisés pour l'agriculture aussi bien que pour la foresterie. Selon Vlaar (1992), l'investissement pour la réalisation des demi-lunes consiste pour la majeure partie en du travail des paysans, qui s'élève à 100 à 200 hommes-jours par hectare. A ceci s'ajoutent l'amortissement du petit matériel (4 000 F CFA/ha) et l'assistance technique dont les coûts sont de l'ordre de 6.000 FCFA/ha. En cas de revêtement des bourrelets avec des pierres, les coûts sont beaucoup plus élevés. Le ramassage, le transport et la mise en place des pierres nécessitent entre 150 et 300 hommes-jours par hectare et l'utilisation des moyens de transport (camion ou charrettes) coûte entre 30 000 et 60 000 F CFA/ha. A l'instar du zaï, la pratique des demi-lunes a été vulgarisée dans les exploitations agricoles grâce aux soutiens de nombreux de projets et programmes de développement agricole (Rochette, 1989). Ces soutiens ont été notamment la subvention du matériel agricole, l'appui-conseils aux exploitants et la fourniture de vivres aux exploitants.

La pratique des demi-lunes contribue à l'adaptation au changement climatique à travers l'amélioration de l'infiltration de l'eau et partant la réduction des effets de la variabilité pluviométrique (Toutain *et al.*, 2006). Similairement au zaï, les demi-lunes ne permettent de satisfaire les besoins hydriques des cultures pluviales au-delà de deux à trois semaines de poches de sécheresse (Roose *et al.*, 1999). Toutefois, elles participent à la réhabilitation des terres dégradées, la stabilisation des sols et la réduction de l'érosion hydrique (Photo 2). Sa réalisation nécessite des compétences en levée de courbes de niveau, des connaissances sur le nivellement du terrain et la disponibilité de petits équipements (daba, pioche, etc.) et de main-d'œuvre importante.



Photo 2. Pratique des demi-lunes dans une exploitation agricole  
Source : Zongo (2014)

#### **1.2.3.1.3 Les cordons pierreux**

Les cordons pierreux sont des ouvrages mécaniques composés de moellons (grosses pierres) alignés suivant les courbes de niveau de la superficie de terre concernée (Photo 3). La largeur d'un cordon est d'environ 15 à 20 cm et la longueur varie entre 10 et 30 m (Zougmore *et al.*, 2000). La réalisation de ces ouvrages requiert des connaissances sur les courbes de niveau, des compétences techniques pour l'utilisation du niveau à eau, la disponibilité de moellons, de petits équipements et partant d'une main-d'œuvre pour le ramassage des matériaux (Savadogo *et al.*, 2011). L'implantation des cordons de pierres suivant les courbes de niveau est une condition pour éviter les écoulements d'eau parallèles aux cordons et les concentrations d'eau qui peuvent provoquer des brèches. Ce même problème peut se produire quand les cordons perdent leur perméabilité dans le temps, à cause d'un comblement par des sédiments. Pour éviter les brèches dues à ces phénomènes, des cloisons peuvent être construites du côté amont des cordons, et des bandes végétatives herbeuses peuvent être installées pour renforcer à long terme les cordons.

Selon Rochette (1989), les cordons pierreux ont été vulgarisés dans les exploitations agricoles par le biais des projets de développement agricole à travers une approche participative. Précisément, les projets ont apporté leur appui à la réalisation de ces aménagements en prêtant un camion pour le transport des pierres, du petit matériel (pioche, barre à mine) et en aidant

les paysans à tracer les courbes de niveau. Le ramassage des pierres et le transport sont réalisés lors de journées de travail collectif.

Les cordons pierreux contribuent à l'adaptation à la variabilité de la pluviométrie en réduisant le ruissellement et en augmentant l'infiltration de l'eau ; ce qui permet de réduire le stress hydrique des cultures en période de poches de sécheresse. Cette contribution engendre une augmentation des rendements agricoles. Avec 20 à 25% des superficies aménageables dans la région du nord et du centre-nord du pays, les gains de rendements à l'hectare sont de 30 à 68% pour le sorgho et 21 à 48 % pour le mil comparativement à la situation sans cordons pierreux (Ouédraogo, 2005). Au total 34294,5 hectares ont été aménagés en cordons pierreux dans la province du Yatenga au Burkina Faso (Botoni et Eij, 2009).



Photo 3. Mise en place des cordons pierreux dans une exploitation agricole  
Source : Zongo (2014)

#### **1.2.3.1.4 Les diguettes filtrantes**

Les diguettes filtrantes sont constituées de pierres libres ou de gabions construits dans une ravine (Driel et Vlaar, 1990). En termes de contribution à la réduction des effets du changement climatique, cette technologie améliore l'infiltration de l'eau et par conséquent contribue à l'adaptation à la variabilité pluviométrique. Elles permettent de récupérer également des terres dégradées par le ravinement et la recharge de la nappe phréatique (Photo 4). Les digues filtrantes sont des réalisations bien appropriées à la zone soudano sahélienne, compte tenu de leur capacité limitée pour arrêter l'écoulement. Elles sont adaptées à tous les

types de sols. Sur les sols dégradés, les diguettes filtrantes peuvent créer de nouveaux champs de culture par l'effet de la sédimentation.

La mise en place de ces ouvrages requiert une identification au préalable des courbes de niveau, une disponibilité de moellons, de petits équipements (charrette, brouette, pioche, etc.) et d'une main-d'œuvre importante. Dans les exploitations agricoles, l'implantation des diguettes a été initiée dans les années 1970 et 1980 grâce à la motivation des exploitants par les partenaires au développement agricole (Rochette, 1989). Cette motivation a été notamment le transport gratuitement des moellons, la sensibilisation et la formation des exploitants agricoles. Par exemple, dans la zone d'intervention de la Fédération des Unions des Groupements Naam (FUGN), plus de 400 digues filtrantes ont été réalisées avec l'appui du Projet d'Aménagement des Terroirs et Conservation des Ressources dans le Plateau Central (PATECORE) initié depuis les années 1980. Toutefois, ces diguettes ne permettent pas de maintenir l'humidité du sol durant les longues périodes de sécheresses (Botoni et Eij, 2009).



Photo 4. Mise en place de diguettes filtrantes dans une exploitation agricole

Source : Savadogo *et al.* (2011)

### ***1.3.3.2. Techniques biologiques***

#### **1.2.3.2.1 Le paillage ou Mulch**

Le paillage consiste à recouvrir le sol d'une couche d'environ 2 cm d'herbes (généralement *Loudetia togoensis*) équivalant à 3 à 6 t/ha ou de branches ou encore de résidus culturaux

(tiges de mil ou de sorgho) de façon à assurer la couverture du sol contre l'érosion éolienne et à stimuler l'activité des termites (Slingerland et Masdewel, 1996). Cette pratique contribue à l'amélioration de la rétention de l'humidité du sol, de l'infiltration de l'eau, et partant à la réduction des effets des poches de sécheresse. Elle participe également à la réduction de l'érosion hydrique et à la récupération des terres dégradées. L'impact du paillage sur les rendements reste cependant faible. Des données collectées à Donsin en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso, il ressort un accroissement de rendement céréalier de l'ordre de 2 à 5% (Ouédraogo, 2005).

#### **1.2.3.2.2 Les bandes enherbées**

Les bandes enherbées sont des barrières biologiques constituées d'herbacées (*Andropogon gayanus*, *Andropogon ascinodis*, *Cymbopogon ascinodis*, *Vetiveria zizanioides*), installées dans les champs selon les courbes de niveau (Vlaar, 1992). Elles sont établies perpendiculairement au sens des écoulements diffus et suivant des critères adéquats liés aux sols, aux pentes et à l'occupation du sol. Elles peuvent être installées de façon isolée ou en association avec des ouvrages antiérosifs disposés en amont desdites bandes. Elles contribuent à réduire les effets de la sécheresse en favorisant l'infiltration de l'eau. Elles favorisent (i) le ralentissement du ruissellement diffus de surface qui les traverse, du fait de la rugosité de surface importante de la végétation de la bande enherbée (ii) la diminution éventuelle de ce flux de ruissellement diffus, par infiltration accrue due à la présence d'une végétation dense.

#### **1.2.3.2.3 Les variétés améliorées de cultures**

L'adaptation variétale consiste en l'utilisation de variétés nouvelles ou améliorées généralement précoces et à potentiel de rendement acceptable. Les variétés à cycle court s'adaptent au raccourcissement de la saison des pluies. Cette pratique permet aux cultures de s'adapter à la baisse continue du nombre de jours de pluie et de la quantité d'eau (Savadogo *et al.*, 2011). Ces variétés sont plus adoptées en zone soudano-sahélienne du fait de la plus grande vulnérabilité des facteurs climatiques. L'importance de l'adaptation variétale en zone soudano-sahélienne s'explique par des facteurs non climatiques, tels que la pression démographique, qui a imposé la nécessité d'intensifier la production agricole dans cette zone. Ceci s'est traduit par une multiplication des projets de développement dans cette zone, qui ont entraîné une large diffusion des technologies agricoles, dont les variétés améliorées (Ouédraogo *et al.*, 2010).

Pour de nombreux auteurs, la diminution de la pluviométrie a entraîné l'adoption par les paysans de variétés de cycles plus courts que les cultivars traditionnels (Roncoli *et al.*, 2002; Kouressy *et al.*, 2008). Le cycle des variétés de sorgho utilisées par les paysans serait même passé de 120-150 jours à 70-90 jours durant les 15 dernières années dans certaines zones agro climatiques (Ingram *et al.*, 2002).

### **1.3.3.3. Utilisation des prévisions saisonnières dans les exploitations agricoles**

#### **1.2.3.3.1. Prévisions paysannes des précipitations saisonnières**

Globalement, les prévisions saisonnières sont une estimation des probabilités des variables clés pour une saison à venir (Ogallo *et al.*, 2000; Klopper *et al.*, 2006). Elles comptent parmi les stratégies traditionnelles des paysans pour réduire le risque climatique sur la production des cultures pluviales (Roncoli *et al.*, 2008 ; West *et al.*, 2008). La hausse des températures, les forts vents suivis de la poussière, la visibilité nette des étoiles et de la lune traduisent une répartition régulière des pluies pour la future saison (Mogotsi *et al.*, 2011). Une floraison précoce et importante de *Erythrina abyssinica* et *Brachystegia spiciformis* de juillet à novembre a été également identifiée comme l'un des signaux de la bonne saison des pluies (Chang *et al.*, 2010). En revanche, la fructification abondante des essences *Boscia albitrunca*, *Adansonia digitata* et la présence accrue des éléphants à proximité des points d'eau d'abreuvement indiquent une future saison sèche. La floraison des espèces végétales *Brachystegia spiciformis* et *Julbernardia globiflora* indiquent le début de la saison hivernale tandis qu'une abondance des fruits de *Uapaca kirkiana* et *Parinari curatellifolia* signale une sécheresse pour la saison future (Risiro *et al.*, 2012).

Outre l'observation du comportement des animaux et des plantes cultivées, des spécialistes rituels utilisent des visions, des rêves et de la divination pour prédire le temps comme par exemple dans le village de Bonam en zone soudano-sahélienne (Roncoli *et al.*, 2002). De ce fait, Phillips *et al.* (2002) comme Kihupi *et al.* (2003) confirment que les fruits et les feuilles des arbres servent souvent d'indicateurs de prévisions communs aux agriculteurs africains.

Toutefois, ces indicateurs de prévision sont également fonction des pratiques culturelles (Ingram *et al.*, 2002 ; Ziervogel et Calder, 2003). Parmi ces pratiques, figurent le choix des variétés de culture suivant le type de sol, la diversification des cultures, l'applications des engrais et l'assolement (Hansen *et al.*, 2007). Les voisins, les marchés locaux et le téléphone sont les voies de dissémination de ces prévisions (Ingram *et al.*, 2002 ; Aker, 2011).

En dépit de leur importance, ces prévisions sont devenues moins fiables qu'auparavant en raison de l'accentuation des changements climatiques au cours des dernières décennies (Ingram *et al.*, 2002; Roncoli *et al.*, 2008). Par conséquent, les paysans sont à la recherche de nouvelles stratégies de prévisions saisonnières pour mieux planifier la production des cultures pluviales (Ingram *et al.*, 2002).

#### **1.2.3.3.2 Prévisions à partir des modèles climatiques**

L'information climatique est l'une des mesures possibles pour atténuer les effets néfastes des changements climatiques sur la productivité agricole (Hansen, 2002 ; Challinor, 2009). Elle consiste à diffuser les prévisions saisonnières obtenues à partir des modèles climatiques auprès des agriculteurs (Klopper *et al.*, 2006).

Les modèles climatiques développés sont notamment CCLM HZG (Rockel *et al.*, 2008), RACMO KNMI (Meijgaard *et al.*, 2008), HadRM3P (Moufouma-Okia et Rowell, 2010), RCA SMHI (Samuelsson *et al.*, 2011) et REMO MPI (Kotlarski *et al.*, 2010). Ils fournissent les dates de début et fin d'hivernage, la durée de la saison des pluies, la durée des séquences sèches moyennes au cours de la saison (jour), la durée des séquences sèches maximales au cours de la saison (jour) et la date des séquences sèches aux acteurs du secteur agricole. Selon Ingram *et al.* (2002) au Burkina Faso et Marteau *et al.* (2011) au Niger, les trois premiers paramètres climatiques sont cruciaux dans le choix des stratégies des agriculteurs. La précision de ces périodes est importante pour l'agriculteur puisqu'un déficit des pluies, un retard dans la mise en place de la mousson ou une diminution de l'activité pluvieuse pendant son déroulement ont des conséquences importantes sur les rendements agricoles. Les informations concernant ces variables climatiques aident ainsi les producteurs dans la prise de décisions pour la conduite des activités agricoles (Balme *et al.*, 2005; Nyong *et al.*, 2007). En effet, le choix de la date de semis est un élément crucial dans la stratégie de l'agriculteur qui doit s'assurer que le semis n'est pas suivi d'une trop longue séquence sèche et que la plante arrive à maturation à la fin de la saison des pluies. De plus, l'occurrence des poches de sécheresse pendant les phases critiques de développement de la plante peut avoir des répercussions importantes sur le rendement, et ce, même si le cumul saisonnier (total pluviométrique accumulé sur la saison de mousson) est important.

Si le système actuel de prévisions saisonnières semble pouvoir apporter des bénéfices aux agriculteurs, Roudier *et al.* (2014) ont néanmoins montré qu'il a ses limites. En effet, un des défauts de ce système est qu'il ne répond pas toujours aux attentes des utilisateurs quant aux

variables climatiques les plus pertinentes pour l'aide à la décision. Ingram *et al.* (2002) souligne que les forums de prévisions saisonnières fournissent les périodes de début et fin de la saison pluvieuse en mettent l'accent sur le cumul pluviométrique saisonnier. Selon les auteurs, l'utilisation du cumul pluviométrique par les agriculteurs est limitée ; il ne vient qu'en troisième position de leurs priorités qui sont (i) les dates de démarrage et de fin de la saison des pluies ainsi que (ii) la répartition des pluies au sein de la saison pluvieuse. Pour un même cumul pluviométrique saisonnier, le rendement d'une culture peut être très différent si toutefois le démarrage de la saison pluvieuse est précoce, tardif ou s'il advient des poches de sécheresses.

#### **1.4. CONCLUSION PARTIELLE**

Ce chapitre a présenté les caractéristiques du climat de l'Afrique de l'Ouest et les enjeux des changements climatiques en agriculture. Il ressort de cela que les conditions climatiques de la région connaissent des variations chroniques et de grandes ampleurs, surtout depuis le début des années 1970. La distribution des pluies utiles, se concentrant dans un intervalle de temps très court entre juin et septembre, impose une contrainte hydrique forte aux cultures des régions sahéliennes et une extrême sensibilité des rendements agricoles aux fluctuations de la mousson à différentes échelles d'espace et de temps. Au Burkina Faso en particulier, les enjeux des changements climatiques sont considérables malgré les stratégies d'adaptation adoptées par les paysans dans les exploitations agricoles. Les sources d'alimentation et de revenu de la majorité des ménages ruraux demeurent tributaires des rendements des cultures pluviales. Dans un tel contexte, l'innovation agricole se présente comme l'une des stratégies possibles pour réduire la vulnérabilité des ménages à la variabilité et aux changements climatiques.

## **CHAPITRE 2. CADRE THEORIQUE D'ANALYSE DES INNOVATIONS AGRICOLES FACE A LA VARIABILITE ET AU CHANGEMENT CLIMATIQUES**

### **2.1. INTRODUCTION**

Dans les pays sahéliens d'Afrique de l'Ouest, l'agriculture est essentiellement pluviale et donc tributaire des conditions climatiques. Dans un tel contexte, les changements climatiques constituent l'une des contraintes majeures au développement agricole. Face à ces conditions climatiques, les acteurs du développement rural ne sont pas restés indifférents. Ils ont développé et mis en œuvre diverses innovations agricoles aussi bien technologiques qu'institutionnelles. Elles sont initiées à l'échelle des exploitations agricoles comme au niveau régional. Ce chapitre vise à mettre en exergue le lien entre les changements climatiques et la genèse des innovations agricoles dans les exploitations. Il aborde notamment les concepts relatifs aux innovations agricoles et les approches d'analyse des facteurs de leur adoption par les agriculteurs. Ces approches sont dominées par les théories physico-sociales et les approches économétriques. Le cadre théorique met également en lumière les méthodes d'analyse de la rentabilité des innovations agricoles. A l'issue de la synthèse, le chapitre précise les options méthodologiques adoptées pour traiter les questions de recherches relatives aux objectifs spécifiques de la présente étude.

### **2.2. LIEN ENTRE L'INNOVATION AGRICOLE ET LA VULNERABILITE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

#### **2.2.1. Retour sur le concept d'innovation**

Premier théoricien économiste, Schumpeter (1935) assimile l'innovation à la combinaison nouvelle de facteurs de production qui peut s'exprimer par la confection d'un nouveau produit, une nouvelle manière de produire, la construction de nouveaux débouchés, ou l'accès à de nouvelles ressources. A partir des années 1950, le concept d'innovation s'est étendu aux autres disciplines des sciences sociales et est devenu polysémique au sein et entre elles (Rogers, 1995). Dans la littérature, les approches dudit concept diffèrent selon les secteurs d'activités (OCDE et Eurostat, 2005).

En agriculture, l'innovation signifie une introduction d'une pratique agricole nouvelle, parfois une modification d'une pratique traditionnelle, plus rarement l'adoption d'un comportement socioéconomique nouveau (Chantran, 1972). Pour Adam (1982), l'innovation désigne une

nouvelle idée, une méthode ou technique qui permet d'accroître la productivité agricole et le revenu agricole. Elle se caractérise par la modification de pratiques agricoles antérieures qui sont des inventions déjà vulgarisées auprès des agriculteurs (Sibelet et Dugué, 2012). L'innovation agricole est ainsi la mise en pratique d'une invention des agriculteurs et des sociétés rurales (chercheurs, agents de développement, etc) (Milleville, 1987).

Par ailleurs, l'innovation est composite dans la mesure où elle peut être à la fois de nature technique, organisationnelle ou institutionnelle (Bodiguel, 1974). En général, toute innovation technique va le plus souvent de pair avec une innovation organisationnelle et/ou institutionnelle (Akrich *et al.*, 1988). Les conditions nécessaires pour faciliter l'accès des paysans aux innovations agricoles sont : les approches participatives, les partenariats entre producteurs agricoles et leurs organisations, la stimulation de synergies entre les sources formelles et informelles de connaissance et d'innovation et l'accès au financement et au crédit (Jamin, 2010).

Les interrelations complexes entre les acteurs des innovations agricoles ont amené la recherche à proposer le concept de système d'innovation pour mieux appréhender les dynamiques d'innovations (Faure *et al.*, 2012). Le système d'innovation est un réseau d'organisations, d'entreprises et d'individus produisant de nouveaux produits, de nouveaux processus, ou de nouvelles formes d'organisation mis en œuvre dans des activités économiques, et incluant les institutions et les politiques qui affectent leurs comportements et leurs performances (World Bank, 2006). Le concept de système d'innovation agricole permet d'appréhender le rôle des différents acteurs de l'innovation, la nature et les caractéristiques de leurs interactions et les institutions officielles et informelles qui structurent le processus de diffusion des innovations (Spielman, 2005).

### **2.2.2. Innovation agricole et vulnérabilité aux changements climatiques**

La vulnérabilité du secteur agricole aux changements climatiques se traduit par la baisse des rendements avec pour corollaire l'insécurité alimentaire, voire la famine, l'amplification de la pauvreté, la hausse des prix des produits agricoles et la faible contribution au reste de l'économie (IPCC, 2014). Dans un tel contexte, il est communément admis que l'innovation est cruciale pour relever le défis de l'adaptation au changement climatique afin d'assurer la sécurité alimentaire et accroître le revenu des agriculteurs (Rivera *et al.*, 2005; OCDE-CRDI, 2010).

Plusieurs auteurs ont montré que les effets néfastes de la variabilité et du changement climatiques sur la production agricole stimulent non seulement les innovations technologiques et organisationnelles, mais aussi institutionnelles en agriculture (Koppel, 1995; Rodima-Taylor *et al.*, 2012 ; Chhetri *et al.*, 2012). Les innovations sont considérées comme des stratégies d'adaptation élaborées et mises en œuvre par les institutions internationales, les organisations régionales, les gouvernements et les acteurs locaux (agriculteurs ; ONG) pour atténuer la vulnérabilité aux changements climatiques afin d'accroître la production agricole (OCDE, 2013a).

La recherche et le transfert des technologies innovantes sont les facteurs principaux de la sécurisation alimentaire durable et de l'éradication de la faim et de la pauvreté (Smithers and Blay-Palmer, 2001). Les innovations technologiques adoptées par les agriculteurs sont les techniques de conservation des eaux et des sols, l'association agriculture-élevage, l'utilisations des variétés améliorées et la pratique de l'irrigation (Jouve, 1991; Ouédraogo *et al.*, 2010). La vulgarisation de ces innovations reçoit l'appui de plusieurs partenaires parmi lesquels figurent les ONG, les centres de recherches, les agents des services agricoles de l'Etat. L'ensemble des actions de vulgarisation est inscrit dans un plan national d'adaptation (PANA) au changement climatique au niveau de chaque pays (SP/CONEDD, 2007).

A l'échelle régionale, les innovations intentionnelles sont notamment la création en 1974 du Comité Inter-Etat de lutte contre la Sécheresse au Sahel (CILSS), la mise en place de l'initiative Prévision Saisonnière en Afrique de l'Ouest (PRESAO) en 1998, le Programme d'Analyse Multidisciplinaire de la Mousson Africaine (AMMA) (Niasse *et al.*, 2004).

Au niveau mondial, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a été établi en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (GIEC, 2007). D'une manière générale, il est chargé d'évaluer les informations scientifiques relatives aux changements climatiques, de mesurer les conséquences environnementales et socio-économiques de ce changement et de formuler des stratégies.

## **2.3. PROCESSUS D'INNOVATION EN AGRICULTURE DANS LES EXPLOITATIONS AGRICOLES**

### **2.3.1. Approche diffusionniste de l'innovation**

Plusieurs acteurs ont plaidé et investi considérablement pour le développement et le renforcement de la recherche publique, des services de conseils agricoles, et des liens les connectant les uns aux auteurs, dans l'idée de créer et de diffuser une panoplie d'innovations en vue d'accroître la production agricole face au changement climatique (Nkonya et Kato, 2011). Le modèle d'innovation sous-jacent était linéaire. Dans un tel modèle, les chercheurs produisent et utilisent des connaissances pour générer les nouvelles technologies qui sont ensuite diffusées par les conseillers agricoles auprès des agriculteurs potentiellement intéressés (Rogers, 1995).

Pour encourager les agriculteurs à adopter ces innovations, les conseillers agricoles leur fournissent une assistance sous forme de conseils, de crédits, formations, etc. Il existe donc une relation directe de cause à effet entre la recherche agricole, le développement des techniques et leur diffusion et, en bout de chaîne, leur adoption par les paysans, qui induit des répercussions et des impacts d'ordre économique et social (Hall *et al.*, 2001). Les paysans sont ainsi considérés comme des utilisateurs finaux, qui doivent être persuadés ou autrement cajolés pour adopter les résultats de la recherche, plutôt que comme des partenaires dans le processus (Hakiza *et al.*, 2004). Cette approche diffusionniste de l'innovation a produit des résultats significatifs ; de nombreux agriculteurs et consommateurs en ont bénéficié (Evenson et Gollin, 2003).

Toutefois, ce modèle de diffusion directe des techniques a fait l'objet de critiques, car il ne permet pas d'appréhender l'origine, la nature et la dynamique de la plupart des processus d'innovation, en particulier dans le contexte des pays en développement (Roling et Engel, 1992). De plus, il n'accorde pas suffisamment d'attention aux questions de répartition ou d'équité en matière d'innovation (Hall *et al.*, 2001). Le succès limité de l'approche diffusionniste linéaire de l'innovation, ainsi que l'expérience et les leçons accumulées sur la manière dont les innovations advient dans la pratique, ont suscité l'émergence et, surtout, l'adoption et la mise en œuvre progressive d'approches s'inspirant du concept de système d'innovation (Lundvall *et al.*, 2002 ; Wejnert, 2008).

### 2.3.2. Systèmes d'innovation agricole

Initialement utilisé dans le cadre du développement des technologies dans les économies développées, le concept de système d'innovation a été ensuite appliqué au secteur agricole, tant dans les pays développés que dans les pays en voie de développement (World Bank, 2006).

D'une manière générale, les systèmes d'innovation agricole (SIA) émanent d'une interaction dynamique et ouverte entre de nombreux acteurs qui interviennent dans la production, la transformation, le conditionnement, la distribution et la consommation ou l'utilisation des produits de l'agriculture ; ce qui permet de tirer profit des connaissances disponibles les plus appropriées (Ekboir et Parellada, 2002). La participation de la recherche, des services de conseil agricole et de l'enseignement est habituellement nécessaire, mais pas suffisante pour apporter aux agriculteurs les savoirs, les technologies et les services dont ils ont besoin (OCDE, 2013). Outre de robustes capacités en matière de recherche-développement, l'échange de connaissances entre acteurs, la capacité à innover va de pair avec l'action collective, les mesures incitatives et les ressources disponibles pour forger les partenariats et l'existence de conditions qui autorisent les agriculteurs et les chercheurs à faire usage des innovations (World Bank, 2012).

Les SIA permettent de disposer d'un cadre élargi permettant de multiplier les manières d'appréhender l'innovation agricole comparativement aux approches et paradigmes antérieurs (Halla *et al.*, 2003). Contrairement au paradigme linéaire, il ne se concentre ni étroitement ni prioritairement sur l'aspect de l'offre en innovation (le fameux *technology full*), ni non plus sur l'aspect de la demande (*technology push*), mais prend plutôt en considération les initiatives provenant de l'ensemble des acteurs et parties prenantes, qu'il s'agisse d'individus ou d'institutions, concepteurs ou d'utilisateurs, qu'ils appartiennent au secteur public ou privé (Hall *et al.*, 2001). Il tient également compte des connaissances, des compétences et des attitudes de chacun de ces acteurs, qu'elles contribuent positivement à l'innovation ou, parfois, qu'elles s'y opposent. Il accorde aussi une attention soutenue aux interactions de coordination, de gouvernance et d'intermédiation. Il met en évidence les relations cruciales qui existent entre le processus d'innovation et le contexte socio-économique dans lequel il s'inscrit, ce qui comprend les aspects politiques, qui sont fondamentaux (Triomphe et Rajalahti, 2012). L'analyse des facteurs d'adoption et de diffusion des innovations agricoles est essentiellement basée sur les approches psychosociologiques et socio-économiques.

## **2.4. APPROCHES PSYCHOSOCIALES D'ANALYSE DES FACTEURS D'ADOPTION ET DE DIFFUSION DES INNOVATIONS AGRICOLES**

Plusieurs approches psychosociales sont utilisées pour analyser les facteurs d'adoption et de diffusion des innovations dans leur globalité. Les approches fréquemment utilisées dans les études sont la théorie de l'action raisonnée, le modèle d'acceptation et surtout la théorie de la diffusion des innovations.

### **2.4.1. Théorie de l'action raisonnée**

La théorie de l'action raisonnée (TAR) a été proposée par Fishbein et Ajzen (1975) pour prédire et expliquer les comportements d'adoption et la diffusion des innovations. Elle stipule que les comportements d'un individu à innover sont déterminés par deux facteurs de base, l'un reflétant son intérêt personnel et l'autre son influence sociale (Ajzen et Madden, 1986). L'intérêt personnel se réfère à une attitude qui conduit un utilisateur à évaluer, favorablement ou défavorablement, l'adoption d'une innovation. L'attitude est formée de l'ensemble des croyances quant aux conséquences de la réalisation du comportement, pondérées par l'importance que l'individu accorde à chacune de ces conséquences. L'influence sociale, considérée comme une norme subjective, se réfère à la perception qu'ont les individus de ce que les autres attendent d'eux, et à leur degré de motivation de se conformer à ces attentes. La norme subjective se réfère à l'ensemble des croyances d'un individu quant à l'opinion de personnes ou de groupes de référence par rapport au fait qu'il réalise un comportement.

L'application de la TAR a connu plusieurs succès dans diverses études. Cependant, en agriculture, ce succès a été très limité pour l'analyse des facteurs d'adoption et de diffusion des innovations agricoles. La raison est liée au fait qu'elle ne tient pas compte des facteurs qui se trouvent en dehors des possibilités de contrôle de l'adoptant (Ajzen, 1991).

### **2.4.2. Modèle d'acceptation de la technologie**

Dérivé de la TAR, le modèle d'acceptation de la technologie (MAT) indique que l'adoption des innovations est essentiellement déterminée par deux types de perceptions : l'utilité perçue du système et sa facilité d'usage perçue (Davis, 1989). L'utilité perçue est définie comme étant le degré avec lequel une personne pense que l'utilisation d'un système améliore sa performance au travail. La facilité d'utilisation perçue se rapporte au degré auquel une personne pense que l'utilisation d'un système ne nécessite pas d'efforts. Cette définition

suggère qu'une application perçue comme étant plus facile à utiliser a plus de chance d'être acceptée par les utilisateurs.

A l'instar de la TAR, le MAT a été employé dans plusieurs domaines pour prédire et analyser les facteurs des innovations (Amoako-Gyampah et Salam, 2004; Rezaei-moghaddam et Salehi, 2010). En agriculture, il a été cependant peu utilisé pour analyser les déterminants d'adoption des innovations agricoles.

## **2.6 APPROCHES SOCIOLOGIQUES D'ANALYSE DES FACTEURS D'ADOPTION ET DE DIFFUSION DES INNOVATIONS AGRICOLES**

### **2.6.1 Théorie de la diffusion**

Selon la théorie de la diffusion, l'adoption et la diffusion des innovations dépendent de cinq facteurs à savoir : l'avantage relatif, la compatibilité, la complexité, la possibilité d'essai et le caractère observable (Rogers, 1995). L'avantage relatif correspond au degré selon lequel une innovation est perçue comme étant meilleure que ce qu'elle remplace. Ce degré d'avantage relatif peut être exprimé en termes de rentabilité économique, de prestige social ou d'autres types de bénéfices. Agarwal et Prasad (1998) soulignent que l'avantage relatif capture la perception qu'a l'adoptant potentiel du degré d'avantage offert par l'innovation sur les autres façons de réaliser la même tâche. La compatibilité de l'innovation renvoie aux valeurs suivant les expériences passées et les besoins de l'adoptant potentiel. Une innovation compatible doit ainsi correspondre aux attentes de l'adoptant potentiel (Tornatzky et Klein, 1982). Dans ce cas, elle est rapidement adoptée. La complexité correspond à la difficulté perçue de comprendre les principes, le fonctionnement et l'utilisation de l'innovation (Rogers, 1995). Elle exprime la facilité d'utilisation de l'innovation. Les innovations perçues comme étant plus faciles à utiliser et moins complexes ont plus de chance d'être acceptées et utilisées par les adoptants potentiels. La possibilité d'essai d'une innovation représente la facilité avec laquelle l'innovation peut être utilisée à faible échelle ou sur un petit périmètre avant de devoir être adoptée complètement. Une innovation qu'un individu ou une organisation peut essayer expérimentalement aura tendance à être adoptée plus facilement, car l'incertitude quant à ses conséquences sera levée plus rapidement. Enfin, le caractère observable correspond à la possibilité pour les adoptants potentiels d'observer les effets de l'innovation. Contrairement à la TAR et au MAT, la théorie de la diffusion a été adoptée pour représenter l'évolution spatio-temporelle du taux d'adoptants des innovations agricoles dans la mesure où elle tient compte des facteurs exogènes.

Selon Rogers (1995), l'innovation atteint d'abord un premier individu d'une population (ou un premier village d'une région) et se diffuse spontanément, de proche en proche, par effet de contamination, un peu comme une épidémie. Ce modèle rapportant le nombre d'adoptants en fonction du temps traduit la vitesse de diffusion des innovations agricoles. La courbe de diffusion en « S » permet de distinguer cinq catégories d'adoptants: les pionniers, les innovateurs, la majorité précoce, la majorité tardive et les retardataires (Figure 4). Cette conception a donné lieu à la mise en place d'approches verticales et descendantes de transfert technologique, visant à transmettre directement aux agriculteurs des techniques nouvelles élaborées en stations expérimentales et l'expression la plus aboutie est la méthode Formation et Visites (*Training and Visits ou T&V*). Dans cette méthode, mise au point pendant les années de la révolution verte et appuyée par la Banque mondiale au tournant des années 1970-1980, les agents de vulgarisation sur le terrain sont responsables d'un groupe d'agriculteurs auxquels ils enseignent les techniques de production préconisées par la recherche agricole. Ces groupes d'agriculteurs, appelés agriculteurs contacts (*Contact Groups*), sont sensibilisés et formés à la nouvelle technique dans le cadre d'une série de visites régulières au champ (*Farmer Field School*) organisées par les agents de vulgarisation. Une fois la technique introduite auprès de ces agriculteurs contacts, elle est censée se diffuser selon le modèle épidémiologique. En principe, les visites doivent aussi permettre aux techniciens d'évaluer les besoins des paysans, afin d'en informer les institutions de recherche qui mettront au point de nouvelles techniques adaptées de production agricole.

En somme, l'approche *T&V* est basée sur l'établissement d'un dialogue permanent entre les populations et les agents techniques, le respect mutuel et le principe de partenariat ainsi que la reconnaissance du savoir-faire local. Un accent particulier est mis sur la valorisation des connaissances et savoirs des populations locales et leur combinaison avec la connaissance scientifique moderne (Gueye et Freudenberg, 1991). La courbe rend assez bien compte des catégories d'agriculteurs en fonction de la diffusion des innovations agricoles. Néanmoins, elle a été remise en cause, car elle exclut les non-adoptants dans la catégorisation des agriculteurs. Si la distribution des différents types d'innovateurs en fonction du temps est construite en incluant les non-adoptants, la courbe ne suit pas une courbe en « S » (Sibelet, 1995), ce modèle ne s'applique donc pas à l'ensemble de la société. De plus, le modèle ne tient pas compte de la diversité des situations dans lesquelles se trouvent les différentes catégories d'agriculteurs. Les caractéristiques socio-économiques, institutionnelles et géographiques ne sont pas prises en compte dans la catégorisation des innovations agricoles

(Bentz et GRET, 2002). Par ailleurs, la théorie de la diffusion ne permet pas d'examiner les corrélations entre les caractéristiques des agriculteurs et leurs décisions d'adoption ou rejet des innovations agricoles (Bodiguel, 1970).

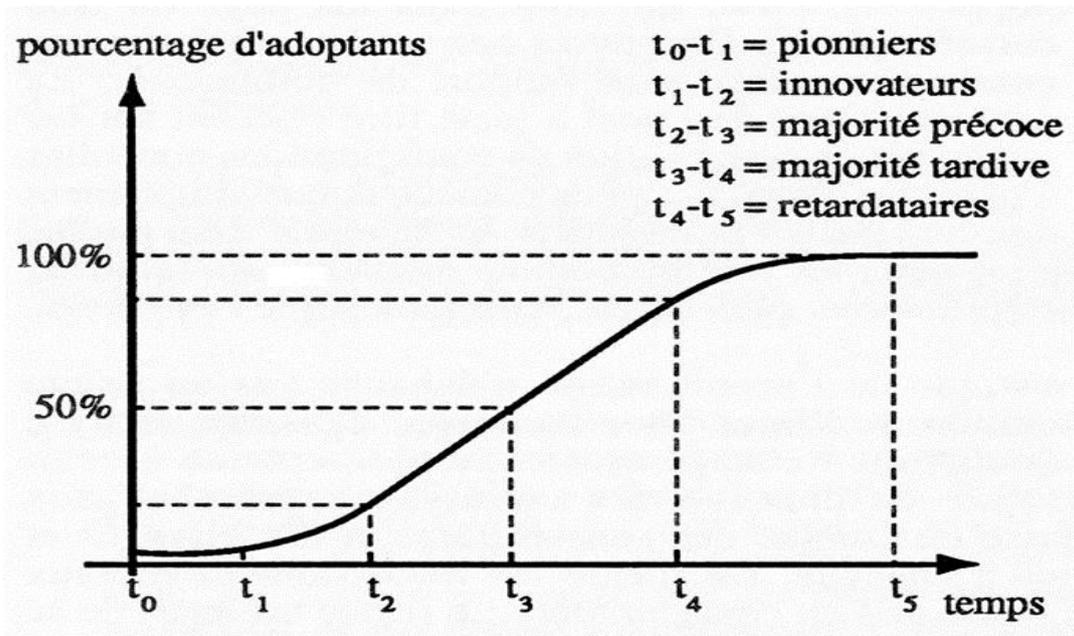


Figure 4. Courbes de diffusion temporelle des innovations agricoles  
 Source : Rogers (1995)

### 2.6.2. Approche de l'appropriation

L'approche de l'appropriation de l'innovation est une composante de la sociologie qui s'intéresse à l'usage de l'innovation dans la vie quotidienne des usagers. Contrairement à l'approche de la diffusion qui s'attarde à constater et à expliquer les disparités en différenciant des profils des adoptants (usagers), l'approche de l'appropriation met en évidence la disparité des usages et des usagers en montrant la construction sociale de l'usage, notamment à travers les significations qu'il revêt pour l'utilisateur (Millerand, 1998).

L'approche de l'appropriation met en relief les écarts entre les usages prescrits et les usages effectifs, entre les usages prévus et les usages réels d'une innovation donnée (Perriault, 1989). Elle se distingue ainsi en analysant la formation des usages du point de vue des usagers et non à travers l'évolution d'un taux d'adoption d'une innovation. Selon Chambat (1994), les différences des taux d'adoption des innovations agricoles ne sont que le révélateur des disparités de signification que revêtent les pratiques concernées pour les différents groupes sociaux. Ces disparités sont plutôt liées à l'origine socioculturelle de l'utilisateur ainsi qu'aux contextes d'usages (Jouet, 1993).

Toutefois, l'approche de l'appropriation révèle plusieurs lacunes. Du point de vue démarche, elle assimile l'utilisateur à un acteur et cherche à analyser les motivations des usages qu'il développe à partir de l'innovation de départ et la manière dont il se définit par rapport à cette dernière (Millerand, 1998). Pourtant, l'utilisateur n'est pas que simple utilisateur de l'innovation ; il ne fait pas exactement ce que l'on attend de lui. Selon Certeau (1980), l'utilisateur est actif, rusé et capable de créer ses propres usages. Il y a une réinterprétation de la part de l'utilisateur, qui peut conduire à une adoption sélective, un rejet partiel et/ou une transformation partielle de l'innovation. Ainsi, les effets d'une innovation ne prennent véritablement sens qu'à travers l'utilisation que les utilisateurs en font. Sur le plan méthodologique, l'approche de l'appropriation emploie les méthodes qualitatives empruntées à l'ethnographie dont notamment l'observation participante et les entretiens en profondeur (Lacroix, 1994). Elle utilise également les méthodes quantitatives ainsi que l'analyse du discours (Proulx et Laberge, 1995). L'ensemble de ces méthodes a également fait l'objet de maintes critiques. Ces méthodes font glisser l'approche de l'appropriation vers une problématique psychologisante qui se réduirait à l'unique prise en compte des facteurs personnels des utilisateurs, sans aborder les dimensions économiques (Millerand, 1999). Ces limites ont incité ainsi les sociologues et les économistes à s'orienter vers de nouvelles approches pour analyser des déterminants d'adoption des innovations agricoles.

## **2.7. APPROCHES ECONOMETRIQUES D'ANALYSE DES FACTEURS D'ADOPTION ET DE DIFFUSION DES INNOVATIONS AGRICOLES**

Les approches économétriques combinent les outils sociologiques et économiques pour analyser les facteurs d'adoption et de diffusion des innovations agricoles. Elles sont fondées sur la théorie de l'utilité.

### **2.7.1. Théorie de l'utilité : fondement économique de l'adoption**

La théorie économique prédit que, face à un problème de choix, l'agent économique rationnel opte pour l'option qui maximise son utilité (McFadden 1975 ; Gourieroux 1989). L'utilité est une mesure du bien-être ou de la satisfaction obtenue par l'obtention d'un bien, d'un service ou d'argent (Mosnier, 2009). Le principe économique de rationalité et particulièrement l'hypothèse de maximisation de l'utilité constituent les fondements d'une analyse de choix (Varian, 2006). Bien qu'elle soit généralement économique, cette rationalité peut être écologique ou socioculturelle (Rasmussen et Reenberg, 2012).

Conformément à cette théorie, les producteurs agricoles sont supposés prendre des décisions rationnelles d'adoption ou non des innovations basées sur une maximisation de l'utilité (Nkamleu et Adesina, 2000). La théorie de maximisation de l'utilité est utilisée pour expliquer le comportement d'adoption des innovations agricoles par les agriculteurs. Dans la littérature, les déterminants des décisions d'adoption ou rejet sont souvent analysés à travers différentes approches économétriques.

### **2.7.2. Modélisation économétrique**

Divers modèles économétriques sont utilisés pour analyser les facteurs d'adoption et de diffusion des agricoles. Parmi ceux-ci, les modèles Logit, Probit, Tobit et Heckman sont les plus couramment employés dans la littérature.

Les modèles Logit ou Probit binaires sont employés lorsqu'il s'agit d'analyser les facteurs d'adoption ou rejet des innovations par les agriculteurs. Ils assimilent les décisions des agriculteurs à une variable dichotomique prenant la valeur 1 s'il y a adoption et 0 sinon. De nombreux auteurs ont utilisé ces modèles dans leurs travaux. Le modèle Probit binaire a été utilisé pour déterminer les facteurs d'adoption de l'irrigation des céréales en Tunisie (Khaldi *et al.*, 2010), du paillage au Nigéria (Akinola et Owombo, 2012), des engrais au Cameroun (Nkamleu et Adesina, 2000), de la variété du riz NERICA en Gambie (Dibba *et al.*, 2012), de la patate en Ethiopie (Abebe *et al.*, 2013), des techniques de conservation des eaux et des sols au Burkina Faso (Sidibé, 2005), en Ethiopie (Tadesse et Belay, 2004 ; Asrat *et al.*, 2004) et de nouvelles technologies agricoles (semences améliorées, tracteurs, animaux de trait) au Mozambique (Cunguara et Darnhofer, 2011). Quant au modèle Logit, il a servi à analyser les déterminants d'adoption du semis direct en Tunisie (Ben-Salem *et al.*, 2006), des techniques de conservation des eaux et des sols (Ouédraogo *et al.*, 2010), du compostage au Burkina Faso (Somda *et al.*, 2002), de l'irrigation goutte à goutte en Algérie (Salhi *et al.*, 2012), des semences améliorées de maïs en Zambie (Khonje *et al.*, 2015), des innovations en riziculture aux Philippines (Mariano *et al.*, 2012). La différence entre les modèles binaires Logit et Probit réside dans la spécification de la fonction de répartition. Le modèle Probit est régi par la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite de moyenne 0 et variance 1. Quant au modèle Logit, il dérive de la fonction de répartition de la loi logistique de moyenne 0 et variance  $\pi^2/3$ . Les estimateurs obtenus avec le modèle Logit sont donc  $\pi^2/3$  fois plus grands environ que ceux obtenus par le modèle Probit. Ces lois étant proches, le choix de l'un ou l'autre modèle dépend ainsi de l'utilisateur. Toutefois, comparé au modèle Probit, le modèle

Logit a clairement une forme plus explicite. La fonction de distribution de la loi logistique est en effet plus facile à utiliser, symétrique par rapport à 0 et plus aplatie que la distribution normale centrée réduite. Ces raisons font que le modèle Logit est souvent plus utilisé que le modèle Probit (Greene, 2011).

Les modèles multinomiaux Logit et Probit sont respectivement des extensions des modèles Logit et Probit binaires. Ils sont utilisés pour analyser les décisions d'adoption ou rejet des agriculteurs lorsqu'ils font face à plusieurs innovations. Dans ce cas, les décisions des agriculteurs sont assimilées à une variable polytomique dont les modalités représentent le choix des différentes innovations agricoles. L'application de ces modèles a permis de déterminer les facteurs d'adoption des techniques de conservation des eaux et des sols en Ethiopie (Amsalu et Graaff, 2007; Teklewold et Kohlin, 2010), au Chili (Jara-Rojas *et al.*, 2012), des semences améliorées en Géorgie (Mcbride et Daberkow, 2003), en Inde (Krishna et Qaim, 2007). Ils ont été également employés pour analyser les déterminants de la diffusion de l'utilisation de la fumure organique en Irlande (Läpple et Rensburg, 2011), de la variété de semence de riz NERICA en Uganda (Kijima *et al.*, 2011), des techniques améliorées d'irrigation à l'Ile de la Réunion (Richefort et Fusillier, 2010), des choix des méthodes de lutte contre les pestes dans les plantations de cacao et de café au Cameroun (Nkamleu et Coulibaly, 2000), de l'utilisation de la biotechnologie en agriculture aux Etats-Unis (Barham *et al.*, 2001), des innovations pour la production de banane (Blazy *et al.*, 2011).

L'utilisation du modèle Tobit est recommandée pour l'analyse des facteurs explicatifs de l'intensité (taux) d'adoption des innovations agricoles. Ce modèle a permis d'analyser les déterminants de l'intensité de l'adoption des variétés améliorées de maïs et niébé au Nigéria (Oladele, 2005), de sorgho et de riz au Burkina Faso et en Guinée (Adesina et Baidu-Forson, 1995). Ils sont également employés pour déterminer les facteurs explicatifs de l'intensité d'adoption des techniques de conservation des sols en Sierra-Léone (Adesina et Zinnah, 1993), au Burkina Faso (Kazianga et Masters, 2002), au Malawi (Ngwira *et al.*, 2014), au Niger (Baidu-Forson, 1999), au Zimbabwe (Mazvimavi et Twomlow, 2009), en Ethiopie (Anley *et al.*, 2007).

Le modèle de sélection d'Heckman permet d'identifier non seulement les facteurs d'adoption des innovations agricoles, mais aussi d'expliquer l'intensité d'utilisation (taux d'adoption) de celles-ci. De nombreux auteurs l'ont utilisé dans leurs études. Par exemple Mcbride et Daberkow (2003) ont analysé les facteurs d'adoption des innovations agricoles et l'évolution des superficies allouées à celles-ci aux États-Unis. Tizale (2007) et Kaliba *et al.* (2000) ont

identifié les facteurs explicatifs des décisions paysannes d'adoption des intrants agricoles et de leurs doses appliquées à l'hectare. Ngwira *et al.* (2014) ont analysé les déterminants de l'adoption et de l'extension des superficies sur lesquelles les agriculteurs appliquent les techniques de conservation des eaux et des sols au Malawi.

D'une manière générale, les modèles économétriques permettent d'effectuer les analyses ex-post et ex-ante des déterminants d'adoption des innovations agricoles. Toutefois, l'analyse ex-ante requiert souvent, au préalable, l'utilisation de l'approche d'évaluation contingente.

### **2.7.3. Approche d'évaluation contingente**

D'une manière générale, elle repose sur la présentation d'un scénario d'offre, description d'un bien ou d'un service de manière orale ou picturale, et sur l'interrogation de l'agent économique à propos de ce bien ou service (Mitchell et Carson, 1989 ; Desaignes et Point, 1993). De ce fait, elle ne s'appuie pas sur l'observation des comportements, mais utilise la reconstitution d'un marché fictif (contingent) pour inciter les individus à révéler la valeur qu'ils accordent à un bien ou un milieu naturel, à son amélioration ou aux dommages qui lui ont été causés (Terra, 2005). L'agent économique est directement interrogé et le consentement à payer et/ou à travailler reflète la valeur qu'il attribue à ce bien (Luchini, 2002; Maresca *et al.*, 2006). Le consentement à payer (CAP) correspond au prix qu'un acheteur consent à payer pour une quantité donnée d'un bien ou d'un service (Kalish et Nelson, 1991 ; Westenbroch et Skiera, 2002).

En innovation agricole, le CAP revient au montant que l'agriculteur est susceptible d'investir pour acquérir l'innovation s'il est prédisposé à l'adopter (Ulimwengu et Sanyal, 2011). Bien adapté aux pays développés, cet indicateur est moins fiable dans les pays en développement dont les actes économiques sont faiblement monétarisés surtout en zone rurale. Les travaux agricoles sont généralement réalisés dans un cadre familial ou communautaire sous forme d'entraide ou d'obligation sociale. Dans un tel cadre, le CAP ne reflète pas la volonté des agriculteurs à adopter les innovations. D'où le recours au consentement à travailler (CAT) qui est une méthodologie innovante (Kramer *et al.*, 1995). Le CAT représente le nombre d'hommes-jours que l'agriculteur est disposé à travailler pour acquérir l'innovation agricole. Vu sous cet angle, il peut être assimilé au CAP lorsqu'il est évalué en termes de coût d'opportunité.

Plusieurs types de questions permettent de mesurer le CAP et/ou le CAT des personnes interrogées (Judez *et al.*, 1998). Les questions les plus fréquemment utilisées sont : la question

ouverte, la question fermée de choix dichotomique ou polytomiques, la carte de paiement et le procédé des enchères (Bonnieux *et al.*, 1995; Maresca *et al.*, 2006). L'utilisation de la carte de paiement et de la méthode des enchères types n'est pas très recommandable. La carte de paiement, comme l'indique Schuman (1996) introduit un biais qui incite les enquêtés à préférer certaines valeurs offertes et à en rejeter d'autres. L'abandon, signalé par Turner *et al.* (1994), du procédé de l'enchère, qui fut très utilisé durant les années 80, est dû au biais important que subit la déclaration du CAP et/ou du CAT de l'enquêté à travers l'offre de départ (*starting bid ou starting point*). La question ouverte et le choix dichotomique ou polytomiques sont plus recommandés dans les pays en voie de développement (Hanemann, 1984). Elle sera ainsi utilisée dans notre étude.

L'analyse économétrique des CAP est fonction des types de questions posées (mode de révélation des CAP). On utilise généralement un modèle Logit binaire (Delvaux *et al.*, 1999 ; Chebil *et al.*, 2009) ou Probit binaire (Rozan, 2000; Rulleau *et al.*, 2009) pour analyser les déterminants du CAP lorsque la question fermée est utilisée (payer/travailler ou ne pas payer/travailler pour acquérir l'innovation agricole). Mais il est courant de retrouver des valeurs aberrantes et des valeurs nulles lors de l'analyse des données. Dans ce cas, les modèles Tobit et Heckman sont recommandés pour l'analyse des déterminants des CAP (Terra, 2005). Ces deux modèles seront examinés au cours de l'étude.

Les approches économétriques sont utiles pour analyser les facteurs d'adoption des innovations agricoles. Cependant, elles présentent des limites, car elles ne permettent pas de connaître leur rentabilité.

## **2.8. EVALUATION DE LA RENTABILITE ECONOMIQUE DES INNOVATIONS AGRICOLES**

### **2.8.1. Approche de budgétisation partielle**

Globalement, la budgétisation partielle est un outil de gestion prévisionnelle utilisé pour préparer une décision ; elle permet de répondre à la question suivante : qu'est-ce l'agriculteur perd ou gagne, eu égard ses objectifs, à prendre telle ou telle décision ? (Brossier *et al.*, 1995). Elle est ainsi une méthode de comparaison des coûts et bénéfices sociaux des projets et autres investissements agricoles. Elle permet de regrouper les informations sur les coûts, les revenus relatifs aux différentes options techniques susceptibles d'intéresser les agriculteurs lorsqu'il s'agit d'un investissement agricole (Levallois, 2013). Basé sur le taux d'actualisation, cet outil

utilise en général les critères suivants : la Valeur Actuelle Nette (VAN), le Taux de Rentabilité Interne (TRI) et le Délai de Retour sur Investissement (DRI) (Gittinger, 1985).

La VAN est définie comme la somme de tous les bénéfices actualisés (différence entre les bénéfices et les coûts) à travers la durée de vie d'un investissement. Lorsque la VAN est positive, l'investissement est jugé économiquement rentable et le projet mérite d'être entrepris. En revanche si elle est négative, l'investissement n'est pas rentable et l'innovation agricole doit être abandonnée sous peine de perdre de la valeur. Conformément à son principe, la VAN peut être utilisée pour analyser la rentabilité de la pratique de l'irrigation de complément.

Le TRI est également un outil de décision à l'investissement. Il est défini comme le taux d'actualisation qui annule la VAN. L'investissement pour la mise en œuvre de l'innovation agricole est approprié lorsque le TIR est supérieur au taux d'actualisation; dans le cas contraire, il n'est pas nécessaire d'investir. Le TIR peut être employé pour analyser les investissements relatifs à la pratique de l'irrigation de complément.

Le DRI est le temps nécessaire pour que les bénéfices nets équilibrent les coûts d'investissement. Autrement dit, il s'agit du temps nécessaire pour que le total cumulé des revenus bruts soit égal au total cumulé des coûts (la somme algébrique de ces flux devient positive). La détermination du DRI dans le cadre la pratique de l'irrigation de complément permettra de déterminer à partir de combien de campagnes agricoles le coût des investissements relatifs à la construction des bassins et ceux relatifs à la production irriguée seront récupérés.

Bien que ces indicateurs de la budgétisation partielle soient appropriés à l'analyse économique de l'adoption des innovations agricoles, ils ne prennent pas en compte les diverses possibilités d'allocations des ressources de l'exploitation aux différentes activités agricoles (Brossier *et al.*, 1998). En effet, l'adoption d'une nouvelle technologie jugée rentable par les agriculteurs peut être limitée par la disponibilité en ressources ou par les possibilités de substitution entre les ressources pour maximiser l'utilité du producteur agricole (Ouédraogo, 2005; Zongo, 2010). D'où la nécessité des modèles bio-économiques comme outil d'analyse pour pallier à ces limites (Boussard, 1987).

### **2.8.2. Modélisation bioéconomique : outil d'analyse**

L'utilisation des modèles bioéconomiques en agriculture a été amorcée dans les années 70 en réponse aux limites des modèles économiques utilisés pour analyser les investissements

agricoles (Jacquet et Flichman, 1988). Les premiers modèles bioéconomiques ont été appliqués pour prévoir les effets de la réforme de la Politique Agricole Commune (PAC) de l'Europe (Boussemart *et al.*, 1996 ; Boussard *et al.*, 1997). En particulier, ils ont été utilisés pour analyser l'optimisation des calendriers d'arrosage afin d'accroître les revenus des agriculteurs (Bergez *et al.*, 2002).

Les modèles bioéconomiques sont basés sur la programmation mathématique qui est une représentation simplifiée, mais qualifiée d'un phénomène réel (Pacaud et Cornut, 2007). Ils consistent à optimiser, dans le sens de maximiser ou de minimiser, un objectif ou une utilité sous diverses contraintes (Boussard , 1987). Ce sont des outils d'aide à la décision, car ils permettent de comparer les résultats d'une situation de référence à différents scénarii. Les décisions sont toujours prises par comparaison (Brossier, 1980) : qu'est-ce que le décideur perd ou gagne en prenant telle décision plutôt qu'une autre ? Les modèles bioéconomiques simulent le comportement d'un agriculteur qui, quand il a à choisir entre plusieurs activités, préfère celles qui lui laissent espérer la meilleure utilité globale (Bouzit *et al.*, 1994; Barbier, 1998). L'agriculteur est supposé maximiser son bénéfice par la conduite de ses activités agricoles, tout en satisfaisant une série de contraintes concernant par exemple, la terre, la main-d'œuvre et le capital disponible au niveau de son exploitation (Boussard , 1987):

$$\begin{aligned} \text{Max } F &= \sum_i^n B_i X_i & (1) \\ \sum_i^n A_{ki} X_i &\leq b_k \\ X_i &\geq 0 \end{aligned}$$

Dans cette expression  $F$  est la fonction objectif à maximiser ;  $B_i$ , la contribution unitaire (exemple: marge brute/ha) de l'activité  $i$  à la fonction objectif ;  $X_i$  la variable de décision (exemple : surface par activité  $i$ ) dont la valeur est déterminée de manière endogène ;  $b_k$  les disponibilités en facteurs de production  $k$  ;  $A_{ki}$ : les coefficients techniques correspondant aux besoins en facteurs de production  $k$  de l'activité  $i$ . Les risques jouent un rôle crucial dans la prise de décision des agriculteurs dans la mesure où ils modifient ses décisions en termes d'allocation des facteurs de production. Selon Hazell et Norton (1986), l'ignorance du comportement en situation d'aversion au risque dans la programmation mathématique conduit souvent à des résultats très peu en relation avec les décisions de production des agriculteurs.

Ces décisions sont principalement déterminées par les risques de production liés à la variabilité des rendements engendrée par des aléas climatiques auxquels s'ajoute l'instabilité des prix des produits agricoles et des intrants.

Trois catégories de modèles sont couramment utilisées pour représenter le comportement du paysan en fonction des types de risques encourus. Il s'agit notamment des modèles avec risque sur la fonction objectif (Freund, 1956), sur les contraintes (Charnes et Cooper, 1959) et sur les coefficients techniques (Cocks, 1968; Rae, 1971). Mais, il est possible de combiner ces modèles pour représenter les décisions de production des agriculteurs. Cette procédure sera adoptée pour analyser l'optimisation de la pratique de l'irrigation de complément.

## **2.9. CONCLUSION PARTIELLE**

Les méthodes d'analyses identifiées sont fonction des questions de recherche formulées. Le modèle Logit multinomial sera utilisé pour analyser les déterminants de la diffusion des innovations agricoles (zaï, demi-lune, diguette filtrante, paillage, bande enherbée, variétés améliorées de cultures). Les facteurs d'acceptabilité de l'irrigation de complément dans les exploitations agricoles seront déterminés par l'utilisation du modèle Logit binaire. Le modèle Heckman associé à l'approche contingente servira à analyser les consentements des ménages agricoles pour l'information climatique. La budgétisation partielle sera employée pour analyser la rentabilité économique de la pratique de l'irrigation de complément. Outre cette méthode, des simulations seront effectuées à partir d'un modèle bioéconomique pour analyser le revenu des producteurs selon différents types de bassins et de scénarii. Les détails de ces méthodes seront décrits aux chapitres suivants.



## **CHAPITRE 3. DEMARCHE METHODOLOGIQUE ET CARACTERISTIQUES DES MENAGES DE L'ECHANTILLON D'ETUDE**

### **3.1. INTRODUCTION**

Ce chapitre décrit la démarche méthodologique adoptée pour répondre aux questions de recherche et les caractéristiques des ménages échantillonnés. Cette démarche a été menée en plusieurs phases qui sont le choix des sites d'étude, les enquêtes auprès des ménages agricoles et la mise en place des dispositifs expérimentaux. Le choix des sites a été effectué sur la base des zones agro-climatiques et la vulgarisation de l'irrigation de complément. Les expérimentations ont consisté à la mise en place des parcelles témoins et expérimentales afin d'analyser les impacts de la pratique de l'irrigation complément et de l'utilisation de l'information climatique en agriculture pluviale. Des enquêtes ont été également effectuées auprès des agriculteurs. Une première enquête a permis de collecter des données sur les caractéristiques socio-économiques et démographiques des ménages agricoles et leur perception des changements climatiques. Des données ont été également collectées sur l'adoption des innovations agricoles, la prédisposition des ménages à accepter l'irrigation de complément et leur perception de l'utilisation de l'information climatique en agriculture. Une seconde enquête a été effectuée auprès des agriculteurs qui ont expérimenté l'information climatique. Cette enquête a permis de collecter des données sur la perception des agriculteurs de l'impact de la mise en œuvre de l'information climatique en agriculture pluviale. Outre les enquêtes, des focus groupes ont été aussi organisés afin de collecter les données auprès des agriculteurs. Par ailleurs, le chapitre présente les caractéristiques socio-économiques et démographiques des ménages agricoles échantillonnés dans la zone d'étude.

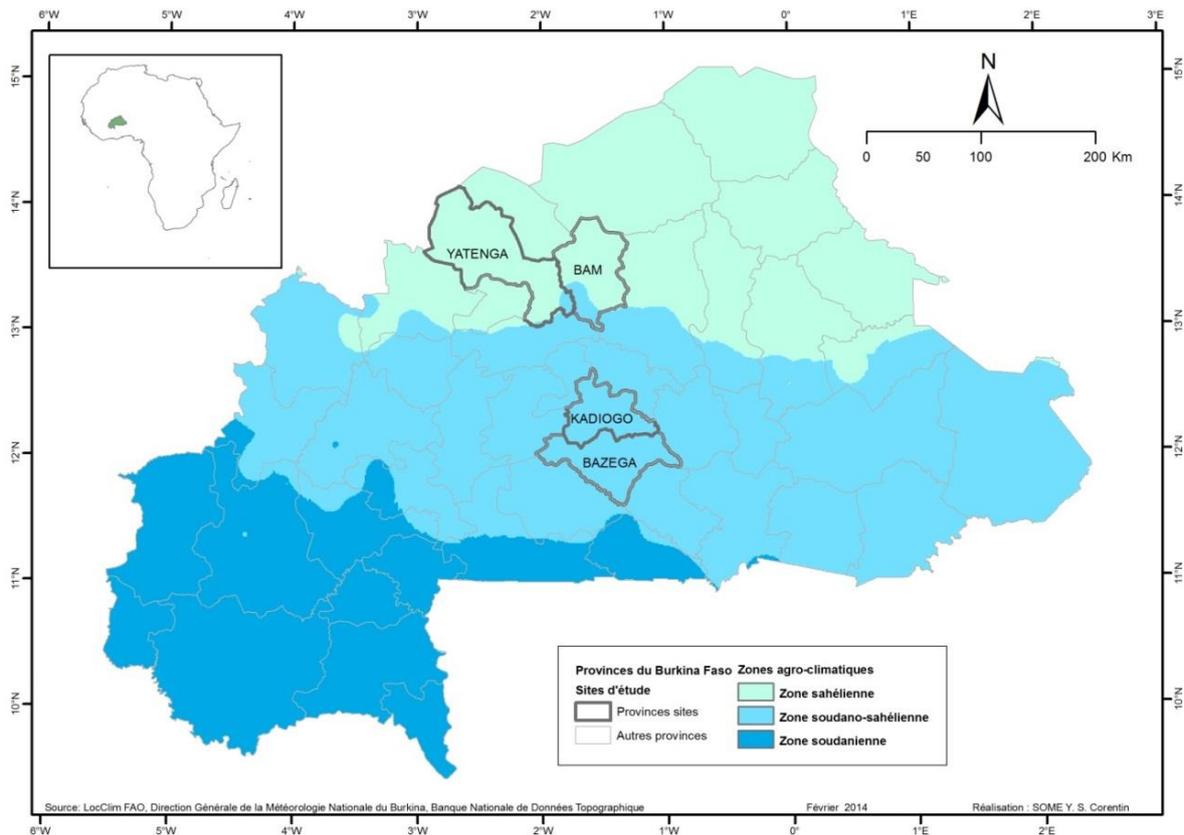
### **3.2. JUSTIFICATION DU CHOIX DES ZONES AGRO-CLIMATIQUES ET DES SITES DE L'ETUDE**

#### **3.2.1. Sélection des zones agro-climatiques**

Avec plus ou moins 70 jours de pluies, les zones sahélienne et soudano-sahélienne du Burkina Faso sont régulièrement soumises à un déficit pluviométrique lié aux poches de sécheresse comparativement à la zone soudanienne. Au cours des cinq dernières années, ce déficit a été remarqué avec acuité pendant la campagne agricole 2011-2012 (MAH, 2012). En effet, la production céréalière nationale évaluée à 3 666 405 tonnes était en baisse de 19,61 % par

rapport à celle de la campagne agricole 2010-2011 et de 5,09% par rapport à la moyenne des cinq dernières années. Près de 51% des ménages agricoles n'ont pas couvert leurs besoins céréaliers. Le bilan montre un déficit céréalier pour les ménages des régions des zones sahélienne et soudano-soudanienne. Par contre les régions de la zone soudanienne sont restées excédentaires par rapport aux besoins céréaliers des ménages en raison de la bonne répartition spatio-temporelle de la pluviométrie. Le ménage est défini comme un ensemble d'individus reconnaissant la même autorité à travers un chef (de ménage), vivant sous le même toit et partageant les mêmes commodités domestiques. Ces individus constituent les membres du ménage.

Pour contribuer à réduire l'effet des poches de sécheresse, il devient nécessaire que les cultures soient irriguées pendant la saison pluviale. C'est dans cette perspective que l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) a initié avec ses partenaires, depuis la campagne agricole 2012-2013, l'expérimentation de l'irrigation de complément à partir de bassins individuels (ICBI) de collecte des eaux de ruissellement dans deux provinces de la zone sahélienne : le Yatenga et le Bam. Au cours de la même campagne agricole (2012-2013), cette initiative a été adoptée et diffusée par le Ministère en charge de l'agriculture dans toutes les provinces des zones sahélienne et soudano-sahélienne du pays avec le projet *opération maïs de case*. Les caractéristiques climatiques et l'implantation des bassins de collecte d'eau de ruissellement ont ainsi guidé le choix des zones sahélienne et soudano-sahélienne comme cadre d'étude (Carte 4).



Carte 4. Localisation des zones agro-climatiques et des sites de l'étude  
 Source : Direction de la Météorologie

### 3.2.2. Sélection des sites d'étude

L'étude a été menée dans 11 sites répartis dans les zones sahélienne et soudano-sahélienne. Les sites sont des villages dans lesquels les bassins de collecte des eaux de ruissellement ont été réalisés pour l'irrigation de complément des cultures au démarrage de l'étude (avril 2012). La réalisation des bassins de collecte des eaux de ruissellement a donc été l'élément déterminant pour le choix des sites d'étude dans les zones sahélienne et soudano-sahélienne.

Les sites d'étude dans la zone sahélienne concernent les 07 villages dans lesquels, le 2iE et ses partenaires expérimentent l'irrigation de complément à partir des bassins de collecte des eaux de ruissellement depuis la campagne agricole 2012-2013 dans le cadre du projet *irrigation de complément et information climatique: de la recherche au renforcement des capacités d'adaptation institutionnelles et communautaires au sahel*. Ces villages sont situés dans les provinces du Bam et du Yatenga. Dans la province du Bam, les villages d'expérimentation de l'irrigation de complément sont : Mogodin, Yennega, Sandouré. Le 2iE et ses partenaires ont choisi ces villages en collaboration avec l'Association Zood-Nooma (AZND) qui est une Organisation Non-Gouvernementale (ONG) faitière locale appuyant la

diffusion des innovations agricoles (zaï, demi-lune, diguette filtrante, paillage, bande enherbée, variétés améliorées de cultures) auprès des ménages. Les villages de la province du Yatenga ont été aussi sélectionnés par le 2iE et ses partenaires de manière participative avec la Fédération Nationale des Groupements Naam (FNGN) qui est une organisation *leader* vulgarisant les innovations agricoles depuis les sécheresses dans les années 70 (zaï, demi-lune, diguette filtrante, paillage, bande enherbée, variétés améliorées de cultures). Il s'agit des villages suivants : Tougou, Sologom, Boulzoma et Koumbri.

Dans la zone soudano-sahélienne, les sites d'étude sont constitués de 04 villages dans lesquels des bassins de collecte des eaux de ruissellement ont été réalisés pour l'irrigation de complément en début de campagne agricole 2012-2013 par le Ministère en charge de l'agriculture dans le cadre du projet *opération maïs de case*. Dans la province du Bazèga, ces villages sont Tuilli et Konioudou. Quant à la province du Kadiogo, il s'agit des villages suivants : Bigtogo et Goupana. Après avoir retenu ces villages, des informations sur la localisation exacte des villages ont été recueillies auprès des directions provinciales du Ministère en charge de l'agriculture. Des renseignements ont été également obtenus sur l'accessibilité en véhicule ou à moto en saison pluvieuse et la disponibilité des agriculteurs à participer aux enquêtes afin de prendre les dispositions logistiques et financières nécessaires pour s'y rendre. Après cette étape, une excursion a été menée sur le terrain pour vérifier lesdits renseignements auprès des autorités administratives locales puis des responsables religieux et coutumiers. Toutefois, ces renseignements n'ont pas guidé le choix des villages de la zone soudano-sahélienne. C'est plutôt la réalisation des bassins de collecte des eaux de ruissellement qui justifie le choix desdits villages.

### **3.3. DISPOSITIF EXPERIMENTAL DE L'IRRIGATION DE COMPLEMENT ET DE L'INFORMATION CLIMATIQUE**

Deux types d'expérimentations ont été réalisés. La première a concerné la pratique de l'irrigation de complément et la seconde la mise en œuvre de l'information climatique.

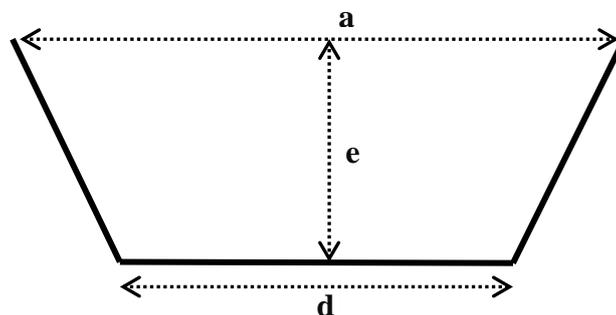
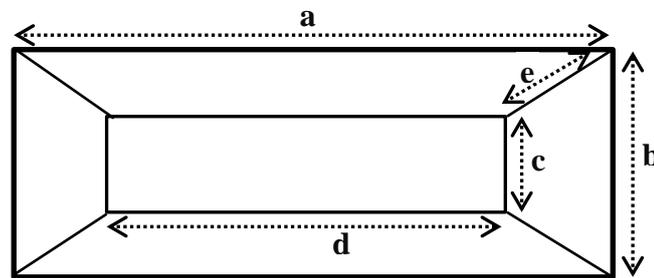
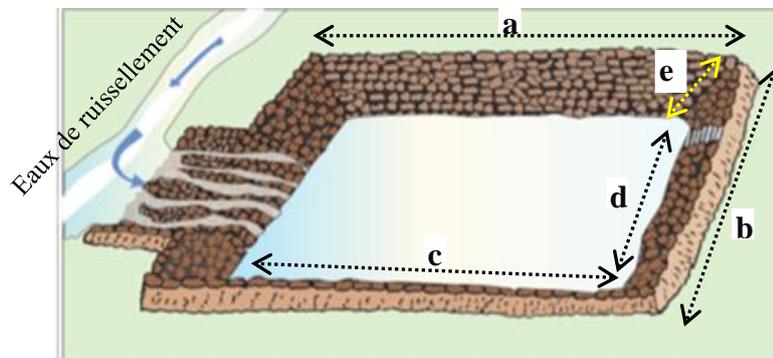
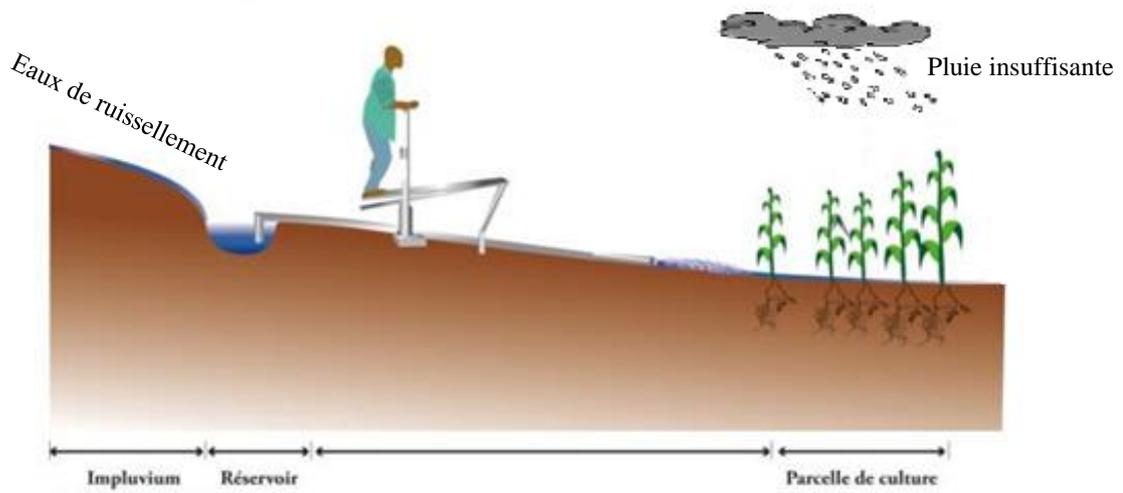
#### **3.3.1. Expérimentation de l'irrigation de complément**

##### ***3.3.1.1. Principe de l'irrigation de complément***

L'irrigation de complément développée consiste à apporter de l'eau aux cultures durant les longues poches de sécheresse observées pendant la saison des pluies, grâce à l'eau de

ruissellement stockée dans des petits bassins construits (réservoirs) à proximité des champs de cultures (Fox and Rockström, 2000). Cette stratégie permettrait l'irrigation d'une portion de terre sur laquelle sera pratiquée une culture intensive ou à forte valeur ajoutée et pouvant résister à des pluies plus importantes. Elle est basée sur quatre principes : (i) la construction du bassin (ii) la collecte des eaux de ruissellement (iii) le choix et la mise des cultures (iv) la pratique de l'irrigation (Figure 5).

La construction du bassin est réalisée à partir de la main-d'œuvre du ménage avec l'appui de la main-d'œuvre communautaire (Photo 5). La main-d'œuvre communautaire n'est pas rémunérée, mais le bénéficiaire du bassin assure les besoins en vivres. Des producteurs peuvent cependant employer de la main-d'œuvre salariée pour la construction des bassins. Le trapèze et le rectangle sont les formes de bassin diffusées auprès des ménages agricoles. Le volume utile recommandé est de 150 m<sup>3</sup> pour irriguer 0,25 ha de maïs (Photo 6). Toutefois, les choix du volume et de la forme du bassin sont fonction des décisions paysannes. Le bassin est creusé à l'endroit le plus bas de la parcelle pour faciliter la collecte des eaux de ruissellement. Des aménagements en terre sont réalisés pour faciliter le drainage de l'eau de ruissellement vers le bassin. L'eau est apportée à une culture pluviale qui devrait normalement produire des rendements sans irrigation. Le moyen d'exhaure vulgarisé est la pompe à pédale. Les ménages agricoles pourront cependant utiliser d'autres moyens d'exhaure tels que les arrosoirs, les motopompes et les pompes manuelles.



Note :  $a = 16,2 \text{ m}$  ;  $b = 13 \text{ m}$  ;  $c = 12 \text{ m}$  ;  $d = 15,2$  ;  $e = 1,6 \text{ m}$ .

Figure 5. Dispositif de l'irrigation de complément et dimensionnement du bassin (réservoir) de collecte des eaux de ruissellement

Sources : Adapté de Fox and Rockström (2003) et guide de construction des bassins (2iE, 2014)



Photo 5. Excavation d'un bassin à partir de la main-d'œuvre familiale  
Source : Zongo (2012)



Photo 6. Bassin rempli des eaux de ruissellement  
Source : Zongo (2012)

### 3.3.1.2. Sites d'expérimentation

Les sites d'expérimentation de l'irrigation de complément sont les villages retenus dans les provinces du Yatenga et du Bam situées dans la zone sahélienne du Burkina Faso (Carte 4). Ces provinces se caractérisent par une longue saison sèche d'octobre à mai et une courte saison de pluies de juin à septembre. Les précipitations sont insuffisantes, irrégulières et inégalement réparties. Elles sont comprises entre 500 et 600 millimètres. Les variations saisonnières des températures suivent l'évolution de l'ensoleillement. Les amplitudes thermiques sont très variables : les températures maximales atteignent 45°C (en avril-mai) et les minimales 15° C (en janvier-février). De novembre à avril, la zone subit le régime d'harmattan. Le régime de mousson s'établit de mai à septembre et s'accompagne des pluies.

### 3.3.1.3. Sélection des agriculteurs pilotes

Onze agriculteurs pilotes, à savoir six agriculteurs dans le Bam et cinq dans le Yatenga, ont été retenus pour expérimenter l'irrigation de complément au cours de la campagne agricole 2012-2013 (Tableau 1). Durant la troisième campagne agricole d'expérimentation (2014-2015), le nombre de producteurs pilotes a été augmenté, passant de 11 à 15. Cette augmentation est liée à la construction de quatre nouveaux bassins dans la province du Bam. Malheureusement, l'irrigation de complément n'a pas pu être conduite chez ces derniers en raison de la livraison tardive des pompes à pédale par le fournisseur. Pour cette raison, les 11 producteurs pilotes initiaux suivis au cours des campagnes agricoles précédentes ont été retenus dans l'échantillon de 2014-2015.

D'une manière générale, les critères de choix des producteurs ont été la maîtrise des itinéraires techniques agricoles, la disponibilité de la main-d'œuvre familiale et d'une parcelle d'au moins 0,25 ha, la non-pratique de l'orpaillage et des cultures de contre saison dans les activités et l'absence de retenue d'eau (puits, cours d'eau) à proximité de l'exploitation agricole.

Tableau 1. Répartition des producteurs bénéficiaires de l'irrigation de complément

Provinces retenues	Sites retenus pour l'irrigation de complément	Effectif des producteurs pilotes
Bam	Mogodin	2
	Sandouré	2
	Yennega	2
	Koumbri	1
Yatenga	Boulzoma	1
	Tougou	1
	Sologom	2
Total	7	11

Source : Auteur, à partir des données du Projet CRDI (2013)

#### **3.3.1.4. Choix de la culture à pratiquer**

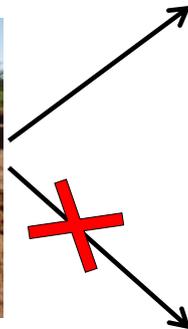
Deux ateliers ont été organisés avant l'installation de la campagne hivernale 2012-2013. Un atelier participatif a consisté à laisser les producteurs choisir les spéculations agricoles et les moyens d'exhaure adaptés à la pratique de l'irrigation de complément. Les producteurs ont effectué des travaux en groupe pour proposer les spéculations et les moyens d'exhaure. Le maïs, le mil et le sorgho ont été proposés comme cultures céréalières. Certaines cultures maraichères (aubergine locale, piment, tabac) pouvant être cultivées en association ou en cultures dérobées ont été aussi proposées. Après avoir discuté toutes les propositions, les agriculteurs ont retenu le maïs comme culture à expérimenter. Un atelier de formation a consisté à renforcer les capacités des producteurs sur les itinéraires techniques de la culture du maïs et l'utilisation des moyens d'exhaure.

#### **3.3.1.5. Parcelles d'expérimentation**

Dans chaque exploitation, une parcelle expérimentale (PE) de 0,20 ha et une parcelle témoin (PT) de la variété de maïs *Barka* ont été réalisées (Photo 7). Les PE et PT ont été semées par les mêmes quantités de semences et ont reçu les mêmes doses d'engrais (NPK et l'urée). L'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) recommande 20 kg de semences, 300 kg de NPK et 150 kg d'urée pour un 1 ha de maïs (Sanou, 2007). Les quantités de semences et d'engrais correspondantes aux superficies des PE et PT ont été pesées et conditionnées pour distribuer aux producteurs. Par ailleurs, une pompe à pédale a été fournie à chaque producteur pilote pour irriguer la PE lorsqu'il constate un début de flétrissement au niveau des plants de maïs. En d'autres termes, un complément d'eau est apporté à la culture lors d'une séquence sèche. Par contre la PT n'est jamais irriguée durant toute la campagne agricole. Etant donné que les PE et PT se trouvent dans les mêmes conditions pédoclimatiques et socio-économiques, les biais sont réduits et l'impact de l'irrigation de complément se trouve bien isolé.



Bassin de collecte d'eau de ruissellement



Parcelle expérimentale



Parcelle témoin (sans irrigation)

Photo 7. Dispositif expérimental d'irrigation de complément

Source : Auteur, à partir des expérimentations agricoles

### 3.3.2. Expérimentation de l'information climatique

Le processus d'expérimentation de l'information climatique s'est déroulé en plusieurs étapes. Il s'agit notamment de l'élaboration de l'information climatique, la sélection des sites, des agriculteurs pilotes, des cultures à pratiquer et des superficies des parcelles d'expérimentation.

#### 3.3.2.1. *Elaboration de l'information climatique*

L'information climatique expérimentée dans les exploitations agricoles comprend les dates de semis, de fin de saison et de la durée des séquences sèches au cours de l'hivernage. Elle est générée à partir des données pluviométriques passées avec le modèle climatique régional RACMO (Regional Atmospheric Climate MOdel) (Ibrahim *et al.*, 2012).

Selon Sivakumar (1988), le démarrage de la saison marquant le début des semis en zone sahélienne est la date X à laquelle une quantité de 20 mm de pluies aura été recueillie en 3 jours consécutifs après le 1<sup>er</sup> avril de l'année, sans période sèche d'une durée supérieure à 7 jours dans les 30 jours qui suivent. Le choix de la date de semis est un élément crucial dans la stratégie de l'agriculteur qui doit s'assurer que le semis n'est pas suivi d'une trop longue

séquence sèche et que la plante arrive la maturation à la fin de la saison des pluies. Ce critère empirique est basé d'une part sur l'observation des pratiques des agriculteurs sur le terrain et d'autre part sur les résultats des études similaires. La date de la fin de saison des pluies (Y) est le jour où, après le 01 septembre, il n'y a plus de pluie supérieure ou égale à 5 mm pendant au moins deux décades consécutives. La longueur de la saison culturale est la différence entre la date de fin de saison et la date du début de la saison (Y-X).

### 3.3.2.2. Sélection des agriculteurs pilotes

La province du Bam située en zone sahélienne a été retenue pour la mise en œuvre de l'information climatique (Carte 4). Des focus-groupes ont été organisés dans les différents sites pour expliquer le protocole de mise en œuvre de l'information climatique en début de campagne agricole 2013-2014. Ils ont regroupé 20 à 30 agriculteurs par village. Au terme de ces échanges, plusieurs agriculteurs ont manifesté leur volonté de conduire l'expérimentation de l'information climatique. De ce fait, un échantillon de soixante-dix agriculteurs (30 à Mogodin, 20 à Yennega, 20 à Sandouré) a été sélectionné pour conduire l'activité (Tableau 2). Les variétés de maïs *Barka* et de sorgho *Kapelga* ont été expérimentées respectivement par 30 et 40 agriculteurs.

Pour la campagne agricole 2014-2015, la même taille de l'échantillon a été retenue pour poursuivre l'expérimentation de l'information. Mais huit agriculteurs de Yennega et dix de Sandouré ont été remplacés par d'autres en raison du non-respect du protocole de mise en œuvre de l'information climatique. Afin de minimiser les biais dans l'analyse des données, les mêmes variétés de cultures ont été distribuées aux les producteurs pilotes pour conduire l'expérimentation.

Tableau 2. Sites et producteurs pilotes pour l'expérimentation de l'information climatique

Province	Sites retenus pour l'information climatique	Effectif des agriculteurs pilotes au cours de la campagne agricole 2013-2014	Effectif des agriculteurs pilotes au cours de la campagne agricole 2014-2015
Bam	Mogodin	30	30
	Sandouré	20	20
	Yennega	20	20
Total	3	70	70

Source : Auteur, à partir des données d'enquête (2014)

### 3.3.2.3. Parcelles d'expérimentation

En raison de la disponibilité en superficie des exploitations, il a été délimité 0,10 ha pour allouer à chacune des parcelles (parcelle témoin et parcelle expérimentale) de la variété de maïs *Barka*. Les producteurs ont choisi les champs de case pour emblaver le maïs. Pour la

variété de sorgho *Kapelga*, les parcelles témoins et expérimentales ont été conduites sur des superficies de 0,15 ha chacune. Certaines parcelles sont localisées dans les champs de case tandis que d'autres sont implantées dans les champs de brousse. L'écart établi entre la parcelle expérimentale et celle témoin est de 1,5 m pour le maïs et le sorgho.

Au cours de la délimitation des parcelles, des conseils sur les itinéraires techniques ont été prodigués aux producteurs. En effet, les producteurs doivent obéir aux conseils fournis par l'équipe de recherche sur l'itinéraire technique appliquée aux parcelles expérimentales. En revanche, les producteurs se serviront de leurs prévisions à partir des savoirs endogènes pour conduire les cultures de maïs et de sorgho sur les parcelles témoins. Les parcelles de maïs, qu'elles soient témoins ou expérimentales, ont été semées par des quantités identiques de semences et ont reçu les mêmes doses d'engrais (NPK et l'urée). Selon les recommandations de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 20 kg de semences, 300 kg de NPK et 150 kg d'urée sont nécessaires pour un 1 ha de maïs (Sanou, 2007). Les quantités de semences et d'engrais correspondantes aux superficies des parcelles expérimentales et témoins ont été pesées et conditionnées pour distribuer aux producteurs.

### **3.3.3. Évaluation des rendements des parcelles d'expérimentation de maïs et sorgho**

#### ***3.3.3.1. Récolte et pesée de la production de graine***

Des carrés de rendement ont été posés de façon aléatoire dans chacune des parcelles d'expérimentation avec une dimension prédéterminée (3 m de côté soit 9 m<sup>2</sup> de superficie). En effet trois (3) carrés de rendement ont été installés (soit trois répétitions) sur chaque parcelle d'expérimentation.

La récolte de chaque carré de rendement a été effectuée avec la participation du producteur pilote et quelques membres de son ménage. La production de chaque carré a été ensuite pesée à l'aide d'une balance électronique de précision. Chaque production a été ensuite séchée au soleil pendant 7 à 10 jours puis placée à l'étuve à 105°C durant 24 heures (pour réduire l'humidité) et les grains ont été pesés. Le rendement de chaque parcelle d'expérimentation a été par la suite déterminé à partir de la moyenne des rendements des carrés de rendement.

#### ***3.3.3.2. Récolte et pesée de la production en fourrage***

La production fourragère (feuilles et tiges) de chaque carré de rendement a été également récoltée. Un échantillon de chaque production de carré de rendement a été prélevé et placé à l'étuve à 105°C pendant 24 heures. Après séchage, le rendement de la matière sèche de

chaque carré a été calculé. Les rendements des parcelles témoins et expérimentales ont été ensuite déterminés à partir des rendements des carrés de rendement.

### **3.4. ENQUETES AUPRES DES MENAGES AGRICOLES**

#### **3.4.1. Détermination de taille de l'échantillon d'étude**

Au Burkina Faso, il existe une liste de tous les ménages agricoles actualisée annuellement par le Ministère en charge de l'agriculture à travers l'enquête permanente agricole (EPA). Les effectifs des ménages agricoles dans les villages d'étude ont été obtenus à partir de cette liste (MAH, 2012). D'après le Ministère en charge de l'agriculture, la précarité céréalière a touché 34% de ces ménages au terme de la campagne agricole 2011/2012. Le terme de précarité céréalière est un terme utilisé pour désigner la situation des ménages dont la production par tête reste inférieure à celle d'un ménage non autonome à la fin d'une campagne agricole par rapport à la campagne agricole qu'on aura choisie comme référence (c'est la campagne agricole 2006-2007 qui est choisie comme référence). La campagne 2006-2007 étant une bonne campagne du point de vue de la production, un ménage ayant produit moins qu'un ménage non autonome à la fin de la campagne 2006-2007 se trouve dans une situation très préoccupante, d'où le terme précarité céréalière. Un ménage non autonome est un ménage dont la production céréalière est insuffisante pour couvrir ses besoins céréaliers. A partir du taux de précarité céréalière et du nombre de ménages par village obtenu à partir de l'EPA, la taille  $n$  de l'échantillon des ménages de l'étude a été déterminée en appliquant la formule ci-dessous.

$$n = t^2 \times p \frac{(1 - p)}{m^2}$$

$t$  est le niveau de confiance dont la valeur type du niveau de confiance de 95 % est 1,96,  $m$  représente la marge d'erreur fixée à 5% et  $p$  est la probabilité de la précarité céréalière estimée à 34%.

En appliquant cette formule, la taille minimale de l'échantillon à enquêter est estimée à 31 ménages agricoles par village, soit 341 ménages agricoles représentant 18,07% de l'ensemble des ménages de la zone d'étude. Dans la pratique, nous avons pu enquêter jusqu'à 30% de l'effectif des ménages agricoles en vue d'accroître la fiabilité des paramètres à estimer (tableau 3).

Tableau 3. Echantillonnage des ménages agricoles

Zones agro-climatiques	Provinces	Communes	Villages retenus	Nombre de ménages par village	Echantillon	
Zone sahélienne	Bam	Kougoussi	Mogodin	153	51	
			Sandouré	279	93	
			Yennega	168	56	
	Yatenga	Koumbri	Koumbri	Koumbri	228	76
				Boulzoma	102	34
			Niamissiguima	Tougou	213	71
				Sologom	87	29
Zone soudano-sahélienne	Bazèga	Kombissiri	Touli	213	71	
			Konioudou	138	46	
	Kadiogo	Pabré	Goupana	159	53	
			Bigtogo	147	49	
			Total	4	5	11

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête permanente agricole (2012)

### 3.4.2. Organisation des enquêtes sur le terrain

Avant la collecte des données, un questionnaire a été élaboré et testé auprès d'une vingtaine de ménages agricoles pour s'assurer de sa cohérence. Ce test a consisté à administrer le questionnaire auxdits ménages afin de détecter les incohérences. Ces dernières ont été ensuite corrigées afin d'avoir une version définitive du questionnaire. Parallèlement à ce test, six (06) enquêteurs ont été recrutés et formés pour la collecte des données. Les critères de recrutement de ces enquêteurs ont été l'expérience, la disponibilité et la connaissance de la zone d'étude. Outre la formation, les enquêteurs ont été munis d'un manuel pour faciliter davantage l'administration du questionnaire sur le terrain. Ce manuel comportait la définition des différents concepts, les instructions données aux enquêteurs et l'explication des différentes questions posées aux ménages agricoles. Dans chaque village, le choix des ménages a été effectué de façon aléatoire sans remise. Plusieurs supervisions ont été menées de façon permanente dans l'ensemble des villages sélectionnés pour appuyer les enquêteurs afin de s'assurer de la qualité des données collectées. Au cours de ces supervisions, tous les questionnaires administrés ont été vérifiés et les aberrations de certains enquêteurs ont été relevées. Ces aberrations ont été corrigées par les enquêteurs avant la fin de la période de collecte des données. Dans certains cas, les fiches de collecte des données ont été annulées et remplacées par de nouvelles fiches.

### 3.4.3. Phases des enquêtes auprès des ménages agricoles de la collecte des données

La collecte des données a été organisée en deux phases d'enquêtes individuelles auxquelles se sont ajoutés des focus groupes.

La première enquête individuelle s'est déroulée du 1<sup>er</sup> janvier au 28 février 2013. Elle a consisté à collecter les données auprès de 629 ménages agricoles à partir d'un questionnaire portant sur les facteurs d'adoption des innovations agricoles face aux poches de sécheresse, la prédisposition des ménages à adopter l'irrigation de complément et leur perception des changements climatiques ainsi que l'utilisation de l'information climatique. Le questionnaire a été structuré en dix-huit parties (cf. Annexe 1 : questionnaire N°1) : (i) informations générales (ii) caractéristiques du chef de ménage (iii) composition du ménage (iv) origine géographique du ménage (v) inventaire du matériel agricole (vi) pratiques culturelles à la campagne 2012-2013 (vii) pratiques d'irrigation (viii) pratiques d'élevage (ix) sources de revenus non agro-pastorales (x) perception et impacts de la variabilité climatique (xi) prévisions saisonnières et informations climatiques (xii) Niveau de connaissance des techniques de conservation des eaux et des sols (xiii) adoption des innovations agricoles actuelles (xiv) intention de paiement pour les innovations agricoles actuelles (xv) connaissance de l'irrigation de complément (xvi) intention d'adoption de l'irrigation de complément (xvii) possession de matériel pour la construction des bassins (xviii) contraintes et suggestions pour l'adoption de l'irrigation de complément. Le questionnaire a été administré auprès des chefs de ménages (Tableau 3). Certains membres du ménage ont été sollicités pour répondre à des questions spécifiques. Le jeu de données collectées à cette première étape a englobé les informations permettant de répondre aux objectifs spécifiques O<sub>1</sub>, O<sub>3</sub> et partiellement à O<sub>4</sub>. En rappel, l'objectif spécifique O<sub>1</sub> consiste à analyser les déterminants de la diffusion des innovations existantes au sein des exploitations des ménages agricoles pour réduire les effets néfastes des poches de sécheresse ; l'objectif spécifique O<sub>2</sub> vise à évaluer la rentabilité économique de la pratique de l'irrigation de complément en comparant différents types de bassins ; et l'objectif spécifique O<sub>3</sub> est consacré à l'analyse du consentement des ménages agricoles à adopter l'irrigation de complément afin de réduire les effets des poches de sécheresse sur les récoltes ;

La seconde enquête a été réalisée au cours de la période allant du 1<sup>er</sup> février au 31 mars 2014. Elle a porté sur les perceptions paysannes de l'expérimentation de l'information climatique. La collecte des données s'est effectuée à l'aide d'un questionnaire auprès des 70 agriculteurs concernés (Tableau 2). Notons que ces agriculteurs sont différents de ceux qui ont expérimenté l'ICBI. Le questionnaire (Annexe 2 : questionnaire 2) a été organisé en sept parties (cf. Annexe 2): (i) informations générales (ii) caractéristiques du producteur pilote, (iii) perception paysanne des poches de sécheresse (iii) évaluation paysanne de leurs propres

prévisions (iv) évaluation paysanne de l'information climatique (v) besoins en information climatique pour la campagne agricole 2014-2015 (vi) impacts de l'information climatique sur les activités culturelles. Les informations recueillies dans le jeu de données permettent de répondre en partie aux objectifs spécifiques O<sub>4</sub> et O<sub>5</sub>.

Par ailleurs, une dizaine de focus groupes avec 30 à 40 agriculteurs ont été organisés, entre 2012 et 2015, afin d'appréhender leurs perceptions sur les prévisions saisonnières, la mise en œuvre de l'information climatique et la pratique de l'irrigation de complément. Ces focus groupes ont été réalisés à partir d'un guide d'entretien. La triangulation des informations à travers des focus groupes a été réalisée afin de mieux comprendre et interpréter les données collectées à partir des questionnaires.

#### **3.4.4. Traitement des données**

Plusieurs logiciels ont été utilisés au cours du traitement du jeu de données. Le logiciel CSPRO version 3.3 a été utilisé pour la saisie des données collectées. Ces données ont été ensuite exportées vers le logiciel SPSS version 20 pour faire l'apurement et les statistiques descriptives. Le logiciel stata version 12.0 a été employé pour réaliser les régressions économétriques (modèles Logit binaire, multinomial, Heckman). La modélisation bioéconomique a été effectuée à partir des logiciels GAMS version 2.5 et CROPWAT version 8.0. Enfin le logiciel Microsoft Excel 2010 a servi à la mise en forme des tableaux et à la réalisation des figures.

### **3.5. CARACTERISTIQUES DES MENAGES DE L'ECHANTILLON DE L'ETUDE**

#### **3.5.1. Caractéristiques socio-démographiques des ménages**

##### ***3.5.1.1. Situation matrimoniale des chefs de ménages***

L'analyse statistique montre que 93,9% des chefs de ménages agricoles de l'échantillon sont mariés (55,8% de monogames et 38,1% de polygames). Seulement, 2,7% des chefs de ménages sont des célibataires, 3% des chefs de ménages sont veufs/veuves et 0,3% des chefs de ménages ont divorcé (Tableau 4). De manière spécifique, la distribution des ménages selon la situation matrimoniale varie significativement en fonction des provinces ( $\chi^2 = 40,72$  ;  $p = 0,000$ ). Les chefs de ménages polygames se concentrent plus dans le Bam alors les monogames se trouvent au Kadiogo. Les célibataires du Bazèga et les veufs/veuves du Bam

représentent au moins le double de ceux des autres provinces. Contrairement au Yatenga et au Bam, aucun chef de ménage n'a divorcé dans le Bazèga et le Kadiogo.

Tableau 4. Répartition des chefs de ménages selon le statut matrimonial

Statut matrimonial	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		$\chi^2$	P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%		
Célibataire	5	2,4	4	2,0	2	2,0	7	5,2	17	2,7	40,72	0,000
Marié(e) monogame	96	48,6	102	54,5	86	75,5	70	53,9	351	55,8		
Marié Polygame	93	47,1	68	36,0	26	22,5	50	39,1	240	38,1		
Divorcé(e)/ séparé(e)	1	0,5	1	0,5	0	0,0	0	0,0	2	0,3		
Veuf/veuve	3	1,4	13	7,0	0	0,0	2	1,7	19	3,0		
Total	198	100	188	100	114	100	129	100	629	100		

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2013-2014

### 3.5.1.2. Age des chefs de ménages

La distribution des chefs de ménages par tranche d'âge varie significativement en fonction des provinces dans les zones agro-climatiques ( $\chi^2 = 50,33$ ;  $p = 0,000$ ) comme le montre le Tableau 5. Les chefs de ménages de 36 à 45 ans sont les plus nombreux dans le Bam et le Bazèga. Par contre, dans le Kadiogo et le Yatenga, ce sont respectivement les chefs de ménages de 26 à 35 ans et 46 à 55 ans qui sont dominants. Les chefs de ménages estiment qu'ils sont jeunes lorsque leur âge est inférieur à 45 ans. Sinon, ils considèrent qu'ils sont âgés. En tenant compte de ces perceptions de l'âge, l'analyse montre que 58,9% et 41,1% des chefs de ménages sont respectivement jeunes et âgés. Toutefois, cette distribution de l'âge selon les perceptions des chefs de ménages varie significativement en fonction des provinces ( $\chi^2 = 25,98$ ;  $p = 0,000$ ).

Tableau 5. Répartition des chefs de ménages selon l'âge

Age des chefs de ménages agricoles	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		$\chi^2$	P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%		
Tranches d'âge des chefs de ménages											50,33	0,000
18 à 25 ans	5	2,4	6	3	2	2	2	1,7	15	2,4		
26 à 35 ans	19	9,5	48	25,6	32	27,7	23	17,9	120	19,1		
36 à 45 ans	54	27,1	61	32,2	28	24,8	31	23,9	175	27,8		
46 à 55 ans	58	29,5	47	25,1	19	16,8	24	18,8	152	24,1		
56 à 65 ans	38	19	16	8,5	18	15,8	22	17,1	93	14,8		
66 ans et plus	25	12,4	10	5,5	15	12,9	26	20,5	74	11,8		
Total	198	100	188	100	114	100	129	100	629	100		
Age des chefs de ménages											25,98	0,000
Jeunes	102	51,4	135	71,9	71	62,4	61	47	370	58,9		
Agés	96	48,6	53	28,1	43	37,6	68	53	259	41,1		
Total	198	100	188	100	114	100	129	100	629	100		

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2013-2014

### 3.5.1.3. Niveau d'instruction des chefs de ménages

La majorité des chefs de ménages (67,7%) de l'échantillon d'étude est analphabète. Seulement, 12,7% des chefs de ménages sont alphabétisés et 15,9% d'entre eux ont fréquenté l'école primaire (Tableau 6). Moins de 5% des chefs de ménages ont le niveau d'étude medersa<sup>1</sup> primaire (1,2%), secondaire (2%) et medersa secondaire (0,5%). De manière spécifique, la distribution des chefs de ménages varie significativement en fonction des provinces des zones agro-climatiques ( $\chi^2 = 43,18$  ;  $p = 0,000$ ). Les chefs de ménages analphabètes se concentrent plus dans le Bazèga (74,4%) et le Yatenga (72,9%) comparativement au Bam (61,3%) et au Kadiogo (61,6%).

Tableau 6. Répartition des chefs de ménages selon le niveau d'instruction

Niveau d'instruction des chefs de ménage	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		$\chi^2$	P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%		
Analphabète	144	72,9	115	61,3	70	61,6	96	74,4	426	67,7	43,18	0,000
Alphabétisé	24	11,9	40	21,4	9	8,1	7	5,1	80	12,7		
Primaire	20	10,2	25	13,1	32	28,3	23	17,9	100	15,9		
Medersa Primaire	3	1,7	5	2,4	0	0,0	0	0,0	8	1,2		
Secondaire	5	2,3	3	1,8	1	1,0	3	2,6	13	2,0		
Medersa Secondaire	2	1,1	0	0,0	1	1,0	0	0,0	3	0,5		
Total	198	100	188	100	114	100	129	100	629	100		

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2013-2014

### 3.5.1.4. Effectifs des membres des ménages

Les ménages constitués de 6 à 10 (44,7%) et de 11 à 15 (28%) individus dominent l'échantillon de l'étude (Tableau 7). Seulement, 13,4% des ménages sont composés de 1 à 5 individus. Les ménages regroupant 16 à 20, 21 à 25 et plus de 26 individus sont respectivement 9,8%, 2,2% et 1,8% de l'échantillon. Les ménages agricoles de 6 à 10 individus sont les plus nombreux dans le Bam (46,4%), le Kadiogo (65%), le Yatenga (38,9%) et le Bazèga (43%). Le test de chi-2 révèle que la distribution des ménages suivant le nombre d'individus ne varie pas significativement d'une province à l'autre ( $\chi^2 = 25,43$ ;  $p = 0,044$ ).

<sup>1</sup> Ecole coranique

Tableau 7. Répartition des ménages selon le nombre de membres

Nombre de personnes par ménage	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		$\chi^2$	P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%		
1 à 5	20	9,9	27	14,5	11	10,0	26	20,3	84	13,4	25,43	0,044
6 à 10	77	38,9	87	46,4	74	65,0	55	43	281	44,7		
11 à 15	72	36,4	45	24,1	26	22,5	28	21,5	179	28,4		
16 à 20	23	11,7	16	8,4	3	2,5	16	12,7	59	9,4		
21 à 25	4	1,9	7	3,6	0	0,0	2	1,3	17	2,7		
25 et plus	2	1,2	6	3,0	0	0,0	2	1,3	9	1,4		
Total	198	100	188	100	114	100	129	100	629	100		

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2013-2014

Le Tableau 8 montre que les ménages sont constitués en moyenne de 11 personnes avec 46,93 % d'actifs (5 personnes). La plupart des membres des ménages sont alors des inactifs (53,07%). Ce qui veut dire que c'est une minorité des membres qui travaille pour satisfaire les besoins du ménage. La province du Yatenga se distingue des autres par un nombre élevé de bouche à nourrir. On y dénombre 55,51% d'actifs, soit 7937,39 hommes-jours en supposant qu'un actifs travaille 26 jours et se repose 4 jours par mois.

Tableau 8. Disponibilité de la main-d'œuvre au sein des ménages agricoles

Disponibilité de la main-d'œuvre	Yatenga	Bam	Kadiogo	Bazèga	Echantillon total
Taille du ménage	11,26 <sub>a</sub>	10,77 <sub>ab</sub>	8,73 <sub>b</sub>	9,71 <sub>ab</sub>	10,58
Nombre d'actifs	6,25 <sub>a</sub>	4,25 <sub>b</sub>	3,63 <sub>a,b</sub>	4,51 <sub>a,b</sub>	4,96
% des actifs	55,51	39,46	41,58	46,45	46,93
Main-d'œuvre (Homme-Jour)	7937,39	5642,99	5946,05	6641,92	6711,44

abc: différence significative entre les provinces de la zone d'étude

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2013-2014

### 3.5.1.5. Appartenance des chefs de ménages aux organisations paysannes

Les chefs de ménages agricoles sont faiblement regroupés en organisation paysanne (Tableau 9). Seulement, 29,4% des chefs de ménages échantillonnés appartiennent aux organisations paysannes. Ces ménages sont inégalement répartis selon les provinces ( $\chi^2 = 5,87$  ;  $p = 0,000$ ). En effet, les ménages du Bam (41,5%) et du Yatenga (37,5%) sont plus organisés comparativement à ceux des autres provinces. La mise en place de ces organisations a été facilitée par l'AZDN dans le Bam et la FNGN au Yatenga. En revanche, le manque d'organisation faitière explique la faible organisation des ménages dans le Bazèga et le Kadiogo.

Tableau 9. Répartition des chefs de ménages selon le niveau d'organisation

Niveau d'organisation des chefs de ménages	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		$\chi^2$	P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%		
Appartenance à une organisation paysanne											58,87	0,000
Non	124	62,4	110	58,5	104	91,2	114	88	444	70,6		
Oui	74	37,6	78	41,5	10	8,8	15	12	185	29,4		
Total	198	100	188	100	114	100	129	100	629	100		
Membre du bureau de l'organisation											10,24	0,0176
Non	108	54,5	135	72	38	33,3	55	42,9	380	60,4		
Oui	90	45,5	53	28	76	66,7	74	57,1	249	39,6		
Total	198	100	188	100	114	100	129	100	629	100		

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2013-2014

### 3.5.1.6. Mode d'accès au foncier

Les modes d'accès au foncier des ménages de l'échantillon sont essentiellement par héritage et par don (Tableau 10). La majorité des ménages a acquis les exploitations agricoles par héritage (96,5%). Seulement, 3,5% des ménages les ont obtenues par don. Le test de chi-2 révèle une différence significative du mode d'accès au foncier dans les provinces ( $\chi^2 = 21,59$  ;  $p = 0,000$ ). L'accès au foncier par don au Yatenga (8,7%) représente plus du double de celui du Bazèga (0,9%), du Kadiogo (2%) et du Bam (1%).

Tableau 10. Répartition des chefs de ménages selon le mode d'accès au foncier

Accès au foncier	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		$\chi^2$	P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%		
Héritage	181	91,3	186	99	112	98	128	99,1	607	96,5	21,59	0,000
Don	17	8,7	2	1	2	2	1	0,9	22	3,5		
Total	198	100	188	100	114	100	129	100	629	100		

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2013-2014

### 3.5.2. Caractéristiques socio-économiques des ménages

#### 3.5.2.1. Activités des chefs de ménages

Diverses activités sont pratiquées par les ménages agricoles (Tableau 11). Cependant, l'agriculture constitue la principale activité des chefs de ménages. Elle occupe plus 97% des ménages chefs de ménages de l'échantillon. Seulement, 3% des chefs de ménages pratiquent l'élevage comme activité principale. Les autres activités ne sont pas pratiquées par les chefs de ménages comme activités principales. Du test de chi-2, la répartition des activités principales varient significativement en fonction des provinces ( $\chi^2 = 11,80$  ;  $p = 0,000$ ). Contrairement aux autres provinces, l'activité principale de tous les chefs de ménages du Bam est l'agriculture.

La majorité des chefs de ménages de l'échantillon (63,4%) pratique l'élevage suivi de l'orpaillage (8,6%) comme activités secondaires (Tableau 10). Similairement à l'agriculture, le test de chi-2 montre une différence significative de la distribution des chefs ménages suivant la pratique de l'élevage ( $\chi^2 = 120,55$  ;  $p = 0,000$ ). On note une forte pratique de l'orpaillage dans le Bam (24,1%) comparativement aux autres provinces.

Tableau 11. Répartition des chefs de ménages selon les activités principales et secondaires

Activités des ménages	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		$\chi^2$	P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%		
<b>Activités principales</b>											11,80	0,008
Agriculture	187	94,3	188	100	110	96,1	126	97,4	610	97,0		
Elevage	11	5,7	0	0	4	3,9	3	2,6	19	3,0		
Orpaillage	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Commerce	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Artisanat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Total	198	100	188	100	114	100	129	100	629	100		
<b>Activités secondaires</b>											120,55	0,000
Agriculture	12	6,1	4	2,1	1	1,1	8	6,4	25	4		
Elevage	120	60,6	103	55	85	74,7	95	73,4	399	63,4		
Orpaillage	3	1,5	45	24,1	0	0	2	1,8	54	8,6		
Commerce	2	1	7	3,7	4	3,2	8	6,4	20	3,2		
Artisanat	1	0,5	2	1	0	0	2	1,8	5	0,8		
Néant	60	30,3	27	14,1	24	21	13	10,2	126	20		
Total	198	100	188	100	114	100	129	100	629	100		

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2013-2014

### 3.5.2.2. Niveau d'équipement agricole

L'équipement agricole des ménages est peu diversifié. Il est composé essentiellement de charrettes et de charrues (Tableau 12). Dans l'ensemble de l'échantillon, on dénombre moins d'une charrette et d'une charrue par ménage. Les charrettes servent au transport des récoltes, des membres des ménages et des intrants agricoles. Les charrues sont utilisées pour le labour avant semis, le sarclage, le buttage et parfois le semis. Bien que le taux d'équipement soit faible, il varie significativement entre les provinces.

Tableau 12. Répartition des ménages selon le niveau d'équipement en matériel agricole

Matériel	Yatenga	Bam	Kadiogo	Bazèga	Echantillon total
Moyens de transport (charrette, brouette)	0.76 <sub>a</sub>	0.56 <sub>b</sub>	0.77 <sub>a</sub>	0.62 <sub>a,b</sub>	0,67
Charrue bovine ou asine	0.83 <sub>a</sub>	0.47 <sub>b</sub>	1.09 <sub>c</sub>	0.12 <sub>b</sub>	0,36

abc: moyenne significativement différente entre les provinces de la zone d'étude ( $p < 0,05$ )

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2013-2014

### 3.5.2.3. Accès aux services agricoles

Les ménages étudiés ont une faible accessibilité aux services agricoles. Près de 95% n'ont pas accès aux services (Tableau 13). Seulement, 5,3% des ménages bénéficient de l'encadrement des techniciens agricoles. Le test de chi-2 révèle des taux d'accès aux services agricoles significativement différent selon les provinces ( $\chi^2 = 147,72$ ;  $p = 0,000$ ). Au Yatenga, le taux d'accès aux services agricoles (9,7%) des ménages représente au moins le double de ceux des autres provinces. D'une manière générale, les services agricoles sont fournis par des techniciens du Ministère en charge de l'agriculture et des ONGs.

Tableau 13. Répartition des ménages selon l'accès aux services agricoles

Services agricoles	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		$\chi^2$	P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%		
Non	179	90,3	181	96,5	109	95,6	127	98,8	596	94,7	147,72	0,000
Oui	19	9,7	7	3,5	5	4,4	2	1,2	33	5,3		
Total	198	100	188	100	114	100	129	100	629	100		

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2013-2014

### 3.5.2.4 Caractéristiques des pratiques culturales

Dans les exploitations agricoles, les ménages emblavent simultanément diverses cultures pluviales (Tableau 14). Le sorgho, le mil et le maïs sont respectivement cultivés par 88,4%, 84,3% et 67,6% des ménages de l'échantillon. La production de ces cultures constitue la base alimentaire des ménages en milieu rural. La culture du niébé et de l'arachide occupe près de 52% des ménages. Les autres cultures sont pratiquées par à peine 35% des ménages. Selon le test de chi-2, la pratique de chaque culture pluviale varie significativement d'une province à l'autre.

Tableau 14. Répartition des ménages selon les cultures pluviales pratiquées

Cultures pluviales pratiquées	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		$\chi^2$	P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%		
Arachide	177	89,5	20	10,5	44	38,2	75	58,4	326	52	260,70	0,000
Maïs	144	72,9	69	36,5	106	93	111	86,1	425	68	145,95	0,000
Mil	196	99	166	88,5	112	98	41	31,4	530	84	236,99	0,000
Niébé	134	67,6	58	31	103	90	26	19,8	330	53	172,28	0,000
Riz	15	7,6	7	3,5	9	8,3	12	9,4	48	7,6	10,74	0,013
Sésame	65	32,9	28	15	9	8,2	18	14	153	24	27,44	0,000
Sorgho	146	73,8	181	96,5	114	100	115	89	556	88	71,58	0,000
Voandzou	133	67,1	16	8,5	27	23,3	6	4,5	202	32	197,04	0,000

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2013-2014

Le Tableau 15 indique les superficies allouées aux différentes cultures. Il ressort de ce tableau une dominance des superficies de sorgho (1,74 ha) et du mil (1,46 ha). Les superficies allouées aux autres cultures sont estimés à moins d'un hectare. La dominance des superficies du sorgho et mil est liée à la forte contribution de leur production au besoin alimentaire des populations rurales.

Tableau 15. Superficies allouées aux différentes cultures

Types de cultures	Yatenga	Bam	Kadiogo	Bazèga	Echantillon total
Arachide	0,68 <sub>a</sub>	0,03 <sub>b</sub>	0,22 <sub>c</sub>	0,72 <sub>a</sub>	0,40
Maïs	0,30 <sub>a</sub>	0,22 <sub>a</sub>	0,57 <sub>b</sub>	0,94 <sub>c</sub>	0,39
Mil	1,72 <sub>a</sub>	1,29 <sub>b</sub>	1,47 <sub>ab</sub>	1,25 <sub>b</sub>	1,46
Niébé	0,65 <sub>a</sub>	0,15 <sub>b</sub>	0,51 <sub>a</sub>	0,11 <sub>b</sub>	0,35
Riz	0,02 <sub>a</sub>	0,05 <sub>a</sub>	0,05 <sub>a</sub>	0,06 <sub>a</sub>	0,04
Sésame	0,20 <sub>a</sub>	0,09 <sub>a</sub>	0,01 <sub>a</sub>	0,11 <sub>a</sub>	0,13
Sorgho	1,92 <sub>a</sub>	1,78 <sub>ab</sub>	1,54 <sub>a,b</sub>	1,33 <sub>b</sub>	1,74
Voandzou	0,24 <sub>a</sub>	0,03 <sub>b</sub>	0,13 <sub>a,c</sub>	0,02 <sub>b,c</sub>	0,11

abc: moyenne significativement différente entre les provinces de la zone d'étude ( $p < 0,05$ )

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2013-2014

Les rendements obtenus par les ménages dépendent des cultures (Tableau 16). Ils sont estimés à 742,26 kg/ha pour le mil, 646,75 kg/ha pour le sorgho, 657,99 kg/ha pour le maïs et 467,92 kg/ha pour le riz. Notons que la production de ces cultures constitue la base alimentaire des ménages. Les rendements de l'arachide et du sésame sont respectivement 618,91 kg/ha et 211,06 kg/ha. Quant à ceux du niébé et du voandzou, ils sont évalués respectivement à 346,29 kg/ha et 284,53 kg/ha.

Tableau 16. Rendements des cultures emblavées

Types de cultures	Yatenga	Bam	Kadiogo	Bazèga	Echantillon total
Arachide	726,46 <sub>a</sub>	584,33 <sub>a,b</sub>	448,21 <sub>a,b</sub>	377,00 <sub>b</sub>	618,91
Maïs	644,36 <sub>a,b</sub>	817,07 <sub>a</sub>	775,43 <sub>a</sub>	473,06 <sub>b</sub>	657,99
Mil	621,13 <sub>a</sub>	1062,41 <sub>b,c</sub>	404,65 <sub>b</sub>	150,10 <sub>c</sub>	742,26
Niébé	317,33 <sub>a</sub>	367,11 <sub>a,b</sub>	583,53 <sub>b</sub>	227,00 <sub>a</sub>	346,29
Riz	586,67 <sub>a</sub>	390,48 <sub>a</sub>	707,67 <sub>a</sub>	260,00 <sub>a</sub>	467,92
Sésame	128,79 <sub>a</sub>	293,54 <sub>b</sub>	193,65 <sub>a</sub>	228,27 <sub>a,b</sub>	211,06
Sorgho	611,95 <sub>a</sub>	802,63 <sub>a,b</sub>	552,87 <sub>a,b</sub>	398,89 <sub>b</sub>	646,75
Voandzou	310,95 <sub>a</sub>	156,33 <sub>a</sub>	173,10 <sub>a</sub>	62,22 <sub>a</sub>	284,53

abc: moyenne significativement différente entre les provinces de la zone d'étude ( $p < 0,05$ )

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2013-2014

### 3.5.2.5. Distribution des sources de revenus

Les ménages agricoles génèrent leurs revenus à partir de plusieurs sources qui sont l'agriculture, l'élevage, l'orpaillage, le commerce, l'artisanat et le commerce (Tableau 17). Le revenu moyen par ménage est 256284 ( $\pm 315955$ ) F CFA pour l'agriculture (cultures pluviales et maraîchères), 9990 ( $\pm 49515$ ) F CFA pour l'élevage, 76595 ( $\pm 257945$ ) F CFA pour l'orpaillage. En moyenne, le commerce, les transferts d'argent et l'artisanat contribuent respectivement à 14023 ( $\pm 62429$ ) F CFA, 37254 ( $\pm 265319$ ) FCFA et 2223 ( $\pm 19999$ ) F CFA au revenu annuel de chaque ménage. Excepté le commerce, le revenu annuel généré par chaque activité varie significativement en fonction des provinces selon le test de d'ANOVA à un facteur.

Tableau 17. Sources de revenu des ménages

Revenu annuel des activités	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total	
	Moyen	Ecart type	Moyen	Ecart type	Moyen	Ecart type	Moyen	Ecart type	Moyen	Ecart type
Agriculture	316959 <sub>a</sub>	260503	288590 <sub>a</sub>	450388	225402 <sub>a,b</sub>	145498	119078 <sub>b</sub>	153183	256284	315955
Elevage	23765 <sub>a</sub>	57456	8829 <sub>bc</sub>	50249	10385 <sub>bc</sub>	37335	4589 <sub>c</sub>	40955	9990	49515
Orpaillage	64657 <sub>a</sub>	176876	169875 <sub>b</sub>	401893	2941 <sub>a</sub>	29704	2778 <sub>a</sub>	21480	76595	257945
Commerce	15086 <sub>a</sub>	65655	12652 <sub>a</sub>	61786	20343 <sub>a</sub>	80124	8949 <sub>a</sub>	33587	14023	62429
Transfert	99857 <sub>a</sub>	449959	6563 <sub>b</sub>	51608	9020 <sub>b</sub>	32753	1966 <sub>b</sub>	11688	37254	265319
Artisanat	6492 <sub>a</sub>	34239	175 <sub>b</sub>	1451	0 <sub>b</sub>	0	0 <sub>b</sub>	0	2223	19999

abc: moyenne significativement différente entre les provinces de la zone d'étude ( $p < 0,05$ )

Les revenus moyens sont exprimés en F FCFA

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2013-2014

## 3.6. CONCLUSION PARTIELLE

Ce chapitre a permis de détailler la démarche méthodologique adoptée pour conduire l'étude. Les principales phases de cette démarche ont été le choix des sites d'étude, les enquêtes auprès des ménages agricoles et la mise en place des dispositifs expérimentaux. Les sites d'étude ont été choisis en tenant compte des caractéristiques des zones agro-climatiques. Les expérimentations de l'irrigation de complément ont été réalisées dans les provinces du Bam et du Yatenga en zone sahélienne. L'information climatique a été expérimentée seulement dans la province du Bam. Globalement, les expérimentations ont consisté à la mise en place des parcelles témoins et expérimentaux afin d'analyser les impacts de la pratique de l'irrigation complément et de l'utilisation de l'information climatique. Les enquêtes ont été menées auprès de 629 ménages. Elles ont permis de collecter les données sur les caractéristiques démographiques et socio-économiques des ménages agricoles. Des données ont été également

collectées sur l'adoption des innovations agricoles, la prédisposition des ménages à accepter l'irrigation de complément et leur perception de l'information climatique. Les données collectées sont analysées dans les chapitres suivants pour répondre aux questions de recherche et objectifs spécifiques de l'étude.



## **CHAIPTRE 4. DYNAMIQUE DE LA DIFFUSION DES INNOVATIONS AGRICOLES AU BURKINA FASO**

### **4.1. INTRODUCTION**

Dans les pays sahéliens, les effets drastiques de la sécheresse des années 1973-74 ont stimulé les pouvoirs publics, les chercheurs et les agriculteurs à développer et mettre en œuvre plusieurs innovations agricoles (Marchal, 1986 ; Jouve, 1991). Depuis cette période, ces innovations sont vulgarisées auprès des agriculteurs. Au Burkina Faso, les principales innovations vulgarisées sont le zaï, les cordons pierreux, les diguettes filtrantes, les demi-lunes, le paillage, bandes enherbées et les semences améliorées (Roose, 1994 ; Botoni et Eij, 2009). Plusieurs études ont analysé les facteurs de leur adoption dans les exploitations agricoles. Sidibé (2005) a montré que les facteurs d'adoption du zaï sont le niveau d'instruction, l'accès aux services agricoles, l'appartenance à une organisation paysanne et la taille du bétail des agriculteurs. Récemment, les travaux de Ouédraogo *et al.* (2010) ont révélé les déterminants d'adoption des semences améliorées et des techniques de conservations des eaux et des sols (zaï, les cordons pierreux, les diguettes filtrantes, les demi-lunes, le paillage, bandes enherbées). Toutefois, les facteurs déterminants de diffusion temporelle des innovations agricoles demeurent un champ de recherche à explorer au Burkina Faso.

Ce chapitre<sup>2</sup> présente les résultats de l'analyse de la dynamique de diffusion des innovations agricoles dans les exploitations. Il caractérise les producteurs agricoles selon le taux d'adoption des innovations tout en examinant les facteurs de diffusion temporelle. Les innovations analysées sont les technologies mécaniques (zaï, demi-lunes, cordons pierreux, diguettes) et biologiques (paillage, bandes enherbées, semences améliorées, bandes enherbées). Mais, au préalable, le chapitre présente les éléments d'évaluation de la diffusion des innovations agricoles.

### **4.2. ELEMENTS D'EVALUATION DE LA DIFFUSION DES INNOVATIONS AGRICOLES**

#### **4.2.1. Paradigme de diffusion des innovations agricoles**

Au Burkina Faso, les différentes innovations agricoles sont diffusées depuis la sécheresse de 1973-1974 (Reardon *et al.*, 1988; Zoungrana 1995). La répartition décennale du temps de

---

<sup>2</sup> Tiré de : **Zongo B**, Diarra A, Barbier B, Zorom M, Yacouba H and Dogot T. Dynamic of agricultural innovations diffusion in Burkina Faso. *Our ender common climate future change, International scientific conference, Abstract book*, Paris, France, 07-10 July 2015.

diffusion, entre 1974 et 2013, permet de déterminer un profil des agriculteurs. Cinq catégories d'agriculteurs peuvent être distinguées conformément à la théorie de la diffusion traduite par la vitesse de propagation des innovations agricoles (Rogers, 1995) : les pionniers<sup>3</sup>, les innovateurs, les adoptants précoces, les tardifs, les retardataires et les non-adoptants (Tableau 18).

Tableau 18. Répartition temporelle des adoptants des innovations agricoles

Catégories de ménages agricoles (j)	Période d'adoption des innovations
Non adoptants (j=0)	-
Pionniers (j=1)	avant 1974
Innovateurs (j=2)	1974-1983
Adoptants précoces (j=3)	1984-1993
Adoptants tardifs (j=4)	1994-2003
Adoptants retardataires (j=5)	2004-2013

Source : Auteur, adapté de Rogers (1995).

Les innovateurs sont les agriculteurs qui ont adoptés des innovations agricoles au cours de la période allant de 1974 à 1983. Durant cette période, le mode de diffusion des innovations agricoles était l'approche Formation et Visites (*Training and Visite ou T&V*). Le transfert des innovations était essentiellement assuré par un réseau d'agents d'encadrement agricole qui recevaient de la part de leur direction technique les paquets technologiques issus des stations de recherche (Pichot et Faure, 2008). Les sites de transfert étaient les points d'Appui à la Pré-vulgarisation et d'Expérimentation Multi-locales (PAPEM) et les Centres de Formation de Jeunes Agriculteurs (CFJA). Le Service Nationale de Vulgarisation (SNV) coordonnait l'ensemble des activités de diffusion des innovations agricoles (MAHRH, 2010a).

Les adoptants précoces caractérisent les agriculteurs ayant adopté les innovations agricoles entre 1984 et 1993. Cette période a connu la transformation du SNV en Service de Vulgarisation et d'Animation Rurale (SVAR) et la mise en œuvre de l'Opération Test de Renforcement de la Vulgarisation Agricole (OTRVA) (MAHRH, 2010a). Cette opération a été une adaptation du T&V aux réalités socioculturelles. Elle s'est appuyé sur les principes suivants : (i) la responsabilisation des acteurs (maîtrise d'ouvrage des actions), (ii) la séparation entre financement des structures de vulgarisation et investissements agricoles, (iii) la contractualisation des services agricoles et (iv) l'exécution par l'Etat de ses missions régaliennes. Les paysans formateurs (agro-formateurs, paysans auxiliaires de vulgarisation) ont été impliqués pour la diffusion des innovations agricoles.

<sup>3</sup> Les enquêtes n'ont pas révélé la présence de pionniers dans l'échantillon des ménages agricoles.

Les adoptants tardifs sont les agriculteurs qui se sont approprié des innovations agricoles au cours de la période 1994-2003. Cette période a été marquée par l'adoption et la généralisation du Système National de Vulgarisation Agricole (SNVA) pour l'ensemble du pays (MAHRH, 2010a). Le SNVA a été conçu de manière à prendre en compte la vulgarisation de masse et l'approche individuelle de transfert de technologies. Les cibles concernées étaient les groupements villageois, les coopératives, ainsi que les producteurs individuels à travers des Activités de Travaux de Groupes (ATG) et des Activités de Suivi et de Visites des Exploitations (ASVE). La liaison recherche-développement a été revigorée avec l'instauration de l'approche triangulaire entre Chercheurs-Vulgarisateurs-Producteurs.

Les retardataires sont les adoptants des innovations agricoles entre 2004 et 2013. Cette période est caractérisée par la poursuite du SNVA dont les faits majeurs, sont : (i) le test d'appui-conseil à la demande (ii) la régression, voire l'abandon du système de vulgarisation basée sur l'approche T&V, (iii) l'adoption de plusieurs stratégies et politiques avec une priorité confirmée pour le monde rural, et particulièrement la nécessaire liaison productions-marché et (iv) le renforcement des approches de développement local et l'enracinement de la décentralisation (MAHRH, 2010a).

Les non-adoptants sont les agriculteurs qui n'ont adopté aucune innovation agricole de 1974 à 2013. Ils ne sont pas appropriés des techniques de conservations des sols et des variétés améliorées de cultures décrites dans les options d'adaptation (zaï, les cordons pierreux, les diguettes filtrantes, les demi-lunes, le paillage, bandes enherbées) de l'agriculture à la variabilité et au changement climatiques (cf. 1.3.3). En référence à ces options d'adaptation, les techniques de production de ces agriculteurs sont restées invariables au cours du temps.

Avec ces catégories d'agriculteurs et le mode de vulgarisation, il est évident que les taux d'adoption des innovations agricoles diffèrent d'une décennie à l'autre. Divers facteurs peuvent expliquer la diffusion des innovations agricoles au cours du temps.

#### **4.2.2. Facteurs de diffusion des innovations agricoles**

Les différentes catégories d'agriculteurs sont associées à une variable  $J$  à cinq modalités (Tableau 1) non hiérarchisées. Les modalités ne sont le reflet d'aucun classement ou de hiérarchisation sous-jacente. L'ordre dans lequel sont rangées les différentes occurrences des catégories d'agriculteurs est sans importance; il n'affecte pas la probabilité d'appartenance d'un agriculteur à une catégorie (Läpple et Rensburg, 2011). Dans un tel contexte, le modèle Logit multinomial est approprié pour l'analyse des choix d'appartenance des agriculteurs aux

catégories (Amemiya, 1981; Wheeler *et al.*, 2009). Chaque agriculteur est supposé rationnel dans sa décision d'appartenance à une catégorie d'agriculteurs. Il maximise son utilité lorsqu'il choisit d'appartenir à une catégorie d'agriculteurs. Pour un agriculteur  $i$ , l'expression de la fonction d'utilité  $U_{ij}$  pour  $j$  catégorie est :

$$U_{ij} = \beta_j' X_i + \varepsilon_{ij}, \quad j \in J = 0; 1; \dots; 4 \quad (2)$$

L'agriculteur choisit d'appartenir à la catégorie  $k$  lorsque l'utilité  $U_{ij}$  est supérieur à  $U_{ik}$  procurée par catégorie  $k$ ,  $\forall k \in J$ . Le choix de l'agriculteur se traduit par :

$$U_{ij} = \beta_j' X_i + \varepsilon_{ij} > U_{ik} = \beta_k' X_i + \varepsilon_{ik} \quad (3)$$

Dans cette expression,  $X_i$  est un vecteur représentant les caractéristiques du ménage,  $\beta_j'$  et  $\beta_k'$  sont les vecteurs de paramètres à estimer,  $\varepsilon_{ij}$  et  $\varepsilon_{ik}$  sont les termes d'erreur aléatoire.

La présence des termes  $\varepsilon_{ij}$  dans la fonction d'utilité conduit à des solutions sous forme de probabilité d'appartenance des agriculteurs à différentes catégories. La probabilité d'un agriculteur d'appartenir à une catégorie  $j$  est :

$$\begin{aligned} P &= P(U_{ij} > U_{ik}) = P(\beta_j' X_i + \varepsilon_{ij} > \beta_k' X_i + \varepsilon_{ik}) \quad (4) \\ &= P(\varepsilon_{ij} - \varepsilon_{ik} > \beta_k' X_i - \beta_j' X_i) = P(\varepsilon_{ij} - \varepsilon_{ik}) > (\beta_k' - \beta_j') X_i = P(\mu_{ij} > \beta' X_i) \end{aligned}$$

Les perturbations d'erreur  $\varepsilon$  sont indépendamment distribuées selon la loi de Gumbel :

$$F(\varepsilon_{ij}) = \exp(-\exp(\varepsilon))$$

La structure du modèle représentant la probabilité qu'un agriculteur  $i$  appartienne une catégorie  $j$  d'agriculteurs pour l'adoption ou non d'une innovation est formulée par l'expression :

$$P(y_i = j) = P_{ij} = \frac{\exp(\beta_j X_i)}{1 + \sum_{k=0}^4 \exp(\beta_k X_i)}, \quad j = 0; 1; \dots; J \quad (5)$$

$y_i$  une variable aléatoire indiquant le choix d'appartenance de l'agriculteur  $i$ ;  $B_j$  est le vecteur des paramètres à estimer pour la catégorie  $j$ ,  $X_i$  les variables explicatives de l'appartenance de l'agriculteur à la catégorie  $j$ .

Pour des raisons de redondance, le modèle à estimer doit être reformulé, en tenant compte d'une situation de référence dont les coefficients sont normalisés à zéro ( $\beta_0 = 0$ ) (Greene, 2011). La situation de référence dans cette étude est celle où l'agriculteur n'a adopté aucune innovation agricole durant les quatre dernières décennies (1974 à 2013). Les déterminants

associés à chaque catégorie sont interprétés par rapport à la situation de référence, qui est la non-adoption (Wooldridge, 2001). La probabilité qu'un agriculteur n'adopte pas une innovation  $i$  au cours des quatre dernières décennies s'écrit :

$$P(y_i = 0) = P_{i0} = \frac{1}{1 + \sum_{k=0}^4 \exp(\beta_j X_i)} \quad (6)$$

Pour qu'un agriculteur  $i$  adopte une innovation, la probabilité est :

$$P(y_i = j) = P_{ij} = \frac{\exp(\beta_j X_i)}{1 + \sum_{k=0}^4 \exp(\beta_j X_i)} \quad , j = 1; 2, 3, 4 \quad (7)$$

Le modèle formulé est estimé par la méthode du maximum de vraisemblance. La fonction de vraisemblance s'écrit :

$$L = \prod_{y_i=0}^4 \frac{\exp(\beta_j X_i)}{1 + \sum_{k=1}^4 \exp(\beta_j X_i)} \quad (8)$$

La log-vraisemblance est obtenu en posant, pour chaque individu  $i$  parmi  $n$  individus,  $d_{ij} = 1$  s'il effectue le choix  $j$ , et 0 sinon. C'est la contribution de  $i$  à la vraisemblance. Ensuite, en supposant que chaque individu a fait un choix indépendamment des choix effectués par les autres, la probabilité que les  $n$  individus de l'échantillon aient fait les choix observés est le produit des probabilités :

$$\prod_{i=1}^n \prod_{j=0}^j P_{ij}^{d_{ij}} = \prod_{i=1}^n \prod_{j=0}^j \left[ \frac{\exp(\beta_j X_i)}{1 + \sum_{k=1}^4 \exp(\beta_j X_i)} \right]^{d_{ij}} \quad (9)$$

En prenant le logarithme de cette quantité, la log-vraisemblance est finalement égale à :

$$\ln L(\beta) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^j d_{ij} P_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^j d_{ij} \frac{\exp(\beta_j X_i)}{1 + \sum_{k=1}^4 \exp(\beta_j X_i)} \quad (10)$$

$$\ln P_{ij} = \beta_j X_i - \ln \left( 1 + \sum_{k=1}^4 \exp(\beta_j X_i) \right) \quad (11)$$

Les coefficients sont obtenus par maximisation de la Log Vraisemblance de l'échantillon d'estimation :

$$\text{Max}_{\beta_1, \dots, \beta_j} \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^j d_{ij} P_{ij} = \text{Max}_{\beta_1, \dots, \beta_j} \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^j d_{ij} \frac{\exp(\beta_j X_i)}{1 + \sum_{k=1}^4 \exp(\beta_j X_i)} \quad (12)$$

où il est utile de rappeler que  $d_{ij} = 1$  si, *de facto*, l'agriculteur  $i$  choisit la modalité  $j$  et  $d_{ij} = 0$  sinon. La condition du premier ordre est :

$$\frac{\partial \text{Log}L}{\partial \beta} = [d_{ij} - P_{ij}]X_{ij} \text{ pour } j = 0,1,2,3,4 \quad (13)$$

Ces conditions du premier ordre n'admettent pas de solution explicite. La procédure d'itération de Newton est utilisée pour l'estimation des coefficients.

Les coefficients  $\beta_j$  des modèles Logit multinomial ne s'interprètent pas directement en termes d'effets suite à un changement de variables explicatives mises en jeux. On peut seulement avancer qu'un coefficient positif augmente la probabilité d'être dans une catégorie comparativement à la catégorie de référence et inversement pour un coefficient négatif.

### 4.3. DIFFUSION DES TECHNOLOGIES MECANIQUES

#### 4.3.1. Le zaï

L'analyse montre qu'environ la moitié (49,1%) des ménages agricoles de l'échantillon a adopté la pratique du zaï au cours des quatre dernières décennies (1974 à 2013). Les adoptants sont constitués de 37,8% de retardataires, 8,3% de tardifs, 2,5% de précoces et 0,5% d'innovateurs. Il ressort que la majorité (37,8%) des adoptants ont adopté la pratique du zaï entre 1993 et 2003. La Figure 6 illustre la répartition de différentes catégories de ménages. La différenciation des taux d'adoptants traduit le rythme de diffusion de la pratique du zaï. Elle montre l'hétérogénéité de la diffusion de la pratique du zaï comme innovation agricole dans les exploitations agricoles au cours des quatre dernières décennies.

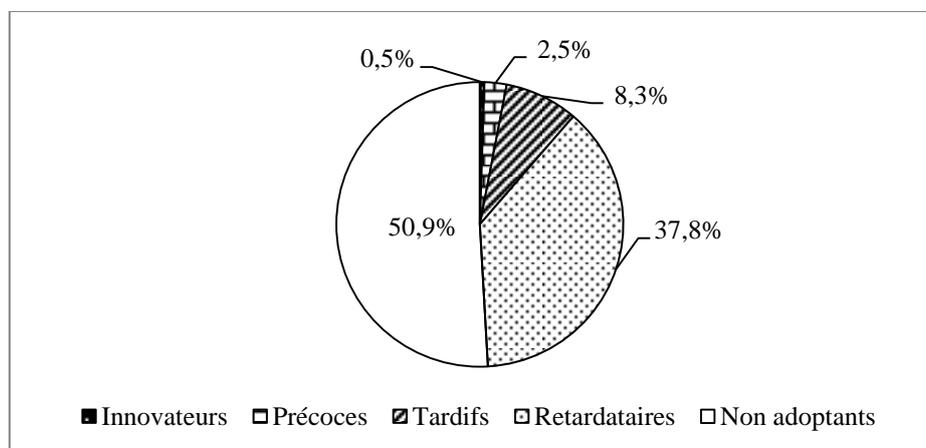


Figure 6. Répartition des catégories d'adoptants de la pratique du zaï  
 Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

La distribution décennale des adoptants du zaï varie significativement selon les deux zones agro-climatiques du Burkina Faso ( $\chi^2 = 278,246$  ;  $p = 0,000$ ). Contrairement à la zone soudano-sahélienne, la plupart des ménages (73,4%) de la zone sahélienne a adopté la pratique du zaï (Tableau 19). Les retardataires (56,6%) constituent la majorité des adoptants dans cette zone. Il ressort ainsi que la diffusion de la pratique du zaï dépend des zones agro-climatiques.

Les résultats montrent que la distribution décennale des adoptants diffère également en fonction des caractéristiques socio-économiques du chef de ménage (Tableau 19). Elle varie significativement selon l'âge ( $\chi^2 = 28,370$  ;  $p = 0,000$ ), le niveau d'instruction ( $\chi^2 = 11,100$  ;  $p = 0,025$ ), l'appartenance aux organisations paysannes ( $\chi^2 = 51,147$  ;  $p = 0,000$ ) et l'accès aux services agricoles ( $\chi^2 = 10,669$  ;  $p = 0,031$ ). Les adoptants sont majoritairement les chefs de ménages jeunes (61,2%), instruits (65%), regroupés en organisation paysanne (68,1%) et ceux ayant accès aux services agricoles (64,1%). Ils sont constitués en grande partie de retardataires (44,7%). Autrement dit, la majorité des ménages a adopté la pratique du zaï entre 1993 et 2013.

La perception de la sécheresse est identique au sein des catégories d'adoptants ( $\chi^2 = 7,269$  ;  $p = 0,122$ ) (Tableau 19). Le rythme d'adoption de la pratique du zaï ne varie pas significativement en fonction de la perception paysanne des poches de sécheresse.

Excepté la perception de la sécheresse, les caractéristiques socio-économiques des adoptants du zaï sont significativement différentes. Leurs effets simultanés sur les décisions des ménages restent à déterminer.

Tableau 19. Caractéristiques des catégories d'adoptants de la pratique du zaï

Variables	Innovateurs		Précoces		Tardifs		Retardataires		Non adoptants		$\chi^2$	P-value	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%			
<b>Climat</b>												278,25	0,000
Soudano	0	0	0	0	0	0	9	3,7	234	96,3			
Sahélienne	3	0,7	15	3,9	49	12,7	217	56,1	103	26,6			
<b>Age</b>												28,37	0,000
Jeune	1	0,3	7	2,2	32	10	145	44,7	138	42,8			
Agé	2	0,8	9	3,1	18	5,8	84	27,5	192	62,8			
<b>Instruction</b>												11,1	0,025
Non instruit	1	0,3	9	2,1	40	9,5	142	33,4	233	54,7			
Instruit	2	0,8	7	3,2	13	6,4	91	44,6	91	45,0			
<b>Groupement</b>												51,147	0,000
Non	1	0,2	3	0,7	28	6,3	151	34	261	58,8			
Oui	2	1,1	13	7	24	13	87	47	59	31,9			
<b>Formation</b>												10,669	0,031
Non	3	0,5	14	2,4	45	7,5	225	37,8	309	51,9			
Oui	0	0	2	5,1	7	20,5	13	38,5	12	35,9			
<b>Sécheresse</b>												7,269	0,122
Diminuée	0	0,7	2	3,9	6	11,1	21	41,8	21	42,5			
Augmentée	2	0,4	10	2,1	37	7,4	182	36,6	267	53,6			

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

Les résultats du modèle Logit multinomial montrent que les déterminants de la diffusion du zaï, entre 1974 et 2013, sont les caractéristiques des zones agro-climatiques, le niveau d'instruction du chef de ménage ainsi que son niveau d'organisation (Tableau 20). Ces résultats sont valides dans la mesure où la statistique de Wald chi-2 à 24 degrés de liberté estimé à 1409,326 est supérieure au chi-2 théorique. Le modèle est globalement significatif au seuil de 1% (Prob > chi2 = 0,000).

L'appartenance des ménages agricoles à zone sahéenne a favorisé l'adoption de la pratique du zaï comparativement à la zone soudano-sahéenne au cours des quatre dernières décennies. La faible pluviosité dans la zone sahéenne explique le comportement des ménages. En effet, la pluviométrie est inférieure à celle de la zone soudano-sahéenne. Par conséquent, il devient impératif aux ménages d'opter la pratique du zaï pour maintenir l'humidité du sol afin de limiter les effets des poches de sécheresse.

L'insuffisance d'organisation des ménages agricoles a constitué un frein à la diffusion de la pratique du zaï entre 1974 et 1983. Elle est traduite par le coefficient négatif de la variable groupement. La décennie 1974-1983 correspond aux premières années de vulgarisation des innovations agricoles dans les exploitations. A cette période, les ménages n'étaient pas suffisamment regroupés en organisation paysanne comparativement aux décennies suivantes.

Les seules organisations existant à cette période étaient essentiellement d'ordre culturelle et non pas dans le cadre des innovations agricoles.

L'âge a eu un effet négatif sur la diffusion de la pratique du zaï au cours deux dernières décennies (1993 à 2013). Il montre que les jeunes chefs de ménages ont été moins enclins à adopter la pratique du zaï au cours de cette période par rapport à ceux âgés. Le comportement des jeunes chefs de ménages peut s'expliquer par leur orientation vers d'autres activités telles que le commerce, la pratique de l'élevage, l'orpaillage, etc.

Tableau 20. Déterminants de diffusion de la pratique du zaï

Variables	Coefficient	Erreur standard	z	P> z
<i>Innovateurs</i>				
Climat**	15,81289	5,914539	2,67	0,008
Age	0,58812	10,557090	0,06	0,956
Education	1,32434	13,539600	0,10	0,922
Groupement**	-15,82901	5,572306	-2,84	0,005
Formation	1,27984	12,721560	0,10	0,920
Sécheresse	2,54558	14,707430	0,17	0,863
Constante	-21,38967	20,958160	-1,02	0,307
<i>Précoces</i>				
Climat***	18,05562	0,928621	19,44	0,000
Age	-0,37776	0,631716	-0,60	0,550
Education	0,17641	0,631276	0,28	0,780
Groupement	-0,12036	5,384478	-0,02	0,982
Formation	2,09020	3,946868	0,53	0,596
Sécheresse	1,23276	9,162444	0,13	0,893
Constante	-21,16612	3,803426	-5,57	0,000
<i>Tardifs</i>				
Climat***	19,01476	0,904744	21,02	0,000
Age**	-1,37797	0,406613	-3,39	0,001
Education	-0,63939	0,437507	-1,46	0,144
Groupement	0,63137	0,478983	1,32	0,187
Formation	0,49783	0,384004	1,30	0,195
Sécheresse	1,25857	0,873987	1,44	0,150
Constante	-19,29589	0,989036	-19,51	0,000
<i>Retardataires</i>				
Climat***	4,24446	0,494787	8,58	0,000
Age***	-1,15051	0,282362	-4,07	0,000
Education	0,07552	0,238786	0,32	0,752
Groupement	-0,34995	0,391980	-0,89	0,372
Formation	0,17465	0,279359	0,63	0,532
Sécheresse	-0,01070	0,742539	-0,01	0,989
Constante	-3,06355	0,463071	-6,62	0,000
Nombre observations = 629 ; Wald chi2 (24) = 862,456 ; Prob > chi2 = 0,000 ; Pseudo R <sup>2</sup> = 0,3080				
Log likelihood = -449,821				

\*\*\* p < 0,001 ; \*\*p < 0,05 ; \*p < 0,1

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

### 4.3.2. Les cordons pierreux

Les cordons pierreux ont été adoptés par 68,7% des ménages agricoles entre 1974 et 2013 (Figure 7). Les adoptants sont constitués de 36,1% de retardataires, 29,1% de tardifs, 2,9% de précoces et 0,6% d'innovateurs. Les retardataires (36,1%) constituent ainsi la majorité des adoptants de l'échantillon. Ce contact montre que les cordons pierreux ont été plus adoptés dans les exploitations agricoles entre 1994 et 2003. De plus, la distribution décennale des adoptants indique que la diffusion de l'utilisation des cordons pierreux comme moyen de conservation des eaux et des sols a été hétérogène au cours des quatre décennies dans les exploitations agricoles.

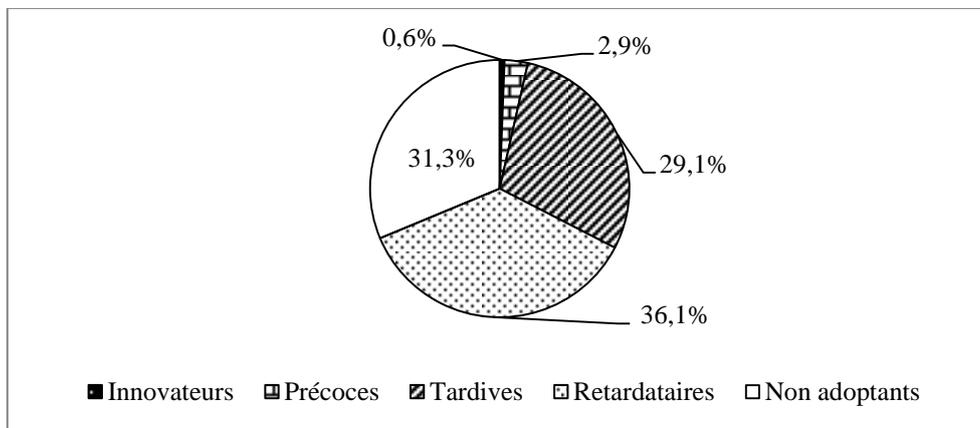


Figure 7. Répartition des catégories d'adoptants des cordons pierreux

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

Le Tableau 21 synthétise les caractéristiques géographiques, socio-économiques et la perception de différentes catégories de ménages agricoles. Dans l'ensemble, ces caractéristiques varient d'une catégorie à l'autre. La répartition des catégories de ménages varie significativement en fonction de leur appartenance aux zones des agro-climatiques ( $\chi^2 = 150,589$  ;  $p = 0,000$ ). Les ménages de la zone sahélienne ont plus adopté les cordons pierreux dans les exploitations par rapport à ceux de la zone soudano-sahélienne. La faible pluviosité dans la zone sahélienne pourrait expliquer l'importance de cette adoption dans la zone sahélienne. La distribution des adoptants est hétérogène selon le niveau d'instruction ( $\chi^2 = 13,623$  ;  $p = 0,009$ ). Les ménages instruits ont plus adopté la pratique des cordons pierreux dans leur exploitation par rapport à ceux qui ne sont pas instruits. La plupart de ces instruits sont des retardataires, c'est-à-dire les ménages qui ont implanté les cordons pierreux entre 2003 et 2013 dans leur exploitations.

Les catégories d'adoptants se distinguent significativement suivant leur appartenance aux organisations paysannes ( $\chi^2 = 28,661$  ;  $p = 0,000$ ). Environ 80% des adoptants sont instruits.

La majorité d'entre eux est constitué de retardataires (36,9%). Elle montre que les ménages ont plus adopté les cordons pierreux au cours de la dernière décennie (2003-2013).

L'analyse indique que les poches de sécheresse sont différemment perçues par les catégories d'adoptants ( $\chi^2 = 150,192$  ;  $p = 0,000$ ). La majorité des adoptants perçoit une augmentation des séquences au cours de ces dernières décennies. Ces adoptants sont constitués majoritairement de tardifs (47,7%). Environ 75% des adoptants ont bénéficié des services des agents de vulgarisation ( $\chi^2 = 13,623$  ;  $p = 0,009$ ). La plupart de ces bénéficiaires est constitué de retardataires (46,2%). Cela signifie que la vulgarisation de l'utilisation des cordons pierreux a été importante entre 1993 et 2003 comparativement aux autres décennies.

La répartition des ménages agricoles varie significativement selon leur niveau d'instruction ( $\chi^2 = 13,623$  ;  $p = 0,009$ ). Environ 74% des instruits ont adopté les cordons pierreux dans leurs exploitations. Ces adoptants sont composés essentiellement de retardataires (36,9%) et de tardifs (35,3%). Ceci montre que l'instruction a favorisé la diffusion de l'utilisation des cordons pierreux au cours des deux dernières décennies (1993 à 2013). La distribution des catégories d'adoptants est homogène selon l'âge ( $\chi^2 = 13,623$  ;  $p = 0,009$ ) et l'accès aux services agricoles ( $\chi^2 = 13,623$  ;  $p = 0,009$ ). Cette homogénéité indique que la diffusion de l'utilisation des cordons pierreux dans l'exploitation s'est faite indépendamment de l'âge et de l'accessibilité aux services de la vulgarisation agricole.

Tableau 21. Caractéristiques des catégories d'adoptants des cordons pierreux

Variables	Innovateurs		Précoces		Tardifs		Retardataires		Non adoptants		$\chi^2$	P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%		
Climat											150,589	0,000
Soudano Sahélienne	0	0	0	0	11	4,6	94	38,8	138	56,6		
Age	4	1	17	4,4	163	42,2	134	34,6	69	17,8	1,907	0,753
Jeune	2	0,5	8	2,4	93	28,7	122	37,9	98	30,4		
Agé	2	0,8	11	3,5	91	29,8	102	33,3	100	32,6		
Instruction											13,623	0,009
Non instruit	2	0,5	11	2,6	107	25	151	35,5	155	36,3		
Instruit	2	0,8	6	3,2	72	35,3	75	36,9	48	23,7		
Groupeement											28,661	0,000
Non	2	0,5	8	1,8	109	24,5	165	37,2	160	36		
Oui	2	1,1	10	5,4	74	40	62	33,5	37	20		
Formation											7,549	0,110
Non	4	0,7	16	2,7	167	28	220	36,9	189	31,7		
Oui	0	0	2	5,1	15	46,2	8	23,1	9	25,6		
Sécheresse											50,192	0,000
Diminuée	0	0,8	1	1,9	12	23,1	19	37,6	18	36,6		
Augmentée	0	0	29	5,9	238	47,7	156	31,4	75	15		

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

Les résultats du modèle Logit multinomial indiquent que les facteurs influençant la diffusion de l'utilisation des cordons pierreux dans les exploitations sont les caractéristiques des zones agro-climatiques, le niveau d'instruction du chef de ménage, son niveau d'organisation et sa perception de la sécheresse (Tableau 22). La statistique de Wald  $\chi^2$  (777,381) et la significativité globale du modèle au seuil de 1% ( $\text{Prob} > \chi^2 = 0,000$ ) montrent que ces résultats sont valides.

Les conditions agro-climatiques de la zone sahélienne ont incité les ménages agricoles à implémenter les cordons pierreux dans leurs exploitations par rapport à ceux de la zone soudano-sahélienne.

L'instruction des chefs de ménages au cours des deux dernières décennies (1993 à 2013) a constitué un tremplin à l'utilisation des cordons pierreux dans les exploitations agricoles. La plupart des ménages agricoles étaient instruits au cours de cette période.

L'insuffisance d'organisation des ménages agricoles a constitué un frein à la diffusion de la pratique dès la première décennie de vulgarisation de l'utilisation des cordons pierreux comme techniques de conservation des eaux et des sols (1974-1983).

Les ménages n'ont pas perçu que les cordons pierreux pouvaient atténuer les effets des poches de sécheresse sur les rendements agricoles à travers le maintien de l'humidité du sol, au cours de la première décennie de sa vulgarisation (1974-1983). Par conséquent, plusieurs d'entre eux n'ont pas adopté l'utilisation des cordons pierreux dans leurs exploitations agricoles.

Tableau 22. Déterminants de diffusion des cordons pierreux

Variables	Coefficient	Erreur standard	z	P> z
<i>Innovateurs</i>				
Climat***	15,91568	1,729969	9,20	0,000
Age	0,6950721	8,618678	0,08	0,936
Education	0,7625248	8,615414	0,09	0,929
Groupement***	-15,13948	1,256416	-12,05	0,000
Formation	0,7629726	8,787873	0,09	0,931
Sécheresse*	-14,31641	7,010406	-2,04	0,041
Constante	-19,60677	12,10167	-1,62	0,105
<i>Précoces</i>				
Climat***	15,7201	0,921092	17,07	0,000
Age	0,6136537	0,5808775	1,06	0,291
Education	0,5587381	0,6165588	0,91	0,365
Groupement	-0,084501	5,596906	-0,02	0,988
Formation	0,8043829	0,6225107	1,29	0,196
Sécheresse	1,676634	7,531849	0,22	0,824
Constante	-18,04174	0,8210351	-21,97	0,000
<i>Tardifs</i>				
Climat***	3,261461	0,3859757	8,45	0,000
Age	0,3142011	0,2865175	1,10	0,273
Education**	0,697676	0,2509911	2,78	0,005
Groupement	-0,0378848	0,509373	-0,07	0,941
Formation	0,2676993	0,3172975	0,84	0,399
Sécheresse	1,050509	5,505445	0,19	0,849
Constante	-2,939767	0,4391049	-6,69	0,000
<i>Retardataires</i>				
Climat***	0,9782888	0,2308661	4,24	0,000
Age	-0,0222399	0,222846	-0,10	0,921
Education*	0,3965172	0,2235588	1,77	0,076
Groupement	-0,6260698	0,6030006	-1,04	0,299
Formation	0,1551972	0,2704555	0,57	0,566
Sécheresse	0,8919754	5,47833	0,16	0,871
Constante	-0,4986392	0,1989854	-2,51	0,012
Nombre observations = 629; Wald chi2 (24) = 710,812; Prob > chi2 = 0,000; Pseudo R <sup>2</sup> = 0,127				
Log likelihood = -669,873				

\*\*\* p < 0,001 ; \*\*p < 0,05 ; \*p < 0,1

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

#### 4.3.3. Les demi-lunes

Durant les quatre dernières décennies, seulement 0,8% des ménages ont adopté la pratique des demi-lunes dans leurs exploitations agricoles (Figure 8). Ces adoptants sont constitués de 0,6% de retardataires et 0,2% de tardifs. La catégorisation des adoptants montre que la diffusion des demi-lunes dans les exploitations a été très lente au cours de ces quatre dernières décennies.

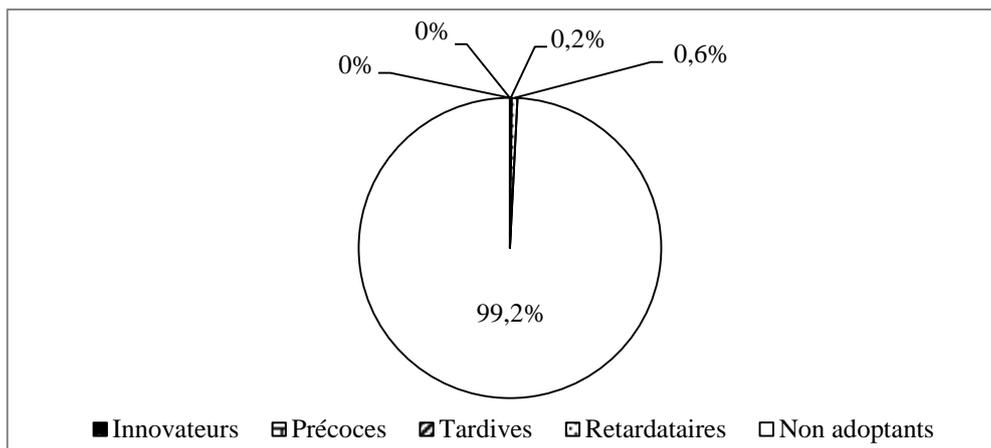


Figure 8. Répartition des catégories d'adoptants des demi-lunes

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

Le Tableau 23 indique les caractéristiques de différentes catégories de ménages agricoles. Les résultats montrent une homogénéité de la distribution des catégories de ménages selon les zones agro-climatiques, l'âge, l'instruction, le niveau d'organisation, l'accès aux services agricoles et la perception du chef de ménage.

Tableau 23. Caractéristiques des catégories d'adoptants des demi-lunes

Variables	Innovateurs		Précoces		Tardifs		Retardataires		Non adoptants		$\chi^2$	P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%		
<b>Climat</b>											2,692	0,260
Soudano	0	0	0	0	0	0	0	0	243	100		
Sahélienne	0	0	0	0	1	0,2	4	1	381	98,8		
<b>Age</b>											0,829	0,661
Jeune	0	0	0	0	1	0,3	2	0,5	321	99,2		
Agé	0	0	0	0	0	0	2	0,8	303	99,2		
<b>Instruction</b>											3,651	0,661
Non instruit	0	0	0	0	0	0	1	0,3	425	99,7		
Instruit	0	0	0	0	1	0,4	2	1,2	200	98,4		
<b>Groupement</b>											2,44	0,295
Non	0	0	0	0	0	0	3	0,7	441	99,3		
Oui	0	0	0	0	1	0,5	1	0,5	183	98,9		
<b>Formation</b>											0,333	0,847
Non	0	0	0	0	1	0,2	4	0,7	591	99,2		
Oui	0	0	0	0	0	0	0	0	33	100		
<b>Sécheresse</b>											1,759	0,415
Diminuée	0	0	0	0	0	0	1	1,3	50	98,7		
Augmentée	0	0	0	0	1	0,2	2	0,4	495	99,4		

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

Les facteurs d'adoption des demi-lunes sont constitués de cinq variables. Ces variables sont notamment les caractéristiques des zones agro-climatiques, l'âge, l'instruction, le niveau d'organisation, l'accès aux services de vulgarisation et la perception de la sécheresse par les ménages agricoles (Tableau 24). Les conditions climatiques de la zone sahélienne ont incité

les ménages à adopter les demi-lunes par rapport à rapport à celles de la zone soudano-sahélienne. L'instruction des ménages a également favorisé l'adoption des demi-lunes. En revanche, la faible instruction, l'insuffisance d'organisation et la perception de la baisse de la fréquence des poches de sécheresse ont constitué des freins majeurs à l'adoption de celles-ci.

Tableau 24. Caractéristiques des catégories d'adoptants des demi-lunes

Variables	Coefficient	Erreur standard	z	P> z
<i>Tardifs</i>				
Climat***	15,49805	1,196859	12,95	0,000
Age***	-16,57245	0,997999	-16,61	0,000
Education***	16,77766	0,973564	17,23	0,000
Groupement***	-17,84231	1,062397	-16,79	0,000
Formation***	17,65208	1,025508	17,21	0,000
Sécheresse***	-17,52029	4,537644	-3,86	0,000
Constante	-53,70540	2,968892	-18,09	0,000
<i>Retardataires</i>				
Climat**	18,03859	2,678625	6,73	0,000
Age	0,70189	11,572510	0,06	0,952
Education	1,78340	12,057190	0,15	0,882
Groupement***	-17,65640	2,925519	-6,04	0,000
Formation	-0,88919	9,956006	-0,09	0,929
Sécheresse	2,19163	12,031130	0,18	0,855
Constante	-23,95647	21,345370	-1,12	0,262
Nombre observations = 629; Wald chi2 (12) = 1133,394; Prob > chi2 = 0,000; Pseudo R <sup>2</sup> = 0,226				
Log likelihood = -24,491				

\*\*\* p < 0,001 ; \*\*p < 0,05 ; \*p < 0,1

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

#### 4.3.4 Les diguettes filtrantes

Les diguettes filtrantes ont été faiblement adoptées par les ménages agricoles au cours de ces quatre dernières décennies (Figure 9). Seulement 6,4% des ménages ont adopté celles-ci dans les exploitations agricoles. Parmi les adoptants, on dénombre 3,2% de retardataires et 3,1% de tardifs. Il n'y a pas d'innovateurs ni de précoces parmi les adoptants. Cela signifie que les diguettes filtrantes sont faiblement appréciées par les ménages. D'où la diffusion lente de celles-ci.

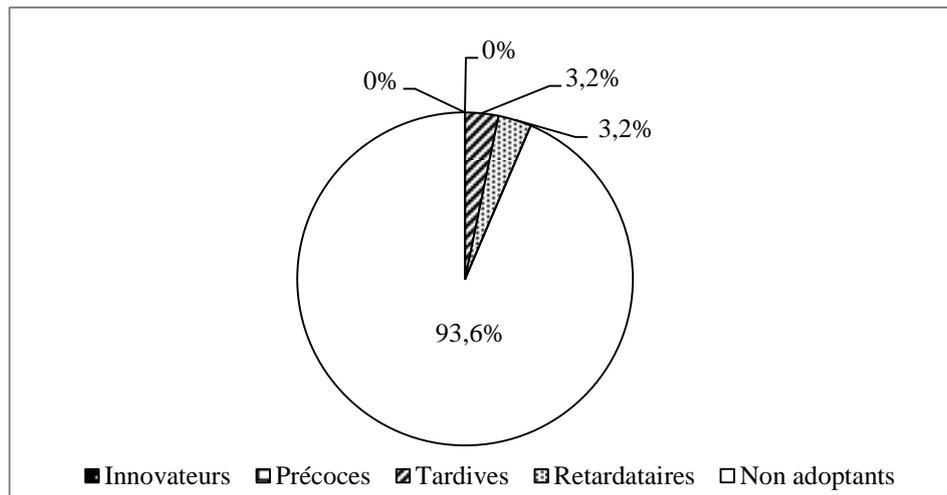


Figure 9. Répartition des catégories d'adoptants des diguettes filtrantes

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

Le Tableau 25 synthétise les caractéristiques des catégories de ménages. La distribution des ménages agricoles est homogène pour certaines caractéristiques et hétérogène pour d'autres.

La répartition des catégories de ménages varie significativement en fonction de leur appartenance aux zones agro-climatiques ( $\chi^2 = 32,154$  ;  $p = 0,000$ ). Les adoptants de la zone sahélienne représentent 12,7% des ménages agricoles contre 3,4% de la zone soudano-sahélienne. Les retardataires (7,8%) constituent la majorité des adoptants en zone sahélienne.

La distribution des catégories de ménages agricoles est fonction également de l'âge du chef de ménage ( $\chi^2 = 4,854$  ;  $p = 0,088$ ). Les chefs de ménages jeunes constituent 5,1% des adoptants tandis que ceux âgés sont 8,1%. La majorité des retardataires sont les jeunes (3,3%) et les tardifs les âgés (5,0%).

La répartition des catégories de ménages agricoles est homogène selon les autres caractéristiques ( $p > 0,000$ ). Les retardataires, les tardifs et les non-adoptants se caractérisent par le même niveau d'instruction, d'organisation et d'accès aux services agricoles et de perception des poches de sécheresse.

Tableau 25. Caractéristiques des catégories d'adoptants des diguettes filtrantes

Variables	Innovateurs		Précoces		Tardifs		Retardataires		Non adoptants		$\chi^2$	P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%		
<b>Climat</b>											32,154	0,000
Soudano	0	0	0	0	14	5,9	19	7,8	210	86,3		
Sahélienne	0	0	0	0	7	1,7	3	0,7	377	97,6		
<b>Age</b>											4,854	0,088
Jeune	0	0	0	0	6	1,9	11	3,3	307	94,9		
Agé	0	0	0	0	15	5	9	3,1	281	91,9		
<b>Instruction</b>											4,218	0,121
Non instruit	0	0	0	0	18	4,2	16	3,7	392	92,1		
Instruit	0	0	0	0	3	1,6	5	2,4	195	96,0		
<b>Groupement</b>											2,067	0,356
Non	0	0	0	0	14	3,2	17	3,8	413	93		
Oui	0	0	0	0	6	3,2	3	1,6	176	95,1		
<b>Formation</b>											0,554	0,758
Non	0	0	0	0	20	3,2	19	3,1	589	93,7		
Oui	0	0	0	0	15	2,6	30	5,1	550	92,3		
<b>Sécheresse</b>											3,38	0,184
Diminuée	0	0	0	0	1	1,3	1	2	49	96,7		
Augmentée	0	0	0	0	19	3,8	18	3,6	461	92,6		

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

La diffusion des diguettes filtrantes est déterminée par deux variables qui sont les caractéristiques des zones agro-climatiques et la perception des ménages agricoles des poches de sécheresse (Tableau 26). Les conditions climatiques de la zone sahélienne ont freiné l'adoption des diguettes filtrantes comparativement à la zone soudano-sahélienne. Le manque de perception paysanne de l'évolution de la fréquence des poches de sécheresse a constitué la contrainte majeure à la diffusion de la pratique des diguettes filtrantes. Les autres caractéristiques n'ont pas affecté significativement la diffusion de la pratique des diguettes filtrantes dans les exploitations agricoles.

Tableau 26. Déterminants de la diffusion des diguettes filtrantes

Variables	Coefficient	Erreur standard	z	P> z
<i>Tardifs</i>				
Climat**	-1,52927	0,630125	-2,43	0,015
Age	0,75622	0,483863	1,56	0,118
Education	-0,71529	2,773865	-0,26	0,797
Groupement	0,20388	7,640338	0,03	0,979
Formation	0,63012	0,589259	1,07	0,285
Sécheresse	0,74981	7,092634	0,11	0,916
Constante	-3,01330	0,466986	-6,45	0,000
<i>Retardataires</i>				
Climat	-2,62444	2,585932	-1,01	0,310
Age	-0,19391	0,504385	-0,38	0,701
Education	-0,29846	1,739160	-0,17	0,864
Groupement	1,51749	4,321636	0,35	0,725
Formation	-0,04751	1,650174	-0,03	0,977
Sécheresse***	-12,33122	2,182653	-5,65	0,000
Constante	-2,26892	0,401592	-5,65	0,000
Nombre observations = 629; Wald chi2 (12) = 429,151; Prob > chi2 = 0,000; Pseudo R <sup>2</sup> = 0,118				
Log likelihood = -155,676				

\*\*\* p < 0,001 ; \*\*p < 0,05 ; \*p < 0,1

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

#### 4.4. DIFFUSION DES TECHNOLOGIES BIOLOGIQUES

##### 4.4.1. Le paillage

La diffusion du paillage a été lente au cours de ces quatre dernières décennies. Seulement 6,8% des ménages agricoles de l'échantillon d'étude l'ont adopté dans leurs exploitations de 1974 à 2013 (Figure 10). Les adoptants sont constitués de 3,2% de retardataires, 2,4% de tardifs, 1,1% de précoces et 0,2% d'innovateurs. L'évolution du taux d'adoptants montre que les ménages ne se sont pas assez intéressés à la pratique du paillage.

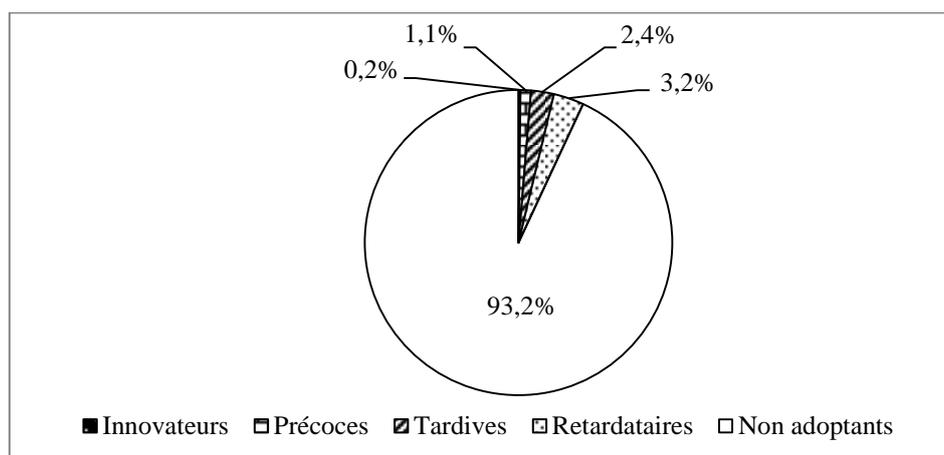


Figure 10. Répartition des catégories d'adoptants du paillage

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

Le Tableau 27 indique que la distribution des différentes catégories d'adoptants varie significativement selon les zones agro-climatiques ( $\chi^2 = 24,654$  ;  $p = 0,000$ ). L'ensemble des adoptants (10,5%) sont des ménages agricoles de la zone sahélienne. Aucun adoptant n'a été identifié en zone soudano-sahélienne. Contrairement aux zones agro-climatiques ( $p > 0,000$ ), la distribution des catégories d'adoptants est homogène selon l'âge, l'instruction, le niveau d'organisation, l'accès aux services de vulgarisation et la perception des poches de sécheresse du chef de ménage.

Tableau 27. Caractéristiques des catégories d'adoptants du paillage

Variables	Innovateurs		Précoces		Tardifs		Retardataires		Non adoptants		$\chi^2$	P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%		
Climat											24,654	0,000
Soudano	0	0	0	0	0	0	0	0	243	100		
Sahélienne	1	0,2	7	1,7	14	3,7	19	4,9	345	89,5		
Age											2,629	0,622
Jeune	0	0	5	1,4	9	2,7	11	3,5	299	92,4		
Agé	1	0,4	2	0,8	6	1,9	8	2,7	288	94,2		
Instruction											2,946	0,567
Non instruit	0	0	3	0,8	9	2,1	14	3,4	399	93,7		
Instruit	1	0,4	3	1,6	6	2,8	6	2,8	188	92,4		
Groupement											4,276	0,37
Non	0	0	4	0,9	9	2	13	2,9	418	94,1		
Oui	1	0,5	3	1,6	6	3,2	24	3,8	168	90,8		
Formation											1,407	0,843
Non	1	0,2	6	1	14	2,4	18	3,1	556	93,4		
Oui	0	0	1	2,6	1	2,6	2	5,1	30	89,7		
Sécheresse											5,271	0,261
Diminuée	0	0	1	1,3	1	2,6	3	5,9	45	90,2		
Augmentée	1	0,2	5	1,1	11	2,3	11	2,3	469	94,1		

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

Les résultats du modèle Logit multinomial révèlent que les variables de diffusion de la pratique du paillage dans les exploitations agricoles sont l'ensemble des caractéristiques des ménages (Tableau 28). L'appartenance des ménages à la zone sahélienne a favorisé l'adoption des innovations agricoles comparativement à la zone soudano-sahélienne. Les chefs de ménages jeunes, ceux instruits et les bénéficiaires des services de vulgarisation ont été plus enclins à adopter la pratique du paillage dans leur exploitation que ceux âgés au cours de la première décennie (1974-1983) de vulgarisation. Par contre, les chefs de ménages n'appartenant à aucune organisation paysanne et ceux qui ont eu une perception de la diminution de la sèche au cours de la décennie ne l'ont pas adopté dans leurs exploitations. Ce constat révèle l'importance des organisations et les perceptions paysannes du climat pour l'adoption des nouvelles innovations dans les exploitations agricoles.

Tableau 28. Déterminants de diffusion du paillage

Variabes	Coefficient	Erreur standard	z	P> z
<i>Innovateurs</i>				
Climat*	13,34909	5,372276	2,48	0,013
Age***	16,10173	0,641970	25,08	0,000
Education***	15,69361	0,707751	22,17	0,000
Groupement***	-16,09808	0,932077	-17,27	0,000
Formation***	15,64861	0,651754	24,01	0,000
Sécheresse***	-15,68801	7,106753	-2,21	0,027
Constante	-63,54854	6,020092	-10,56	0,000
<i>Précoces</i>				
Climat***	17,22107	2,466992	6,98	0,000
Age	-0,44474	6,435772	-0,07	0,945
Education	0,58813	6,124877	0,10	0,924
Groupement	0,80240	8,959203	0,09	0,929
Formation	-0,10564	5,708720	-0,02	0,985
Sécheresse	1,52828	9,514577	0,16	0,872
Constante	-21,50248	7,714859	-2,79	0,005
<i>Tardifs</i>				
Climat***	17,54458	0,679469	25,82	0,000
Age	-0,23078	0,458968	-0,50	0,615
Education	0,12070	0,516819	0,23	0,815
Groupement	-0,22683	8,186858	-0,03	0,978
Formation	0,02993	0,576100	0,05	0,959
Sécheresse	0,45509	9,431156	0,05	0,962
Constante	-20,72944	0,761278	-27,23	0,000
<i>Retardataires</i>				
Climat***	17,42332	0,681840	25,55	0,000
Age	-0,24484	0,500292	-0,49	0,625
Education	-0,28251	0,537284	-0,53	0,599
Groupement	0,43282	5,280166	0,08	0,935
Formation	-0,26645	0,544413	-0,49	0,625
Sécheresse	1,40428	3,259916	0,43	0,667
Constante	-20,19329	0,727403	-27,76	0,000
Nombre observations = 629; Wald chi2 (24) = 1608,658; Prob > chi2 = 0,000; Pseudo R <sup>2</sup> = 0,126				
Log likelihood = -178,567491				

\*\*\* p < 0,001 ; \*\*p < 0,05 ; \*p < 0,1

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

#### 4.4.2. Les bandes enherbées

Les bandes enherbées sont essentiellement constituées à partir des espèces d'*Andropogon gayanus* et parfois d'*Euphorbia balsamifera*. Elles servent à restaurer la fertilité et à maintenir l'humidité du sol durant les poches de sécheresse. Elles sont également utilisées par les ménages pour la confection des toits des cases et le paillage dans les exploitations agricoles. Cependant, elles sont adoptées par une minorité (26,2%) de ménages (Figure 11). Ces adoptants sont constitués de 0,6% d'innovateurs, 1,7% de précoces, 9,4% de tardifs et 14,5% de retardataires. Les taux d'adoption ont une évolution tendancielle à la hausse, mais la diffusion a été lente au cours des quatre dernières décennies.

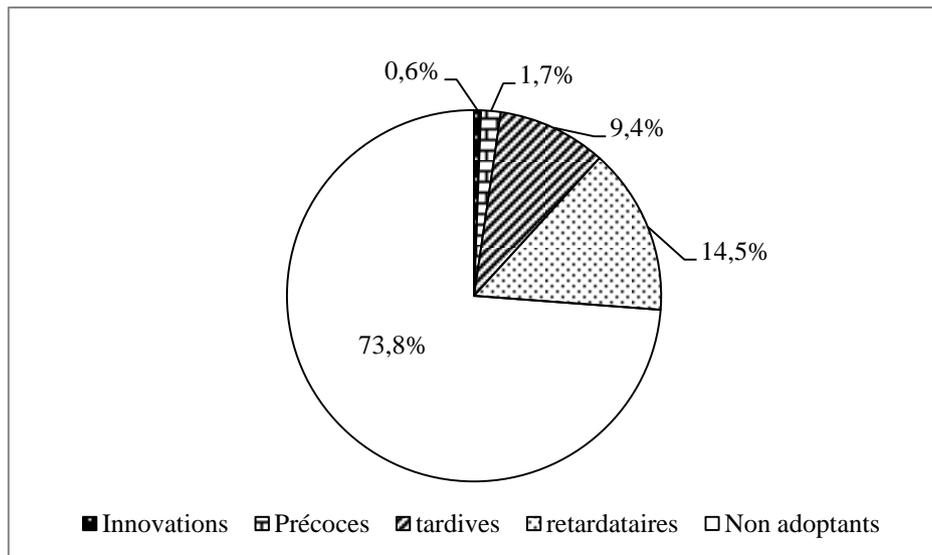


Figure 11. Répartition des catégories d'adoptants des bandes enherbées  
 Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

Le Tableau 29 présente la distribution des catégories de ménages agricoles en fonction de leurs caractéristiques. Il ressort que la distribution des catégories de ménages varie significativement en fonction des zones agro-climatiques ( $\chi^2 = 58,26$ ;  $p = 0,000$ ). Les ménages de la zone soudano-sahélienne ont plus adopté les bandes enherbées que ceux de la zone sahélienne. Les adoptants dans cette zone sont constitués de 1,4% d'innovateurs, 3,7% de précoces, 15,1% de tardifs et 24,2% de retardataires. Les poches de sécheresse sont différemment perçues par les catégories de ménages ( $\chi^2 = 12,044$ ;  $p = 0,017$ ). Pour certains adoptants (29,6%) les poches de sécheresse ont augmenté tandis que d'autres (15,7%) les estiment en baisse. Contrairement aux zones agro-climatiques et à la perception des poches de sécheresse, la distribution des catégories de ménages est indépendante de l'âge, l'instruction, le niveau d'organisation et l'accessibilité aux services de la vulgarisation des ménages ( $p > 0,000$ ).

Tableau 29. Caractéristiques des catégories d'adoptants des bandes enherbées

Variables	Innovateurs		Précoces		Tardifs		Retardataires		Non adoptants		$\chi^2$	P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%		
Climat											58,260	0,000
Soudano Sahélienne	3	1,4	9	3,7	37	15,1	59	24,2	135	55,7		
Age											5,448	0,244
Jeune	1	0,3	4	1,1	29	8,9	44	13,6	246	76,2		
Agé	4	1,2	8	2,7	31	10,1	47	15,5	216	70,5		
Instruction											2,522	0,641
Non instruit	3	0,8	9	2,1	44	10,3	64	15	306	71,8		
Instruit	1	0,4	2	1,2	16	8	28	13,7	156	76,7		
Groupement											2,795	0,593
Non	3	0,7	8	1,8	47	10,6	62	14	324	73,0		
Oui	1	0,5	3	1,6	12	6,5	29	15,7	140	75,7		
Formation											3,364	0,499
Non	4	0,7	11	1,9	57	9,5	83	13,9	441	74,1		
Oui	0	0	0	0	3	7,7	8	23,1	23	69,2		
Sécheresse											12,044	0,017
Diminuée	0	0,7	1	1,3	3	5,9	4	7,8	42	84,3		
Augmentée	3	0,6	9	1,9	52	10,5	83	16,6	351	70,4		

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

Les résultats du modèle Logit multinomial met en évidence les déterminants de la diffusion de l'implantation des bandes enherbées dans les exploitations agricoles (Tableau 30). Ils montrent que les variables explicatives de la diffusion sont les caractéristiques des zones agro-climatiques, le niveau d'organisation des ménages, leur accessibilité aux services de vulgarisation et leur perception des poches de sécheresse.

La dégradation des conditions climatiques de la zone sahélienne au cours des deux dernières décennies (1993 à 2013) n'ont pas favorisé la diffusion de l'implantation des bandes enherbées comparativement à celles de la zone soudano-sahélienne. Elle a freiné l'adoption des bandes enherbées dans les exploitations agricoles. La diminution de la pluviosité conjuguée à la fréquence des longues poches de sécheresse pourrait expliquer la disparition progressive des espèces d'*Andropogon gayanus* dans les exploitations sahéliennes.

La faible organisation des ménages au cours des deux premières décennies (1974 à 1993) a constitué une contrainte majeure à la diffusion des bandes enherbées dans les exploitations agricoles. Cet impact montre l'importance des organisations paysannes dans le processus de diffusion des innovations agricoles. Cette importance est mise en évidence au cours de la dernière décennie (2003-2013). La bonne organisation des ménages a favorisé l'adoption des bandes enherbées dans les exploitations agricoles.

La perception de la diminution de la fréquence des poches de sécheresse au cours de la première décennie de vulgarisation (1974-1983) a également limité l'adoption des bandes

enherbées. Les ménages ont estimé que les bandes enherbées n'étaient pas assez utiles dans les exploitations agricoles puisque les poches de sécheresse étaient quasi-inexistantes.

Les services de vulgarisation agricole ont joué un rôle important pour la diffusion de l'implantation des bandes enherbées dans les exploitations au cours de la dernière décennie (2003-2013). Elles ont félicité l'appropriation des bandes enherbées auprès des agriculteurs.

Tableau 30. Déterminants de la diffusion des bandes enherbées

Variabes	Coefficient	Erreur standard	z	P> z
<i>Innovateurs</i>				
Climat	-2,11250	7,373382	-0,29	0,774
Age	1,35456	8,237871	0,16	0,869
Education	-0,21860	8,327325	-0,03	0,979
Groupe ment**	-12,16980	4,661834	-2,61	0,009
Formation	0,66770	7,475618	0,09	0,929
Sécheresse*	-13,54008	7,481565	-1,81	0,070
Constante	-4,53174	8,623445	-0,53	0,599
<i>Précoces</i>				
Climat	-2,75324	5,414932	-0,51	0,611
Age	0,77657	2,365047	0,33	0,743
Education	-0,12433	3,098012	-0,04	0,968
Groupe ment***	-11,76010	1,924859	-6,11	0,000
Formation	0,72436	3,295174	0,22	0,826
Sécheresse	2,98709	6,935113	0,43	0,667
Constante	-3,23030	2,378729	-1,36	0,174
<i>Tardifs</i>				
Climat***	-1,23324	0,294256	-4,19	0,000
Age	0,09493	0,277951	0,34	0,733
Education	-0,16330	0,321220	-0,51	0,611
Groupe ment	0,26904	3,626422	0,07	0,941
Formation	-0,08160	0,381321	-0,21	0,831
Sécheresse	-0,18450	8,693737	-0,02	0,983
Constante	-1,29538	0,263282	-4,92	0,000
<i>Retardataires</i>				
Climat***	-1,67686	0,309998	-5,41	0,000
Age	0,11881	0,301193	0,39	0,693
Education	0,00002	0,295531	0,00	1,000
Groupe ment*	0,95600	0,477565	2,00	0,045
Formation*	0,52133	0,282530	1,85	0,065
Sécheresse	0,95164	3,113586	0,31	0,760
Constante	-0,98827	0,244237	-4,05	0,000

Nombre observations = 629; Wald chi2 (24) = 373,081; Prob > chi2 = 0,000; Pseudo R<sup>2</sup> = 0,10761

Log likelihood = -479,707

\*\*\* p < 0,001 ; \*\*p < 0,05 ; \*p < 0,1

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

#### 4.4.3 Les semences améliorées

Plusieurs variétés de semences de cultures ont été mises à la disposition des ménages agricoles par l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) après les sécheresses des années 1973 et 1974. Cependant, elles n'ont pas été adoptées par la majorité

des ménages (Figure 12). On dénombre 39,1% d'adoptants durant les quatre décennies de vulgarisation. Ces adoptants sont constitués de 0,3% de précoces, 3,8% de tardifs et 35% de retardataires. Aucun ménage n'a adopté les semences améliorées au cours de la première décennie de vulgarisation (1973-1983). D'une manière générale, la diffusion de l'utilisation des semences améliorées a été lente au cours des quatre dernières décennies.

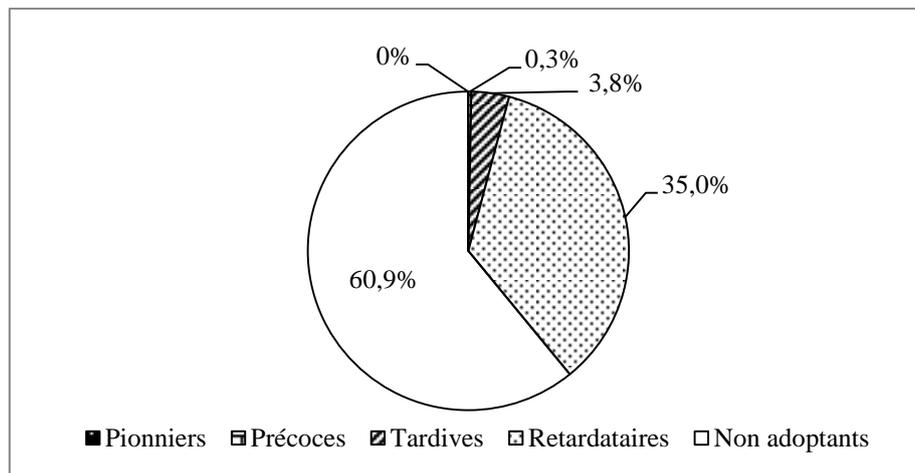


Figure 12. Répartition des catégories d'adoptants des semences améliorées  
 Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

Le Tableau 31 présente les caractéristiques de différentes catégories de ménages agricoles. Excepté l'âge, les caractéristiques des ménages varient significativement en fonction des catégories d'adoptants. Les ménages de la zone sahélo-saharienne (52,7%) ont plus adopté les semences améliorées que ceux de la zone sahélo-saharienne (13,7%). La majorité des adoptants sont des retardataires (46,3%) suivi des tardifs (5,9%). La distribution des catégories de ménages montre que les adoptions des variétés de semences améliorées sont constituées majoritairement des chefs de ménages instruits (41,8%), regroupés en organisation paysanne (48,1%), bénéficiaires des services des agents de vulgarisation (46,2%) et ceux qui perçoivent une diminution des poches de sécheresse (49,7%).

Tableau 31. Caractéristiques des catégories d'adoptants des semences améliorées

Variables	Innovateurs		Précoces		Tardifs		Retardataires		Non adoptants		$\chi^2$	P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%		
Climat											93,006	0,000
Soudano Sahélienne	0	0	0	0	0	0	33	13,7	210	86,3		
Age											0,629	0,890
Jeune	0	0	1	0,3	11	3,5	110	34,1	201	62,1		
Agé	0	0	1	0,4	13	4,3	110	36	181	59,3		
Instruction											10,525	0,015
Non instruit	0	0	2	0,5	14	3,4	130	30,5	279	65,5		
Instruit	0	0	0	0	9	4,4	85	41,8	109	53,8		
Groupement											21,78	0,000
Non	0	0	1	0,2	16	3,6	131	29,5	296	66,7		
Oui	0	0	1	0,5	8	4,3	89	48,1	87	47		
Formation											8,182	0,042
Non	0	0	2	0,3	20	3,4	204	34,2	369	62		
Oui	0	0	0	0	3	10,3	15	46,2	15	43,6		
Sécheresse											25,174	0,000
Diminuée	0	0	0	0,7	3	5,9	25	49,7	22	43,8		
Augmentée	0	0	1	0,2	16	3,2	151	30,3	331	66,4		

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

La plupart des variables expliquent la diffusion des semences améliorées (Tableau 32). Il s'agit des caractéristiques des zones agro-climatiques, l'instruction, le niveau d'organisation, l'accessibilité aux services des agents de vulgarisation et la perception des poches de sécheresse des ménages. Les conditions climatiques de la zone sahélienne ont incité les ménages à adopter des semences améliorées comparativement à la zone sahélienne. En effet, la faible pluviosité dans la zone sahélienne a conduit les ménages à s'approprier des semences agricoles de cycles courts. L'instruction des chefs de ménages a été un facteur déterminant pour la diffusion de l'utilisation des semences de variétés améliorées des cultures pluviales. Contrairement aux précoces (1984-1994), l'instruction des retardataires (2003-2013) a favorisé l'adoption des semences améliorées dans les exploitations agricoles. L'insuffisance d'organisation et le faible accès aux services de vulgarisation ont constitué des contraintes majeures à l'adoption des semences améliorées.

Tableau 32. Déterminants de la diffusion des semences améliorées

Variables	Coefficient	Erreur standard	z	P> z
<i>Précoces</i>				
Climat**	14,49967	7,178949	2,02	0,043
Age	0,31784	12,949210	0,02	0,980
Education**	-13,50684	5,442384	-2,48	0,013
Groupement*	-14,14732	6,512126	-2,17	0,030
Formation	0,61203	12,649550	0,05	0,961
Sécheresse	2,52450	13,345770	0,19	0,850
Constante	-19,49843	15,710370	-1,24	0,215
<i>Tardifs</i>				
Climat***	16,14686	0,755472	21,37	0,000
Age	0,49420	0,479108	1,03	0,302
Education	0,37217	0,440710	0,84	0,398
Groupement	0,97866	3,352126	0,29	0,770
Formation	-0,26830	0,497438	-0,54	0,590
Sécheresse***	-17,97949	2,511130	-7,16	0,000
Constante	-18,56173	0,804000	-23,09	0,000
<i>Retardataires</i>				
Climat***	1,70321	0,237277	7,18	0,000
Age	0,31351	0,206553	1,52	0,129
Education*	0,41511	0,182024	2,28	0,023
Groupement	0,15707	0,410011	0,38	0,702
Formation*	0,32258	0,192545	1,68	0,094
Sécheresse	0,01327	0,545937	0,02	0,981
Constante	-2,17024	0,246429	-8,81	0,000

Nombre observations = 629; Wald chi2 (18) = 763,906; Prob > chi2 = 0,000; Pseudo R<sup>2</sup> = 0,125

Log likelihood = -445,955

\*\*\* p < 0,001 ; \*\*p < 0,05 ; \*p < 0,1

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

#### 4.5. DISCUSSION SUR LES FACTEURS DE DIFFUSION DES INNOVATIONS AGRICOLES

L'analyse a montré que la diffusion des innovations a été lente durant les quatre dernières décennies. Moins de la moitié des ménages de l'échantillon d'étude a adopté les innovations agricoles vulgarisées depuis la sécheresse des années 1973-74. Le taux d'adoption est 69,3% pour les cordons pierreux, 49,1% pour le zaï, 39,1% pour les semences améliorées et 26,2% les bandes enherbées. Le taux d'adoption des autres innovations (demi-lunes, diguettes filtrantes, paillage) reste inférieur à 10%. Le rythme de diffusion temporelle de chacune des innovations dépend de plusieurs facteurs analysés à partir de modèle Logit multinomial.

Six modèles Logit multinomiaux ont été appliqués conformément au nombre d'innovations agricoles vulgarisées (zaï, cordons pierreux, demi-lunes, diguettes, paillage, bandes enherbées, semences améliorées). Les Pseudo R<sup>2</sup> obtenus (0,10761 à 0,3080) sont faibles, mais ils ne remettent en cause la validité des modèles. Ils sont conformes aux résultats de plusieurs travaux antérieurs. Le Pseudo R<sup>2</sup> obtenu est 0,21 pour Jara-Rojas et al. (2012), 0,4 pour Läpple et Rensburg (2011), 0,154 à 0,506 pour Amsalu et Graaff (2007) et 0,39 pour Wheeler et al. (2009). La validité des modèles Logit multinomiaux est surtout déterminé par

le test de Wall (Wall  $\chi^2$ ) associé à la p-valeur ( $\text{Prob} > \chi^2 = 0,000$ ) qui permet de mesurer la qualité d'ajustement du modèle (Greene, 2011).

D'une manière générale, les innovations agricoles ont été plus diffusées dans la zone sahélienne qu'en zone soudano-sahélienne. Cette différenciation du rythme d'adoption est liée aux conditions climatiques et pédologiques. En effet, la pluviosité et la durée de l'hivernage sont inférieures à celles de la zone soudano-sahélienne. Cette faible pluviosité a conduit des ménages à adopter davantage le zaï, les cordons pierreux, le paillage et les semences améliorées en vue d'accroître les rendements agricoles (Ouédraogo *et al.*, 2010 ; Zorom *et al.*, 2013). Outre la pluviosité, les caractéristiques pédologiques du sol dans les zones agro-climatiques influencent l'adoption de certaines innovations agricoles. Par exemple, la pratique du zaï est plus adaptée aux sols de la zone sahélienne qu'à ceux de la zone soudano-sahélienne (Roose, 1994).

L'âge a eu un effet mitigé sur la diffusion des innovations agricoles. Les jeunes chefs de ménages ont été plus enclins à adopter le paillage et les semences améliorées. Par contre, ce sont les chefs de ménages âgés qui se sont plus appropriés les techniques du zaï et des demi-lunes. Ces différences d'adoption liées à l'âge n'ont été constatées pour les diguettes filtrantes et les cordons pierreux. L'impact contrasté de l'âge sur le comportement d'adoption des innovations par les agriculteurs a été également relevé par plusieurs études (Jara-Rojas *et al.*, 2012 ; Jara-Rojas *et al.*, 2012 ; Anley *et al.*, 2007). Jara-Rojas *et al.* (2012) ont montré que l'impact de l'âge était neutre sur l'adoption et la diffusion des technologies de conservation des eaux et des sols au Chili. Pour Amsalua et Graaff (2007), les jeunes agriculteurs ont été plus enclins à adopter les cordons pierreux dans les exploitations agricoles en Ethiopie. En revanche, les travaux de Anley *et al.* (2007) ont révélé que les agriculteurs âgés étaient plus favorables à l'adoption des techniques de conservation des eaux et des sols que les jeunes dans le même pays.

L'instruction a joué un rôle important pour la diffusion des innovations agricoles. En effet, les ménages instruits ont été plus enclins à adopter les cordons pierreux, les demi-lunes, le paillage et les semences améliorées que ceux non instruits. L'effet de l'instruction montre qu'elle permet aux ménages de comprendre davantage l'utilité des innovations dans les exploitations agricoles. Ces résultats corroborent ceux de Ouédraogo *et al.* (2010) qui a montré que l'instruction des agriculteurs a favorisé l'adoption des techniques de conservations des eaux et des sols au Burkina Faso. Sidibé (2005) a particulièrement montré que les agriculteurs instruits étaient plus enclins à adopter le zaï dans les exploitations agricoles du

nord du Burkina Faso. Tenge *et al.* (2004) ont également indiqué que l'instruction a favorisé la diffusion des technologies de conservation des eaux et des sols en Tanzanie.

La prise de conscience des conséquences des poches de sécheresse a aussi favorisé l'adoption des innovations par les ménages agricoles. En effet les ménages qui perçoivent une augmentation des poches de sécheresse ont été plus enclins à adopter les innovations agricoles contrairement aux autres. Ils espèrent limiter l'impact des poches de sécheresse sur les rendements agricoles en adoptant surtout les techniques de conservation des sols et des eaux (CES) et des variétés de cultures résistantes. Les techniques CES, en particulier le zaï, permettent de maintenir l'humidité du sol jusqu'à deux semaines de poches de sécheresse (Roose, 1994). Les principales variétés de cultures résistantes à la sécheresse utilisées par certains agriculteurs sont *Kapelga* pour le sorgho et *Barka* pour le maïs.

Le faible regroupement des ménages en organisation a constitué une véritable contrainte à la diffusion des innovations agricoles dans les exploitations. Seulement 15% des ménages de l'échantillon d'étude sont regroupés en organisation paysanne. Le manque de cadre de concertation limite ainsi les échanges entre les ménages sur les innovations agricoles. Alors que les échanges entre agriculteurs leur permettent de partager les expériences en matière de producteur et partant de cela la diffusion des innovations agricoles (Sidibé, 2005). Le regroupement des agriculteurs en organisation leur offre aussi des opportunités de formations sur les innovations agricoles (Mazvimavi et Twomlow, 2009). Les ONGs et les agents du Ministère en charge de l'agriculture forment les agriculteurs sur l'utilisation des innovations agricoles par le biais des organisations paysannes.

Par ailleurs l'accès limité des ménages aux services de vulgarisation a été également un handicap à l'adoption et diffusion des innovations agricoles. Seulement 10% des ménages de l'échantillon d'étude bénéficient de l'encadrement des services agricoles (projets, ONGs, ministères). Pourtant les agents d'encadrement constituent un maillon important pour la diffusion des innovations. Ils constituent le lien entre les agents de l'INERA et les agriculteurs. Ils apportent les conseils nécessaires aux agriculteurs en vue de l'adoption des innovations agricoles. Le *T&V* est l'approche de vulgarisation dominante dans la sphère de diffusion des innovations agricoles (World Bank, 2012). Des tests de démonstration sont réalisés avec des producteurs pilotes afin de diffuser les innovations agricoles auprès des ménages (Byerlee *et al.*, 1994). Ils favorisent l'adoption des innovations agricoles par les agriculteurs (Adesina *et al.*, 1995).

#### **4.6. CONCLUSION PARTIELLE**

Ce chapitre a permis de cerner le rythme de diffusion des innovations dans les exploitations agricoles. Il a montré que la diffusion des innovations est lente et dépend de plusieurs facteurs. Au terme des quatre décennies de diffusion (1974-2013), le taux d'adoption est 69,3% pour les cordons pierreux, 49,1% pour le zaï, 39,1% pour les semences améliorées et 26,2% les bandes enherbées. Le taux d'adoption des autres innovations (demi-lunes, diguettes en terres, paillage) est inférieur à 10%. Le rythme de diffusion des innovations dépend de plusieurs facteurs. Il a été affecté positivement par les conditions climatiques de la zone sahélienne, l'âge et la perception de l'augmentation des poches de sécheresse des ménages agricoles. En revanche, le faible niveau d'organisation et d'accès des agriculteurs aux services des agents de vulgarisation constituent les contraintes majeures à la diffusion des innovations agricoles. Au regard de la faible diffusion des innovations dans les exploitations agricoles, il apparaît nécessaire d'analyser au préalable le consentement des agriculteurs si toutefois il advient la vulgarisation d'une nouvelle innovation agricole



## **CHAPITRE 5. ANALYSE DU CONSENTEMENT DES MENAGES AGRICOLES A ADOPTER L'IRRIGATION DE COMPLEMENT DANS LES EXPLOITATIONS**

### **5.1. INTRODUCTION**

Dans le but de pallier aux effets néfastes des poches de sécheresse en agriculture, l'Institut International de l'ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) en collaboration avec l'Association Zood Nooma pour le Développement (AZND) et la Fédération Nationale des Groupements Naam (FNGN) expérimente depuis la campagne agricole 2012-2013 l'irrigation de complément à partir des bassins de collecte d'eau de ruissellement (ICBI) respectivement dans les provinces du Yatenga et Bam à travers le projet "*irrigation de complément et information climatique : de la recherche au renforcement des capacités d'adaptation institutionnelles et communautaires au sahel*". Cette initiative a été adoptée et diffusée par le Ministère en charge l'agriculture dans les zones agro-climatiques sahélienne et soudano-sahélienne du pays à travers le projet "*opération maïs de case*" (MASA, 2012). A ce stade, si on peut considérer que l'ICBI est vulgarisée depuis la campagne hivernale 2012-2013 au Burkina Faso, la question de son acceptabilité par les agriculteurs reste posée. Ce chapitre<sup>4</sup> analyse ainsi le consentement des ménages agricoles à adopter une telle innovation tout en examinant son positionnement vis-à-vis des technologies agricoles adoptées au sein des exploitations. Il présente notamment les perceptions des ménages de l'ICBI et analyse les déterminants susceptibles d'expliquer son insertion dans les exploitations. Il explore également les conditions préférées des ménages pour la construction des bassins. Ces conditions sont relatives aux formes de bassins, le type de champs dans lesquels ils seront construits, les moyens d'exhaure, les contraintes et les suggestions facilitant l'adoption de l'ICBI.

### **5.2. APPRECIATION PAYSANNE DE L'IRRIGATION DE COMPLEMENT**

#### **5.2.1. Diffusion asymétrique de l'irrigation de complément**

La pratique de l'irrigation de complément est diffusée auprès de 44,7% des ménages échantillonnés (Tableau 33). Ces ménages ont déjà vu ou entendu parler de l'irrigation de

---

<sup>4</sup> Tiré de :

**Zongo B**, Diarra A, Barbier B, Zorom M, Yacouba H and Dogot T., 2015. Farmers' practices and willingness to adopt supplemental irrigation in Burkina Faso, *In Journal of Food and Agricultural Economic* 3(1): 110-117.

**Zongo B**, Diarra A, Barbier B, Zorom M, Traoré Y M, Fossi S, Yacouba H. Analyse des déterminants de l'adoption ex-ante de l'irrigation de complément comme innovation dans les zones sahélienne et nord-soudanienne du Burkina Faso. *Poster présenté à la 7<sup>ème</sup> édition des Journées scientifiques 2iE. Science et éco-innovation pour une valorisation durable des ressources naturelles*, 1er au 05 Avril 2013, Ouagadougou, Burkina Faso.

complément comme stratégie d'adaptation des cultures aux poches de sécheresse. Une asymétrie d'information existe cependant entre les provinces ( $p < 0,001$ ). Les proportions de ménages informés de la pratique de l'irrigation de complément sont estimées à 85% et 64,5% respectivement dans le Yatenga et le Bam en zone sahélienne. Par contre, le taux de pénétration de l'information n'atteint que 30,4% dans le Kadiogo et 24,8% au Bazèga en zone soudano-sahélienne. Les principales sources d'information sont les autres paysans (bouche-à-oreille) pour 95,5% des ménages agricoles dans Kadiogo et 52,4% au Bazèga. Aussi, les ménages informés par bouche-à-oreille sont-ils 83,3 % et 76,2% respectivement dans le Bam et le Yatenga.

Tableau 33. Accès des ménages agricoles aux informations relatives à l'irrigation de complément

Provinces	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		p-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	
Vu et/ou entendu											0,000
Oui	170	85,7	121	64,5	35	30,4	32	24,8	281	44,7	
Non	28	14,3	67	35,5	79	69,6	97	75,2	348	55,4	
Total	198	100	188	100	114	100	129	100	629	100	
Sources d'information											0,000
Radio	40	23,8	20	16,7	2	4,8	15	47,6	91	32,2	
Voisin	129	76,2	101	83,3	33	95,5	17	52,4	191	67,85	
Total	170	100	121	100	35	100	32	100	281	100	

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

### 5.2.2. Motivation des ménages agricoles pour la pratique de l'irrigation de complément

La Figure 13 montre que 78,5% des ménages agricoles sont motivés pour la pratique de l'irrigation de complément. La proportion de ces ménages varie cependant significativement en fonction des provinces des zones agro-climatiques ( $p < 0,001$ ). Elle est évaluée à 94,1% et 87,2% respectivement dans le Kadiogo et le Bazèga en zone soudano-sahélienne. En revanche, elle est évaluée à 67,1% dans le Yatenga et 65% dans le Bam en zone sahélienne. Les ménages espèrent accroître ou stabiliser la production agricole à travers la pratique de l'irrigation de complément sur les cultures en cas de poches de sécheresse au cours de la campagne agricole.

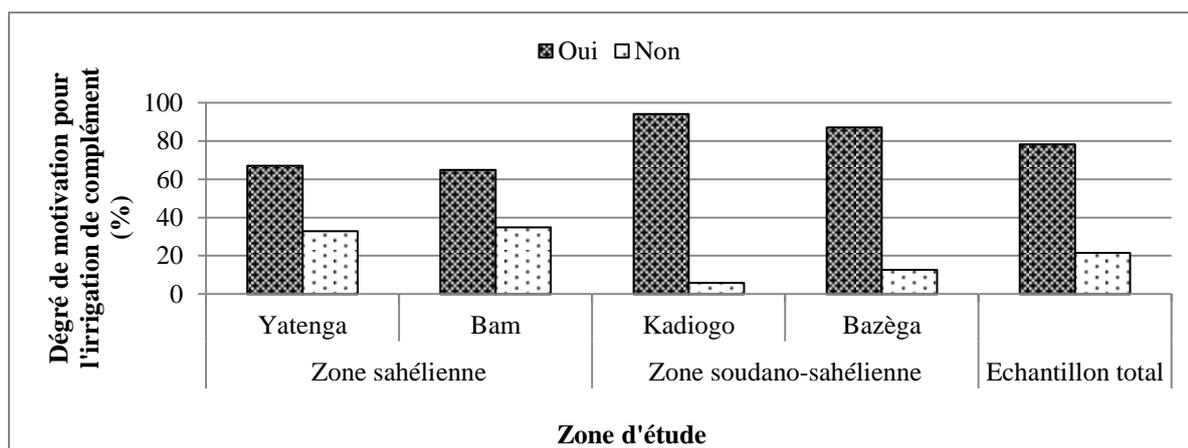


Figure 13. Répartition des ménages agricoles motivés pour l'irrigation de complément  
 Source: Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

L'analyse montre que la plupart des ménages agricoles perçoivent une augmentation de la fréquence des poches de sécheresse (79,2%) au cours des deux dernières décennies (Figure 14). Cette augmentation est perçue par 55,7% des ménages au Yatenga, 80% au Bam, 86% au Kadiogo et 94,9% dans le Bazèga. Elle varie significativement en fonction des provinces ( $\chi^2 = 96,663$ ;  $p = 0,000$ ). En effet, les proportions des ménages qui perçoivent l'augmentation de la fréquence des poches de sécheresse sont croissantes des provinces de la zone sahélienne (Yatenga, Bam) à celles de la zone soudano-sahélienne (Kadiogo, Bazèga).

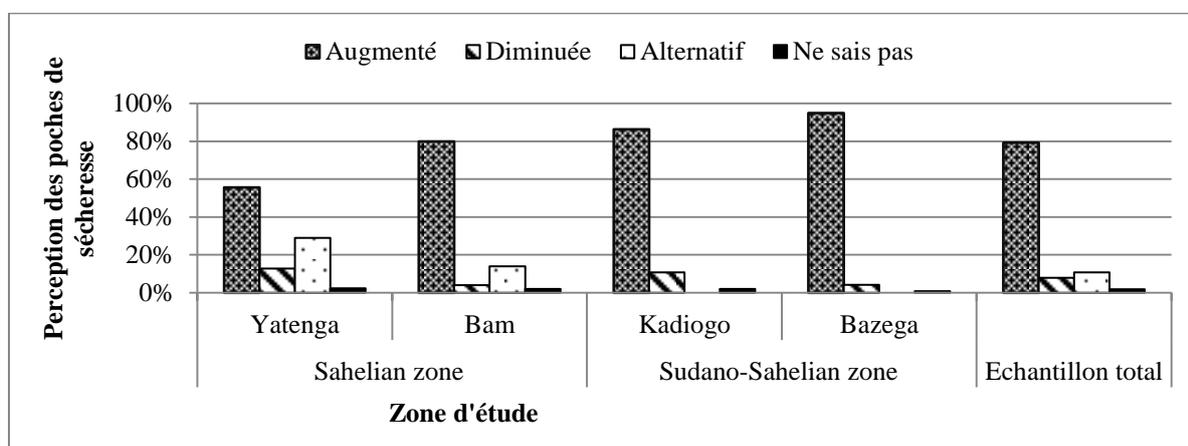


Figure 14. Perception des ménages des poches de sécheresse au cours des deux dernières décennies

### 5.2.3. Intérêts espérés pour l'irrigation de complément

Les ménages agricoles espèrent réduire les conséquences des poches de sécheresse à partir de l'irrigation de complément. En effet, selon 85,7% des ménages agricoles échantillonnés, le maïs est la culture appropriée à l'irrigation de complément contre 5,2% pour le mil, 7% pour le sorgho, 1,5% pour les cultures maraîchères et 0,7% pour le riz (Tableau 34). Les choix de

cultures varient significativement entre les provinces ( $p < 0,001$ ). De ce qui précède, la plupart des ménages préfèrent pratiquer l'irrigation de complément sur la culture du maïs dans la mesure où elle est plus sensible au stress hydrique. Outre l'irrigation de complément des cultures, les ménages ont signifié que l'eau collectée dans les bassins peut servir à l'abreuvement du bétail (bovins, caprins, ovins), à la construction des maisons (fabrication des briques en terre) et à la boisson des populations, avec des différences significatives au sein des provinces ( $p < 0,001$ ). Dans les champs éloignés des concessions, certains ménages s'approvisionnent déjà en eau de boisson à partir des *boulis*.

Tableau 34. Intérêts espérés pour la pratique de l'irrigation de complément

Intérêts espérés	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		$\chi^2$	P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%		
Cultures appropriées pour l'ICBI											339,86	0,000
Maïs	102	77,1	93	76,5	105	98	102	91,1	422	86		
Mil	19	14,4	5	3,7	1	1	2	1,8	26	5,2		
Sorgho	3	2,6	24	19,8	0	0	6	5,4	34	7		
Riz	3	2,6	0	0	0	0	0	0	3	0,7		
Cultures maraîchères	4	3,3	0	0	1	1	2	1,7	7	1,5		
Total	133	100	122	100	107	100	112	100	493	100		
Usage secondaire de l'eau des bassins											18,165	0,006
Abreuvement animaux	127	95,3	165	87,8	107	100	61	54,5	436	89		
Construction des maisons	3	2,3	18	9,6	0	0	31	27,3	40	8,2		
Eau de boisson	3	2,3	5	2,6	0	0	20	18,2	16	3,3		
Total	133	100	188	100	107	100	112	100	493	100		

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

### 5.3. FACTEURS DETERMINANTS DU CONSENTEMENT DES MENAGES AGRICOLES A ADOPTER L'IRRIGATION DE COMPLEMENT

#### 5.3.1. Cadre d'analyse

Dans la littérature, les méthodes d'analyse des déterminants du consentement des ménages à adopter les innovations agricoles ont d'abord été basées sur les modèles de comportement humain empruntés à l'économie néoclassique. Ces modèles peuvent être regroupés en trois catégories. La théorie de l'action raisonnée (TAR) stipule que l'intention d'adopter une technologie est déterminée chez un individu par deux facteurs de base, l'un reflétant son intérêt personnel et l'autre son influence sociale (Ajzen et Madden, 1986). Dérivé de la TAR, le modèle d'acceptation de la technologie indique que l'acceptation est essentiellement déterminée par deux types de perceptions : l'utilité perçue du système et sa facilité d'usage perçue (Davis, 1989). La théorie de la diffusion de l'innovation montre que la valeur perçue

d'une innovation est fonction de l'avantage relatif, la compatibilité, la complexité, la possibilité d'essai et le caractère observable (Rogers, 1995). Cette théorie peut être assimilée à la diffusion d'une épidémie (Richefort et Fusillier, 2010)

Les variables des différents modèles de comportement ont été ensuite formulées par la théorie économique qui prédit que, face à un problème de choix, l'agent économique rationnel opte pour l'option qui maximise son utilité (Gourieroux, 1989). Pour un ménage  $i$ , l'expression de la fonction d'utilité  $U_{ij}$  pour  $j$  alternatives de choix est la suivante :

$$U_{ij} = \alpha_j X_i + \varepsilon_{ij} \quad (14)$$

Les décisions du ménage sont supposées procurer une utilité  $U_{i1}$  et  $U_{i0}$  respectivement pour l'adoption et le rejet de l'irrigation de complément. Le ménage choisit l'alternative  $j = 1$  si l'utilité  $U_{i1}$  qu'elle procure est supérieure à  $U_{i0}$  procurée par l'alternative  $j = 0$ .

$$U_{i1} = \alpha_1 X_i + \varepsilon_{i1} > U_{i0} = \alpha_0 X_i + \varepsilon_{i0} \quad (15)$$

Dans cette expression,  $X_i$  est un vecteur de caractéristiques du ménage  $i$ ,  $\alpha_j$  est un vecteur de paramètres à estimer et  $\varepsilon_{ij}$  est un terme d'erreur aléatoire. La présence du terme  $\varepsilon_{ij}$  dans la fonction d'utilité conduit à des solutions sous forme de probabilité de choisir entre chaque alternative. La probabilité de choisir l'alternative  $j = 1$  est :

$$\begin{aligned} P &= P(j = 1) = P(U_{i1} > U_{i0}) = P(\alpha_1 X_i + \varepsilon_{i1} > \alpha_0 X_i + \varepsilon_{i0}) \\ &= P(\varepsilon_{i1} - \varepsilon_{i0} > \alpha_0 X_i - \alpha_1 X_i) = P(\varepsilon_{i1} - \varepsilon_{i0} > (\alpha_0 - \alpha_1) X_i) \\ &= P(\mu_i > \beta X_i) = \Phi(\beta X_i) \end{aligned} \quad (16)$$

Cette équation indique que la probabilité qu'un ménage  $i$  adopte l'irrigation de complément est la probabilité que l'utilité procurée par celle-ci soit supérieure à l'utilité tirée de la non adoption à la distribution cumulative  $\Phi(\beta X_i)$ .  $\mu_i = \varepsilon_{i1} - \varepsilon_{i0}$  sont les perturbations d'erreur indépendamment distribuées et  $\Phi(\beta X_i)$  est la fonction de répartition associée à  $\mu_i$ . La loi de  $\mu_i$  détermine la distribution de la fonction de répartition  $\Phi(\beta X_i)$  associée et le type de modèle. Dans la littérature, il existe de nombreux modèles ayant permis d'analyser les décisions d'adoption des innovations agricoles en fonction de la loi de  $\mu_i$ . Les modèles Probit (Benin *et al.*, 2004; Akinola et Owombo, 2012), Logit (Sidibé, 2005; He *et al.*, 2007) et Tobit (Adesina *et al.*, 2008; Mbétid-Bessane, 2010) sont les plus utilisés. Parmi ceux-ci, le modèle Logit a l'avantage d'une plus grande simplicité numérique (Greene *et al.*, 2011). La structure du modèle représentant les décisions d'un ménage  $i$  d'adopter ou non de l'irrigation de complément est donnée par l'expression suivante :

$$P = \Phi(\beta X_i) = \frac{\text{Exp}(\beta X_i)}{1 + \text{Exp}(\beta X_i)} \quad (17)$$

Avec,  $P$  la variable dépendante prenant la valeur 1 si adoption et 0 sinon,  $B_i$  le vecteur des paramètres à estimer,  $X_i$  les variables explicatives du ménage et  $\Phi(\beta X_i)$  la probabilité que le ménage accepte l'irrigation de complément. L'évaluation du modèle s'est faite à partir des tests de vraisemblance (la double log-vraisemblance) et le niveau d'adéquation. Les paramètres des régressions sont aussi testés par la statistique de Wald qui se distribue selon la loi chi-2 à  $k$  degré de liberté. L'impact de chaque variable explicative significative sur la probabilité d'adoption du paysan est comptabilisé à travers l'effet marginal :

$$\frac{dP}{dX_i} = \Phi'(\beta X_i) \quad (18)$$

### 5.3.2. Spécification du modèle

Pour un agent économique, l'adoption d'une innovation renvoie à une variable binaire prenant la valeur 1 s'il l'adopte et 0 sinon (Neupane et al., 2002; Greene et al., 2011). Dans le cadre de cette étude, cette variable binaire définit le consentement des ménages à adopter l'irrigation de complément (AIC). La variable dépendante  $AIC_i$  est ainsi assimilée à 1 si le ménage  $i$  consent à pratiquer l'irrigation de complément et à 0 sinon. Les variables explicatives sont relatives aux caractéristiques socioéconomiques des ménages agricoles, leurs perceptions des poches de sécheresse ainsi que l'intérêt espéré pour la pratique de l'irrigation de complément (Tableau 35). Des hypothèses ont été ainsi formulées sur l'influence de chacune d'elles sur l'AIC.

Les caractéristiques socioéconomiques considérées sont l'âge, le niveau d'instruction, la situation matrimoniale, la taille du ménage, l'équipement, l'appartenance à une organisation paysanne, le mode d'accès à la terre, le revenu agricole et le revenu extra-agricole. Les études antérieures ont montré que les jeunes agriculteurs (Rogers, 1995; Akinola et Owombo, 2012), les chefs de ménages mariés (Nkamleu et Coulibaly, 2000) et les ménages organisés en groupement (Asfaw *et al.*, 2011) sont plus enclins à adopter les innovations agricoles. Aussi, la taille du ménage, le niveau d'instruction, l'accès aux services, l'équipement et le revenu agricoles favorisent-ils l'appropriation des technologies agricoles par les paysannes (Neupane *et al.*, 2002; Asrat *et al.*, 2004; Muzari *et al.*, 2012). D'après Nkamleu et Coulibaly (2000), le revenu extra-agricole ne l'est pas. Les ménages qui perçoivent des revenus extra-agricoles élevés comparativement au revenu agricole ont un faible niveau d'investissement dans l'agriculture, et plus particulièrement dans les innovations agricoles. Au regard des résultats

des études antérieures, les jeunes agriculteurs (âge < 45 ans) et les chefs de ménages mariés et/ou instruits devraient adopter l'ICBI. La taille du ménage, l'accès des membres du ménage aux services agricoles, l'appartenance du ménage à une organisation paysanne, l'équipement (charrette) et le revenu agricole sont supposés l'influencer positivement. Par contre, l'effet attendu du revenu extra-agricole est négatif. Par ailleurs, le statut foncier joue un rôle important pour l'adoption des innovations agricoles (Alavalapati et al., 1995). En effet, la tenure foncière détermine les actions de gestion durable de l'exploitation agricole. Dans les zones rurales, les agriculteurs possèdent en général un meilleur droit d'accès sur les terres à travers l'héritage (Nkamleu et Coulibaly, 2000). Au regard de ces résultats, le mode d'accès à la terre par héritage est supposé affecter positivement l'AIC.

Les ménages agricoles ont des perceptions différenciées de l'évolution de la fréquence des poches de sécheresse. Ces perceptions se traduisent par la stabilité, la diminution ou l'augmentation de la fréquence des poches de sécheresse (Roncoli et al., 2002). Des ménages peuvent aussi être sans avis sur ces fréquences. Afin de prendre en compte l'ensemble de ces perceptions dans le modèle, il a été supposé que la majorité des ménages perçoivent une augmentation de la fréquence des poches de sécheresses au sein et entre les zones agro-climatiques. Cette hypothèse permet de comparer l'AIC des ménages en fonction de leurs perceptions des séquences sèches.

Les technologies adoptées par les paysans pour accroître la productivité agricole sont les semences améliorées de cultures, la fumure organique, la diversification, la rotation, les techniques de conservation des eaux et des sols. Les semences améliorées de maïs, sorgho et de riz sont essentiellement utilisées. Le zaï, les demi-lunes, les digues filtrantes et les cordons pierreux constituent les principales techniques de conservation des eaux et des sols (Zougmore *et al.*, 2004). Dans un contexte d'adaptation aux séquences sèches, l'effet attendu de l'adoption d'une de ces technologies est supposé positif sur l'AIC.

Les appréciations paysannes de l'ICBI considérées sont relatives aux effets escomptés pour les cultures pluviales, au coût de construction du bassin et à l'accès aux informations relatives (avoir vu les bassins ou avoir entendu des informations sur les bassins). Les principales cultures sont le sorgho, le mil, le riz et les cultures maraîchères. Etant la base de l'alimentation et la principale source de revenus des agriculteurs, ces cultures devraient affectées positivement l'AIC. Le coût de construction du bassin est constitué des charges relatives à l'excavation et à l'achat des différents matériels (voir détail au tableau 46). Il est estimé au minimum à 482 000 F CFA pour un ménage qui emploie uniquement de la main-

d'œuvre salariée. Il équivaut à au moins 4 fois le seuil de pauvreté estimé à 108 454 F CFA par an en 2009 au Burkina Faso (INSD, 2010). Comparativement au seuil de pauvreté, le coût de construction est supposé affecter négativement l'AIC. Par ailleurs, les innovations agricoles sont soumises à des risques subjectifs et objectifs, dont l'existence retarde leur adoption (Nkamleu et Adesina, 2008). L'accès à l'information réduit ainsi ces risques et favorise l'adoption des nouvelles technologies (Kpad et Rom, 2013). De même, l'accessibilité à l'information est supposée affecter positivement l'AIC. Dans la zone d'étude, les faibles pluviométries sont observées dans le Yatenga situé à l'extrême nord de zone sahélienne (cf. Carte 2). Cette province est ainsi supposée subir plus de séquences sèches par rapport aux parties de la zone d'étude. Les ménages agricoles du Yatenga devraient être plus enclins à adopter l'ICBI comparativement aux autres provinces de la zone d'étude.

Tableau 35. Définition des variables explicatives

Variables	Description des variables	Effets attendus
<i>Provinces</i>		
Yatenga (référence)	Appartenance à la province du Yatenga (0=non; 1=oui)	+
Bam	Appartenance à la province du Bam (0=non; 1=oui)	-
Kadiogo	Appartenance à la province du Kadiogo (0=non; 1=oui)	-
Bazèga	Appartenance à la province du Bazèga (0=non; 1=oui)	-
<i>Caractéristiques socio-économiques</i>		
Matrimonial	Situation matrimoniale (0 = célibataire; 1 = marié (e))	+
Instruction	Niveau d'instruction (0 = non alphabétisé; 1 = alphabétisé)	+
Age	Age du chef de ménage (0= vieux; 1 = jeune (âge <45 ans))	+
Taille	Taille du ménage agricole	+
Appartenance	Appartenance à une organisation paysanne (0 = non; 1 = oui)	+
Foncier	Mode d'accès au foncier (0=autre; 1=héritage)	+
Encadrement	Encadrement des services techniques (0 = non; 1 = oui)	+
Transport	Possession de matériel de transport (0 = non; 1 = oui)	+
Revagri	Revenu agricole	+
Revextra	Revenu extra-agricole	+
<i>Perceptions des séquences sèches</i>		
Augmentation (référence)	Evolution à la hausse des séquences sèches (0 = non; 1 = oui)	+
Diminution	Evolution à la baisse des séquences sèches (0 = non; 1 = oui)	-
Alternative	Evolution en ciseau des séquences sèches (0 = non; 1 = oui)	-
Sans avis	Sans avis sur l'évolution des séquences sèches (0 = non; 1 = oui)	-
<i>Adoption des technologies agricoles</i>		
Cordons	Utilisation des cordons pierreux (0 = non ; 1 = oui)	+
Paillage	Pratique du paillage (0 = non ; 1 = oui)	+
Demi-lunes	Pratique des demi-lunes (0 = non ; 1 = oui)	+
Diguettes	Utilisation des diguettes (0 = non ; 1 = oui)	+
Diversification	Diversification des cultures (0 = non ; 1 = oui)	+
Fumure	Utilisation de la fumure organique (0 = non ; 1 = oui)	+
Rotation	Pratique de la rotation (0 = non ; 1 = oui)	+
Semences	Utilisation des semences améliorées (0 = non ; 1 = oui)	+
Zaï	Pratique du zaï (0 = non ; 1 = oui)	+
<i>Perceptions de l'irrigation de complément</i>		
Information	Voir ou entendu parler de l'irrigation de complément depuis 2012 (0=non ; 1=oui)	+
Maïs (référence)	Utilité pour la culture de maïs (0=non ; 1=oui)	+
Sorgho	Utilité pour la culture du sorgho (0=non ; 1=oui)	+
Mil	Utilité pour la culture du mil (0=non ; 1=oui)	+
Riz	Utilité pour la riziculture pluviale (0=non ; 1=oui)	+
Maraîchage	Utilité pour les cultures maraîchères (0=non ; 1=oui)	+
Sans avis	Sans avis sur la culture appropriée (0=non ; 1=oui)	-
Coût	Coût de construction du bassin	-

+ : effet attendu positif ; - : effet attendu négatif

Source : Construction de l'auteur 2013

### **5.3.3. Déterminants du consentement des ménages agricoles à adopter l'irrigation de complément**

Les variables socio-économiques qui affectent significativement l'AIC sont l'âge du chef de ménage, la taille du ménage et le revenu agricole (Tableau 36). Les variables qui influent positivement l'AIC sont la taille du ménage au seuil de 1% et le revenu agricole au seuil de 5%. En revanche, la variable âge affecte négativement l'AIC au seuil de 5%. Ces résultats montrent que l'ICBI est susceptible d'être accepté par les ménages à grande taille et les ménages ayant l'agriculture comme principale source de revenu. Mais les jeunes chefs de ménages ne sont pas disposés à l'intégrer dans leurs systèmes de production agricole.

Parmi les variables relatives aux perceptions paysannes des séquences sèches, l'absence de perception paysanne de l'évolution de la fréquence des poches de sécheresse influence négativement l'AIC au seuil 5%. Ce résultat montre que les ménages agricoles sans perception de l'évolution de la fréquence des poches de sécheresse sont moins enclins à adopter l'ICBI que les ménages agricoles qui perçoivent une augmentation de celles-ci.

Parmi les variables liées aux technologies agricoles déjà adoptées, les cordons pierreux, le paillage, la diversification, les semences et le zaï affectent significativement l'AIC. Les cordons pierreux et les semences affectent positivement l'AIC au seuil de risque de 1 % alors que le paillage l'est au seuil de 5%. Par contre, les variables zaï et diversification influencent négativement l'AIC au seuil 10%. L'adoption des cordons pierreux, du paillage et l'utilisation des semences améliorées incitent les ménages à pratiquer l'ICBI contrairement à la pratique du zaï et de la diversification des cultures.

Aussi l'accès à l'information sur l'irrigation et l'ignorance de la culture la plus propice (sans avis) sont-ils des variables affectant l'AIC. L'accès à l'information favorise l'AIC au seuil de risque de 1% tandis que l'ignorance de la culture appropriée l'affecte négativement au risque de 1%. Les ménages agricoles informés de la pratique de l'ICBI ont une propension à pratiquer l'ICBI. En revanche, les ménages incapables d'identifier les cultures appropriées ne le sont pas comparativement aux autres qui estiment que le maïs est la culture appropriée à l'ICBI.

Les variables Kadiogo et Bazèga influent positivement l'AIC au seuil de 5%. Par contre, la variable Bam l'affecte négativement au seuil de 5%. Ces résultats montrent que la propension des ménages agricoles à pratiquer l'ICBI est similaire dans les provinces du Kadiogo et du Bazèga. Cette propension est cependant faible dans le Bam.

Tableau 36. Récapitulatif des variables explicatives

Variables	Coefficients	Erreurs standards	z	P> z	Effet Marginal (dy/dx)
<i>Provinces</i>					
Yatenga (référence)					
Bam **	-0,921	0,364	-2,530	0,011	-0,131
Kadiogo **	1,304	0,508	2,570	0,010	0,131
Bazèga **	1,095	0,509	2,150	0,032	0,112
<i>Caractéristiques socio-économiques</i>					
Age **	-0,634	0,194	-3,270	0,001	-0,086
Matrimonial	0,548	0,341	1,610	0,108	0,083
Instruction	0,102	0,183	0,550	0,579	0,013
Appartenance	0,301	0,206	1,460	0,144	0,037
Taille ***	0,060	0,016	3,750	0,000	0,008
Foncier	0,600	0,420	1,430	0,154	0,093
Transport	0,306	0,189	1,620	0,106	0,039
Encadrement	0,570	0,549	1,040	0,299	0,061
Revagri **	9.13E-07	3.44E-07	2,660	0,008	1.18E-07
Revextra	-4.98E-07	4.53E-07	-1,100	0,272	-6.43E-08
<i>Perceptions des séquences sèches</i>					
Augmentation (référence)					
Diminution	-0,256	0,321	-0,800	0,426	-0,035
Alternative	0,239	0,253	0,950	0,344	0,029
Sans avis **	-1,177	0,576	-2,040	0,041	-0,213
<i>Adoption des innovations agricoles</i>					
Cordons ***	0,898	0,247	3,630	0,000	0,130
Paillage **	1,180	0,552	2,140	0,033	0,107
Demi-lunes	-1,385	0,945	-1,470	0,143	-0,265
Diguettes	0,372	0,446	0,830	0,404	0,043
Diversification **	-0,556	0,280	-1,980	0,047	-0,072
Fumure	-0,077	0,396	-0,190	0,846	-0,010
Rotation	-0,224	0,279	-0,800	0,423	-0,029
Semences ***	1,220	0,240	5,090	0,000	0,144
Zai **	-0,736	0,309	-2,390	0,017	-0,097
<i>Perception de l'irrigation de complément</i>					
Information ***	1,022	0,216	4,740	0,000	0,132
Maïs (référence)					
Sorgho	0,440	0,312	1,410	0,158	0,050
Mil	-0,819	0,623	-1,310	0,189	-0,136
Riz	0,000				
Maraîchage	0,415	0,401	1,040	0,301	0,047
Sans avis ***	-2,012	0,290	-6,940	0,000	-0,385
Cout	0				
Constante	-2,035804	0,7850549	-2,59	0,01	

Nombre observations : 629 ; Pourcentage correct= 81,88% ; LR chi2(30) = 342.68;

Prob > chi2 = 0,0000 ; Pseudo R<sup>2</sup> = 0,28; Log likelihood = -440.53165; Aire sous la courbe ROC= 0,8442

\* significatif au seuil de 10 % ; \*\* significatif au seuil de 5 % ; \*\*\* significatif au seuil de 1 %.

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

## 5.4. PREFERENCES COMPAREES DES CONDITIONS DE CONSTRUCTION DES BASSINS

### 5.4.1. Formes de bassins souhaitées

Les préférences des ménages agricoles en termes de forme de bassins sont consignées dans le Tableau 37. Les bassins choisis par les ménages sont de forme circulaire (10,4%), rectangulaire (60,4%) et trapézoïdale (1%). Près de 28,4% de ménages n'ont pas sélectionné de forme particulière. La forme rectangulaire des bassins a été choisie par 59,3 %, 80% et 89,2% respectivement dans le Yatenga, le Bam et le Bazèga. Près de 79,2 % de ménages du Kadiogo n'ont pas pu choisir une forme spécifique de bassin, car ils n'en ont probablement jamais vu. Les autres formes de bassins ont été faiblement adoptées. La comparaison des choix de formes de bassin montre une différence significative entre les provinces ( $p < 0,001$ ).

Tableau 37. Formes de bassins choisies par les ménages agricoles

Formes de bassins sélectionnées	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	
Circulaire	9	6,4	21	16,9	8	7,3	12	10,8	51	10	0,000
Rectangulaire	78	58,9	98	80	14	13,5	100	89,2	298	60	
Trapézoïdale	1	0,7	4	3,1	0	0	0	0	5	1	
Sans avis	46	34,3	0	0	85	79,2	0	0	140	28	
Total	133	100	122	100	107	100	112	100	494	100	

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

### 5.4.2. Types de champs pour l'implantation des bassins

Le Tableau 38 indique que 51,2% des ménages agricoles de l'échantillon préférèrent réaliser les bassins dans les champs de case et 48,8% dans les champs de brousse. Environ 73 % des ménages ont retenu les champs de case dans le Yatenga et le Bam en zone sahélienne. Les ménages ayant sélectionné les champs de brousse pour implanter ces bassins sont 68 % et 81 % respectivement dans le Kadiogo et le Bazèga dans la zone soudano-sahélienne. Globalement, les choix des formes de bassins varient significativement au sein et entre les zones agro-climatiques ( $p < 0,001$ ).

Tableau 38. Emplacement des bassins dans les champs

Type de champ pour implanter le bassin	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon Total		p-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	
Champ de case	36	27,2	34	27,7	73	68,4	92	81,4	252	51	0,000
Champ de brousse	97	72,8	88	72,3	34	31,6	21	18,6	240	49	
Total	133	100	122	100	107	100	112	100	493	100	

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

### 5.4.3. Moyens d'exhaure

Parmi la panoplie des moyens d'exhaure existant, les ménages agricoles ont signifié que les motopompes, les pompes à pédales et manuelles ainsi que les arrosoirs étaient appropriés pour l'irrigation de complément des cultures (Tableau 39). Toutefois, la majorité d'entre eux (74,5%) ont choisi les motopompes, car elles facilitent l'arrosage. Néanmoins, il existe une disparité significative des choix des ménages dans les provinces ( $p < 0,001$ ). Les ménages (90,4%) du Kadiogo sont plus enclins à utiliser les motopompes par rapport à ceux des autres provinces.

Tableau 39. Moyens d'exhaure

Moyens d'exhaure	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	
Arrosoir	19	14,4	6	4,8	2	2,1	41	36,4	69	14,0	0,000
Motopompe	102	77	84	69	97	90,4	70	62,6	367	74,5	
Pompe à pédale ou manuelle	11	8,6	32	26,2	8	7,4	1	1,0	57	11,6	
Total	133	100	122	100	107	100	112	100	493	100	

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

### 5.4.4. Type de clôture pour les bassins

Le Tableau 40 montre les préférences des ménages agricoles en matière de clôture des bassins. La quasi-totalité des ménages (96,9%) préfèrent utiliser le grillage comme type de clôture des bassins afin d'éviter la noyade des enfants et des animaux. Le test de chi-2 indique que les choix des types de clôture sont similaires entre les provinces. Ce qui veut dire que le choix des types de clôture par les ménages est identique dans les provinces.

Tableau 40. Moyens de clôture des bassins choisis par les ménages agricoles

Types de clôture	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	
Grillage	122	91,5	122	100	105	97,8	111	98,7	478	96,9	0,016
Haie vie	10	7,5	0	0	2	2,2	1	1,3	14	2,8	
Néant	1	0,9	0	0	0	0	0	0	1	0,3	
Total	133	100	122	100	107	100	112	100	493	100	

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

### 5.4.5. Moyens de réalisation des bassins

Les moyens de réalisation des bassins choisis par les ménages agricoles échantillonnés sont classés en trois catégories (Tableau 41). Il s'agit de travailler (34% des ménages), rémunérer de la main-d'œuvre salariée (17,3%) ou combiner les deux options (48,6%). Il en ressort que la plupart des ménages comptent utiliser la main-d'œuvre familiale et/ou communautaire, mais en cas d'insuffisance, ils payent la main-d'œuvre contractuelle pour réaliser les bassins.

La comparaison indique cependant une différence significative des modes de réalisation des bassins dans les provinces ( $p < 0,001$ ).

Tableau 41. Moyen de construction des bassins

Moyen de construction des bassins	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	
Travailler	33	25,0	55	45,0	17	15,6	56	50,0	168	34,0	0,000
Payer	24	17,9	4	3,1	14	13,5	43	38,2	86	17,5	
Travailler et payer	76	57,1	63	51,9	76	70,8	13	11,8	240	48,6	
Total	133	100	122	100	107	100	112	100	493	100	

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

#### 5.4.6. Contraintes et suggestions des ménages agricoles pour la diffusion de l'irrigation de complément

Les ménages agricoles ont évoqués plusieurs contraintes relatives à l'acquisition du dispositif d'irrigation de complément (Tableau 42). En effet 32% des ménages ont mentionné la faible mobilisation de la main-d'œuvre comme difficulté majeure pour la construction des bassins. Ils estiment que la main-d'œuvre familiale n'est pas suffisante et il est difficile de mobiliser la main-d'œuvre communautaire. Pour 23% des ménages, le problème est le manque de céréales pour couvrir les besoins alimentaires de la main-d'œuvre mobilisée pour la construction du bassin. Les autres contraintes évoquées par les ménages sont l'insuffisance de moyens financiers (16,3%) pour rémunérer la main-d'œuvre salariée ou acheter des céréales afin de couvrir les besoins alimentaires des travailleurs, le manque de matériel pour l'excavation (10,9%) et l'insécurité foncière (5,2%).

Pour faciliter l'adoption de la pratique de l'irrigation de complément, 41,8% des ménages agricoles préconisent un soutien alimentaire sous forme de nourriture contre travail (*food-for-work*) afin de pouvoir mobiliser la main-d'œuvre pour la construction des bassins. Environ 16,8% d'entre eux veulent un soutien financier pour acheter quelques matériels d'excavation et des céréales pour assurer l'alimentation de la main-d'œuvre mobilisée. Le matériel est essentiellement constitué de pelles, pioches, brouettes. Près de 10% des ménages suggèrent la subvention du matériel d'excavation et d'exhaure. Seulement 1,7% des ménages ont évoqué la formation et la sensibilisation comme moyens de vulgarisation. Le test de chi-2 ( $P < 0,001$ ) montre que ces suggestions varient significativement d'une province à l'autre. Les ménages du Yatenga, Bam et Kadiogo sont plus enclin à obtenir une subvention du matériel, un soutien financier et alimentaire comparativement que ceux du Kadiogo dont la majorité n'a pas formulé de suggestions pour la vulgarisation de l'irrigation de complément. Les ménages

agricoles adressent ces demandes à l'endroit des responsables des Ministères de l'Agriculture, de la Recherche scientifique et de l'innovation, des ONGs et des organisations paysannes.

Tableau 42. Contraintes et suggestions pour la vulgarisation de l'ICBI

Contraintes et suggestions paysannes	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	
Contraintes financières, sociales, culturelles à l'adoption de l'ICBI											0,000
Insuffisance de main-d'œuvre	100	50,7	46	24,7	9	8,3	5	3,6	203	32,2	
Insuffisance de vivres	26	13,1	51	27,3	74	65	27	20,9	145	23	
Manque de moyens financiers	18	9	53	28,2	11	10	1	0,9	103	16,3	
Non propriétaire de terre	3	1,4	20	10,9	0	0	0	0	33	5,2	
Manque de matériel	33	16,7	13	6,9	19	16,7	1	0,9	69	10,9	
Néant	18	9	4	2,1	0	0	95	73,6	78	12,4	
Total	198	100	188	100	114	100	129	100	629	100	
Suggestions pour promouvoir la pratique de l'ICBI											0,000
Soutien alimentaire	96	48,6	77	40,9	80	70	6	4,5	263	41,8	
Subvention du matériel	31	15,5	11	6	17	15	1	0,9	62	9,9	
Soutien financier	16	8,1	56	30	13	11,7	1	0,9	106	16,8	
Sensibilisation et formation	8	3,8	0	0,2	0	0	0	0	11	1,7	
Néant	48	24	43	22,9	4	3,3	121	93,6	187	29,8	
Total	198	100	188	100	114	100	129	100	629	100	

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

## 5.5. DISCUSSION SUR LA PRATIQUE DE L'IRRIGATION DE COMPLEMENT

Les résultats montrent que les ménages agricoles ont des comportements différenciés vis-à-vis de l'intégration de l'ICBI dans les systèmes de cultures. Les ménages de grande taille, les chefs de ménages mariés et les ménages à revenus essentiellement agricoles sont enclins à irriguer les cultures pluviales par les eaux de ruissellement collectées dans des petits bassins construits. Ils estiment à l'unanimité que cette nouvelle technologie leur permettra non seulement de stabiliser les rendements des cultures pluviales face aux séquences sèches, mais aussi de diversifier leurs sources de revenus à travers la pratique des cultures maraîchères en hivernage. En revanche, les jeunes chefs de ménages sont désintéressés par la pratique de l'ICBI. Ils sont plutôt orientés vers les activités extra-agricoles notamment l'orpaillage qui semble leur procurer plus de revenu monétaire que l'agriculture (Thune, 2011). L'orpaillage a

été encouragé par l'Etat burkinabé depuis les années 1980, à la suite de la sécheresse de 1984-1985 et de la mauvaise production agricole qu'elle a provoqué (Hatcher, 2005).

Contrairement à l'adoption du zaï et la diversification des cultures, l'adoption des cordons pierreux et l'utilisation des semences améliorées incitent les ménages à irriguer les cultures pluviales. Les producteurs estiment que le zaï et la diversification des cultures permettent déjà de minimiser les effets néfastes des séquences sèches sur les rendements similairement à l'irrigation de complément. Il n'est donc plus nécessaire de pratiquer l'irrigation de complément si toutefois le zaï et la diversification sont pratiqués. En revanche, ceux qui pratiquent le zaï et utilisent des variétés améliorées de cultures veulent adopter l'irrigation de complément. Les variétés améliorées de cultures permettent d'accroître les rendements lorsque les conditions hydriques minimum sont requises (Brocke *et al.*, 2013). Les ménages estiment que l'irrigation est utile dans les champs où est pratiqué le paillage et où sont implantés les cordons pierreux puisque ces technologies agricoles ne permettent pas de maintenir l'humidité du sol pendant longtemps. Selon Zougmore *et al.* (2004), les cordons pierreux sont plutôt préconisés pour réduire l'érosion que pour maintenir l'humidité du sol.

Les ménages agricoles qui perçoivent une augmentation, une diminution, une alternance de la fréquence des poches de sécheresse ont une propension à adopter l'ICBI. Ils estiment que la pratique de l'ICBI permet d'accroître les rendements agricoles. Mais les ménages qui ne perçoivent pas l'évolution la fréquence des poches de sécheresse sont moins intéressés par la pratique. L'attitude de ces ménages pourrait s'expliquer par l'ignorance de l'importance de l'ICBI pour la stabilisation ou la croissance des rendements agricoles. Cette ignorance est liée à l'insuffisance de sensibilisation et le manque de formation. En effet, la majorité des ménages agricoles est seulement informée de la pratique de l'ICBI par le « bouche-à-oreille » c'est-à-dire par les voisins. L'inaccessibilité aux médias et aux services agricoles explique la prédominance de ce mode d'information. D'après Munshi (2004), le mode d'information par voisinage n'impulse pas à l'adoption des nouvelles technologies agricoles.

La différenciation du consentement des ménages agricoles à pratiquer l'ICBI au sein et entre les zones agro-climatiques pourrait être expliquée non seulement par leurs caractéristiques socio-économiques, les types d'innovation déjà adoptés, mais aussi à leurs perceptions des séquences sèches et surtout au manque d'information. Les contraintes à l'adoption de la pratique de l'irrigation de complément sont surtout l'insuffisance de main-d'œuvre, du matériel pour l'excavation des bassins et le manque de moyens financiers. A celles-ci s'ajoutent l'insuffisance de la vulgarisation et des vivres pour l'alimentation pour mobiliser la

main-d'œuvre communautaire. L'ensemble de ces contraintes sous-entend que les ménages souhaitent la subvention du dispositif de l'irrigation de complément. Cette subvention pourraient être effectuée à travers la mise en œuvre d'un système de vivre contre travail à l'image des politiques de promotion des techniques de conservation des eaux et des sols (Holden *et al.*, 2003 ; Aklilu *et al.*, 2006 ; Bezu et Holden, 2008).

## **5.6. CONCLUSION PARTIELLE**

La majorité des ménages agricoles (78,4%) estime que la pratique de l'ICBI constitue une alternative pour atténuer les effets drastiques des séquences sèches sur la production agricole. Ces ménages envisagent ainsi d'irriguer les cultures pluviales à partir des bassins construits pour la collecte des eaux de ruissellement au cours de prochaines campagnes agricoles. Les ménages de grande taille, à revenu essentiellement agricole et les chefs de ménage mariés sont plus enclins à pratiquer l'irrigation de complément. Les ménages capables d'apprécier la variation des séquences sèches sont également susceptibles de l'adopter. Par contre, les jeunes chefs de ménage sont désintéressés par la pratique de l'irrigation de complément puisqu'ils sont orientés vers les activités extra-agricoles. Par ailleurs, l'adoption des cordons pierreux et des semences améliorées incitent les ménages à irriguer les cultures pluviales alors que la pratique du zaï et la diversification des cultures ne le font pas. L'insuffisance de sensibilisation constitue la contrainte majeure à la vulgarisation de l'ICBI. La majorité des ménages sont seulement informés de la pratique de l'ICBI par le "bouche-à-oreille". Des mesures visant le soutien financier et alimentaire, la subvention du matériel d'exhaure et d'excavation, la formation et la sensibilisation des ménages doivent être entreprises pour faciliter l'adoption de l'ICBI dans les exploitations agricoles.

## **CHAPITRE 6. EVALUATION AGRONOMIQUE ET SOCIO-ECONOMIQUE DE LA PRATIQUE DE L'IRRIGATION DE COMPLEMENT SUR LA MAÏSICULTURE PLUVIALE**

### **6.1. INTRODUCTION**

Le chapitre précédent a montré que 78,4% des ménages sont disposés à pratiquer l'irrigation de complément sur les cultures pluviales au cours des prochaines campagnes agricoles. Ces ménages estiment que l'irrigation de complément constitue une stratégie d'adaptation de l'agriculture pluviale aux séquences sèches, mais sa rentabilité n'est pas encore formellement connue. Pour orienter le choix des ménages, ce chapitre<sup>5</sup> compare les résultats agronomiques et socioéconomiques des parcelles d'expérimentations de la maïsiculture. Les indicateurs agronomiques considérés sont notamment les rendements grains et fourragers obtenus. Au plan socio-économique, la marge brute et la contribution de la production au besoin céréalier des ménages ont été retenues comme indicateurs d'analyse. Les coûts des types de bassins et leur rentabilité économique ont été également évalués. Les critères d'analyse de la rentabilité retenus sont la marge nette, valeur actuelle nette, le taux interne de rentabilité et le délai de retour sur investissement.

### **6.2. EVALUATION AGRONOMIQUE DES PARCELLES D'EXPERIMENTATION**

#### **6.2.1. Rendement grain**

Globalement, les rendements des grains de maïs sur des parcelles expérimentation (PE) sont supérieurs à ceux des parcelles témoins (PT) comme le montre la figure 15. En effet, les rendements moyens obtenus au terme de la campagne agricole 2012-2013, sont estimés 2,46 T/ha sur PE et 1,71 T/ha sur les PT. Ceux de la campagne agricole 2013-2014 ont été évalués à 1,88 T/ha et 0,92 T/ha respectivement sur les PE et les PT. Quant à la campagne agricole 2014-2015, les rendements obtenus sur les PE sont de 2,76 T/ha contre 1,78 T/ha sur les PT.

Le test de Student révèle une différence significative entre les rendements moyens des PE et des PT au terme des campagnes agricoles 2012-2013 ( $t = 4,134$ ;  $p = 0,003$ ), 2013-2014 ( $t = 6,656$ ;  $p = 0,000$ ) et 2014-2015 ( $t = 4,844$ ;  $p = 0,001$ ). L'écart de rendements entre les PE et PT est ainsi de 0,74 T/ha au cours de la campagne 2012-2013, 1,52 T/ha en 2013-2014 et 0,98 T/ha en 2014-2015. Ces écarts dénotent l'impact positif de la pratique de l'irrigation de

---

<sup>5</sup> Tiré de : **Zongo B**, Diarra A, Barbier B, Zorom M, Yacouba H and Dogot T. Crop supplemental irrigation experiences in Burkina Faso. *Our ender common climate future change, International scientific conference, Abstract book*, Paris, France, 07-10 July 2015.

complément sur la maïsiculture dans la mesure où elle permet d'accroître les rendements grain quel que soit le type de campagne agricole. Toutefois, l'accroissement de l'écart de rendement de la campagne agricole 2013-2014 est plus élevé que ceux de 2012-2013 et 2014-2015 (1,45 T/ha > 0,98 T/ha > 0,75 T/ha). Cet accroissement montre que les poches de sécheresse de la campagne agricole 2012-2013 ont été probablement plus fréquentes et longues comparativement à celles de 2013-2014. Les eaux stockées dans les bassins pendant la campagne 2012-2013 et 2014-2015 ont été insuffisantes pour irriguer le maïs afin d'éviter le stress hydrique par rapport à celle de 2013-2014. Les agriculteurs ont irrigué 3 à 4 fois en moyenne la PE au cours des trois campagnes agricoles (Tableau 43)

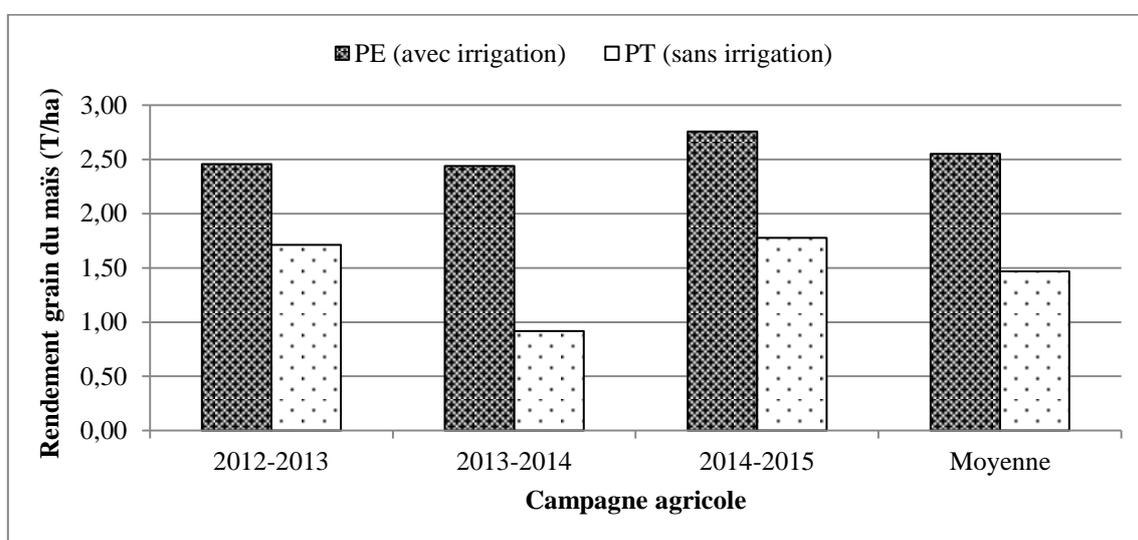


Figure 15. Comparaison des rendements grain de maïs des campagnes agricoles 2012 à 2015  
Source : Expérimentation 2012-2015

Tableau 43. Nombre d'irrigation au cours des campagnes agricoles

Campagnes agricoles	Nombre d'irrigation
2012-2013	3
2013-2014	4
2014-2015	4
Moyenne	4

Source: Expérimentation 2012-2015

### 6.2.2. Rendement fourrager

A l'instar des grains, les rendements fourragers issus des PE sont plus élevés que ceux des PT (Figure 16). Pour la campagne agricole 2012-2013, les rendements moyens obtenus ont été évalués à 3,47 T/ha sur les PE et 2,42 sur les PT. En 2013-2014, les PE et PT ont fourni

respectivement 2,69 et 1,58 T/ha. A la campagne 2014-2015, les rendements ont été à 2,93 T/ha et 2,26 T/ha respectivement sur les PE et PT.

Les analyses statistiques attestent une différence significative entre les rendements des PE et des PT à l'issue des campagnes agricoles 202-2013 ( $t = 3,405$ ;  $p = 0,006$ ), 2013-2014 ( $t = 3,942$ ;  $p = 0,002$ ) et 2014-2015 ( $t = 3,536$ ;  $p = 0,008$ ). L'écart de rendement entre les PE et PT est de 1,11 T/ha, 1,05 T/ha et 0,67 T/ha respectivement en 2012-2013, 2013-2014 et 2014-2015. Cet écart est-il suffisant pour justifier le creusement des bassins? Avec l'irrigation de complément les plants de maïs fournissent aussi plus de fourrage pour l'alimentation du bétail. La valorisation de la MS pour l'alimentation du bétail est abordée par la suite. Quant à l'écart des rendements fourragers entre les PE et les PT, il est quasiment identique entre les campagnes agricoles 2012-2013 (1,11 T/ha) et 2013-2014 (1,05 T/ha) et faible en 2014-2015 (0,67 T/ha).

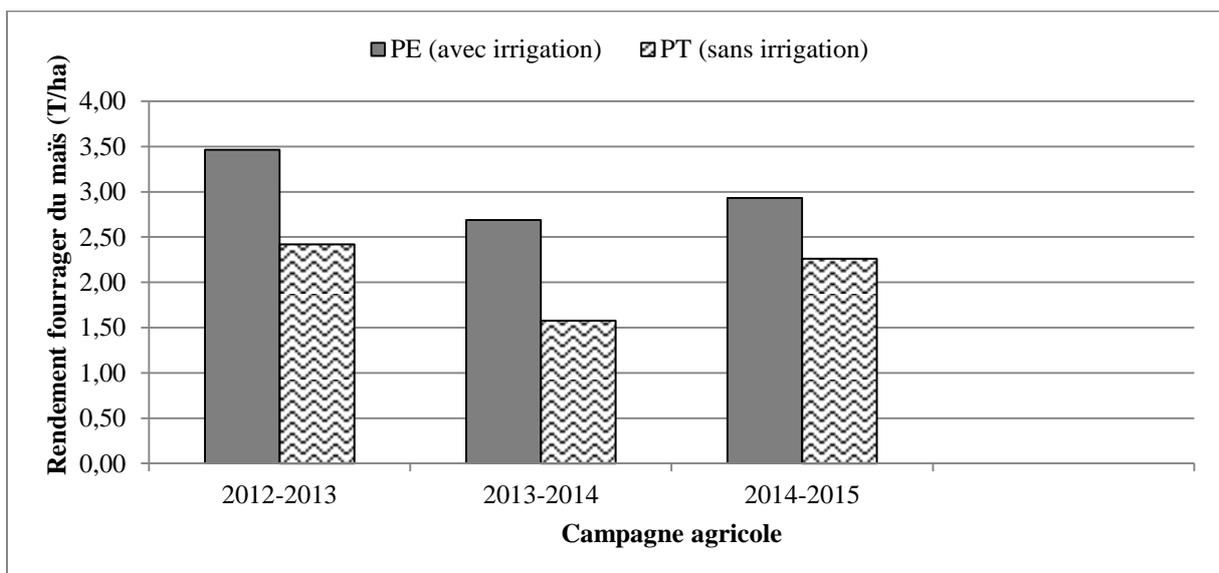


Figure 16. Comparaison des rendements fourragers de maïs des campagnes agricoles 2012 à 2015

Source : Expérimentation 2012-2015

### 6.3. EVALUATION SOCIO-ECONOMIQUE DU DISPOSITIF D'IRRIGATION DE COMPLEMENT

#### 6.3.1. Analyse de la marge brute des parcelles d'expérimentation

La Marge brute (MB) des parcelles d'expérimentation a été déterminée par la différence entre le Produit brut (PB) et le Coût des intrants utilisés (CI) (Lebailly et al., 2000):

$$MB = PB - CI \quad (19)$$

Le PB est obtenu par la multiplication de la quantité de grains et de fourrage de maïs par leur prix de vente. Le coût des intrants est composé par les charges relatives au NPK, urée et semences utilisés. Le coût de chaque intrant est déterminé par la quantité de l'intrant multiplié par le prix d'achat. L'écart entre la MB de la parcelle expérimentale et le témoin illustre le gain monétaire généré par la pratique de l'irrigation de complément.

Les MB, obtenues à partir des productions moyennes du maïs au cours des campagnes agricoles 2012 à 2015, varient entre les PE et PT (Tableau 44). La MB est évaluée à 77 634 F CFA sur les PE et à 50 632 F CFA sur les PT au terme de la campagne 2012-2013. Celles des PE et PT de la campagne 2013-2014 sont respectivement estimés à 23 455 et 72 263 F CFA. En 2014-2015, les MB ont été évaluée à 82 513 F CFA pour les PE et 51 375 F CFA pour les PT.

L'irrigation de complément de la maïsiculture pluviale a dégagé un surplus de 27 002 F CFA en 2012-2013, 48 809 F CFA en 2013-2014 et 31 138 en 2014-2015. Le surplus dégagé en 2013-2014 est supérieur à ceux de 2012-2013 et 2014-2015. En moyenne, l'augmentation de la MB est évaluée à 35649 F CFA par campagne. Les coûts des intrants étant similaires entre les années, l'écart économique s'explique par la différence de rendement en grain et en fourrage observée au terme des trois campagnes.

Tableau 44. Marges brutes des parcelles d'expérimentation de maïsiculture sur 0,25 ha

Désignation	Campagne 2012-2013		Campagne 2013-2014		Campagne 2014-2015		Moyenne	
	PT (sans irrigation)	PE (avec irrigation)						
Production graine (kg)	428	614	229	609	444	689	367	637
Prix de vente grain (F CFA/kg)	110	110	110	110	110	110	110	110
Production fourragère (kg)	605	866	394	672	565	733	521	757
Prix de vente du fourrage (F CFA/kg)	25	25	25	25	25	25	25	25
Valeur brute de la production (F CFA)	62195	89197	35017	83826	62938	94075	53383	89033
NPK (F CFA)	5750	5750	5750	5750	5750	5750	5750	5750
Urée (F CFA)	4313	4313	4313	4313	4313	4313	4313	4313
Semences (F CFA)	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Coût des intrants agricoles (F CFA)	11563	11563	11563	11563	11563	11563	11563	11563
Marge brute (F CFA)	50632	77634	23455	72263	51375	82513	41821	77470
Ecart Marge brute (F CFA)		27 002		48 809		31 138		35649

Source : Expérimentation 2012-2015

Tableau 45. Marges brutes des cultures secondaires sous irrigation de complément

Cultures secondaires	Campagne 2012-2013		Campagne 2013-2014		Campagne 2014-2015		Moyenne	
	Marge brute (FCFA)							
Aubergine	5 850		2 000		4 0750		16 200	
Tabac			8 900		130 000		69 450	
Piment	4 928		1 500		6800		4 409	
Sésame			800				800	
Gombo			3 250		14000		8625	
Niébé	8 400		1 000				4700	
Soja	-		-		3000		3000	
Marge brute (F CFA)	19 178		17 450		194 550		<b>77 059</b>	

Source : Expérimentation 2012-2015

Les producteurs pilotes ont semé une deuxième culture après le maïs (aubergine, tabac, piment, sésame, gombo, niébé, soja) à partir des eaux de ruissellement collectées dans les bassins (Tableau 45). La MB moyenne dégagée a été évaluée à 19 178 F CFA en 2012-2013, 17 450 F CFA en 2013-2014 et 194 550 F CFA. La forte mobilisation des producteurs pilotes pour la culture du tabac explique l'augmentation importante de la MB au cours de la campagne agricole 2014-2015.

En tenant compte de la maïsiculture et des cultures secondaires, l'écart entre la MB des PE et PT est évalué à 46 180 F CFA au cours de la campagne agricole 2012-2013, 115 067 F CFA en 2013-2014 et 256 825 F CFA (Figure 17). La MB moyenne est évaluée à 178 423 F CFA par campagne agricole. Ces résultats montrent que l'irrigation de complément des cultures pluviales peut être une solution intéressante pour atténuer les effets de la variabilité et du changement climatiques au Sahel.

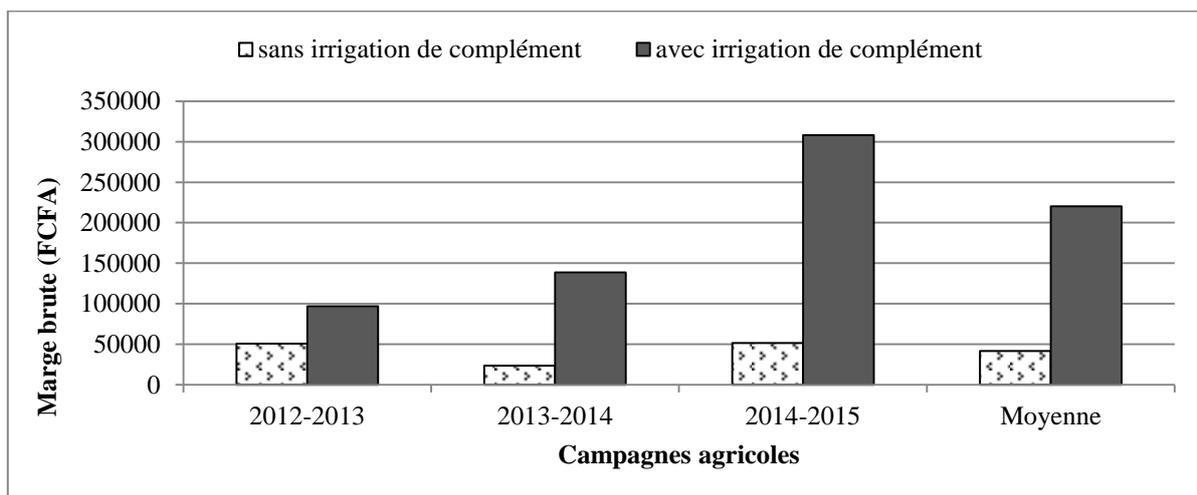


Figure 17. Comparaison des marges brutes des parcelles d'expérimentation

Source : Expérimentation 2012-2015

#### 6.4.2. Coût de construction des bassins

Tous les bassins de collecte des eaux de ruissellement ont été construits par les membres actifs des ménages bénéficiaires et parfois par des voisins volontaires. Le matériel utilisé pour la construction de ces bassins est quasi-similaire. Il est composé de pioches, barres à mine, pelles, brouettes, gravillons, moellons et du grillage. Toutefois, l'utilisation du ciment et de la bâche pour l'imperméabilisation n'a été réalisée que sur certains bassins dont les sols sous-jacents étaient trop filtrants. Le type de matériel d'imperméabilisation explique la différence des coûts relatifs aux bassins. Selon le coût d'investissement, on distingue quatre catégories de bassins (tableau 46) :

- *le bassin à fond et parois non imperméabilisés*. Il s'agit de bassin construit sur des sols argileux (Photo 8) ou latéritiques (Photo 9) caractérisés par une faible infiltration. Après l'excavation, les parois et le fond du bassin ne reçoivent aucun revêtement puisque le type de sol permet de retenir l'eau de ruissellement collectée. Le coût d'investissement relatif à un bassin est évalué à 784 900 F CFA lorsque la main-d'œuvre pour la construction est salariée. Avec l'ajout du coût d'opportunité de la terre et d'entretien annuel, le coût du bassin atteint 802 900 F CFA.



Photo 8. Bassin à fond et parois non imperméabilisés sur un sol argileux dans le village de Sandouré, province du Bam en zone sahéenne  
Source : Zongo (2012)



Photo 9. Bassin à fond et parois non imperméabilisés sur un sol latéritique à Tougou, province du Yatenga en zone sahéenne  
Source : Zongo (2012)

- *le bassin à fond imperméabilisé en argile et parois imperméabilisées en ciment* (Photo 10). Ce bassin est construit sur des sols argilo-limoneux caractérisés par une infiltration plus élevée comparativement aux sols argileux ou latéritiques. L'infiltration observée est surtout verticale c'est-à-dire par le fond. Afin de limiter celle-ci, le fond du bassin a été revêtu en argile. En supposant que la main- d'œuvre des ménages est salariée, le coût de construction est égal à 922 900 F CFA. Il revient à 940 900 avec l'addition du coût d'opportunité de la terre et l'entretien annuel du bassin. Ce sont les dépenses du ciment et de l'argile pour l'imperméabilisation des parois et du fond qui renchérissent le coût du bassin.



Photo 10. Bassin à fond imperméabilisé en argile et parois imperméabilisées en ciment dans le village de Mogodin, province du Bam en zone sahélienne  
Source : Zongo (2013)

- *le bassin à fond bâché et parois imperméabilisées en ciment* (Photo 11). Il s'agit d'un bassin construit sur des sols sablo-limoneux caractérisés par une infiltration supérieure à celle des sols argilo-limoneux, argileux ou latéritiques. Pour limiter cette infiltration, du ciment et une bâche ont été achetés pour revêtir respectivement les parois et le fond. Le coût unitaire de ce type de bassin est 1 710 900 F CFA lorsque la main-d'œuvre est rémunérée. Il est évalué à 1 728 900 F CFA lorsqu'on ajoute le coût d'opportunité de la terre et l'entretien annuel du bassin.



Photo 11. Bassin à fond bâché et parois imperméabilisées en ciment dans le village de Sologom, province du Yatenga en zone sahélienne.  
Source : Zongo (2014)

- *le bassin à fond et parois imperméabilisés à partir d'une bâche* (Photo 12). Il est construit sur des sols sableux à forte infiltration. Afin d'éviter cette forte infiltration, une bâche a été achetée pour revêtir les parois et le fond du bassin. Sa construction nécessite un investissement de 2 191 900 F CFA en supposant que la main-d'œuvre pour l'excavation du bassin est salariée. En additionnant le coût d'opportunité de la terre et l'entretien annuel, le coût est estimé à 2 201 900 F CFA. Ce bassin est le plus coûteux.



Photo 12. Bassin à fond et parois imperméabilisés à partir d'une bâche sur un sol sableux dans le village de Mogodin, province du Bam en zone sahélienne  
Source : Zongo (2014)

Tableau 46. Estimation du coût des différents bassins

Type de bassin	Bassins 1: Fond et parois non imperméabilisés			Bassins 2: Fond imperméabilisé en argile et parois cimentées			Bassin 3: Fond bâché et parois cimentées			Bassins 4: Fond et parois imperméabilisés bâchés		
	Quantité	Prix unitaire	Montant (FCFA)	Quantité	Prix unitaire	Montant (FCFA)	Quantité	Prix unitaire	Montant (FCFA)	Quantité	Prix unitaire	Montant (FCFA)
Barre à mine	5	8000	40000	5	8000	40000	5	8000	40000	5	8000	40000
Pioche	5	2000	10000	5	2000	10000	5	2000	10000	5	2000	10000
Pelle	5	1500	7500	5	1500	7500	5	1500	7500	5	1500	7500
Brouette	3	20000	60000	3	20000	60000	3	20000	60000	3	20000	60000
Gants (paire)	15	1500	22500	15	1500	22500	15	1500	22500	15	1500	22500
Entretien annuel du matériel		Forfait	25000		Forfait	25000		Forfait	25000		Forfait	25000
Renforcement des brouettes		Forfait	7500		Forfait	7500		Forfait	7500		Forfait	7500
<i>Coût matériel de construction</i>			172500			172500			172500			172500
Excavation (m <sup>3</sup> )		1000	283000		1000	283000		1000	283000		1000	283000
Talutage			9000			9000			9000			9000
Transport moellon		Forfait	120000		Forfait	120000		Forfait	120000		Forfait	120000
Transport gravions		Forfait	60000		Forfait	60000		Forfait	60000		Forfait	60000
Transport argile			0			30000			0			0
Main-d'œuvre maçon		Forfait	0		Forfait	25000		Forfait	50000		Forfait	0
Stabilisation		Forfait	10000		Forfait	15000		Forfait	30000		Forfait	9000
<i>Coût construction du bassin (+coût matériel)</i>			654500			714500			724500			653500
Grillage		Forfait	100000		Forfait	100000		Forfait	100000		Forfait	100000
Transport du grillage sur le site		0	10000		0	10000		0	10000		0	10000
Main-d'œuvre grillage		Forfait	20400		Forfait	20400		Forfait	20400		Forfait	20400
<i>Coût grillage</i>		Forfait	130400		Forfait	130400		Forfait	130400		Forfait	130400
Bâche	0	0	0		0	0	175	4000	700000	350	4000	1400000
Ciment	0	6500	0	24	6500	78000	24	6500	156000	0	6500	0
<i>Coût imperméabilisation</i>			0			78000			856000			1400000
<b>Coût total d'acquisition du bassin</b>			<b>784 900</b>			<b>922 900</b>			<b>1 710 900</b>			<b>2 183 900</b>
Coût d'opportunité d'1 ha de terre		Forfait	8000		200000	8000		200000	8000		200000	8000
Entretien annuel du bassin		Forfait	10000			10000		Forfait	10000		Forfait	10000
<b>Coût total d'acquisition du bassin + coût d'opportunité d'1 ha de terre</b>			<b>792 900</b>			<b>930 900</b>			<b>1 718 900</b>			<b>2 191 900</b>
<b>Coût total d'acquisition du construction + coût d'opportunité d'1 ha de terre + entretien</b>			<b>802 900</b>			<b>940 900</b>			<b>1 728 900</b>			<b>2 201 900</b>

Source : Auteur, à partir des données d'expérimentation

### 6.4.3. Coût d'acquisition du matériel d'exhaure

Le kit du matériel d'exhaure est composé d'une pompe à pédale, des roulements, des soupapes, d'une crépine, d'une coupelle, des pièces de rechange et des tuyaux d'aspiration et de refoulement (Tableau 47). Le coût d'acquisition du kit est évalué à 139 476 F CFA. L'achat de la pompe à pédale et des tuyaux d'aspiration représente 70% du coût d'acquisition.

Tableau 47. Coût du matériel d'exhaure

Désignation	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Montant (FCFA)
Pompe à pédale	1	49500	49500
Coudes de 26 m	1	3000	3000
Tuyau d'aspiration de 32 m	1	3900	3900
Tuyau de refoulement de 26 m	1	56250	56250
Roulements pédale	1	300	300
Roulements bascule	1	300	300
Soupape de fuite	1	200	200
Crépine	1	4000	4000
Coupelle	1	500	500
Clapet de refoulement/Aspiration	1	250	250
TVA (18%)	1	21 276	21 276
Coût du matériel d'exhaure (FCFA)	-	-	139 476

Source : Projet CRDI, 2014



Photo 13. Pilotage de l'irrigation de complément à partir de la pompe à pédale dans le village de Mogodin en zone sahélienne

Source : Zongo (2014)

La pompe fonctionne à l'énergie humaine à l'aide de deux pédales par un système d'aspiration et de refoulement (Photo 13). Elle peut aspirer l'eau jusqu'à 7 mètres de profondeur et la refouler à une distance de 200 mètres sur un terrain plat en hauteur de 7 mètres. Son débit moyen est de 3 300 litres par heure suivant l'intensité de pédalage. Elle permet d'irriguer 2500 m<sup>2</sup> (0,25 hectare) en 2 heures.

#### 6.3.4. Analyse de la marge nette des parcelles d'expérimentation

La marge nette de la production est obtenue en déduisant du produit brut (PB) les coûts des intrants (CI) et les coûts fixes (CF) ou en déduisant de la marge brute (MB) les coûts fixes (CF).

$$MN = PB - CI - CF = MB - CF \quad (20)$$

Si la marge nette est positive, alors on conclut que le produit brut arrive à couvrir tous les coûts fixes et que l'activité de production agricole est économiquement rentable. Par contre, si la marge nette est négative, alors le produit brut n'arrive pas à couvrir les coûts. Dans ce cas, la production n'est pas économiquement rentable.

Dans le cadre de l'irrigation de complément, les coûts fixes sont déterminés à partir de la somme des annuités d'amortissement de chaque type de bassin et du matériel d'exhaure. L'annuité est obtenue en multipliant le coût de chaque type de bassin ou du matériel d'exhaure par un taux d'amortissement linéaire. Le taux d'amortissement linéaire se calcule en divisant 100 par la durée de vie prévue de chaque bassin ou du matériel d'exhaure (Tableau 48). La durée de vie a été estimée à 15 années pour chaque bassin et 5 années pour le matériel d'exhaure.

En rappel, le coût de réalisation du bassin comprend le coût du matériel, de la main-d'œuvre, la clôture, l'imperméabilisation et de l'entretien annuel (Tableau 46). Celui du matériel d'exhaure est constitué des dépenses relatives à l'achat de la pompe à pédale et des accessoires (Tableau 47).

Tableau 48. Estimation de l'amortissement des bassins et du matériel d'exhaure

Désignation	Coût de réalisation	Durée de vie estimée	Taux d'amortissement	Anuité
Bassin 1	784 900	15	6,67%	52327
Bassin 2	922 900	15	6,67%	61527
Bassin 3	1 710 900	15	6,67%	114060
Bassin 4	2 191 900	15	6,67%	145593
Matériel d'exhaure	139 476	5	20%	27895

Source : Auteur, à partir des données d'expérimentation

Le Tableau 49 présente les marges nettes dégagées pour chaque type de bassin. L'analyse montre que la pratique de l'irrigation de complément à partir du bassin à fond et parois non imperméabilisés et du bassin à fond imperméabilisé en argile et parois cimentées garantit une marge nette moyenne positive. En d'autres termes, le produit brut couvre les coûts fixes et par conséquent la pratique de l'irrigation de complément est économiquement rentable en 15 années ou 15 campagnes agricoles. En revanche, la pratique de l'irrigation de complément n'est pas économiquement rentable à partir du bassin à fond bâché et parois cimentées et du bassin à fond et parois bâchés dans la mesure où la marge nette est négative. En comparant les bassins, les coûts de l'imperméabilisation, du transport de l'argile, de la stabilisation et la maçonnerie expliquent la rentabilité économique des différents bassins. Excepté ces éléments, les coûts des autres composantes des bassins sont similaires (Tableau 46).

Tableau 49. Marges nettes de la production agricole des parcelles d'expérimentation

Désignation	2012-2013		2013-2014		2014-2015		Moyenne	
	PT (sans irrigation)	PE (avec irrigation)						
Marge brute	50632	96812	23455	89713	51375	277063	41821	184654
Bassins 1 + matériel d'exhaure								
Coût fixe	0	80222	0	80222	0	80222	0	80222
Marge nette	50632	16591	23455	9491	51375	196841	41821	104432
Bassins 2 + matériel d'exhaure								
Coût fixe	0	89422	0	89422	0	89422	0	89422
Marge nette	50632	7391	23455	-79931	51375	107419	41821	15011
Bassins 3 + matériel d'exhaure								
Coût fixe	0	141955	0	141955	0	141955	0	141955
Marge nette	50632	-134565	23455	-221886	51375	-34536	41821	-126945
Bassins 3 + matériel d'exhaure								
Coût fixe	0	154892	0	154892	0	154892	0	154892
Marge nette	50632	-252263	23455	-320987	51375	-133638	41821	-226046

#### 6.4.5. Analyse de la rentabilité économique du dispositif d'irrigation de complément

Pour analyser la rentabilité économique du dispositif d'irrigation de complément, nous avons considéré la production moyenne du maïs des trois campagnes agricoles. La durée de vie des bassins a été fixée à 15 années et celle du matériel d'exhaure à 5 années. Les critères retenus pour l'analyse sont la VAN, le TIR et le DRI.

La VAN a été évaluée à travers la somme de tous les bénéfices actualisés obtenus par la différence entre le produit brut et le coût des intrants et les charges fixes (CF) relatives au

dispositif d'irrigation de complément. Ces charges concernent la construction du bassin et l'achat du matériel d'exhaure. Dans le calcul des CF par campagne agricole, ce sont les amortissements annuels du bassin et des moyens d'exhaure qui sont considérés. Un taux d'amortissement linéaire est utilisé. Formellement, la VAN, au terme des 15 campagnes agricoles, est donnée par l'expression suivante :

$$VAN = \sum_{t=1}^{15} \frac{PB_t - CI_t - CF_t}{(1+r)^t} \quad (21)$$

$t$  est la campagne agricole,  $r$  le taux d'actualisation estimé à 12,5% selon les caisses populaires auprès desquelles les agriculteurs ont parfois accès aux crédits. Notons qu'avec 15 campagnes agricoles, le matériel d'exhaure doit être renouvelé trois fois. Lorsque la VAN est positive, l'investissement est jugé économiquement rentable et le projet mérite d'être entrepris. En revanche si elle est négative, l'investissement n'est pas rentable et l'introduction de la pratique de l'irrigation de complément doit être abandonnée sous peine de perdre de la valeur.

Le TRI est assimilé au taux d'actualisation qui annule la VAN. Il est déterminé par l'équation suivante :

$$\sum_{t=0}^{15} \frac{PB_t - CF_t - CI_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (22)$$

L'investissement pour la mise en œuvre du dispositif d'irrigation de complément est approprié lorsque le TIR est supérieur au taux d'actualisation; dans le cas contraire il n'est pas nécessaire d'investir.

Le DRI est le temps  $d$  nécessaire pour que les bénéfices nets équilibrent les coûts d'investissement inhérents au dispositif d'irrigation de complément. Il est formulé selon l'expression :

$$\sum_{t=0}^d PB_t = \sum_{t=0}^d (CI_t + CF_t) \quad (23)$$

La rentabilité du dispositif de l'irrigation de complément dépend des types de bassins (Tableau 50 et 49). Rappelons que le coût d'acquisition du dispositif d'irrigation de complément intègre la main-d'œuvre des ménages sous forme salariée.

*Bassin à fond et parois non imperméabilisés* : La VAN est positive de 5 à 15% d'actualisation et devient négative à partir de 20%. Le TIR est évalué à 19,5% et le DRI à 7 années. Ces résultats montrent que la pratique de l'irrigation de complément à partir de bassin à fond et parois non imperméabilisés est une innovation viable pour les ménages agricoles dans la mesure où la VAN est positive pour un taux d'actualisation allant jusqu'à 15%. Cette pratique est également adoptable puisque le TIR est supérieur au taux d'intérêt fixé (12,5%) par les banques au Burkina Faso. La construction des bassins sur des sols argileux ou latéritique permet de rentabiliser la pratique de l'irrigation de complément de la maïsiculture pluviale.

*Bassin à fond imperméabilisé en argile et parois imperméabilisées en ciment* : Il se caractérise par une VAN positive de 5 à 15% d'actualisation, un TIR estimé à 15,29% et un DRI de 7 années. De ce qui précède, l'irrigation de complément à partir de bassin à fond imperméabilisé en argile et parois en ciment s'avère une innovation agricole viable et adoptable pour les agriculteurs, car la VAN est positive pour un taux d'actualisation compris entre 5 et 15% et le TIR dépasse le taux d'intérêt fixé par les banques (12,5%). La construction des bassins sur les sols argileux-limoneux est une innovation rentable pour de l'irrigation de complément sur la maïsiculture pluviale en 15 campagnes agricoles.

*Bassin à fond bâché et parois imperméabilisées en ciment* : Il présente une VAN négative à partir de 5% d'actualisation, un TIR évalué à 4,5% et un DRI de 11 années. Ces résultats suggèrent que la pratique de l'irrigation de complément de la maïsiculture pluviale à partir de bassin construit sur des sablo-limoneux n'est pas une innovation viable au-delà de 5% d'actualisation ni adoptable dans la mesure où le TIR est inférieur à celui fixé par les banques (12,5%). Elle n'est rentable qu'au-delà de 15 années correspondant à 15 campagnes agricoles.

*Bassin à fond et parois imperméabilisés à partir d'une bâche* : La VAN est négative dès 5 % d'actualisation. Le TIR est estimé à 1,1% et le DRI à 14 années. Dans ces conditions, la construction des bassins sur les sols sableux pour l'irrigation de complément n'est pas rentable pour les ménages agricoles en 15 campagnes de maïsiculture pluviale. En effet, la VAN est demeurée négative et le TIR est inférieur au taux d'intérêt des banques (12,5%).

Tableau 50. TIR et VAN du dispositif d'irrigation de complément sur 0,25 ha de maïs

Catégories de bassins	TIR	VAN						
		5%	10%	12,5%	15%	20%	25%	30%
Bassin 1: Fond et parois non imperméabilisés	19,5%	756390	369568	238707	21141	-10870	-144460	-169238
Bassin 2: Fond imperméabilisé en argile et parois cimentées	15,2%	615438	235022	107151	7185	-134204	-224408	-283084
Bassin 3: Fond bâché et parois cimentées	4,5%	-53490	-432456	-555114	-648053	-856457	-842827	-912311
Bassin 4: Fond et parois bâchés	1,1%	-476956	-830735	-942964	-1026516	-1134116	-1190615	-1216555

Source : Projet CRDI, 2014

Suite du tableau 50

Catégories de bassins	VAN							
	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%
Bassin 1: Fond et parois non imperméabilisés	-213954	-241265	-261305	-274930	-283992	-289753	-293092	-294635
Bassin 2: Fond imperméabilisé en argile et parois cimentées	-321647	-346979	-346979	-373597	-379476	-382253	-382789	-381693
Bassin 3: Fond bâché et parois cimentées	-900212	-906392	-904481	-902578	-886739	-876355	-859800	-844816
Bassin 4: Fond et parois bâchés	-1223763	-1219283	-1207443	-1190976	-1171642	-1150601	-1128625	-1106236

Tableau 51. Cash-flows actualisés (en F FCFA)

Catégories de bassins	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7	Année 8	Année 9	Année 10
Bassin 1: Fond et parois non imperméabilisés	-739722	-565067	-390413	-215759	-41104	-5926	168728	343383	518037	692691
Bassin 2: Fond imperméabilisé en argile et parois cimentées	-887722	-713067	-538413	-363759	-189104	-153926	20728	195383	370037	544691
Bassin 3: Fond bâché et parois cimentées	-1675722	-1501067	-1326413	-1151759	-977104	-941926	-767272	-592617	-417963	-243309
Bassin 4: Fond et parois bâchés	-2133722	-1949067	-1764413	-1579759	-1395104	-1349926	-1165272	-980617	-795963	-611309

Source : Projet CRDI, 2014

Suite du tableau 51

Catégories de bassins	Année 11	Année 12	Année 13	Année 14	Année 15
Bassin 1: Fond et parois non imperméabilisés	727870	902524	1077178	1251833	1426487
Bassin 2: Fond imperméabilisé en argile et parois cimentées	579870	754524	929178	1103833	1278487
Bassin 3: Fond bâché et parois cimentées	-68654	106000	280654	455309	629963
Bassin 4: Fond et parois bâchés	-566130	-381476	-196822	-12167	172487

### 6.3.6. Contribution à la sécurité alimentaire des populations et du bétail

La contribution de la pratique de l'irrigation à la sécurité alimentaire a été effectuée à partir des normes de consommation humaine en céréales et animale en matière sèche. A l'instar des pays sahéliens, au Burkina Faso, la consommation annuelle en céréales dont le maïs est estimée en moyenne à 190 kg/personne, soit 0,53 kg/jour (CILSS, 2001). Celle en matière sèche pour le bétail est évaluée à 5,3 kg/jour par bovin (0,85 Unité Bovin Tropical) et 1kg/jour par ovin ou caprin (Toutain et Lhoste, 1978).

L'estimation du nombre de personnes additionnelles (N) qu'on peut nourrir à partir de la production issue de l'irrigation de complément en un mois (30 jours) est donnée par la formule suivante :

$$N = \frac{Pdt_{PE} - Pdt_{PT}}{0,53 \times 30} \quad (24)$$

Où  $Rdt_{PE}$  = Production de la parcelle expérimentale (kg) et  $Rdt_{PT}$  = Production de la parcelle témoin (kg).

Le nombre de bovins additionnels (A) que les agriculteurs pourraient nourrir à partir de la production fourragère issue de la pratique de l'irrigation de complément en un mois (30 jours) est donné par la formule suivante :

$$A = \frac{MS_{PE} - MS_{PT}}{5,3 \times 30} \quad (25)$$

Où  $MS_{PE}$  = Production de matière sèche de la parcelle expérimentale (kg) et  $MS_{PT}$  = Production de matière sèche de la parcelle témoin (kg).

La contribution de la production de maïs à la sécurité alimentaire dépend des parcelles d'expérimentation (Figure 18). Les productions moyennes en maïs des PE et PT de la campagne 2012-2013 permettent de couvrir le besoin céréalier respectivement de 39 et 27 personnes pendant un mois. Ceux des PE et PT de 2013-2014 satisfont le besoin céréalier respectivement de 38 et 14 personnes. Quant à la campagne 2014-2015, les productions en grain des PE permettent de couvrir le besoin céréalier de 43 personnes et ceux des PT 28 personnes. Il ressort ainsi que les surplus de rendements obtenus à partir des PE en 2012-2013, 2013-2014 et 2014-2015 permettent de nourrir mensuellement entre 12 et 24 personnes additionnelles au sein des ménages agricoles comparativement aux PT. Ces surplus peuvent

assurer les besoins céréaliers du ménage moyen (cf. Tableau 8) de la zone d'étude pendant au moins un à deux mois.

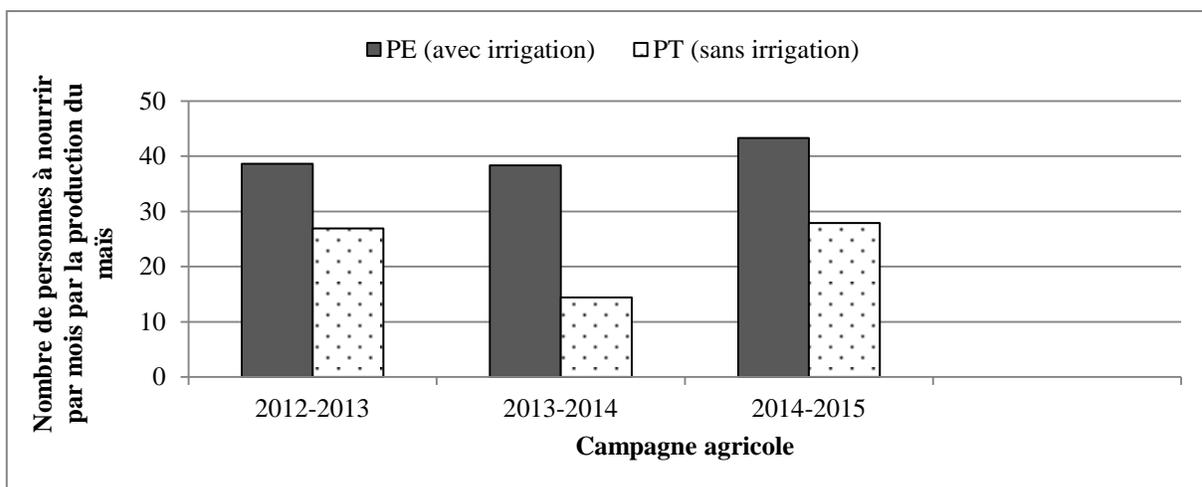


Figure 18. Evaluation comparées de la contribution au besoin céréalier des parcelles d'expérimentation

Source : Expérimentation 2012-2015

Le nombre de bovins nourris par le fourrage des PE en un mois est évalué à 5 en 2012-2013, 4 en 2013-2014 et 5 en 2014-2015 (Figure 19). Pour les PT, le nombre d'UBT nourri est estimé à 4 en 2013-2014, 2 en 2013-2014 et 4 en 2014-2015. Comparativement aux PT, le nombre de bovins additionnels nourris par le fourrage des PE est égale à 1 en 2012-2013, 2 en 2013-2014 et 1 en 2014-2015. Ce nombre additionnel montre que la pratique de l'irrigation de complément sur le maïs est bénéfique pour le bétail.

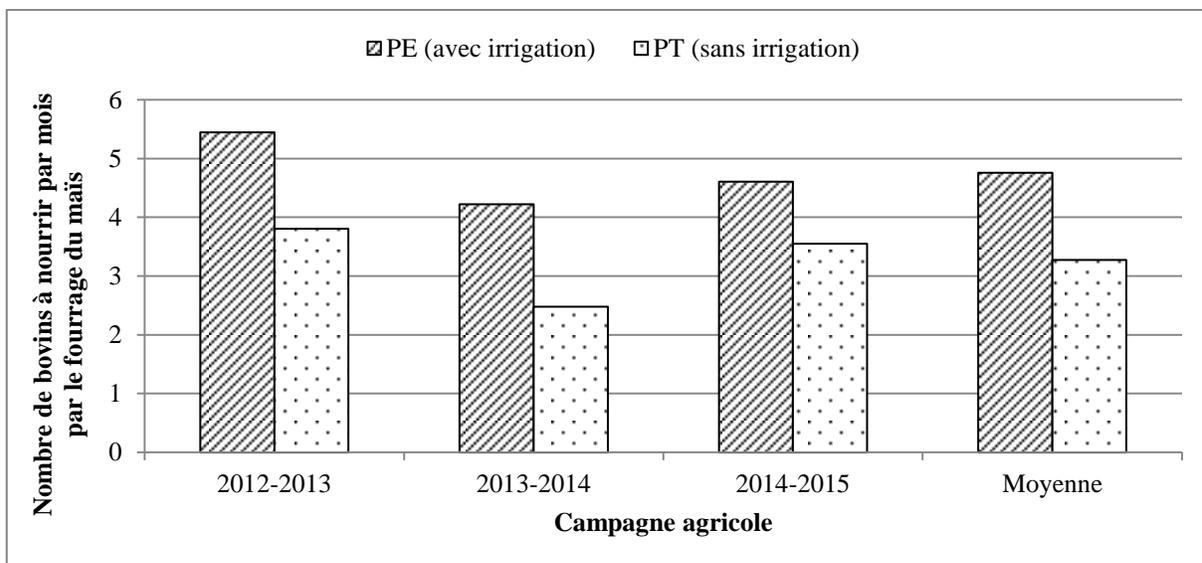


Figure 19. Evaluation comparées de la contribution au besoin fourrager du bétail

Source : Expérimentation 2012-2015

#### 6.4.7. Impact sur la cohésion sociale dans les villages

Les ménages agricoles estiment que l'introduction de la pratique de l'irrigation de complément dans les exploitations agricoles contribue à renforcer la cohésion sociale dans les villages. Cette cohésion est traduite à travers la mobilisation communautaire pour la construction des bassins. La mobilisation communautaire de la main-d'œuvre de travail correspond à l'entraide entre les membres des ménages pour exécuter les travaux relatifs à la construction des bassins. L'engagement des femmes auprès des hommes a facilité la construction des bassins. En général, les hommes sont chargés de l'excavation et les femmes assurent l'évacuation de la terre du bassin. Par ailleurs, l'organisation des formations sur la pratique de l'ICBI par le Ministère en charge de l'agriculture et certaines ONGs permet les échanges d'expériences entre les agriculteurs. Pour les ménages agricoles, ces formations facilitent leur rapprochement les uns des autres à travers les échanges interpersonnels.

Toutefois, l'adoption de l'ICBI par les ménages agricoles présente quelques risques qui sont :

- le développement des maladies : certains bassins sont construits à proximité des concessions. La prolifération des moustiques dans ces bassins peut constituer un vecteur de transmission du paludisme à la population. L'utilisation de l'eau des bassins comme eau de boisson peut aussi entraîner la prolifération de certaines maladies telles que la diarrhée, la dysenterie et l'arsenic.

- la noyade des animaux et des enfants : dans les villages, certains enfants se baignent dans les retenues d'eau. De même, les animaux (bœufs, ovins, caprins) s'y abreuvent. De ce fait, lorsque les bassins ne sont pas clôturés, les enfants et les animaux risquent de se noyer.

## **6.5. DISCUSSION SUR LA RENTABILITE SOCIO-ECONOMIQUE DE LA MAÏSICULTURE PLUVIALE SOUS L'IRRIGATION DE COMPLEMENT**

Les résultats des parcelles d'expérimentation ont mis en évidence l'importance de l'irrigation de complément pour la production du maïs pendant la campagne agricole d'hivernage. En effet, la pratique de l'irrigation permet d'accroître les rendements de maïs quel que soit le type de campagne agricole. L'augmentation des rendements grains de la PE par rapport à PT a été de 0,75 T/ha (43,47%) au cours de la campagne 2012-2013, 1,45 T/ha (166,32%) en 2013-2014 et 0,98 T/ha (55,21%) en 2014-2015. La pratique de l'ICBI peut ainsi d'accroître le rendement moyen de maïs de 1,08 T/ha (moyenne des rendements des trois campagnes agricoles), soit 88,34%. Ces résultats peuvent être comparés à ceux des études antérieures sur d'autres cultures dans plusieurs pays. Par exemple, en Chine la pratique de l'irrigation de complément a permis d'accroître les rendements de la patate de 58% (15 à 22,5t/ha), du coton de 25,40% (2953 à 3703 kg/ha) et du blé de 24,68% (2431 à 3031kg/ha) (Yuan *et al.*, 2003). Trois années plus tard, ces résultats ont été confirmés par les travaux de Kar *et al.* (2006). Au Maroc, Merabeta et Boutiba (2005) ont montré que la culture pluviale de blé avec cette technique permet d'obtenir des rendements en grain compris entre 5,4 et 5,9 T/ha contre des faibles rendements oscillants entre 1,5 et 3 T/ha pour le témoin. Cette augmentation (plus de 100%) des rendements a d'ailleurs conduit les gouvernements de la Tunisie et du Maroc à envisager des aménagements respectifs de plus de 23 000 et 30 000 ha en irrigation de complément (Alaoui, 2007). Au Burkina Faso en particulier, Somé (1989) a montré que l'irrigation de complément du sorgho permettait un accroissement des rendements de 10 à 85% selon les campagnes agricoles. Toutefois, il convient de relativiser l'effet positif toujours de l'irrigation de complément de complément sur la productivité agricole. Les résultats des travaux de Barron et Okwach (2005) au Kenya ont souvent révélé une absence de différence significative entre les rendements de maïs sous irrigation de complément et sans irrigation lorsque la pluviométrie est assez régulièrement répartie au cours de la campagne agricole. Ces

résultats suggèrent que l'importance de l'irrigation de complément dépend des types de campagnes agricoles.

Le gain de rendement du maïs de la campagne agricole 2013-2014 est plus élevé que celui de 2012-2013 et 2014-2015. Cet accroissement montre que les poches de sécheresse de la campagne 2013-2014 ont été plus fréquentes et longues comparativement à celles de 2013-2014. Par conséquent, les eaux de ruissellement stockées dans les bassins pendant les campagnes 2012-2013 et 2014-2015 ont été insuffisantes pour irriguer le maïs afin d'éviter le stress hydrique par rapport à celle de 2013-2014. Cette insuffisance est liée à l'infiltration des bassins conjuguée à un faible ruissellement des eaux de pluie sur les terres cultivées (Mounirou *et al.*, 2012). De ce qui précède, l'amélioration des rendements du maïs sous l'irrigation de complément dépend du ruissellement des eaux de pluie. Ces résultats confirment les conclusions de Fox *et al.* (2005) qui argumentent que l'irrigation de complément est rentable sous certaines conditions d'opportunité.

Avec l'augmentation des rendements du maïs, la pratique de l'irrigation de complément contribue à satisfaire le besoin céréalier des ménages agricoles. Elle permet de combler la demande mensuelle en céréale d'au moins 17 personnes pouvant être ou non membres des ménages. C'est pour cette raison que plusieurs pays ont adopté des politiques de vulgarisation de la pratique de l'irrigation de complément dans les exploitations afin de réduire les effets des séquences sèches sur la production agricole (Oweis *et al.*, 1999 ; He *et al.*, 2007). Dans ces pays, l'irrigation de complément constitue une stratégie d'adaptation des agriculteurs au changement climatique dans la mesure où elle permet d'augmenter la production agricole en vue de satisfaire les besoins alimentaires des populations pendant les années sèches. Mais dans les pays sahéliens d'Afrique de l'Ouest, cette pratique est restée quasi-inexistante dans les exploitations familiales. Les travaux de recherche sur la pratique de l'irrigation de complément des cultures pluviales sont restés pendant longtemps au stade expérimental dans les stations des institutions de recherche (Dembélé *et al.*, 1999; Fox et Rockström, 2000; Some et Ouattara, 2009).

Par ailleurs, la construction des petits bassins de collecte des eaux de ruissellement pour l'irrigation de complément est rentable sous certaines conditions. En effet, cette rentabilité économique dépend des types de sols. Les bassins construits sur des sols argileux ou

latéritiques et argilo-limoneux sont rentables sur une période de 15 années, c'est-à-dire 15 campagnes agricoles. Panigrahi *et al.* (2007) trouvent que ce délai de rentabilité est acceptable pour ce type d'infrastructure hydraulique. En effet, ces auteurs ont montré que les bassins de collecte des eaux de ruissellement étaient économiquement rentables en 16 campagnes agricoles. Les bassins construits sur des sols argileux ou latéritiques et argileux-limoneux ne nécessitent pas des coûts élevés d'investissement pour l'imperméabilisation. Par contre, les bassins construits sur des sols sableux-limoneux engendrent d'important investissements pour limiter l'infiltration afin de retenir l'eau pour l'irrigation. Ces investissements concernent l'achat du ciment et de la bâche pour imperméabiliser les parois et le fond. Pour faciliter l'adoption de l'irrigation de complément, il est nécessaire d'élaborer et mettre en œuvre une politique de subvention ou de crédit pour la construction des bassins. Cette politique devra s'intégrer dans la politique nationale de développement de l'agriculture irriguée (MAHRH, 2004).

## **6.6. CONCLUSION PARTIELLE**

L'évaluation agronomique des PE et PT a montré que la pratique de l'irrigation de complément permet d'accroître la productivité du maïs. L'écart de rendement entre les PE et PT est ainsi évalué à 0,75 T/ha au cours de la campagne 2012-2013, 1,45 T/ha en 2013-2014 et 0,98 T/ha en 2014-2015. Évalué en moyenne à 1,08 T/ha pour les trois campagnes agricoles, cet écart met en exergue l'impact positif de la pratique l'irrigation de complément sur la maïsiculture dans la mesure où elle a contribué à accroître les rendements. Le surplus de production de maïs obtenu avec cette pratique peut combler les besoins céréaliers mensuels d'au moins 17 personnes et dégager une MB supplémentaire de 178 483 F CFA comparativement à la situation sans irrigation. L'estimation de la VAN, du TIR et du DRI montre que la rentabilité de la pratique de l'irrigation de complément en 15 campagnes agricoles dépend du type de bassin construit. En somme, l'impact de la pratique de l'irrigation de complément sur les rendements du maïs et sa rentabilité sont connus. Il est nécessaire d'élaborer et mettre œuvre une politique de subvention ou de crédit pour la construction des bassins afin de faciliter l'adoption de l'irrigation de complément dans les exploitations agricoles du Burkina Faso. Cependant, les stratégies d'irrigation pour optimiser le revenu

agricole demeure un champ de recherche à explorer. Le chapitre 9 est consacré à cette problématique.



## **CHAPITRE 7. PERCEPTION ET EVALUATION ECONOMIQUE DE L'INFORMATION CLIMATIQUE**

### **7.1. INTRODUCTION**

De nombreuses études montrent que les informations climatiques (IC) sont de plus en plus intégrées dans les décisions des agriculteurs aux Etats-Unis (Fraisie *et al.*, 2006 ; Carberry *et al.*, 2002), au Mexique (Adams *et al.*, 2003), en Argentine (Podesta *et al.*, 2002), en Inde (Gadgil *et al.*, 2002), au Lesotho (Ziervogel *et al.*, 2005), en Australie (Hammer *et al.*, 2001), au Zimbabwe (Phillips *et al.*, 2002; Patt *et al.*, 2005) et en Afrique du sud (Klopper *et al.*, 2006). Ces informations leur permettent de mieux planifier la production agricole en fonction des aléas climatiques prévus. En revanche, les recherches sont rares dans les pays ouest-africains alors que les prévisions du PRESAO<sup>6</sup> y sont régulièrement diffusées depuis 1998. Les chercheurs se sont plutôt penchés sur la perception des changements climatiques (Ouédraogo *et al.*, 2010), les moyens endogènes de prévisions saisonnières et les besoins en IC des agriculteurs ( Ingram *et al.*, 2002; Tarhule et Lamb 2003; Roncoli *et al.*, 2008).

Le présent chapitre<sup>7</sup> s'intéresse ainsi à l'analyse de la perception des ménages des informations climatiques diffusées par le PRESAO via le service national de la météorologie et à l'identification des déterminants de leur valeur d'option. Il est basé sur deux hypothèses formulées. D'une part, nous supposons que la majorité des agriculteurs perçoit l'IC comme une stratégie probante d'adaptation à la variabilité et au changement climatiques. D'autre part, nous anticipons que la disposition des agriculteurs à payer pour l'IC dépend de leur capacité à prévoir la qualité de la saison des pluies à venir. Le consentement à payer (CAP) des ménages traduira l'intérêt qu'ils accordent à l'utilisation de l'IC pour la planification des activités agricoles.

### **7.2. PERCEPTION PAYSANNE DES PREVISIONS SAISONNIERES DIFFUSEES**

#### **7.2.1. Diffusion différenciée des prévisions saisonnières**

Le Tableau 52 montre qu'une minorité des ménages de l'échantillon (21,8%) a eu accès aux prévisions saisonnières de la précampagne agricole 2012-2013. Une asymétrie d'information

---

<sup>6</sup> Prévisions saisonnières en Afrique de l'Ouest

<sup>7</sup> Tiré de : **Zongo B**, Diarra A, Barbier B, Zorom M, Yacouba H and Dogot T., 2015. Farmers' Perception and Willingness to Pay Climate Information in Burkina Faso, *In Agriculture Science*, 8(1): 175-187.

existe cependant au sein et entre les zones climatiques ( $p < 0,001$ ). Les ménages de la province du Yatenga (40,5%) ont été mieux informés des prévisions climatiques par rapport à ceux des autres provinces. Ils représentent au moins le double de ceux des autres provinces. Malgré cette asymétrie, les sources d'information des ménages ne sont pas significativement différentes ( $p > 0,000$ ). Près de 65,9% des ménages qui ont eu accès aux prévisions saisonnières de la précampagne agricole 2012-2013 (21,8% de l'échantillon) se sont informés en écoutant la radio. Environ, 76% d'entre eux (21,8% de l'échantillon) ont tenu compte des prévisions saisonnières dans leurs décisions. Ils estiment qu'elles ont contribué à orienter leurs décisions en matière de planification et d'exécution des activités agricoles. Elles facilitent précisément le choix de l'assolement, des variétés de cultures et du type de sol pour la mise en place des cultures.

Tableau 52. Diffusion différenciée des prévisions saisonnières

Provinces	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		p-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	
Réception de l'information climatique											
Non	118	59,5	168	89,5	94	82,4	115	89	492	78,2	0,000
Oui	80	40,5	20	10,5	20	17,7	14	11	137	21,8	
Sources d'information											
Radio	47	58,7	18	90,0	17	82,4	10	67	90	65,9	0,104
Voisinage	33	41,3	2	10	4	17,7	5	33,3	47	34,2	
Prise en compte dans les décisions											
Non	18	22,4	7	33,3	6	27,8	4	25	33	24,2	0,874
Oui	62	77,7	13	66,7	15	72,2	11	75	104	75,8	

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

### 7.2.2. Identification des besoins en information climatique des ménages

Le Tableau 53 indique que la proportion (93%) des ménages favorables à l'utilisation de l'IC de précampagne agricole est similaire au sein et entre les zones climatiques ( $p > 0,05$ ). L'expression des besoins des ménages en IC montre qu'ils ont bien conscience des risques climatiques sur la production agricole (Tarhule et Lamb, 2003 ; Roncoli *et al.*, 2008). Leurs besoins en IC sont le début de l'hivernage (75%), la longueur de la saison des pluies (19,5%) et la fin de l'hivernage (5,5%). La radio constitue le canal privilégié pour la diffusion de l'IC selon 61% des ménages. L'ensemble des provinces est couvert par le rayon de diffusion de la radio nationale. Des stations radiophoniques sont également implantées dans certaines provinces (Bam et Yatenga). Selon 55,3% des ménages interrogés, le mois d'avril est la période indiquée pour la diffusion des informations climatiques. Ce mois correspond au

démarrage des activités agricoles pré-semis telles que la pratique du zaï et l'épandage de la fumure organique dans les champs.

Tableau 53. Besoins en information climatique des ménages

Provinces	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		p-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	
Besoins d'information climatique											0,451
Non	10	5,2	12	6,5	10	8,8	12	9,4	44	7,0	
Oui	188	94,8	176	93,5	104	91,2	117	90,6	585	93,0	
Types d'information climatique											0,000
Date d'hivernage	109	58,3	152	86,6	97	93,6	77	65,6	438	75,0	
Date de fin d'hivernage	4	2,0	4	2,1	4	4,3	33	28,1	32	5,5	
Durée de la saison	74	39,7	20	11,2	2	2,2	7	6,3	114	19,5	
Canaux de diffusion											0,000
Radio	99	52,8	133	75,4	42	40,9	86	73,4	357	61,0	
Multiples	89	47,2	43	24,6	61	59,1	31	26,6	228	39,0	
Période de diffusion											0,000
Avril	40	21,4	154	87,4	61	59,1	73	62,3	324	55,3	
Mai	116	62,0	22	12,6	42	40,9	42	36,1	225	38,5	
Juin	31	16,6	0	0	0	0	2	1,6	36	6,2	

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

### 7.2.3. Profil des agriculteurs potentiels utilisateurs de l'information climatique

Les caractéristiques des ménages intéressés à utiliser l'IC sont quasi-similaires ( $p > 0,001$ ) au sein et entre les zones agro-climatiques (Tableau 54). En effet, l'analyse révèle que les utilisateurs potentiels de l'IC sont plutôt les jeunes chefs de ménages (58%), les chefs de ménages mariés (93,9%) et les chefs de ménages instruits (60,3%). Ils ne représentent cependant qu'une minorité des ménages organisés en groupement (30,1%) et des ménages capables de prévoir le climat à partir des moyens endogènes (32,7%). Le sorgho (88,4%), le mil (84,6%) et le maïs (68,%) ont été les principales cultures pratiquées au cours de la campagne agricoles 2012-2013. La production de ces cultures constitue la base alimentaire des populations rurales (Janin, 2010a). La riziculture est peu pratiquée (7,4%), car les sols ne conviennent pas. Le revenu extra-agricole moyen est évalué à 169 027,4 F CFA. Contrairement aux caractéristiques précédentes, le test de Kruskal Wallis montre que le revenu de la production céréalière, estimé à 256 283,8 F CFA par ménage, est significativement différent au sein et entre les zones agro-climatiques ( $p < 0,001$ ).

Tableau 54. Profil des agriculteurs potentiels utilisateurs de l'information climatique

Province	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	
Age du chef de ménage											0,105
Jeune	95	50,8	126	71,5	64	62,0	52	44,3	339	58,0	
Agé	93	49,3	50	28,5	40	38,0	65	55,7	246	42,0	
Matrimoniale											0,667
non marié	8	4,0	17	9,6	2	2,2	9	7,6	36	6,2	
Marié	180	96,0	159	90,4	102	97,9	108	92,5	549	93,9	
Instruction											0,894
Non	113	60,3	90	51,3	65	62,4	87	74,5	353	60,3	
Oui	75	39,7	86	48,7	39	37,6	30	25,5	232	39,7	
Appartenance											0,176
Non	116	61,8	102	57,8	96	92,5	101	86,8	409	69,9	
Oui	72	38,2	74	42,3	8	7,5	15	13,2	176	30,1	
Prévision traditionnelle											0,173
Non	109	58,3	131	74,3	60	58,1	94	80,2	394	67,4	
Oui	79	41,7	45	25,7	44	41,9	23	19,8	191	32,7	
Culture maïs											0,362
Non	49	26,1	110	62,6	7	6,5	13	11,3	187	32,0	
Oui	139	73,9	66	37,4	97	93,6	104	88,7	398	68,0	
Culture mil											0,373
Non	1	0,5	22	12,3	2	2,2	71	60,4	90	15,4	
Oui	187	99,5	154	87,7	102	97,9	46	39,6	495	84,6	
Culture riz											0,334
Non	173	92,0	170	96,8	91	87,1	107	91,5	542	92,7	
Oui	15	8,0	6	3,2	13	12,9	10	8,5	43	7,4	
Culture sorgho											0,954
Non	48	25,6	6	3,2	0	0	1	10,4	68	11,6	
Oui	140	74,4	170	96,8	104	100	116	89,6	517	88,4	
	Effectif	Montant	Effectif	Montant	Effectif	Montant	Effectif	Montant	Effectif	Montant	P-value
Revenu (F CFA)	188	316959,3	188	288589,8	104	225401,6	117	119078,0	585	256283,8	0,000
Revextra (F CFA)	188	198992,0	188	247112,5	104	153719,3	117	76285,7	585	169027,4	0,214

\*1 € = 655,957 FCFA

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

### 7.3. EVALUATION PAYSANNE DE LA VALEUR D'OPTION DE L'INFORMATION CLIMATIQUE

#### 7.3.1. Consentement des ménages à payer pour l'information climatique

L'analyse montre que la majorité des ménages est prête à contribuer financièrement pour bénéficier de l'IC afin de réduire les risques climatiques sur la productivité agricole (Tableau 55). Environ 64% des ménages agricoles ont révélé un CAP strictement positif. Ces ménages acceptent de payer pour l'IC. Par contre près de 29% des ménages ont besoins de l'IC, mais ils ne sont pas prêts à payer. Seulement 7% des ménages ne veulent pas intégrer l'IC dans leur prise de décision en matière de production agricole. Ces comportements sont homogènes au sein et entre les zones climatiques ( $p > 0,000$ ). Le CAP moyen est estimé 546,34 F FCFA par ménage pour une campagne agricole. Le CAP médian montre que 50 % des ménages du Yatenga, Bam et Bazèga sont prêts à payer 200 F CFA pour bénéficier de l'IC contre 300 F CFA au Kadiogo. Bien qu'ils ne soient pas significativement différents au sein et entre les zones agro-climatiques ( $p > 0,000$ ), les CAP moyens et médians confirment néanmoins l'intérêt des ménages pour l'utilisation de l'IC.

Tableau 55. Consentement des ménages à payer pour l'information climatique

Province	Yatenga		Bam		Kadiogo		Bazèga		Echantillon total		P-value
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	
Besoin d'IC											0,316
Vrai zéro	10	5,2	12	6,5	10	8,8	12	9,4	44	7,0	
Faux zéro	67	33,8	50	26,5	27	23,5	35	27,3	180	28,6	
CAP > 0	121	61,0	126	67	77	67,7	82	63,3	405	64,4	
Valeurs centrales											
CAP moyen	188	659,05	176	525,5	104	450,8	117	463,25	585	546,34	0,137
CAP médian	188	200	176	200	104	300,0	117	300	585	200	0,235

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

Les vrais zéros estimés sont les CAP nuls déclarés par les ménages parce que leur productivité agricole ne sera pas améliorée même s'ils bénéficient de l'IC. Par contre, les faux zéros sont les CAP nuls déclarés par les ménages alors qu'ils ont besoin de l'IC pour guider leur prise de décisions afin de planifier la production agricole. D'après Terra (2005), lorsque la proportion de vrais zéros de l'échantillon est faible (seuil de 10 %), le modèle approprié pour l'analyse des déterminants de la valeur du CAP est celui de Heckman (1979). Dans le cas contraire, le

modèle de Tobin (1958) est indiqué. Il permet d'analyser les valorisations positives ( $CAP > 0$  et les vrais zéros).

Le modèle Heckman (1979) comporte deux étapes. Dans la première étape on calcule l'inverse du ratio de Mills pour chacune des observations à l'aide du modèle Probit qui permet de séparer la population en deux parties : l'une a des CAP nuls et l'autre des CAP positifs. La structure du modèle Probit représentant les décisions  $y_i^*$  possibles du ménage  $i$  d'adopter ou non l'IC est :

$$y_i^* = \sigma + \delta x_i + \varepsilon_i \quad (26)$$

$y_i = 1$  si le ménage a besoin de l'IC ( $CAP > 0$ ) et  $y_i = 0$  sinon ( $CAP = 0$ ) avec  $\sigma$  la constante,  $\delta$  le vecteur des paramètres à estimer,  $x_i$  les variables explicatives et  $\varepsilon_i$  le terme d'erreur. Le Tableau 56 illustre les hypothèses assignées à chacune des variables explicatives. L'estimation du modèle Probit par le maximum de vraisemblance permet d'obtenir une estimation des coefficients  $\delta$  ainsi que l'inverse du ratio de Mills ( $\hat{\lambda}_i$ ).

$$\hat{\lambda}_i = \frac{\phi(\sigma + \delta x_i)}{\varphi(\sigma + \delta x_i)} \quad (27)$$

Où  $\varphi$  est la fonction de densité pour une variable normale standard et  $\phi$  la fonction de distribution cumulative d'une distribution normale standard.

La deuxième étape consiste à effectuer une régression sur les  $CAP > 0$  avec les différentes variables explicatives  $w_i$  et avec l'inverse du ratio de Mills.

$$CAP (y_i = 1) = \gamma + \beta \lambda_i + \beta' w_i + \mu_i \quad (28)$$

Où  $\gamma$  est la constante,  $\beta$  et  $\beta'$  sont les vecteurs de paramètres et  $\mu_i$  le terme d'erreur. L'estimation du modèle de régression est faite à partir de la méthode des moindres carrés ordinaires.

Le modèle Tobit traite les CAP positifs et les vrais zéros en excluant les faux zéros. Les vrais zéros (valeurs nulles) du CAP sont considérés comme des variables censurées. L'équation du modèle est :

$$CAP_i^* = \alpha x_i + \mu_i \quad (29)$$

$$CAP_i = CAP_i^* \text{ si } CAP_i^* > 0 \text{ et } CAP = 0 \text{ si } CAP_i^* \leq 0 \quad (30)$$

où  $x_i$  représentent les variables explicatives,  $\alpha$  le vecteur de paramètres à estimer et  $\mu_i$  le terme de l'erreur normalement distribué  $[0, \sigma^2]$ . L'estimation du modèle est faite par la maximisation du logarithme de la fonction de vraisemblance donnée par l'équation :

$$L(\beta, \sigma) = \prod_{\text{CAP}_i > 0} \frac{1}{\sigma} \varphi\left(\frac{y_i - \alpha x_i}{\sigma}\right) \prod_{\text{CAP}_i > 0} \Phi\left(-\frac{\alpha x_i}{\sigma}\right) \quad (31)$$

où  $\phi$  est la fonction de densité de probabilité et  $\varphi$  la fonction de probabilité cumulée d'une distribution normale.

Tableau 56. Variables explicatives du besoin en IC des ménages et de leur CAP

Variables	Description et justification du choix des variables	Signes attendus
Age du chef de ménage	Variable binaire qui renseigne sur l'âge du chef de ménage. Elle prend la valeur 1 si le chef de ménage est jeune (âge < 45 ans) et 0 sinon. Les jeunes agriculteurs ont plus accès aux informations comparativement aux vieux agriculteurs (Diederer <i>et al.</i> , 2003). Etant mieux informés, ils devraient avoir plus besoins de l'IC par rapport aux vieux.	+
Matrimoniale	Variable binaire indiquant le statut matrimonial du chef de ménage. Elle est assimilée à la valeur 1 si le chef de ménage est marié et 0 sinon. Contrairement aux non mariés, les chefs de ménage mariés sont supposés avoir plus besoin des IC et contribuer financièrement pour en bénéficier au regard de leur responsabilité familiale (INSD, 2010).	+
Instruction	Variable binaire qui désigne l'instruction du chef de ménage. Lorsque le chef de ménage est instruit la variable est codée 1 et 0 dans le cas contraire. L'instruction des agriculteurs favorise l'adoption des innovations agricoles (He <i>et al.</i> , 2007). Les chefs de ménages instruits sont ainsi supposés plus enclins à utiliser et disposer à payer pour l'IC par rapport aux non instruits.	+
Appartenance groupement	Variable binaire qui traduit l'organisation des ménages. Elle est assimilée à 1 pour un ménage appartenant à une organisation paysanne (OP) et 0 sinon. Les ménages appartenant aux OP et ceux non organisés devront tous avoir des IC. Les ménages agricoles organisés adoptent plus facilement les innovations agricoles (Neupane <i>et al.</i> , 2002).	+/-
Prévision traditionnelle	Variable binaire codée 1 si le ménage est capable de prévoir le climat à partir des moyens endogènes et 0 sinon. Tous les producteurs devraient avoir besoin des IC de précampagne agricole. Leurs décisions sont supposées indépendantes des prévisions climatiques à partir des moyens endogènes.	+/-
Information climatique	Variable binaire prenant la valeur 1 si le ménage a déjà reçu des informations climatiques de précampagne agricole et 0 dans le cas contraire. Le besoin des ménages agricoles en IC est supposé indépendant de leur réception des prévisions climatiques de l'année précédente.	+/-
Diffusion par la radio	Variable binaire qui renseigne sur le choix du ménage agricole de la radio comme moyen de diffusion de l'IC. Elle prend la valeur 1 si le ménage opte pour une diffusion de l'IC à travers la radio et 0 s'il opte un autre moyen de diffusion (atelier, formation, message téléphonique, etc.). Le choix de la radio devrait négativement affecter la demande et la valeur du CAP des ménages pour l'utilisation de l'IC. D'une façon générale, les ménages reçoivent gratuitement les informations radiophoniques.	+
Début d'hivernage	Variable binaire codé 1 si le ménage a besoin de la date de démarrage des pluies et 0 dans le cas contraire. Le démarrage des pluies marque le début des semis (Balme <i>et al.</i> , 2005). Des renseignements sur la période de démarrage des pluies sont supposés inciter les ménages à vouloir et payer pour l'IC.	+
Fin de l'hivernage	Variable binaire codée 1 si le ménage a besoin de la date de fin de l'hivernage et 0 dans le cas contraire. Des renseignements concernant le démarrage sont supposés inciter les ménages à vouloir l'IC puisqu'ils indiquent le début des récoltes (Balme <i>et al.</i> , 2005).	+
Durée de l'hivernage	Variable binaire codée 1 si le ménage a besoin de la date de démarrage des pluies marquant le début des semis et 0 dans le cas contraire. Des informations concernant la fin de l'hivernage sont supposées inciter les ménages à vouloir et payer pour l'IC. Elles guident leur prise de décision pour le choix des variétés de cultures en fonction de leur cycle (Balme <i>et al.</i> , 2005).	+
Culture maïs	Variable binaire codée 1 si le ménage envisage cultiver le maïs et 0 sinon. Le choix de la culture du maïs devrait inciter le ménage à avoir besoin de l'IC et à payer pour la recevoir puisque la production contribue significativement à assurer leur besoin céréalier (MAH, 2012).	+
Culture mil	Variable binaire codé 1 si le ménage envisage cultiver le mil et 0 sinon. La production du mil contribue significativement à satisfaire le besoin céréalier des ménages (MAH, 2012). La culture du mil devrait inciter les ménages à avoir besoin de l'IC et à payer pour la recevoir.	+
Culture riz	Variable binaire codé 1 si le ménage envisage cultiver le riz et 0 sinon. Le choix de la culture du riz devrait inciter le ménage à avoir besoin de l'IC et à payer pour la recevoir puisque la production contribue à assurer leur base alimentaire (MAH, 2012).	+
Culture sorgho	Variable binaire codée 1 si le ménage envisage de cultiver le mil et 0 sinon. La production du mil contribue significativement à satisfaire le besoin céréalier des ménages (MAH, 2012). La culture du mil devrait inciter les ménages à avoir besoin de l'IC et à payer pour la recevoir.	+
Revenu	Variable continue indiquant le revenu de l'ensemble de la production céréalière (maïs, mil, sorgho, riz). La production céréalière est essentiellement destinée à la consommation alimentaire des ménages. Elle est rarement vendue puisqu'elle ne couvre généralement pas leurs besoins céréaliers. Les ménages seront ainsi intéressés à utiliser l'IC, mais ils seront réticents à vendre la production pour en payer.	+/-
Revextra	Variable continue indiquant le revenu généré par les activités extra-agricoles des ménages. Contrairement, au revenu de la production céréalière, l'effet attendu du revenu extra-agricole devrait être positif (Alavalapati <i>et al.</i> , 1995).	

Source : Auteur à partir de la littérature

### **7.3.2. Facteurs affectant de la valeur d'option des ménages pour l'information climatique**

Le modèle Heckman (1979) a été utilisé pour analyser les déterminants du CAP des ménages puisque la proportion des faux zéros est supérieure à celle des vrais zéros. Le chi-2 (Prob > chi-2 =0,000) montre que le modèle est statistiquement valide au seuil de 1%. L'inverse du ratio de Mill indique que la valeur du CAP des ménages est liée à leurs décisions d'utilisation ou non des IC au seuil de 10%. Les résultats révèlent une distinction entre les déterminants des besoins en IC et de la valeur du CAP des ménages (Tableau 57). Les variables affectant significativement la demande des ménages en IC sont : l'âge du chef de ménage, le niveau d'alphabétisation du chef de ménage, la situation matrimoniale du chef de ménage, mais aussi la pratique de la culture du maïs et du sorgho ainsi que la valeur ajoutée de la production céréalière. La capacité des ménages à prévoir le climat, l'utilisation de la radio comme moyen de diffusion, la sensibilisation des ménages aux prévisions précédentes, le début du démarrage des pluies constituent les déterminants de la valeur du CAP des ménages agricoles pour bénéficier de l'IC.

L'instruction des chefs de ménages favorise significativement la demande en IC des ménages au seuil de 5%. Elle accroît l'aptitude des chefs de ménages à comprendre la nécessité de l'utilisation des IC dans l'orientation de leur prise de décisions en matière de production agricole face aux changements climatiques. Le mariage a également une incidence significative sur l'utilisation de l'IC par les ménages au seuil de 5%. Il accroît la taille des ménages tout en augmentant leurs besoins céréaliers à travers le nombre de mariées et les naissances annuelles. Cette augmentation des besoins céréaliers incite ainsi les chefs de ménages mariés à vouloir l'IC afin de mieux organiser la production céréalière. La jeunesse des chefs de ménage (âge < 45 ans) affectent cependant négativement la demande de l'IC au seuil de 10%. En effet, les jeunes chefs de ménages se montrent désintéressés à utiliser les IC. Le regroupement des agriculteurs facilite leur accès aux prévisions saisons vulgarisées par les services agricoles. Les échanges entre agriculteurs organisés en groupement leur permettent de mieux comprendre les enjeux liés aux effets des changements climatiques dans le secteur agricole. La culture du maïs et du sorgho affecte positivement la demande en IC des ménages au seuil de significativité de 10%. Les ménages estiment que le maïs est très sensible aux séquences sèches comparativement aux autres céréales. Cette raison justifie la demande de l'IC afin de planifier sa production. L'analyse montre cependant que le revenu de la

production céréalière affecte négativement la demande en IC des ménages. Les ménages se montrent réticents à injecter leur revenu céréalier dans les dépenses d'obtention de l'IC. La production céréalière est exclusivement destinée à la consommation alimentaire des ménages. Les ménages vendent rarement la production céréalière puisqu'elles ne couvrent généralement pas leur besoin alimentaire. Contrairement au revenu céréalier, le revenu extra-agricole influe positivement la demande en IC des ménages. Les ménages consentent payer pour bénéficier de l'IC à partir des revenus générés par les activités telles l'orpaillage, le commerce, la maçonnerie.

La diffusion des prévisions climatiques des pluies de la campagne 2012-2013 auprès des ménages a une incidence positive sur la valeur de leur CAP pour l'IC. Les producteurs estiment que les prévisions ont guidé leurs décisions lors de la planification des activités agricoles. L'utilisation de la radio comme moyen de vulgarisation des IC affecte négativement la valeur du CAP des ménages. En effet, les ménages estiment que les IC doivent être gratuites si toutefois elles sont diffusées par voie radiophonique. De ce fait, ils ne sont pas prêts à dépenser pour en bénéficier. Ils préfèrent dépenser pour recevoir les IC par d'autres moyens de communication tels que le téléphone et les services agricoles. La diffusion de la prévision des dates de démarrage des pluies aux ménages agit négativement sur la valeur de leur CAP pour l'IC au seuil de 10%. Certes, la prévision des dates du démarrage des pluies permet aux ménages de planifier les semis. Cependant, ils ne sont pas prêts à payer pour bénéficier seulement des dates de démarrage des pluies. Ils veulent plutôt payer pour bénéficier du paquet de l'IC constitué des dates de démarrage des pluies, de la durée de la saison ainsi de la fin de la saison.

Tableau 57. Facteurs affectant les décisions des ménages à utiliser l'IC et leur CAP

Variables	Modèle Probit obtenu en 1 <sup>ère</sup> étape (besoin d'information climatique)			Modèle de régression obtenu en 2 <sup>ème</sup> étape (valeur du CAP pour l'information climatique)		
	Coefficients	Ecart-type	P-value	Coefficients	Ecart-type	P-value
Age du chef de ménage*	-0,224	0,116	0,053	110,7271	113,598	0,330
Matrimoniale**	0,563	0,225	0,012			
Instruction**	0,355	0,121	0,003			
Appartenance groupement*	0,230	0,126	0,069			
Prévision traditionnelle*	-0,176	0,121	0,145	222,0637	116,388	0,056
Information climatique*				204,972	122,249	0,094
Diffusion par la radio**				-317,006	105,385	0,003
Début d'hivernage**				-307,142	136,304	0,024
Fin de l'hivernage				-343,234	222,852	0,124
Durée de l'hivernage						
Culture maïs**	0,294	0,122	0,016			
Culture mil	0,141	0,165	0,393			
Culture riz	-0,282	0,214	0,187			
Culture sorgho**	0,359	0,174	0,039			
Revenu**	-5,91E-07	1,88E-07	0,002	-10,4 E-05	19,24 E-05	0,589
Revextra**	3,79 E-07	2,04E-07	0,047	-6,48 E-05	11,82 E-05	0,584
Constante	-0,563	0,319	0,078	1445,125	207,295	0,000
Ratio de Mills	-555,371	313,846	0,077			
Rho	-0,526					
Sigma	1056,175					

Nombre total d'observations=573 ; Observations non censurées=388 observations censurées=185 ;  
Wald chi2(6)= 23,197 ; Prob> chi2= 0,000

\* : significatif au seuil de 10%, \*\* : significatif au seuil de 5%, \*\*\* : significatif au seuil de 1%

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014

#### 7.4. DISCUSSION SUR LA PERCEPTION ET L'ÉVALUATION DE L'INFORMATION CLIMATIQUE

Les résultats de l'analyse montrent que l'information climatique est asymétriquement diffusée auprès d'une minorité des ménages agricoles dans les différentes provinces des zones sahélienne et soudano-sahélienne du Burkina Faso. Cette asymétrie d'information révélée pourrait dériver de la présence d'ONGs expérimentant la mise en œuvre de l'IC auprès de certains producteurs agricoles dans la province du Yatenga. Ces résultats sont conformes aux conclusions de Churi et al. (2012) qui rapportent qu'une asymétrie d'information climatique existe au sein des agriculteurs des villages de la région semi-aride de la Tanzanie.

Les ménages agricoles ayant accès à l'IC ont indiqué que la radio a été la principale source d'information. Ce constat montre que la radio constitue le moyen privilégié pour la diffusion des IC auprès des agriculteurs. Res *et al.* (2006) comme Tarhule et Lamb (2003) ont trouvé

également que la radio constitue un moyen efficace de vulgarisation des prévisions climatiques saisonnière auprès des agriculteurs.

S'il est vrai que l'IC est faiblement diffusée, la plupart des ménages agricoles souhaite l'utiliser pour planifier la conduite des activités culturales. Pour eux, une information sur le début de l'hivernage permet de mieux planifier les semis. La forte sensibilité des semis au risque de sécheresse justifie le choix du début de l'hivernage par la majorité des ménages. D'après Marteau *et al.* (2011), au Niger près d'un quart des semis de mil des agriculteurs échouent en raison du mauvais démarrage des pluies. Par ailleurs, la longueur de la saison des pluies et la fin de l'hivernage facilitent le choix des variétés de cultures à emblaver en fonction de la durée du cycle. L'expression des besoins des ménages en IC montre qu'ils ont bien conscience des risques climatiques sur la production agricole (Tarhule et Lamb 2003 ; Roncoli *et al.*, 2008). Cependant, les perceptions différenciées des ménages des changements de précipitation expliquent la disparité de leurs besoins en IC au sein et entre les zones agro-climatiques. La baisse des précipitations est perçue par 28,2 % des agriculteurs en zone sahélienne et 45,6 % en zone soudano-sahélienne (Ouédraogo *et al.*, 2010).

Plusieurs facteurs déterminent la demande des ménages agricoles en IC. L'instruction permet aux chefs de ménages de comprendre la nécessité de l'utilisation des IC dans l'orientation de leur prise de décisions en matière de production agricole face aux changements climatiques. L'effet de l'instruction sur l'utilisation de l'IC est similaire à celui observé par Lybbert *et al.* (2007) au Kenya et en Ethiopie. Le mariage accroît la taille des ménages tout en augmentant leurs besoins céréaliers à travers le nombre de mariées et les naissances annuelles (INSD, 2009). Cette augmentation des besoins céréaliers incite ainsi les chefs de ménages mariés à vouloir l'IC afin de mieux organiser la production céréalrière. Le regroupement des agriculteurs facilite leur accès aux prévisions saisons vulgarisées par les services agricoles. Selon Tarhule et Lamb (2003), les échanges entre agriculteurs organisés en groupement leur permettent de mieux comprendre les enjeux liés aux effets des changements climatiques dans le secteur agricole. Par ailleurs, l'appartenance d'un ménage à un groupement agit favorablement sur l'utilisation de l'IC. L'organisation des agriculteurs facilite leur accès aux IC vulgarisées par les services agricoles. Les jeunes chefs de ménages (âge < 45 ans) se montrent cependant désintéressés à utiliser les IC et d'une manière générale par l'agriculture. Ils sont de plus en plus orienter vers les activités extra-agricoles qui semblent leur procurer des

revenus monétaires importants (Thune, 2011). Certains optent pour l'exode rural en espérant obtenir un emploi plus rémunérateur que l'agriculture (Bauchemin, 1998). Les ménages estiment que le maïs est très sensible aux poches de sécheresse comparativement aux autres céréales. Cette raison justifie la demande de l'IC afin de planifier sa production. La forte contribution de la production de sorgho au besoin céréalier des ménages expliquent son impact positif sur l'IC (MAH, 2012). L'analyse montre cependant que le revenu de la production céréalière affecte négativement la demande en IC des ménages. Les ménages se montrent réticent à injecter leur revenu céréalier dans les dépenses d'obtention de l'IC. La production céréalière est exclusivement destinée à la consommation alimentaire des ménages. Les ménages vendent rarement la production céréalière puisqu'elles ne couvrent généralement leur besoin alimentaire (Janin, 2010b). Contrairement au revenu céréalier, le revenu extra-agricole influe positivement la demande en IC des ménages. Les ménages estiment payer pour bénéficier de l'IC à partir des revenus générés par les activités telles l'orpailage, le commerce, la maçonnerie.

Pour montrer l'intérêt qu'ils accordent à l'utilisation de l'IC, les ménages sont prêts à payer 546,34 F FCFA. Le CAP médian montre que 50 % d'entre eux consentent à payer 200 FCFA. Hanemann (1984) conseille d'utiliser le CAP médian pour mesurer le bien-être économique, car le CAP moyen peut être très sensible à de faibles changements de la distribution du CAP, tandis que la médiane se révèle beaucoup plus robuste face à ces effets. L'analyse montre que la capacité des ménages à prévoir le climat, l'utilisation de la radio comme moyen de diffusion, la sensibilisation des ménages aux prévisions précédentes, le début du démarrage des pluies constituent les déterminants de la valeur du CAP.

La diffusion des prévisions climatiques des pluies de la campagne agricole 2012-2013 auprès des ménages a eu une incidence positive sur la valeur de leur CAP pour l'IC. Les producteurs estiment que les prévisions ont guidé leurs décisions lors de la planification des activités agricoles. Ces raisons justifient la valeur accordée à l'IC à travers leur CAP. L'utilisation de la radio comme moyen de vulgarisation des IC affecte négativement la valeur du CAP des ménages. En effet, les ménages estiment que les IC doivent être gratuites si toutefois elles sont diffusées par voie radiophonique (Lybbert *et al.*, 2007). De ce fait, ils ne sont pas prêts à dépenser pour en bénéficier. Ils préfèrent dépenser pour recevoir les IC par d'autres moyens

de communication tels que le téléphone et les services agricoles (Aker, 2011). La diffusion de la prévision des dates de démarrage des pluies aux ménages agit négativement sur la valeur de leur CAP pour l'IC au seuil de 10%. Certes, la prévision des dates du démarrage des pluies permet aux ménages de planifier les semis. Cependant, ils ne sont pas prêts à payer pour bénéficier seulement des dates de démarrage des pluies. Ils veulent plutôt payer pour bénéficier du paquet de l'IC constitué des dates de démarrage des pluies, de la durée de la saison pluvieuse ainsi de la fin des pluies (Ingram *et al.*, 2002).

## **7.5. CONCLUSION PARTIELLE**

Cette étude a permis de mettre en relief les perceptions et la valeur d'option de l'IC des ménages dans les zones sahélienne et soudano-sahélienne du Burkina Faso. Elle montre que l'IC est asymétriquement diffusée auprès d'une minorité (21,78%) des ménages échantillonnés. Ces ménages estiment que l'IC a guidé leur prise de décision en matière de production agricole. L'analyse révèle que la majorité (93%) des ménages a besoin de l'IC pour orienter leur prise de décisions pour la planification des activités agricoles. Les déterminants de la demande en IC sont l'âge du chef de ménage, le niveau d'alphabétisation du chef de ménage, la situation matrimoniale du chef de ménage, la pratique de la culture du maïs et du sorgho, mais aussi la valeur ajoutée de la production céréalière. La valeur d'option démontre l'intérêt accordé par les ménages à l'utilisation de l'IC. Près de 64% des ménages consentent payer en moyenne 546,34 F CFA pour en bénéficier. La valeur du consentement à payer est déterminée par la capacité des ménages à prévoir le climat, l'utilisation de la radio comme moyen de diffusion, la sensibilisation des ménages aux prévisions précédentes et le début du démarrage des pluies. S'il est vrai que les ménages estiment tirer profit de l'utilisation de l'IC, force est de constater que sa contribution à la production et au revenu agricole demeure un champ de recherche à explorer. Il est ainsi nécessaire de l'expérimenter dans les exploitations agricoles individuelles pour évaluer sa contribution à la production des différentes cultures et besoin céréalier des ménages.

## **CHAPITRE 8. MISE EN ŒUVRE DES PREVISIONS SAISONNIERES TRADITIONNELLES ET DE L'INFORMATION CLIMATIQUE**

### **8.1. INTRODUCTION**

Le chapitre précédent a montré que la plupart des ménages (93%) a besoin de l'information climatique (IC) pour guider leur prise de décision en matière de production agricole pluviale. Leur besoin en IC sont notamment la durée des séquences sèches, la fin de la saison d'hivernage et surtout le démarrage de la saison des pluies marquant le début des semis. Pourtant, entre les prévisions saisonnières traditionnelles et l'IC, il n'a été prouvé que l'une soit plus fiable que l'autre. Ce chapitre est consacré l'évaluation de l'expérimentation des prévisions traditionnelles et de l'IC sur la production de maïs et sorgho dans la province du Bam en zone sahélienne. Cette évaluation consiste à comparer les dates de semis, les rendements et la contribution au besoin céréalier des parcelles expérimentales (PE) à ceux des parcelles témoins (PT). En rappel, un échantillon de 70 agriculteurs a été sélectionné pour conduire les expérimentations (Tableau 2). Les variétés de maïs *Barka* et de sorgho *Kapelga* ont été expérimentées respectivement par 30 et 40 agriculteurs. Compte tenu de la disponibilité en superficie des exploitations agricoles, 0,10 ha a été alloué à chacune des parcelles d'expérimentation (PT et PE) de la variété de maïs *Barka*. Pour la variété de sorgho *Kapelga*, les PT et PE ont été conduites sur des superficies de 0,15 ha chacune. Par ailleurs, l'intérêt de l'utilisation de l'IC a été analysé pour la prise de décisions paysannes en matière de planification des activités agricoles. Il s'agit notamment du choix des variétés de cultures et de la taille de la superficie selon que l'année soit sèche, normale ou humide en termes de pluviosité.

### **8.2. MISE EN ŒUVRE DES PREVISIONS SAISONNIERES TRADITIONNELLES ET DE L'INFORMATION CLIMATIQUE POUR LA PRODUCTION DE MAÏS**

#### **8.2.1. Comparaison des dates de semis du maïs**

Au cours de la campagne agricole 2013-2014, les dates de semis du maïs ont été du 27 Juin au 05 Juillet 2013 sur les PE et du 24 Juin au 05 Juillet 2013 sur les PT (Figure 20). Comparativement aux PE, les semis ont été précoces sur les PT. En effet, les producteurs

agricoles ont commencé les semis sur les PT à partir du 24 juin alors qu'il fallait attendre jusqu'au 27 juin pour semer les PE. A l'exception de ces deux dates, les périodes de semis ont été identiques sur les PT et PE du 28 au 05 juin. Près de 83,3% des agriculteurs ont semé les PT et les PE à la même période. La majorité des PE (51%) et des PT (41%) a été semé le 29 juin. Des semis n'ont été effectués durant la période du 29 au 30 juin sur les deux types de parcelles. Bien que les semis soient conduits à la même période, l'on note des taux de semis journaliers qui sont différents sur les deux types de parcelles. Cette différence met en exergue la nuance entre les dates de semis initiées à partir des prévisions traditionnelles et celles générées par le modèle climatique pour la campagne agricole 2013-2014.

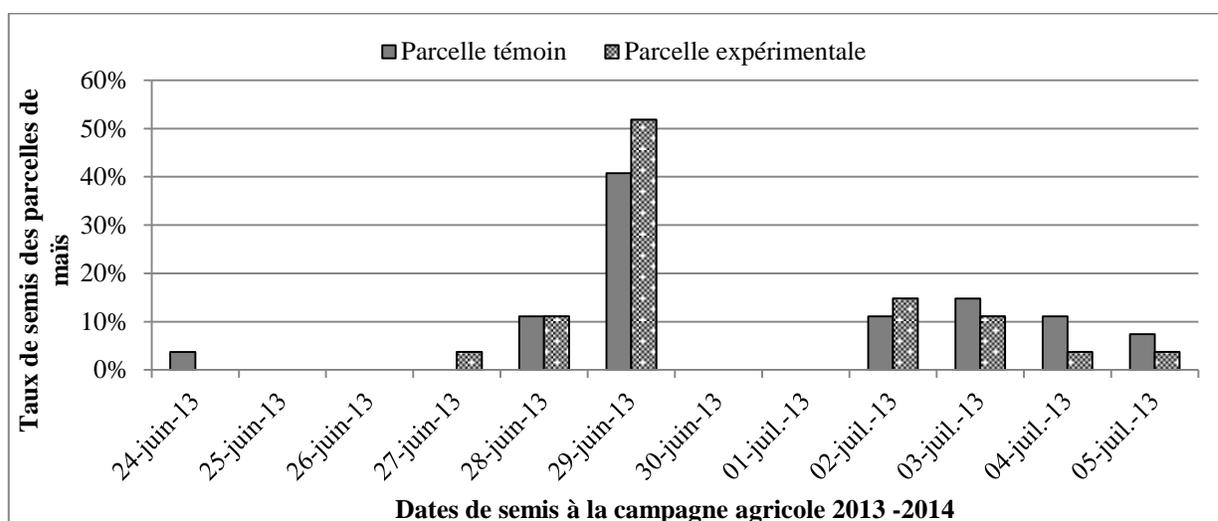


Figure 20. Dates de semis des parcelles d'expérimentation de la production de maïs à la campagne agricole 2013-2014.

Source : Auteur, à partir des données d'expérimentation 2013-2014

La Figure 21 indique les dates de semis des parcelles d'expérimentation de la campagne agricole 2014-2015. Ces dates ont été du 29 juin au 02 juillet sur les PE et du 03 juin au 03 juillet sur les PT. A l'image de la campagne 2013-2014, les dates de semis ont été plus précoces sur les PT que sur les PE. L'analyse révèle que 92,3% des dates de semis sur les PE ont précédé celles des PT. Seulement 7,7% des dates sont identiques. Les dates des PT ont été discontinues. Aucun semi n'a été effectué entre le 06 juin et le 17 juin. Cette discontinuité est liée à l'avènement d'une poche de sécheresse de 11 jours.

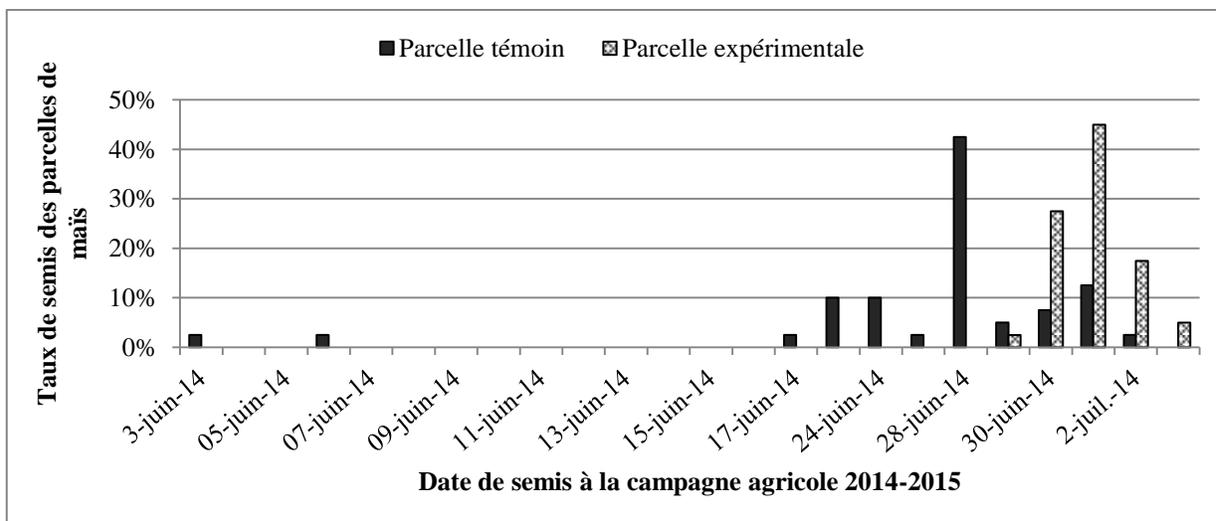


Figure 21. Dates de semis des parcelles d'expérimentation de la production de maïs à la campagne agricole 2014-2015

Source : Auteur, à partir des données d'expérimentation 2014-2015

### 8.2.2. Comparaison des rendements du maïs et implication en termes de besoins céréaliers

Les rendements grains obtenus, à l'issue de la campagne agricole 2013-2014, varient entre 980,40 kg/ha et 1932,09 kg/ha sur les PE alors que ceux des PT oscillent de 0 à 1712,19 kg/ha (Figure 22). Les semis du 03 juillet et 05 juillet ont fourni les rendements les plus élevés respectivement sur les PE (1932,09 kg/ha) et les PT (1712,19 kg/ha). La date optimale de semis du maïs est ainsi assimilée au 03 juillet sur les PE et au 05 juillet sur les PT.

Le rendement moyen est évalué à 1380,87 kg/ha sur les PE et 1371,03 kg/ha sur les PT. De ce qui précède, l'utilisation de l'IC permet d'accroître le rendement du maïs d'environ 10 kg/ha comparativement aux prévisions traditionnelles (Figure 23). Les analyses statistiques ne montrent aucune différence significative entre les rendements des PT et PE au seuil de 5% ( $t = 0,975$ ;  $p = 0,338$ ). Toutefois, le surplus de rendement (10 kg/ha) obtenu sur les PE est important pour les ménages agricoles en termes de besoins céréaliers. En effet il permet de couvrir le besoins céréaliers journaliers de 19 personnes dans la zone d'étude, sachant que la consommation en céréales d'un individu est évaluée à 0,53 kg par jour. Dans la zone d'étude, il pourrait assurer les besoins céréaliers du ménage moyen constitué de dix membres pendant environ deux jours (cf. Tableau 8).

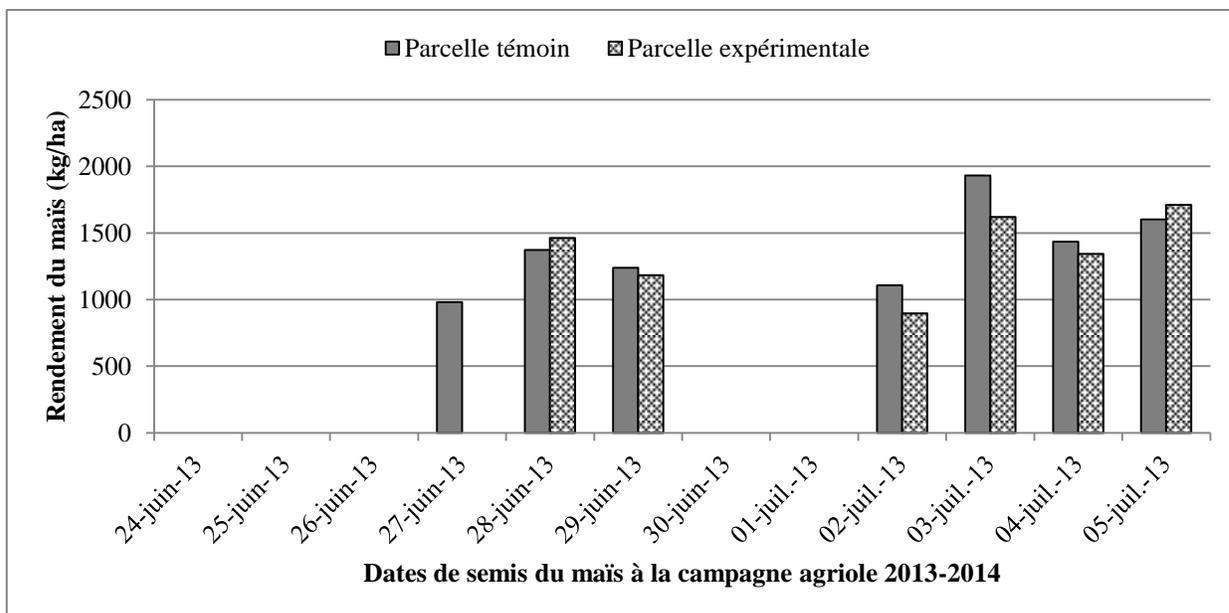


Figure 22. Comparaison des rendements grains des parcelles d'expérimentation de la production de maïs à la campagne 2013-2014

Source : Auteur, à partir des données d'expérimentation 2013-2014

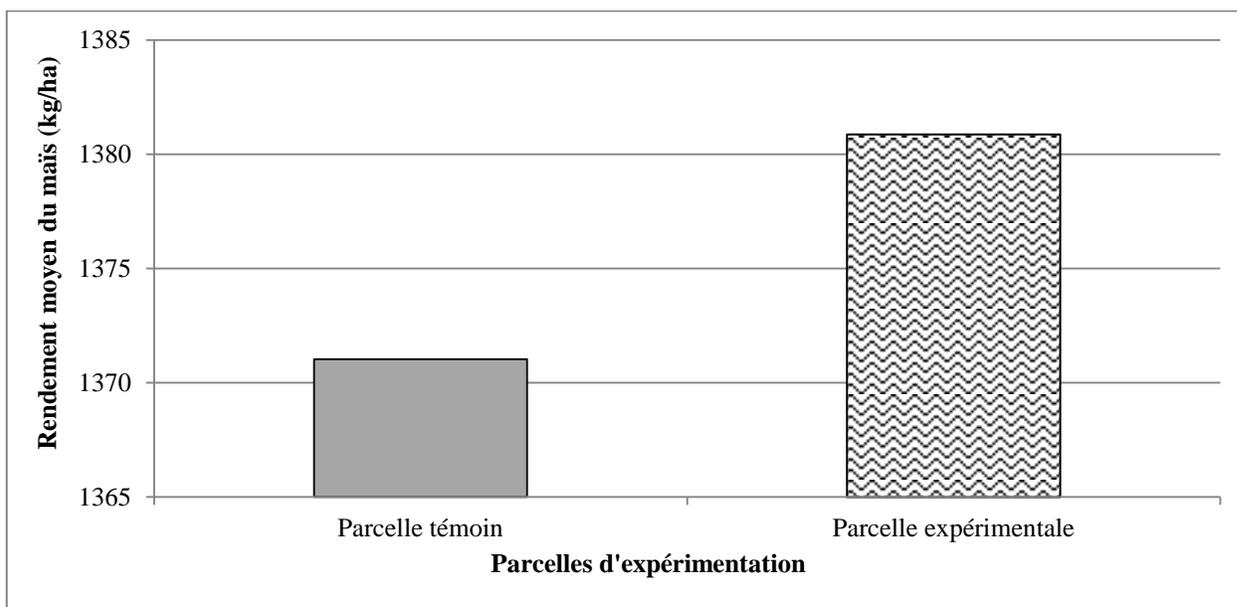


Figure 23. Comparaison des rendements moyens des parcelles d'expérimentation du maïs de la campagne agricole 2013-2014

Source : Auteur, à partir des données d'expérimentation 2014-2015

En ce qui concerne la campagne agricole 2014-2015, les rendements des PE et PT sont été respectivement de 638 à 2469 kg/ha et 513 à 3594 kg/ha (Figure 24). L'on remarque aussi que

les rendements minimum et maximum sont observés sur les PT. Le rendement le plus élevé est contacté à la date de semis du 17 juin sur les PT et du 1<sup>er</sup> juillet sur les PE.

Le rendement moyen obtenu est évalué à 2177,4 kg/ha sur les PE et 1886,8 kg/ha sur les PT (Figure 25). L'écart entre les rendements des PE et PT est égale à 290 kg/ha. Cela montre que les dates de semis à partir de l'IC a permis d'accroître le rendement du maïs au terme de la campagne agricole 2014-2015, mais en termes statistique, cet accroissement n'est pas significatif ( $t = 1,280$ ;  $p = 0,208$ ). Néanmoins, le surplus de rendement (290 kg/ha) permet de combler les besoins céréaliers journaliers de 548 personnes, soit 18 personnes par mois dans la zone d'étude. Il peut assurer les besoins céréaliers du ménage moyen (10 membres) pendant au moins 55 jours (cf. Tableau 8) Ce constat est important pour les ménages agricoles dans la mesure la satisfaction des besoins céréaliers reste un défi quotidien surtout en zone sahélienne.

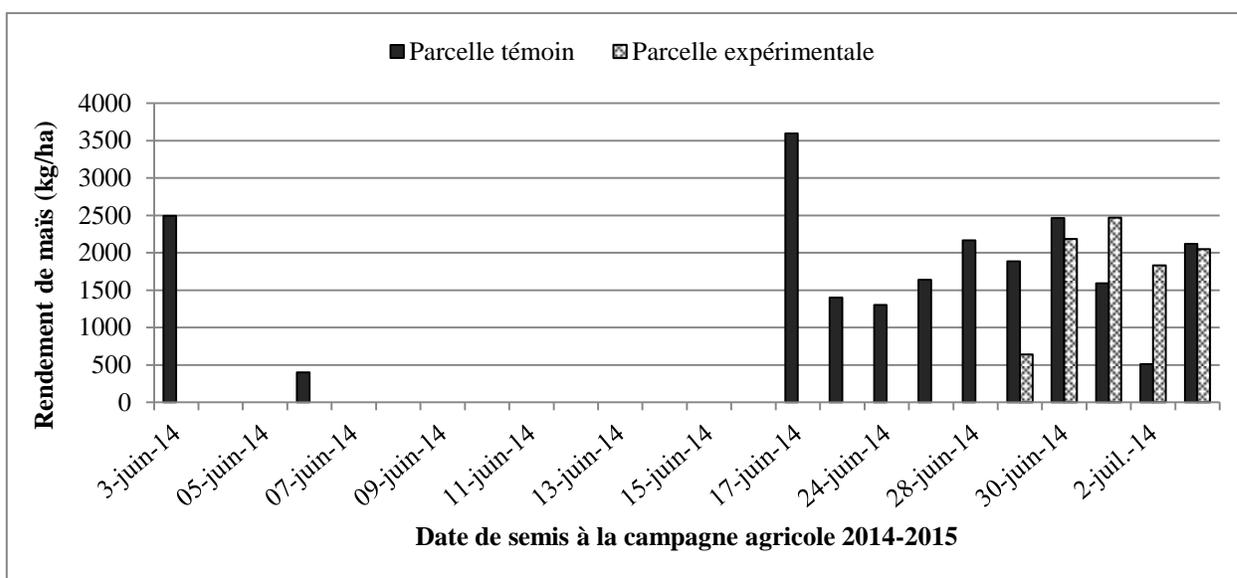


Figure 24. Comparaison des rendements grains des parcelles d'expérimentation de la production de maïs à la campagne 2014-2015

Source : Auteur, à partir des données d'expérimentation 2014-2015

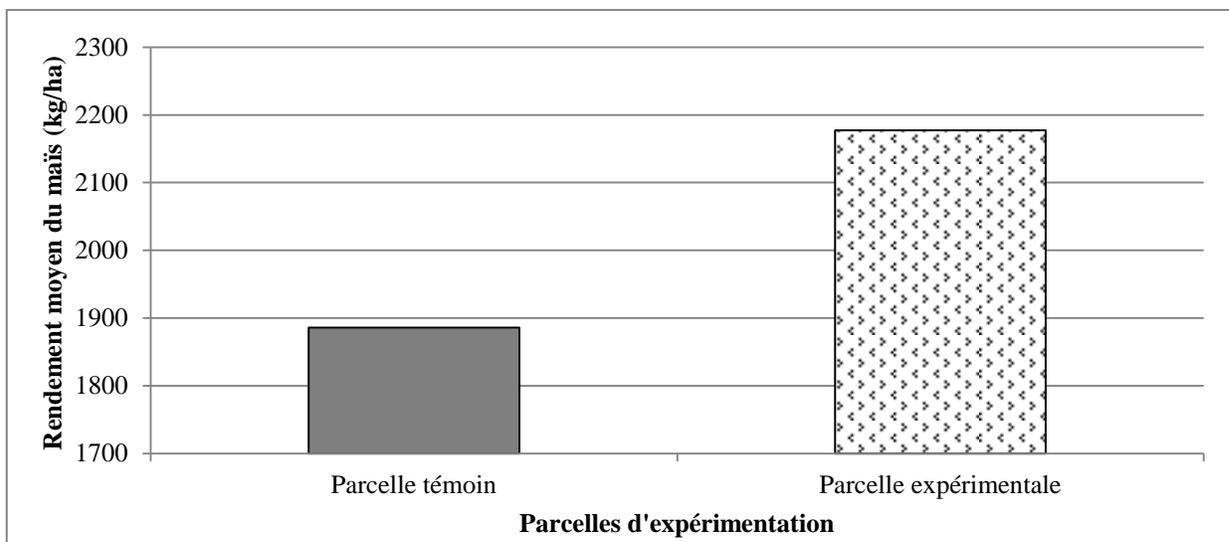


Figure 25. Comparaison des rendements moyens des parcelles d'expérimentation du maïs de la campagne agricole 2014-2015

Source : Auteur, à partir des données d'expérimentation 2014-2015

### 8.2.3. Appréciations paysannes de la mise en œuvre de l'information climatique

La majorité des producteurs a estimé que les dates de semis des PE (97%) et des PT (86%) ont été bonnes au cours de la campagne agricole 2013-2014 (Figure 26). Ces producteurs ont remarqué une coïncidence des périodes de semis avec celles des évènements pluvieux. De ce fait, les semis n'ont pas été repris sur leurs parcelles. Mais comparativement aux PT (83%), les producteurs ont plus apprécié les dates de semis des PE (97%). Ce constat montre que les dates de semis des PE ont été plus fiables que ceux des PT.

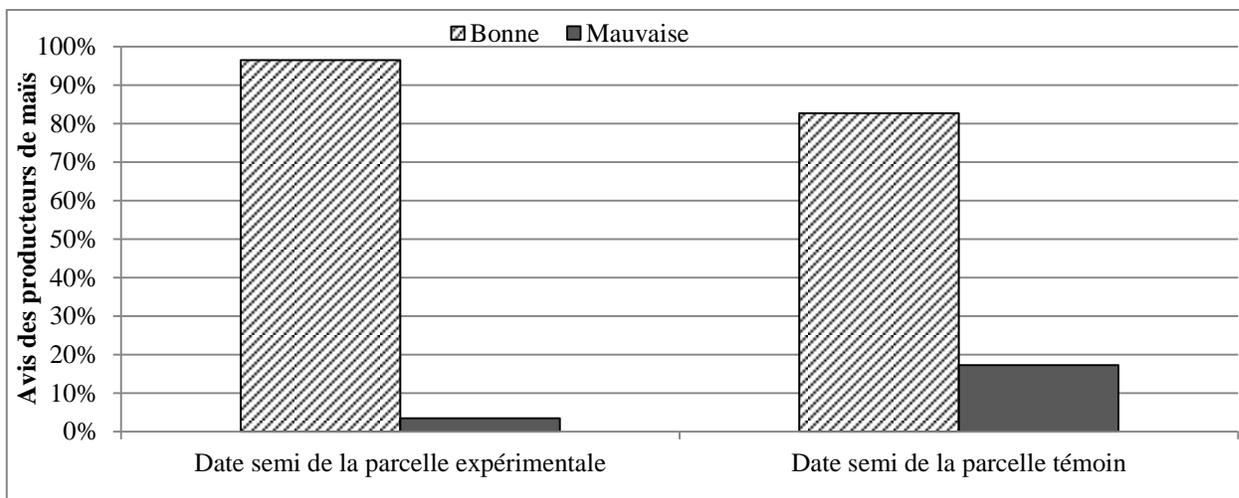


Figure 26. Avis des producteurs de maïs sur les dates de semis des PE et PT

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2014-2015

Par ailleurs, la plupart des producteurs (97%) ont été satisfaits de l'utilisation de l'information climatique (Figure 27). Ils ont bien apprécié la contribution de la production des PE au besoin céréalier. De ce fait, ils souhaitent continuer l'expérimentation de l'information climatique, voire l'utiliser pour leurs prises de décisions en matière de production du maïs.

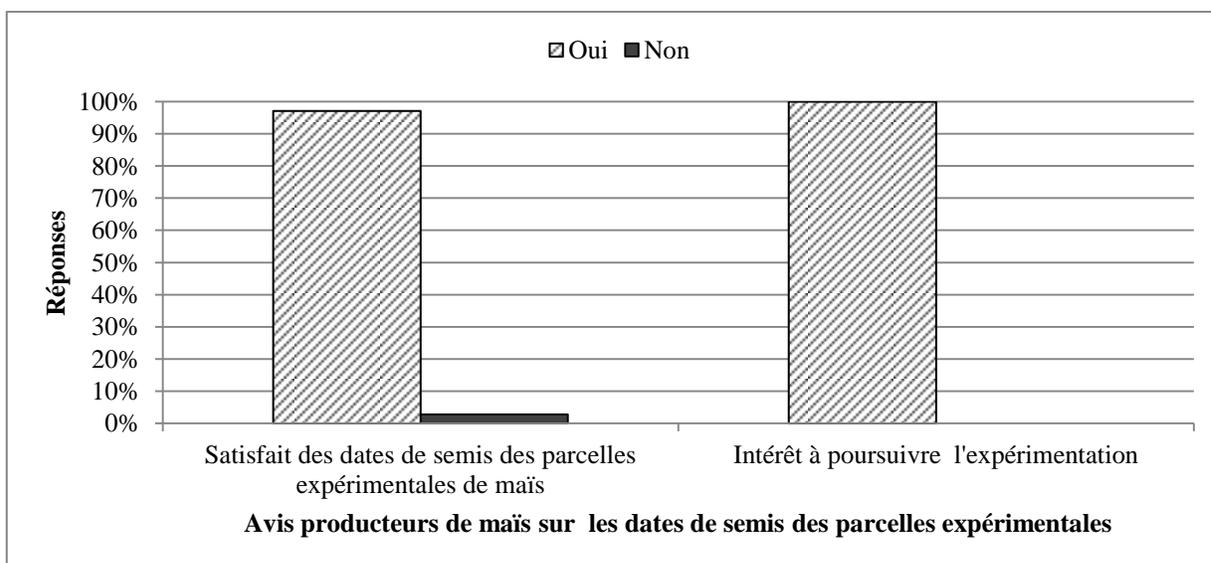


Figure 27. Appréciation des producteurs de la mise en œuvre de l'information climatique

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête de 2014-2015

Les décisions des agriculteurs en matière de production de maïs dépendent des types d'années prévues (Tableau 58). En année sèche, tous les producteurs (100%) préconisent l'utilisation

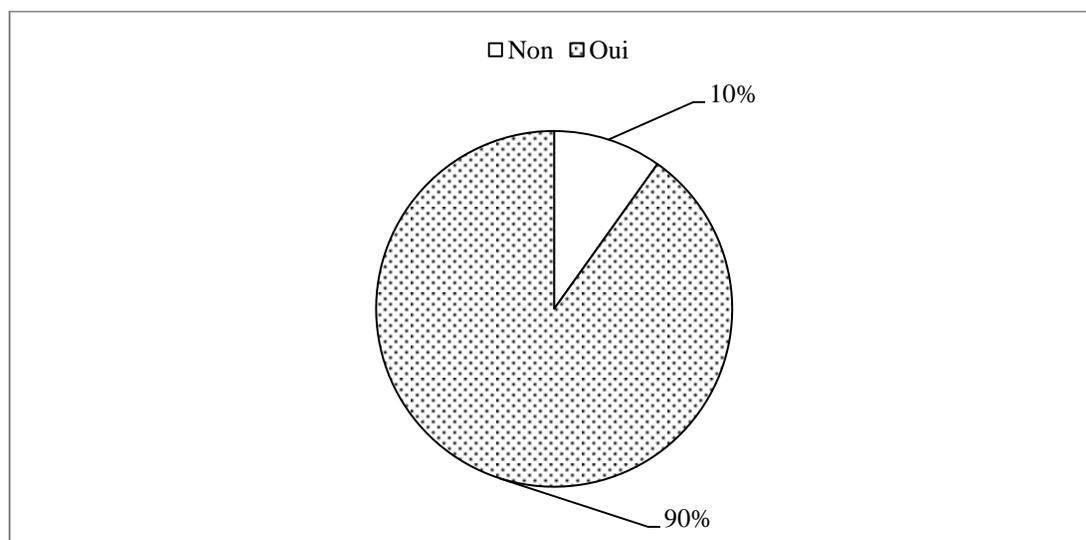
des variétés de maïs à cycle court et la diminution de la superficie emblavée. Par contre en année normale et bonne, la majorité des producteurs préfèrent utiliser les variétés de maïs de cycle court et augmenter la superficie cultivée. Quel que soit le type d'année, les producteurs souhaitent utiliser des variétés de maïs à cycle court.

**Tableau 58. Décisions des producteurs agricoles en fonction des types de saisons prévues**

Strategies de production du maïs	Année sèche		Année normale		Année humide	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Aucune action	0	0	1	4,2	2	5,6
Variété cycle court	0	0	0	1,4	0	0
Diminuer superficie	0	0	0	1,4	0	1,4
Augmenter superficie	0	0	0	0	0	1,4
Cycle court + diminuer superficie	30	100	10	33,8	3	8,5
Cycle court + augmenter superficie	0	0	18	59,2	25	83,1
Total	30	100	30	100	30	100

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2014-2015

Par ailleurs, la plupart des producteurs accorde de l'importance à l'utilisation de l'IC pour guider leurs prises de décisions dans la production de maïs. En effet, 90% d'entre eux consentent à payer pour l'obtenir via principalement la téléphonie mobile (Figure 28). Ce consentement à payer démontre l'intérêt que les producteurs agricoles accordent l'utilisation de l'IC.



**Figure 28. Consentement à payer des producteurs de maïs pour l'information climatique**  
Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2014-2015

Le Tableau 59 illustre la contribution financière des producteurs pour bénéficier de l'information climatique. Le montant moyen proposé par producteur est 670 F CFA. Le maximum est 2000 F CFA et le minimum 50 F CFA. La moitié des producteurs sont disposés à payer 500 FCFA.

Tableau 59. Consentement à payer des producteurs pour l'utilisation de l'information climatique

Consentement à payer	Montant (F CFA)
Moyen	670
Maximum	2000
Minimum	50
Ecart-type	460
Médian	500

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2014-2015

### **8.3. MISE EN ŒUVRE DES PREVISIONS TRADITIONNELLES ET L'INFORMATION CLIMATIQUE POUR LA PRODUCTION DE SORGHO**

#### **8.3.1. Comparaison des dates de semis du sorgho**

Le début des semis de la variété de sorgho *Kapelga* sur les PE et les PT ont été respectivement le 24 juin et le 19 juin. Les semis sur PT ont commencé avant 4 jours avant ceux des PE. Le 11 juillet a marqué la fin des semis sur les deux types de parcelles (Figure 29). Environ 74% des PE et PT ont été semés à la même période. Mais, le taux de semis journaliers varie selon les types de parcelles. La majorité des PE (31,6%) a été semée le 25 juin alors que celle des PT a été effectuée le 29 juin (24,3%). Sur les PE comme les PT, aucun semis n'a été réalisé à la date du 26 juin. Une interruption des semis sur les PT a été observée au cours de la période allant du 20 au 23 juin. Cette interruption est survenue juste après le début des premiers semis. Une faible pluviosité (moins de 5 mm) suivie d'une séquence sèche peut être à l'origine de cette interruption des semis. Cela montre une défaillance de la prévision paysanne du début des semis.

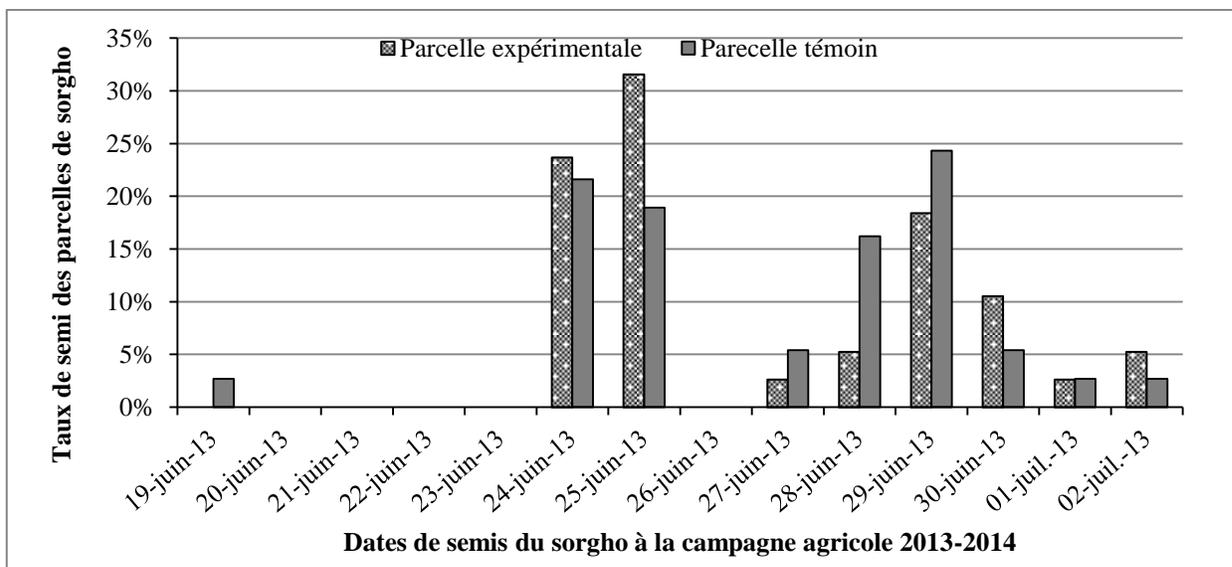


Figure 29. Dates de semis des parcelles d'expérimentation de la production de sorgho à la campagne agricole 2013-2014

Source : Auteur, à partir des données d'expérimentation 2013-2014

La Figure 30 présente les dates de semis sur les PE et PT au cours de la campagne agricole 2014-2015. L'analyse de celle-ci montre que les semis sur les PE ont été effectués du 30 juin au 13 juillet et sur les PT du 6 juin au 13 juillet. Comparativement au PE, les semis sur les PT ont été précoces. Cependant elles ont été discontinues. Les périodes sans semis sur les PT ont été notamment : 8 au 10 juin, 18 au 23 juin, 25 au 27 juin. Les poches de sécheresse doivent être à l'origine de ces périodes.

Près 92,5% des semis sur les PT ont été effectués avant ceux des PE. Seulement 7,5% des dates de semis sur les PT et PE ont été concomitantes. Cela signifie que la majorité des producteurs a prévu des dates de semis, à partir de leurs savoirs endogènes, différentes des dates du modèle climatique. Quelques prévisions traditionnelles convergent vers celles du modèle.

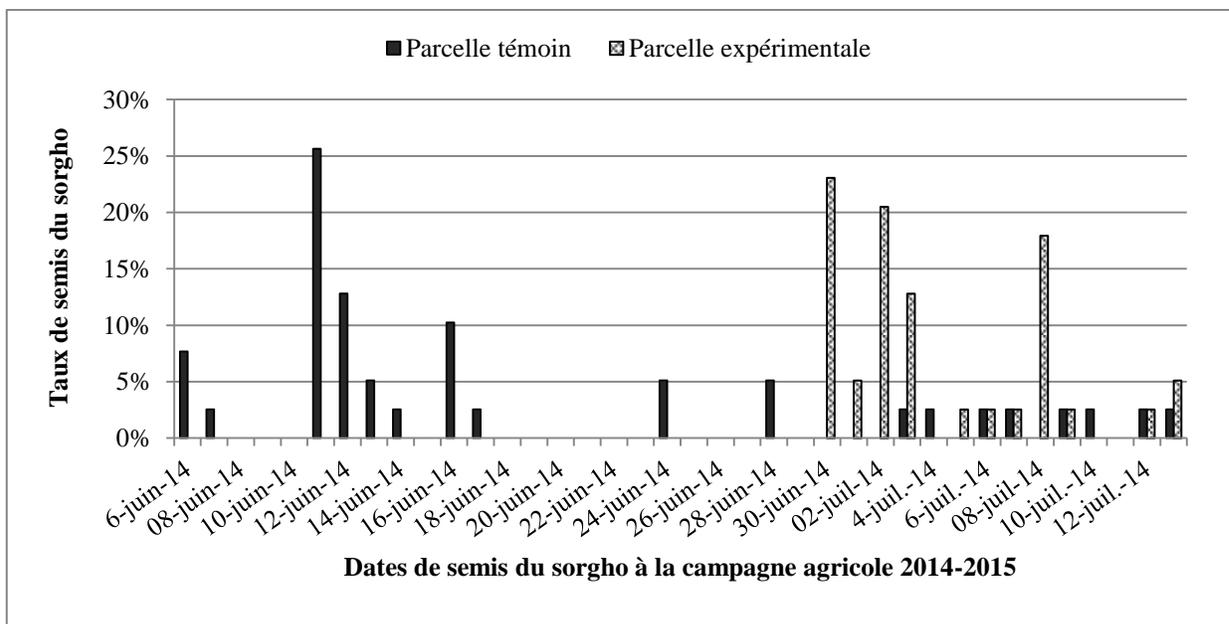


Figure 30. Dates de semis des parcelles d'expérimentation de la production de sorgho à la campagne agricole 2014-2015

Source : Auteur, à partir des données d'expérimentation 2014-2015

### 8.3.2. Comparaison des rendements du sorgho et implication en termes de besoins céréaliers

Les PE ont fourni des rendements grains compris entre 316 kg/ha et 1485 kg alors que ceux des PT varient de 258 kg/ha à 1415 kg/ha (Figure 31). La date de semi du 1<sup>er</sup> juillet a donné les rendements les plus élevés sur les PE et les PT. Elle peut être assimilée à la période de semi optimal du sorgho permettant d'obtenir le meilleur rendement. Les rendements grain moyen des PE (859,74 kg/ha) sont légèrement supérieurs à ceux des PT (836,95 kg/ha) (Figure 32). L'écart de rendement entre les PT et les PE évalué à 22,79 kg/ha n'est pas significatif au seuil de 5% ( $t = -0,418$ ;  $p = 0,678$ ), mais il permet à 43 personnes de combler leurs besoins céréaliers journaliers.

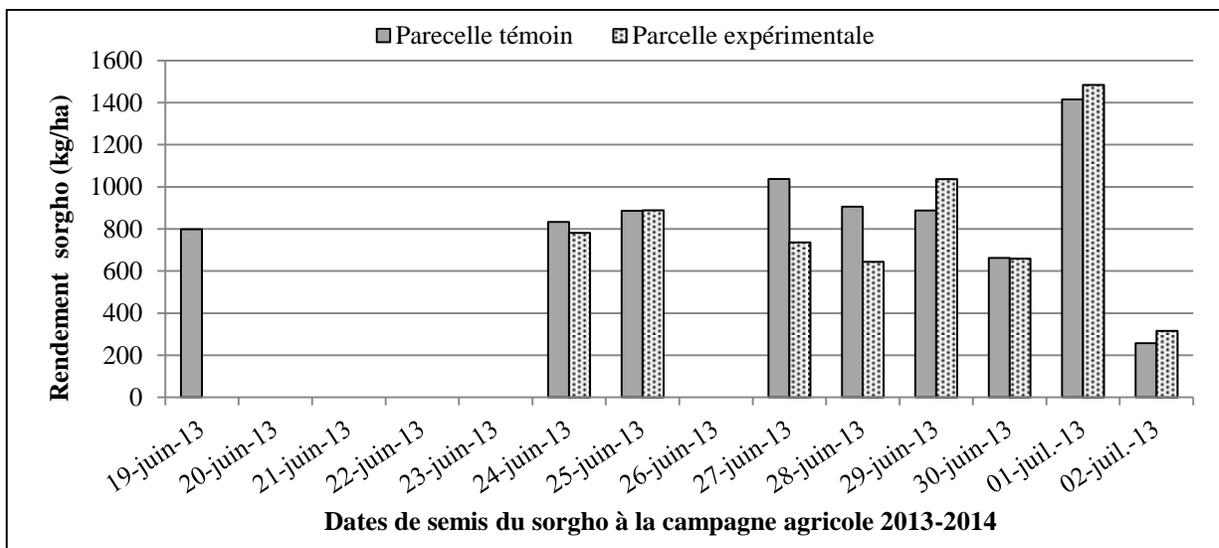


Figure 31. Comparaison des rendements grains des parcelles d'expérimentation du sorgho à la campagne 2013-2014

Source : Auteur, à partir des données d'expérimentation 2013-2014

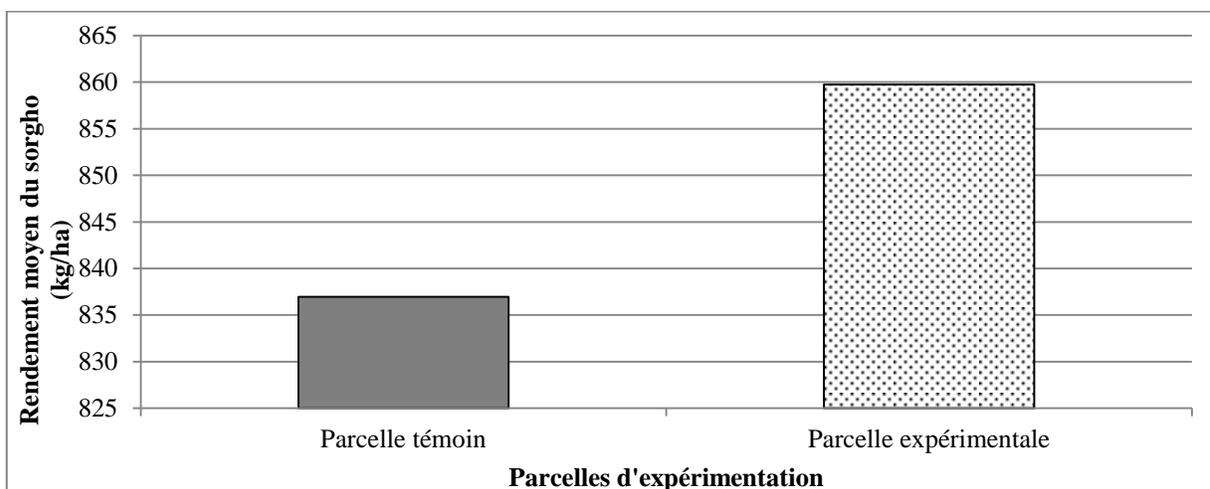


Figure 32. Comparaison des rendements moyens des parcelles d'expérimentation de sorgho de la campagne agricole 2013-2014

Source : Auteur, à partir des données d'expérimentation 2013-2014

Les rendements moyen du sorgho au terme de la campagne agricole 2014-2015 varient de 734 à 2261 kg/ha sur les PE et de 236 à 1867 kg/ha sur les PT (Figure 33). Les rendements minimum et maximum sont ainsi observés sur les PT. Les semis du 08 juillet et 12 juillet ont fourni les meilleurs rendements respectivement sur les PE et PT.

Le rendement moyen du sorgho est estimé à 963,7 kg/ha sur les PE et 848 kg/ha sur les PT (Figure 34). Le rendement moyen sur les PE est légèrement supérieur à celui des PT.

L'augmentation du rendement liée à l'utilisation des informations sur les dates de semis est égale à 115,7 kg/ha, mais elle n'est pas significative au seuil de 5% ( $t = 1,357$ ;  $p = 0,183$ ). Néanmoins, cet écart permet de couvrir le besoin céréalier de 218 personnes par jour, soit environ 7 personnes par mois. Elle illustre l'impact de l'utilisation de l'information climatique sur les dates de semis.

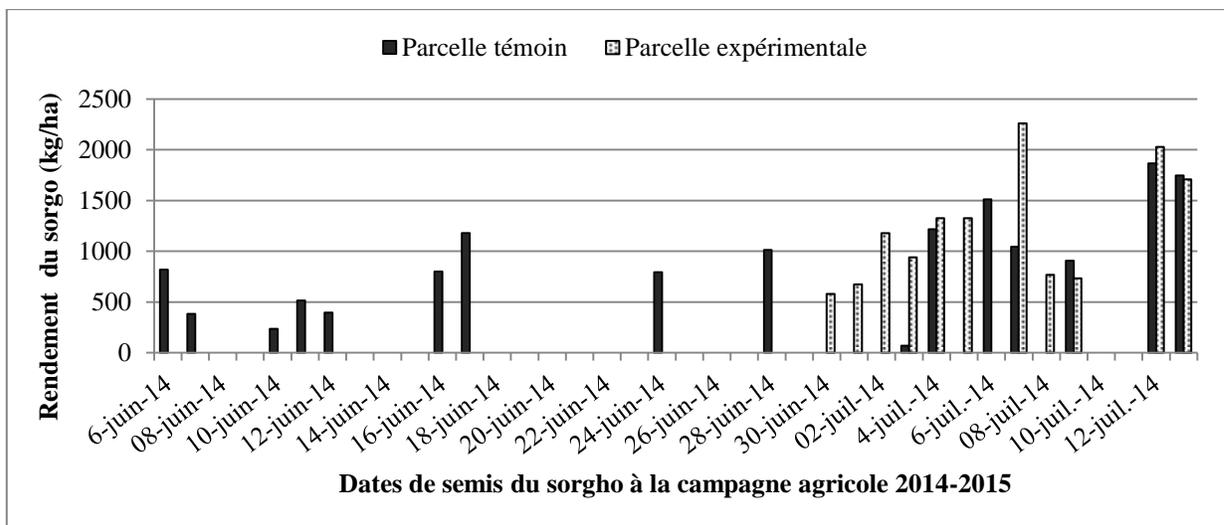


Figure 33. Comparaison des rendements grains des parcelles d'expérimentation du sorgho à la campagne 2014-2015

Source : Auteur, à partir des données d'expérimentation 2014-2015

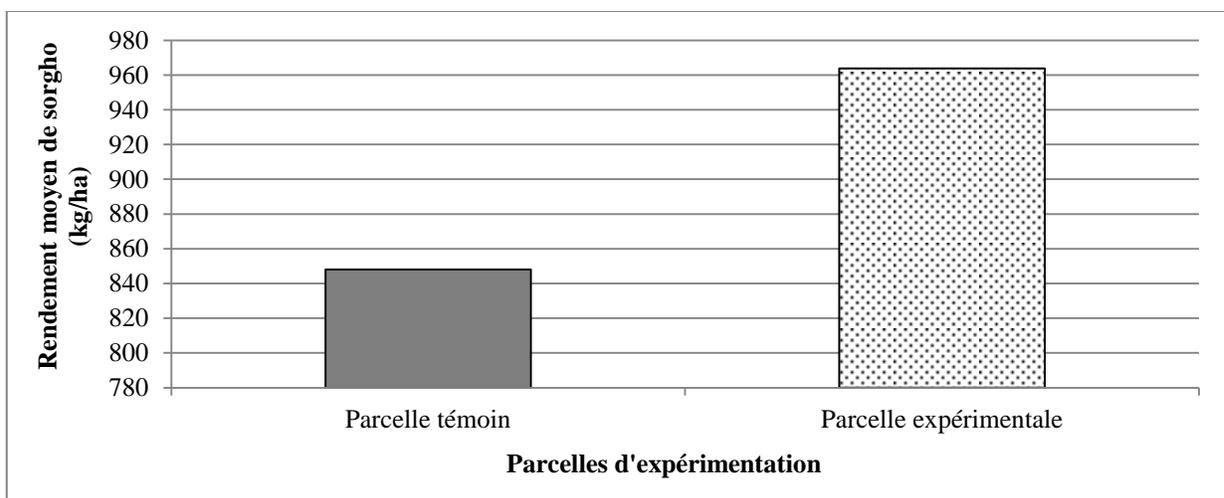


Figure 34. Comparaison des rendements moyens des parcelles d'expérimentation de sorgho de la campagne agricole 2014-2015

Source : Auteur, à partir des données d'expérimentation 2014-2015

### 8.3.3. Perception paysanne de la mise en œuvre de l'information climatique

La plupart des producteurs agricoles a positivement apprécié les dates de semis des PE et celles des PT (Figure 35). Les dates de semi des PE et PT ont été bonnes respectivement pour 86% et 71% des producteurs agricoles. Elles ont coïncidé avec les événements pluvieux. De ce fait, des reprises de semis n'ont pas été effectuées sur les parcelles. Néanmoins, il existe une différence dans l'appréciation des dates de semis des PE et PT. Les dates de semis des PE ont été plus appréciées que celles des PT. Seulement 14% des producteurs ont déclaré les dates de semis des PE mauvaises contre 29% pour celles des PT.

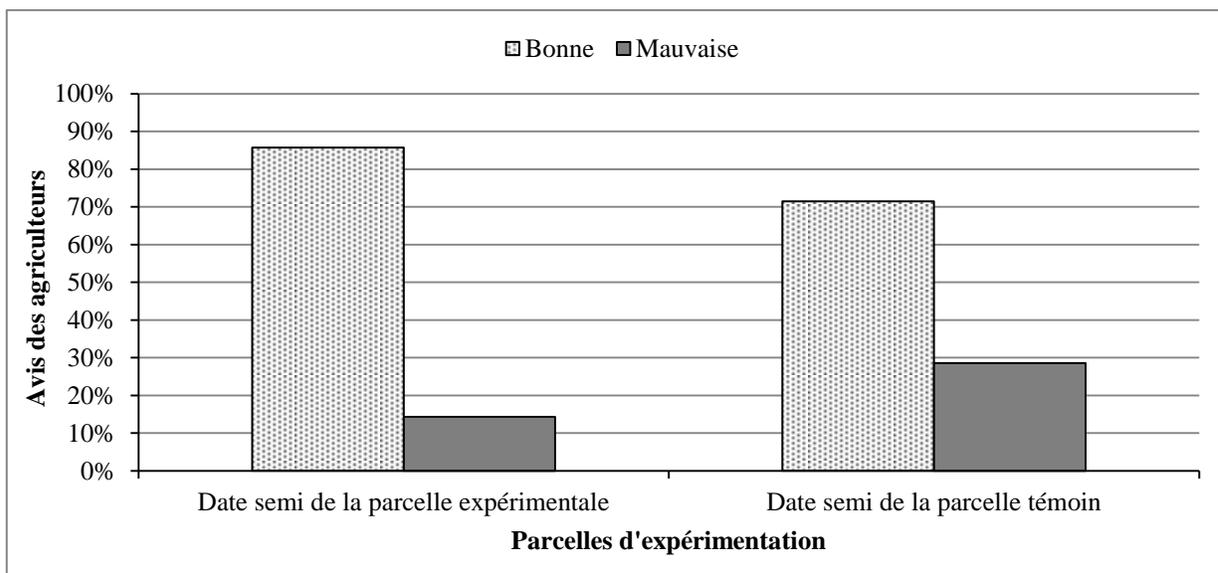


Figure 35. Appréciation des producteurs des dates de semis des PE

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2014-2015

Vu la fiabilité des dates de semis, 95% des producteurs ont déclaré qu'ils étaient satisfaits de des dates de semis des PE (Figure 36). Seulement 5% des producteurs ont manifesté leur mécontentement dans la mesure où des reprises de semis ont été effectuées dans leur PE. En dépit de cette discordance des avis, tous les producteurs (100%) souhaitent poursuivre l'expérimentation.

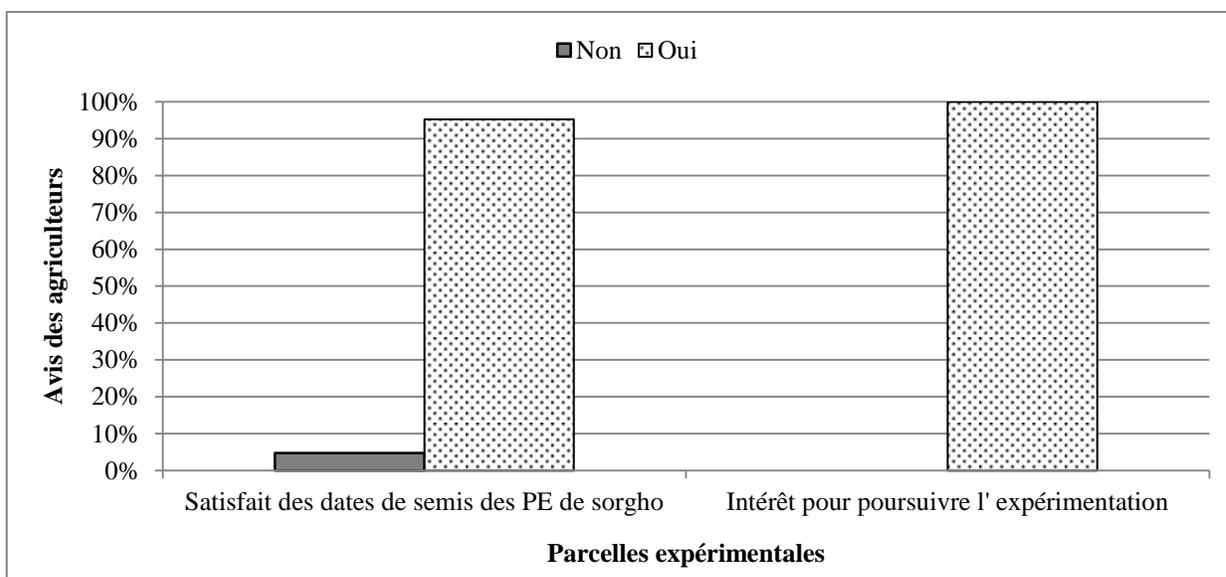


Figure 36. Avis des producteurs de sorgho sur l'utilisation de l'information des climatiques  
 Source : Auteur, à partir des données l'enquête de terrain 2014-2015

Au-delà des expérimentations, les producteurs estiment que les informations climatiques leur permettront de développer des stratégies anticipatives pour la production du sorgho (Tableau 60). Tous les producteurs (100%) envisagent utiliser des variétés à cycle court et diminuer la superficie de sorgho si toutefois l'année est sèche en termes de pluviosité. A l'annonce d'une année moyenne, 64,3% des producteurs diminueront la superficie allouée au sorgho et cultiveront des variétés à cycle court. En revanche, 85,7% des producteurs augmenteront la superficie du sorgho et utiliseront des variétés à cycle court si une saison humide est prévue.

Tableau 60. Stratégies paysannes en fonction des prévisions des types de saison

Stratégies de production du sorgho	Année sèche		Année normale		Année humide	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Aucune action	0	0	1	2,4	4	9,5
Variété cycle court	0	0	1	2,4	0	0
Diminuer superficie	0	0	0	0,0	0	0
Augmenter superficie	0	0	0	0	2	4,8
Cycle court + augmenter superficie	0	0	12	31,0	34	85,7
Cycle court + diminuer superficie	40	100	26	64,3	0	0
Total	40	100	40	100	40	100

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2014-2015

S'il est vrai que les producteurs sont motivés pour guider leurs décisions à partir de l'information climatique sur les dates de semis, ils ne sont pas tous prêts à dépenser pour l'obtenir (Figure 37). Près de 80% des producteurs sont enclins à payer pour bénéficier de l'information climatique alors que 14% ne le sont pas. La décision de paiement de la majorité des producteurs à payer confirme l'intérêt de l'information climatique pour la production agricole.

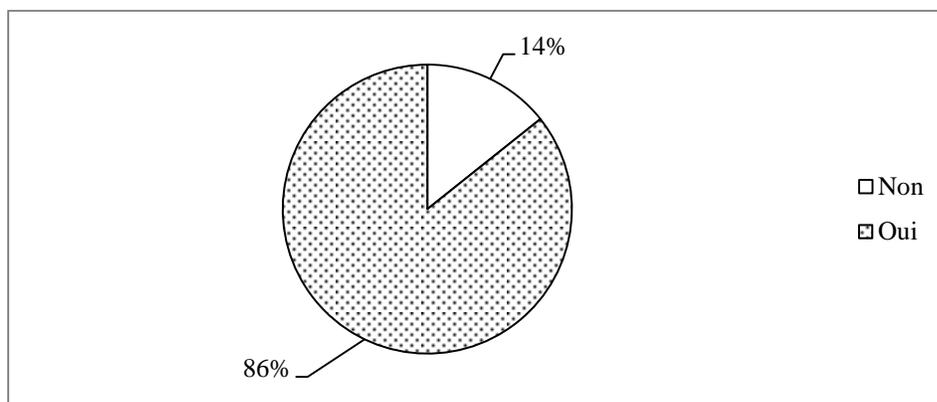


Figure 37. Consentement à payer des producteurs de sorgho pour l'information climatique  
 Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2014-2015

Les producteurs de sorgho sont disposés à payer en moyenne 638 F CFA pour bénéficier de l'information climatique (Tableau 61). Ils se sont engagés à payer 1500 F CFA au maximum et 50 F CFA au minimum. La moitié d'entre eux payera 600 F CFA.

Tableau 61. Consentement à payer des producteurs de sorgho pour l'information climatique

Consentement à payer pour l'information climatique	Montant (F CFA)
Moyen	638
Maximum	1500
Minimum	50
Ecart-type	439
Médiane	600

Source : Auteur, à partir des données de l'enquête 2014-2015

#### 8.4. DISCUSSION SUR LA MISE EN ŒUVRE DES PREVISIONS TRADITIONNELLES ET DE L'INFORMATION CLIMATIQUE

Comme initialement prévue, l'expérimentation de l'IC devrait concerner les dates de semis, de fin de saison et de la durée des poches de sécheresse au cours de la campagne agricole (Cf. 4.2.1). Cependant dans la mise en œuvre, les agriculteurs n'ont pas pu déterminer la durée des

poches de sécheresse et la date de la fin de la saison. Seulement, les dates de semis ont été définies à partir des prévisions saisonnières traditionnelles. Par conséquent, les dates de semis journaliers et les rendements des PE et PT ont été comparés.

L'analyse montre que plus de 60% des PT et des PE du maïs et du sorgho étaient semées à la même période au cours des campagnes agricoles 2013-2014 et 2014-2015. Mais en terme journalier, le taux de semis varie selon les deux types de parcelles. Cette nuance met en exergue la divergence des prévisions traditionnelles et scientifiques des dates de semis. Comparativement aux PT, le surplus de rendement du maïs obtenu des PE permet de combler les besoins céréaliers journaliers de 19 à 548 personnes selon les campagnes agricoles. Pour le sorgho, il est estimé entre 43 et 218 personnes par jour. De ce fait, la majorité des producteurs a positivement aussi bien les dates de semis des PE. Ils estiment que les dates de semis de semis du sorgho et du maïs sur les PE ont été précises et concises par rapport à celles des PT. Selon Roncoli *et al.* (2001), la variabilité remet en cause la confiance que les agriculteurs avaient de leur savoir local pour la prévision des dates de semis. Les vieux se rappellent que dans le passé, ils étaient capables de prédire le début des pluies avec une telle précision qu'ils pouvaient mobiliser la main-d'œuvre familiale à semer à sec, sachant que la pluie suivrait bientôt, mais à présent, leurs fils refusent d'aller au champ tant qu'il n'a pas effectivement plu. Les agriculteurs sont vivement intéressés par des sources alternatives d'informations parce que les prédictions locales sont devenues peu fiables à leurs yeux.

Tous les producteurs pilotes sont motivés à poursuivre l'expérimentation, voire semer le sorgho et le maïs à partir des dates prévues par les scientifiques. Les dates de semis constituent des périodes clés pour les agriculteurs dans la mesure où près 25% des semis sont ratés à raison du mauvais démarrage des pluies (Marteau *et al.*, 2011). En plus des dates de semis, les producteurs agricoles au Burkina Faso ont besoin des dates de fin des pluies, la répartition des pluies au sein de la saison humide et le cumul saisonnier des pluies (Ingram *et al.*, 2002). Ces variables climatiques leur permettent de choisir les variétés de culture en fonction de la durée de leur cycle et de la taille de la superficie à emblaver. Ils rejoignent les conclusions de Sultan *et al.* (2013) qui ont montré que les agriculteurs peuvent tirer un bénéfice en termes d'augmentation de revenu et de réduction du risque climatique grâce à l'utilisation des prévisions saisonnières scientifiques. Ce bénéfice varie néanmoins selon les années, les types d'exploitations agricoles et les zones climatiques et implique la difficulté de généralisation des

prévisions saisonnières scientifiques. Toutefois ces prévisions doivent considérer les périodes critiques pour les agriculteurs et pour le développement de la plante en selon des exploitations agricoles et des zones climatiques (Klopper *et al.*, 2006).

Bien que les producteurs de la zone d'étude ont besoin des informations climatiques, force est de constater qu'elles sont souvent en déphasage avec les observations au cours de la campagne agricole en raison des biais importants dans les simulations des modèles (Redelsperger *et al.*, 2006; Salack *et al.*, 2011; Oettli *et al.*, 2011; Vermeulen *et al.*, 2012). Ces biais pourraient résulter de la méconnaissance toujours du processus régissant les pluies tropicales (Hamatan *et al.*, 2004). Ils se traduisent parfois par des résultats agricoles en deçà de ceux escomptés (productions attendues). Par conséquent, il est nécessaire d'intégrer les connaissances endogènes et scientifiques pour générer les prévisions saisonnières (Roncoli *et al.*, 2001; Ziervogel *et al.*, 2010 ; Reyes-García *et al.*, 2014).

## **8.5. CONCLUSION PARTIELLE**

Ce chapitre a montré que plus de 60% des PT et des PE du maïs et du sorgho étaient semées à la même période au cours des campagnes agricoles 2013-2014 et 2014-2015. Mais en terme journalier, le taux de semi varie selon les deux types de parcelles. Cette nuance met en exergue la divergence des prévisions traditionnelles et scientifiques sur les dates de semis. Comparativement aux PT, le surplus de rendement du maïs obtenu des PE permet de combler le besoin céréalier d'au moins 19 personnes par jour. Pour le sorgho, ce nombre est estimé à au moins 43 par jour. En moyenne, le surplus de rendement (maïs et sorgho) satisfait les besoins céréaliers de 7 personnes par mois. Vu ces résultats, les producteurs ont mieux apprécié les dates de semis sur les PE par rapport à celles des PT. Ils estiment que les dates de semis des PE ont été plus précises et concises. Par conséquent, ils sont tous disposés à utiliser les prévisions scientifiques pour guider leurs prises de décisions dans le processus de production agricole. Ces prises de décisions concernent notamment le choix des variétés de cultures, la taille de la superficie à emblaver et les périodes de semis. Mais, en deux campagnes agricoles d'expérimentation, il est prématuré de tirer des conclusions probantes sur la validité des prévisions scientifiques. Les expérimentations méritent d'être poursuivies en combinant les connaissances endogènes et scientifiques en vue d'améliorer davantage les prévisions saisonnières.

## **CHAPITRE 9. MESURES TECHNIQUES ET POLITIQUES DE VULGARISATION DE LA PRATIQUE DE L'IRRIGATION DE COMPLEMENT ET D'UTILISATION DE L'INFORMATION CLIMATIQUE**

### **9.1. INTRODUCTION**

Ce chapitre est consacré à l'analyse des stratégies d'optimisation de l'irrigation de complément à partir de l'information climatique. Les stratégies relatives aux périodes et doses d'eau d'irrigation ont été simulées à partir d'un modèle biophysique (modèle de croissance des plantes) et les sorties ont servi d'entrée à un modèle économique qui décrit le comportement de maximisation de la fonction objectif de l'agriculteur. L'information climatique est intégrée dans le modèle en simulant les rendements et les revenus agricoles obtenus avec et sans irrigation de complément en fonction des probabilités de différents types d'années. Le couplage du modèle de croissance des cultures et du modèle économique aboutit à la modélisation bioéconomique du processus de production dans les exploitations agricoles. Il a permis d'examiner les mesures qui peuvent être entreprises pour vulgariser la pratique de l'irrigation de complément à l'échelle nationale. Les mesures incitatives examinées sont notamment les possibilités de subventions et d'octroi de crédit aux ménages agricoles. Le modèle bioéconomique a été appliqué à une exploitation représentative du Yatenga, province située à l'extrême de la zone sahéenne caractérisée par une faible pluviométrie comparativement aux provinces de la zone d'étude. L'exploitation représentative est une exploitation qui représente la majorité des exploitations agricoles. Celle-ci intègre les caractéristiques socio-économiques et démographiques moyennes des ménages de la province du Yatenga (cf. Chapitre 3).

### **9.2. MODELISATION BIOECONOMIQUE DU SYSTEME DE CULTURES PLUVIALES DANS LES EXPLOITATIONS AGRICOLES**

La modélisation bioéconomique consiste à représenter sous forme d'équations et/ou d'inéquations les éléments du système de production de l'exploitation et leurs interactions suivant les décisions de production de l'exploitant. Cette représentation nécessite au préalable une schématisation du système de cultures pluviales de l'exploitation.

### **9.2.1 Schéma conceptuel du processus de production agricole**

Le processus de production agricole pluviale dans les exploitations est assimilé à deux types de modèles (Figure 38). Le premier est un modèle de croissance des cultures qui consiste à simuler les rendements des cultures en tenant compte des conditions climatiques, des caractéristiques pédologiques locales et des principales cultures vivrières pluviales. Le second est un modèle économique utilisant les rendements issus du modèle de croissance des cultures pour simuler le comportement des agriculteurs sous différentes contraintes liées à la disponibilité des ressources de l'exploitation agricole. Ces ressources sont notamment la superficie cultivée, la main-d'œuvre et le capital financier.

La conceptualisation de l'introduction de la pratique de l'irrigation de complément dans les exploitations agricoles se traduit dans le modèle de croissance des cultures par les doses d'eau apportées à différentes périodes sur des portions de superficies définies par les agriculteurs. Les périodes d'irrigation sont supposées déterminées à partir des informations climatiques relatives à la durée des épisodes de poches de sécheresse au cours de la campagne agricole. Dans le modèle économique, l'irrigation de complément est prise en compte à travers les coûts inhérents à la construction des bassins et à l'achat du matériel d'exhaure auxquels s'ajoutent les rendements obtenus à partir du modèle de croissance des cultures selon les types d'années en termes de pluviosité.

Le couplage de ces deux modèles aboutit à la modélisation bioéconomique de l'exploitation agricole (Jacquet et Flichman, 1988). Chacun de ces modèles doit être calibré et validé afin de restituer aussi fidèlement que possible les choix techniques actuels (assolement, pratiques culturales) des agriculteurs dans le but d'explorer les mesures de politiques agricoles relatives à la vulgarisation de la pratique de l'irrigation de complément à partir des petits bassins individuels (ICBI) de collecte des eaux de ruissellement à grande échelle et d'utilisation de l'information climatique (IC) dans les exploitations agricoles.

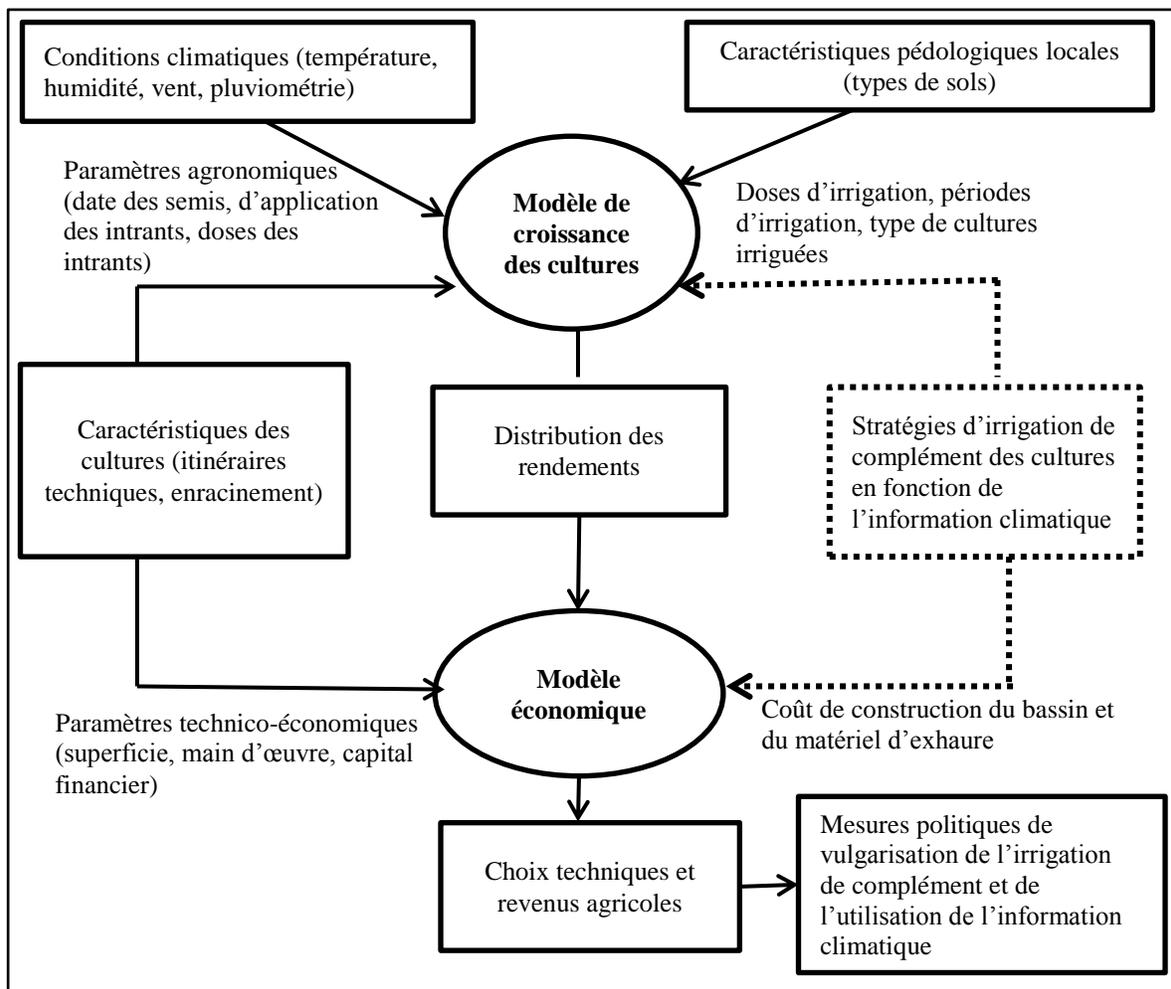


Figure 38. Schéma conceptuel du système irrigation de complément et information climatique dans les exploitations agricoles

Source : Adapté de Flichman et Jacquet (2000).

### 9.2.2 Modèle de croissance des cultures

Le modèle CROPWAT a été employé pour simuler la croissance des cultures. CROPWAT est un outil d'aide à la décision pour la planification et la gestion de l'irrigation, développé par la division *Land and Water Development* de la FAO (Smith, 1992). Il utilise les données climatiques, pédologiques et culturelles pour simuler le bilan hydrique dans le sol, les besoins en irrigation, la production de biomasse et le rendement. Une fois calibré et validé, un grand nombre de simulations peuvent être réalisées afin d'examiner les effets des possibles changements du climat ou des pratiques des agriculteurs sur les variables de sortie telles que

les besoins en eau d'irrigation et les rendements des cultures. Aussi est-il possible d'utiliser CROPWAT pour estimer les rendements sans irrigation.

#### *Caractéristiques agro-pédologiques*

Les cultures vivrières pluviales conduites dans les exploitations sont surtout les céréales et quelques légumineuses. Les principales céréales sont le maïs, le sorgho et le mil. Les légumineuses sont le voandzou, l'arachide et le niébé. Comme le sorgho, le mil et le maïs constituent la base alimentaire des agriculteurs (MAHR, 2014), elles ont été retenues dans le modèle CROPWAT. Soit  $J$  l'ensemble de ces cultures :  $J = \{maïs, mil, sorgho\}$ . Le cycle végétatif de chaque culture se caractérise par quatre phases distinctes (Tableau 62). La phase initiale s'étend de la date de semis jusqu'à une couverture du sol d'environ 10% par les feuilles. Elle est suivie de la phase de croissance qui s'étend jusqu'au début de la floraison. La phase de mi-saison se caractérise par la couverture totale du sol par les feuilles ; elle se termine par le début de la maturité des fruits et la chute des premières feuilles. C'est la phase la plus longue. Enfin la phase d'arrière-saison commence au début de la maturité pour finir à la récolte. Chaque culture est assimilée à une variété de culture précoce pratiquée par les agriculteurs dans la zone d'étude.

**Tableau 62. Durée du cycle végétatif des cultures**

Phase du cycle végétatif (jours)	Initial	Croissance	Mi- saison	Arrière-saison	Total
Maïs	15	20	30	20	85
Sorgho	20	30	35	30	115
Mil	20	30	35	25	110

Source : Adapté de l'INERA (1998; 2007).

Les cultures sont surtout semées sur des sols argilo-limoneux, sablo-limoneux et sableux (CILSS, 2001b). Les sols argilo-limoneux, dominants dans les terres arables, se distinguent par une réserve utile supérieure et une infiltration réduite comparativement à celles des sols sablo-limoneux et sableux (Tableau 63). Ces sols sont dominants sur les terres cultivables (Dembele et Some, 1991). Soit  $O$  l'ensemble des types de sol,  $O = \{argilo-limoneux, sablo-limoneux, sableux\}$ . Pour des raisons de simplification, les sols argilo-limoneux ont été les seuls considérés dans le modèle.

Tableau 63. Caractéristiques des sols

Sols	Reserve utile (mm)	Vitesse d'infiltration (mm/jour)
Argilo-limoneux	90	25
Sablo-limoneux	80	35
Sableux	70	40

Source : Adapté de BUNASOLS (1985).

### *Caractéristiques climatiques*

Les variables climatiques utilisées par CROPWAT sont la température (maximum, minimum), la vitesse du vent, le taux d'humidité du sol, l'insolation et la pluviométrie. Elles varient d'une année à l'autre, témoignant de la variabilité climatique. Pour tenir compte de cette variabilité, les indices pluviométriques annuels ( $I_s$ ) ont été calculés suivant la formule proposée par Lamb (1982):

$$I_s = \frac{P_s - \bar{P}}{\sigma_s} \quad (32)$$

Dans cette expression,  $P_s$  est la hauteur de pluie totale en millimètre pour une année  $s$ ,  $\bar{P}$  la moyenne annuelle de pluie et  $\sigma_s$  l'écart-type de la série pluviométrique annuelle. D'après Araya et Stroosnijder (2011), l'année normale se caractérise par un indice pluviométrique compris entre -0,5 et 0,5. Lorsque que l'indice est inférieur à -0,5, l'année est sèche. L'année est humide quand l'indice est supérieur à 0,5.

La détermination des indices pluviométriques suggère que de 1980 à 2010, les années humides ont été 1981, 1994, 1996, 2001, 2003 et 2007 à 2010 (Figure 39). Les années sèches ont été 1982 à 1985, 1988 et 1990. Les autres années sont considérées comme normales.

Soit  $S = \{S_1, S_2, S_3\}$  l'ensemble des types d'années avec  $S_1$ =sèche,  $S_2$ =normale et  $S_3$  = humide.

.

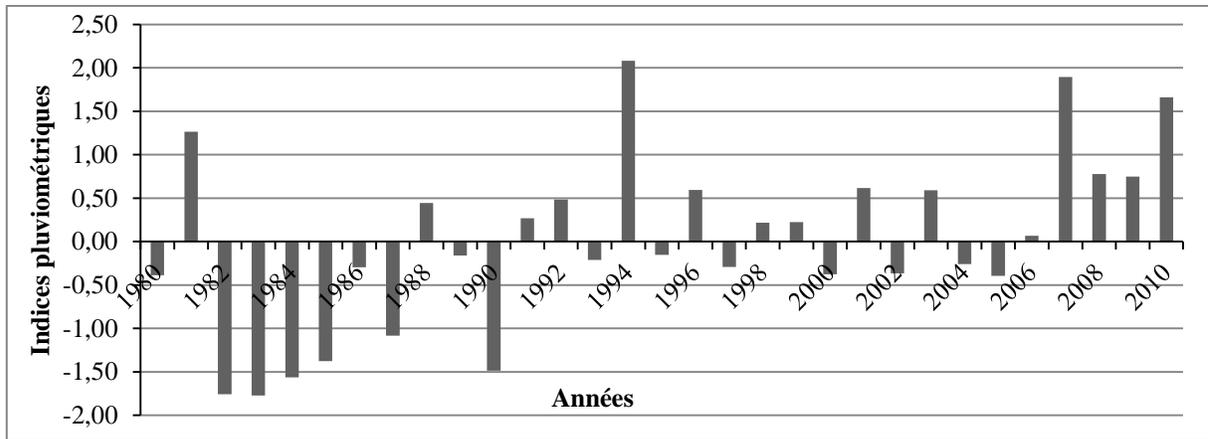


Figure 39. Comparaison des indices pluviométriques dans le Yatenga de 1980 à 2010  
 Source : Auteur, à partir des données de la direction générale de la météorologie

### Caractérisation des stratégies d'irrigation possibles en agriculture pluviale

L'agriculture étant entièrement pluviale, l'horizon de planification des activités agricoles est assimilé à la période allant du début des pluies marquant la préparation des champs et les semis jusqu'aux récoltes correspondant à la fin des pluies et au tarissement des bassins si toutefois l'exploitant pratique l'irrigation de complément. S'étalant de juin à mi-novembre, la campagne agricole a été découpée suivant les quatre phases du cycle de développement d'une culture  $j \in J$ . Il s'agit de la phase initiale ( $P_{j1}$ ), de croissance ( $P_{j2}$ ), de mi-saison ( $P_{j3}$ ) et d'arrière-saison ( $P_{j4}$ ). Soit  $P_{jk}$  l'ensemble des phases de croissance,  $P_{jk} = \{P_{j1}, P_{j2}, P_{j3}, P_{j4}\}$ .

La question est maintenant de déterminer pour chaque culture  $j \in J$ , les stratégies d'irrigation qui devront être utilisées en fonction de l'avènement des épisodes de poches de sécheresse. Par définition, une stratégie d'irrigation est un vecteur  $R^P_+$  d'apports en eau à chaque phase du cycle végétatif d'une campagne agricole (Reynaud, 2008). La stratégie d'irrigation  $i$  au cours de la campagne agricole est telle que  $i \in \{1, \dots, I\}$ ; où  $I$  représente le nombre de stratégies d'irrigation possibles (Tableau 64).

Pour une année donnée  $s \in S$ , la dose d'eau apportée à la culture  $j \in J$  à la phase  $p \in P$  si l'agriculteur opte pour la stratégie d'irrigation  $i$  est notée  $EAU_{s,j,i,p}$ . Le nombre de dates possibles d'apports d'eau au cours d'une campagne a été limité à quatre : une dose prédéfinie par phase en fonction de la saison. La quantité totale d'eau ( $TEAU_{s,j,i,p}$ ) apportée à la culture  $j$

pendant la campagne agricole  $s$  est la somme des doses d'eau apportées à chaque phase de la culture lorsque l'agriculteur opte pour la stratégie d'irrigation  $i$ .

L'agriculteur a le choix d'apporter la dose ou pas. Par conséquent, l'ensemble des stratégies d'irrigation par culture et par type d'année est égale au nombre de seize et chacune d'elle est associée à un rendement. Le Tableau 64 présente donc le schéma des seize stratégies d'irrigation possibles ainsi que les rendements  $Y_{s,j,i}$  qui leur sont associés pour une année donnée. Remarquons que la stratégie  $i_{16}$  correspond à la stratégie pluviale décrite précédemment.

Tableau 64. Schématisation des stratégies d'irrigation et rendements associés

Strategies	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	Y <sub>s,j,i</sub> (kg/ha)
$i_1$	EAU <sub>s,j,i1,p1</sub>	EAU <sub>s,j,i1,p2</sub>	EAU <sub>s,j,i1,p3</sub>	EAU <sub>s,j,i1,p4</sub>	Y <sub>s,j,i1</sub>
$i_2$	EAU <sub>s,j,i2,p1</sub>	0	EAU <sub>s,j,i2,p3</sub>	EAU <sub>s,j,i2,p4</sub>	Y <sub>s,j,i2</sub>
$i_3$	EAU <sub>s,j,i3,p1</sub>	0	0	EAU <sub>s,j,i3,p4</sub>	Y <sub>s,j,i3</sub>
$i_4$	EAU <sub>s,j,i4,p1</sub>	0	0	0	Y <sub>s,j,i4</sub>
$i_5$	EAU <sub>s,j,i5,p1</sub>	EAU <sub>s,j,i5,p2</sub>	0	0	Y <sub>s,j,i5</sub>
$i_6$	EAU <sub>s,j,i6,p1</sub>	EAU <sub>s,j,i6,p2</sub>	EAU <sub>s,j,i6,p3</sub>	0	Y <sub>s,j,i6</sub>
$i_7$	EAU <sub>s,j,i7,p1</sub>	0	EAU <sub>s,j,i7,p3</sub>	0	Y <sub>s,j,i7</sub>
$i_8$	0	EAU <sub>s,j,i8,p2</sub>	EAU <sub>s,j,i8,p3</sub>	EAU <sub>s,j,i8,p4</sub>	Y <sub>s,j,i8</sub>
$i_9$	0	EAU <sub>s,j,i9,p2</sub>	0	EAU <sub>s,j,i9,p4</sub>	Y <sub>s,j,i9</sub>
$i_{10}$	0	EAU <sub>s,j,i10,p2</sub>	0	0	Y <sub>s,j,i10</sub>
$i_{11}$	0	0	EAU <sub>s,j,i11,p3</sub>	EAU <sub>s,j,i11,p4</sub>	Y <sub>s,j,i11</sub>
$i_{12}$	0	0	EAU <sub>s,j,i12,p3</sub>	0	Y <sub>s,j,i12</sub>
$i_{13}$	0	EAU <sub>s,j,i13,p2</sub>	EAU <sub>s,j,i13,p3</sub>	0	Y <sub>s,j,i13</sub>
$i_{14}$	0	0	0	EAU <sub>s,j,i14,p4</sub>	Y <sub>s,j,i14</sub>
$i_{15}$	EAU <sub>s,j,i15,p1</sub>	EAU <sub>s,j,i15,p2</sub>	0	EAU <sub>s,j,i15,p4</sub>	Y <sub>s,j,i15</sub>
$i_{16}$	0	0	0	0	Y <sub>s,j,i16</sub>

Source : Adapté de Reynaud (2008)

#### Validation du modèle de croissance des cultures

La validation du modèle de croissance des cultures a été effectuée en deux étapes. Les rendements des cultures sans irrigation de complément (stratégie  $i_{16}$ ) ont été simulés par CROPWAT. Ces rendements simulés ( $\widehat{Y}_k$ ) ont été ensuite comparés à ceux des années 2001 à 2008 obtenus ( $Y_k$ ) par le Ministère en charge de l'agriculture dans le Yatenga (MASA, 2012). Pour Dumont *et al.* (2012), l'estimation du coefficient de corrélation de Person indique une relation linéaire entre les rendements simulés et réels, mais ne signifie pas qu'ils sont similaires. Brisson *et al.* (2002) et Beaudoin *et al.* (2008) recommandent ainsi d'utiliser simultanément l'Efficiencia (EF) proposée par Nash et Sutcliffe (1970) et la Déviation

Normalisée (ND) parfois retrouvée dans la littérature sous l'appellation de biais moyen (MB, *Mean Bias*) pour la validation. Les auteurs considèrent que la validation est adéquate si  $EF \geq 0,5$  et  $|ND| \leq 0,1$ . Selon Bellocchi *et al.* (2009) comme Roy *et al.* (2009), le modèle ne peut être validé que lorsque le coefficient de détermination ( $R^2$ ) est supérieur ou égal à 70%. Les expressions mathématiques de EF et ND sont les suivantes :

$$EF = 1 - \frac{\sum_{k=1}^N (Y_k - \hat{Y}_k)^2}{\sum_{k=1}^N (Y_k - \bar{Y})^2} \quad (33)$$

$$ND = \frac{\sum_{k=1}^N Y_k - \sum_{k=1}^N \hat{Y}_k}{\sum_{k=1}^N Y_k} \quad (34)$$

L'ensemble de ces critères (EF, ND,  $R^2$ ) ont été employés pour analyser la validation du modèle CROPWAT. L'analyse du Tableau 65 et de la figure 41 révèle que le modèle est valide. En effet, les EF calculés sont supérieurs à 0,5 et les ND sont inférieures à 0,1. Le  $R^2$  est supérieur à 70%. Les critères de validation sont donc respectés.

Tableau 65. Validation du modèle de croissance de cultures

Année	Maïs		Mil		Sorgho	
	Rendement réel (kg/ha)	Rendement simulé (kg/ha)	Rendement réel (kg/ha)	Rendement simulé (kg/ha)	Rendement réel (kg/ha)	Rendement simulé (kg/ha)
2005-2006	1246	1243	951	962	817	894
2006-2007	644	646	413	456	844	765
2007-2008	928	952	648	605	811	895
2008-2009	959	954	750	715	783	748
2009-2010	813	815	989	962	984	926
2010-2011	715	718	880	816	1070	1039
2011-2012	340	316	511	605	348	394
2012-2013	876	874	743	758	704	695
Moyenne	815	815	736	735	795	795
EF	0,9975		0,9356		0,9164	
ND	0,0005		0,0010		0,0008	
$R^2$	0,9977		0,9463		0,9183	

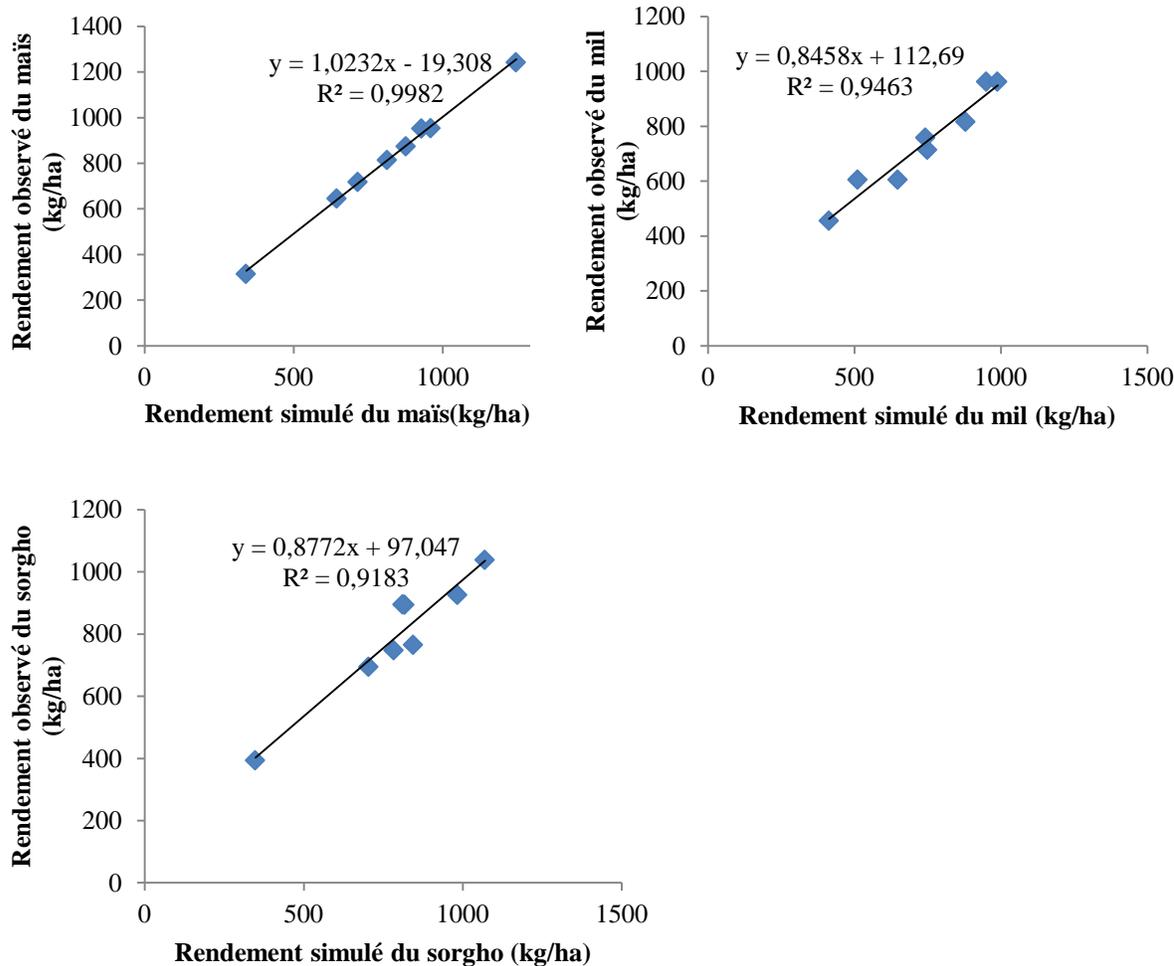


Figure 40. Comparaison des rendements observés et des rendements simulés (en kg/ha)

Source : Auteur, à partir des données de simulation et du Ministère en charge de l'Agriculture

### 9.2.3 Modèle économique d'optimisation du comportement de l'agriculteur

Afin d'appréhender les décisions de production des ménages agricoles ainsi que leurs stratégies d'adaptation à la variabilité climatique, il est indispensable de coupler le modèle de croissance des cultures à un modèle économique de programmation mathématique à l'échelle de l'exploitation agricole. L'objectif du modèle économique est de reproduire la situation réelle de l'exploitation en incorporant les données relatives aux ressources (terre, eau, travail, capital), climat, type de sols, cultures et prix des produits agricoles.

### *Disponibilité et allocation des ressources de l'exploitation agricole*

Les ressources de l'exploitation agricole sont les facteurs de production. Elles sont constituées de l'eau des bassins, la terre, la main-d'œuvre et le capital. Leur disponibilité conditionne les résultats de l'exploitation agricole.

La disponibilité en eau pour irriguer les cultures céréalières correspond à la quantité d'eau stockée dans chaque type de bassin à une période  $p$  de la campagne agricole. La superficie en hectare de la culture  $j$  inhérente à la stratégie  $i$  adoptée par l'exploitant est représentée par la variable  $X_{s,j,i,o}$ . Le volume des besoins en eau des superficies de l'ensemble des cultures à une période  $p$  est  $\sum_{(c,o)} EAU_{j,i,s,p} * X_{j,i,s}$ .

Le stock d'eau ( $QEAU_{p,s}$ ) dans le bassin à une période  $p \in P$  dépend de l'eau déjà présente stockée au terme de la période précédente ( $QEAU_{p-1,s}$ ), des apports par ruissellement ( $RUI_{p,s}$ ), de l'évaporation ( $EVA_{p,s}$ ), des précipitations directes dans le bassin ( $PRE_p$ ) et de la pratique de l'irrigation de complément ( $\sum_{(c,o)} EAU_{j,i,s,p} * X_{j,i,s}$ ) (Barron et Okwach, 2005 ; Bharati *et al.*, 2008 ; Roy *et al.*, 2009). Les écoulements hypodermiques et l'infiltration ( $EINF$ ) sont négligeables pour un bassin idéal. Formellement, le stock d'eau dans le bassin à la période  $p$  est donné par l'équation suivante (Figure 39) :

$$QEAU_{p,s} = QEAU_{p-1,s} + RUIS_{p,s,o} + PRE_p - EVA_p - EINF_o - \sum_{(c,o)} EAU_{j,i,s,p} * X_{j,i,s} \quad (35)$$

L'évaporation ( $EVA_p$ ) en volume est obtenue à partir de la multiplication de la hauteur d'eau évaporée ( $EV_p$ ) à la période  $p$  par la superficie occupée par le bassin (*supbassin*) :

$$EVA_p = EV_p * \text{supbassin} \quad (36)$$

Les précipitations directes ( $PRE_{p,s}$ ) dans le bassin sont déterminées par le produit de la hauteur d'eau de pluie tombée ( $PL_{p,s}$ ) et la superficie du bassin :

$$PRE_{p,s} = PL_{p,s} * \text{supbassin} \quad (37)$$

Les ruissellements ( $RUIS_{p,s,o}$ ) sont obtenus en multipliant la hauteur d'eau de pluie tombée ( $PL_{p,s}$ ) par le coefficient de ruissellement ( $c_{of}$ ) estimé en moyenne à 30% (Mounirou *et al.*, 2012) et la superficie de l'impluvium ( $supb$ ).

$$RUIS_{p,s,o} = PL_{p,s} * supv * coef \quad (38)$$

La contrainte liée au volume maximum de stockage ( $bass$ ) est identique pour chaque type de bassin. Elle est exprimée selon l'équation suivante :

$$\sum_{(c,o)} EAU_{j,i,s,p} * X_{j,i,s} + QEAU_{p,s} \leq bass \quad (39)$$

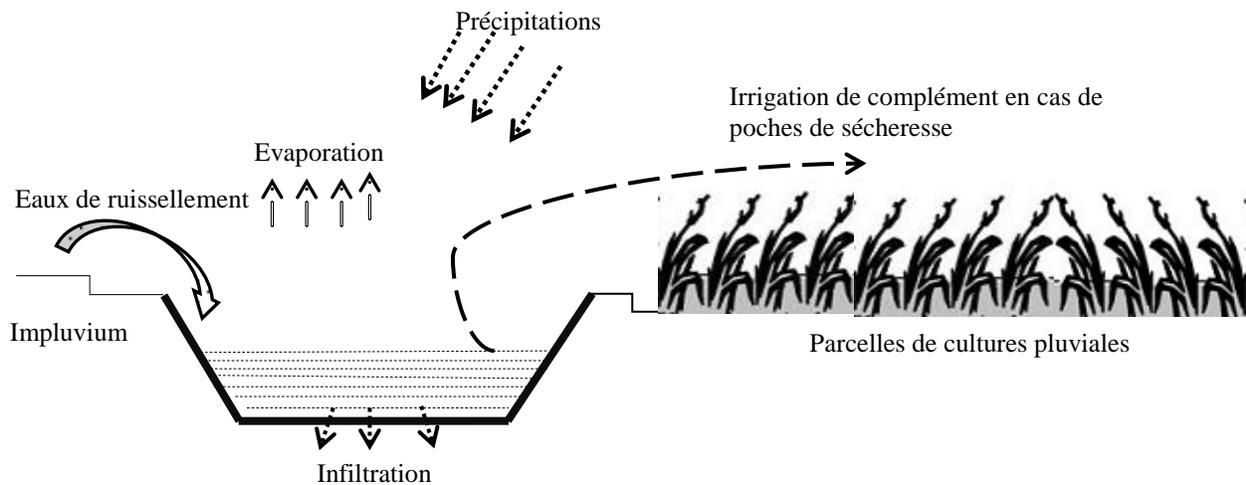


Figure 41. Schéma simplifié du fonctionnement d'un bassin de collecte des eaux de ruissellement  
Source : Adapté de Bharati *et al.* (2008) et Roy *et al.* (2009).

La contrainte terre exprimée en termes de superficie irriguée en hectare établie à partir de la superficie totale disponible ( $stc$ ) et celle occupée par le bassin ( $supbassin$ ) est donnée par l'équation suivante :

$$\sum_j X_{j,i,s,p} \leq stc - supbassin \quad (40)$$

Cette équation montre que l'allocation de la superficie aux différentes cultures (terme de gauche de l'équation) par le ménage ne peut pas excéder la superficie totale (terme de droite de l'équation) moins celle occupée par le bassin construit. On suppose que la superficie totale et celle du bassin sont fixes dans le modèle.

Pour déterminer la main-d'œuvre familiale disponible (en homme-jour) dans une exploitation, il est nécessaire de connaître le nombre d'actifs disponibles (*mof*) et le nombre de jours (*nbjr*) de travail de la campagne agricole. A l'image de Ouédraogo (2005), on suppose qu'un actif est une personne ayant 15 ans au moins et soixante-cinq ans au plus et travaillant au champ à titre principal. Les enfants de 10 à 15 ans sont considérés comme des demi-actifs en raison de leur faible force de travail. Deux enfants sont considérés ainsi comme un actif dans l'exploitation. Le nombre de jours de travail disponible par actif pour les activités de l'exploitation est de 26 jours/mois, si l'on tient compte des jours de repos (4 jours/mois). La disponibilité annuelle des actifs est estimée à 296 hommes-jours par exploitation (Tableau 8). La demande de la main-d'œuvre salariée pour la culture *j* est déterminée par le produit du nombre d'actifs salariés (*mos*) et du nombre de jours de travail réalisé (*njr*) pendant l'hivernage. Le besoin en main-d'œuvre par hectare de culture en homme-jour pendant la campagne agricole selon la stratégies *i* adopté par l'exploitant est noté  $BMO_{j,i,p}$ . La contrainte en main-d'œuvre pour l'ensemble des cultures est déterminée par l'équation :

$$\sum_j BMO_{j,i,p} * X_{j,i,s,p} \leq mof * nbjr + mos * njr \quad (41)$$

L'équation 42 signifie que le besoin en main-d'œuvre (terme de gauche de l'équation) pour les cultures ne peut pas excéder la disponibilité totale de la main-d'œuvre familiale et salariée (terme de droite de l'équation).

Avec la pratique de l'irrigation de complément, le besoin en capitaux de l'exploitation va concerner non seulement les achats de céréales en période de soudure (*acer*), des intrants agricoles (*cti*), mais aussi les charges relatives à l'acquisition de la pompe à pédale (*cexh*), du matériel de clôture (*cpro*), du matériel d'imperméabilisation ( $CIMP_b$ ) et à la construction du bassin ( $C_b$ ). On distingue quatre types de bassins en fonction des coûts (cf. Tableau 46):

- bassin 1 : bassin à fond imperméabilisé avec de l'argile et parois non imperméabilisées ;
- bassin 2 : bassin à fond imperméabilisé avec de l'argile et parois cimentées ;
- bassin 3 : bassin à fond bâché et parois cimentées ;
- bassin 4 : bassin à fond et parois bâchés.

Soit *B* l'ensemble des type de bassins ;  $b \in B = \{bassin\ 1, bassin\ 2; bassin\ 3; bassin\ 4\}$ .

Au regard de la disponibilité du capital financier de l'exploitation agricole (*cap*), la contrainte de financement est formulée par l'équation :

$$acer + cti + cexh + cpro + CIMP_b + C_b \leq cap \quad (42)$$

Cette expression signifie que les dépenses d'intrants ne doivent pas excéder la disponibilité monétaire de l'exploitant. Le capital financier (*cap*) de l'exploitation est constitué des revenus générés par la vente des animaux, l'orpaillage, l'artisanat et les transferts soustrait des dépenses familiales.

#### *Besoins alimentaires*

La production des cultures (sorgho, mil, maïs) est essentiellement destinée à la consommation. Elle ne couvre pas toujours les besoins en céréales et le ménage a recours aux achats. Il est ainsi nécessaire d'introduire dans le modèle une contrainte de consommation qui prend en compte tous les membres présents du ménage agricole (*pop*), les quantités de production achetées ( $ACHA_j$ ), le rendement ( $Y_{s,j,i}$ ) et la superficie de chaque culture ( $X_{j,i,s,p}$ ). Selon le CILSS (2001), les besoins céréaliers par individu et par an sont estimés à 190 kg. Ce qui signifie que la consommation confondue (*cons*) de la production de maïs, sorgho et mil par personne est évaluée à 190 kg/an. La contrainte alimentaire annuelle en céréales est exprimée ainsi comme suit :

$$\sum_j Y_{s,j,i} * X_{j,i,s,p} + \sum_j ACHA_j \geq cons * pop \quad (43)$$

L'expression signifie que la production céréalière et celle achetées doivent couvrir les besoins du ménage durant toute l'année (360 jours).

#### *Spécification de la fonction d'utilité de l'agriculteur*

Les agriculteurs de la zone d'étude ont essentiellement recours à des stratégies d'autosubsistance. En effet, leur principale préoccupation est de pouvoir subvenir aux besoins alimentaires. Néanmoins, ils évoluent dans une économie de marché dans la mesure où ils vendent souvent la production céréalière (si possible des surplus) afin d'acquérir de la liquidité et satisfaire d'autres besoins essentiels (santé, scolarisation, vêtements, etc.). Dans un contexte d'économie de marché, nous faisons l'hypothèse que les décisions de l'exploitant sont prises afin de maximiser son utilité espérée, sous les différentes contraintes énoncés en section 2.7.2.

Pour Meyer (2002), la maximisation de l'utilité espérée est devenue le paradigme classique pour analyser le comportement des agents économiques en situation d'incertitude.

L'approche utilisée pour décrire le comportement des ménages agricoles est le modèle espérance-variance. Il s'agit d'une application directe des travaux de Bernoulli (1738), Von Neumann et Morgenstern (1947) ainsi que Friedman et Savage (1948) sur la maximisation de l'utilité espérée. Une valeur approchée de la fonction d'utilité espérée est obtenue par son développement limité à l'ordre 2 en série de Taylor (Freund, 1956) qui peut s'écrire en termes d'équivalent certain de la richesse (EC) par la formule :

$$EC(R) = E(R) - \frac{1}{2} * A * \sigma_R^2 \quad (44)$$

Cela donne une valeur approchée de la prime de risque égale à la moitié de l'aversion absolue au risque ( $A$ ), multiplié par la variance de toutes les possibilités de richesse finale ( $\sigma_R^2$ ) : les préférences (coefficient d'aversion au risque) et la variabilité (variance de la richesse) sont les principaux déterminants des coûts associés au risque du consentement maximum à payer pour un certain résultat. L'agriculteur va donc chercher à maximiser l'utilité de la richesse espérée. La richesse est représentée ici par le revenu agricole ( $\Pi$ ).

$$Max U(\Pi) = EC(\Pi) - \frac{1}{2} * A * \sigma_{\Pi}^2 \quad (45)$$

$$U(\Pi) = \left[ \sum_{(c,i,s)} X_{j,s,p} * Y_{s,j,i} * PR_j * Prob_s - (acer + cti + cexh + cpro + CIMP_b + C_b) \right] - \frac{1}{2} A \left[ \sum_{c,i} (\sigma_{j,i} * prx_j * X_{j,s,p})^2 \right] \quad (46)$$

Avec  $EC(\Pi)$  la richesse espérée,  $\sigma_{\Pi}^2$  la variance de la richesse,  $Prob_s$  la probabilité du type d'année, et  $\sigma_{j,i}$  le risque associé à la culture  $j$ ,  $PR$  le prix de vente de la production de la culture  $j$ . Dans la fonction de la richesse, seuls les rendements agricoles sont aléatoires. Nous faisons l'hypothèse qu'il n'y a pas de lien entre les rendements des différentes cultures et donc que leurs covariances sont nulles. Le récapitulatif des ensembles, des paramètres et des équations du modèle de base est résumé dans les tableaux 66 et 67.

Tableau 66. Récapitulatif des ensembles, paramètres et variables du modèle

<p><b>Ensembles</b></p> <p><math>J = \{\text{maïs, mil, sorgho}\}</math>  <math>S = \{\text{année sèche, année normale, année humide}\}</math>  <math>P = \{\text{phase initiale, phase de croissance, phase de mi- saison, phase d'arrière-saison}\}</math>  <math>B = \{\text{bassin 1, bassin 2; bassin 3; bassin 4}\}</math>  <math>I = \{i_1, i_2, i_3, \dots, i_{16}\}</math></p>
<p><b>Indice</b></p> <p><math>j</math> : type de culture (<math>j \in J</math>)  <math>s</math> : type de saison (<math>s \in S</math>)  <math>p</math> : type de phase de cycle de développement (<math>p \in P</math>)  <math>b</math> : type de bassin (<math>b \in B</math>)  <math>i</math> : stratégie irrigation (<math>i \in I</math>)</p>
<p><b>Paramètres</b></p> <p><math>cti</math> : coût des intrants agricoles  <math>mof</math> : main-d'œuvre familiale  <math>stc</math> : superficie cultivée  <math>supbassin</math> : superficie occupée par le bassin  <math>cap</math> : capital  <math>pop</math> : membres du ménage  <math>bass</math> : volume d'eau stockée  <math>supv</math> : superficie de l'impluvium  <math>Mos</math> : main-d'œuvre salarié  <math>cmos</math> : coût de la main-d'œuvre salarié  <math>cexh</math> : coût des moyens d'exhaure  <math>cpro</math> : coût du matériel de clôture  <math>acer</math> : coût des céréales achetées  <math>cons</math> : besoins céréaliers  <math>coef</math> : coefficient de ruissellement</p>
<p><b>Variables</b></p> <p><math>EAU</math> : dose d'eau apportée  <math>X</math> : superficie irriguée  <math>TEAU</math> : quantité d'eau totale apportée  <math>EQUA</math> : quantité d'eau stockée  <math>RUIS</math> : ruissellement  <math>EVA</math> : évaporation  <math>EINF</math> : infiltration  <math>E</math> : hauteur d'eau évaporée  <math>BMO</math> : besoin en main-d'œuvre  <math>EV</math> : évaporation en volume du bassin  <math>PRE</math> précipitations directes dans le bassin  <math>PL</math> : hauteur d'eau de pluie tombée  <math>C</math> : coût du bassin  <math>Y</math> : rendement agricole  <math>Prob</math> : probabilité du type d'année  <math>\sigma</math> : risque associé  <math>PR</math> : prix de vente des produits agricoles  <math>CIMP</math> : coût d'imperméabilisation  <math>ACHA</math> : coût d'achat des céréales</p>

Tableau 67. Récapitulatif des équations du modèle

Synthèse des équations du modèle	Numéro de l'équation
$QE AU(p, s) = QE AU_{p-1, s} + RUIS_{p, s, o} + PRE_p - EVA_p - EINF_o - \sum_{(c, o)} EAU_{j, i, s, p} * X_{j, i, s}$	(35)
$EVA_p = EV_p * supbassin$	(36)
$PRE_{p, s} = supbassin * PL_{p, s}$	(37)
$RUIS_{p, s, o} = supv * PL_{p, s} * coef$	(38)
$\sum_{(c, o)} EAU_{j, i, s, p} * X_{j, i, s} + QE AU_{p, s} \leq bass$	(39)
$\sum_j X_{j, i, s, p} \leq stc - Supbassin$	(40)
$\sum_j BMO_{j, i, p} * X_{j, i, s, p} \leq mof * nbjr + mos * njr$	(41)
$acer + cti + cexh + cpro + CIMP_b + C_b \leq cap$	(42)
$\sum_j Y_{s, j, i} * X_{j, i, s, p} + \sum_j ACHA_j \geq cons * pop$	(43)
$EC(R) = E(R) - \frac{1}{2} * A * \sigma_R^2$	(44)
$Max U(\Pi) = EC(\Pi) - \frac{1}{2} * A * \sigma_\Pi^2$	(45)
$U(\Pi) = \left[ \sum_{(c, i, s)} X_{j, s, p} * Y_{s, j, i} * PR_j * Prob_s - (acer + cti + cexh + cpro + CIMP_b + C_b) \right] - \frac{1}{2} A \left[ \sum_{(c, i)} (\sigma_{j, i} * prx_j * X_{j, s, p})^2 \right]$	(46)

### Validation du modèle économique

D'une manière générale, la validation du modèle économique doit déterminer si le modèle est, dans son cadre expérimental, une représentation acceptable du système réel cohérente avec l'utilisation souhaitée (Louhichi *et al.*, 1999). Il s'agit de confronter le modèle à la réalité afin de tester sa précision et sa fiabilité (Janssen et van Ittersum, 2007).

Dans le cas de cette étude, cette confrontation a consisté à vérifier que les théories et les simplifications sont correctes ou justifiables, et que la structure et les relations entre les composantes du système d'irrigation de complément des cultures sont conformes à la réalité. Selon Rykiel (1996), cette méthode de validation est dite conceptuelle. Elle ne garantit pas que le modèle donne des prédictions exactes. Pour cela, elle doit être complétée par une validation des données qui permettent de certifier qu'elle rend compte du système réel. Ainsi, le coefficient d'aversion absolue au risque  $A$  a été utilisé comme un paramètre de calibrage du modèle. Cette démarche s'inspire des travaux de Simmons et Pomareda (1975), Brink et McCarl (1978) ainsi que Hazell et Norton (1986). Le coefficient absolu d'aversion au risque est retenu lorsque l'allocation des superficies aux cultures fournie par le modèle est similaire à celle observée chez des ménages agricoles (Pannell *et al.*, 2000). En somme, la validation va permettre de s'assurer que le modèle est capable de représenter correctement les choix de production des ménages.

Le Tableau 68 présente ainsi les superficies allouées aux différentes cultures en fonction du niveau d'aversion absolue au risque. La comparaison entre les résultats simulés selon le niveau d'aversion absolue au risque et les résultats de la situation de référence issus des enquêtes socio-économiques de 2013, montre que le niveau d'aversion au risque de 0,000053 donne des résultats plus proches de la réalité. Ainsi, ce niveau de risque a été retenu comme étant le coefficient d'aversion absolue au risque des ménages agricoles.

Tableau 68. Validation du modèle économique

Superficie	Valeur du coefficient au risque				Situation de référence
	0,01	0,0001	0,0004	0,000053	
Maïs (ha)	0,005	0,248	0,336	0,30	0,30
Mil (ha)	0,043	1,713	1,745	1,73	1,72
Sorgho (ha)	0,052	1,989	1,868	1,92	1,92

Source : Auteur, à partir des données d'enquête 2013-2014 et de la simulation

#### **9.2.4 Scénarii de vulgarisation de l'irrigation de complément**

Avec une agriculture essentiellement pluviale, il convient d'examiner les impacts de la pratique de l'irrigation de complément selon la régularité et la répartition des précipitations. Les campagnes agricoles peuvent être regroupées en trois types d'années à savoir sèche, humide et normale selon les agriculteurs (cf. 2.3 et 3.3 du chapitre 8). En considérant ces années, deux types de scénarii ont été définis afin d'analyser la contribution de la pratique de l'irrigation de complément sur le revenu espéré des ménages agricoles. Le premier suppose *a priori* que l'avènement de chaque année est équiprobable (année moyenne). Le second est assimilé à une année sèche.

Par ailleurs, des simulations ont été définies pour explorer les mesures économiques ou politiques afin de faciliter l'adoption de la pratique de l'irrigation dans les exploitations. Elles sont axées notamment sur des modalités de subvention (cf. tableau 42) et d'octroi de crédit aux ménages. Les modalités de subvention examinées sont le financement à 100% ou partiel selon les composantes du dispositif d'irrigation de complément. Les politiques de crédit sont analysées en supposant qu'un prêt, remboursable sur 10 années, est accordé par une institution financière aux ménages afin de faciliter l'acquisition du dispositif d'irrigation de complément. Ce prêt devra servir à l'achat du matériel d'excavation, de clôture, des moyens d'exhaure, des vivres pour mobiliser la main-d'œuvre communautaire ou financer la construction du bassin en rémunérant de la main salariée pour l'excavation.

### **9.3. PILOTAGE DE L'IRRIGATION DE COMPLEMENT**

#### **9.3.1. Doses d'eau d'irrigation des cultures**

Les hauteurs d'eau d'irrigation cumulées par stratégie sont obtenues par la somme des doses d'eau apportées à chaque phase du cycle végétatif des cultures. Elles varient non seulement en fonction des cultures, mais aussi des types d'années. Toutefois, les doses d'eau d'irrigation apportées en année sèche sont supérieures à celles des années normale et humide quel que soit le type de culture pratiquée.

Pour la stratégie  $i_1$ , les hauteurs d'eau d'irrigation cumulée sous le sorgho sont évaluées à 59,3 mm en année sèche, 57,3 mm en année normale et 53,9 mm en année humide (Figure 42). Elles varient de 46,5 à 39,9 mm pour les stratégies  $i_2$  à  $i_5$ , de 30,5 à 27,1 mm pour les

stratégies  $i_6$  à  $i_{11}$  et de 14 à 13,8 mm pour les stratégies  $i_{12}$  à  $i_{15}$ . L'adoption de la stratégie  $i_1$  nécessite un apport d'eau plus important comparativement aux autres. Elle correspond à la pratique de l'irrigation de complément pendant toutes les phases du cycle végétatif du sorgho. Les autres stratégies comportent au moins une phase pendant laquelle l'irrigation n'est pas pratiquée. En rappel, la stratégie  $i_{16}$  est assimilée à la situation sans irrigation.

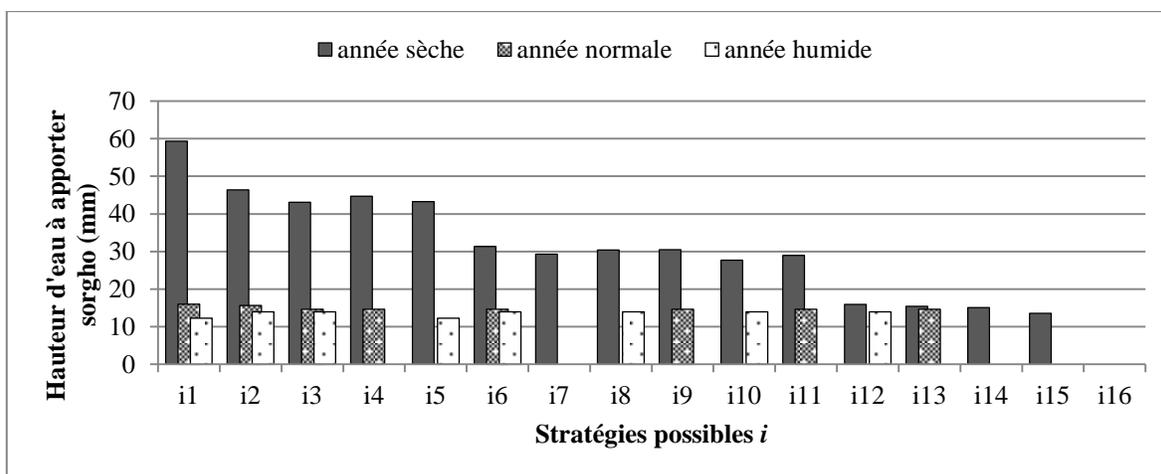


Figure 42. Stratégies d'irrigation possibles du sorgho

Source : Auteur, à partir de la simulation du modèle bioéconomique

La Figure 43 indique les hauteurs d'eau d'irrigation cumulées à apporter au mil en fonction des stratégies d'irrigation possibles et des types d'années. A la lumière du sorgho, la hauteur d'eau d'irrigation relative à la stratégie  $i_1$  est supérieure à celles des autres stratégies quel que soit le type d'année. Elle est estimée à 54,6 mm en année sèche, 51 mm en année normale et 47,5 mm en année humide. Elle varie de 33,9 à 41,6 mm pour les stratégies  $i_2$  à  $i_5$ , 22,1 à 27,9 mm pour les stratégies  $i_6$  à  $i_{11}$  et 8,8 à 13,7 mm pour les stratégies  $i_{12}$  à  $i_{15}$  selon les différentes années.

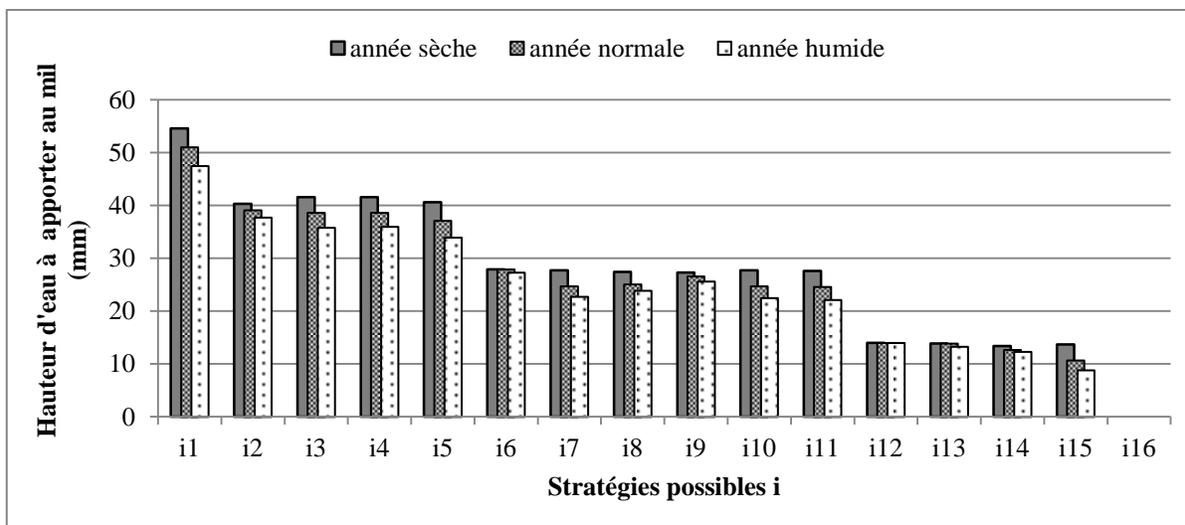


Figure 43. Stratégies d'irrigation possibles du mil  
 Source : Auteur, à partir de la simulation du modèle bioéconomique

Les hauteurs d'eau d'irrigation du maïs sont consignées à la Figure 44. Pour la stratégie  $i_1$ , elles sont estimées 107,2 mm en année sèche, 96,5 mm en année normale et 74,6 mm en année humide. On observe que les besoins en eau en année sèche sont largement supérieurs à celui des années normale et humide. Cette remarque est également constatée pour les autres stratégies. Ces dernières se distinguent cependant par de faibles hauteurs d'eau d'irrigation comparativement à la stratégie  $i_{16}$ . Les hauteurs d'eau d'irrigation varient de 31,8 à 74,3 mm pour les stratégies  $i_2$  à  $i_{11}$  et 6,3 à 29,92 mm pour les  $i_{12}$  à  $i_{15}$  en fonction des différentes années.

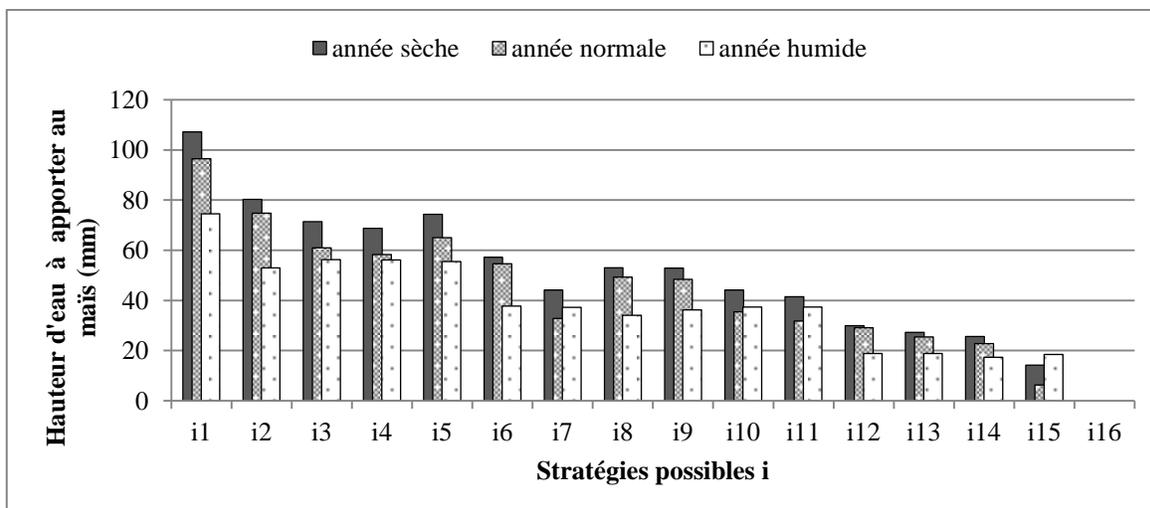


Figure 44. Stratégies d'irrigation du maïs

Source : Auteur, à partir de la simulation du modèle bioéconomique

### 9.3.2. Rendements agricoles

Les rendements des cultures sont estimés en fonction des types d'années. L'analyse montre qu'ils dépendent de différentes stratégies d'irrigation.

Les rendements optimaux du sorgho sont obtenus par l'adoption des stratégies  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$ ,  $i_4$  et  $i_5$  (Figure 45). Ils sont évalués à 1 000 kg/ha en année humide, 860 kg/ha en année normale et 820 kg/ha en saison sèche. Au regard de la quantité d'eau d'irrigation, la stratégie  $i_5$  paraît plus efficace que les autres puisqu'elle consomme moins d'eau durant le cycle végétatif. En rappel, elle consiste à irriguer les cultures durant les phases 1, 2 et 3.

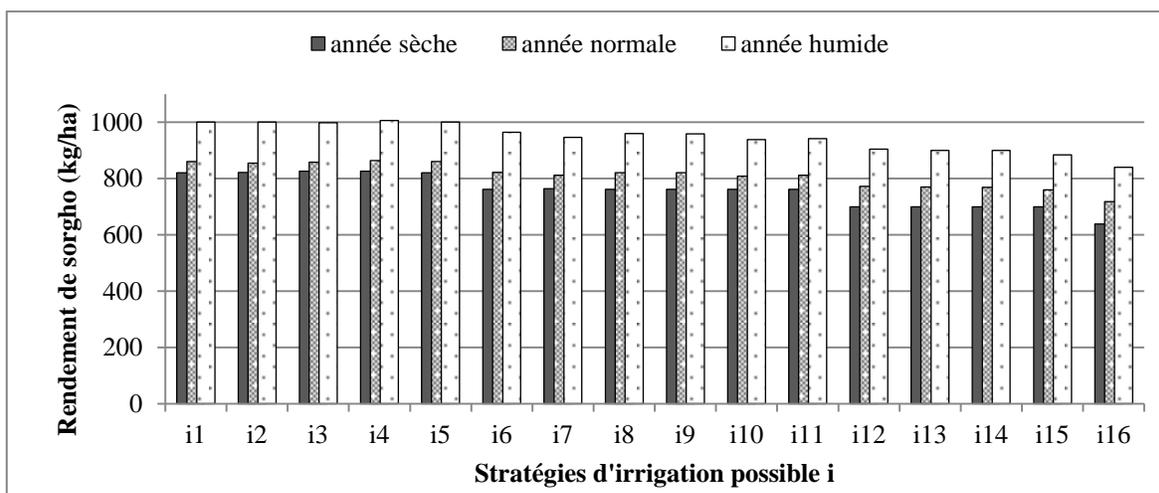


Figure 45. Rendements du sorgho en fonction des stratégies d'irrigation

Source : Auteur, à partir de la simulation du modèle bioéconomique

Pour la culture du mil, l'adoption des stratégies  $i_3$  et  $i_4$  fournit les meilleurs rendements (Figure 46). Ces derniers sont estimés à 1006 kg/ha en année humide, 864 kg/ha en année normale et 712 en année sèche. Compte tenu de la quantité apportée, la stratégie  $i_4$  est la plus efficace. Elle consiste à irriguer le mil à la phase initiale avec une faible dose d'eau.

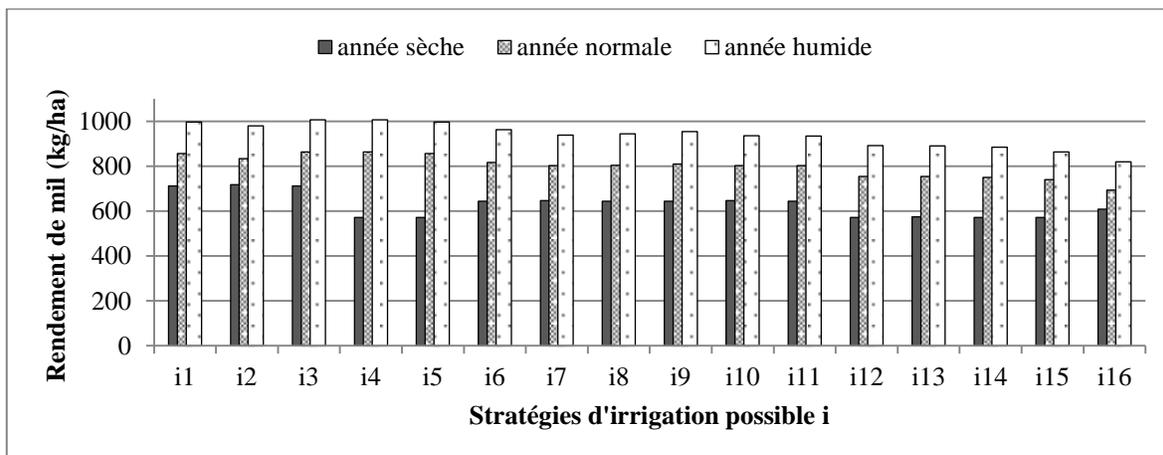


Figure 46. Rendements du mil en fonction des stratégies d'irrigation  
 Source : Auteur, à partir de la simulation du modèle bioéconomique

La Figure 47 montre les rendements de maïs associés aux différents types d'années. Il ressort une divergence des rendements en fonction des stratégies adoptées. Evidemment, les faibles rendements sont constatés à travers l'adoption de la stratégie  $i_{16}$  qui consiste à cultiver le maïs sans irrigation de complément. En revanche, les rendements élevés sont obtenus avec l'adoption de la stratégie  $i_2$  en années sèche, normale et humide.

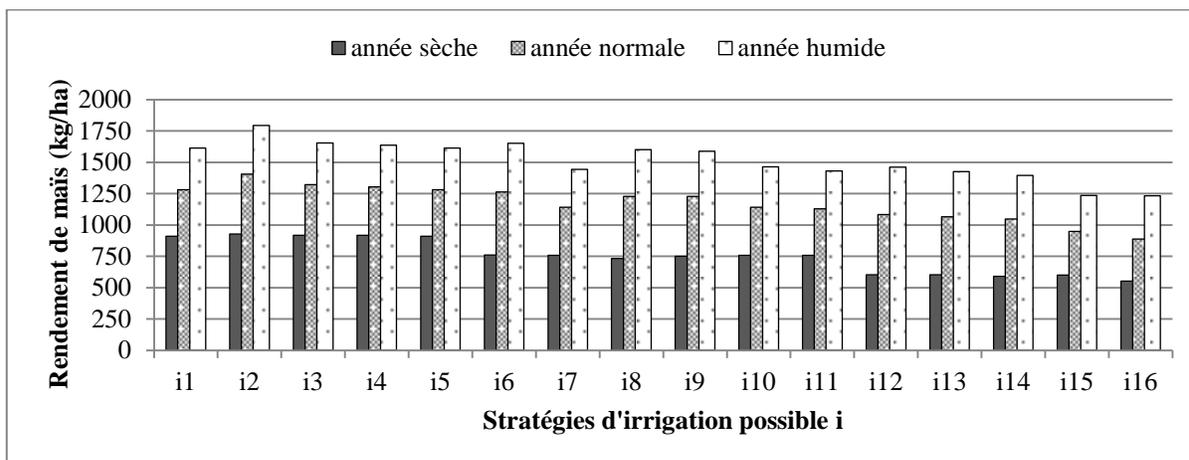


Figure 47. Rendements du maïs en fonction des stratégies d'irrigation  
 Source : Auteur, à partir de la simulation du modèle bioéconomique

## 9.4. COMPORTEMENT D'OPTIMISATION DES MENAGES AGRICOLES

### 9.4.1. Plan de production en année sèche

On fait l'hypothèse que les ménages agricoles sont informés que l'année sera sèche. La probabilité ainsi associée à l'année sèche est 1 et 0 pour les années normales et humides.

Etant informé que l'année est sèche, les ménages diminuent la superficie du mil (1,72 à 1,20 ha) au profit du sorgho (1,93 à 2,74 ha) (Tableau 69). Quant au maïs, sa superficie est totalement réallouée au sorgho. En termes de stratégie, les ménages n'irriguent pas le mil. Par contre, ils choisissent d'irriguer 1,29 ha de sorgho à la phase initiale et celle de mi-saison ( $i_7$ ), 1,42 ha seulement à la phase de mi-saison ( $i_{12}$ ) et 0,03 ha à la phase initiale, de mi-saison et d'arrière-saison ( $i_{15}$ ).

Le revenu espéré par les ménages agricoles est évalué à 570 180 F CFA avec la pratique de l'irrigation de complément. En situation sans irrigation, il est estimé à 502 210 F CFA (Figure 48). Par conséquent, la pratique de l'irrigation de complément induit une augmentation du revenu espéré de 13,53% en année sèche.

Tableau 69. Superficies allouées aux différentes cultures (ha) en année sèche

Stratégies d'irrigation	Sans irrigation de complément			Avec irrigation de complément		
	Maïs	Mil	Sorgho	Maïs	Mil	Sorgho
$i_7$				0	0	1,29
$i_{12}$				0	0	1,42
$i_{15}$				0	0	0,03
$i_{16}$	0,3	1,72	1,93	0	1,20	0
Total	0,3	1,72	1,93	0	1,20	2,74

Source : Auteur, à partir de la simulation du modèle bioéconomique

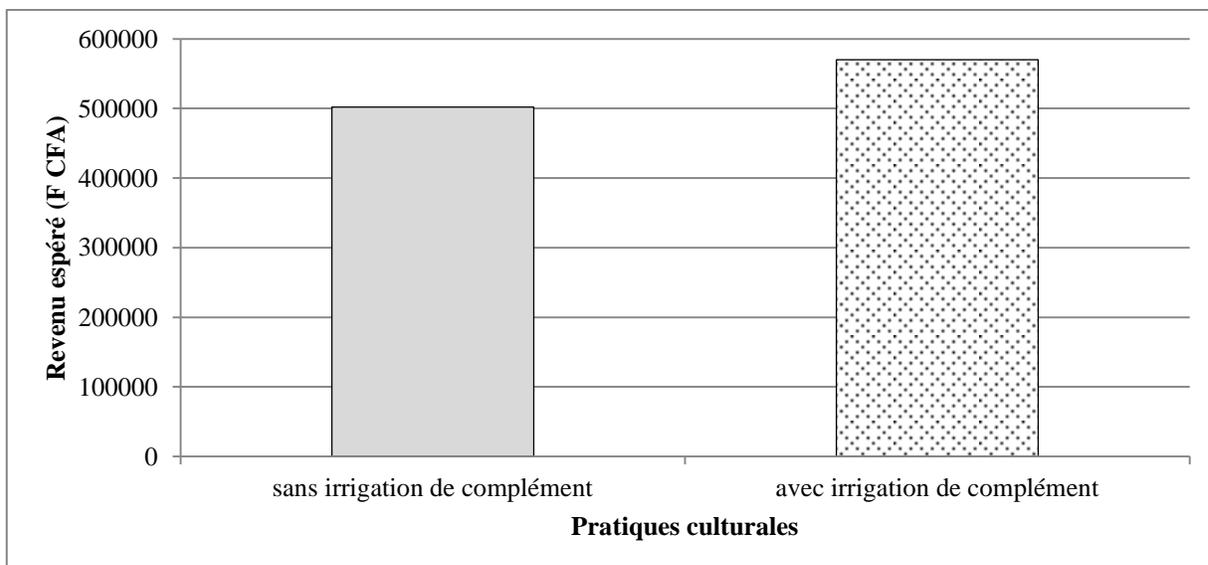


Figure 48. Revenu espéré en année sèche comparé au revenu sans irrigation  
 Source : Auteur, à partir de la simulation du modèle bioéconomique

#### 9.4.2. Plan de production agricole en année moyenne

L'année moyenne suppose que les ménages n'aient aucune information sur le déroulement de la campagne agricole en termes de pluviométrie. Elle est dite « myope » dans la mesure où les agriculteurs ne sont pas informés à l'avance si l'année sera sèche, normale ou humide. Un tel contexte de production agricole se traduit par une équiprobabilité (1/3) de l'avènement des types d'années.

Avec l'irrigation de complément, les ménages allouent 1,18 ha au maïs, 0,85 ha au mil et 1,64 ha au sorgho (Tableau 70). Comparativement à la situation sans irrigation, ils modifient l'assolement des cultures. Ils accroissent la superficie du maïs (0,3 à 1,18 ha) au détriment de celles du mil (1,72 à 0,85 ha) et du sorgho (1,93 à 1,64 ha). Dans une telle situation, les ménages agricoles n'adoptent pas la stratégie  $i_1$  qui consiste à irriguer chaque culture pendant toutes les phases de son cycle de développement. Les autres stratégies adoptées sont cependant différentes selon les cultures.

Tableau 70. Superficies allouées aux différentes cultures (ha) en année moyenne

Stratégies d'irrigation possibles	Sans irrigation de complément			Avec irrigation de complément		
	Mais	Mil	Sorgho	Mais	Mil	Sorgho
$i_1$				0	0	0
$i_2$				0,03	0	0
$i_3$				0,03	0	0
$i_4$				0,04	0	0
$i_5$				0,08	0	0
$i_6$				0,14	0	0,51
$i_7$				0,10	0	0,24
$i_8$				0,10	0	0,19
$i_9$				0,03	0	0
$i_{10}$				0,10	0,05	0
$i_{11}$				0,03	0	0
$i_{12}$				0,12	0,03	0,02
$i_{13}$				0,02	0	0
$i_{14}$				0,03	0	0
$i_{15}$				0,13	0,04	0
$i_{16}$	0,30	1,72	1,93	0,19	0,73	0,69
Total	0,30	1,72	1,93	1,18	0,85	1,64

Source : Auteur, à partir de la simulation du modèle bioéconomique

Le revenu espéré à partir de la pratique de l'irrigation de complément est évalué à 635 240 F CFA tandis que celui sans irrigation est estimé à 502 210 F CFA (Figure 49). L'irrigation de complément permet ainsi d'accroître le revenu espéré de 26,49% (133 030 F CFA) lorsqu'elle est pratiquée en année moyenne.

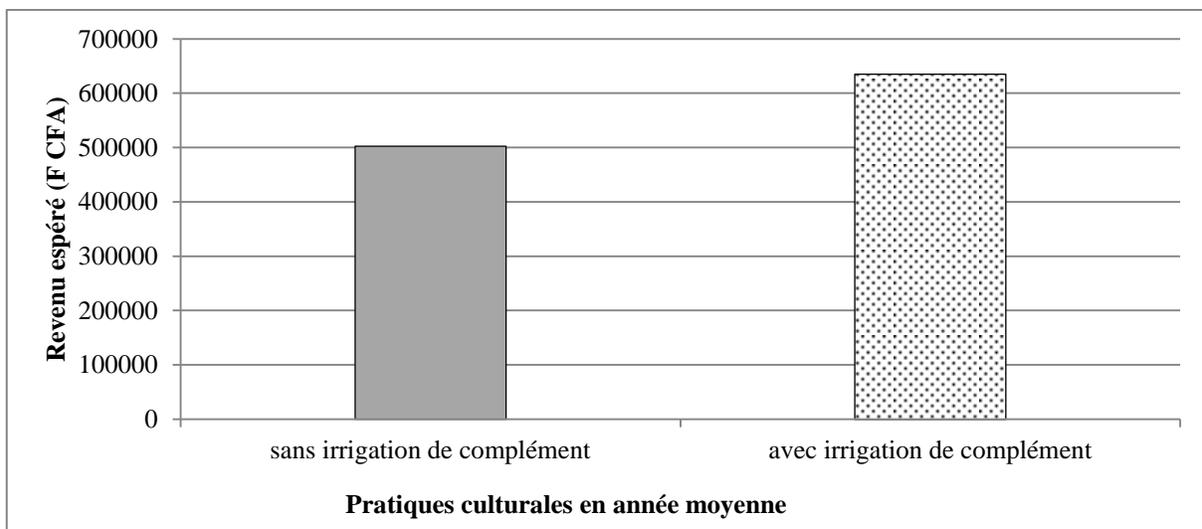


Figure 49. Revenu espéré en année moyenne

Source : Auteur, à partir de la simulation du modèle bioéconomique

## 9.5. POLITIQUES AGRICOLES DE VULGARISATION DE LA PRATIQUE DE L'IRRIGATION DE COMPLEMENT EN ANNEE MOYENNE

### 9.5.1. Subvention de la construction des bassins, de l'imperméabilisation, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture

Les ménages agricoles suggèrent que les coûts relatifs à la construction des bassins, à l'imperméabilisation, au moyen d'exhaure et au matériel de clôture soient subventionnés (cf 5.4.6). Le Tableau 71 indique ainsi le revenu espéré par les ménages si toutefois la subvention est à 100%. En appliquant ce taux, le revenu espéré devient indépendant des types de bassins dans la mesure où la subvention est totale. Il est déterminé par les stratégies d'irrigation choisies, la valeur de la production agricole, le coût des intrants et de la main-d'œuvre à l'instar du processus de production sans irrigation de complément. Le coût du dispositif d'irrigation de complément est égal à zéro pour les ménages.

Le revenu agricole espéré à partir des stratégies adoptées est évalué à 635 250 F CFA pour chaque dispositif d'irrigation de complément (Figure 50). Comparativement à la situation en agriculture pluviale (sans irrigation), le surplus dégagé est estimé à 133 030 F CFA (26,49%). Ce surplus traduit l'impact de la pratique de l'irrigation de complément sur le revenu espéré des ménages agricoles en année moyenne. Il met également en lumière l'impact de la subvention totale du dispositif d'irrigation de complément sur le revenu espéré des ménages.

Tableau 71. Subvention de la construction des bassins, de l'imperméabilisation, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture

Types de bassins	Coût du dispositif (F CFA)	Subvention de la construction du bassin, l'imperméabilisation et le matériel de clôture (F CFA)	Taux de subvention (%)
Bassin 1: Fond et parois non imperméabilisés	924 376	924 376	100
Bassin 2: Fond imperméabilisé en argile et parois cimentées	1 062 376	1 062 376	100
Bassin 3: Fond bâché et parois cimentées	1 850 376	1 850 376	100
Bassin 4: Fond et parois bâchés	2 318 376	2 318 376	100

Source : Auteur, à partir des données des expérimentations et de la simulation du modèle bioéconomique

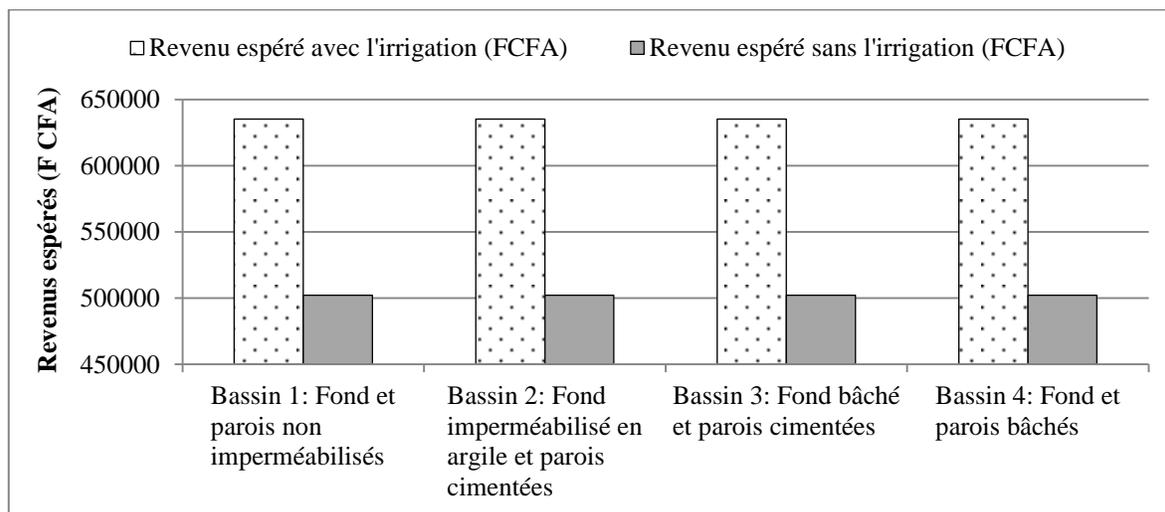


Figure 50. Revenus espérés avec subvention de la construction des bassins, de l'imperméabilisation, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture

Source : Auteur, à partir des données des expérimentations et de la simulation du modèle bioéconomique

### 9.5.2. Subvention de la construction des bassins, de l'imperméabilisation et du matériel de clôture

Pour faciliter l'adoption de la pratique de l'irrigation de complément, des ménages agricoles recommandent une subvention de la construction, l'imperméabilisation et le matériel de clôture des différents types de bassins. L'application d'une telle politique suppose que les ménages devront s'acheter les moyens d'exhaure.

Le Tableau 72 montre les montants et les taux de subvention en fonction des coûts des types de bassins. Le taux de subvention est égal à 85% pour le bassin à fond et parois non imperméabilisé, 87% pour le bassin à fond imperméabilisé en argile et parois imperméabilisées en ciment, 92% pour le bassin à fond en bêche et parois imperméabilisées en ciment et 94% pour le bassin à fond et parois imperméabilisés à partir d'une bêche. Les ménages agricoles ayant le bassin à fond et parois en bêche ont le taux de subvention le plus élevé. En revanche, le plus faible taux de subvention est observé pour le dispositif dont le bassin est à fond et parois non imperméabilisés.

Tableau 72. Subvention de la construction des bassins, l'imperméabilisation et du matériel de clôture

Types de bassins	Coût du dispositif (F CFA)	Subvention de la construction du bassin, l'imperméabilisation et le matériel de clôture (F CFA)	Taux de subvention (%)
Bassin 1: Fond et parois non imperméabilisés	924 376	784888	85
Bassin 2: Fond imperméabilisé en argile et parois cimentées	1 062 376	922886	87
Bassin 3: Fond bûché et parois cimentées	1 850 376	1710858	92
Bassin 4: Fond et parois bûchés	2 318 376	2 179 273	94

Source : Auteur, à partir des données des expérimentations et de la simulation

En considérant ces taux de subvention, les ménages devront investir uniquement pour l'achat du matériel d'exhaure estimé à 139 476 F CFA pour chaque type de dispositif d'irrigation de complément. De ce fait, l'investissement des ménages pour l'acquisition du dispositif devient indépendant des types de bassins. La Figure 51 montre que le revenu espéré pour chaque type de dispositif d'irrigation de complément est égale à 621 290 F CFA. Comparativement à la situation sans irrigation, le surplus dégagé est évalué 119 080 F CFA. Autrement dit, quel que soit le type de bassin adopté par les ménages agricoles, on observe un accroissement du revenu espéré de 23,71% en année moyenne.

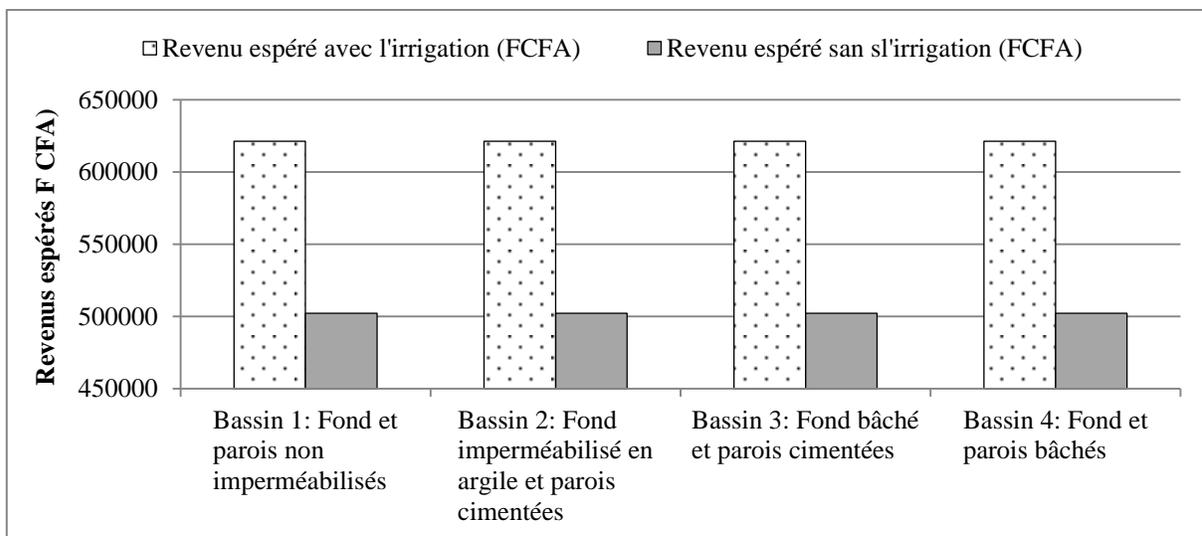


Figure 51. Revenus espérés avec subvention de la construction des bassins, l'imperméabilisation et du matériel de clôture

Source : Auteur, à partir des données des expérimentations et de la simulation du modèle bioéconomique

### 9.5.3. Subvention de la construction des bassins, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture

Une politique de subvention de la construction des bassins, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture signifie que l'investissement pour l'imperméabilisation du bassin revient au ménage agricole. En rappel, le coût d'imperméabilisation dépend des types de bassin (Tableau 73). Par conséquent, le taux de subvention va également être fonction des types de bassins. Pendant que le dispositif comprenant un bassin à fond et parois non imperméabilisés est subventionné totalement, celui à fond et parois imperméabilisés à partir d'une bâche ne l'est qu'à 40%. Quant au bassin à fond en bâche et parois imperméabilisées en ciment, le taux de subvention est 54% contre 93% pour le bassin à fond imperméabilisé en argile et parois imperméabilisées en ciment.

Tableau 73. Subvention de la construction des bassins, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture

Types de bassins	Coût du dispositif (F CFA)	Subvention de la construction du bassin, des moyens d'exhaure et le matériel de clôture (F CFA)	Taux de subvention (%)
Bassin 1: Fond et parois non imperméabilisés	924 376	924 376	100
Bassin 2: Fond imperméabilisé en argile et parois cimentées	1 062 376	984 398	93
Bassin 3: Fond bâché et parois cimentées	1 850 376	994 392	54
Bassin 4: Fond et parois bâchés	2 318 376	921 323	40

Source : Auteur, à partir des données des expérimentations et de la simulation du modèle bioéconomique

Les taux de subvention étant différents, le revenu espéré par les ménages va dépendre du type de dispositif adopté pour pratiquer l'irrigation de complément (Figure 52). Le revenu espéré avec l'adoption du bassin à fond et parois non imperméabilisés est évalué à 635 240 F CFA et celui du bassin à fond imperméabilisé en argile et parois en ciment est estimé à 627 540 F CFA. Quant au dispositif dont le bassin est à fond imperméabilisé en bâche et parois en ciment, le revenu espéré est égale 549 640 F CFA. Celui constitué du bassin à fond et parois en bâche génère 495 540 F CFA. Par rapport à la situation sans irrigation, l'augmentation du revenu est également tributaire du type de bassin.

Le surplus du revenu espéré dégagé est évalué à 26,49% pour le bassin à fond et parois non imperméabilisés, 24,94% pour le bassin à fond imperméabilisé en argile et parois imperméabilisées en ciment, 9,44% pour le bassin à fond en bâche et parois imperméabilisées en ciment et 1,88% pour les bassins à fond et parois imperméabilisés à partir d'une bâche. Le coût élevé de la bâche est à l'origine de la faible augmentation du revenu espéré du dispositif d'irrigation de complément constitué de bassin à fond en bâche et parois imperméabilisées en ciment et celui à fond et parois imperméabilisés à partir d'une bâche.

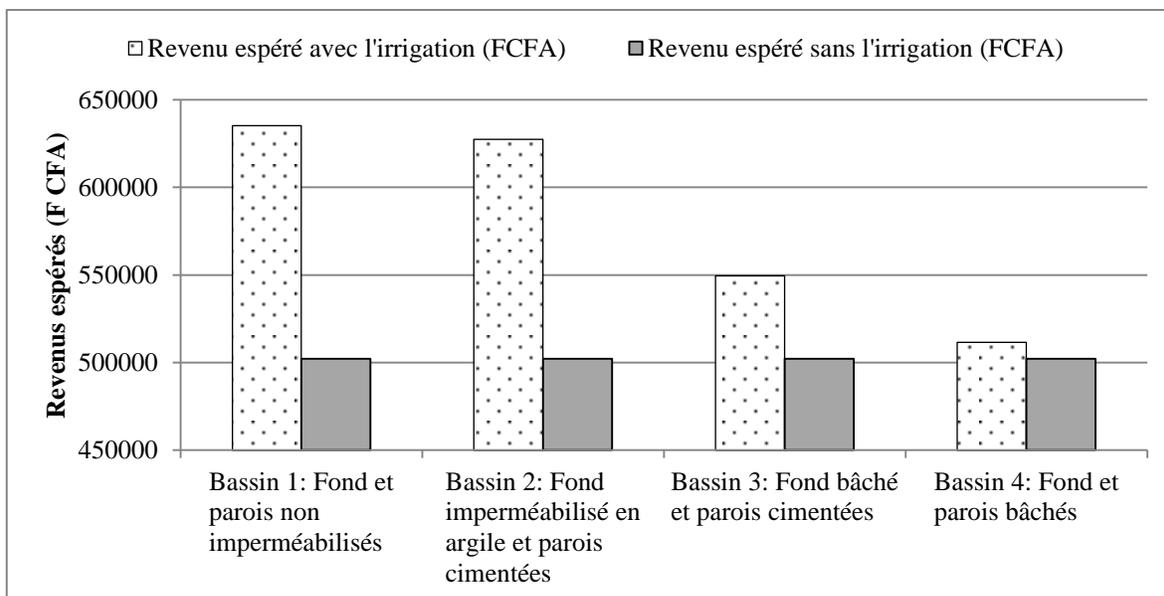


Figure 52. Revenus espérés avec subvention de la construction des bassins, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture

Source : Auteur, à partir des données des expérimentations et de la simulation du modèle bioéconomique

#### 9.5.4. Subvention de l'imperméabilisation, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture

Lorsque les charges relatives à l'imperméabilisation, aux moyens d'exhaure et au matériel de clôture sont subventionnées, les ménages agricoles devront investir uniquement pour la construction des bassins. Le taux de subvention est ainsi 72% pour le bassin à fond et parois imperméabilisés à partir d'une bâche, 61% pour le bassin à fond en bâche et parois imperméabilisées en ciment, 33% pour le bassin à fond en bâche et parois imperméabilisées en ciment et 29% pour le bassin à fond et parois non imperméabilisés (Tableau 74). On constate que le bassin à fond et parois en bâche bénéficie du taux de subvention le plus élevé.

En appliquant ces taux de subvention, le revenu généré par chaque dispositif se révèle supérieur à la situation sans irrigation de complément en année moyenne (Figure 53). Il est évalué à 569 800 F CFA pour le bassin à fond et parois non imperméabilisés, 563 800 F CFA pour le bassin à fond imperméabilisé en argile et parois en ciment, 562 800 F CFA pour le bassin à fond en bâche et parois imperméabilisées en ciment et 570 030 F CFA pour le bassin à fond et parois imperméabilisés à partir d'une bâche. L'écart de revenu est compris entre 12,06% et 13,50%. Ceci prouve que l'irrigation de complément soutenue par une politique de

subvention de l'imperméabilisation, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture ne génère pas des revenus espérés assez différents selon les dispositifs adoptés par les ménages agricoles. Cependant elle permet aux ménages de dégager plus de 10% du revenu comparativement à la situation sans irrigation.

Tableau 74. Subvention de l'imperméabilisation, moyens d'exhaure et du matériel de clôture

Types de bassins	Coût du dispositif (F CFA)	Subvention de l'imperméabilisation, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture (F CFA)	Taux de subvention (%)
Bassin 1: Fond et parois non imperméabilisés	924 376	269 918	29
Bassin 2: Fond imperméabilisé en argile et parois cimentées	1 062 376	347 928	33
Bassin 3: Fond bâché et parois cimentées	1 850 376	1 125 954	61
Bassin 4: Fond et parois bâchés	2 318 376	1 666 217	72

Source : Auteur, à partir des données des expérimentations et de la simulation du modèle bioéconomique

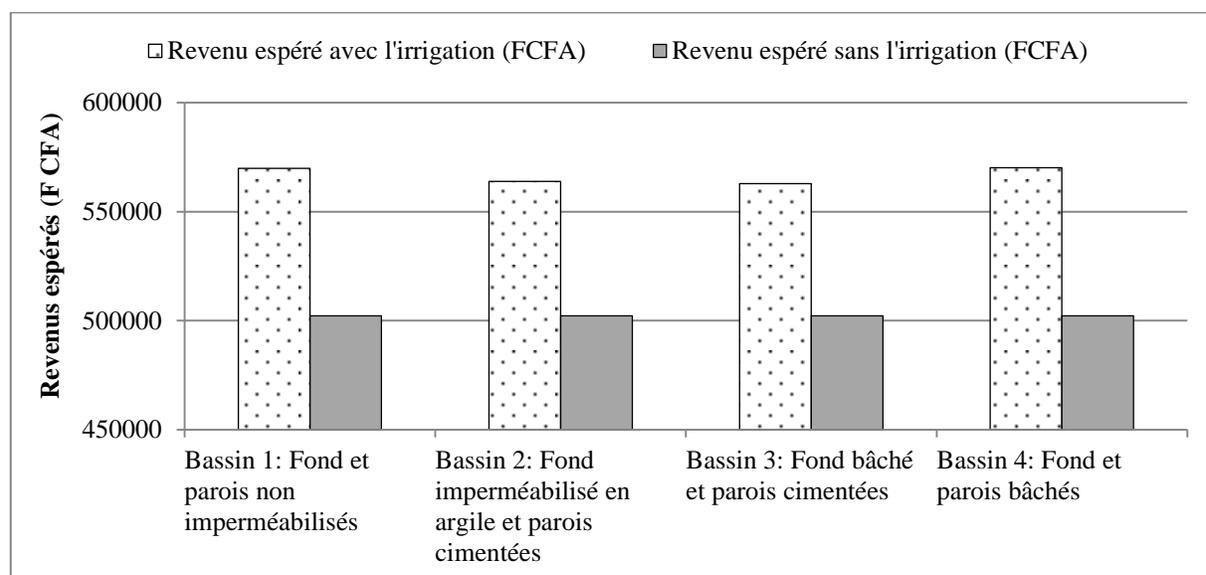


Figure 53. Revenus espérés avec subvention de l'imperméabilisation, moyens d'exhaure et du matériel de clôture

Source : Auteur, à partir des données des expérimentations et de la simulation du modèle bioéconomique

### 9.5.5. Subvention de la construction des bassins

Une subvention de la construction des bassins suppose que les ménages investiront pour les moyens d'exhaure, le matériel de clôture et l'imperméabilisation afin d'acquérir le dispositif d'irrigation de complément. En adoptant cette politique, le coût d'acquisition du dispositif d'irrigation de complément pour les ménages agricoles dépendra des types de bassins. Parallèlement, le taux de subvention varie également en fonction des types de bassins (Tableau 75). Il est estimé à 71% le bassin à fond et parois non imperméabilisés, 67% pour le bassin à fond imperméabilisé en argile et parois en ciment, 39% pour le bassin à fond en bêche et parois imperméabilisés en ciment et 28% pour le bassin à fond et parois imperméabilisés à partir d'une bêche. Ces taux montrent que les ménages investiront moins pour acquérir le bassin à fond et parois non imperméabilisés comparativement aux autres.

En prélude à ces différents taux de subvention, les revenus espérés dégagés sont fonction des dispositifs d'irrigation de complément (Figure 54). Le revenu est évalué à 608 250 F CFA pour le bassin à parois et fond non imperméabilisés, 600 450 F CFA pour le bassin à fond en argile et parois en ciment, 522 650 F CFA pour le bassin à fond en bêche et parois en ciment et 505 580 F CFA pour le bassin à fond et parois en bêche. La comparaison de ces revenus à celui sans irrigation montre une augmentation de 21,11% pour le bassin à parois et fond non imperméabilisés, 19,56% pour le bassin à fond en argile et parois en ciment, 4,45% pour le bassin à fond en bêche et parois en ciment et 0,73% pour le bassin à fond et parois en bêche.

Tableau 75. Subvention de la construction

Types de bassins	Coût du dispositif (FCFA)	Subvention de la construction du bassin (FCFA)	Taux de subvention (%)
Bassin 1: Fond et parois non imperméabilisés	924 376	654458	71
Bassin 2: Fond imperméabilisé en argile et parois cimentées	1 062 376	714448	67
Bassin 3: Fond bâché et parois cimentées	1 850 376	724422	39
Bassin 4: Fond et parois bâchés	2 318 376	652 159	28

Source : Auteur, à partir des données des expérimentations et de la simulation

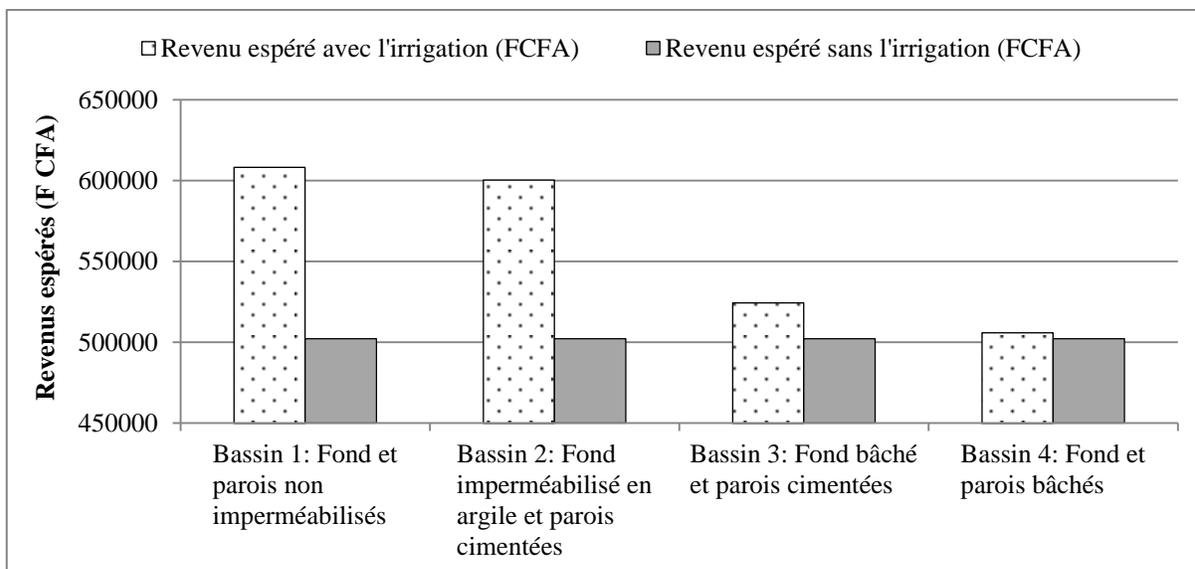


Figure 54. Revenus espérés avec subvention de la construction du bassin

Source : Auteur, à partir des données des expérimentations et de la simulation du modèle bioéconomique

### 9.5.6 Subvention de l'imperméabilisation des bassins

Une mesure visant la subvention de l'imperméabilisation des bassins signifie que ce sont les ménages agricoles qui prendront en charge de la construction des bassins, les moyens d'exhaure et le matériel d'exhaure dans le dispositif d'irrigation de complément. Avec cette mesure, le taux de subvention est égal à 0% pour le bassin à fond et parois non imperméabilisés, 7% pour le bassin à fond imperméabilisé en argile et parois en ciment, 46% pour le bassin à fond en bâche et parois imperméabilisées en ciment et 60% pour le bassin à fond et parois en bâche (Tableau 76).

Le revenu espéré est évalué à 542 800 F CFA pour le bassin à parois et fond non imperméabilisés, 536 800 F CFA pour le bassin à fond en argile et parois en ciment, 535 800 F CFA pour le bassin à fond en bâche et parois en ciment et 543 110 F CFA pour celui en bâche (Figure 55). Le surplus de revenu par cette subvention est évalué entre 6 et 9% par rapport à la situation sans irrigation.

Tableau 76. Subvention de l'imperméabilisation

Types de bassins	Coût du dispositif (F CFA)	Subvention de l'imperméabilisation (F CFA)	Taux de subvention (%)
Bassin 1: Fond et parois non imperméabilisés	924 376	0	0
Bassin 2: Fond imperméabilisé en argile et parois cimentées	1 062 376	77978	7
Bassin 3: Fond bâché et parois cimentées	1 850 376	855984	46
Bassin 4: Fond et parois bâchés	2 318 376	1 397 053	60

Source : Auteur, à partir des données des expérimentations et de la simulation du modèle bioéconomique

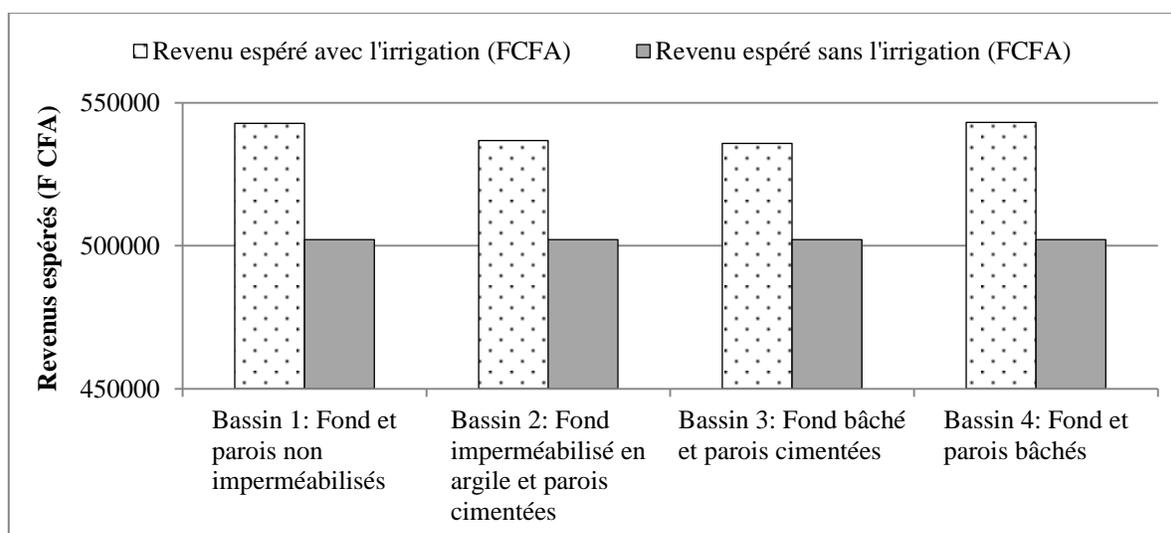


Figure 55. Revenus espérés avec subvention de l'imperméabilisation du bassin

Source : Auteur, à partir des données des expérimentations et de la simulation du modèle bioéconomique

### 9.5.7. Politique de crédit pour le financement du dispositif de l'irrigation de complément

Le crédit est un des facteurs d'incitation à l'adoption des innovations en agriculture. Cependant, il est rarement octroyé aux producteurs de céréales dans la zone d'étude (cf. Chapitre 3). Nonobstant, il est nécessaire d'analyser les impacts de l'instauration du crédit sur le revenu espéré des agriculteurs. En effet une politique de crédit pourra inciter les institutions financières à s'intéresser au financement du dispositif d'irrigation de complément. Avec cette politique, les ménages sont supposés effectuer un emprunt pour financer la construction des bassins, leur imperméabilisation, l'achat des moyens d'exhaure et du matériel de clôture.

Pour établir les modalités d'octroi du crédit, le coût d'acquisition du dispositif d'irrigation de complément a été ramené en F CFA/m<sup>3</sup> de bassin construit ; le volume maximum a été fixé à 200 m<sup>3</sup> et un taux d'intérêt de 10% a été retenu. La durée de remboursement du crédit a été fixé à 10 ans quel que soit le type de bassin (Tableau 77). En appliquant le taux d'intérêt sur une période de 10 années (campagnes agricoles), les ménages devront rembourser 5 084 F CFA/m<sup>3</sup> pour le dispositif constitué de bassin à fond et parois non imperméabilisés, 5 843 F CFA/m<sup>3</sup> pour le bassin à fond imperméabilisé en argile et parois en ciment, 10 177 F CFA/m<sup>3</sup> pour le bassin à fond en bêche et parois imperméabilisées en ciment et 12 751 F CFA/m<sup>3</sup> pour le bassin à fond et parois imperméabilisés à partir d'une bêche.

Tableau 77. Impact du crédit sur le revenu espéré des ménages agricoles

Types de bassins	Coût du dispositif (F CFA)	Coût par m <sup>3</sup> (F CFA)	Intérêt par m <sup>3</sup>		Remboursement par m <sup>3</sup> (F CFA)	Revenu espéré (F CFA)	
			Taux (%)	Montant (F CFA)		avec l'irrigation	sans l'irrigation
Bassin 1: Fond et parois non imperméabilisés	924 376	4622	10	462	5084	535610	502210
Bassin 2: Fond imperméabilisé en argile et parois cimentées	1 062 376	5312	10	531	5843	523780	502210
Bassin 3: Fond bâché et parois cimentées	1 850 376	9252	10	925	10177	504380	502210
Bassin 4: Fond et parois bâchés	2 318 376	11592	10	1159	12751	504130	502210

Source : Auteur, à partir des données des expérimentations et de la simulation du modèle bioéconomique

Chaque année, le revenu espéré est évalué à 535 610 F CFA pour le bassin à fond et parois non imperméabilisés, 523 780 F CFA pour le bassin à fond imperméabilisé en argile et parois en ciment, 504 380 F CFA pour le bassin à fond en bêche et parois imperméabilisées en ciment, 504 130 F CFA pour le bassin à fond et parois imperméabilisés à partir d'une bêche. L'accroissement du revenu espéré atteint jusqu'à 6,65% par rapport à la situation sans irrigation. Cet accroissement montre qu'il est bien possible de mobiliser les institutions financières pour financer le dispositif de l'irrigation de complément dans les exploitations agricoles.

## 9.6. DISCUSSION SUR LES DIFFERENTES MESURES TECHNIQUES ET POLITIQUES AGRICOLES

Selon les résultats des simulations, diverses stratégies d'irrigation peuvent être adoptées par les agriculteurs afin de pratiquer l'ICBI dans les exploitations agricoles pour faire face aux poches de sécheresse. Ces stratégies sont identifiées en fonction des cultures et des types d'années caractérisées par la pluviométrie. Les meilleures stratégies d'irrigation sont  $i_5$  pour le sorgho,  $i_4$  pour le mil et  $i_2$  pour le maïs puisqu'elles fournissent les rendements les plus élevés. Bien que l'ensemble des stratégies identifiées soient théoriques, elles peuvent servir à éclairer la prise de décision des agriculteurs. La précision des périodes et des volumes d'eau d'irrigation permet aux agriculteurs d'optimiser la gestion de l'eau stockée. Les agriculteurs pourront ainsi choisir d'irriguer différentes proportions de la superficie allouée à chaque culture en tenant compte du volume d'eau disponible dans le bassin au cours du cycle végétatif. La période cruciale d'apport d'eau aux cultures correspond à la mi-saison marquée par la floraison et la maturité des grains (Adekalu *et al.*, 2009). Toutefois, il est recommandé d'irriguer les cultures lorsqu'il advient une poche de sécheresse au cours des autres phases de développement (Fox et Rockström, 2003 ; Kar *et al.*, 2006).

La pratique de l'ICBI des cultures peut améliorer les revenus des agriculteurs. Selon les simulations, cette pratique permet d'accroître le revenu espéré des agriculteurs de 26,49% en année moyenne comparativement à la situation sans irrigation. L'accroissement des revenus espérés confirme l'intérêt de la pratique de l'ICBI évoqué par les études antérieures (Ngigi *et al.*, 2005 ; Oweis et Hachum, 2009). Cependant, l'adoption à grande échelle de cette pratique est entravée par diverses contraintes (He *et al.*, 2007) parmi lesquelles figure le manque de financement pour l'achat du matériel d'excavation, d'imperméabilisation et de vivres afin de mobiliser la main communautaire pour la construction des bassins au Sahel. Les agriculteurs pourront payer 21% de leur revenu pour bénéficier du dispositif de l'ICBI (Diarra *et al.*, 2013), mais le reste du financement est à rechercher ailleurs.

Six modalités de subventions du dispositif de l'irrigation de complément ont été identifiées. L'analyse de ces modalités montre un accroissement du revenu espéré issu de la pratique de l'irrigation comparativement à la situation sans irrigation. Avec 494 ménages agricoles (78,5%) motivés à pratiquer de l'irrigation de complément (Figure 13), le coût d'une

subvention à 100% devra s'élever à 456,64 millions pour les bassins (i) à fond et parois non imperméabilisés (ii) 524,81 millions pour les bassins fond imperméabilisé en argile et parois en ciment (iii) 914,09 millions pour les bassins à fond en bêche et parois imperméabilisées en ciment et (iv) 1 145,28 millions pour les bassins à fond et parois imperméabilisés à partir d'une bêche (Tableau 78). Les montants relatifs aux autres modalités sont inférieurs à ceux de la subvention totale (100%). La mise en œuvre d'une politique de subvention, à long terme, devra engager l'ensemble des acteurs comme le souligne la politique nationale de développement durable de l'irrigation (MAHRH, 2004). Une telle politique est déjà initiée dans la mesure où le Ministère en charge de l'agriculture subventionne à 100 000 F CFA par bassin construit. Quelques 3 000 bassins de 300 m<sup>3</sup> ont été creusés à la main par les agriculteurs au terme de campagne agricole 2014-2015 dans l'ensemble du pays (Barbier *et al.*, 2015). Selon les expériences d'innovations passées, la subvention sous forme de travail contre nourriture (*food-for-work*) peut être également envisagée (Rochette, 1989 ; Holden *et al.*, 2003 ; Aklilu *et al.*, 2006).

Tableau 78. Coût de subvention (en millions de F CFA)

Subvention dispositif d'irrigation de complément	A	B	C	D	E	F
Bassin 1: Fond et parois non imperméabilisés	456,64	387,73	456,64	133,34	323,30	0
Bassin 2: Fond imperméabilisé en argile et parois cimentées	524,81	455,91	486,29	171,88	352,94	38,52
Bassin 3: Fond bâché et parois cimentées	914,09	845,16	491,23	556,22	357,86	422,86
Bassin 4: Fond et parois bâchés	1 145,28	1 076,56	455,13	823,11	322,17	690,14

A : Subvention de la construction du bassin, de l'imperméabilisation, des moyens d'exhaures et du matériel de clôture  
B : Subvention de la construction du bassin, de l'imperméabilisation et du matériel de clôture  
C : Subvention de la construction du bassin, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture  
D : Subvention de l'imperméabilisation, des moyens d'exhaure et du matériel de clôture  
E : Subvention de la construction du bassin  
F : Subvention de l'imperméabilisation

Source : Auteur, à partir des données des expérimentations et de la simulation du modèle bioéconomique

Une politique de crédit apparaît comme un important stimulant pour faciliter le financement du dispositif d'irrigation de complément dans les exploitations agricoles (He *et al.*, 2007). L'octroi de crédit, à un taux d'intérêt de 10% remboursable sur dix années aux ménages,

permet d'accroître le revenu espéré des ménages de 0,38 à 6,65% comparativement à la situation sans irrigation. Cet accroissement montre que les institutions financières gagneraient à octroyer des crédits aux ménages agricoles afin de faciliter l'acquisition du dispositif d'irrigation de complément. Mais la question est de savoir quelle garantie les ménages pourront fournir pour obtenir un tel crédit? Le régime foncier étant toujours traditionnel, ils ne peuvent garantir leur terre pour accéder au crédit. L'élevage qui constitue leur système d'épargne reste soumis à nombreuses contraintes telles que l'insuffisance du pâturage, d'eau et surtout la récurrence des épizooties (MRA, 2010).

## **9.7. CONCLUSION PARTIELLE**

Ce chapitre a mis en évidence les stratégies d'irrigation possibles en vue d'optimiser le revenu espéré des agriculteurs. Ces stratégies pourront contribuer à guider les décisions des agriculteurs en matière de choix et d'apport d'eau aux cultures selon différents types d'années. Les simulations montrent que la pratique de l'ICBI en année sèche et moyenne permet d'accroître le revenu espéré respectivement de 13,53% et 26,49% comparativement à la situation sans irrigation. Les politiques de vulgarisation examinées concernent la subvention et l'instauration d'un système d'octroi de crédit pour le financement du dispositif de l'ICBI. Dans la réalité les agriculteurs ont peu accès au crédit. La piste de la subvention à travers des soutiens alimentaires peut permettre de mobiliser la main-d'œuvre pour la construction des bassins. La mise en œuvre de cette politique, à long terme, peut faciliter l'adoption de l'ICBI à grande échelle et contribuer à réduire l'insécurité alimentaire.



## **SYNTHESE ET ORIENTATIONS FUTURES DE L'ETUDE**

### **Rappel des objectifs et de la méthodologie générale de l'étude**

Dans les pays sahéliens et en particulier au Burkina Faso, la grande variabilité dans la répartition spatio-temporelle des précipitations demeure une menace pour l'agriculture malgré un certain retour des pluies au début des années 90 (Nicholson, 2005 ; Hountondji *et al.*, 2009) et l'adoption de certaines innovations agricoles diffusées depuis les sécheresses des années 70 et 80 (Zoungrana, 1995; Zougmore *et al.*, 2000 ; Ouédraogo *et al.*, 2010; Nkonya et Kato, 2011; Zorom *et al.*, 2013). Elle se traduit par une persistance des poches de sécheresse auxquelles s'ajoutent souvent le démarrage tardif des pluies et le raccourcissement de la saison pluvieuse (Lebel et Ali, 2009a ; Ozer *et al.*, 2009 ; Frappart *et al.*, 2009 ; Paturel *et al.*, 2010 ; Salack *et al.*, 2012). Un tel contexte interpelle les agriculteurs, la communauté scientifique, les Etats et les partenaires au développement agricole à rechercher de nouvelles stratégies d'adaptation.

Afin de contribuer à atténuer les effets du climat en agriculture, cette étude a porté sur la problématique de l'adoption des innovations agricoles dans les zones sahélienne et soudano-sahélienne du Burkina Faso. Elle a exploré les possibilités de mise en place de stratégies innovantes d'adaptation et intégrées basées sur la pratique de l'irrigation de complément et l'utilisation de l'information climatique en agriculture pluviale.

Les objectifs spécifiques (O) assignés à cette recherche sont :

- O<sub>1</sub> : Analyser les déterminants de la diffusion des innovations existantes au sein des exploitations agricoles pour réduire les effets néfastes des poches de sécheresse ;
- O<sub>2</sub> : Evaluer la rentabilité économique de la pratique de l'irrigation de complément en comparant différents types de bassins ;
- O<sub>3</sub> : Analyser le consentement des ménages agricoles à adopter l'irrigation de complément afin de réduire l'effet des poches de sécheresse sur les récoltes ;
- O<sub>4</sub> : Appréhender les perceptions des ménages agricoles quant à l'information climatique et l'impact de sa mise en œuvre ;
- O<sub>5</sub> : Simuler des mesures techniques et politiques en vue de faciliter l'adoption de l'irrigation de complément à grande échelle et l'utilisation de l'information climatique en agriculture pluviale.

La démarche méthodologique adoptée, au cours de cette étude, a été menée en plusieurs phases allant du choix des sites de l'étude, de la mise en place des parcelles d'expérimentations aux enquêtes auprès des agriculteurs. L'étude a été menée dans les zones sahélienne et soudano-sahélienne. Les expérimentations ont consisté à la mise en place des parcelles d'expérimentation afin d'analyser les impacts de la pratique de l'irrigation de complément à partir de petits bassins (ICBI) de collecte des eaux de ruissellement et de l'utilisation de l'information climatique (IC) en agriculture pluviale. L'ICBI a été expérimentée par 11 agriculteurs pendant trois campagnes agricoles (2012-2013, 2013-2014, 2014-2015). Les expérimentations de l'IC ont été conduites par 70 agriculteurs différents de ceux de l'ICBI durant les campagnes agricoles 2013-2014 et 2014-2015. En outre, ces agriculteurs ont été enquêtés sur leur perception de l'impact de la mise en œuvre de l'IC. Par ailleurs, d'autres enquêtes ont été réalisées auprès de 629 ménages agricoles afin d'évaluer leurs perceptions des changements climatiques et sur l'adoption des innovations agricoles, le consentement des ménages à adopter l'ICBI et leur perception de l'utilisation de l'IC en agriculture pluviale. Une dizaine de focus groupes avec 30 à 40 agriculteurs ont été organisés, entre 2012 et 2015, afin d'appréhender leurs perceptions sur les prévisions saisonnières, la mise en œuvre de l'information climatique et la pratique de l'irrigation de complément. La triangulation des informations à travers les focus groupes a été réalisée afin de vérifier la qualité des données collectées.

Outre les statistiques descriptives, des modèles économétriques et bioéconomiques ont servi d'outils d'analyse des données collectées. Le modèle Logit multinomial a été employé pour analyser les déterminants de la diffusion des innovations agricoles. Ce modèle avait déjà été utilisé dans de nombreux travaux antérieurs (Läpple et Rensburg, 2011 ; Kijima *et al.*, 2011 ; Barham *et al.*, 2001 ; Blazy *et al.*, 2011). Les déterminants du consentement des ménages à adopter l'ICBI dans les exploitations agricoles ont été analysés à partir d'un modèle Logit binaire recommandé par plusieurs auteurs dans la littérature (Somda *et al.*, 2002 ; Ben-Salem *et al.*, 2006 ; Ouédraogo *et al.*, 2010 ; Salhi *et al.*, 2012 ; Mariano *et al.*, 2012 ; Khonje *et al.*, 2015). Les critères de budgétisation partielle ont servi d'outils d'évaluation de la rentabilité économique de la pratique de l'ICBI. Ces critères ont été notamment la Marge brute, la Valeur actuelle nette, le Taux de rentabilité interne et le Délai de retour sur investissement (Gittinger, 1985). La contribution de la pratique de la pratique de l'ICBI et de l'utilisation de l'IC au

besoin céréalier des agriculteurs a été évaluée à partir des normes de consommation annuelle par personne fixée à 190 kg de céréales (CILSS, 2001). Le modèle Heckman (1979) associé à l'approche d'évaluation contingente a été utilisé pour analyser le consentement des ménages à utiliser l'IC. Les simulations générées, à partir d'un modèle bioéconomique, ont permis de proposer des mesures de politiques agricoles afin de contribuer à faciliter l'adoption de ces nouvelles pratiques. L'élaboration du modèle bioéconomique s'est inspirée des travaux de plusieurs auteurs parmi lesquels figurent Jacquet et Flichman (1988), Boussemart *et al.* (1996), Boussard *et al.* (1997), Barbier (1998), Bharati *et al.* (2008), Roy *et al.* (2009), Bergez *et al.* (2002) et Diarra *et al.* (2013).

### **Synthèse des principaux résultats et discussion**

Au terme de cette étude, il convient de s'interroger sur les résultats auxquels elle a abouti. Que peut-on retenir ?

#### ***Adoption des innovations agricoles diffusées depuis la sécheresse des années 70 et 80.***

L'étude a montré que la diffusion des innovations agricoles est relativement lente et dépend de plusieurs facteurs (cf. chapitre 4). A partir des enquêtes menées auprès des ménages agricoles, il ressort qu'au terme des quatre décennies de diffusion (1974-2013), le taux d'adoption est de 69,3% pour les cordons pierreux, 49,1% pour le zaï, 39,1% pour les semences améliorées et 26,2% pour les bandes enherbées. Le taux d'adoption des autres innovations (demi-lunes, diguettes, paillage) reste inférieur à 10%. La diffusion de ces innovations se caractérise par la répartition des ménages en cinq catégories à savoir les innovateurs, les précoces, les tardifs, les retardataires et les non adoptants (cf. tableau 18). Certes, les facteurs d'adoption dépendent des types d'innovations agricoles à la lumière de la synthèse bibliographique réalisée par Knowler et Bradshaw (2007). Mais, d'une manière générale, elle a été positivement influencée par l'assèchement du climat de la zone sahélienne et la perception paysanne de l'augmentation de la fréquence des poches de sécheresse. En revanche, le faible niveau d'organisation et d'accès des agriculteurs aux services des agents de vulgarisation ont constitué les contraintes majeures à l'adoption des innovations agricoles. Ces résultats permettent de nuancer l'hypothèse (H<sub>1</sub>) qui stipule que l'adoption des innovations agricoles dépendait principalement de la perception paysanne de l'amplification de la fréquence des poches de sécheresse. En

dépit des efforts d'adoption des innovations par les ménages, il convient de rappeler que la production agricole reste compromise lorsqu'il advient des poches de sécheresse de deux à trois semaines (Roose, 1993).

### ***Consentement des ménages agricoles à adopter l'irrigation de complément.***

Pour atténuer les effets des poches de sécheresse sur la production agricole, la majorité des ménages agricoles échantillonnés (78,4%) estime que la pratique de l'ICBI constitue une alternative prometteuse (cf. chapitre 5). Ces ménages envisagent ainsi d'irriguer les cultures pluviales à partir des bassins construits pour la collecte des eaux de ruissellement au cours de prochaines campagnes agricoles (Zongo *et al.*, 2015). Les ménages de grande taille et à revenu essentiellement agricole sont plus enclins à pratiquer l'ICBI. Les ménages capables d'apprécier la variation de la fréquence des poches de sécheresse sont également susceptibles de l'adopter. Par contre, la plupart des jeunes chefs de ménages et des jeunes actifs sont moins intéressés par cette pratique puisqu'ils sont plus orientés vers les activités extra-agricoles, en particulier l'orpaillage. Ces résultats viennent nuancer l'hypothèse de recherche (H<sub>2</sub>) selon laquelle la main-d'œuvre familiale constitue le principal facteur socio-économique qui influence la prédisposition des ménages à adopter l'ICBI. Par ailleurs, l'adoption des cordons pierreux et des semences améliorées incitent les ménages à vouloir pratiquer l'ICBI contrairement à la pratique du zaï et la diversification des cultures. Aussi l'insuffisance de sensibilisation constitue-t-elle une contrainte majeure à l'adoption de l'ICBI. La majorité des ménages sont seulement informés de la pratique de l'ICBI par le « bouche-à-oreille ». Pour les expériences antérieures, ce mode d'information par voisinage n'impulse pas l'adoption des nouvelles technologies agricoles (Munshi, 2004). Si la majorité des ménages consentent à adopter la pratique de l'ICBI, la question de son impact réel sur la productivité agricole et la contribution au besoin céréalier reste cependant posée.

### ***Impacts agronomiques et socio-économiques de la pratique de l'irrigation de complément.***

L'évaluation agronomique des parcelles expérimentales (PE) et parcelles témoins (PT) a montré que la pratique de l'ICBI permet d'accroître la productivité du maïs (cf. chapitre 6). L'écart de rendement entre les PE et PT est évalué à 0,75 T/ha au cours de la campagne 2012-2013, 1,45 T/ha en 2013-2014 et 0,98 T/ha en 2014-2015. Le surplus de rendement moyen obtenu à l'issue des trois campagnes agricoles permet de combler les besoins céréaliers

mensuels de 17 personnes comparativement à la situation sans irrigation. En termes monétaires, la pratique de l'ICBI a permis de dégager une Marge brute (MB) supplémentaire de 46 180 F CFA en 2012-2013, 115 067 F CFA en 2013-2014 et 256 825 F CFA en 2014-2015. La MB moyenne est évaluée à 178 483 F CFA par campagne agricole. L'analyse de la marge nette a montré que la pratique de l'irrigation de complément à partir du bassin à (i) fond et parois non imperméabilisés et à (ii) fond imperméabilisé en argile et parois cimentées est économiquement rentable sur 15 campagnes agricoles. Par contre, elle ne l'est pas à partir du bassin à (iii) fond bâché et parois cimentées et à (iv) fond et parois imperméabilisés bâchés. L'estimation de la Valeur actuelle nette (VAN), du Taux de rentabilité interne (TRI) et du Délai de retour sur investissement (DRI) a également montré que la rentabilité du dispositif d'irrigation de complément varie en fonction du type de bassin construit (cf. 4.3 du chapitre 6). Les bassins à (i) fond et parois non imperméabilisés et à (ii) fond imperméabilisé avec de l'argile et parois cimentées sont rentables en 15 campagnes agricoles. Par contre les bassins à (iii) fond bâché et parois cimentées ainsi que ceux à (iv) fond et parois bâchés ne le sont qu'au-delà de ces 15 campagnes agricoles. L'hypothèse (H<sub>3</sub>) qui stipule que la pratique de l'irrigation de complément est rentable doit être nuancée. Fox *et al.* (2005) et Panigrahi *et al.* (2007) argumentent que l'irrigation de complément est rentable sous certaines conditions d'opportunité.

### ***Perception paysanne et valeur d'option de l'information climatique.***

Par ailleurs, l'étude a permis de mettre en évidence les perceptions et la valeur d'option de l'IC des ménages agricoles dans les zones sahélienne et soudano-sahélienne du Burkina Faso (cf. chapitre 7). Elle a montré que l'IC est asymétriquement diffusée auprès d'une minorité (21,78%) des ménages échantillonnés. Ces ménages estiment que l'IC a guidé leur prise de décision en matière de production agricole. L'analyse a montré également que la majorité (93%) des ménages a besoin de l'IC pour orienter leur prise de décisions dans la planification des activités agricoles. D'où la confirmation de l'hypothèse de recherche (H<sub>4</sub>) selon laquelle la plupart des ménages agricoles veulent utiliser l'IC de précampagne pour planifier leurs activités. Les déterminants de la demande en IC sont l'âge du chef de ménage, le niveau d'alphabétisation du chef de ménage, la situation matrimoniale du chef de ménage, la pratique de la culture du maïs et du sorgho, mais aussi le revenu agricole et extra-agricole. La valeur d'option démontre l'intérêt accordé par les ménages à l'utilisation de l'IC. Environ 64% des

ménages consentent à payer en moyenne 546,34 F CFA pour en bénéficier. La valeur du consentement à payer est déterminée par la capacité des ménages à prévoir le climat, l'utilisation de la radio comme moyen de diffusion, la sensibilisation des ménages aux prévisions saisonnières passées et le début du démarrage des pluies (Zongo *et al.*, 2016). Même si la majorité des ménages estime tirer profit de l'utilisation de l'IC, force est de constater que sa contribution à la production et aux besoins céréaliers demeure un champ de recherche à explorer.

### ***Mise en œuvre de l'information climatique en agriculture pluviale.***

L'expérimentation de l'IC a révélé une différenciation des taux de semis journaliers des PE et PT (cf. chapitre 8). Cette nuance met en exergue la divergence des prévisions traditionnelles et scientifiques des dates de semis. Comparativement aux PT, le surplus de rendement du maïs et du sorgho obtenu des PE permet de combler les besoins céréaliers journaliers d'au moins 19 personnes. Ces résultats ont incité les agriculteurs à mieux apprécier les dates de semis sur les PE par rapport à celles des PT. Ils estiment que les dates de semi des PE ont été plus précises et concises. Par conséquent, ils sont tous disposés à utiliser les prévisions scientifiques pour guider leurs prises de décisions dans le processus de production agricole. Ces prises de décisions concernent notamment le choix des variétés de cultures, la taille de la superficie à cultiver et les périodes de semis. Cependant en deux campagnes agricoles d'expérimentation, il est prématuré de tirer des conclusions probantes sur la validité des prévisions scientifiques. Ces dernières seraient souvent entachées de biais issus des simulations des modèles de prévisions climatiques (Oettli *et al.*, 2011; Vermeulen *et al.*, 2012; Agali *et al.*, 2013) et de la méconnaissance toujours du processus régissant les pluies tropicales (Hansen *et al.*, 2011).

### ***Mesures techniques et politiques agricoles pouvant contribuer à faciliter l'adoption de l'irrigation de complément et l'utilisation de l'information climatique.***

Seize stratégies d'irrigation possibles ont été examinées en vue d'optimiser le revenu espéré des ménages agricoles (cf. chapitre 9). Ces stratégies qui sont des mesures techniques pourront contribuer à guider les décisions des ménages en matière d'apport d'eau aux cultures pluviales. Les simulations ont montré que la pratique de l'ICBI en année moyenne permet d'accroître le revenu espéré de 26,49% (133 030 F CFA) comparativement à la situation sans irrigation. L'IC est ainsi intégrée dans les simulations en supposant que l'année est moyenne

(équiprobabilité des années). Les mesures politiques de soutien à l'adoption simulées ont concerné six modalités de subvention et l'instauration d'un système d'octroi de crédit aux ménages pour le financement du dispositif d'ICBI. La mise en œuvre de ces mesures techniques et politiques devrait faciliter l'adoption de l'ICBI dans les exploitations agricoles. Les actions de formation et d'information des paysans restent également prioritaires en vue d'améliorer l'adoption de cette pratique. Ces résultats mettent en lumière l'hypothèse (H<sub>5</sub>) selon laquelle la sensibilisation des ménages et la mise en place d'une politique d'octroi de crédit agricole constituent les principales mesures incitatives à l'adoption de l'ICBI et à l'utilisation l'IC. Cette hypothèse est vérifiée mais, dans la pratique, les agriculteurs ont peu accès au crédit, excepté les producteurs de coton essentiellement dans la zone soudanienne. Selon l'annuaire statistique, 2,12% des agriculteurs ont seulement accès au crédit agricole, soit 276 963 agriculteurs sur un total de 13 098 679 (MASA, 2014). Par contre, ils reçoivent des appuis-conseils et des subventions à la production du Ministère en charge de l'agriculture et des ONG de développement. Ainsi la piste de subventions et de sensibilisation des agriculteurs semble la plus plausible pour faciliter la diffusion de l'ICBI à grande échelle. Cependant la question du pilotage de l'ICBI à partir de l'utilisation de l'IC reste toujours posée dans les exploitations agricoles.

### **Principales limites de l'étude et perspectives de recherches futures**

En dépit des résultats probants, l'étude comporte quelques limites qu'il convient d'évoquer dans le but de dégager de nouvelles pistes de recherches futures. Ces limites sont notamment liées à la conduite des expérimentations de l'ICBI et de l'IC dans les exploitations agricoles, mais aussi à la restriction de la zone d'étude.

#### ***Résultats prématurés de la mise en œuvre de l'IC.***

Bien que les ménages agricoles soient enclins à utiliser l'IC pour orienter leur prise de décision, il est nécessaire de poursuivre la recherche sur les expérimentations. En effet, les résultats des deux campagnes agricoles d'expérimentation sont insuffisants pour valider les prévisions saisonnières scientifiques. Plusieurs expériences ont d'ailleurs souligné que ces prévisions sont souvent en déphasage avec les observations au cours de la saison agricole en raison des importants biais dans les simulations des modèles climatiques (Oettli *et al.*, 2011;

Vermeulen *et al.*, 2012; Agali *et al.*, 2013). Le processus régissant les pluies tropicales est encore peu connu (Hansen *et al.*, 2011). Par conséquent, les acteurs de la recherche-développement doivent poursuivre les expérimentations de l'utilisation de l'IC en agriculture pluviale. Ces expérimentations pourraient même explorer les possibilités de combinaison des connaissances endogènes et scientifiques en vue d'améliorer les prévisions saisonnières climatiques. D'ailleurs, des tentatives de combinaison de ces deux types de savoirs ont été initiées avec quelques résultats prometteurs (Ziervogel *et al.*, 2010).

#### ***Absence d'intégration entre l'ICBI et l'IC lors des expérimentations sur le terrain.***

Les expérimentations ont permis d'analyser l'impact agronomique et socio-économique de la pratique de l'ICBI et de l'utilisation de l'IC. Dans la pratique, ces expérimentations ont été conduites séparément dans les différentes exploitations agricoles. Cette séparation n'a pas permis d'analyser l'effet combiné de l'utilisation de l'IC et de la pratique de l'ICBI sur la productivité agricole et le besoin céréalier des agriculteurs. Toutefois les simulations assorties du modèle bioéconomique ont pu établir un lien entre l'ICBI et l'IC. Elles ont montré qu'en année sèche la pratique l'ICBI permet d'accroître le revenu espéré de 26,49% (133 030 FCFA) comparativement à la situation sans irrigation. Au regard de ce résultat qui reste théorique, il est nécessaire de poursuivre les expérimentations en combinant la pratique de l'ICBI et l'utilisation de l'IC dans des mêmes exploitations agricoles. Cette perspective viendra combler les lacunes des expérimentations passées et des études antérieures. En effet les nombreuses tentatives de pratique de l'irrigation complément n'ont pas intégré le volet prévisions saisonnières (Dugue, 1986 ; Somé 1989; Fox et Rockström, 2003). Vice-versa, les travaux sur les bénéfices de l'utilisation des prévisions saisonnières ont abstrait les possibilités d'irrigation des cultures pluviales (Sultan *et al.*, 2013; Roudier *et al.*, 2014).

#### ***Restriction de l'étude à quelques villages des zones sahélienne et soudano-sahélienne.***

L'étude a été menée dans 11 villages des zones sahélienne et soudano-sahélienne du Burkina Faso. Cette restriction de la zone d'étude n'a pas permis d'avoir un échantillon représentatif des ménages agricoles au niveau national et de tenir compte de la diversité de toutes les zones climatiques. En effet le pays se subdivise en trois zones climatiques caractérisées par une variabilité climatique assez différente (Carte 3). L'étude mérite ainsi d'être poursuivie à l'échelle nationale en tenant compte de l'ensemble des ménages agricoles et des villages situés

au sud de la zone soudanienne. Les expérimentations de la pratique de l'ICBI et de l'utilisation de l'IC doivent être conduites dans cette zone dans la mesure où l'agriculture y est soumise aussi aux effets néfastes des poches de sécheresse.

### **Implications et recommandations en matière de politiques agricoles**

Au terme de cette recherche, deux principales recommandations peuvent être formulées auprès des différents acteurs du monde agricole en vue de faciliter l'adoption de l'ICBI dans les exploitations agricoles. Elles concernent la stratégie de vulgarisation et les modes de subvention du dispositif de l'ICBI au profit des ménages agricoles.

#### ***Renforcer les actions de vulgarisation de la pratique l'irrigation de complément.***

Beaucoup de ménages agricoles ne sont pas informés de la pratique de l'ICBI. Ils ne savent pas que les cultures pluviales peuvent être irriguées à l'instar des cultures de contre-saison. Pour cela, il est indispensable que le Ministère en charge de l'agriculture et ses partenaires, en particulier le 2iE et les organisations paysannes, élaborent ensemble une stratégie de vulgarisation de l'ICBI. Cette stratégie devra être axée sur la diffusion en langue locale des informations sur l'ICBI à travers les médias, en particulier les radios rurales. Les expériences ont montré que les médias constituent un véritable vecteur de vulgarisation des innovations agricoles (Bindlish *et al.*, 1993; Aker, 2011 ; Mogaka *et al.*, 2014). Par ailleurs, des sites de démonstration doivent être installés dans les exploitations des agriculteurs *leaders* à l'image des champs écoles afin d'organiser des journées promotionnelles. Outre ces dernières, le volet ICBI mérite d'être intégré dans les modules de formations et d'appuis-conseils des responsables du Système National de Vulgarisation Agricole du Ministère en charge de l'agriculture et des conseillers agricoles des ONGs soutenant le développement agricole.

#### ***Subventionner le dispositif de l'irrigation de complément pour les ménages agricoles.***

Dans la zone d'étude, la majorité des ménages échantillonnés estiment que l'ICBI est une alternative intéressante pour atténuer l'impact des poches de sécheresses sur la production agricole. Les deux tiers des agriculteurs interrogés consentiraient à adopter l'irrigation de complément à partir de petits bassins individuels (ICBI) et sont prêts à contribuer financièrement pour l'acquérir (Zongo *et al.*, 2015). Cependant, il est peu probable qu'ils

adopteront tous l'ICBI d'eux-mêmes au regard des diverses contraintes évoquées (cf. tableau 45, chapitre 5). Face à ces contraintes, la quasi-totalité des ménages agricoles préconisent la subvention du dispositif de l'ICBI. Les modes de subventions proposées par les ménages concernent notamment la prise en charge des repas des travailleurs lors de l'excavation des bassins à travers le système *food-for-work* et l'acquisition du matériel d'exhaure. Les autres modes de subvention ont été définis à partir du modèle bioéconomique. Les Ministères en charge de l'agriculture, de la Recherche et de l'Innovation, le 2iE et les ONGs de développement agricole devront examiner de manière plus approfondie ces propositions. Dans les pays sahéliens, plusieurs expériences suggèrent que l'adoption des innovations est en général soutenue par des subventions accordées aux agriculteurs (Marchal, 1986 ; Botoni et Eij, 2009). Des programmes de subvention sous forme de *food-for-work* ont été notamment privilégiés dans certaines expériences (Rochette, 1989 ; Holden *et al.*, 2003 ; Aklilu *et al.*, 2006).

### **Mise en œuvre des recommandations et perspectives de l'étude**

La mise en œuvre des recommandations et perspectives issues de cette étude n'est certes pas facile, mais tout dépendra de la volonté politique de l'Etat, de ses partenaires au développement et des agriculteurs à sortir l'agriculture burkinabé des effets de la variabilité et du changement climatiques. C'est le rôle de l'Etat, via les Ministères en charge du développement rural, mais aussi du secteur privé, de s'assurer que les agriculteurs peuvent avoir accès aux facteurs de production en quantité et en qualité suffisantes et au moment opportun. L'Etat pourra allouer plus d'investissements publics pour stimuler l'adoption de l'ICBI par les ménages agricoles et accompagner la recherche sur l'utilisation de l'IC en agriculture pluviale.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abebe, G. K., Bijman, J., Pascucci, S., & Omta, O. (2013). Adoption of improved potato varieties in Ethiopia : The role of agricultural knowledge and innovation system and smallholder farmers quality assessment. *Agricultural Systems*, 122, 22–32. doi:10.1016/j.agsy.2013.07.008
- Adam, M. E. (1982). *Agricultural Extension in Developing Countries*. Longman Harlow.
- Adams, R. M., Houston, L. L., McCarl, B. A., Tiscareño, M. L., Matus, J. G., & Weiher, R. F. (2003). The benefits to Mexican agriculture of an El Niño southern oscillation (ENSO) early warning system. *Agricultural and Forest Meteorology*, 115, 183–194.
- Adebayo, K., Dauda, T. O., Rikko, L. S., George, F. O. A., Fashola, O. S., Atungwu, J. J., Osuntade, O. B. (2011). *Emerging and indigenous technology for climate change adaptation in southwest Nigeria*. Nairobi, Kenya: African Technology Policy Studies.
- Adekalu, K. O., Balogun, J. A., Aluko, O. B., Okunade, D. A., & Faborode, M. O. (2009). Runoff water harvesting for dry spell mitigation for cowpea in the savannah belt of Nigeria. *Agricultural Water Management*, 96(11), 1502–1508.
- Adesina, A. A., Mbila, D., Blaise, G., & Endamana, D. (2008). Econometric analysis of the determinants of adoption of alley farming by farmers in the forest zone of southwest Cameroon. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 80(2), 255–265.
- Adesina, A., & Baidu-Forson, J. (1995). Farmers' perceptions and adoption of new agricultural technology: evidence from analysis in Burkina Faso and Guinea, West Africa. *Agricultural Economics*, 13(1), 1–9. doi:10.1016/0169-5150(95)01142-8
- Adesina, A., & Zinnah, M. M. (1993). Technology characteristics, farmers' perceptions and adoption decisions: A Tobit model application in Sierra Leone. *Agricultural Economics*, 9(4), 297–311. doi:10.1016/0169-5150(93)90019-9
- Agali, A., Salack, S., Ly, M., Lona, I., Traoré, S. B., & Sarr, B. (2013). Evolution des risques agroclimatiques associées aux tendances récentes du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne. *Sécheresse*, 24, 282–293.
- Agarwal, R., & Prasad, J. (1998). The Role of Innovation Characteristics and Perceived Voluntariness in the Acceptance of Information Technologies. *Decisions Sciences*, 28(3), 557–582.
- Ajzen, I., & Madden, T. J. (1986). Prediction of goal-directed behavior: Attitudes, intentions, and perceived behavioral control. *Journal of Experimental Social Psychology*, (5), 453–474.
- Aker, J. C. (2011). Dial “A” for agriculture: a review of information and communication technologies for agricultural extension in developing countries. *Agricultural Economics*, 42(6), 631–647.
- Akinola, A., & Owombo, P. (2012a). Economic Analysis of Adoption of Mulching Technology in Yam Production in Osun State, Nigeria. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 2(1), 1–6. doi:10.5923/j.ijaf.20120201.01
- Akinola, A., & Owombo, P. (2012b). Economic Analysis of Adoption of Mulching

- Technology in Yam Production in Osun State, Nigeria. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 2(1), 1–6.
- Akrich, M., Callon, M., & Latour, B. (1988). A quoi tient le succes des innovations? 1: L'art de l'intéressement. 2: Le choix des porte-paroles. *Gerer et Comprendre. Annales Des Mines, 11 -12*, 4–17, 14–29.
- Alaoui, E. M. (2007). Développement de l' agriculture irriguée , dispositif juridique et institutionnel et stratégie de gestion de l' eau au Maroc. In S. Bouarfa, M. Kuper, & A. Debbarh (Eds.), *L'avenir de l'agriculture irriguée en Méditerranée. Nouveaux arrangements institutionnels pour une gestion de la demande en eau*. Montpellier: CIRAD.
- Alavalapati, J. R. R., Luckert, M. K., & Gill, D. S. (1995). Adoption of agroforestry practices : a case study from Andhra Pradesh , India. *Agroforestry Systems*, 32(1), 1–14.
- Amemiya, T. (1981). Qualitative Response Models: A Survey. *Journal of Economic Literature*, 19, 1483–1536.
- Amoako-Gyampah, K., & Salam, A. F. (2004). An extension of the technology acceptance model in an ERP implementation environment. *Information & Management*, 41(6), 731–745. doi:10.1016/j.im.2003.08.010
- Amsalu, A., & Graaff, J. (2007). Determinants of adoption and continued use of stone terraces for soil and water conservation in an Ethiopian highland watershed. *Ecological Economics*, 61, 294–302.
- Amsalua, A., & Graaff, J. (2007). Determinants of adoption and continued use of stone terraces for soil and water conservation in an Ethiopian highland watershed. *Ecological Economics*, 61(2-3), 294–302.
- Anley, Y., Bogale, A., & Haile-Gabriel, A. (2007). Adoption decision and use intensity of soil and water conservation measures by smallholder subsistence farmers in Dedo district , western Ethiopia. *Land Degradation & Development*, 18, 289–302. doi:10.1002/ldr
- Araya, a., & Stroosnijder, L. (2011). Assessing drought risk and irrigation need in northern Ethiopia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(4), 425–436. doi:10.1016/j.agrformet.2010.11.014
- Asfaw, S., Shiferaw, B., Simtowe, F., & Haile, M. G. (2011). Agricultural technology adoption , seed access constraints and commercialization in Ethiopia. *Journal of Development and Agricultural Economic*, 3(9), 436–447.
- Asrat, P., Belay, K., & Hamito, D. (2004). Determinants of farmers' willingness to pay for soil conservation practices in the southeastern highlands of Ethiopia. *Land Degradation and Development*, 15, 423–438.
- Azjen, I. (1991). The Theory of Planned Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50, 179–211.
- Baidu-Forson, J. (1999). Factors influencing adoption of land-enhancing technology in the Sahel: Lessons from a case study in Niger. *Agricultural Economics*, 20(3), 231–239. doi:10.1016/S0169-5150(99)00009-2
- Balaghi, R., Jlibene, M., Tychon, B., & Mrabet, R. (2007). Gestion du risque de sécheresse agricole au Maroc. *Sécheresse*, 18(3), 169–176.

- Balme, M., Galle, S., & Thierry, L. (2005). Démarrage de la saison des pluies au Sahel: variabilité aux échelles hydrologique et agronomique, analysée à partir des données EPSAT-Niger. *Sécheresse*, *16*(1), 15–22.
- Barbier, B. (1998). Induced innovation and land degradation: Results from a bioeconomic model of a village in West Africa. *Agricultural Economics*, *19*(1-2), 15–25. doi:10.1016/S0169-5150(98)00052-8
- Barbier, B., Yacouba, H., Karambiri, H., Zoromé, M., & Somé, B. (2009). Human Vulnerability to Climate Variability in the Sahel: Farmers' Adaptation Strategies in Northern Burkina Faso. *Environmental Management*, *43*, 790–803.
- Barbier, B., Yacouba, H., Maïga, A. H., & Mahé, G. (2009). Le retour des grands investissements hydrauliques en Afrique de l'Ouest: les perspectives et les enjeux. *Géocarrefour*, *84*(1-2), 31–41.
- Barbier, B., Zongo, B., & Zangré, A. (2015). L'irrigation de complément à partir de petits bassins individuels: Synthèse des travaux réalisés au Burkina Faso. *AGRIDAPE*, *31*(3), 9–11.
- Barham, B. L., Foltz, J. D., Jackson-smith, D., & Moon, S. (2001). The Dynamics of Agricultural Biotechnology Adoption: Lessons from rBST use in Wisconsin, 1994–2001. *American Journal of Agricultural Economics*, 1994–2001.
- Barro, A., Zougmore, R., & Taonda, S. J.-B. (2005). Mécanisation de la technique du zai manuel en zone semi-aride. *Cahiers Agricultures*, *14*(6), 549–559. doi:10.1684/agr.2015.0780
- Barron, J., & Okwach, G. (2005). Run-off water harvesting for dry spell mitigation in maize (*Zea mays* L.): results from on-farm research in semi-arid Kenya. *Agricultural Water Management*, *74*, 1–21.
- Bauchemin, C. (1998). Pour une relecture des tendances migratoires entre villes et campagnes: une étude comparée Burkina Faso - Côte d'Ivoire. *African Population Studies*, *20*, 140-165.
- Bazza, F., & Sombroek, W. (1996). *Global climate change and agricultural production. Direct and indirect effects of changing hydrological, pedological and plant physiological processes*. Rome, Italie: FAO, Polytechnica.
- Beaudoin, N., Launay, M., Sauboua, E., Ponsardin, G., & Mary, B. (2008). Evaluation of the soil crop model STICS over 8 years against the “on farm” database of Bruyères catchment. *European Journal of Agronomy*, *29*(1), 46–57. doi:10.1016/j.eja.2008.03.001
- Bell, M. a., & Lamb, P. J. (2006). Integration of weather system variability to multidecadal regional climate change: The West African Sudan-Sahel zone, 1951-98. *Journal of Climate*, *19*(20), 5343–5365. doi:10.1175/JCLI4020.1
- Bellocchi, G., Rivington, M., Donatelli, M., & Matthews, K. (2009). Validation of biophysical models: Issues and methodologies. *Sustainable Agriculture*, *2*, 577–603. doi:10.1007/978-94-007-0394-0\_26
- Benin, S., Smale, M., Pender, J., Gebremedhin, B., & Ehui, S. (2004). The economic determinants of cereal crop diversity on farms in the Ethiopian highlands. *Agricultural Economics*, *31*(2-3), 197–208.

- Ben-Salem, H., Zaibet, L., & Ben-Hammouda, M. (2006). Perspectives de l'adoption du semis direct en Tunisie . Une approche économique. *Options Méditerranéennes*, 69, 69–75.
- Bentz, B., & GRET. (2002). *Appuyer les innovations paysannes Dialogue avec les producteurs. Dialogue avec les producteurs et expérimentations en milieu paysan* (GRET.). Paris: Ministère des Affaires étrangères.
- Berg, A., Noblet-Ducoudre, N., Sultan, B., Lengaigne, M., & Guimberteau, M. (2013). Projections of climate change impacts on potential C4 crop productivity over tropical regions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170, 89–102.
- Bergez, E. J., Deumier, M. J., Leroy, B., & Wallach, D. (2002). Improving irrigation schedules by using a biophysical and a decisional model. *European Journal of Agronomy*, 16(2), 123–135.
- Bernoulli, D. (1738). *Specimen Theoriae Novae de Mensura Sortis. Comentarii Academiae Sciebtiarum Imperialis Petropolitariae* (Tomus V.). New York: Econmetrica.
- Bezu, S., & Holden, S. (2008). Can food-for-work encourage agricultural production? *Food Policy*, 33(6), 541–549. doi:10.1016/j.foodpol.2008.06.004
- Bharati, L., Rodgers, C., Erdenberger, T., Plotnikova, M., Shumilov, S., Vlek, P., & Martin, N. (2008). Integration of economic and hydrologic models: Exploring conjunctive irrigation water use strategies in the Volta Basin. *Agricultural Water Management*, 95(8), 925–936.
- Bindlish, V., Evenson, R., & Gbetibouo, M. (1993). *Evaluation of T&V- Based Extension in Burkina Faso* (No. 226). Washington DC, USA.
- Blazy, J.-M., Carpentier, A., & Thomas, A. (2011). The willingness to adopt agro-ecological innovations: Application of choice modelling to Caribbean banana planters. *Ecological Economics*, 72, 140–150. doi:10.1016/j.ecolecon.2011.09.021
- Blein, R., Soulé, G. B., Dupaigne, F. B., & Yérima, B. (2008). *Les potentialités agricoles de l'Afrique de l' Ouest (CEDEAO)*. Presles: Fondation pour l'agriculture et la ruralité dans le monde.
- Bodiguel, M. (1970). La diffusion des innovations agricoles : psycho-sociologie de l'innovation ou sociologie du changement ? *Revue Française de Sociologie*, 11(4), 566–571.
- Bodiguel, M. (1974). Les enseignements de la psycho sociologie en matière de diffusion des innovations. *Économie Rurale*, 99(1), 133–136.
- Boko, M., Niang, I., Nyong, A., Vogel, C., Githeko, A., Medany, M., ... Yanda, P. (2007). Africa. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. In L. M. Parry, F. O. Canziani, P. J. Palutikof, der L. Van, & E. C. Hanson (Eds.), *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 433–467). Cambridge UK.
- Bonnieux, F., Le Goffe, P., & Vermersch, D. (1995). La méthode d'évaluation contingente : application à la qualité des eaux littorales. *Economie & Prévision*, 117-118, 89–106.
- Botoni, E., & Eij, C. (2009). *La transformation silencieuse de l'environnement et des systèmes de production au Sahel : Impacts des investissements publics et privés dans la gestion des ressources naturelles*. Ouagadougou, Burkina Faso : Comité permanent Inter- États de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel.

- Boussard, J. M. (1987). *Economie de l'agriculture*. Paris: Economica.
- Boussard, J. M., Boussemart, J. P., Flichman, G., Jacquet, F., & Lefer, B. H. (1997). Les effets de la réforme de la Pac sur les exploitations de grande culture. *Economie Rurale*, 239, 20–29.
- Boussemart, P. J., Flichman, G., Jacquet, F., & Lefer, B. H. (1996). Prévoir les effets de la réforme de la politique agricole commune sur deux régions agricoles françaises : application d'un modèle bio-économique. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 44(2), 124–136.
- Brink, L., & McCarl, B. (1978). The Tradeoff Between Expected Return and Risk Among Cornbelt Farmers. *American Journal of Agricultural Economics*, 60, 259–263.
- Brisson, N., Ruget, F., Gate, P., Lorgeau, J., Nicoullaud, B., Tayot, X., Justes, E. (2002). Effects of drought stress on growth and yield of barley. *Agronomie*, 22, 69–92. doi:10.1051/agro
- Brocke, V. K., Trouche, G., Zongo, S., Abdramane, B., Barro-Kondombo, P. C., Weltzien, E., & Chantereau, J. (2013). Création et amélioration de populations de sorgho à base large avec les agriculteurs au Burkina Faso. *Cahiers Agricultures*, 17(2), 146–153.
- Brossier, J. (1980). De la recherche sur les décisions des agriculteurs à la formation économique des agriculteurs. *Économie Rurale*, 136(1), 39–46.
- Brossier, J., Chia, E., Marshall, E., & Petit, M. (1995). *Gestion de l'exploitation agricole familiale. Éléments théoriques et méthodologiques*. Dijon Cedex : Educagri.
- Brossier, J., Chia, E., Marshall, E., & Petit, M. (1998). Gestion de l'exploitation agricole familiale Éléments théoriques et méthodologiques. *Economie Rurale*, (244), 59–60.
- Byerlee, D., & Heisey, P. W. (1994). Impacts of the training and visit extension system on farmers ' knowledge and adoption of technology : Evidence from Pakistan. *Agricultural Economics*, 10, 39–47. doi:10.1016/0169-5150(94)90038-8
- Caldwell, J. C. (1975). *The Sahelian drought and its demographic implications*. Overseas Liaison Committee, American Council on Education.
- Carberry, P. S., Hochman, Z., McCown, R. L., Dalgliesh, N. P., Foale, M. A., Poulton, P. L., ... Robertson, M. J. (2002). The FARMSCAPE approach to decision support: farmers, advisers, researchers, monitoring, simulation, communication and performance evaluation. *Agricultural Systems*, 74(1), 141–177.
- Carsky, R. J., Ndikawa, R., Singh, L., & Rao, M. R. (1995). Response of dry season sorghum to supplemental irrigation and fertilizer N and P on Vertisols in northern Cameroon. *Agricultural Water Management*, 28(1), 1–8. doi:10.1016/0378-3774(95)01169-J
- Certeau, D. M. (1980). *L'invention du quotidien*. Paris, France.
- Challinor, A. (2009). Towards the development of adaptation options using climate and crop yield forecasting at seasonal to multi-decadal timescales. *Environmental Science & Policy*, 12(4), 453–465.
- Chambat, P. (1994). Usages des technologies de l'information et de la communication. *Technologies et Société*, 6(3), 249–270.
- Chang, L. B., Yanda, P. Z., & Ngana, J. (2010). Indigenous knowledge in seasonal rainfall

- prediction in Tanzania : A case of the South-western Highland of Tanzania. *Journal of Geography and Regional Planning*, 3(4), 66–72.
- Chantran, P. (1972). *La Vulgarisation Agricole en Afrique et à Madagascar*. Paris : G.-P. Maisonneuve et Larose
- Charnes, A., & Cooper, W. W. (1959). Chance Constrained Programming. *Management Sciences*, 6, 73–79.
- Chebil, A., Nasr, H., & Zaibet, L. (2009). Factors affecting farmers' willingness to adopt salt-tolerant forage crops in south-eastern Tunisia. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, 3(1), 19–27.
- Chhetri, N., Chaudhary, P., Tiwari, P. R., & Yadaw, R. B. (2012). Institutional and technological innovation: Understanding agricultural adaptation to climate change in Nepal. *Applied Geography*, 33(1), 142–150. doi:10.1016/j.apgeog.2011.10.006
- Churi, A. J., Mlozi, M. R. S., Tumbo, S. D., & Casmir, R. (2012). Understanding Farmers Information Communication Strategies for Managing Climate Risks in Rural Semi-Arid Areas, Tanzania Description of the Study Area. *International Journal of Information and Commication Technology Research*, 2(11), 838–845.
- CILSS. (2001a). *Le Contexte de la Vulnérabilité Structurelle par Système de Production dans les pays du CILSS, Alerte Précoce et Prévision des Productions Agricoles (AP3A)*. Ouagadougou, Burkina Faso: Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel.
- CILSS. (2001b). *Les aptitudes agricoles et pastorales des sols dans les pays du CILSS*. Ouagadougou, Burkina Faso.
- Cocks, D. K. (1968). Discrete Stochastic Programming. *Management Sciences*, 15(1), 72–79.
- Couvreux, F., Guichard, F., Bock, O., Campistron, B., Lafore, J. P., & Redelsperger, J. L. (2010). Synoptic variability of the monsoon flux over West Africa prior to the onset. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 136(1), 159–173. doi:10.1002/qj.473
- CSAO/OCDE. (2007). *L'Afrique de l'Ouest : Une région en mouvement Une région en mutation Une région en voie d'intégration*. Paris, France.
- CSAO/OCDE. (2010). *Climat sahélien : retrospective et projection*. Paris, France. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Cunguara, B., & Darnhofer, I. (2011). Assessing the impact of improved agricultural technologies on household income in rural Mozambique. *Food Policy*, 36(3), 378–390.
- Davis, F. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *Quarterly, MIS*, 13(3), 319–340.
- Delvaux, L., Frahan, H., Dupraz, P., & Vermersch, D. (1999). Adoption d'une MAE et consentement à recevoir des agriculteurs en région wallone. *Économie Rurale*, 249(1), 71–81. doi:10.3406/ecoru.1999.5064
- Dembele, Y., & Some, L. (1991). Propriétés hydrodynamiques des principaux types de sol du Burkina Faso. In *Soil Water Balance in the Sudano- Sahdian Zone* (pp. 217–228). Niamey, Niger.

- Dembélé, Y., Somé, L., Zomboudré, G., & Diabri, S. (1999). Irrigation de complément du riz pluvial sur des sols sableux conditionnés avec de la matière organique au sud-ouest du Burkina Faso. *Sécheresse*, *10*(2), 143–9.
- Desaigues, B., & Point, P. (1993). *Economie du patrimoine naturel: la valorisation des bénéfiques de protection de l'environnement*. Paris: Economica.
- Diang, O., Roucou, P., & Louvet, S. (2008). Variabilité intra-saisonnière des précipitations au Sénégal (1951-1996). *Sécheresse*, *19*(2), 87–93.
- Diarra, A., Barbier, B., & Yacouba, H. (2013). Adaptation de l'agriculture sahélienne aux changements climatiques: une approche par la modélisation stochastique. *Sécheresse*, *24*, 57–63.
- Dibba, L., Diagne, A., Fialor, S. C., & Nimoh, F. (2012). Diffusion and adoption of new rice varieties for africa (nerica) in the gambia. *African Crop Science Journal*, *20*, 141–153.
- Diederer, P., Van, M. H., Arjan, W., & Katarzyna, B. (2003). Innovation adoption in agriculture; innovators, early adopters and laggards. *Cahiers d'Économie et Sociologie Rurales*, *67*, 50–30.
- Dilley, M., Chen, R. S., Deichmann, U., Lerner-Lam, A. L., & Arnold, M. (2005). Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis. *International Research Institute for Climate*, p. 24.
- Diouf, M., Onguierma, A., Abou, A., Royer, A., & Somé, B. (2000). Lutte contre la sécheresse au Sahel : acquis et perspective au Centre Régional Agrhymet. *Sécheresse*, *11*(4), 257–266.
- Downing, J., Berry, L., Downing, T., & Ford, R. (1987). *Cooperative agreement on settlement and resource systems analysis*. Washington DC, USA.
- Driel, W. F. V. A. N., & Vlaar, J. G. J. (1990). Impact des digues filtrantes sur le bilan hydrique et sur les rendements agricoles dans la region de Rissiam , Burkina Faso. In *Soil Water Balance in the Sudano- Sahdian Zone* (pp. 299–309). Niamey: IAHS.
- Dugue, P. (1986). L'utilisation des ressources en eau à l' échelle d' un village : perspectives de développement de petits périmètres irrigués de saison des pluies et de saison sèche au Yatenga . Contraintes techniques et socio-économiques. In *Actes du 3ème séminaire* (pp. 167–174). Ouagadougou: CIRAD-INERA.
- Dumont, B., Vancutsem, F., Seutin, B., Bodson, B., Destain, J. P., & Destain, M. F. (2012). Simulation de la croissance du blé à l'aide de modèles écophysologiques: Synthèse bibliographique des méthodes, potentialités et limitations. *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment*, *16*(3), 382–392.
- ECOWAS-SWAC/OECD. (2008). Climate and climate change. The Atlas on regional integration in West Africa. *Environmentseries*.
- Ekboir, J., & Parellada, G. (2002). Public-private interactions and technology policy in innovation processes for zero tillage in Argentina. In *Agricultural research policy in an era of privatization* (pp. 137–154).
- Evenson, R. E., & Gollin, D. (2003). Assessing the impact of the green revolution, 1960 to 2000. *Science*, *300*(5620), 758–762. doi:10.1126/science.1078710

- FAO. (2005). *L'irrigation en Afrique en chiffres*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2011). *Stratégie de gestion des risques de catastrophe en Afrique de l'Ouest et au Sahel*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2013). *The State of Food Insecurity in the World The multiple dimensions of food security 2013*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Faure, G., Dugué, P., & Beauval, V. (2012). Conseil aux exploitations familiales. In M. Gafsi, J. P. Dugué, J. Y. Jamin, & J. Brossier (Eds.), *Exploitations agricoles familiales en Afrique de l'ouest et centrale* (pp : 369–399). Versailles Cedex, France. doi:10.1017/S0014479705213546
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, Attitude, Intention and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. New York: Psychology Press.
- Flichman, G., & Jacquet, F. (2000). Le couplage des modèles agronomiques (Bio-techniques) et économiques - Acquis et perspectives. In *Séminaire en économie de la production* (p. 17).
- Folland, C. K., Palmer, T. N., & Parker, E. D. (1986). Sahel rainfall and worldwide sea temperatures. *Nature*, 320, 602–607.
- Fox, P., & Rockström, J. (2000). Water-harvesting for supplementary irrigation of cereal crops to overcome intra-seasonal dry-spells in the Sahel. *Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere*, 25(3), 289–296.
- Fox, P., & Rockström, J. (2003). Supplemental irrigation for dry-spell mitigation of rainfed agriculture in the Sahel. *Agricultural Water Management*, 61(1), 29–50.
- Fox, P., Rockström, J., & Barron, J. (2005). Risk analysis and economic viability of water harvesting for supplemental irrigation in semi-arid Burkina Faso and Kenya. *Agricultural Systems*, 83(3), 231–250.
- Fraisse, C. W., Breuer, N. E., Zierden, D., Bellow, J. G., Paz, J., Cabrera, V. E., O'Brien, J. J. (2006). AgClimate: A climate forecast information system for agricultural risk management in the southeastern USA. *Computers and Electronics in Agriculture*, 53(1), 13–27.
- Frappart, F., Hiernaux, P., Guichard, F., Mougin, E., Kergoat, L., Arjounin, M., Lebel, T. (2009). Rainfall regime across the Sahel band in the Gourma region, Mali. *Journal of Hydrology*, 375(1-2), 128–142. doi:10.1016/j.jhydrol.2009.03.007
- Freund, R. J. (1956). The introduction of risk into a programming model. *Econometrica*, 24, 253–263.
- Friedman, M., & Savage, J. L. (1948). The utility analysis of choices involving risk. *Journal of Political Economy*, 56(4), 279–304.
- Gadgil, S., Rao, R. S. P., & Rao, N. K. (2002). Use of climate information for farm level decision making: rainfed groundnut in southern India. *Agricultural Systems*, 73(3), 431–457.
- Gaye, T. A. (2002). *Caractéristiques dynamiques et pluviosité des lignes de grains en Afrique de l'Ouest. Circulation*. Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal.

- GIEC. (1990). *Climate change - The IPCC Scientific Assessment*. New York: Cambridge University Press. doi:10.1097/MOP.0b013e3283444c89
- GIEC. (2007). *Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Genève, Suisse.
- Gittinger, P. J. (1985). *Analyse économique des projets agricoles*. Washington DC, USA.
- Godard, O. (2003). Le développement durable de Rio de Janeiro à Johannesburg. Paris: Laboratoire d'Econométrie, Ecole polytechnique.
- Gourieroux, C. (1989). *Econométrie des variables qualitatives* (2<sup>e</sup> édition.). Collection Economie et Statistiques avancées.
- Greene, W. (2011). *Econométrie* (7<sup>e</sup> édition). New York: PEARSON.
- Gu, G., & Adler, R. F. (2004). Seasonal evolution and variability associated with the West African monsoon system. *Journal of Climate*, 17(17), 3364–3377. doi:10.1175/1520-0442(2004)017<3364:SEAVAW>2.0.CO;2
- Gueye, B., & Freudenberger, S. K. (1991). *Introduction à la méthode accélérée de recherche participative (MARF): quelques notes pour appuyer une formation pratique*. London, England.
- Hakiza, J. J., Odogola, W., Mugisha, J., Semana, A. R., Nalukwago, J., Okoth, J., & Adipala, E. (2004). Challenges and prospects of disseminating technologies through farmer field schools: Lessons learnt based on experience from Uganda. *Uganda Journal of Agricultural Sciences*, 9, 163–175.
- Hall, A. J., Sivamohan, M. V. K., Clark, N. G., Taylor, S., & Bockett, G. (2001). Why research partnerships really matter: innovation theory, institutional arrangements and implications for developing new technology for the poor. *World Development*, 29(5), 783–797.
- Halla, A., Sulaimanb, R. V, Clarkc, N., & Yogananda, B. (2003). From measuring impact to learning institutional lessons: an innovation systems perspective on improving the management of international agricultural research. *Agricultural Systems*, 78(2), 213–241.
- Hamatan, M., Mahe, G., Paturel, J. E., & Amani, A. (2004). Synthèse et évaluation des prévisions saisonnières en Afrique de l'Ouest. *Sécheresse*, 15(3), 279–286.
- Hammer, G. L., Hansen, J. W., Phillips, J. G., Mjelde, J. W., Hill, H., Love, A., & Potgieter, A. (2001). Advances in application of climate prediction in agriculture. *Agricultural Systems*, 70(2-3), 515–553.
- Hanemann, W. (1984). Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses. *American Journal of Agricultural Econometrics*, 67(3), 332–341.
- Hansen, J. W. (2002). Realizing the potential benefits of climate prediction to agriculture: issues, approaches, challenges. *Agricultural Systems*, 74(3), 309–330.
- Hansen, J. W., Mason, S. J., Sun, L., & Tall, A. (2011). Review of Seasonal Climate Forecasting for Agriculture in Sub-Saharan Africa. *Experimental Agriculture*, 47(2), 205–240.
- Hansen, W. J., Walter, B., Dan, O., Pietro, C., & Kinuthia, R. N. (2007). Innovations in

- climate risk management: protecting and building rural livelihoods in a variable and changing climate. *Semi-Arid Tropical Agricultural Research*, 4(1), 1–38.
- Hatcher, P. (2005). *Les enjeux politico-économiques de l'activité artisanale : le cas de la nouvelle législation minière au Burkina Faso*. Montréal, Canada.
- Hazell, P., & Norton, R. (1986). *Mathematical programming for economic analysis in agriculture*. New York, USA.
- He, X.-F., Cao, H., & Li, F.-M. (2007). Econometric analysis of the determinants of adoption of rainwater harvesting and supplementary irrigation technology (RHSIT) in the semiarid Loess Plateau of China. *Agricultural Water Management*, 89(3), 243–250.
- Heckman, J. J. (1979). Sample Selection Bias as a Specification Error. *Econometrica*, 47(1), 153–161.
- Held, I. M., Delworth, T. L., Lu, J., Findell, K. L., & Knutson, T. R. (2005). Simulation of Sahel drought in the 20th and 21st centuries. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(50), 17891–17896.
- Holden, S., Benin, S., Pender, J., & Shiferaw, B. (2003). Tree Planting for Poverty Reduction in Less-favoured Areas of the Ethiopian Highlands. *Small-Scale Forest Economics, Management and Policy*, 2(1), 63–80.
- Hountondji, Y., Sokpon, N., & Nicolas, J. (2009). Ongoing desertification processes in the sahelian belt of West Africa: An evidence from the rain-use efficiency. In A. Röder & J. Hill (Eds.), *Recent Advances in Remote Sensing and Geoinformation Processing for Land Degradation Assessment* (pp. 173–186). London: Taylor & Francis Group.
- Ibrahim, B. (2012). *Caractérisation des saisons de pluies au Burkina Faso dans un contexte de changement climatique et évaluation des impacts hydrologiques sur le bassin du Nakanbé*. Thèse de doctorat. Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE).
- Ibrahim, B., Polcher, J., Karambiri, H., & Rockel, B. (2012). Characterization of the rainy season in Burkina Faso and its representation by regional climate models. *Climate Dynamics*, 39(6), 1287–1302. doi:10.1007/s00382-011-1276-x
- IFPRI. (2006). *Regional Strategic Alternatives for Agriculture Led Growth and Poverty Reduction in West Africa*. Dakar: International Food Policy Research Institute.
- Ingram, K. T., Roncoli, M. C., & Kirshen, P. H. (2002). Opportunities and constraints for farmers of west Africa to use seasonal precipitation forecasts with Burkina Faso as a case study. *Agricultural Systems*, 74(3), 331–349.
- INSD. (2009). *Annuaire statistique*. Ouagadougou: Institut national de la statistique et de la démographique.
- INSD. (2010). *Analyse de quelques résultats des données de la phase principale de l'enquête intégrale sur les conditions de vie des ménages*. Ouagadougou: Institut National de la Statistique et de la Démographique.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York, USA.

- Jacquet, F., & Flichman, G. (1988). Intensification et efficacité en agriculture. *Économie Rurale*, 183(1), 49–54. doi:10.3406/ecoru.1988.3879
- Jamin, C. (2010). *The new havest: Agricultural innovation in Africa*. Oxford University Press.
- Janicot, S., Traska, S., & Pocard, I. (2001). Summer Sahel-ENSO teleconnection and decadal time scale SST variations. *Climate Dynamics*, 18(3), 303–320.
- Janin, P. (2010a). La lutte contre l'insecurite alimentaire au Sahel : permanence des questionnements et évolution des approches. *Cahiers Agricultures*, 19(3), 177–182.
- Janin, P. (2010b). La lutte contre l'insécurité alimentaire au Sahel : permanence des questionnements et évolution des approches. *Cahiers Agricultures*, 19(3), 177–184.
- Janin, P. (2010c). Sécurité alimentaire et changement climatique : une lecture géopolitique des crises africaines et de leurs conséquences. *Géopolitiques*, (4), 1–11.
- Janssen, S., & van Ittersum, M. K. (2007). Assessing farm innovations and responses to policies: A review of bio-economic farm models. *Agricultural Systems*, 94(3), 622–636. doi:10.1016/j.agsy.2007.03.001
- Jara-Rojas, R., Bravo-Ureta, B. E., & Díaz, J. (2012). Adoption of water conservation practices: A socioeconomic analysis of small-scale farmers in Central Chile. *Agricultural Systems*, 110(2012), 54–62. doi:10.1016/j.agsy.2012.03.008
- Jones, J. W., Hansen, J. W., Royce, F. S., & Messina, C. D. (2000). Potential benefits of climate forecasting to agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 82(1-3), 169–184. doi:10.1016/S0167-8809(00)00225-5
- Jouet, J. (1993). Pratiques de communication et figures de la médiation. *Réseaux*, 60, 90–120.
- Jouve, P. (1991). Secheresse au Sahel et strategies paysannes. *Sécheresse*, 2, 61–69.
- Judez, L., De Andres, R., Hugalde, P., Perz, H. C., Urzainqui, E., & Ibanez, M. (1998). Évaluation contingente de l'usage récréatif d'une réserve naturelle humide,. *Cahiers d'Économie et Sociologie Rurales*, 37–60.
- Kaliba, A. R. M., Verkuijl, H., & Mwangi, W. (2000). Factors Affecting Adoption of Improved Maize Seeds and Use of Inorganic Fertilizer for Maize Production in the Intermediate and Lowland Zones of Tanzania. *Journal of Agricultural and Applied Economics*.
- Kalish, S., & Nelson, P. (1991). A comparison of ranking, rating and reservation price measurement in conjoint analysis. *Marketing Letters*. doi:10.1007/BF00664219
- Kar, G., Verma, H. N., & Singh, R. (2006). Effects of winter crop and supplemental irrigation on crop yield, water use efficiency and profitability in rainfed rice based cropping system of eastern India. *Agricultural Water Management*, 79(3), 280–292.
- Kazianga, H., & Masters, W. A. (2002). Investing in soils: field bunds and micro- catchments in Burkina Faso. *Environment and Development Economics*, 7(3), 571–591.
- Khalidi, S., Dhraief, M. Z., & Albouchi, L. (2010). Innovations institutionnelles face à la crise pour une meilleure adoption des innovations techniques des céréales irriguées en Tunisie. *Innovations et Développement Durable Dans l'Agriculture et l'Agroalimentaire*, 2, 211–221.

- Khonje, M., Manda, J., Alene, A. D., & Kassie, M. (2015). Analysis of Adoption and Impacts of Improved Maize Varieties in Eastern Zambia. *World Development*, 66, 695–706. doi:10.1016/j.worlddev.2014.09.008
- Kihupi, N., Kingamkono, R., Dihenga, H., Kingamkono, M., & Rwamugira, W. (2003). Integrating indigenous knowledge and climate forecasts in Tanzania. In C. Vogel & K. O'Brien (Eds.), *Coping with climate variability: The use of seasonal climate forecasts in Southern Africa* (pp. 155–169). Burlington.
- Kijima, Y., Otsuka, K., & Sserunkuuma, D. (2011). An inquiry into constraints on a green revolution in sub-Saharan Africa: The case of NERICA Rice in Uganda. *World Development*, 39(1), 77–86. doi:10.1016/j.worlddev.2010.06.010
- Klopper, E., Vogel, C. H., & Landman, W. a. (2006). Seasonal climate forecasts potential agricultural risk management tools ? *Climatic Change*, 76(1-2), 73–90.
- Knowler, D., & Bradshaw, B. (2007). Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research. *Food Policy*, 32(1), 25–48.
- Koppel, B. (1995). *Induced Innovation Theory and International Agricultural Development: A Reassessment*. Johns Hopkins University Press,.
- Kotlarski, S., Paul, F., & Jacob, D. (2010). Forcing a distributed glacier mass balance model with the regional climate model REMO. Part I: Climate model evaluation. *Journal of Climate*, 23(6), 1589–1606. doi:10.1175/2009JCLI2711.1
- Kouressy, M., Dingkuhn, M., Vaksman, M., & Heinemann, A. B. (2008). Adaptation to diverse semi-arid environments of sorghum genotypes having different plant type and sensitivity to photoperiod. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(3), 357–371.
- Kpad, P. C., & Rom, E. (2013). Facteurs d' adoption de la lutte étagée ciblée au Nord-Bénin. *Economie Rurale*, 338(77), 77–91.
- Kramer, A. K., Sharma, P. N., & Munasinghe, M. (1995). *Valuing Tropical Forests: Methodology and Case Study of Madagascar*. Washington DC, USA.
- Krishna, V. V., & Qaim, M. (2007). Estimating the adoption of Bt eggplant in India : Who Benefits from public - private partnership ?, 32, 523–543.
- Kurukulasuriya, P., & Mendelsohn, R. (2008). *How Will Climate Change Shift Agro-Ecological Zones and Impact African Agriculture?* New York, USA.
- Lacroix, J. G. (1994). Entrez dans l'univers merveilleux de Vidéway. *Presses de l'Université de Québec*, 137–162.
- Lamb, P. J. (1982). Persistence of subsaharan drought. *Nature*, 299, 46–48. doi:10.1038/299046a0
- Läpple, D., & Rensburg, T. Van. (2011). Adoption of organic farming : Are there differences between early and late adoption ? *Ecological Economics*, 70(7), 1406–1414. doi:10.1016/j.ecolecon.2011.03.002
- Le Barbé, L., Lebel, T., & Tapsoba, D. (2002). Rainfall variability in West Africa during the years 1950-90. *Journal of Climate*, 15, 187–202.
- Lebailly, P., Dogot, T., Bien, V. P., & Khai, T. T. (2000). *La filière rizicole au Sud du Viêt-nam. Un modèle méthodologique*. Les presses agronomiques de Gembloux.

- Lebel, T., & Ali, A. (2009a). Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall (1990-2007). *Journal of Hydrology*, 375, 52–64.
- Lebel, T., & Ali, A. (2009b). Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990–2007). *Journal of Hydrology*, 375, 52–64.
- Lebel, T., & Le Barbé, L. (1997). Rainfall monitoring during HAPEX-Sahel. 2. Point and areal estimation at the event and seasonal scales. *Journal of Hydrology*, 188, 97–122.
- Levallois, R. (2013). *Gestion de l'entreprise agricole. De la théorie à la pratique*. (4<sup>e</sup> édition). Quebec: Les presses de l'Université de Laval.
- Lodoun, T., Giannini, A., Traoré, P. S., Some, L., Sanon, M., Vaksmann, M., & Millogo, R. J. (2013). Changes in seasonal descriptors of precipitation in Burkina Faso associated with late 20th century drought and recovery in West Africa. *Environmental Development*, 5, 96–108.
- Louhichi, K., Flichman, G., & Zekri, S. (1999). Un modèle bio-économique pour analyser l'impact de la politique de conservation des eaux et du sol. *Économie Rurale*, 252(1), 55–64. doi:10.3406/ecoru.1999.5101
- Luchini, S. (2002). De la singularité de la méthode d'évaluation contingente. *Economie et Statistique*, 357(1), 141–152.
- Lundvall, B.-Å., Johnson, B., Andersen, E. S., & Dalum, B. (2002). National systems of production, innovation and competence building. *Research Policy*, 31(2), 213–231.
- Lybbert, T. J., Barrett, C. B., McPeak, J. G., & Luseno, W. K. (2007). Bayesian Herders: Updating of Rainfall Beliefs in Response to External Forecasts. *World Development*, 35(3), 480–497.
- Maatman, A., Sawadogo, H., Schweigman, C., & Ouedraogo, A. (1998). Application of zaï and rock bunds in the northwest region of Burkina Faso ; Study of its impact on household level by using a stochastic linear programming model . Résumé. *Njas*, 587, 1–10.
- Madjid Bouzit, A., Rieu, T., & Rio, P. (1994). Modélisation du comportement des exploitants agricoles tenant compte du risque : application du MOTAD généralisé. *Économie Rurale*, 220(1), 69–73. doi:10.3406/ecoru.1994.4612
- MAH. (2012). *Resultats definitifs de la campagne agricole et de la situation alimentaire et nutritionnelle 2011/2012*. Ouagadougou, Burkina Faso.
- Mahé, G., & Citeau, J. (1993). Relations océan-atmosphère-continent dans l'espace africain de la mousson atlantique. Schéma général et cas particulier de 1984. *Eille Climatique Satellitaire Ed*, 44, 34–54.
- MAHRH. (2003). *Stratégies nationale de développement durable de l'irrigation au Burkina Faso*. Ouagadougou, Burkina Faso.
- MAHRH. (2004). *Politique nationale de développement durable de l'agriculture irriguée. Stratégie, plan d'action, plan d'investissement à l'horizon 2015*. Ouagadougou, Burkina Faso.
- MAHRH. (2005). *Résultats définitifs de la campagne agricole 204-2005*. Ouagadougou, Burkina Faso.

- MAHRH. (2010a). *Le Système National de Vulgarisation et d'appui Conseil Agricoles (SNVACA)*. Ouagadougou, Burkina Faso.
- MAHRH. (2010b). *Résultats définitifs de la campagne agricole et de la situation alimentaire et nutritionnelle*. Ouagadougou, Burkina Faso.
- MAHRH. (2011a). *Resultats Definitifs de l'Enquete Permanente Agricole (EPA)*. Ouagadougou, Burkina Faso.
- MAHRH. (2011b). *Resultats définitifs de l'enquete permanente agricole (EPA)*. Ouagadougou, Burkina Faso.
- MAR. (2000). *Plan d'actions et programme d'investissements du secteur de l'élevage au Burkina Faso. Diagnostic, axes d'intervention et programmes prioritaires*. Ouagadougou, Burkina Faso.
- Marchal, J. (1986). Vingt ans de lutte antiérosive au nord du Burkina Faso. *Cahier Orstom, Série Pédologique*, 22(2), 173–180.
- Maresca, B., Ranvier, M., & Dujin, A. (2006). « *Valoriser l'action publique – Le "consentement à payer", un outil au service de la LOLF* ». *Cahier de Recherche*. Paris: Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de Vie.
- Mariano, M. J., Villano, R., & Fleming, E. (2012). Factors influencing farmers' adoption of modern rice technologies and good management practices in the Philippines. *Agricultural Systems*, 110(2012), 41–53. doi:10.1016/j.agsy.2012.03.010
- Marteau, R., Sultan, B., Moron, V., Alhassane, A., Baron, C., & Traoré, S. B. (2011). The onset of the rainy season and farmers' sowing strategy for pearl millet cultivation in Southwest Niger. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(10), 1356–1369. doi:10.1016/j.agrformet.2011.05.018
- MASA. (2014). *Annuaire des statistiques agricoles*. Ouagadougou, Burkina Faso.
- Mazvimavi, K., & Twomlow, S. (2009). Socioeconomic and institutional factors influencing adoption of conservation farming by vulnerable households in Zimbabwe. *Agricultural Systems*, 101(1-2), 20–29. doi:10.1016/j.agsy.2009.02.002
- Mbétid-Bessane, E. (2010). Déterminants économiques et sociaux de choix de la culture cotonnière et de son intensification dans un contexte de crise de la filière en Centrafrique. *TROPICULTURA*, 28(2), 96–100.
- Mcbride, W. D., & Daberkow, S. G. (2003). Information and the Adoption of Precision Farming Technologies. *Journal of Agribusiness*, 21(1), 21–38.
- McFadden, D. (1975). The revealed preferences of government bureaucracy: Theory. *The Bell Journal of Economics*, 6(2) 401–416.
- Meijgaard, E. Van, Ulft, L. H. Van, Bosveld, F. C., Lenderink, G., & Siebesma, P. (2008). *The KNMI regional atmospheric climate model RACMO. Technical report*, 302.
- Merabeta, B. A., & Boutiba, A. (2005). L'irrigation de complément du ble dur. influence de la nature du matériel végétal et de la variabilité climatique interannuelle dans une plaine semi-aride d'Algérie. *Sciences & Technologie C*, 23, 72–79.
- Millerand, F. (1998). *Usages des NTIC: les approches de la diffusion, de l'innovation et de l'appropriation (1ère partie)*. Montréal: Université de Montréal.

- Millerand, F. (1999). *Usages des NTIC : les approches de la diffusion, de l'innovation et de l'appropriation (2e partie)*. Montpellier: Université de Montréal.
- Milleville, P. (1987). Recherche sur les pratiques des agriculteurs. *Les Cahiers de La Recherche Développement*, 16, 3–7.
- Milly, P. C. D., Dunne, K. a, & Vecchia, a V. (2005). Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. *Nature*, 438(7066), 347–350.
- Mitchell, R. C., & Carson, R. T. (1989). *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method. Resources for the Future*. Washington DC, USA. doi:10.2307/2072944
- Mogaka, V., Ehrensperger, A., Iiyama, M., Birtel, M., Heim, E., & Gmuender, S. (2014). Understanding the underlying mechanisms of recent *Jatropha curcas* L. adoption by smallholders in Kenya: A rural livelihood assessment in Bondo, Kibwezi, and Kwale districts. *Energy for Sustainable Development*, 18(1), 9–15.
- Mogotsi, K., Moroka, a B., Sitang, O., & Chibua, R. (2011). Seasonal precipitation forecasts : Agro-ecological knowledge among rural Kalahari communities. *Journal of Agricultural Research*, 6(4), 916–922. doi:10.5897/AJAR10.756
- Mosnier, C. (2009). Pour obtenir le grade de Docteur d'AgroParis Tech Adaptation des élevages de bovins allaitants aux aléas de prix et de climat : Approches par modélisation Adaptation of suckler cow farms to weather and beef price risks :
- Moufouma-Okia, W., & Rowell, D. P. (2010). Impact of soil moisture initialisation and lateral boundary conditions on regional climate model simulations of the West African Monsoon. *Climate Dynamics*, 35(1), 213–229. doi:10.1007/s00382-009-0638-0
- Mounirou, L. A., Yacouba, H., Karambiri, H., Paturel, J. E., & Mahé, G. (2012). Measuring runoff by plots at different scales: Understanding and analysing the sources of variation. *Comptes Rendus - Geoscience*, 344(9), 441–448. doi:10.1016/j.crte.2012.08.004
- Munshi, K. (2004). Social learning in a heterogeneous population: technology diffusion in the Indian Green Revolution. *Journal of Development Economics*, 73, 185–213.
- Muzari, W., Gatsi, W., & Muvhunzi, S. (2012). The Impacts of Technology Adoption on Smallholder Agricultural Productivity in Sub-Saharan Africa: A Review. *Journal of Sustainable Development*, 5(8), 69–77.
- Nash, J. E., & Sutcliffe, V. J. (1970). River flow forecasting through conceptual models part I- A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10(3), 282–290.
- Nations Unies. (1998). Protocole de Kyoto à la Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques. Kyoto.
- Nelson, R., Kokic, P., Crimp, S., Martin, P., Meinke, H., Howden, S. M., Nidumolu, U. (2009). The vulnerability of Australian rural communities to climate variability and change : Part II - Integrating impacts with adaptive capacity. *Environmental Science and Policy*, 13, 18–27. doi:10.1016/j.envsci.2009.09.007
- Neupane, R. P., Sharma, K. R., & Thapa, G. B. (2002). Adoption of agroforestry in the hills of Nepal: a logistic regression analysis. *Agricultural Systems*, 72(3), 177–196.
- Ngigi, S. N., Savenije, H. H. G., Thome, J. N., Rockström, J., & de Vries, F. W. T. P. (2005).

- Agro-hydrological evaluation of on-farm rainwater storage systems for supplemental irrigation in Laikipia district, Kenya. *Agricultural Water Management*, 73(1), 21–41. doi:10.1016/j.agwat.2004.09.021
- Ngwira, a., Johnsen, F. H., Aune, J. B., Mekuria, M., & Thierfelder, C. (2014). Adoption and extent of conservation agriculture practices among smallholder farmers in Malawi. *Journal of Soil and Water Conservation*, 69(2), 107–119. doi:10.2489/jswc.69.2.107
- Ngwira, A., Johnsen, F. H., Aune, J. B., Mekuria, M., & Thierfelder, C. (2014). Adoption and extent of conservation agriculture practices among smallholder farmers in Malawi. *Journal of Soil and Water Conservation*, 69(2), 107–119. doi:10.2489/jswc.69.2.107
- Niasse, M., Afouda, A., & Amani, A. (2004). *Réduire la vulnérabilité de l'Afrique de l'Ouest aux impacts du climat sur les ressources en eau, les zones humides et la désertification*. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni.
- Nicholson, S. (2005). On the question of the “recovery” of the rains in the West African Sahel. *Journal of Arid Environments*, 63(3), 615–641. doi:10.1016/j.jaridenv.2005.03.004
- Nkamleu, G. B., & Adesina, A. A. (2000). Determinants of chemical input use in peri-urban lowland systems: Bivariate probit analysis in Cameroon. *Agricultural Systems*, 62, 1–11.
- Nkamleu, G. B., & Adesina, A. A. (2008). Determinants of chemical input use in peri-urban lowland systems : bivariate probit analysis in Cameroon. *Agricultural Systems*, 63(2), 111–121.
- Nkamleu, G.-B., & Coulibaly, O. (2000). Le choix des méthodes de lutte contre les pestes dans les plantations de cacao et de café au Cameroun. *Économie Rurale*, 259(1), 75–85.
- Nkonya, E., & Kato, E. (2011). *Climate Risk Management through Sustainable Land Management in Sub-Saharan Africa*. Food Policy. Washington DC, USA.
- Nyong, A., Adesina, F., & Osman Elasha, B. (2007). The value of indigenous knowledge in climate change mitigation and adaptation strategies in the African Sahel. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(5), 787–797.
- OCDE. (2013a). *Les systèmes d'innovation agricole. Cadre pour l'analyse du rôle des pouvoirs publics*. Paris, France.
- OCDE. (2013b). *Les systèmes d'innovations agricoles: Cadre d'analyse du rôle des pouvoirs publics*. Paris, France.
- OCDE et Eurostat. (2005). *Manuel d'Oslo - Principes directeurs pour le recueil et l'interprétation des données sur l'innovation*. Paris, France.
- OCDE/CSAO. (2008). *Climat, changements climatiques et pratiques agro-pastorales en zone sahélienne*. Paris, France.
- OCDE-CRDI. (2010). *Innovation and the Development Agenda*. Ottawa, Canada.
- Oettli, P., Sultan, B., Baron, C., & Vrac, M. (2011). Are regional climate models relevant for crop yield prediction in West Africa? *Environmental Research Letters*, 6(1), 014008.
- Ogallo, L. a., Boulahya, M. S., & Keane, T. (2000). Applications of seasonal to interannual climate prediction in agricultural planning and operations. *Agricultural and Forest Meteorology*, 103, 159–166. doi:10.1016/S0168-1923(00)00109-X

- Oladele, O. I. (2005). A Tobit analysis of propensity to discontinue adoption of agricultural technology among farmers in southwestern Nigeria. *Journal Central European Agriculture*, 6(3), 249–254.
- Ouédraogo, M., Dembelé, Y., & Somé, L. (2010). Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations : cas des paysans du Burkina Faso. *Sécheresse*, 21(2), 87–96.
- Ouédraogo, M., & Kaboré, V. (1996). Le zaï, technique traditionnelle de réhabilitation des terres dégradées au Yatenga (Burkina Faso). In C. Reij, I. Scoones, & C. Toulmin (Eds.), *Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique* (pp. 119–130). Wageningen, Pays Bas.
- Ouédraogo, S. (2005). *Intensification de l'agriculture dans le plateau central du burkina faso* : Thèse de doctorat, Université Rijksuniversiteit Groningen.
- Oweis, T., & Hachum, A. (2009). Optimizing supplemental irrigation: Tradeoffs between profitability and sustainability. *Agricultural Water Management*, 96(3), 511–516. doi:10.1016/j.agwat.2008.09.029
- Oweis, T., Hachum, A., & Kijne, J. (1999). Water harvesting and supplementary irrigation for improved water use efficiency in dry areas. In *SWIM Paper 7. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute* (p. 41).
- Ozer, P., Hountondji, Y. C., & Laminou Manzo, O. (2009). Evolution des caractéristiques pluviométriques dans l'est du Niger de 1940 à 2007. *Geo-Eco-Trop*, 33, 11–30.
- Pacaud, T., & Cornut, S. (2007). Modélisation des systèmes d'élevage : synthèse bibliographique.
- Panigrahi, B., Panda, S. N., & Mal, B. C. (2007). Rainwater conservation and recycling by optimal size on-farm reservoir. *Resources, Conservation and Recycling*, 50(4), 459–474. doi:10.1016/j.resconrec.2006.08.002
- Pannell, J. D., Malcolmb, B., & Kingwella, S. R. (2000). Are we risking too much? Perspectives on risk in farm modelling. *Agricultural Economics*, 23(1), 69–78.
- Parker, D., Burton, R., Diongue-Niang, A., Ellis, R., Felton, M., Taylor, C., ... Tompkins, A. (2005). The diurnal cycle of the West African monsoon circulation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 131(611), 2839–2860.
- Pathak, P., Sahrawat, K. L., Wani, S. P., Sachan, R. C., & Sudi, R. (2009). Opportunities for Water Harvesting and Supplemental Irrigation for Improving Rainfed Agriculture in Semi-arid Areas: unlocking the potential. In *CAB International Publishing, Wallingford Oxfordshire, UK* (pp. 197–221).
- Patt, A., Suarez, P., & Gwata, C. (2005). Effects of seasonal climate forecasts and participatory workshops among subsistence farmers in Zimbabwe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(35), 12623–8.
- Paturel, J. E., Boubacar, I., L'Aour, a., & Mahé, G. (2010). Analyses de grilles pluviométriques et principaux traits des changements survenus au 20<sup>e</sup> siècle en Afrique de l'Ouest et Centrale. *Hydrological Sciences Journal*, 55(8), 1281–1288. doi:10.1080/02626667.2010.527846
- Penide, G. (2010). *Mise en place de simulateurs d'instruments de télédétection dans un*

- modèle méso-échelle (BRAMS) : Application à l'étude d'un système convectif observé pendant la campagne AMMA.* Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, France.
- Perriault, J. (1989). *La logique de l'usage. Essai sur les machines à communiquer.* Paris, France.
- Peyrillé, P. (2006). *Etude idéalisée de la mousson de l'Afrique de l'Ouest à partir d'un modèle numérique bidimensionnel.* Université Paul Sabatier, Toulouse, France.
- Phillips, J. ., Deane, D., Unganai, L., & Chimeli, A. (2002). Implications of farm level response to seasonal climate forecasts for aggregate grain production in Zimbabwe. *Agricultural Systems*, 74(3), 351–369.
- Pichot, J. P., & Faure, G. (2008). Système d'innovations et dispositifs d'appui. In J. C. Defère (Ed.), *Défis agricoles africains* ( pp. 265–284). Paris, France.
- Piraux, M., Buldgen, A., Steyaert, P., & Dieng, A. (1997). Intensification en région sahélo-sahélienne. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement.*, 1(3), 209–220.
- PNUD. (2004). *Reducing disaster risk: a challenge for development. UNDP global report.* Washington DC, USA: United Nations Development Programme.
- PNUD. (2014). *Pérenniser le progrès humain : réduire les vulnérabilités et renforcer la résilience.* Washington DC, USA: Communications Development Incorporated.
- Podesta, G., Letson, D., Messina, CarlosRoyce, F., Andre, R., Hansen, J., Llovet, I., & Brien, J. J. O. (2002). Use of ENSO related climate information in agricultural decision making in Argentina : a pilot experience. *Agricultural Systems*, 74, 371–392.
- Poussart-Vanier, M. (2005). La politisation de l'aide alimentaire d'urgence au Burkina-Faso. *Tiers Monde*, 184(4), 737. doi:10.3917/rm.184.0737
- Proulx, S., & Laberge, M.-F. (1995). Vie quotidienne, culture télévisuelle et construction de l'identité familiale. *Réseaux*, 70, 121–140.
- Rae, N. A. (1971). An Empirical Application and Evaluation of Discrete Stochastic Programming in Farm Management. *American Agricultural Economics*, 53(4), 625–638.
- Ramel, R. (2005). *Impact des processus de surface sur le climat en Afrique de l'Ouest.* Université Joseph Fourier de Grenoble.
- Rasmussen, L. V, & Reenberg, A. (2012). Collapse and Recovery in Sahelian Agro- pastoral Systems: Rethinking Trajectories of Change. *Ecology and Society* 17(1):, 17(1), 17.
- Reardon, T., Matlon, P., & Delgado, C. (1988). Coping with Household-level Food Insecurity in Drought-affected Areas of Burkina Faso. *World Development*, 16(9), 1065–1074.
- Redelsperger, J., Rosnay, D., & Akker, V. Den. (2006). AMMA, une étude multidisciplinaire de la mousson ouest-africaine. *La Météorologie-Special-AMMA*, (54), 22–32.
- Reij, C., Scoones, I., & Toulmin, C. (1996). *Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique* (Edition KA.). Wageningen, Pays Bas.
- Res, C., Vogel, C., & Brien, K. O. (2006). Who can eat information? Examining the effectiveness of seasonal climate forecasts and regional climate-risk management strategies. *Climat Research*, 33, 111–122.
- Reyes-García, V., Salpeteur, M., Calvet-Mir, L., Serrano, T., & Gomez-Bagethun, E. (2014).

- Coupling technology with traditional knowledge and local institutions to deal with changes in rural households: A focus on the semi arid tropics. *Sécheresse*, 34(93), 1–29. doi:10.1684/in
- Reynaud, A. (2008). Adaptation à court et à long terme de l'agriculture au risque de sécheresse : une approche par couplage de modèles biophysiques et économiques. *Revue d'Etudes En Agriculture et Environnement*, 90(2), 121–154.
- Rezaei-moghaddam, K., & Salehi, S. (2010). Agricultural specialists ' intention toward precision agriculture technologies : Integrating innovation characteristics to technology acceptance model. *African Journal of Agricultural Research*, 5(11), 1191–1199.
- Rhodes, E. R., & Jalloh, A. (2014). *Revue de la recherche et des politiques en matière d'adaptation au changement climatique dans le secteur de l'agriculture en Afrique de l'Ouest*. Dakar: CORAF/WECARD.
- Richefort, L., & Fusillier, J. (2010a). Imitation, rationalité et adoption de technologies d'irrigation améliorées à l' île de la Réunion. *Economie & Prévision*, 2(193), 59–73.
- Richefort, L., & Fusillier, J. (2010b). Imitation, rationalité et adoption de technologies d'irrigation améliorées à l' île de la Réunion. *Economie & Prévision*, (193), 59–73.
- Risiro, J., Mashoko, D., Tshuma, T., & Rurinda, E. (2012). Weather Forecasting and Indigenous Knowledge Systems in Chimanimani District of Manicaland , Zimbabwe. *Journal of Emerging Trends in Educational Research and Policy Studies*, 3(4), 561–566.
- Rivera, W. M., Qamar, M. K., & Mwandemere, H. K. (2005). *Enhancing coordination among AKIS/RD actors : An analytical and comparative review of country studies on Agricultural Knowledge and Information Systems*. Rome, Italy.
- Rochette, M. R. (1989). *Le Sahel en lutte contre la desertification. Leçons d'expériences*. (GIZ, Ed.). Ouagadougou: Comité permanent Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel.
- Rockel, B., Will, A., & Hense, A. (2008). The regional climate model COSMO-CLM (CCLM). *Editorial Meteorology*, 17, 347–348.
- Rodima-Taylor, D., Olwig, M. F., & Chhetri, N. (2012). Adaptation as innovation, innovation as adaptation: An institutional approach to climate change. *Applied Geography*, 33(1), 107–111. doi:10.1016/j.apgeog.2011.10.011
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations* (4th ed.). New York: Division of Macmillan Publishing. doi:citeulike-article-id:126680
- Roling, N. G., & Engel, P. (1992). The development of the concept of agricultural knowledge and information systems (AKIS): implications for extension. In W. Rivera & D. J. Gustafson (Eds.), *Agricultural Extension* (p. 107).
- Roncoli, C., Ingram, K., & Kirshen, P. (2001). The costs and risks of coping with drought : livelihood impacts and farmers ' responses in Burkina Faso. *Climate Reseach*, 19, 119–132.
- Roncoli, C., Ingram, K., & Kirshen, P. (2002). Reading the rains: Local knowledge and rainfall forecasting among farmers of Burkina Faso. *Society and Natural Resources*, 15(5), 411–430.

- Roncoli, C., Jost, C., Kirshen, P., Sanon, M., Ingram, K. T., Woodin, M., ... Hoogenboom, G. (2008). From accessing to assessing forecasts: an end to end study of participatory climate forecast dissemination in Burkina Faso (West Africa). *Climatic Change*, 92, 433–460.
- Roose, E. (1994). *Introduction à la gestion conservatoire de l' eau , de la biomasse et de la fertilité des sols*. Bulletin pédagogique. Ouagadougou, Burkina Faso.
- Roose, É. (1993). Le zaï. onnement, limites et amélioration d'une pratique traditionnelle africaine de réhabilitation de la végétation et de la productivité des terres dégradées en région soudano-sahélienne (Burkina Faso). *Cahier Orstom, Série. Pédologique.*, 28(2), 159–173.
- Roose, E., Kaboré, V., & Guénat, C. (1999). Zai practice: A west african traditional rehabilitation system for semiarid degraded lands, a case study in Burkina Faso. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 13, 343–35.
- Roudier, P., Muller, B., D'Aquino, P. D., Roncoli, E. C., Soumaré, A. M. F., Batté, L. G., & Sultan, B. (2014). The role of climate forecasts in smallholder agriculture: Lessons from participatory research in two communities in Senegal. *Climate Risk Management*, 2, 42–55.
- Roudier, P., Muller, B., Aquino, P., Roncoli, C., Soumaré, M. A., Batté, L., & Sultan, B. (2014). Climate Risk Management The role of climate forecasts in smallholder agriculture : Lessons from participatory research in two communities in Senegal. *Climate Risk Management*, 106, 1–22. doi:10.1016/j.crm.2014.02.001
- Roudier, P., Sultan, B., Quirion, P., Baron, C., Alhassane, A., Traoré, S., & Muller, B. (2012). An ex-ante evaluation of the use of seasonal climate forecasts for millet growers in SW Niger. *International Journal of Climatology*, 32, 759–771.
- Roy, D., Panda, S. N., & Panigrahi, B. (2009). Water balance simulation model for optimal sizing of on-farm reservoir in rainfed farming system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 65(1), 114–124. doi:10.1016/j.compag.2008.08.005
- Rozan, A. (2000). Une évaluation économique des bénéfices de morbidité bénigne induits par une amélioration de la qualité de l' air. *Economie & Prévision*, 2, 247–259.
- Rulleau, B., Dehez, J., Point, P., Ami, D., & Chanel, O. (2009). Approche multidimensionnelle de la valeur économique des loisirs de nature, suivi d'un commentaire de Dominique Ami et Olivier Chanel. *Economie et Statistique*, 421(1), 29–51. doi:10.3406/estat.2009.7735
- Rykiel, E. J. (1996). Testing ecological models: The meaning of validation. *Ecological Modelling*, 90(3), 229–244. doi:10.1016/0304-3800(95)00152-2
- Salack, S., Muller, B., & Gaye, A. T. (2011). Rain-based factors of high agricultural impacts over Senegal. Part I: integration of local to sub-regional trends and variability. *Theoretical and Applied Climatology*, 1(6).
- Salack, S., Muller, B., Gaye, A. T., Hourdin, F., & Cisse, N. (2012). Analyses multi-échelles des pauses pluviométriques au Niger et au Sénégal. *Sécheresse*, 23, 3–13.
- Salhi, S., Imache, A., Tonneau, J., & Ferfera, M. (2012). Les déterminants de l'adoption du système d'irrigation par goutte-à-goutte par les agriculteurs algériens de la plaine de la

- Mitidja. *Cahiers Agricultures*, 21, 417–426.
- Samuelsson, P., Jones, C. G., Willén, U., Ullerstig, A., Gollvik, S., Hansson, U., ... Wyser, K. (2011). The Rossby Centre Regional Climate model RCA3: Model description and performance. *Tellus, Series A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 63(1), 4–23. doi:10.1111/j.1600-0870.2010.00478.x
- Sané, T., Diop, M., & Sagna, P. (2008). Étude de la qualité de la saison pluvieuse en Haute-Casamance (Sud Sénégal). *Sécheresse*, 19(1), 23–28.
- Sanou, J. (2007). Fiche technique de production de maïs de consommation Variété extra précoce : BARKA. Ouagadougou, Burkina Faso: Institut de de l'Environnement et de Recherches Agronomiques.
- Savadogo, M., Somda, J., Seynou, O., & Zabré, S. (2011). *Catalogue de bonnes pratiques d'adaptation aux risques climatiques au Burkina Faso*. Ouagadougou: Union internationale pour la conservation de la nature.
- Schuman, L. (1996). *Perspectives on instruction*. Columbus, OH: Merrill/Prince Hall.
- Schumpeter, J. (1935). *Théorie de l'évolution économique*. Paris: Librairie Dalloz.
- Sene, S., & Ozer, P. (2002). Évolution Pluviométrique Et Relation Inondations – Événements Pluvieux Au Sénégal. *Bulletin de La Société Géographique de Liège*, 42, 27–33.
- Servat, É., Paturel, J. E., Lubes-Niel, H., Kouame, B., Travaglio, M., & Marieu, B. (1997). De la diminution des écoulements en Afrique de l'Ouest et centrale. *Comptes Rendus de l'Académie Des Sciences - Series IIA - Earth and Planetary Science*, 325(9), 679–682. doi:10.1016/S1251-8050(97)89110-0
- Sibelet, N. (1995). *L'innovation en milieu paysan ou la capacité des acteurs locaux à innover en présence d'intervenants extérieurs nouvelles pratiques de fertilisation et mise en bocage dans le Niumakélé (Anjouan, Comores)*. Thèse de doctorat en sociologie rurale, INA-PG.
- Sibelet, N., & Dugué, J. P. (2012). Processus d'innovation dans les exploitations familiales. In *Exploitations agricoles familiales en Afrique de l'ouest et centrale* (pp. 349–368). Versailles Cedex, France.
- Sidibé, A. (2005). Farm-level adoption of soil and water conservation techniques in northern Burkina Faso. *Agricultural Water Management*, 71(3), 211–224.
- Simmons, R. L., & Pomareda, C. (1975). Equilibrium Quantity and Timing of Mexican Vegetable Exports. *American Journal of Agricultural Economics*, 57, 472–479.
- Sivakumar, M. V. K. (1988). Predicting rainy season potential from the onset of rains in southern sahelian and sudanian climatic. *Agricultural and Forest Meteorology*, 42, 295–305.
- Sivakumar, M. V. K. (1992). Empirical Analysis of Dry Spells for Agricultural Applications in West Africa. *Journal of Climate*, 5(5), 532–540.
- Slingerland, M., & Masdewel, M. (1996). Le paillage sur le plateau central du Burkina Faso. Une technique très rependue et bien adaptée aux moyens des paysans. In C. Reij, I. Scoones, & C. Toulmin (Eds.), *Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique* (pp. 127–132). Wageningen, Pays Bas.

- Smith, M. (1992). *CROPWAT, a computer program for irrigation planning and management*. Irrigation and Drainage Paper (N<sup>o</sup>. 26). Rome, Italy.
- Smithers, J., & Blay-palmer, A. (2001). Technology innovation as a strategy for climate adaptation in agriculture, *21*, 175–197.
- Somda, J., Nianogo, A. J., Nassa, S., & Sanou, S. (2002). Soil fertility management and socio-economic factors in crop-livestock systems in Burkina Faso: A case study of composting technology. *Ecological Economics*, *43*(2-3), 175–183.
- Somé, D., Zombré, N. P., Zombré, G., & Macauley, R. H. (2004). Impact de la technique du zaï sur la production du niébé et sur l'évolution des caractéristiques chimiques des sols très dégradés (zipellés) du Burkina Faso. *Sécheresse*, *15*(3), 263–269.
- Somé, L. (1989). *Diagnostic agropédoclimatique du risque de sécheresse au Burkina Faso. Etude de quelques techniques agronomiques améliorant la résistance pour les cultures de sorgho, de mil et de maïs*. Thèse doctorat. Université de Montpellier 2.
- Some, L., & Ouattara, K. (2009). Irrigation de complément pour améliorer la culture du sorgho au Burkina Faso. *Agronomie Africaine*, *17*(3), 201–209.
- SP/CONAGESE. (2001). *Communication Nationale du Burkina Faso*. Ouagadougou, Burkina Faso: Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques.
- SP/CONEDD. (2007). *Programme d'action national d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques*. Ouagadougou, Burkina Faso.
- SP/CONEDD. (2011). *Elaboration du PANA Programmatique du Burkina Faso : Etudes de modélisation climatique, d'évaluation des risques et d'analyse de la vulnérabilité aux changements climatiques*. Ouagadougou, Burkina Faso.
- Spielman, D. J. (2005). *Systems Perspectives on Developing-Country Agriculture : A Critical Review*. Washington DC, USA.
- Sultan, B. (2011). *L'étude des variations et du changement climatique en Afrique de l'Ouest et ses retombées sociétales*. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie.
- Sultan, B. (2012). Global warming threatens agricultural productivity in Africa and South Asia. *Environmental Research Letters*, *7*, 041001. doi:10.1088/1748-9326/7/4/041001
- Sultan, B., Alhassane, A., Barbier, B., Baron, C., Bella-Medjo Tsogo, M., Berg, A., Vaksman, M. (2012). La question de la vulnérabilité et de l'adaptation de l'agriculture sahélienne au climat au sein du programme AMMA. *La Météorologie-Special-AMMA*, *8*, 64–72. doi:10.4267/2042/48134
- Sultan, B., Barbier, B., Fortilus, J., Mbaye, S. M., & Leclerc, G. (2010). Estimating the potential economic value of seasonal forecasts in West Africa: A long-term ex-ante assessment in Senegal. *American Meteorological Society*, *2*(1), 69–87.
- Sultan, B., Baron, C., Dingkuhn, M., Sarr, B., & Janicot, S. (2005). Agricultural impacts of large-scale variability of the West African monsoon. *Agricultural and Forest Meteorology*, *128*(1-2), 93–110. doi:10.1016/j.agrformet.2004.08.005
- Sultan, B., & Janicot, S. (2004a). La variabilité climatique en Afrique de l'Ouest aux échelles saisonnière et intra-saisonnière. *Sécheresse*, *15*(4), 1–10.
- Sultan, B., & Janicot, S. (2004b). La variabilité climatique en Afrique de l'Ouest aux échelles

- saisonnaire et intra-saisonnaire. I: mise en place de la mousson et variabilité intra-saisonnaire de la convection. *Sécheresse*, 15(4), 321–330.
- Sultan, B., Janicot, S., Baron, C., Dingkuhn, M., Muller, B., & Traoré, S. (2008). Les impacts agronomiques du climat en Afrique de l'Ouest : une illustration des problèmes majeurs. *Sécheresse*, 19(1), 29–37.
- Sultan, B., Roudier, P., & Quirion, P. (2013). Les bénéfices de la prévision saisonnière pour l'agriculture en Afrique de l'Ouest. *Sécheresse*, 24, 304–313.
- Tadesse, M., & Belay, K. (2004). Factors Influencing Adoption of Soil Conservation Measures in Southern Ethiopia : The Case of Gununo Area. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 105(1), 49–62.
- Tarhule, A., & Lamb, P. J. (2003). Climate research and seasonal forecasting for West Africans: perceptions, dissemination, and use ? *Bulletin of the American Meteorological Society*, 84(12), 1741–1759.
- Teklewold, H., & Kohlin, G. (2010). *Risk preferences as determinants of soil conservation decisions in Ethiopia*. *Journal of Soil and Water Conservation*. Gotthenburg, Sweden.
- Tenge, a. J., De Graaff, J., & Hella, J. P. (2004). Social and economic factors affecting the adoption of soil and water conservation in West Usambara highlands, Tanzania. *Land Degradation & Development*, 15(2), 99–114. doi:10.1002/ldr.606
- Terra, S. (2005). *Guide de bonnes pratiques pour la mise en oeuvre de l'évaluation contingente*. Paris, France.
- Thune, M. (2011). L'industrialisation de l'exploitation de l'or à Kalsaka, Burkina Faso : une chance pour une population rurale pauvre ? *EchoGéo*, 17.
- Tizale, Y. C. (2007). *The dynamics of soil degradation and incentives for optimal management in the Central Highlands of Ethiopia*. Universty of Pretoria, South Africa.
- Tobin, J. (1958). Estimation of relationship for limited dependent variables. *Econometrica*, 26(1), 24–36.
- Tornatzky, L., & Klein, K. (1982). Innovation characteristics and innovation adoption-implementation: A meta-analysis of findings. *IEEE Transactions on Engineering Management*. doi:10.1109/TEM.1982.6447463
- Torrekens, P., Brouwer, J., & Hiernaux, P. (1997). Evolution de la végétation spontanée sur les plateaux latériques traités par les travaux anti-érosifs dans la département de Dosso (Niger). In M. J. Herbès, K. M. J. Ambouta, & R. Peltier (Eds.), *Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens* (pp. 235–246). Paris, France.
- Toulmin, C., & Gueye, B. (2003). Transformations de l'agriculture ouest-africaine et rôle des exploitations familiales. *Development*, 123, 106.
- Toutain, B., & Lhoste, P. (1978). Essai d'estimation du coefficient d'utilisation de la biomasse herbacée par le bétail dans un périmètre sahélien. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire dans les pays tropicaux*, 31(1), 95–101.
- Toutain, B., Masson, A. L., & Roberge, G. (2006). Leçons de quelques essais de régénération des parcours en région sahélienne. *Sécheresse*, 17(1-2), 72–77.
- Traore, B., Corbeels, M., van Wijk, M. T., Rufino, M. C., & Giller, K. E. (2013). Effects of

- climate variability and climate change on crop production in southern Mali. *European Journal of Agronomy*, 49, 115–125. doi:10.1016/j.eja.2013.04.004
- Triomphe, B., & Rajalahti, R. (2012). Système d'innovation: Du concept à pratique émergente. In E. Coudel, H. Devautour, C.T. Soulard, G. Faure & B. Hubert (Eds.), *Apprendre à innover dans un monde incertain. Concevoir les futurs de l'agriculture et de l'alimentation* (p. 41-62). Versailles Cedex, France.
- Turner, R. K., Pearce, D., & Bateman, I. (1994). *Environmental Economics*. London.
- Ulimwengu, J., & Sanyal, P. (2011). *Joint estimation of farmers' stated willingness to pay for agricultural services* (N<sup>o</sup>. 01070). Discussion Paper : International Food Policy Research Institute.
- Vermeulen, S. J., Aggarwal, P. K., Ainslie, a., Angelone, C., Campbell, B. M., Challinor, a. J., Wollenberg, E. (2012). Options for support to agriculture and food security under climate change. *Environmental Science & Policy*, 15(1), 136–144.
- Vlaar, J. C. J. (1992). *Les techniques de conservation des eaux e tdes sols dans les pays du Sahel*. Ouagadougou : Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques (CIEH).
- Von Neumann, J., & Morgenstern, O. (1947). Theory of games and economic behavior. *Princeton University, Princeton*, 56(4), 641.
- Wejnert, B. (2008). Integrating models of diffusion of innovations:a conceptual framework. *Review Literature And Arts Of The Americas*, 28(2002), 297–326.
- Weldeab, S., Lea, D., Schneider, R., & Andersen, N. (2007). 155,000 years of West African monsoon and ocean thermal evolution. *Science*, 316(5829), 1303.
- West, C. T., Roncoli, C., & Ouattara, F. (2008). Local perceptions and regional climate trends on the central plateau of Burkina Faso. *Land Degradation and Development*. doi:10.1002/ldr
- Westenbroch, K., & Skiera, B. (2002). Mesuring consumers' willingness to pay at the point of purshase. *Journal of Marking Reshaerch*, 309, 228–241.
- Wheeler, S., Bjornlund, H., Shanahan, M., & Zuo, A. (2009). Who trades water allocations ? Evidence of the characteristics of early adopters in the Goulburn – Murray Irrigation District , Australia 1998 – 1999. *Agricultural Economics*, 40, 631–643.
- Wooldridge, J. (2001). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press, Cambridge. doi:10.1515/humr.2003.021
- World Bank. (2006). *Enhancing agricultural innovation: How to go beyond the strengthening of research systems*. Washington DC : USA.
- World Bank. (2012). *Agricultural innovation systems: An investment sourcebook*. Washington DC : USA.
- Yuan, T., Fengmin, L., & Puhai, L. (2003). Economic analysis of rainwater harvesting and irrigation methods, with an example from China. *Agricultural Water Management*, 60(3), 217–226.
- Ziervogel, G., Bithell, M., & Washington, R. (2005). Agent based social simulation : a method for assessing the impact of seasonal climate forecast applications among smallholder farmers. *Agricultural Systems*, 83, 1–26.

- Ziervogel, G., & Calder, R. (2003). Climate variability and rural livelihoods: Assessing the impact of seasonal climate forecasts in Lesotho. *Area*, 35(4), 403–417.
- Ziervogel, G., Churi, J., Houenou, B., Kisiangani, E., & Wanda, G. (2010). *Intégration des données météorologiques et du savoir autochtone aux prévisions climatiques saisonnières pour le secteur agricole*. Montréal, Canada.
- Zongo, B. (2010). *Intérêt de la programmation linéaire pour l'analyse des pratiques des producteurs et la conception des innovations : cas des villages de Koumbia et Kourouma à l'Ouest du Burkina Faso*. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.
- Zongo, B., Diarra, A., Barbier, B., Zorom, M., Yacouba, H., & Dogot, T. (2015). Farmers' practices and willingness to adopt supplemental irrigation in Burkina Faso. *International Journal of Food and Agricultural Economics*, 3(1), 101–117. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2268/179449>
- Zongo, B., Diarra, A., Barbier, B., Zorom, M., Yacouba, H., & Dogot, T. (2016). Farmers' Perception and Willingness to Pay for Climate Information in Burkina Faso. *Journal of Agricultural Science*, 8(1), 175–187. doi:10.5539/jas.v8n1p175
- Zorom, M., Barbier, B., Mertz, O., & Servat, E. (2013). Diversification and adaptation strategies to climate variability: A farm typology for the Sahel. *Agricultural Systems*, 3(9), 436–347.
- Zougmore, R., Guillobez, S., Kambou, N. F., & Son, G. (2000). Runoff and sorghum performance as affected by the spacing of stone lines in the semiarid Sahelian zone. *Soil and Tillage Research*, 56(3-4), 175–183. doi:10.1016/S0167-1987(00)00137-9
- Zougmore, R., Ouattara, K., Abdoulaye, M., & Ouattara, B. (2004). Rôle des nutriments dans le succès des techniques de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux, bandes enherbées, zaï et demi-lunes) au Burkina Faso. *Sécheresse*, 15(1), 41–48.
- Zoungrana, T. P. (1995). Sécheresse et dynamique des agrosystèmes dans la plaine centrale du Burkina / Drought and dynamics of agrosystems in the central plain of Burkina. *Revue de Géographie de Lyon*, 70(3), 247–254. doi:10.3406/geoca.1995.4219



## **ANNEXES**

**Annexe 1:** Questionnaire N°1. Enquête sur l'adoption des innovations existantes, l'information climatique et la prédisposition à adopter l'irrigation de complément dans les régions du Nord Centre-nord, Centre et Centre-sud du Burkina Faso

**Annexe 2:** Questionnaire N°2. Evaluation paysanne de la mise œuvre de l'information climatique dans la province du Bam

## Annexe 1: Questionnaire N°1

### Enquête sur l'adoption des innovations existantes, l'information climatique et la prédisposition à adopter l'irrigation de complément dans les régions du Nord Centre-nord, Centre et Centre-sud du Burkina Faso

#### I. Informations générales

- 1.1. Fiche N°/...../
- 1.2. Date de l'interview /...../...../.....2012... /
- 1.3. Région /...../ Code  
/...../
- 1.4. Province /...../ Code  
/...../
- 1.5. Commune /...../ Code /...../
- 1.6. Village /...../ Code  
/...../
- 1.7 Nom et prénom de l'enquêteur : /...../
- 1.8. Code enquêteur /...../
- 1.9. Téléphone de l'enquêteur : /...../

#### II. Caractéristiques du chef de ménage

- 2.1. Nom et prénom du chef de ménage : /...../
- 2.2. Téléphone du chef de ménage : /...../
- 2.3. Coordonnées géographiques de la concession:  
Latitude /N...../ Longitude  
/W...../
- 2.4. Sexe du chef de ménage...../...../ (1=Masculin 2=Féminin)
- 2.5. Age du chef de ménage...../...../...../ ans
- 2.6. Statut matrimonial du chef de ménage...../...../ (1=Célibataire ;  
2=Marié(e) monogame ; 3= Marié Polygame ; 4= Divorcé(e)/séparé(e) ; 5=Veuf (ve))
- 2.7. Si le chef de ménage est polygame, combien d'épouses a-t-il ? /...../
- 2.8 Niveau d'éducation du chef de ménage...../...../
- 1=Aucun ; 2= Alphabétisé(e) ; 3= Primaire (CEP); 4= Medersa Primaire (CEP) ; 5= Secondaire (6<sup>em</sup> – terminal) ; 6=Medersa Secondaire (6<sup>em</sup> – terminal) ; 7= Supérieur (Bac et plus) ; 8= Medersa Supérieur (Bac et plus) ; 9= Autre (à préciser) \_\_\_\_\_
- 2.9. Religion /...../ (1=Islam ; 2=catholicisme ; 3=animisme ; 4=autre à préciser)

- 2.10. Ethnie /...../ (1=Mossi ; 2= Gourmantché ; 3=Peulh ; 4=autre à préciser)
- 2.11. Quelle est votre activité principale ? ...../...../
- 1=Agriculture ; 2=Elevage ; 3= orpaillage ; 4=cultures maraîchères ; 5= Commerce ; 6= Artisanat ; 7= autre à préciser (.....)
- 2.12. Quelle est votre activité secondaire ? ...../...../
- 1=Agriculture ; 2=Elevage ; 3= orpaillage ; 4=cultures maraîchères ; 5= Commerce ; 6= Artisanat ; 7= autre à préciser (.....)
- 2.13. Etes-vous membre d'un groupement ? /...../ (1=oui ; 0= non)
- 2.14. Si oui, lequel ? /...../
- 2.15. Depuis quand (année)? /...../...../...../
- 2.16. Etes-vous membre du bureau ? ...../...../ (1=oui ; 0= non)

#### III. Composition du ménage

- 3.1. Combien de personnes composent le ménage ? /...../
- Masculin 0-5 ans...../...../...../ Féminin 0-5 ans...../...../...../
- Masculin 6-14 ans...../...../...../ Féminin 6-14 ans...../...../...../
- Masculin 15-49 ans...../...../...../ Féminin 15-49 ans...../...../...../
- Masculin 50 ans et +...../...../...../ Féminin 50 ans et ...../...../...../

- 3.2. Combien de personnes sont alphabétisées dans le ménage ?/...../...../

#### IV. Origine géographique du ménage

- 4.1. Quel est votre statut social /...../ (1=Autochtone ; 0=migrant)
- 4.2. Si migrant, quel est votre origine ? /...../
- 4.3. Raison principale de la migration ? /...../
- 4.4. Occupation avant migration  
/...../
- 4.5. Quel est votre statut foncier /...../ (1=propriétaire foncier ; 2=Achat ; 3=Don ; 4=Autres à préciser)

**V. Inventaire du matériel agricole**

N°	Type de matériel	Nombre	Durée d'acquisition (Age)	Valeur achat (F CFA)	Durée de vie prévue en années	Mode d'acquisition (1=comptant ; 2= crédit ; 3=legs ou don ; 4= autres à préciser)	Type de cultures bénéficiaires (1=céréales ; 2= rentes ; 3=maraîchage ; 4=autres à préciser)	Valeur actuelle estimée (F CFA)
5.1	Charrue bovine	_ _	_ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _	_ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
5.2	Charrue asine	_ _	_ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _	_ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
5.3	Charrette	_ _	_ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _	_ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
5.4	Brouette	_ _	_ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _	_ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
5.5	Houe manga	_ _	_ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _	_ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
5.6	Triangle	_ _	_ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _	_ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
5.7	semoir	_ _	_ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _	_ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
5.8	Rayonneur	_ _	_ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _	_ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
5.9	Herse	_ _	_ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _	_ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
5.10	Pulvérisateur	_ _	_ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _	_ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
5.11	Autres à préciser	_ _	_ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _	_ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _

**VI. Pratiques des cultures pluviales à la campagne agricole 2012/2013**

N°	cultures		Maïs	Sorgho	Mil	Niébé	Sésame	Riz	Arachide	Vadzou	Autres cultures (à préciser)
6.1	Superficie (ha)		_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
6.2	Labour	Montant (F CFA)	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
6.3		Quantité (charrette)	_ _ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _	_ _ _ _
	Fumure organique	Valeur (F CFA)	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
6.4		Quantité (kg)	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
	NPK	Valeur (F CFA)	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
6.5		Quantité (kg)	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
	Urée	Valeur (F CFA)	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
6.6		Quantité (kg)	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
	Semences	Valeur (F CFA)	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
6.7		Valeur (F CFA)	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
	Insecticides	Valeur (F CFA)	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
6.8		Nbre de jours	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
	Main d'œuvre	Coût (F CFA)	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
6.9		quantité	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _
	Production agricole	Unité	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _

## VII. Pratique d'irrigation

### 7.1 Type de formations reçues

N°	Type de formations reçues	Réponse (1=oui ; 0= non)	Nombre de formations	Quand la formation récente a-t-elle été dispensée (année)	Durée totale de la dernière formation (jours)	Type de formations (1= individuelle ; 2= groupe ; 3= les deux ; 4= autres à préciser)	Formateur (1=service d'agriculture ; 2= ONG ; 3=Association/groupement ; 4= Autres à préciser)
7.1.1	Technique d'irrigation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1.2	Gestion de l'eau pour l'irrigation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1.3	Utilisation du matériel d'irrigation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1.4	Entretien et réparation du matériel d'irrigation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1.5	Creusage des puits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1.6	Aménagement des terres pour l'irrigation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1.7	Choix des cultures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1.8	Application des engrais (NPK, Urée)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1.9	Application des pesticides (insecticides et herbicides)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1.10	Fabrication du compost (compostage)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.1.11	Autres (à préciser)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 7.2 Type de cultures irriguées de l'année passée à aujourd'hui

N°	Types de cultures	Réponse (1=oui ; 0=non)	Carburant pour motopompe (F CFA)	Superficie	Unité surface 1=Ha 2=m²	Semence (F CFA)	Pesticides (insecticides, herbicides) (F CFA)	Main-d'œuvre salarisée (F CFA)	Montant NPK (F FCA)	Montant Urée (F FCA)	Valeur de la production (F CFA)
7.2.1	Pomme de terre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2.2	Oignon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2.3	Tomate	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2.4	Aubergine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2.5	Choux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2.6	Autres (à préciser)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2.7	Autres (à préciser)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2.8	TOTAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 7.3 Source d'eau pour l'irrigation

N°	Sources d'eau	Réponse (1=oui ; 0= non)	Statut (1=individuel ; 2=collectif ; 3= Etat ; 4= autres à préciser)	Coût de réalisation (FCFA)	Durée d'utilisation (nombre d'année)	Contraintes majeures (maximum deux contraintes par source d'eau)	Propositions d'amélioration (maximum deux par source d'eau)
7.3.1	Puits	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
7.3.2	Puisard	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
7.3.3	Boulis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
7.3.4	Barrage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
7.3.5	Lac	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
7.3.6	Cours d'eau naturelle (rivière)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		
7.3.7	Autres (à préciser)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

### VIII. Pratiques d'élevage

N°	Animaux	Réponse (1=oui ; 0=non)	nombre	Appartenance des animaux (1=chef ; 2= épouses ; 3= fils ; 4= autres à spécifier)	Nombre de naissance de l'année passée à aujourd'hui (une année)	Nombre de morts de l'année passée à aujourd'hui (une année)	Nombre d'animaux vendus de l'année à aujourd'hui (une année)	Valeur monétaire (F CFA)	Utilisation des revenus des ventes (1=achat de nourriture ; 2=investissement agricole ; 3=santé ; 4=éducation ; 5=autres à préciser)	Nombre d'animaux achetés de l'année à aujourd'hui (une année)
8.1	Ovins (moutons)	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.2	Ovins d'embouche	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.3	Caprins (chèvres)	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.4	Volailles (poules, pintades, etc)	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.5	Porcs	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.6	Bœufs d'élevage	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.7	Bœufs de trait	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.8	Bœufs d'embouche	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
8.9	Autres à préciser	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

### IX. Sources de revenu non agro-pastorale de l'année passée à aujourd'hui

N°	Sources de revenu	Réponse (1=oui ; 0=non)	Montant annuel (De l'année passée à aujourd'hui)
9.1	Transfert	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
9.2	Orpaillage	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
9.3	Commerce	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
9.4	Maçonnerie	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
9.5	Artisanat	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
9.6	Produits forestiers	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
9.7	Autres (à préciser)	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

## **X. Perception et impacts de la variabilité climatique**

N°	Indicateurs	Evolution au cours des 20 dernières années (0=stable ; 1=augmenté ; 2=diminué ; 3=ne sais pas ; 4=alternatif)	Impacts sur les rendements agricoles au cours des 20 dernières années (0=aucun ; 1=positif ; 2=négatif ; 3=ne sais pas)
	<b>Pluviométrie</b>		
10.1	Nombre d'évènements pluvieux	□□	□□
10.2	Durée de l'hivernage	□□	□□
10.3	Durée des poches de sécheresse	□□	□□
10.4	Intensité des pluies (quantité d'eau par pluie)	□□	□□
10.5	Inondation des champs	□□	□□
	<b>Température</b>		
10.6	Durée des périodes froides	□□	□□
10.7	Durée des périodes chaudes	□□	□□
	<b>Vents</b>		
10.8	Fréquence des vents	□□	□□
10.9	Durée de vents	□□	□□

## **XI. Prévision saisonnière et informations climatiques**

- 11.1. Savez-vous à l'avance si la saison sera bonne ou mauvaise ? /...../ (1=oui ; 0=non)
- 11.2. Si oui, comment ? /...../ (1=Moyens magique ; 2= fleurs des arbres ; fruits des arbres 3= oiseaux ; 4=couleurs du ciel ; 5= direction du vent ; 6= autres à préciser))
- 11.3. Avez-vous entendu des informations sur la prévision saisonnière de la campagne agricole 2012/2013 ? /...../ (1=oui ; 0=non)
- 11.4. Si oui, où l'avez-vous entendu /...../ (1=Radio ; 2=télévision ; 3= Encadreurs agricoles ; 4=Autre à préciser)
- 11.5. Tenez-vous compte de ces prévisions saisonnières dans vos prises de décision ? /...../ (1=oui ; 0=non)
- 11.6. Si oui, comment ?.....
- 11.7. Comment la saison agricole 2012/2013 était- elle par rapport à celle de 2011/2012? /...../ (1=très sèche ; 2=Sèche ; 3= humide ; 4=très humide)
- 11.8. Est-ce qu'elle correspond aux prévisions en début d'hivernage? /...../ (1=oui ; 0=non)
- 11.9. Justifiez la réponse
- .....
- 11.10. Sur les prévisions des 5 dernières années, combien ont été justes ? /...../ (de 1 à 5)
- 11.11. Avez-vous besoin d'informations climatiques de précampagnes agricoles ? /...../ (1=oui ; 0=non)
- 11.12. Si oui, quel type d'informations avez-vous besoin ? /...../ (1=date d'hivernage ; 2= date de fin d'hivernage ; 3=duré de la saison ; 4= autres à préciser)
- 11.13. Sous-quelle forme aimerez-vous que ces informations soient diffusées ? /...../ 1=radio ; 2=télévision ; 3= atelier ; 4= encadreurs agricoles ; 5=autre (à préciser)

11.14. A quelle période de l'année aimeriez-vous avoir l'information climatique /...../ (1=Avril ; 2=mai ; 3=juin ; 4=juillet ; 5=autres à préciser)

11.15. Seriez-vous prêt à dépenser pour avoir l'information de précampagne agricole ? /...../ (1=oui ; 0=non)

11.16. Si oui, supposons que l'information climatique est payante, quel montant seriez-vous prêt à payer pour en bénéficier? /...../ F CFA

**XII. Niveau de connaissance des innovations agricoles de conservation des eaux**

N°	Type de technique appliquée	Quand avez-vous entendu parler de la technique la 1 <sup>ère</sup> fois (année)	Source d'information ? (1=paysans ; 2=services agricoles du ministère ; 3=radio ; 4=projet/ONGs ; 5=autres (à préciser)	Avez-vous reçu une formation pour son utilisation ? (1=oui ; 0=non)	Avez-vous testé la technique avant son utilisation ? (1=oui ; 0=non)
12.1	zaï	_ _ _ _	_ _ _ _	_	_
12.2	cordons pierreux	_ _ _ _	_ _ _ _	_	_
12.3	demi-lunes	_ _ _ _	_ _ _ _	_	_
12.4	paillage	_ _ _ _	_ _ _ _	_	_
12.5	sous-solage	_ _ _ _	_ _ _ _	_	_
12.6	bande enherbée	_ _ _ _	_ _ _ _	_	_
12.7	diguettes filtrantes	_ _ _ _	_ _ _ _	_	_
12.8	labour à plat cloisonné	_ _ _ _	_ _ _ _	_	_
12.9	scarifiage	_ _ _ _	_ _ _ _	_	_
12.10	rotation	_ _ _ _	_ _ _ _	_	_
12.11	semences améliorés	_ _ _ _	_ _ _ _	_	_
12.12	diversification des cultures	_ _ _ _	_ _ _ _	_	_

### XIII. Adoption des innovations agricoles actuelles

N°	Type de technologie appliquée	Appliquez-vous la technologie (1=oui ; 0=non)	Depuis combien d'années l'utilisez-vous ?	Avez-vous bénéficié d'un appui pour sa mise en œuvre ? (1=crédit ; 2=don ; 3=subvention ; 4=pas d'appui ; 5=autres à préciser)	Quel est votre objectif par rapport à l'adoption de la technologie ? (1=freiner la dégradation des sols ; 2=favoriser l'infiltration de l'eau ; 3=bénéficier des aides ; 4= autres à préciser)	Cultures bénéficiaires de la technologie (1=maïs ; 2=sorgho ; 3=mil ; 4=riz ; 5= autres (à préciser)	La technologie est-elle efficace pour maintenir l'humidité du sol (1=oui ; 0=non)	Coût de réalisation ou d'acquisition	Type de sol (1=argileux ; 2=sablo-argileux ; 3=latéritique ; 4=autre (à préciser)	Superficie totale aménagée (ha)
13.1	zaï	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.2	cordons pierreux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.3	demi-lunes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.4	paillage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.5	sous-solage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.6	bande enherbée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.7	diguettes filtrantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.8	labour à plat cloisonné	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.9	scarifiage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.10	rotation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.11	semences améliorés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.12	diversification des cultures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.13	application de la fumure organique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**XIV. Intention de paiement pour les innovations actuelles**

N°	Type de technique appliquée	Appréciation de l'innovation (1=pas utile ; 2 = utile ; 3=très utile)	Quelle option préférez-vous pour mettre en place l'innovation (1=travailler ; 2=payer ; 3=travailler et payer 4=rien)	Si la réponse est payer ou travailler et payer, quel montant seriez-vous prêts à payer pour acquérir l'innovation sur 1 ha		Si la réponse est travailler ou travailler et payer, combien de jours seriez-vous prêts à travailler pour acquérir l'innovation sur 1 ha en un mois	
				Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
14.1	Zaï	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.2	cordons pierreux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.3	demi-lunes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.4	paillage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.5	sous-solage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.6	bande enherbée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.7	diguettes filtrantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.8	labour à plat cloisonné	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.9	scarifiage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.10	Semences améliorés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.11	Application de la fumure organique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**XV. Connaissance de l'irrigation de complément (expliquer d'abord l'importance de l'irrigation de complément avant de poser les questions)**

Depuis les 10 dernières années, les poches de sécheresse sont devenues de plus en plus récurrentes au Burkina. Des initiatives telles l'utilisation des techniques CES (zaï, cordons pierreux, demi-lunes, paillages) pour maintenir l'humidité du sol. Cependant, au-delà d'une ou deux semaines selon les types de sols, ces techniques deviennent inefficaces pour le maintien d'humidité. Par conséquent, on observe un flétrissement des plantes (cultures) et une baisse des rendements agricoles à la récolte. Pour réduire l'effet de ces poches de sécheresse, le 2iE et ses partenaires (Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique, Groupement NAM, l'ONG AZN) ont entrepris à partir de la campagne agricole 2012-2013, la vulgarisation de l'irrigation de complément à partir de bassin de collecte d'eau de ruissellement. Dans certaines régions, on parle de « opération maïs de case ». (Voir le manuel pour expliquer davantage l'importance l'irrigation de complément avant de poser les questions).

- 15.1. Avez-vous déjà vu ou entendu parler de l'irrigation de complément avant la campagne agricole 2012-2013? /..... / (1=oui ; 2 = non)
- 15.2. Si oui, donner les sources d'information? /..... / (1= radio ; 2 = voisin; 3= marché; 4=presse écrite; 5= autre à préciser.....)
- 15.3. L'irrigation de complément est-elle utile pour les cultures pluviales /..... / (0=ne sais pas ; 1=pas utile ; 2 = utile ; 3=très utile)

15.4. Si l'irrigation de complément est utile, pour quelles cultures sont-elles appropriées ? /..... / (1= maïs; 2=mil; 3= sorgho; 4=riz; 5= cultures maraîchères; 6= autre à préciser)

**XVI. Intention d'adoption de l'irrigation de complément (voir le manuel pour expliquer d'abord l'importance l'irrigation de complément avant de poser les questions)**

16.1. Seriez-vous intéressés à posséder un bassin pour l'irrigation de complément dans votre exploitation pour les prochaines saisons ? /..... / (1=oui ; 0=non)

16.2. Quelle est la forme souhaitable pour votre bassin? /..... / (1= circulaire ; 2 = rectangulaire; 3= trapézoïdale; 4= autres.....)

16.3. Quel type de moyen d'exhaure vous convient-il ? /..... / (1= arrosoir; 2=motopompe ; 3=pompe à pédale ; 4= pompe manuelle ; 5= seau ; 6=autres à préciser)

16.4. Auriez-vous besoin de clôturer votre bassin ? /..... / (1=oui ; 0=non)

16.5. Si oui, quel type de clôture ? /..... / (1=Grillage 2= épine 3= paille 4= haie vive ; 5=autres à préciser)

16.6. Dans quel champ souhaiteriez-vous construire le bassin ? /..... / (1=champ de case ; 2= champ de brousse)

16.7. A quelle distance minimale de votre concession ? /...../..... / Km ou /...../...../..... / m

16.8. En dehors de l'irrigation des cultures, les bassins sont-ils utiles ? /..... / (1=oui ; 0=non)

16.9. Si oui, quels sont leur utilité ? /..... / (1=abreuvement des animaux ; 2= construction des maisons ; 3=eau de boisson ; 4=autre à préciser)

16.10. Si vous étiez intéressé par l'irrigation de complément, préférez-vous travailler pour construire le bassin, payer ou travailler et payer pour le posséder ? /..... / (1=travailler ; 2=payer ; 3= travailler et payer)

16.11. Si la réponse est payer ou travailler et payer, combien seriez-vous prêt à payer sachant que l'excavation du bassin coute 100 000 FCFA /..... /

16.12. Si la réponse est travailler ou travailler et payer, combien d'heures ou de jour maximum seriez-vous prêt à travailler sur une durée d'une semaine sachant l'excavation complète du bassin nécessite 30 jour-homme ? /...../jours

16.13. Les membres de votre ménage pourraient-ils construire le bassin à eux seuls ? /..... / (1=oui ; 0=non)

16.14. Pourriez-vous mobiliser la main d'œuvre du village pour la construction du bassin ? /..... / (1=oui ; 0=non)

16.15. Le matériel d'exhaure coûterait 50 000 F CFA, quel montant maximum seriez-vous prêt à payer pour bénéficier de l'irrigation de complément avec subvention? /..... / F CFA

**XVII Possession de matériel pour la construction de bassin**

Quels matériels disposez-vous pour la construction de votre bassin ?

N°	Type de matériel	Réponse (1=oui ; 0= non)	Nombre de matériel	Durée du matériel (en an)	Valeur achat (F CFA)	Durée de vie prévue (en an)	Valeur actuelle estimée (F CFA)	Le matériel est-il suffisant ? (1=oui ; 0=non)	Besoin en matériel (Nombre)	Mode d'acquisition souhaité (0=don ; 1=achat ; 2=subvention ; 3=autres à préciser)
17.1	Pioche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.2	Houe (daba)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.3	Charrette	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.4	Brouette	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.5	Pelle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.6	Tracteur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17.7	Autres (à préciser)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**XVIII. Quelles sont les contraintes et suggestions pour l'adoption de l'irrigation de complément et la construction des bassins**

Contraintes financières, sociales, culturelles, etc.	Suggestions (maximum deux par contraintes)
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	

*Merci de votre disponibilité*

**Annexe 2: Questionnaire N°2**  
**Evaluation paysanne de la mise œuvre de l'information climatique dans la province du Bam**

**I. Informations générales**

- 1.1. Fiche N°/...../
- 1.2. Date de l'interview /...../...../2014/
- 1.3. Village /...../
- 1.4 Nom et prénom de l'enquêteur : /...../
- 1.5. Téléphone de l'enquêteur : /...../

**II. Caractéristiques du producteur pilote**

- 2.1 Nom et prénom : /...../
- 2.2 Téléphone : /...../
- 2.3 Sexe ...../...../ (0=Féminin ; 1=Masculin)
- 2.4 Age ...../...../ ans
- 2.5 Statut matrimonial ...../...../ (1=Célibataire ; 2=Marié(e) monogame ; 3= Marié Polygame ; 4= Divorcé(e)/séparé(e) ; 5=Veuf (ve))
- 2.6 Combien de personnes composent le ménage ? /...../
- 2.7 Combien de personnes sont actifs dans votre ménage ?/...../
- 2.8 Niveau d'éducation du chef de ménage...../...../ (0=Aucun ; 1= Alphabétisé)
- 2.9 Quelle est votre activité principale ? ...../...../ (1=Agriculture ; 2=Elevage ; 3= Orpaillage ; 4=Cultures maraîchères ; 5= Commerce ; 6= Artisanat)
- 2.10 Quelle est votre activité secondaire ? ...../...../ (1=Agriculture ; 2=Elevage ; 3= orpaillage ; 4=Cultures maraîchères ; 5= Commerce ; 6= Artisanat)
- 2.11 Etes-vous membre d'un groupement ? /...../ (1=Oui ; 0= Non)
- 2.12 Si oui, lequel ? /...../
- 2.13 Etes-vous membre du bureau ? ...../...../ (1=Oui ; 0= Non)
- 2.14 Quel est votre statut foncier sur la parcelle témoin /...../ (0=Don ; 1=Achat ; 2=propriétaire foncier)
- 2.15 Quel est votre statut foncier sur la parcelle expérimentale /...../ (0=Don ; 1=Achat ; 2=propriétaire foncier)
- 2.16 Quelle culture aviez-vous choisi pour l'expérimentation de l'information climatique ?  
 /...../ (0=Sorgho; 1=Maïs)

**III. Perception paysannes des séquences sèches de l'hivernage 2013**

Indicateurs		Evolution par rapport à l'hivernage précédent (2012) (0=stable ; 1=augmenté ; 2=diminué ; 3=sans avis)
3.1	Nombre d'évènements pluvieux (nombre de jours de pluies)	__
3.2	Durée de l'hivernage	__
3.3	Durée des poches de sécheresse (séquences sèches)	__
3.4	Intensité des pluies (quantité d'eau par pluie)	__

- 3.5 Comment était la saison agricole 2013 par rapport à celle de 2012? /...../ (0=Sèche ; 1= Humide ; 2=Très humide)
- 3.6 Quelles étaient vos prévisions de la campagne agricole 2013 ? /...../ (0=Aucune ; 1=Moyenne ; 2=Sèche ; 3= Humide)
- 3.7 Quels étaient vos moyens de prévision ? /...../ (0=Aucun ; 1=Moyens magique ; 2= Arbres ; 3=Animaux ; 4=Couleurs du ciel ; 5= Direction du vent ; 6= Autres à préciser)

- 3.8 Aviez-vous observé des séquences sèches au cours de la campagne agricole 2013 ? /...../ (0=non ; 1=oui)
- 3.9 Si oui, quelle était la durée maximum /...../ jours ? et minimum /...../ jours?
- 3.10 Indiquez les mois de séquences sèches : Mai /...../ Juin /...../ Juillet /...../ Août /...../ Septembre /...../ Octobre /...../ (0=non ; 1=oui)
- 3.11 Quelle est la périodicité (fréquence) des bonnes saisons de pluies ? /...../ (0=aléatoire, 1=périodique)
- 3.12 Si elle est périodique, précisez la période (2ans, 3 ans, 4 ans.....)..... /...../
- 3.13 Si elle est aléatoire, précisez la fréquence la plus élevée. /...../ (0= mauvaise saison ; 1= bonne saison; 2= très bonne saison)

**IV. Evaluation paysanne de leurs propres prévisions / (PARCELLE TEMOIN)**

- 4.1 Quelle était votre date prévue pour le semis (début de saison) ? /...../
- 4.2 Comment aviez-vous déterminé cette date (début de saison) ? /...../ (0= Moyens endogènes ; 1= Information climatique)
- 4.3 Comment appréciez-vous la date prévue pour le semis (début de saison) ? /...../ (0=Mauvaise ; 1=Bonne)
- 4.4 Si mauvaise, quelles ont été les conséquences ? (0= aucune ; 1=re-semis)
- 4.4 Quelle a été la date de re-semis ? .....
- 4.5 Aviez-vous appliqué le NPK ? /...../ (0=Non ; 1= Oui)
- 4.6 Sinon, pourquoi ?  
.....
- 4.7 Si oui, quel était le nombre de jours prévus pour son application après le semi /..... / ?
- 4.8 Comment appréciez-vous le nombre de jours prévus pour son application /...../ (0=Mauvaise ; 1=Bonne)
- 4.9 Pourquoi ?  
.....
- 4.10 Aviez-vous appliqué l'Urée1 ? /...../ (0=Non ; 1= Oui)
- 4.11 Sinon, pourquoi ?  
.....
- 4.12 Si oui, quelle était le nombre de jours prévus pour son application après le semi /...../
- 4.13 Comment appréciez-vous le nombre de jours prévus pour son application après le semi? /...../ (0=Mauvaise ; 1=Bonne)
- 4.14 Pourquoi ?  
.....
- 4.15 Aviez-vous appliqué l'Urée2 ? /...../ (0=non ; 1= oui)
- 4.16 Sinon, pourquoi ?  
.....
- 4.17 Si oui, quelle était le nombre de jours prévus pour son application après avoir appliqué l'urée 1 ? /...../
- 4.18 Comment appréciez-vous le nombre de jours prévus pour son application ? /...../ (0=Mauvaise ; 1=Bonne)
- 4.19 Pourquoi ?  
.....
- 4.20 Quel était le nombre de jours prévus pour la récolte (fin de saison) ? /...../
- 4.21 Comment appréciez-vous le nombre de jours prévus pour la récolte ? /...../ (0=Mauvaise ; 1=Bonne)
- 4.22 Pourquoi ?  
.....
- 4.23 Quelle est la quantité de production graine récoltée /...../
- 4.24 Préciser l'unité de mesure de la production graine /...../ (1=sac de 100 kg ; 2=charrette ; 3=youarba)

4.25 Précisez en kilogramme l'unité choisie

**V. Evaluation paysanne de l'information climatique/ (PARCELLE EXPERIMENTALE)**

5.1 Comment appréciez-vous la date prévue pour le semis (début de saison) /...../ (0=Mauvaise ; 1=Bonne)

5.2 Pourquoi ?

5.3 Comment appréciez-vous la date prévue pour l'application du NPK (début de saison) /...../ (0=Mauvaise ; 1=Bonne)

5.4 Pourquoi ?

5.5 Comment appréciez-vous la date prévue pour l'application de l'Urée1 /...../ (0=Mauvaise ; 1=Bonne)

5.6 Pourquoi ?

5.7 Comment appréciez-vous la date prévue pour l'application de l'Urée2 /...../ (0=Mauvaise ; 1=Bonne)

5.8 Pourquoi ?

5.9 Comment appréciez-vous la date prévue pour la récolte (fin de saison) /...../ (0=Mauvaise ; 1=Bonne)

5.10 Pourquoi ?

5.11. Quelle est la quantité de production graine récoltée /...../

5.12. Préciser l'unité de mesure de la production graine /...../ (1=sac de 100 kg ; 2=charrette ; 3=youarba)

5.13 Etes-vous satisfaits de l'impact de l'utilisation de l'information climatique sur la production agricole ? /...../ (0=Non ; 1=Oui)

5.14 Pourquoi ?

5.15 Quel élément du dispositif expérimental de l'information climatique aviez-vous plus apprécié ? (Citez au maximum 3 éléments) /...../ (0=Aucun ; 1=Date de semis ; 2=Application NPK ; 3=Application urée1 ; 4=Application urée2 ; 5=Date de fin de saison ; 6=Semences)

5.16 Quel élément du dispositif expérimental de l'information aviez-vous moins apprécié ? (Citez au maximum 3 éléments) /...../ (0=Aucun ; 1=Date de semis ; 2=Application NPK ; 3=Application urée1 ; 4=Application urée2 ; 5=Date de fin de saison ; 6=Semences).

5.17 Seriez-vous intéressé à poursuivre l'expérimentation de l'information climatique à la campagne agricole prochaine ? /...../ (0=Non ; 1=Oui)

5.18 Pourquoi ?

5.19 Changerez-vous les 2 sites (expérimental et témoin) ? /...../ (0=Non ; 1=Oui)

5.20 Pourquoi ?

5.21 Changerez-vous de semence dans les 2 sites ? /...../ (0=Non ; 1=Oui)

5.20 Pourquoi ?

5.22 Voulez-vous augmenter les superficies des 2 sites ? /...../ (0=Non ; 1=Oui)

5.23 Pourquoi ?

## **VI. Besoin en informations climatiques pour la campagne agricole prochaine (hivernage 2014)**

6.1 Avez-vous besoin d'informations climatiques pour la campagne agricole prochaine? /...../ (0=Non ; 1=Oui)

6.2 Pourquoi ?

.....

6.3 Si oui, quel type d'informations climatiques avez-vous plus besoin ? /...../ (1=Date d'hivernage ; 2= date de fin d'hivernage ; 3=Durée de la saison ; 4=Informations journalières ; 5=Séquences sèches)

6.4 Sous-quelle forme aimerez-vous que ces informations climatiques soient diffusées ? /...../ (1= Encadreurs agricoles ; 2= Radio; 3= Atelier de formation)

6.5 A quelle période de l'année aimeriez-vous avoir ces informations climatiques /...../ (1=Avril ; 2=Mai ; 3=Juin ; 4=Juillet)

6.6 Seriez-vous prêts à dépenser pour avoir l'information climatique ? /...../ (1=Oui ; 0=Non)

6.7 Si oui, supposons que l'information climatique est payante, quel montant seriez-vous prêt à payer pour en bénéficier? /...../ F CFA

6.8 Pourquoi ?

.....

## **VII Impact de l'information climatique sur les activités**

Que feriez-vous si on vous dit que la saison sera mauvaise, bonne, très bonne ?

***Le producteur doit choisir au maximum 3 réponses en les priorisant selon le type de saison.***

N°	Activités	Mauvaise saison	Bonne saison	Très bonne saison
7.1	Culture de maïs (0=aucune action ; 1=choisir des variétés de cycle court ; 2=diminuer la superficie totale cultivée ; 3= augmenter la superficie totale cultivée ; 4= autre à préciser)	a) ..... b) ..... c) .....	a) ..... b) ..... c) .....	a) ..... b) ..... c) .....
7.2	Culture du sorgho (0=aucune action ; 1=choisir des variétés de cycle court ; 2=diminuer la superficie totale cultivée ; 3= augmenter la superficie totale cultivée ; 4= autre à préciser)	a) ..... b) ..... c) .....	a) ..... b) ..... c) .....	a) ..... b) ..... c) .....
7.3	Culture du mil (0=aucune action ; 1=choisir des variétés de cycle court ; 2=diminuer la superficie totale cultivée ; 3= augmenter la superficie totale cultivée ; 4= autre à préciser)	a) ..... b) ..... c) .....	a) ..... b) ..... c) .....	a) ..... b) ..... c) .....
7.4	Culture du riz (0=aucune action ; 1=choisir des variétés de cycle court ; 2=diminuer la superficie totale cultivée ; 3= augmenter la superficie totale cultivée ; 4= autre à préciser)	a) ..... b) ..... c) .....	a) ..... b) ..... c) .....	a) ..... b) ..... c) .....
7.5	Culture du niébé (0=aucune action ; 1=choisir des variétés de cycle court ; 2=diminuer la superficie totale cultivée ; 3= augmenter la superficie totale cultivée ; 4= autre à préciser)	a) ..... b) ..... c) .....	a) ..... b) ..... c) .....	a) ..... b) ..... c) .....
7.6	Culture du sésame (0=aucune action ; 1=choisir des variétés de cycle court ; 2=diminuer la superficie totale cultivée ; 3= augmenter la superficie totale cultivée ; 4= autre à préciser)	a) ..... b) ..... c) .....	a) ..... b) ..... c) .....	a) ..... b) ..... c) .....
7.7	Culture du voandzou (0=aucune action ; 1=choisir des variétés de cycle court ; 2=diminuer la superficie totale cultivée ; 3= augmenter la superficie totale cultivée ; 4= autre à préciser)	a) ..... b) ..... c) .....	a) ..... b) ..... c) .....	a) ..... b) ..... c) .....
7.8	Classer par ordre d'importance vos préférences en terme d'activité selon les saisons (0=sans avis ; 1=agriculture ; 2=élevage ; 3=orpaillage ; 4=culture maraîchères ; 5=commerce ; 6=maçonnerie ; 7=autre à préciser)	a) ..... b) ..... c) .....	a) ..... b) ..... c) .....	a) ..... b) ..... c) .....

***Merci de votre disponibilité***